

موجات الحر في الأردن (1960-2000م)

إعداد
علي صبري محمود أبو حسين

المشرف
الدكتور علي غانم

قدمت هذه الدراسة استكمالاً لمتطلبات درجة الدكتوراه في

الجغرافيا
كلية الدراسات العليا
الجامعة الأردنية

تشرين ثاني 2001م

الإهداء

إلى معني الحياة
أمي وأبي...
وإلى رمز الخلود
أخي الشهيد
محمد صبري

شكر وتقدير

حمداً لله وشكراً له على جزيل نعمه ، وعونه الذي منحني إياه لإنجاز هذه الدراسة ، ثم يشرفني أن أتقدم بعظيم الشكر والامتنان للدكتور علي غانم لتفضله الكريم بالإشراف على هذه الدراسة ، وعلى ما قدمه من نصح وإرشاد ومسانده طيلة فترة إعدادها .

ويشرفني أن أتقدم بخالص شكري وتقديري واعتزازي بقسم الجغرافيا في الجامعة الأردنية الذي زرع في داخلي محبة هذا العلم والاعتزاز به ، بجميع أساتذته الأفاضل الكرام والذين ترك كل واحد فيهم بصمة لن تزول وشمعة لن تنطفئ بإذن الله .

وكذلك شكري وتقديري للأساتذة الأفاضل أعضاء لجنة المناقشة ، الأستاذ الدكتور حسن رمضان والأستاذ الدكتور سميح عودة والأستاذ الدكتور حسن أبو سمور من الجامعة الأردنية والأستاذ الدكتور إبراهيم العرود من جامعة مؤتة على تفضلهم بمناقشة هذه الرسالة .

والشكر كل الشكر والتقدير والإمتنان والعرفان بالجميل لدائرتي دائرة الأرصاد الجوية على كل ما قدمته لي ممثلة بعطوفة الأستاذ هيثم الشاعر ، الذي منحني كل إمكانيات الدائرة العلمية والفنية لإنجاز هذه الدراسة ، وكذلك شكري وتقديري للدكتور علي عبنده والدكتور جاسر الربضي لمتابعتهم وتقديمهم النصح والإرشاد طيلة فترة إعداد هذه الدراسة .

ولا يفوتني أن أتقدم بخالص شكري لزوجتي التي قدمت وتحملت الكثير خلال مراحل إعداد هذه الدراسة ، وكذلك زملائي الأستاذ محمد سماوي مدير المناخ التطبيقي ، على ما قدمه لي من بيانات تحتاج لها الدراسة ، والأخ صابر الخالدي الذي ساعد في إعداد الرسوم التوضيحية اللازمه للدراسة والأخت سناء حسين وصفاء القواسمه لمساعدتهم القيمة خلال فترة إعداد هذه الدراسة .

وكذلك يطيب لي أن أتقدم بخالص شكري للدكتور حامد الخطيب والأخت سناء رمضان

من الجامعة الأردنية لمساعدتهم القيمة في إجراء عمليات التحليل الإحصائي وتفسير النتائج ،

وكذلك شكري وتقديري للدكتور محمد أبو حسين من جامعة الزرقاء الأهلية لتفضله بتدقيق الرسالة

لغويًا ، وختاماً كل الشكر والمحبة والتقدير لمن لم يتسع المجال لذكر أسمه .

المحتويات

الموضوع	الصفحة
قرار لجنة المناقشة	ب
الإهداء	ج
محتويات الرسالة	هـ
فهرس الجداول	و
فهرس الأشكال	ز
الملخص باللغة العربية	ط

الفصل الأول

المقدمة	
مشكلة الدراسة ومبرراتها	9
منهجية الدراسة	13
أساليب الدراسة	20
الدراسات السابقة	30

الفصل الثاني

العوامل المحددة لموجات الحر في الأردن	43
- العوامل الجغرافية	44
- العوامل السينوبتيكية	52

الفصل الثالث

الخصائص الجغرافية لموجات الحر في الأردن	
التوزيعات العامة لموجات الحر في الأردن	77
- التوزيع السنوي	79
- التوزيع الشهري	81
- التوزيع المكاني	92
- التوزيع السينوبتيكي	95
- التوزيع النوعي لموجات الحر في الأردن	99

المحتويات

الموضوع	الصفحة
الفصل الرابع	
التنبؤ بموجات الحر في الاردن	127
- الدورة الزمنية لموجات الحر	129
- التوزيعات الاحتمالية لموجات الحر في الاردن	147
- فترات الرجوع	150
الفصل الخامس	
التأثيرات البيئية لموجات الحر في الاردن	162
المناخ والانسان	164
- المناخ وراحه الانسان	165
- درجة الحرارة الفعاله	167
- قرينه الراحه	169
- درجة الحرارة المحسوسه	170
الفصل السادس	
حاله دراسيه لموجه الحر التي اثرت على الاردن خلال الفترة 28-31 تموز عام 2000 م .	182
النتائج والتوصيات	210
مصطلحات الدراسه	214
قائمه المراجع العربيه	217
قائمه المراجع الاجنبيه	220
الملخص باللغه الانجليزيه	226
- التوزيع النوعي لموجات الحر في الأردن	99

الرقم	عنوان الجدول	الصفحة
(1)	المحطات المناخية المختارة لتمثيل مناطق المملكة المختلفة	15
(2)	المتغيرات المناخية المعتمدة في الدراسة	17
(3)	المحطات المناخية العالمية	18
(4)	تأثير البعد عن المسطحات المائية على درجة الحرارة في الأردن	47
(5)	توزيعات الضغط الجوي خلال بعض حالات تأثير امتداد منخفض البحر الأحمر	65
(6)	المتغيرات المناخية في بعض مدن المملكة خلال موجة الحر 13-1 تشرين أول 1978	67
(7)	المحطات المناخية المحلية المختارة لدراسة توزيعات موجات الحر	78
(8)	التوزيع التكراري السنوي لموجات الحر في الأردن خلال الفترة 1960-2000	86
(9)	التوزيع التكراري الشهري لموجات الحر في الأردن خلال الفترة 1960-2000	80
(10)	التوزيع المكاني لعدد موجات الحر وأيامها ومعدل عمرها ومعدل درجة الحرارة العظمى لشهر أيار	81
(11)	التوزيع المكاني لعدد موجات الحر وأيامها ومعدل عمرها ومعدل درجة الحرارة العظمى لشهر حزيران	84
(12)	التوزيع المكاني لعدد موجات الحر وأيامها ومعدل عمرها ومعدل درجة الحرارة العظمى لشهر تموز	86
(13)	التوزيع المكاني لعدد موجات الحر وأيامها ومعدل عمرها ومعدل درجة الحرارة العظمى لشهر آب	87
(14)	التوزيع المكاني لعدد موجات الحر وأيامها ومعدل عمرها ومعدل درجة الحرارة العظمى لشهر أيلول	89
(15)	التوزيع المكاني لعدد موجات الحر وأيامها ومعدل عمرها ومعدل درجة الحرارة العظمى لشهر تشرين أول	91
(16)	التوزيع المكاني لأيام موجات الحر ومعدل عمرها ومعدل درجة الحرارة خلال الفترة 1960-2000	94

الرقم	عنوان الجدول	الصفحة
(17)	أنظمة الضغط الجوي السطحية التي أدت إلى موجات حر في الأردن في الأردن خلال الفترة 1960-2000	96
(18)	التوزيع التكراري لموجات الحر حسب عمرها والتي أثرت على الأردن خلال الفترة 1960-2000	100
(19)	التوزيع التكراري لموجات الحر حسب شدتها والتي أثرت على الأردن خلال الفترة 1960-2000	101
(20)	التوزيع التكراري لموجات الحر حسب عمرها وشدتها والتي أثرت على الأردن الأردن خلال الفترة 1960-2000	104
(21)	التوزيع السنوي لموجات الحر في إقليم البادية خلال الفترة 1960-2000	109
(22)	التوزيع السنوي لموجات الحر في إقليم المرتفعات خلال الفترة 1960-2000	112
(23)	التوزيع السنوي لموجات الحر في إقليم الأغوار خلال الفترة 1960-2000	116
(24)	التوزيع الشهري لموجات الحر التي أثرت على إقليم البادية للفترة 1960-2000	118
(25)	التوزيع الشهري لعدد أيام موجات الحر التي أثرت على إقليم البادية للفترة 1960-2000	118
(26)	التوزيع الشهري لموجات الحر التي أثرت على إقليم المرتفعات للفترة 1960-2000	119
(27)	التوزيع الشهري لعدد أيام موجات الحر التي أثرت على إقليم المرتفعات للفترة 1960-2000	120
(28)	التوزيع الشهري لموجات الحر التي أثرت على إقليم الأغوار للفترة 1960-2000	121
(29)	التوزيع الشهري لعدد أيام موجات الحر التي أثرت على إقليم الأغوار للفترة 1960-2000	122
(30)	التوزيع الشهري لأنظمة الضغط الجوي السطحية المؤدية لموجات الحر في إقليم البادية	124
(31)	التوزيع الشهري لأنظمة الضغط الجوي السطحية المؤدية لموجات الحر في إقليم المرتفعات	126

الرقم	عنوان الجدول	الصفحة
(32)	التوزيع الشهري لأنظمة الضغط الجوي السطحية المؤدية لموجات الحر في إقليم الأغوار	128
(33)	توزيع موجات الحر في إقليم البادية حسب عمر الموجة وشدتها	132
(34)	توزيع موجات الحر في إقليم المرتفعات حسب عمر الموجة وشدتها	133
(35)	توزيع موجات الحر في إقليم الأغوار حسب عمر الموجة وشدتها	135
(36)	نتائج تحليل الانحدار البسيط للمتوسطات المتحركة لمتغيرات موجات الحر في إقليم البادية	141
(37)	نتائج تحليل الانحدار البسيط للمتوسطات المتحركة لمتغيرات موجات الحر في إقليم المرتفعات	142
(38)	نتائج تحليل الانحدار البسيط للمتوسطات المتحركة لمتغيرات موجات الحر في إقليم الأغوار	144
(39)	الخصائص الأساسية للحرارة في محطات الدراسة	145
(40)	نتائج تحليل خط الانحدار لمعدل درجة الحرارة العظمى لمحطات الدراسة	146
(41)	إحتمالات حدوث موجات حر سنوياً	147
(42)	فترات الرجوع لعدد الأيام الحارة في عمان	153
(43)	فترات الرجوع لعدد الأيام الحارة في اربد	154
(44)	فترات الرجوع لعدد الأيام الحارة في المفرق	155
(45)	فترات الرجوع لعدد الأيام الحارة في معان	156
(46)	فترات الرجوع لعدد الأيام الحارة في ديرعلا	158
(47)	فترات الرجوع لعدد الأيام الحارة في العقبة	159
(48)	مؤشرات مستويات الراحة للإنسان	168
(49)	قريئة الراحة ومستوياتها	170
(50)	درجة الحرارة المحسوسة	172
(51)	التوزيع الشهري لمعامل الراحة في بعض المحطات الأردنية	179
(52)	درجة الحرارة العظمى والفعالة والمحسوسة يوم 30 تموز 2000	180
(53)	درجات الحرارة العظمى المسجلة خلال موجة الحر في بعض محطات المملكة	183

المقدمة

تعتبر دراسة المناخ في أي بلد ضرورة ملحة ولا غنى عنها لتقييم موارده الطبيعية والبيئية ، فالمناخ يعتبر مورداً طبيعياً يمكن استغلاله في العديد من المجالات الزراعية والصناعية والسياحية وغيرها ، وبالتالي المساعدة في بناء السياسات التخطيطية المختلفة للدول .

والأردن بحكم تكوينه الطبيعي والبشري وافتقاره إلى الموارد الطبيعية المتميزة ، فإنه أحوج ما يكون لإيلاء موضوع المناخ والدراسات المناخية التطبيقية المزيد من الاهتمام والدراسة لتسخير كافة الموارد الطبيعية والبشرية بطريقه سليمة تساعد على رفع كفاءة استغلال هذه الموارد وتحقيق الهدف المنشود منها .

ويرتبط ارتفاع درجات الحرارة في العالم عادة بما يسمى موجات الحر ، التي تؤثر في العديد من دول العالم ومن بينها الأردن . ونظراً لموقع الأردن الجغرافي على الجانب الشرقي للبحر المتوسط وإلى الشمال الغربي من الجزيرة العربية ، فإنه يتأثر في معظم السنوات بالعديد من موجات الحر التي تؤثر على منطقة البحر المتوسط في أوقات محددة من السنة .

وعادة ما يصاحب موجات الحر العديد من التأثيرات البيئية على معظم القطاعات ، مثل القطاع الصحي (صحة الإنسان) وقطاعات الزراعة والمياه والطاقة . لذلك فلا بد من دراسة هذه الظاهرة من كافة جوانبها المناخية والبيئية المختلفة بهدف فهمها وتحليل

آلية حدوثها وتأثيراتها على القطاعات المختلفة ، إضافة إلى فهم كيفية التعامل أو التأقلم معها بهدف تجنب العديد من الأخطار الصحية والاقتصادية التي تترتب عليها .

وقد احتوت هذه الدراسة على ستة فصول . عالج الفصل الأول الإطار النظري للدراسة من حيث تعريف الظاهرة ومشكلة الدراسة وأهدافها ومنهجيتها وأساليبها ، والتي احتوت على التحليل الإحصائي والمتيورولوجي المستخدم في دراسة التوزيعات الزمانية والمكانية لموجات الحر ، وكذلك تحليل الظروف السينوبتيكية المؤدية لها . كذلك يحتوي هذا الفصل على البيانات المستخدمة في الدراسة من حيث طبيعتها ومصادرها المختلفة ، ثم الدراسات السابقة على المستويات المحلية والعربية والدولية .

أما الفصل الثاني فيتناول العوامل المحددة لموجات الحر في الأردن ، مثل العوامل الطبيعية كالموقع والتضاريس ، والعوامل المناخية المتمثلة في أنظمة الضغط الجوي السطحية إضافة إلى الحالة الجوية في طبقات الجو العليا وارتباطها بالحالة الجوية السطحية ، وأثر هذا الترابط في تحديد أنواع موجات الحر من حيث عمر الموجة وشدتها ومساحة المنطقة التي يمكن أن تتأثر بها .

وفي الفصل الثالث تم تحليل التوزيعات الخاصة بموجات الحر ، من حيث التوزيع الزمني والمكاني والنوعي لهذه الموجات ، إضافة إلى توزيعاتها السينوبتيكية في الأردن بشكل عام ، ثم في كل إقليم من أقاليم الأردن الطبيعية (الأغوار، المرتفعات، البادية) ، كل منها ممثلاً بمحطتين من محطات الأرصاد الجوية .

أما التنبؤ بموجات الحر في الأردن فقد تناوله الفصل الرابع من خلال إجراء بعض التحاليل الإحصائية التي تساعد في التوصل إلى نموذج يمكن من خلاله التنبؤ

بموجات الحر في الأردن ، إضافة إلى تحليل سلوك المعدل السنوي لدرجة الحرارة العظمى لمحطات الدراسة ومقارنتها مع بعض المحطات العربية والدولية ، والتوصل إلى قيم فعلية لمدى التغير أو التذبذب في سلوك هذا المتغير خلال فترة الدراسة ، وبالتالي إمكانية التنبؤ المستقبلي بالاتجاه العام لموجات الحر في الأردن .

ويتناول الفصل الخامس التأثيرات البيئية لموجات الحر في الأردن ، من خلال دراسة وتحليل تأثير موجات الحر على الموارد البشرية والأمراض التي تصاحب ارتفاع درجات الحرارة ، مثل ضربات الشمس والنوبات القلبية وغيرها ، وكذلك أثر موجات الحر على الموارد الطبيعية بقطاعاتها المختلفة ، مثل الزراعة والمياه والطاقة .

أما الحالة الدراسية لإحدى موجات الحر التي تعرض لها الأردن ، فقد تناولها الفصل الأخير من الدراسة (الفصل السادس) ، حيث تم اختيار موجة الحر التي تعرض لها الأردن خلال شهر تموز عام 2000 ، لحادثة الموجة وما تميزت به هذه الموجة من ارتفاع شديد لدرجة الحرارة العظمى التي تجاوزت في مطار عمان المدني معدلها السنوي والمسجل منذ عام 1923 ، إضافة إلى ما تميزت به هذه الموجة من تأثيرات بيئية مختلفة على كافة الموارد الطبيعية والبشرية في المملكة .

تعريف الظاهرة :-

تعتبر موجة الحر من الظواهر المناخية المتطرفة التي لم تحظ بتعريف مّوحد يمكن تطبيقه في جميع دول العالم ، بسبب اختلاف معدل المتغيرات المناخية لهذه الدول لاختلاف ظروفها الطبيعية ، لذا فإن تعريف هذه الظاهرة تعريف نسبي يختلف من دولة إلى أخرى حسب ظروفها الطبيعية والمناخية ، وهذا ما دفع بمنظمة الأرصاد الجوية العالمية عام (1987) إلى وضع تعريف موسع لموجة الحر ، على أنها ارتفاع واضح في درجة حرارة الهواء فوق منطقة كبيرة ، أو غزو هواء شديد الحرارة لهذه المنطقة ، ثم عادت منظمة الأرصاد الجوية العالمية (1992) إلى وضع تعريف شبه محدد لموجة الحر ، على أنها اندفاع هواء دافئ فوق أرض واسعة ، يبقى في العادة من بضعة أيام إلى بضعة أسابيع ، وكذلك وأشار Sidney (1964) الباحث في المناخ الطبي إلى أن موجة الحر هي فترة زمنية تستمر بضعة أيام تكون فيها درجة الحرارة والرطوبة فوق مستوى الراحة .

أما على المستوى الدولي فقد عرفت دائرة الأرصاد الجوية البريطانية M.O. (1939) الموجة الحارة بأنها عبارة عن فترة أو نوبة للطقس الحار ، حيث تصل فيها درجة الحرارة العظمى ما بين 32°C - $37,7^{\circ}\text{C}$ { 90°F - 100°F } ، وكذلك حددت الفرق بين الطقس الحار والطقس شديد الحرارة عندما لا يقل الفرق ما بين درجة الحرارة العظمى ومعدلها عن (10°C) (Smith, 1966) .

أما المدرسة الأمريكية ومن خلال الجمعية الأمريكية للأرصاد الجوية فقد حددت موجة الحر على أنها الفترة من ثلاثة أيام أو أكثر بحيث تصل خلالها درجة الحرارة العظمى إلى 32°م (90°ف) أو أكثر (A.M.S., 1959) ، وعلى المستوى المحلي فقد أشار شحادة (1991) إلى أنه لا يوجد إجماع على تعريف موحد لموجة الحر . وبسبب تشابه الظروف المناخية ما بين الأردن والولايات المتحدة الأمريكية (J.M.D., 1988) فقد تم الأخذ ببعض المتغيرات التي قام عليها تعريف الجمعية الأمريكية للأرصاد الجوية لموجة الحر .

لذلك وبعد استعراض التعريفات السابقة لموجة الحر فقد تم تحديد هذا التعريف في الأردن بناء على المتغيرات التالية :-

أولاً:- أن لا يقل الفرق بين درجة الحرارة العظمى وبين معدلها العام لذلك الشهر عن خمس درجات مئوية (Winstanley, 1972) .

ثانياً :- أن لا تقل الفترة الزمنية التي تسود بها هذه الظاهرة عن ثلاثة أيام متواصلة (A.M.S., 1959) .

ثالثاً:- أن لا تقل درجة الحرارة العظمى عن 32°م (A.M.S., 1959) .

ولذلك فإن موجة الحر هي سيادة أو اجتياح هواء ساخن لمنطقة ما ، بحيث ترتفع خلالها درجة الحرارة العظمى إلى خمس درجات مئوية فوق معدلها العام ، ولا تقل عن (32°م) وتستمر لفترة لا تقل عن ثلاثة أيام متواصلة .

ومن العلاقة ما بين حالة الطقس السطحية وحالة طبقات الجو العليا ، وأثر كل منهما في تحديد نوع موجة الحر من حيث عمرها وشدتها ، فإن العنصرين المحددين

لموجة الحر هما الفترة الزمنية التي تستغرقها الموجة الحارة (Duration) وشدة درجة الحرارة التي يمكن أن تصل إليها درجة الحرارة العظمى (Temperature Intensity) ، لذلك يمكن تقسيم موجات الحر بناءً على كل متغير من هذين المتغيرين إلى الأصناف التالية :-

1- بناء على الفترة الزمنية :- وتقسم موجات الحر إلى الأنواع التالية :-

أ- موجة حر قصيرة (Short Heat Wave) تؤثر لفترة تتراوح ما بين (3-5) أيام متواصلة .

ب- موجة حر متوسطة (Moderate Heat Wave) تؤثر لفترة تتراوح ما بين (6-8) أيام متواصلة .

ج- موجة حر طويلة (Long Heat Wave) تؤثر لفترة (أكثر من 8 أيام) .

2- بناء على شدة درجة الحرارة العظمى :- وقد تم تقسيم موجات الحر إلى

الأنواع التالية :-

أ- موجة حر معتدلة (Moderate Heat Wave) ، ترتفع خلالها درجة الحرارة ما بين (5-7°م) عن معدلها في ذلك الشهر من السنة .

ب- موجة حر شديدة (Severe Heat Wave) ، وترتفع خلالها درجة الحرارة ما بين (8-10°م) عن معدلها العام في ذلك الشهر من السنة .

ج- موجة حر شديدة جداً (Extensive Heat Wave) ، وترتفع خلالها درجة الحرارة إلى أكثر من (10°م) .

ويظهر تأثير العلاقة التكاملية ما بين حالة الطقس السطحية وحالة طبقات الجو العليا من خلال التأثير المتبادل بينهما ، وللوصول إلى تصنيف آخر لموجات الحر يجمع المتغيرين معاً (الفترة الزمنية ، شدة درجة الحرارة العظمى) ، يمكن من خلاله تقسيم موجات الحر إلى الأنواع التالية :-

1- موجات الحر القصيرة وتقسم إلى :-

- أ- موجة حر قصيرة ومعتدلة :- تؤثر لفترة تتراوح ما بين (3- 5 أيام) وترتفع خلالها درجة الحرارة العظمى لتصل ما بين (5 - 7°م) أعلى من معدلها العام .
- ب- موجة حر قصيرة وشديدة الحرارة :- تؤثر لفترة تتراوح ما بين (3- 5 أيام) ، ترتفع خلالها درجة الحرارة العظمى ما بين (8 - 10°م) أعلى من معدلها العام .
- ج- موجة حر قصيرة وشديدة جداً تؤثر لفترة تزيد عن (3- 5 أيام) ، وترتفع خلالها درجة الحرارة العظمى إلى أكثر من (10°م) عن معدلها العام .

2- موجات الحر المتوسطة وتقسم إلى :-

- أ- موجة حر متوسطة ومعتدلة :- تؤثر لفترة تتراوح ما بين (6- 8 أيام) وترتفع خلالها درجة الحرارة العظمى لتصل ما بين (5 - 7°م) أعلى من معدلها العام .
- ب- موجة حر متوسطة وشديدة الحرارة :- تؤثر لفترة تتراوح ما بين (6- 8 أيام) ، ترتفع خلالها درجة الحرارة العظمى ما بين (8 - 10°م) أعلى من معدلها العام .
- ج- موجة حر متوسطة وشديدة جداً تؤثر لفترة تزيد عن (6- 8 أيام) ، وترتفع خلالها درجة الحرارة العظمى إلى أكثر من (10°م) عن معدلها العام .

3- موجات الحر الطويلة وتقسم إلى :-

- أ- موجة حر طويلة ومعتدلة :- تؤثر لفترة تزيد عن 8 أيام وترتفع خلالها درجة الحرارة العظمى لتصل ما بين (5 - 7°م) أعلى من معدلها العام .
- ب- موجة حر طويلة وشديدة الحرارة :- تؤثر لفترة تزيد عن 8 أيام وترتفع خلالها درجة الحرارة العظمى لتصل ما بين (8 - 10°م) أعلى من معدلها العام .
- ج- موجة حر طويلة وشديدة جداً :- تؤثر لفترة تزيد عن 8 أيام وترتفع خلالها درجة الحرارة العظمى أكثر من (10°م) عن معدلها العام .

مشكلة الدراسة ومبرراتها :-

تعتبر موجات الحر ظاهرة جوية يتكرر حدوثها في معظم السنوات وتؤثر على مجالات الحياة المختلفة ، ويتعرض الأردن بحكم موقعه الجغرافي (إلى الشرق من البحر المتوسط وإلى الشمال الغربي من الجزيرة العربية) إلى بعض موجات الحر التي تصاحب أنظمة الطقس الفصلية المميزة . وتؤدي سيادة هذه الظاهرة إلى الكثير من التأثيرات البيئية ، والتي تتمثل في التأثيرات الصحية على معظم السكان ، بالإضافة إلى تأثيرها على بعض القطاعات التنموية مثل قطاع الزراعة والمياه والطاقة ، مما يلحق بعض الخسائر في هذه القطاعات والتي تتفاوت في حجمها من سنة إلى أخرى ومن منطقه لأخرى . ويعتمد حجم هذه التأثيرات على طول الفترة التي تؤثر فيها الظاهرة وعلى مدى ارتفاع درجة الحرارة خلالها .

ويختلف تأثير هذه الظاهرة على الأردن باختلاف توزيعها الزمني من سنة لأخرى ، ومدى تأثيرها من منطقة إلى أخرى . ففي الوقت الذي يقتصر تأثير بعضها على المرتفعات الجبلية فقط حيث تقع معظم المراكز العمرانية الرئيسية ، إلا أنه يمكن أن تسود هذه الظاهرة كافة المناطق فتؤثر على مناطق المرتفعات والأغوار والبادية ، وتؤدي إلى تأثيرات سلبية مختلفة تعتمد على عمر الموجة وشدتها ومدى امتدادها الأفقي بشكل عام .

ويصاحب سيادة الطقس الحار المرافق لموجات الحر العديد من أنظمة الطقس المحلية ، التي تعتمد في مجملها على أنظمة الضغط الجوي المحيطة بالمنطقة ، ومصدر الرياح المصاحبة لها ، وحاله الغلاف الجوي في طبقات الجو العليا المصاحبة لأنظمة الطقس السطحية ، مما يؤدي إلى ظهور ظروف مناخية استثنائية تتمثل في الارتفاع الشديد لدرجة الحرارة وتناقص الرطوبة النسبية ، وتؤدي هذه الحالة الجوية الاستثنائية إلى العديد من التأثيرات البيئية تتمثل في المظاهر التالية :-

1- الخسائر البشرية :- يصاحب فترة تأثير موجات الحر طقس يسبب الضيق والانزعاج للعديد من السكان ، وقد يؤدي إلى ارتفاع معدل الوفيات بشكل عام نتيجة التأثير المباشر لارتفاع درجة الحرارة مما يؤدي إلى حدوث ضربات الشمس ، أو التأثير غير المباشر بالمساهمة في رفع معدلات الوفيات بأشكال أخرى مثل النوبات القلبية أو التسمم أو غيرها من الأمراض .

2- الخسائر الاقتصادية :- وتتمثل في العديد من القطاعات مثل :-

أ- تلف بعض أنواع المحاصيل الزراعية خاصة في حالة تأثر هذه المحاصيل

في نهاية فصل الربيع وبداية فصل الصيف مثل الحمضيات ، وكذلك نضج بعض المحاصيل الزراعية قبل موعدها مما يؤدي إلى زيادة حجم المعروض منها في الأسواق وانخفاض أسعارها .

ب- الزيادة الملحوظة في استهلاك المياه سواء منها للاستهلاك البشري أو زيادة معدل ري المزروعات نتيجة الارتفاع الشديد لدرجة الحرارة وارتفاع نسبة التبخر.

ج- ارتفاع معدلات استهلاك الطاقة الكهربائية في المنازل والمصانع وغيرها من القطاعات ، وخاصة في المدن الكبيرة لاستخدامها في عمليات التكييف والتبريد نتيجة الارتفاع الشديد في درجة الحرارة .

د- سهولة انتشار الحرائق في الغابات والأحراج نتيجة الاحتراق الذاتي فيها ، وجفاف نباتات المراعي الطبيعية بفعل زيادة معدلات النتح منها وقلة الموارد المائية المتاحة للنباتات .

لذلك فإن موجات الحر تعتبر ظاهرة مناخية مهمة ومشكلة تواجه المجتمعات باستمرار . والإحاطة بأسبابها وعواقبها أمر ضروري من أجل أخذ الاحتياطات الضرورية واللازمة لتخفيف أضرارها قدر الإمكان .

أهداف الدراسة :-

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل وفهم الظروف السنيوبتيكية السطحية المصاحبة لموجات الحر المؤثرة على الأردن ، إضافة إلى تحليل الخصائص العامة للغلاف الجوي على المستويات المختلفة (850، 500 هكتوبسكال) والمصاحبة للحالة السطحية ، وتأثير

كل ذلك على التوزيع الزمني والمكاني لموجات الحر في الأردن خلال الفترة (1960 - 2000) ، من هنا يمكن حصر أهم أهداف الدراسة بالنقاط التالية :-

1- تحليل الظروف الجوية السطحية المصاحبة لموجات الحر عن طريق دراسة وتحليل المتغيرات الجوية السطحية المختلفة ، وخرائط الطقس السطحية (Surface Charts) خلال فترة الدراسة (1960 - 2000) .

2- تحليل الظروف الجوية لحالة طبقات الجو العليا ودراسة التوزيع الرأسي للمتغيرات الجوية المختلفة مثل درجة الحرارة ، ونقطة الندى ، واتجاه الرياح وسرعتها ، وتحليل خرائط طبقات الجو العليا (Upper Charts) على ارتفاع (850، 500 هكتوبسكال) وعلاقة ذلك بالتوزيع الزمني والمكاني لموجات الحر في الأردن خلال فترة الدراسة .

3- تحليل توزيع الخصائص الإحصائية لموجات الحر من حيث تكرارها ، أنواعها ، فترة تأثيرها ، شدتها ، توزيعها الزمني والمكاني خلال فترة الدراسة .

4- تصنيف موجات الحر في الأردن حسب فترة تأثيرها (عمر الموجة وشدة درجات الحرارة) إلى موجات حر معتدلة وشديدة وشديدة جداً .

5- دراسة الآثار البيئية لموجات الحر في الأردن ، من حيث تأثيرها على الموارد البشرية والموارد الطبيعية المختلفة مثل الزراعة والمياه والطاقة ، وأساليب التكيف مع هذه الظاهرة قدر الإمكان .

6- مقارنة اتجاه وسلوك معدلات درجات في الأردن مع بعض العواصم والتي أمكن الحصول على بيانات مناخية منها مثل مطار قبرص الدولي ، مطار بيروت الدولي ، مطار جدة الدولي .

7- إمكانية التنبؤ بسلوك درجات الحرارة في الأردن و حدوث موجات الحر

باستخدام بعض الأساليب الإحصائية المساعدة .

منهجية الدراسة :-

فرضت طبيعة موضوع البحث وارتفاع عدد المتغيرات قيد الدراسة ، إضافة إلى تعدد الأهداف التي يتوجب تحقيقها ، استخدام أكثر من منهجية في هذه الدراسة ، وقامت كل منهجية على استخدام مجموعة من الوسائل والأساليب لتحقيق الهدف منها ، وهذه المنهجيات هي :-

أولاً :- المنهج التحليلي والذي استخدم بهدف تحليل البيانات اللازمه لتحديد موجات الحر في الأردن ، من حيث عمرها وشدتها ، بالإضافة إلى توزيعها الزمني والمكاني في محطات الدراسة .

ثانياً :- المنهج الوصفي والذي استخدم في وصف العوامل الجغرافية المؤثرة في مناخ الأردن من خلال التأثير والتأثير ، وكذلك ارتبط استخدامه بنتائج المنهج التحليلي لوصف موجات الحر في الأردن من حيث ديناميكية حدوثها وديمومتها ، ووصف التأثيرات البيئية المرتبطة بها في ضوء البيانات التي تم الحصول عليها .

ثالثاً :- منهج التحليل الكمي إذ اقتضت طبيعة الدراسة استخدام هذا المنهج لإجراء عمليات التحليل الإحصائي اللازمة للدراسة ، إضافة لاستخدام هذا المنهج في دراسة مخططات التفجير الخاصة بحالة الغلاف الجوي خلال فترة تأثير موجة الحر ، وقد استخدم هذا المنهج من خلال العديد من الاتجاهات هي :-

1- البيانات المستخدمة : وتتضمن طبيعية البيانات الكمية ونوعية الخرائط المناخية المستخدمة في الدراسة والتحليل المتيورولوجي ، إضافة إلى البيانات الخاصة بالتأثيرات البيئية لموجات الحر خلال فترة الدراسة .

2- مصادر البيانات .

3- أساليب الدراسة : وتتضمن طرق تحديد موجات الحر والبيانات المناخية المرتبطة بالدراسة والمحطات المناخية المعتمدة في التحليل .

4- وسائل التحليل المتيورولوجي والإحصائي والبيئي المستخدم في الدراسة .

1- البيانات المستخدمة:-

يمكن تصنيف البيانات المستخدمة في الدراسة إلى مجموعتين هما ، بيانات مناخية وخرائط طقس ، وبيانات خاصة بالتأثيرات البيئية لموجات الحر .

أ- **بيانات مناخية وخرائط طقس (الأرصاد الجوية 2000) :-** تتكون من:-

- اعتماد المحطات المناخية التي تمثل مناطق الأردن المختلفة ويتوفر لديها سجل مناخي طويل يغطي فترة الدراسة (1960-2000) ، ويبين جدول رقم (1) الموقع الفلكي وارتفاع كل محطة عن مستوى سطح البحر ، كما يبين شكل رقم (1) موقع تلك المحطات على خارطة الأردن .

- تحديد المتغيرات المناخية السطحية ذات العلاقة بموجات الحر وهي درجة الحرارة العظمى ، درجة حرارة الميزان الجاف ، درجة حرارة الميزان المبلل ، الرطوبة النسبية ، نقطه الندى ، اتجاه الرياح وسرعتها ، إضافة إلى المتغيرات المناخية في

طبقات الجو العليا (850، 500 هكتوبسكال) وهي : - ارتفاع الكنتور ، درجة الحرارة ،

درجة الندى ، اتجاه الرياح وسرعتها (جدول رقم 2) .

جدول رقم (1)

المحطات المناخية المختارة لتمثل مناطق المملكة المختلفة

الارتفاع عن منسوب البحر	دائرة العرض	خط الطول	المنطقة/المحطة
متر	دقيقة درجة	دقيقة درجة	غور الأردن
170-	32 38	35 37	الباقورة
224-	34 13	35 37	دير علا
350-	31 02	35 28	غور الصافي
51	29 33	35 00	مطار العقبة
			المرتفعات الجبلية
616	32 33	35 51	اربد
1150	32 22	35 45	راس منيف
766	31 59	35 59	مطار عمان المدني
920	31 16	35 45	الربة
			البادية
683	32 30	38 12	الرويشد
686	32 22	36 15	المفرق
672	32 12	37 08	الصفراوي
865	30 17	36 09	الجفر
1069	30 10	35 47	معان

المصدر : دائرة الأرصاد الجوية، 2000

المصدر: دائرة الأرصاد الجوية

شكل رقم (1)

التوزيع الجغرافي للمحطات المناخية المستخدمة في الدراسة

- خرائط سينوبتيكية سطحيه (Surface Charts) وخرائط لطبقات الجو العليا

(Upper Air Charts) لمستوى (500 هكتوبسكال) لجميع موجات الحر التي أثرت على

الأردن خلال فترة الدراسة والتي يصدرها المركز الأوروبي للأرصاد الجوية في المانيا

للفترة (1960-2000) بمقياس رسم (1:60.000.000) ، بالإضافة إلى الخرائط التي

تصدرها دائرة الأرصاد الجوية الأردنية .

- مخططات التيفجرام (Tephigram) للحالة الدراسية .

- بيانات مناخية للمعدل السنوي لدرجة الحرارة العظمى للمحطات العالمية مثل

بيروت ، جدة ، قبرص . والتي أمكن الحصول عليها لتحديد سلوك واتجاه درجة الحرارة

العظمى في هذه الدول ومقارنتها مع مثيلتها في الأردن (جدول رقم 3) .

جدول رقم (2)

المتغيرات المناخية المعتمدة في الدراسة

متغيرات طبقات الجو العليا			المتغيرات السطحية
500 هكتوبسكال	850 هكتوبسكال	1000 هكتوبسكال	سطح الأرض
ارتفاع الكنتور	ارتفاع الكنتور	ارتفاع الكنتور	درجة الحرارة العظمى
درجة الحرارة	درجة الحرارة		درجة حرارة الميزان الجاف
نقطة الندى	نقطة الندى		درجة حرارة الميزان المبلل
اتجاه الرياح	اتجاه الرياح		الرطوبة النسبية
سرعة الرياح	سرعة الرياح		نقطة الندى
			إتجاه الرياح
			سرعة الرياح

جدول رقم (3)

المحطات المناخية العالمية

الدولة - المحطة	خط الطول دقيقة درجة	خط العرض دقيقة درجة	الارتفاع (متر)
المملكة العربية السعودية			
مطار جدة الدولي	13 29	25 21	17
الجمهورية اللبنانية			
مطار بيروت الدولي	29 35	49 33	15
الجمهورية القبرصية			
مطار قبرص الدولي	29 32	43 34	6

المصدر WMO,2000

ب- بيانات خاصة بالتأثيرات البيئية لموجات الحر :-

اعتمدت الدراسة في تقييمها للتأثيرات البيئية لموجات الحر التي أثرت على

الأردن على التقارير الرسمية التي تصدرها الدوائر والمؤسسات الحكومية مثل :

_ وزارة الزراعة : ممثله بمديرية الاقتصاد الزراعي التي زودت الدراسة

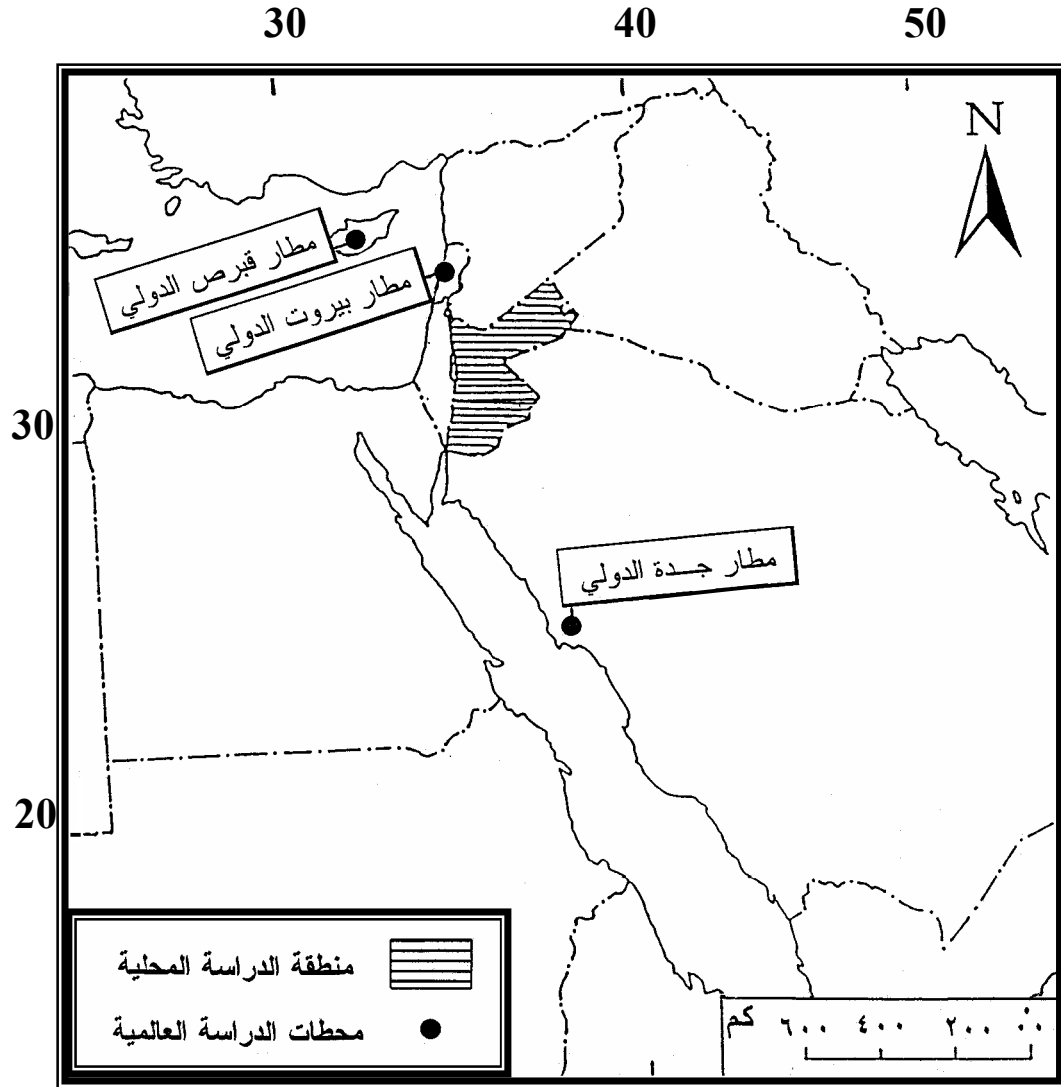
بالمعلومات الأولية عن تأثير موجات الحر على القطاع الزراعي في المملكة ، من حيث

إتلاف المحاصيل الزراعية وتأثير درجة الحرارة على النضوج المبكر للمزروعات ،

وعلى حجم المواد المعروضة للبيع وتدني أسعارها التسويقية .

- وزارة الصحة : التي زودت الدراسة بالتعليمات والنصائح الطبية اللازمة

لتجنب الأخطار الصحية المترتبة على سيادة موجات الحر في الأردن .



شكل رقم (2)

موقع منطقة الدراسة ومحطات الدراسة العالمية

2- مصادر البيانات :-

اعتمدت هذه الدراسة على البيانات والتقارير الرسمية للعديد من الدوائر

والمؤسسات الحكومية والخاصة المحلية والعالمية وهي :-

أ- الدوائر والمؤسسات المحلية وهي :-

- دائرة الأرصاد الجوية الأردنية .
- وزارة الزراعة .
- وزارة الصحة .
- دائرة الإحصاءات العامة .
- ب- الدوائر والمؤسسات العالمية مثل :-
- منظمة الأرصاد الجوية العالمية .
- مصلحة الأرصاد الجوية وحماية البيئة / المملكة العربية السعودية .
- المديرية العامة للطيران المدني/ الأرصاد الجوية / الجمهورية اللبنانية .
- دائرة الأرصاد الجوية / الجمهورية القبرصية .

3- أساليب الدراسة :-

اعتمدت هذه الدراسة على تطبيق مجموعه من الأساليب والخطوات ، بهدف

تحديد موجات الحر وتوزيعها الزمني والمكاني وهذه الخطوات هي :-

أ- حصر وقراءة السجل المناخي لدرجات الحرارة العظمى اليومية لمحطات الدراسة

للفترة الدراسية (1960-2000) لتحديد موجات الحر حسب التعريف السابق .

ب- مراجعة خرائط الطقس السطحية (Surface Charts) لتحديد الحالة

الجوية التي أدت إلى حدوث موجات الحر ، وخرائط طبقات الجو العليا (Upper Air

Charts) على مستوى 500 هكتوبسكال لتحديد الحالة الجوية للغلاف الجوي المصاحبة

للحالة السطحية .

ج- لتحديد محصلة اتجاه الرياح السائدة وسرعتها خلال فترة تأثير موجات الحر، فقد تم تحليل الرياح إلى مركبتين أفقية وعمودية باستخدام معادلة لامبرت (Lambert) ، التي تميز بين حركة الرياح من الشمال إلى الجنوب ومن الغرب إلى الشرق وفق المعادلة التالية (Conrad, 1950) :-

$$م (ش) = ش - ج + (ش + غ - ش ق - ج غ - ج ش) جا (45)$$

$$م (غ) = غ - ق + (ش غ + ج غ - ش ق - ج ق) جتا (45)$$

حيث أن :

م (ش) = تمثل مركبة الرياح من الشمال إلى الجنوب .

م (غ) = تمثل مركبة الرياح من الغرب إلى الشرق .

4- وسائل التحليل : إذ اقتضت طبيعة الدراسة استخدام مجموعة من الوسائل

للوصول إلى الهدف المنشود منها ، وهذه الوسائل هي :-

أ- وسائل التحليل المتيورولوجي :-

اعتمدت وسائل التحليل هذه على :-

1- تحليل خرائط الطقس للأيام التي تأثرت فيها الأردن بموجات الحر خلال

فترة الدراسة (1960-2000) التي تشمل الخرائط السطحية لتحديد الحالة الجوية

السطحية ، وأنظمة الضغط الجوي التي أدت إلى موجة الحر في المملكة ، وحركة الرياح

من حيث المصدر والاتجاه ، وكذلك تحليل خرائط الطقس لطبقات الجو العليا لمستوى ال

500 هكتوبسكال بهدف تحديد حالة الغلاف الجوي المصاحبة لموجة الحر .

2- تحليل مخططات التفجير لحالة الغلاف الجوي المبنية على قراءات محطة أرصاد الراديو سوند في المفرق للحالة الدراسية ، لدراسة تركيب وخصائص الكتلة الهوائية فوق الأردن في الأيام التي تعرضت فيها الأردن لموجات الحر ، وكذلك المساعدة في معرفة حالة الكتلة الهوائية من حيث الاستقرار أو عدم الاستقرار وذلك باستخدام معاملات خاصة للتنبؤ بمدى استقرار أو عدم استقرار الكتل الهوائية المؤثرة ، ومن أبرز هذه المعاملات:-

- معامل جيفرسون (Jefferson Index) :-

وهو معامل تستخدمه دائرة الأرصاد الجوية الأردنية للتنبؤ بمدى استقرار الكتل الهوائية فوق المملكة ، ويتطلب استخدام هذا المعامل رسم مخططات التفجير التي توضح التركيب العمودي لطبقات الغلاف الجوي ، اضافه إلى تطبيق المعادلة التالية (الأرصاد الجوية) :-

$$I_J = 1.6 \times T_{W850} - T_{500} \frac{1}{2} T_{D700} - 8$$

حيث أن :-

$$I_J = \text{معامل جيفرسون}$$

$$T_{W850} = \text{درجة حرارة الميزان المبلل على مستوى 850 هكتوبسكال مصححاً إلى}$$

$$1000 \text{ هكتوبسكال (م) .}$$

$$T_{500} = \text{درجة الحرارة على مستوى 500 هكتوبسكال (م) .}$$

$$T_{D700} = \text{الفرق بين درجة الحرارة ودرجة الندى على مستوى 700 هكتوبسكال .}$$

فإذا كانت قيمة :

$I_r > 20$ فإن الكتلة الهوائية تكون مستقره .

$I_r < 25$ فإن الكتلة الهوائية تكون في حالة عدم استقرار مع احتمال هطول أمطار .

$I_r < 29$ تكون الكتلة الهوائية في حالة عدم استقرار شديد ، مع حدوث عواصف رعدية

وهطول الأمطار المصحوبة بالبرد .

ب- وسائل التحليل الإحصائي :-

يقوم التحليل الإحصائي في هذه الدراسة على استخدام أساليب إحصائية تتناسب

وطبيعية موضوع الدراسة والبيانات المراد تحليلها لتحقيق الأهداف المرجوة منها ،

وتشمل هذه الأساليب :-

أولاً - التوزيع التكراري :- (Frequency Distribution)

وقد تم عمل توزيعات تكرارية للمتغيرات الجوية المرتبطة بموجات الحر ،

مثل درجة الحرارة العظمى اليومية ، معدل درجة حرارة الميزان الجاف ، معدل

درجة حرارة الميزان المبلل ، الرطوبة النسبية ، نقطة الندى ، واتجاه الرياح وسرعتها

، في المحطات التي تمت دراستها وذلك بهدف معرفة تكراراتها وصياغتها بأشكال متعددة

تتلائم وأغراض الدراسة .

ثانياً - الجداول المتقاطعة :- (Cross Tabulation)

وقد استخدم هذا الأسلوب لإيجاد التوزيع التكراري الشهري والسنوي لموجات

الحر التي أثرت على الأردن ، وكذلك توزيعها الجغرافي في أقاليم الأردن المختلفة وعلاقته بالتوزيع التكراري الشهري والسنوي والنوعي والسينوبتيكي .

ثالثاً - توزيع بواسون :- (Poisson Destrubution)

يستخدم هذا الأسلوب عادة في دراسة الظواهر المناخية النادرة الحدوث ، التي يمكن معرفة عدد مرات حدوثها ، لكن من غير الممكن معرفة أو تحديد عدد مرات عدم حدوثها ، مثل العواصف الثلجية أو الصقيع أو موجات الحر أو غيرها من الظواهر المناخية المتطرفة ، لذلك فقد استخدم هذا الأسلوب في الدراسة من أجل معرفة احتمال تأثير هذه الظاهرة في محطات الدراسة بالاعتماد على السجل المناخي لمعدل درجة الحرارة العظمى في كل من هذه المحطات وفق المعادلة التالية (Murray, 1972) :-

$$P_x = \frac{e^{-y} (y)^x}{X!}$$

حيث أن :-

P_x = قيمة الاحتمال (صفر - 1) .

e = ثابت يساوي (2.71828) .

y = الوسط الحسابي لعدد موجات الحر في محطات الدراسة .

$X!$ = احتمالات مرات تأثير موجات الحر .

رابعاً - تحليل السلاسل الزمنية :- (Time Series Analysis)

تم في هذه الدراسة تحليل السلاسل الزمنية لمعدلات درجات الحرارة العظمى لأشهر الدراسة (أيار، حزيران، تموز، آب، أيلول، تشرين أول) لمحطات الدراسة المحلية والدولية خلال سنوات الدراسة (1960-2000)، لتحقيق الأهداف التالية :-

_ معرفة تطور اتجاه درجات الحرارة العظمى عبر الزمن

- معرفة سلوك التغيرات الموسمية فيما إذا كانت دورية أو عرضية

- إمكانية التنبؤ بسلوك درجات الحرارة العظمى عبر الزمن فيما إذا كانت

باتجاه التزايد أو التناقص وذلك باستخدام :-

أ- المتوسطات المتحركة :- (The Moving Average)

تعتبر المتوسطات المتحركة من أفضل الأساليب الإحصائية لتحديد الاتجاه

العام لدرجات الحرارة ، فقد أستخدمها Rosenan (1963) لتحديد الاتجاه العام لدرجات الحرارة في عدد من المحطات المناخية الواقعة في الجزء الشرقي من حوض البحر المتوسط ، وكذلك استخدمه شحاده (1978) في دراسة الاتجاهات العامة والحديثة للحرارة في بلاد الشام .

وتمتاز المتوسطات المتحركة بأنها تعطي فكرة واضحة عن طبيعة الاتجاه العام

لدرجة الحرارة العظمى والتقلبات الحرارية طويلة المدى التي ترافقه . وقد استخدم في هذه الدراسة تحليل متوسطات متحركة طولها (3،5،7) سنوات للبحث في إمكانية وجود دورة أوذبذبة مناخية موزونة في السجل المناخي للمحطات قيد الدراسة ، وكذلك رسوم

بيانية لمتوسطات متحركة موزونة طولها 9 سنوات لتحديد طبيعية الاتجاه العام للظاهرة المدروسة .

ب - تحليل الانحدار (Regression Analysis) :-

وقد تم استخدام هذا الأسلوب لدراسة التغير في سلوك درجة الحرارة العظمى واتجاهاتها ومقدار هذا التغير من خلال :-

1- خطوط الانحدار المستقيمة (Linear Trends)

وقد تم حسابها وفقاً للمعادلة التالية :-

$$Y = a + bx + e$$

حيث أن :-

Y :- معدل درجة الحرارة السنوية (م) .

a :- نقطة تقاطع خط الانحدار مع المحور العمودي .

b :- درجة التغير في الاتجاه العام (Slope) .

x :- الزمن

e :- مقدار الخطأ (التغير في درجة الحرارة والذي لا يرجع إلى وجود اتجاه

عام بل إلى تقلبات حرارية أخرى)

2- معامل الانحدار :- (Regression Coefficient)

يظهر معامل الانحدار التغير في سلوك درجات الحرارة العظمى من حيث الاتجاه والمقدار لكل محطة من محطات الدراسة ، ومن ثم المساعدة في تحديد سلوك هذا المتغير خلال السنوات القادمة .

ج- وسائل التحليل البيئي :-

حظيت الدراسات البيئية لموجات الحر بالعديد من أساليب التحليل الإحصائي الخاصة بالعلاقة ما بين الإنسان والبيئة المحيطة به ، وقد أعتمد تنوع هذه الأساليب على عدد المتغيرات المناخية والبيئية الداخلة بالتحليل ، وفيما يلي أبرز هذه الأساليب :-

1- درجة الحرارة الفعالة (Effective Temperature) :-

يعتبر أهم المقاييس التي طورها علماء المناخ لقياس مدى تضايق الناس من درجة حرارة البيئة التي يعيش فيها ، والتي يمكن حسابها باستخدام لوحات خاصة تعتمد على درجة حرارة الميزان الجاف والمبلل وسرعة الرياح ، وقد وجد أن الجو يكون ملائماً ومريحاً للإنسان عندما تتراوح درجة الحرارة الفعالة ما بين 19°C - 24.5°C ، ويعتبر الحد الأمثل للحرارة الفعالة 20.5°C ، أما إذا كانت درجة الحرارة الفعالة تتراوح ما بين 29.5°C - 32°C ، فإن أي جهد جسمي يقوم به الإنسان في مثل تلك الظروف الجوية يشكل خطراً على صحته . ويتم حساب درجة الحرارة الفعالة وفق المعادلة التالية

-(Frederick,1964)

$$ET = 0.4 (Td + Tw) + 4.8$$

ET :- درجة الحرارة الفعالة (م) .

Td :- درجة حرارة الميزان الجاف (م) .

Tw :- درجة حرارة الميزان المبلل (م) .

2- قرينة الراحة Comfort Index :-

ربطت بعض الدراسات ما بين درجة الحرارة والرطوبة النسبية في تحديد

مستويات الراحة في أقاليم العالم المختلفة ، من خلال استخدام المعادلة التالية (Griffiths,

1966) :-

$$C.I. = T - (1 - 0.01 * R.H.) * (T - 14.5)$$

حيث أن :-

C.I. = قرينة الراحة

T. = درجة الحرارة (م) .

R.H. = الرطوبة النسبية (%) .

وقد وجد أن مستوى الراحة للإنسان يتراوح ما بين 21-24م ، ويصبح الإقليم

غير مريح عندما تصل قرينة الراحة إلى 27م أو أكثر .

3- درجة الحرارة الظاهرة (المحسوسة) Apparent Temperature :-

وقد تطورت خلال السنوات الماضية الأساليب التي تعالج العلاقة ما بين الإنسان ودرجة الحرارة ، حيث تم التوصل ومن خلال الربط ما بين درجة الحرارة والرطوبة النسبية إلى ما يسمى بدرجة الحرارة الظاهرة (المحسوسة) ، ويتم ذلك باستخدام مخطط بياني أو جداول خاصة بهذا الغرض (Robert, 1981) .

الدراسات السابقة :-

تتمتع الدراسات التطبيقية في علم المناخ بخصوصية معينة تحتم على من يتناولها أن يوسع دائرة بحثه ومعارفه ، حتى يتمكن من الإلمام بجميع جوانب الدراسة التحليلية والتطبيقية بشكل معقول ، من هنا فإن خصوصية موضوع الدراسة تتمثل في ارتباطها المباشر بالعديد من جوانب الحياة وتأثيرها على العديد من الموارد الطبيعية والبشرية للدولة ، لذلك فقد حظيت موجات الحر كإحدى الظواهر المناخية بالعديد من الدراسات والتي تناولتها من جانبين هما :-

أولاً :- الدراسات المناخية التحليلية التي تناولت موجات الحر من وجهة نظر مناخية بحتة ، من حيث توزيعها الزمني والمكاني والظروف المناخية المصاحبة لها.

ثانياً :- دراسات بيئية ربطت بين موجات الحر كظاهرة مناخية وصحة السكان وتأثيرها عليهم ، إضافة إلى تأثيرها على الموارد الطبيعية الأخرى مثل الزراعة واستهلاك المياه والطاقة .

وقد تم تقسيم الدراسات السابقة إلى هذين النمطين من الدراسات ، بهدف أن يأخذ كل نمط حقه من البحث والمناقشة والتحليل ، وأول هذه الدراسات هي :-

أولاً :- الدراسات المناخية :-

لم تحظ موجات الحر في الأردن بالقدر الكافي من الدراسات منذ سنوات عديدة ، لذا اقتصرَت الدراسات المناخية المحلية لموجات الحر في الأردن على :-

1- دراسة نعمان شحادة (1990) بعنوان : موجات الحر في الأردن خلال الصيف

درس الباحث موجات الحر التي أثرت على الأردن خلال فصل الصيف (حزيران ، تموز ، آب) خلال الفترة (1963-1987) ، وتوصلت الدراسة إلى أن أنظمة الضغط الجوي السطحية والمؤدية لموجات الحر في الأردن تتمثل في المنخفض الحراري السعودي ونتوءات المرتفعات الجوية ثم المنخفض الخماسيني .

وقد كان لمركز الضغط الجوي المنخفض (المنخفض السعودي) الدور الأكبر في موجات الحر التي تؤثر على الأردن ، وبلغت نسبة حالاته 54% ، بينما نتوءات المرتفعات الجوية 40% ، وأقلها المنخفضات الخماسينية التي لم تسجل سوى 6% من موجات الحر التي أثرت على الأردن خلال فترة الدراسة .

2- دراسة Karien A. (1986) بعنوان :

A Synoptic-Dynamical Study of the 12-16 August 1985 Heat Wave Over Jordan.

تناول الباحث في دراسته موجة الحر التي أثرت على الأردن خلال الفترة 12-16 آب 1985 ، وبعد تحليل الظروف السينوبتيكية التي أدت إلى حدوث هذه الظاهرة ، فقد أشار الباحث إلى أن من أنظمة الضغط الجوي التي تؤدي إلى موجات حر تؤثر على شرق البحر المتوسط بما في الأردن تتمثل غالباً بامتداد المنخفض الموسمي خلال فصل الصيف نحو الغرب عبر السعودية باتجاه الأردن .

أما الدراسات المناخية العالمية فتمثلت بالدراسات التالية :-

1- دراسة Wheeler D. (1984) بعنوان :-

The July 1983 “ HEAT WAVE “ In North East England

تعتبر هذه الموجة من الموجات الحارة الموثقة جداً في محطات الأرصاد الجوية البريطانية ، وما يميز هذه الحالة الارتفاع الشديد لدرجة الحرارة خلال فترة تأثير الموجة الحارة . فقد درس الباحث الحالة السينوبتيكية خلال ثلاثة أيام من عمر الموجة ، والتي تمثلت بتمركز مرتفع جوي محلي (Local Anticyclonic) فوق بحر الشمال خلال الفترة 9-11 تموز 1983 ، أدى إلى اجتياح رياح حارة لمعظم المدن البريطانية ، وكذلك يظهر الباحث في دراسته تأثير مياه السواحل الشمالية الباردة على أنماط المناخ في الجزر البريطانية ، فقد تبين له أن معدل درجة حرارة المياه في الشواطئ الشمالية الغربية أبرد بمعدل 3°م عن جنوب بريطانيا ، وبالتالي فإن صيف هذه المناطق أقل حرارة وارتفاعها عادة ما يكون محدود .

2- دراسة Kripalani R. , Kulkarni A. (1999) بعنوان : -

Heat Wave and Floods Across Asia: Was El Nino, then La Nina the Cause .

درس الباحثان موجة الحر التي أثرت خلال نهاية شهر أيار وبداية شهر حزيران 1998م ، واجتاحت معظم قارة آسيا حيث ارتفعت درجة الحرارة بشكل غير طبيعي في غرب الهند وباكستان ومعظم جنوب شرق آسيا ، وامتدت حتى الولايات المتحدة الأمريكية وشرق كندا وغرب أستراليا ، وقد صاحب هذه الظاهرة التأثير بظاهرة النينو (EL - Nino) لعام 1998 هي التي أدت إلى موجة الحر هذه ، كونها أدت إلى ظهور كميات من الهواء الحار في منطقة المحيط الهادي الاستوائي ، انتقل إلى دورة الغلاف الجوي ، وقد يكون هذا السبب الرئيسي في إحداث موجة الحر هذه والغير معهودة قبل عام 1998 .

3- دراسة Winstanely P. (1972) بعنوان :- SHARAV

قام الباحث بدراسة درجات الحرارة العظمى في بعض مدن شرق البحر المتوسط ، حيث تصل درجة الحرارة العظمى أعلى قيمة لها خلال شهري تموز وآب ، ويؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى تأثير هذه المنطقة بما يعرف بموجات الحر ، والتي يصاحبها عادة انخفاض ملموس في نسبة الرطوبة ، ونادراً ما يصاحبها عواصف رملية في بعض الأحيان ، وقد حدد الباحث الظروف الجوية التي تصاحب تأثير أية موجة حر بأن تزيد درجة الحرارة 5°م عن معدلها العام وأن تقل الرطوبة النسبية عن 25% .

4- دراسة Harb M. S. (1975) بعنوان :-

Characteristic Pressure Types of Heat Waves Over Egypt

ناقش الباحث موجات الحر التي أثرت على جمهورية مصر العربية خلال الفترة (1923-1956) باستخدام البيانات المناخية وخرائط الطقس المختلفة ، وقد صنف الباحث موجات الحر التي أثرت على منطقه الدراسة بناء على درجة الحرارة العظمى إلى العديد من الأنواع معتمداً على متغيرين أساسيين هما : درجة الحرارة العظمى والفترة الزمنية التي تستغرقها الموجة الحارة .

وبتحليل أنواع موجات الحر التي أثرت على منطقة الدراسة فقد توصل الباحث إلى أن موجات الحر الخفيفة وصلت نسبتها إلى 58% من عدد الموجات التي أثرت على مصر ، والمعتدلة 29% والشديدة 13% فقط . أما الموجات الحر القصيرة فأثرت بما نسبته 66% والمتوسطة المدة 31% أما الطويلة المدة فلم تتجاوز 3% فقط .

5- دراسة Carl Posey (1980) بعنوان :- Heat Wave

أوضح الباحث في دراسته أن الموقع الجغرافي لشمال الولايات المتحدة الأمريكية يؤثر كثيراً في ارتفاع درجة الحرارة خلال فصل الصيف ، حيث تستقبل هذه المنطقة كميات هائلة من الإشعاع الشمسي المباشر خلال رحلة الشمس ما بين الشمال والجنوب ، وكذلك فإن طبيعة الأراضي المنبسطة تساعد على اختراق الرياح الساخنة إلى الأراضي الداخلية للولايات المتحدة الأمريكية ، حيث تخرقها الكتل الهوائية الساخنة والتي عادة ما يكون مصدرها المحيط الاستوائي (Tropical Ocean) .

6- دراسة Robin Thwayles (1995) بعنوان :-

Northern Hemisphere Heat Wave

قام الباحث بدراسة موجة الحر التي أثرت على بعض دول أوروبا خلال الفترة 22 تموز حتى 3 آب 1994 ، حيث تجاوزت أعلى درجة حرارة مسجلة في سجلات دائرة الأرصاد الجوية الألمانية ، وأثرت كذلك على شمال شرق أوروبا ، حيث تمركز مرتفع جوي عميق أدى إلى هبوب رياح جنوبية شرقية حارة وجافة رفعت درجة الحرارة في بعض المناطق لتصل إلى 50°م وأدت إلى إتلاف (20-50%) من محصول الخضار والفواكه في بعض الدول .

7- دراسة Metaxas A. (1980) بعنوان :-

Heat Wave From A Synoptic Point of View

درس الباحث موجة الحر التي أثرت على اليونان خلال الفترة (1950-1972) وتوزيعها الشهري ، فوجد أن اليونان قد تأثرت بما مجموعه 12 موجة حر في شهر تموز و 15 موجة حر في شهر آب ، وخلال الفترة 69-1972 لم تسجل أية موجة حر ، كذلك قام الباحث بتحليل الرياح السطحية التي تعد المسبب الرئيسي لموجات الحر من حيث مصدرها واتجاهها وسرعتها ، فتبين له أن الرياح في أثنائها خلال فترة الصباح تكون هادئة ثم تصبح شمالية شرقية (N.E.) قوية في فترة المساء خلال شهري تموز وآب .

8- دراسة Lyall I. T. (1974) بعنوان :

Some Synoptic Aspects of Hot Weather In Britain

تناول الباحث في هذه الدراسة مظاهر الطقس الحار وموجات الحر في بريطانيا ، خلال الفترة 1970-1973 ، حيث حدد الباحث أن عتبة اليوم الحار هو الذي تصل فيه درجة الحرارة العظمى 27°C (80.6°F) ، توصل الباحث كذلك إلى أن موجات الحر التي تؤثر على بريطانيا تكون عادة ضمن مجموعتين من المجموعات السيнопتيكية ، وهي مرتفع دافئ يتحرك ببطيء من الآزورور ليقطع بريطانيا إلى وسط أوروبا ، أو مرتفع جوي (Anticyclonic) يتكون فوق منطقة قارية قريبة ويمتد القطاع الدافئ منه فوق بريطانيا مؤدياً إلى موجات الحر فيها .

ثانياً : الدراسات البيئية :-

أما الدراسات البيئية المرتبطة بموجات الحر ، فلم يحظ هذا النوع من الدراسات بالاهتمام الكافي على المستوى المحلي ، باستثناء دراسة (شحادة ، 1985) ودراسة السقرات (1989) ، وما تبقى من الدراسات فهي دراسات عالمية ناقشت أثر موجات الحر على صحة السكان وأثرها على الموارد الطبيعية مثل المياه والزراعة والطاقة ، ومن هذه الدراسات :-

1- دراسة نعمان شحادة (1985) بعنوان :- أنماط المناخ الفسيولوجي في الأردن

دراسة تطبيقية للعلاقة بين المناخ وأحاسيس الناس

توصل الباحث إلى أن أقاليم الراحة المناخية في الأردن تتغير من مكان لآخر ومن فصل لآخر ، فهي تكاد تقتصر في شهر كانون أول وشباط على منطقه وادي عربه فقط ، وتختفي من خريطة الأردن في شهر كانون ثاني . ويتمتع وادي الأردن في شهر

آذار بمناخ مريح وهو اكثر الشهور ملائمة للتنزه والسياحة الداخلية في وادي الأردن .
 أما في شهر نيسان فإن المناطق ذات المناخ المريح تقتصر في وادي الأردن على الغور الشمالي ، ولكنها قد تمتد إلى مناطق أخرى لتشمل منطقة اربد ومعظم الهضبة الشرقية .
 ولاحظ الباحث أن المنطقة ذات المناخ المريح تنتقل في شهر أيار إلى المرتفعات الجبلية وتصبح الهضبة الشرقية ووادي الأردن غير مريحين . أما منطقه اربد وغيرها من المناطق قليلة الارتفاع فإنها تصبح غير مريحة منذ بداية حزيران ، وتصل مساحة هذه المنطقة إلى أدنى حد لها في تموز وآب ، وتعود هذه المنطقة فتتوسع مرة أخرى في شهر أيلول لتغطي معظم المرتفعات الجبلية، ولكنها تنتقل مرة أخرى في تشرين ثاني وتتركز في وادي الأردن والهضبة الشرقية.

2- دراسة السقرات (1989) بعنوان : العلاقة بين المناخ وطبيعة احساس الانسان به

في الأردن

درس الباحث في رسالة ماجستير مقدمة في الجامعة الأردنية التباين المكاني والزمني لدرجة حرارة الجلد (معياراً للراحة) في الأردن ، ومن خلال تحليل موازنة الطاقة للإنسان في بعض المحطات المختارة في الأردن توصل الباحث إلى أن درجة حرارة الجلد تكون أبرد ما يكون لها بعد شروق الشمس بقليل ، حيث تكون كمية الطاقة المباشرة صفر ، وأن الجسم يتلقى كميات من الطاقة المنقولة بفعل الرياح تفوق في بعض ساعات النهار الطاقة المباشرة لأشعة الشمس .

3- دراسة Weihe W. H. (1982) بعنوان :-

The Significance Of African Climate In Human Health.

درس الباحث العلاقة ما بين درجة الحرارة وجسم الإنسان ، وكيفية استجابة الإنسان لارتفاع درجات الحرارة ، وأن الحد المثالي والمريح للإنسان يكون عند درجة حرارة 20°م ، وأن الإنسان يشعر بالإعياء إذا ما ارتفعت درجة الحرارة عن 35°م ، وأن الأشعة المنعكسة (Albedo) من الجلد ذوي اللون الأسود تقدر بحوالي 18% في حين أنها ترتفع إلى 35% عن الجلد ذوي اللون الأبيض ، وكذلك فإن إشعاع الأمواج القصيرة (Short-Wave Radiation) لا تخترق خلايا الجلد الأسود سوى لعمق 0.4 ملم ، بينما ترتفع في خلايا الجلد ذوي اللون الأبيض إلى 2ملم ، وكذلك فإن استجابة أو تأثر الجلد ذوي اللون الأسود أقل بخمس مرات للأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet Radiation) من الجلد ذوي اللون الأبيض .

1980 Heat Wave

4 - دراسة Costly D. (1981) بعنوان :-

درس الباحث موجة الحر التي اجتاحت الولايات المتحدة الأمريكية عام 1980 وأدت إلى وفاة 1265 شخصاً ، وكلفت الحكومة الأمريكية ما لا يقل عن 20 بليون دولار ، فقد ارتفع معدل الوفيات الناتجة عن الإجهاد الحراري إلى سبع مرات أعلى من المعدل العام لها ، وزاد معدل استهلاك الطاقة الكهربائية بما لا يقل عن 5% عن معدله العام ، وأصيبت بعض المحاصيل الزراعية بما قضى عليها تماماً في بعض الأحيان ، وعانت المصادر المائية كذلك من الضغط الشديد لارتفاع معدلات الاستهلاك .

5- دراسة Shehadeh N. (1984) بعنوان :-

Discomfort in Sharjah

وقد حدد الباحث درجة الحرارة الفعالة في كل من الشارقة وأبو ظبي والبحرين وسنغافورة ، باستخدام درجة الحرارة الميزان الجاف ودرجة حرارة الميزان المبلل والرطوبة النسبية وسرعة الرياح ، وقد كانت في الشارقة تتراوح ما بين 22.5°م في شهر أيار ترتفع إلى 27.4°م في تموز وآب ، أما في أبو ظبي فكانت ما بين 22°م في شهر أيار وتشيرين أول ترتفع إلى 27°م في شهر آب ، وفي البحرين فإن درجة الحرارة الفعالة تتراوح ما بين 22°م في شهر أيار، ترتفع إلى 28°م في آب .

6- دراسة De, U. S. (2000) بعنوان :-

Weather and Climate Related Impacts on health in Megacities

تعتبر هذه الدراسة من أحدث الدراسات الصادرة عن منظمة الأرصاد الجوية العالمية (October-2000) ، وقد تناول فيها الباحث أثر المناخ على السكان في المدن الكبيرة الحجم ، حيث تتأثر صحة السكان نتيجة التغير المناخي بطريقتين هما: الأثر المباشر الذي يمكن أن يؤدي إلى الوفاة المباشرة مثل الضربات الحرارية أو السكتة الدماغية الحرارية (Heat Stroke) ، وتأثير غير مباشر يتمثل بانتشار الأمراض مثل الملاريا وغيرها ، وبينت الدراسة أن معدل الوفيات السنوية الناتجة عن موجات الحر في المدن الكبيرة في شمال أمريكا وشمال أفريقيا وشرق آسيا يصل (78 شخصاً) ، وإن هذا الرقم سوف يرتفع عام 2020 إلى (191 شخصاً) وإلى (293 شخصاً) عام 2050 نتيجة تزايد ظاهرة التسخين العالمية .

وهناك أيضاً العديد من الدراسات التي تناولت هذا الموضوع مثل دراسة Shaw

M. (1977) ودراسة Toul D. (1978) ودراسة Brugge R. (1994) ، إلا أن ما

يميز هذه الدراسة يتمثل في النقاط التالية :-

1- طول الفترة الزمنية التي تغطيها الدراسة والتي تمتد خلال الفترة (1960-

2000) ، في حين أن الدراسة الموجودة لموجات الحر في فصل الصيف في الأردن لم

تغطي سوى الفترة الممتدة من (1963-1987) فقط .

2- حداثة الدراسة إذ أن آخر دراسة لموجات الحر خلال فصل الصيف في

الأردن غطت حتى عام 1987 فقط .

3- غطت الدراسة المحلية السابقة موجات الحر في الأردن خلال أشهر الصيف

فقط (حزيران، تموز، آب) ، أما الدراسة الحالية فقد تمكنت من تغطية جميع الأشهر التي

يصل فيها معدل درجة الحرارة العظمى إلى عتبة الموجة الحارة (الحد الحرج) ، وبالتالي

امتدت الدراسة لتغطي الأشهر (أيار-تشرين أول) .

4- حددت الدراسة السابقة أنظمة الضغط الجوي السطحية التي تؤدي إلى

موجات الحر في الأردن بثلاثة أنظمة فقط ، وهي المنخفض الحراري السعودي وامتداد

نتوءات المرتفعات الجوية والمنخفض الخماسيني ، إلا أن الدراسة الحالية تمكنت من

إثبات أن أنظمة الضغط الجوي السطحية التي تؤدي إلى موجات حر في الأردن خمسة

أنظمة هي الأنظمة الثلاث السابقة الذكر بالإضافة إلى المنخفض الموسمي ومنخفض

البحر الأحمر .

5- استطاعت الدراسة أن تحدد دور حالة طبقات الجو العليا وتأثيرها على موجات الحر في الأردن ، والمتمثل في عمر الموجة ونوعها ومساحة المنطقة التي تغطيها موجة الحر .

6- تمكنت الدراسة من تحديد دور ومقدار مساهمة كل نظام من أنظمة الضغط الجوي السطحية وحالة طبقات الجو العليا في عدد ونوع موجات الحر في الأردن خلال فترة الدراسة .

7- تمكنت الدراسة من تحديد التوزيع الزمني والمكاني لدرجة الحرارة الفعالة في الأردن ، من خلال استخدام تقنيات متقدمة في رسم خرائط شهرية لتوزيعات درجة الحرارة الفعالة لكل شهر من أشهر الدراسة .

8- أبرزت الدراسة العلاقة ما بين الإنسان ودرجة الحرارة في الأردن بتحديد معاملات الراحة وعدم الراحة ، وتحديد توزيعات مستويات الراحة ودرجة الحرارة المحسوسة (الظاهرة) لكل شهر من أشهر الدراسة .

9- تمكنت الدراسة باستخدام التحليل الإحصائي من التنبؤ بموجات الحر في الأردن خلال السنوات القادمة ، باستخدام التوزيعات الاحتمالية لموجات الحر وكذلك تحديد فترات الرجوع من خلال العلاقة ما بين المتغيرات الجوية السطحية وعلاقتها بالمتغيرات في طبقات الجو العليا للتنبؤ بموجات الحر في الأردن .

10- تمكنت الدراسة من تحليل وتحديد سلوك معدل درجة الحرارة العظمى في الأردن ومقارنته مع بعض الدول المحيطة بالأردن مثل المملكة العربية السعودية ولبنان وقبرص ، والتي تمكن الباحث من الحصول على بيانات مناخية منها .

11- استطاعت الدراسة وباستخدام خرائط الطقس السطحية وخرائط طبقات الجو العليا ومخططات التفجير ، من إجراء دراسة تفصيلية لحالة الطقس السطحية وتحليل مقطع عمودي لحالة الغلاف الجوي خلال فترة تأثير موجة الحر المتميزة التي أثرت على الأردن خلال الفترة 28-31 تموز 2000 ، وتجاوز فيها معدل درجة الحرارة العظمى المعدل المسجل منذ 72 سنة مضت .

يقع الأردن في الجزء الشرقي للبحر المتوسط على الزاوية الشمالية الشرقية لقارة إفريقيا ، وعلى الطرف الشمالي الغربي لشبة الجزيرة العربية بين دائرتي عرض 29° و 32° شمالاً وخطي طول 35° و 15° شرقاً (El-Kawasma, 1983) . وبسبب هذا الموقع فإن الأردن يتأثر بالعديد من أنظمة الضغط الجوي التي تتبع حركة الشمس الظاهرية ما بين مداري السرطان في الشمال والجدي في الجنوب على مدار العام.

فما أن ينتهي فصل الشتاء وتبدأ الشمس رحلتها السنوية الظاهرية شمالاً نحو مدار السرطان معلنة بداية فصل الربيع ، حتى تبدأ أنظمة الضغط الجوي الشتوية التي كانت سائدة بالانحسار والتراجع تاركة المجال لأنظمة ضغط جوي جديدة بالسيادة والتأثير ، مع ما يصاحبها من أحوال جوية متميزة ومختلفة عن الأحوال التي كانت سائدة خلال فصل الشتاء . فضعف جبهة البحر المتوسط وتزحزحها نحو الشمال وقلة أو انعدام المنخفضات الجوية وانحراف مسارها نحو الشمال الشرقي ، يجعل الأردن عرضة للتأثر بأنظمة جديدة من الضغط الجوي يصاحبها ظروف جوية تمتاز بالاستقرار وارتفاع درجات الحرارة ، ويبدأ تأثير بعض أنظمة الطقس السطحية الأخرى وأهمها المنخفضات الخماسينية .

وتتابع أنظمة الضغط الجوي السطحية تأثيرها على الأردن مؤدية إلى ظروف جوية متميزة لكل نظام من هذه الأنظمة ، والتي يزداد تأثيرها أو اختلاف تأثيرها تبعاً

للحالة الجوية في طبقات الجو العليا التي تحدد سيادة أو سيطرة ظاهرات جوية دون غيرها . وحيث أن مناخ أي منطقة هو محصلة تفاعل مجموعة من المتغيرات التي تؤثر عليه وتميزه عن مناخ المناطق الأخرى ، فإن العوامل التي تؤثر في مناخ الأردن تقسم إلى عوامل جغرافية مثل الموقع ، التضاريس ، القرب أو البعد عن تأثير المسطحات المائية . وعوامل سينوبتيكية تتغير تبعا لتغير أنظمة الضغط الجوي والمرتبطة بحركة الشمس الظاهرية بين المدارين في كل عام .

أولاً - العوامل الجغرافية :-

تتمثل العوامل الجغرافية بما يلي :-

1- الموقع Location :-

يلعب موقع الأردن الفلكي دوراً كبيراً في تحديد أنظمة الضغط الجوي التي تؤثر عليه في مختلف فصول السنة . حيث تتحرك النطاقات العامة للضغط الجوي والرياح المصاحبة لها نحو الشمال في فصل الصيف ونحو الجنوب في فصل الشتاء ، مما يؤدي إلى وقوع الأردن تحت أنظمة الضغط الجوي المدارية وشبه المدارية خلال فصل الصيف ، والتي يصاحبها عادة جفاف الطقس وقلة الغيوم وازدياد عدد ساعات النهار وزيادة الإشعاع الشمسي ، وارتفاع درجات الحرارة العظمى إلى مستويات عالية يصاحبها تأثر الأردن خلال هذه الفترة بالعديد من موجات الحر .

وبسبب هذا الموقع فإن الأردن يتأثر بالعديد من أنظمة الضغط الجوي السطحية والعلوية (على الارتفاعات المختلفة) ، فامتداد المنخفض الموسمي عبر

الجزيرة العربية نحو الغرب ، يجعل منطقة شرق البحر المتوسط بما فيه الأردن عرضة للرياح الشرقية والشمالية الشرقية الحارة والجافة المصاحبة له ، والرياح الشرقية والجنوبية الشرقية المصاحبة للمنخفض الحراري السعودي الذي يتشكل في منطقة الجزيرة العربية خلال أشهر الصيف .

وبسبب هذا الموقع كذلك على فإن الرياح الجنوبية والجنوبية الغربية المصاحبة لامتداد المرتفع الأزوري يمكنها أن تصل إلى المنطقة مؤدية إلى ارتفاع واضح على درجات الحرارة ، وكذلك يمكن للرياح السطحية المصاحبة للمنخفضات الخماسينية أن تصل إلى المنطقة مؤدية إلى رفع درجة الحرارة وعمل حالة عدم استقرار في الغلاف الجوي خلال فترة تأثيرة .

وكذلك فإن وقوع الأردن إلى الشمال من البحر الأحمر يجعله عرضة للتأثر بالرياح الشرقية والجنوبية الشرقية الحارة والجافة والمصاحبة لامتداد منخفض البحر نحو الشمال في بعض الفترات من السنة ، مؤدية إلى سيادة طقس حار وجاف مع إمكانية حدوث حالة من عدم الاستقرار في الغلاف الجوي فوق المنطقة .

2- البعد عن المسطحات المائية :-

يظهر أثر هذا العامل عند ملاحظة الاختلاف بين متوسطات درجات الحرارة في كل من الجهات الداخلية والساحلية والنظام اليومي والفصلي لتوزيعها . فبينما تتميز الجهات الداخلية بتطرف درجة حرارتها وبكبر المدى الحراري اليومي والفصلي نجد أن

الجهات الساحلية والقريبة منها تتميز باعتدال حرارتها وصغر المدى الحراري اليومي والفصلي بها ، وكذلك تأخر أشد الأشهر حرارة فيها عن الجهات الداخلية .

فانتقال الهواء نحو الأطراف المجاورة للمسطحات المائية محملاً بكميات من بخار الماء تساعد على تنظيم كل من الإشعاعيين الشمسي والأرضي ، بمعنى أنها تمتص جزءاً من الإشعاع الشمسي أثناء النهار وتقلل من فقدان الإشعاع الأرضي أثناء الليل ، وبالتالي يقل الفرق بين أعلى درجة حرارة أثناء النهار وأقل حرارة أثناء الليل ، فيقل المدى الحراري في هذه الجهات ، أما تأخر أشد الأشهر حرارة في الجهات الساحلية فيعزى إلى أن مياه البحر تستطيع الاحتفاظ بالحرارة مدة أطول من اليابس وبالتالي يمتد تأثير حرارة الهواء فوقها إلى وقت متأخر وينتقل هذا التأثير إلى المناطق المجاورة (أبو العنين، 1981) .

وبتطبيق ذلك على المناخ في الأردن ، فقد تم دراسة السجل المناخي لبعض المحطات الداخلية وهي محطة أرصاد الرويشد ومحطة أرصاد الصفواي ومحطات قريبة من المسطحات المائية (البحر المتوسط) وعرضة للتأثر بهذا العامل وهي مطار عمان المدني ومحطة أرصاد إربد ، وتقع هذه المحطات على إرتفاعات متقاربة ، وقد تبين أن المعدل السنوي لدرجة الحرارة في مطار عمان المدني وأربد يساوي 17.3°م و 17.7°م على الترتيب يرتفع هذا المعدل في الرويشد والصفواي كمحطات داخلية إلى 18.8°م و 18.9°م . وكذلك فإن شهر تموز يعتبر أشد الأشهر حرارة في المحطات الداخلية ويتأخر هذا الشهر في المحطات الأخرى الأقرب إلى البحر إلى شهر آب . أما اختلاف المدى

الحراري والذي هو الفرق بين معدل درجة الحرارة العظمى والصغرى في أحر الشهور لهذه المحطات ، فقد تبين أن هذا المدى لم يتجاوز 11.9°C في أربد ويرتفع ليصل إلى 17.8°C في محطة أرساد الرويشد (جدول رقم 4) .

جدول رقم (4)

تأثير البعد عن المسطحات المائية على درجات الحرارة في الأردن

المحطة	الارتفاع عن سطح البحر (متر)	البعد عن ساحل البحر المتوسط (كم)	معدل درجة الحرارة السنية ($^{\circ}\text{C}$)	أشد الأشهر حرارة	معدل درجة الحرارة العظمى لأحر الأشهر ($^{\circ}\text{C}$)	معدل درجة الحرارة الصغرى لأحر الأشهر ($^{\circ}\text{C}$)	المدى الحراري ($^{\circ}\text{C}$)
مطار عمان	766	115	17.3	آب	32.4	18.3	14.1
أربد	616	90	17.7	آب	31.3	19.4	11.9
الصفواي	672	220	18.9	تموز	36.5	20.3	16.2
الرويشد	683	310	18.8	تموز	37.3	19.5	17.8

3- التضاريس : TOPOGRAPHY

تعتبر التضاريس الضابط الأساسي للأحوال المناخية في الأردن ، ويتمثل هذا الضابط في عامل التضاريس أو بمعنى أدق عامل المنسوب ، والذي يتضح من خلال مقارنة معدلات درجات الحرارة لعدد من المحطات المناخية تقع على نفس خط العرض ولكنها تختلف في المنسوب ما بين قاع المنخفض الأخدودي والهضاب العالية (بحيري، 1991) ، فمحطة الباقورة التي تقع على ارتفاع 170م دون مستوى سطح البحر

يصل معدل درجة الحرارة العظمى بها إلى 28.7°م ، أما محطة أرصاد اربد والتي تقع تقريباً على نفس دائرة العرض الذي تقع عليه محطة الباقورة لكن على ارتفاع 616م فإن معدل درجة الحرارة العظمى بها لا يتجاوز 23.1°م فقط ، من هنا يبدو لنا أن عامل التضاريس يلعب دوراً كبيراً في تحديد معدلات درجات الحرارة وتباينها ، وقد انعكس هذا التباين في التوزيع الإقليمي لموجات الحر في الأردن ، ويعود السبب في ذلك إلى أن اجتياح كتلة هوائية حارة للمنطقة يمكنها أن ترفع درجة الحرارة في المناطق ذات المعدلات المنخفضة (المرتفعات والبادية) ، ولا تستطيع أن ترفع معدل درجة الحرارة في المناطق الغورية كثيراً لأن معدل درجة الحرارة مرتفع بها أصلاً .

لذلك تعتبر التضاريس من أكثر العوامل الجغرافية تأثيراً على التباين المكاني لعناصر المناخ المختلفة في الأردن ، التي تمتد طويلاً من الشمال إلى الجنوب (الفايد ، 1971) . وتقسم تضاريس الأردن بشكل عام إلى ثلاثة أقاليم طبيعية رئيسية هي إقليم غور الأردن والمرتفعات الجبلية والبادية (J., M. D., 1988) ، وفيما يلي استعراض لهذه الأقاليم والظروف المناخية السائدة فيه :-

أ- إقليم غور الأردن :-

وهو جزء من الأخدود الأفريقي العظيم الممتد من شرق إفريقيا حتى سواحل جنوب تركيا . ويمتد الأخدود الأردني من التقاء نهر اليرموك بنهر الأردن شمالاً حتى خليج العقبة جنوباً بطول مقداره 370 كم ، ويقع في هذا الجزء من الأخدود العظيم حوض البحر الميت الذي يعد أخفض بقاع العالم .

ومنطقة الغور كلها منخفضة عن مستوى سطح البحر بمقدار يتراوح ما بين (197 م) تحت مستوى سطح البحر في الشمال إلى (- 400 م) في جنوب البحر الميت ، وهي المنطقة الأقل انخفاضاً عن سطح البحر في العالم ، وفي المناطق الشمالية يبلغ عرض وادي الأردن (15 كم) يتسع تدريجياً ليصل إلى (30 كم) في الجنوب ، وتبلغ مساحة هذا الإقليم 3000 كم² (Abanda, 1993) .

ومناخ هذا الإقليم فريد من نوعه فهو حار جداً في الصيف ودافئ في فصل الشتاء ، ومعدل درجة الحرارة العظمى في فصل الصيف يتراوح ما بين 37-39°م ، أما معدل درجة الحرارة الصغرى في فصل الشتاء فيتراوح ما بين 8-12°م وأدنى درجة حرارة وصلت إلى 2.2°م تحت الصفر في وادي الريان .

ويتراوح معدل الرطوبة النسبية في أشهر الشتاء ما بين 50 - 77% تنخفض إلى 45-60% في الصيف في الأغوار الشمالية ، وفي غور الصافي تتراوح ما بين 50 -60% شتاء تنخفض إلى 40 - 45% خلال فصل الصيف . أما كميات الهطول فتتناقص من الشمال إلى الجنوب وتتراوح ما بين 350 ملم (الأغوار الشمالية) وتنخفض إلى 75 ملم في (غور الصافي) ، ثم تقل تدريجياً في وادي عربه لتصل إلى 35 ملم في مطار العقبة .

وكذلك فإن الرياح السائدة في هذا الإقليم تعتبر خفيفة السرعة بشكل عام ، وتكون جنوبية شرقية في الأغوار الشمالية خلال فصل الشتاء وغربية في فصل الصيف ، أما الأغوار الوسطى فأتجاه الرياح السائدة بها يتراوح ما بين شرقية إلى جنوبية تتحول

خلال فصل الصيف إلى شمالية غربية ، أما الرياح السائدة في العتبة فهي بشكل عام شمالية وتشكل 80% من الرياح السائدة ، والرياح الجنوبية لا تزيد عن 7% فقط .

بـ إقليم المرتفعات :-

يقع هذا الإقليم بين نهر اليرموك والحدود السورية في الشمال ووادي موسى في الجنوب ، وبين الأغوار ووادي عربة غرباً والبادية في الشرق والجنوب ، ويضم من الشمال إلى الجنوب جبال عجلون (800 – 1250م) التي تمتد من نهر اليرموك شمالاً حتى نهر الزرقاء جنوباً ، يليها جبال البلقاء (700 – 1097م) والتي تمتد من نهر الزرقاء شمالاً حتى وادي حسبان جنوباً ، ثم جبال مؤاب (800 – 1300م) وتمتد من وادي حسبان شمالاً حتى وادي الحسا جنوباً ، وأخيراً جبال الشراة (900 – 1700م) في الجنوب ويصل أقصى عرض لها إلى 50 كم (الحنبلي، 1991) .

يمتاز مناخ المرتفعات الجبلية بالبرودة في فصل الشتاء والاعتدال خلال فصل الصيف ، ويتراوح معدل درجة الحرارة العظمى ما بين 25°م (الشوبك ، وراس منيف) إلى 32,5°م (عمان ، أربد) وأعلى درجة حرارة وصلت إلى 42,8°م في عمان ، ومعدل درجة الحرارة الصغرى في فصل الشتاء يتراوح ما بين 1,2°م تحت الصفر في (الشوبك) إلى 5°م في (أربد) وأدنى درجة حرارة صغرى مسجلة كانت 14°م تحت الصفر في (الشوبك) .

وتتنذب الرطوبة النسبية في هذا الإقليم ما بين الليل والنهار وخلال فصول السنة المختلفة ، ويبلغ معدلها في فصل الشتاء ما بين 70-75% ينخفض خلال الصيف

إلى 35-40% فقط ، وتتراوح كميات الأمطار ما بين 560 ملم في منطقة عجلون والسلط تتدرج بالانخفاض كلما اتجهنا نحو الجنوب لتصل إلى 330 ملم في الكرك والشوبك .

أما الرياح السائدة في هذا الإقليم بشكل عام فهي جنوبية غربية خلال فصل الشتاء تتحول إلى ما بين شمالية إلى شمالية غربية خلال فصل الصيف .

ج- إقليم البادية :-

وهي هضبة متوسطة الارتفاع تشكل معظم مساحة الأردن وجزاً من بادية الشام ، وتحاذي الأراضي المرتفعة وتمتد معها طويلاً من شمال الأردن إلى جنوبه ، ويتراوح ارتفاعها ما بين (600 م) في الشمال ثم يتزايد تدريجياً إلى أن يتجاوز (1000م) في الجنوب ، كما أن الارتفاع يتناقص تدريجياً كلما اتجهنا إلى الشرق . ويقسم إقليم البادية إلى ثلاثة مناطق رئيسية هي بادية حسمى وتمتد من راس النقب حتى الحدود الأردنية السعودية ، وأرض الحماد وتمتد من راس النقب حتى الحدود الأردنية العراقية في الشمال الشرقي ، وأرض الحرة والتي هي جزء من حرة بلاد الشام ذات الصفة البركانية وتمتد من جنوب غرب سوريا عبر شمال شرق الأردن .

ويمتاز مناخ هذا الإقليم بالجفاف في فصل الشتاء والجفاف التام في فصل الصيف ، ويشبه المناخ المداري القاري حيث المدى الحراري الكبير بين درجة الحرارة ما بين الليل والنهار ، ومعدل درجة الحرارة العظمى لأشهر الصيف فتتراوح ما بين 32-37°م ، وأعلى درجة حرارة مسجلة كانت 47°م ومعدل درجة الحرارة الصغرى

يتراوح ما بين درجة واحدة تحت الصفر ترتفع في مناطق أخرى إلى 7°م في (الأزرق) ، وأدنى درجة حرارة كانت 12°م تحت الصفر في منطقة الرويشد .

ومعدل الرطوبة النسبية يتراوح ما بين 55 - 60% خلال فصل الشتاء ، قد ترتفع إلى 73% في مطار الملكة علياء والمفرق ، أما في فصل الصيف فينخفض معدل الرطوبة النسبية ما بين 25 - 35% فقط . أما الأمطار في هذا الإقليم فتقل كلما اتجهنا من الغرب إلى الشرق ومن الشمال إلى الجنوب ، فمعدل كمية الهطول في المفرق يساوي 152 ملم ينخفض إلى 70 ملم في الرويشد شرقاً و 33 ملم في الجفر جنوباً .

أما الرياح السائدة في هذا الإقليم فهي جنوبية غربية في فصل الشتاء تتحول إلى شمالية غربية خلال فصل الصيف (J.M.D.,1988).

ثانياً - العوامل السينوبتيكية التي تؤثر في مناخ الأردن :-

ترتبط موجات الحر التي تؤثر على الأردن بالعديد من العوامل مثل :-

أ- التوزيع الجغرافي لأنظمة الضغط الجوي السطحية .

ب- حالة طبقات الجو العليا .

بعد دراسة وتحليل خرائط الطقس السطحية وخرائط طبقات الجو العليا لجميع

الأيام التي تأثر بها الأردن بأقاليمه الثلاثة (البادية ، المرتفعات ، الأغوار) بموجات حر

خلال فترة الدراسة الممتدة من (1960 - 2000) ، فقد تم التوصل إلى وجود العديد من

أنظمة الضغط الجوي السطحية التي تؤدي إلى تأثير الأردن بهذه الظاهرة ، وتتمثل هذه الأنظمة في :-

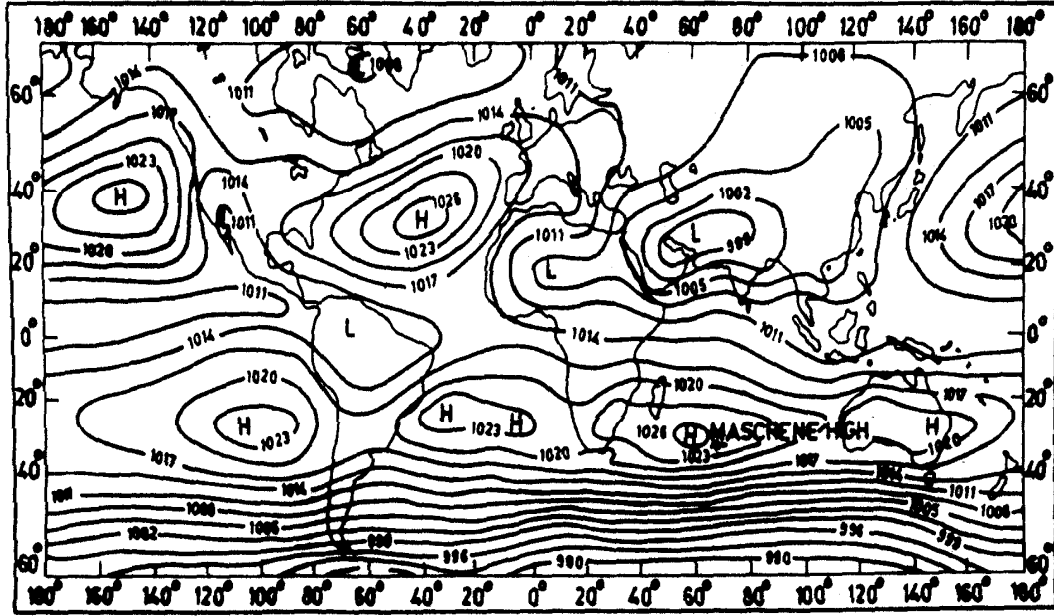
- 1- امتداد المنخفض الموسمي .
 - 2- المنخفض الحراري السعودي .
 - 3- امتداد المرتفع الجوي الأزوري .
 - 4- امتداد منخفض البحر الأحمر .
 - 5- المنخفض الخماسيني .
- وفيما يلي شرح لهذه الأنظمة :-

1- إمتداد المنخفض الموسمي Monsoon Trough

يدل تعبير رياح موسمية (Monsoon) بمعناها العام والمستمد من الكلمة العربية موسم (Mausim) ، لنتشير إلى أي نوع من الرياح تهب فوق أي منطقة من سطح الأرض خلال فترات معينة من السنة (Das, 1986) ، وبالتالي فإن هذه الرياح تهب في اتجاه محدد خلال النصف الأول من العام ، ثم تهب في اتجاه مضاد للاتجاه الأول خلال النصف الثاني منة .

وعلى الرغم من أن هذه الظاهرة تحدث في مناطق كثيرة في العالم ، إلا أن أهم منطقة تظهر بها الرياح الموسمية هي جنوب شرق آسيا ، حيث تعتبر القارة الاسيوية أكبر كتلة أرضية متصلة تحيط بها مياه المحيط الهادي والمحيط الهندي من الشرق ومن الجنوب . وقد قامت النظرية الكلاسيكية لتفسير تكون المنخفض الموسمي على أنه يتشكل

نتيجة اختلاف الحرارة النوعية لليابس والماء الذي يحيط به ، واختلاف تأثرهما بالإشعاع الشمسي الناتج عن رحلة الشمس الظاهرية ما بين مداري السرطان في الشمال والجدي في الجنوب ، ويؤدي هذا الاختلاف إلى تباين حرارة الهواء فوق كل منهما ، إذ إنه فوق اليابس تكون نسبة ارتفاع درجة حرارة الهواء أكبر وبمعدل أسرع من ارتفاعها فوق الماء (Thomas, 1965) ، فنتشكل منطقة ذات ضغط جوي منخفض مركزها شبه القارة الهندية (شكل رقم 3) .



المصدر : (Das, 1985)

شكل رقم (3)

توزيع معدل الضغط الجوي خلال شهر تموز

لذلك يتكون في فصل الصيف فوق قارة آسيا ضغط جوي منخفض تندفع إليه الرياح من مناطق الضغط الجوي المرتفع المتمركز فوق المحيطات المجاورة ، وهي التي تعرف بالرياح الموسمية الصيفية ، ونظراً لأن هذه الرياح تمر فوق المسطحات المائية فإنها تكون محملة ببخار الماء ، إلا أنها لا تسقط الأمطار إلا إذا اعترضتها مرتفعات جبلية تعمل على خفض درجة حرارتها وتكثيف ما بها من بخار الماء ، وكذلك فإن ارتفاع حرارة اليابس تؤدي إلى حدوث التيارات الهوائية الصاعدة المرتبطة بالاضطرابات الجوية والتي تنتهي بهطول الأمطار التصاعدية الغزيرة .

ويتحكم المدى الذي يصل إليه امتداد المنخفض الموسمي باتجاه الرياح السطحية ومدى درجة الحرارة العظمى والرطوبة في المناطق التي يؤثر عليها ، فامتداد هذا المنخفض حتى السواحل الشرقية للبحر المتوسط يؤدي إلى تعرض الأردن إلى رياح غربية إلى شمالية غربية معتدلة الحرارة ، إلا أن انحساره وتراجعته ليتركز فوق الجزيرة العربية يؤدي إلى هبوب رياح شرقية إلى شمالية شرقية حارة وجافة نتيجة عبورها مساحات شاسعة من اليابس .

والشكل رقم (4) يظهر امتداد المنخفض الموسمي والذي أدى إلى تأثر الأردن بموجة حارة خلال الفترة 12- 16 آب 1985 حيث تعرضت الأردن إلى رياح شمالية حارة ، أدت إلى ارتفاع درجة الحرارة العظمى لتصل إلى 40.8°م في مطار عمان المدني بزيادة قدرها 8.5°م عن معدلها لذلك الشهر من السنة ، وقد صاحبها رياح جافة لم تتجاوز نسبة الرطوبة فيها عن 16% فقط .

المصدر : Eurpon M., 1985

شكل رقم (4)

موجة الحر الناتجة عن امتداد المنخفض الموسمي خلال الفترة 12 - 16 آب 1985

2 - المنخفض الحراري السعودي Saudia Thermal Low

يؤدي انسحاب المرتفع الآزوري وتراجعته غرباً خلال فصل الصيف ليستقر فوق مياه المحيط الأطلسي على مقربة من جزر الآزور إلى ظهور مناطق من الضغط الجوي المنخفض فوق بعض المناطق ومن ضمنها الجزيرة العربية (التوم، 1974)، حيث يتكون في منطقة الخليج العربي والجزيرة العربية مع نهاية فصل الربيع وبداية شهر حزيران حوض منخفض جوي سطحي يعتبر امتداداً للمنخفض الجوي الموسمي الذي

يسيطر في هذا الفصل على شرق آسيا ، ويمتد تأثير ذلك الحوض إلى كل الدول الواقعة إلى الشرق من البحر المتوسط ، بل ويصل تأثيره أحيانا إلى شمال اليونان وإيطاليا . وعلى الرغم من أن هذا المنخفض يعتبر ظاهرة جوية سطحية وليس له امتداد عمودي في طبقات الجو العليا ، إلا أنه يتبادل السيطرة على خرائط الطقس السطحية معخفضات الحرارة الأخرى خلال فصل الصيف كاملاً ، ويتحكم في المسار اليومي لدرجة الحرارة العظمى في الدول الواقعة تحت تأثيره مؤدياً إلى ما يعرف بموجات الحر في هذه الدول .

فعندما يمتد باتجاه الشمال الغربي بحيث يصل إلى الساحل الشرقي للبحر المتوسط فإن الأردن يتعرض إلى رياح شمالية غربية معتدلة ولطيفة الحرارة ، أما عندما يمتلئ ويقل تحدر الضغط الجوي ما بين مركز المنخفض وأطرافه ، فإنه يتراجع نحو الجنوب الشرقي وتهب على الأردن رياح شرقية إلى شمالية شرقية حارة وجافة ومغبرة بسبب عبورها لمسافات طويلة فوق اليابس الصحراوي ، فتؤدي إلى تأثر الأردن بموجات حر مختلفة تعتمد فترة وشدة تأثيرها على عمق هذا المنخفض والحالة في طبقات الجو العليا المرافقة له .

والشكل رقم (5) يظهر نظام المنخفض الحراري السعودي الذي أدى إلى تأثر الأردن بموجة حر محدودة التأثير خلال الفترة 14 - 17 حزيران 2000 م ، حيث لم تتأثر بها سوى محافظة المفرق ، فارتفعت درجة الحرارة العظمى فيها لتصل إلى 37.5°م بزيادة قدرها 6°م أعلى من معدلها العام لذلك الشهر من السنة ، وقد صاحب المنخفض

السطحي امتداد حوض علوي بارد في طبقات الجو العليا أدى إلى انحسار مساحة تأثيرها واقتصارها على هذه المنطقة فقط .

المصدر : Eurpon M., 2000

شكل رقم (5)

خارطة الطقس السطحية يوم 14 حزيران 2000م

3 - امتداد المرتفع الآزوري Azore High Pressure

يتأثر الأردن خلال نهاية فصل الربيع وبداية فصل الصيف بامتداد نتوءات المرتفع الجوي المداري الذي يسود شمال إفريقيا ، فتؤدي حركة هذا النتوء نحو الشرق والشمال الشرقي إلى انحسار منخفض الهند الموسمي وتراجعته نحو الشرق ، ويشير شحاده (1991) إلى أن المرتفع الآزوري ينحسر خلال الصيف عن المناطق الشرقية من

الصحراء الكبرى بسبب ارتفاع درجة حرارتها ، ولكنة يتزحزح نحو الشمال ويمتد على شكل ذراع ضخم يجثم فوق الحوض الغربي للبحر المتوسط ، ويعتبر امتداده فوق المتوسط عاملاً رئيسياً من العوامل التي تحد من تكون المنخفضات الجوية وتمنع حركتها نحو الشرق ، مما يجعل فصل الصيف في الأردن فصلاً جافاً خالياً من الأمطار .

ويعتبر مرتفع الآزور من اكثر مناطق الضغط الجوي الدائم تأثيراً في نصف الكرة الأرضية الشمالي ، ويتمركز هذا المرتفع الجوي حول جزر الآزور Azore Islands التي تقع في المحيط الأطلسي بالقرب من ساحل إفريقيا الشمالي الغربي ، حيث يكون الضغط الجوي مرتفعاً طوال العام (Robert, 1978) ، وهذا المرتفع هو جزء من المرتفع الجوي الدائم شبه المداري الذي يحيط بالكرة الأرضية ، ويتمركز بين خطي عرض 30 - 35° شمالاً .

ويبقى الضغط الجوي مرتفعاً طوال العام في منطقة جزر الآزور ، ولكن المدى الحقيقي لهذا الارتفاع يختلف باختلاف فصول السنة ، ويرتبط ارتباطاً مباشراً بحركة الشمس الظاهرية ما بين مدار السرطان في الشمال والجدي في الجنوب ، فمع رحلة الشمس شمالاً نحو مدار السرطان نجد أن الضغط الجوي يزداد زيادة ملحوظة في مركز المرتفع ، فتزداد قيم الضغط الجوي بالارتفاع نتيجة لزيادة التدرج الحراري Temperature Gradients ما بين مياه المحيط الأطلسي ويابس الصحراء الكبرى ، حيث ترتفع درجة الحرارة فوق الصحراء الكبرى (اليابس) بمستوى اكبر وأسرع من مياه المحيط الأطلسي ، مما يؤدي إلى اختلاف كبير في درجة الحرارة ما بين المنطقتين

رغم وجودهما في منطقة عروض واحدة ، وهذا الاختلاف ينعكس مباشرة على الضغط الجوي واختلافهما ما بين المرتفع الجوي فوق مياه المحيط الأطلسي والمنخفض الجوي فوق الصحراء الكبرى .

وكما يتذبذب موقع هذا المرتفع الجوي ما بين الشمال والجنوب خلال فصلي الصيف والشتاء ، فإنه يتذبذب أيضا ما بين الشرق والغرب نتيجة الاختلافات اليومية في قيم الضغط الجوي ما بين مركز المرتفع الجوي وأطرافه ، مما يسمح له بالامتداد شرقاً عبر الصحراء الكبرى ليغطي أجزاء واسعة من الجزيرة العربية ، فتهب على الأردن رياح جنوبية إلى جنوبية شرقية حارة وجافة . ويؤدي انحسار وتراجع هذا المرتفع غرباً عبر الصحراء الكبرى إلى امتداد المنخفض الموسمي أو المنخفض الحراري السعودي وتأثيره على الأردن .

والشكل رقم (6) يظهر امتداد المرتفع الآزوري الذي اثر على البلاد وأدى إلى موجة حر خلال الفترة 1 - 4 تشرين أول 1969 وأدت إلى موجة حر محدودة التأثير ، حيث ارتفعت درجة الحرارة العظمى في معان فقط ووصلت إلى $35,6^{\circ}\text{C}$ بزيادة قدرها $8,3^{\circ}\text{C}$ أعلى من معدلها العام لذلك الشهر من السنة ، وتراجعت نسبة الرطوبة من 38% في اليوم السابق إلى 22% فقط ، وقد رافق هذه الموجة الحارة هبوب رياح جنوبية إلى جنوبية شرقية حارة وجافة ومثيرة للغبار الذي أدى إلى خفض مدى الرؤيا إلى ما دون ثلاثة كيلومترات خاصة في ساعات المساء .

المصدر Eurpon M., 1969

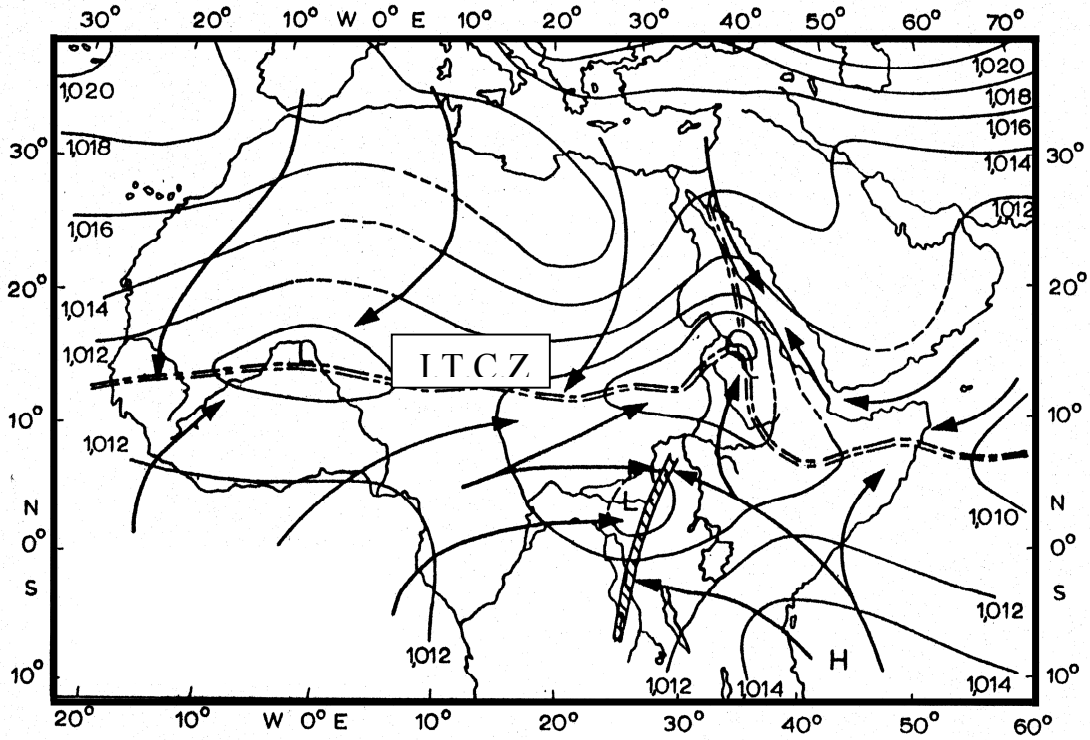
شكل رقم (6)

امتداد المرتفع الأزوري الذي أدى إلى موجة حر يوم 4 تشرين أول 1969
وقد صاحب امتداد المنخفض السطحي امتداد لحوض علوي بارد في طبقات
الجو العليا (500 هكتوبسكال) ، أدى إلى ارتفاع الهواء الساخن المصاحب للمنخفض
السطحي إلى الأعلى وتشتته ، وبالتالي انحصار تأثير هذه الموجة على هذه المنطقة دون
غيرها من المناطق ، وقصر عمرها الذي لم يتجاوز 4 أيام فقط .

4 - امتداد منخفض البحر الأحمر Red Sea Trough

يتكون فوق البحر الأحمر خلال الخريف والشتاء منخفض سطحي يفصل بين
مراكز الضغط الجوي المرتفع في الجزيرة العربية وشمال إفريقيا . وبالرغم من كون

ذلك المنخفض ظاهرة جوية دائمة تنشأ من النقاء رياح شمالية غربية باردة قادمة من حوض البحر المتوسط مع رياح جنوبية شرقية مدارية دافئة أو حارة ، فان تأثيره على مناخ الأردن لا يظهر إلا مع بداية فصل الخريف (Pedgley, 1974) ، ويرجع ذلك إلى أن مركز ذلك الحوض الذي يمثل منطقة تجمع للتيارات الهوائية الباردة والدافئة (I.T.C.Z.) يتزحزح مع بداية فصل الخريف نحو الشمال بحيث يقع في الشتاء قبالة ميناء بورسودان (شكل رقم 7) ، ويتزحزح في الصيف نحو الجنوب بحيث يتركز في منتصف الصيف قبالة ميناء واساوا في أثيوبيا (شحادة، 1991) .



المصدر : Griffiths. 1972

شكل رقم (7)

معدل توزيعات الضغط الجوي خلال شهر تشرين أول

لذلك ما أن يبدأ فصل الخريف في نهاية شهر أيلول ، حتى يبدأ المنخفض الموسمي بالامتلاء والتراجع نحو الشرق ، وتبدأ درجة حرارة اليابس بالانخفاض التدريجي بينما تبقى مياه البحر الأحمر دافئة ، فيتكون ما يعرف بأخدود منخفض البحر الأحمر الذي يفصل بين مراكز الضغط الجوي المرتفع في الجزيرة العربية وشمال أفريقيا ، وتمتاز بالتعمق والامتداد نحو الشمال أو الامتلاء والانحسار نحو الجنوب ، حيث تؤدي الرياح الجنوبية إلى الجنوبية الشرقية إلى تغذيته وتعمقه وامتداده شمالاً لتسيطر على الأردن رياح جنوبية إلى جنوبية شرقية دافئة أو حارة وجافة تؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة العظمى (أبو حسين، 1994) .

وتتحكم الحالة الجوية في طبقات الجو العليا بالحالة السطحية التي يمكن أن تصاحب امتداد منخفض البحر الأحمر ، فإذا اقترنت الرياح السطحية والمصاحبة لامتداد منخفض البحر الأحمر بتدفق هواء بارد في طبقات الجو العليا ، فإن ذلك يؤدي إلى زيادة فعالية (ديناميكية) المنخفض السطحي وتطور حالة عدم استقرار جوي تعتمد في شدتها على الفرق في درجة الحرارة ما بين الرياح السطحية والرياح في طبقات الجو العليا وكمية الرطوبة في الغلاف الجوي . أما إذا صاحب امتداد أخدود منخفض البحر الأحمر نحو الشمال متن مرتفع جوي في طبقات الجو العليا ، فإن ذلك يؤدي إلى هبوط الهواء الساخن (Subsidence) من المتن العلوي ويحد من حالة عدم الاستقرار التي يمكن أن تصاحبه ، ويقتصر تأثيره على ارتفاع درجات الحرارة العظمى لفترات قد تزيد

عن 3 أيام ، مما يؤدي إلى تأثر الأردن موجات حر اقتصر تأثيرها خلال شهر تشرين أول فقط .

وقد تمكن الباحث من إثبات دور امتداد منخفض البحر الأحمر في موجات الحر في الأردن بعد الرجوع إلى الخرائط الصادرة عن المركز الأوروبي في المانيا ، وللتأكد من الوضعية الجوية فقد تم تحديد تاريخ هذه الموجات ومراجعة البيانات المناخية اللازمة لها والخاصة بتوزيع الضغط الجوي على الأردن خلال فترة التأثير ، بحيث يجب أن ينتظم توزع الضغط الجوي ما بين جنوب الأردن وشماله ، فيكون الضغط الجوي في جنوب الأردن (مطار العقبة) أقل من الوسط (مطار عمان) ويكون الضغط الجوي في مطار عمان أقل من الضغط الجوي في شمال الأردن (أربد) (جدول رقم 5) .

من هنا تم التأكد من هذه الحالات وتثبيت دور امتداد منخفض البحر الأحمر نحو الشمال في بعض حالات موجات الحر التي أثرت على الأردن خلال فترة الدراسة وتركزت في شهر تشرين أول فقط .

والشكل رقم (8) يظهر امتداد أخدود منخفض البحر الأحمر الذي أدى إلى تأثر الأردن بموجة حارة خلال الفترة 1 - 13 تشرين أول 1978 صاحبها رياح جنوبية شرقية حارة وجافة فرفعت درجة الحرارة العظمى إلى 7.6°C أعلى من معدلها العام لذلك الشهر من السنة ، فوصلت درجة الحرارة العظمى في مطار عمان مثلاً إلى 35°C ، وتراجع معدل الرطوبة النسبية من 26% في اليوم السابق إلى 13% خلال فترة تأثير الموجة الحارة .

جدول رقم (5)

توزيعات الضغط الجوي خلال بعض حالات تأثير امتداد منخفض البحر الأحمر

تاريخ الموجة	الضغط الجوي في العقبة	الضغط الجوي في عمان	الضغط الجوي في اربد
1978/10/1	1009,5	1011.9	1012.6
1978/10/2	1010	1011.7	1012.6
1978/10/3	1011,2	1012.8	1013.9
1978/10/4	1011.2	1012.0	1012.8
1978/10/5	1008.6	1009.6	1010.9
1978/10/6	1008.7	1010.3	1011.0
1978/10/7	1010.1	1011.3	1013.3
1978/10/8	1011.4	1012,5	1014.2
1978/10/9	1010.7	1013.1	1013.2
1978/10/10	1012.6	1012.8	1014.3
1978/10/11	1011.7	1012.9	1014.5
1978/10/12	1009.0	1009.9	1011.3
1987/10/13	1008.6	1008.8	1009.0
1991/10/1	1004.9	1006.6	1009.3
1991/10/2	1003.2	1005.7	1008.5
1991/10/3	1004.0	1006.1	1008.3
1991/10/4	1005.7	1006.0	1007.2
1991/10/5	1005.3	1006.4	1008.1

المصدر : دائرة الأرصاد الجوية

المصدر : Eurpon M., 1978

شكل رقم (8)

امتداد اخدود منخفض البحر الأحمر يوم 8 تشرين أول 1978

وقد امتازت هذه الحالة بشمولية التأثير على معظم مناطق المملكة ، حيث صاحبها امتداد لمرتفع جوي في طبقات الجو العليا (500 هكتوبسكال) أدى إلى اتساع المنطقة التي اجتاحتها الرياح الحارة لتشمل معظم مناطق المملكة واستمرارها لفترة طويلة من الزمن (جدول رقم 6) .

جدول رقم (6)

المتغيرات المناخية في بعض مدن المملكة خلال موجة 1-13 تشرين أول 1978

المحطة	درجة الحرارة العظمى	الزيادة عن معدل درجة الحرارة	معدل الرطوبة النسبية (%)
مطار عمان المدني	34,7	7.6	13
اربـد	35.2	8.7	25
المفرق	34.4	7.1	14
معان	33.5	6.2	20

المصدر : دائرة الأرصاد الجوية

5 - المنخفضات الخماسينية Khamasin Lows

نظراً لموقع الأردن في الجزء الجنوبي الشرقي لحوض البحر المتوسط فإنه

يتأثر بالعديد من المنخفضات الخماسينية التي تصل إلى ذلك الحوض ، وما يصاحبها من

ظواهرات جوية مختلفة ، ويمكن تلخيص أهم النظريات التي تناولت نشأة وتكون هذه

المنخفضات ومساراتها بما يلي :-

- تعرف المنخفضات التي تتكون على سفوح جبال أطلس بالمنخفضات

الخماسينية ، لأنها يغلب تكونها في فصل الربيع خاصة في الخمسين يوماً التي تعقب

الاعتدال الربيعي مباشرة ، ويكثر تكون المنخفضات الخماسينية في تلك الفترة لان حرارة

مياه البحر المتوسط تكون وقتئذ أقل من حرارة اليابسة ، كما أن موقع جبهة البحر

المتوسط (Mediterranean Front) التي تنشأ عليها معظم المنخفضات يكون قد ترحل

نحو الجنوب الغربي من الصحراء الكبرى ، وتتعرّز احتمالات تكون المنخفضات الخماسينية عندما يغطي هواء قطبي بارد كل البحر المتوسط ويمتد جنوباً نحو الصحراء الكبرى ، إذ أن ذلك يؤدي إلى تكون ضغط جوي مرتفع في الجزء الشمالي من البحر المتوسط ويجعل المنخفضات الخماسينية المنخفضات الوحيدة التي يتحمل تكونها في تلك الظروف (شحادة، 1991) .

- تنشأ المنخفضات الخماسينية في فصل الربيع ، حيث تكون درجة حرارة البحر المتوسط أبرد من درجة حرارة اليابس الإفريقي مما يؤدي إلى وجود حالة من الباروكينية Baroclinic ، فينتج عنها عدم استقرار ديناميكي بسبب الاختلاف الحراري للكتل الهوائية ، فتؤدي هذه الحالة إلى تكون المنخفض الخماسيني ، الذي يتحرك على طول الخط الباروكيني الذي يفصل بين الهواء البارد فوق البحر المتوسط والهواء الحار فوق اليابس الإفريقي (Adel, 1972) .

- تنشأ المنخفضات الخماسينية نتيجة لوجود جبال أطلس في الشمال الغربي للقرارة الإفريقية ، حيث تؤدي هذه الجبال دوراً ديناميكياً في زيادة الحركة الإعصارية للرياح في المنطقة الخلفية لجبال أطلس (AL-Fandi, 1940) .

ولا تعتبر المنخفضات الخماسينية من أنظمة الضغط الرئيسية التي تؤدي إلى حدوث موجات الحر في الأردن ، حيث يقتصر تأثيرها غالباً في أشهر نيسان وأيار وبداية شهر حزيران حيث يتوقف تأثيرها في العادة بعد هذا التاريخ . وتحدث الموجات الحارة عندما يقع الأردن تحت تأثير الجبهة الحارة أو ضمن القطاع الدافئ (Warm

(Sector) لبعض المنخفضات الخماسينية الجافة التي تسلك مساراً جنوبياً فوق الساحل الشمالي لإفريقيا يرافقها في طبقات الجو العليا امتداد لمرتفع جوي يؤدي إلى هبوط الرياح الحارة (Subsidence) من طبقات الجو العليا نحو السطح ، ولفترة تستمر ثلاثة أيام أو أكثر مؤدية إلى ارتفاع درجات الحرارة عن معدلاتها وبالتالي تأثر الأردن بموجة حارة ،

والشكل رقم (9) يظهر تأثر الأردن بالقطاع الدافئ (Warm Sector)

المصاحب للمنخفض الخماسيني الذي أثر على المملكة خلال الفترة 2 - 8 أيار 1966 وأدى إلى تأثر الأردن بموجة حارة محدودة التأثير (مطار عمان والمفرق) . حيث أدت إلى ارتفاع درجة الحرارة العظمى فوصلت في مدينه عمان إلى 40.7°م ، أي بزيادة قدرها 9.9°م أعلى من معدلها العام لذلك الشهر من السنة ، وكذلك تراجعت نسبة الرطوبة من 33% في اليوم السابق إلى 17% فقط خلال فترة تأثير الموجة الحارة ، والتي صاحبها امتداد هواء بارد في طبقات الجو العليا (500 هكتوبسكال) أدى إلى انحصار الهواء الحار في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي ، والحد من توسع تأثيرها لتشمل هاتين المنطقتين فقط .

المصدر : Eurpon M.,1966

شكل رقم (9)

المنخفض الخماسيني الذي أدى إلى موجة حر بتاريخ 1966/5/2

- حالة طبقات الجو العليا :

ترتبط أنظمة الطقس السطحية وما يصاحبها من ظاهرات مناخية مختلفة ومن بينها موجات الحر ، ترتبط هذه الأنظمة ارتباطاً وثيقاً بحالة الغلاف الجوي لتؤدي في النهاية إلى النمط العام الذي تسود فيه موجة الحر من حيث عمر الحالة وشدتها ومدى امتدادها الأفقي ، وتتمثل الحالات العامة للغلاف الجوي بوجود الحالات التالية :-

أ- وجود مرتفع جوي :-

يصاحب أنظمة الطقس السطحية في بعض الاحيان وجود مرتفع في طبقات الجو العليا أو امتداده على مستوى 500 هكتوبسكال ، وتؤدي هذه الحالة إلى هبوط الهواء الساخن من الارتفاعات المختلفة إلى سطح الأرض . وقد تم التعرف على هذا النوع من خلال تحليل خرائط التفجرام بتحليل مقطع عمودي للهواء فوق المنطقة ، حيث لوحظ أن درجة الحرارة تبدأ بالارتفاع في طبقات الجو العليا قبل أن يصل إلى الطبقة السطحية ، فيلاحظ أن درجة الحرارة قد تجاوزت معدلها على ارتفاع 500 هكتوبسكال في بداية تأثير موجة الحر ، وفي اليوم التالي يهبط الهواء إلى الارتفاع الأدنى 700 هكتوبسكال ، وفي اليوم الذي يليه يهبط الهواء الحار إلى مستوى أقل 850 هكتوبسكال ثم إلى سطح الأرض وهنا تصل الموجة الحارة إلى قمة تأثيرها .

والشكل رقم (10) يظهر حالة طبقات الجو العليا والمصاحبة لموجة الحر الشديدة الواسعة الانتشار والتي أثرت على بعض مناطق المملكة (معان ، العقبة) خلال الفترة 19-24 أيار 1970 ، فوصلت درجة الحرارة العظمى في معان إلى 39.2°م وازيادة قدرها 10.4°م أعلى من معدلها العام لذلك الشهر من السنة ، وكذلك ارتفعت درجة الحرارة العظمى في العقبة لتصل إلى 43.2°م بفارق 8.1°م عن معدلها العام لذلك الشهر من السنة ، وكذلك تراجعت الرطوبة النسبية في جميع مدن المملكة نتيجة تأثرها بالرياح الشرقية والجنوبية الشرقية المصاحبة لامتداد المنخفض الموسمي نحو الغرب .

المصدر : Eurpon M.,1970

شكل رقم (10)

الحالة الجوية لطبقات الجو العليا (500 هكتوبسكال) ليوم 1970/5/22

ب- وجود امتداد حوض علوي بارد :-

يصاحب بعض أنظمة الطقس السطحية والتي تؤدي إلى موجات الحر في

الأردن وجود امتداد حوض علوي بارد في طبقات الجو العليا ، يؤدي إلى حصر الرياح

الحارة في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي فقط ، وبالتالي تعتمد درجة الحرارة

السطحية في هذه الحالة على مصدر الرياح والمسار الذي تسلكه للوصول إلى الأردن ،

والمسطحات التي تمر فوقها من حيث نوعها وطبوغرافيتها . ويلاحظ في هذه الحالة أن الامتداد العمودي لدرجات الحرارة يكون محدوداً في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي ، بحيث لا تتجاوز درجة الحرارة فوق مستوى 850 هكتوبسكال معدلاتها السنوية .

وتؤدي هذه الحالة عادة إلى وجود حركه عمودية للهواء الساخن إلى الأعلى Upward Motion تعمل على تشتيت الرياح السطحية الحارة إلى الأعلى ليحل محلها رياح أقل حرارة ، وبالتالي تكاثف ما في الهواء من بخار ماء وتشكل الغيوم الركاميه ، والتي قد تؤدي إلى هطول زخات رعدية من المطر في بعض المناطق ، قد يصحبها الرعد أحياناً .

والشكل رقم (11) يظهر الحالة الجوية لطبقات الجو العليا المصاحبة لموجة الحر القصيرة المحدودة والتي أثرت على الأردن خلال الفترة 4-6 تشرين أول 2000 وأدت إلى تأثر مناطق محدودة بهذه الموجة (ديرعلا) ، فوصلت درجة الحرارة العظمى إلى 40.6°م بزيادة قدرها 7.5°م عن معدلها العام في ذلك الشهر من السنة ، ولم تستمر لأكثر من ثلاثة أيام فقط .

ومن العلاقة ما بين أنظمة الطقس السطحية وحالة طبقات الجو العليا يمكن تصنيف موجات الحر التي تؤثر على الأردن حسب ميكانيكية حركة الهواء ومدى انتشارها إلى الأصناف التالية :-

المصدر : Eurpon M., 2000

شكل رقم (11)

الحالة الجوية لطبقات الجو العليا (500 هكتوبسكال) ليوم 2000/6/10

1- النوع الأول :- التيارات الهابطة للهواء الساخن (Warm Subsidence)

في هذا النوع يهبط الهواء الساخن من طبقات الجو العليا نحو السطح نتيجة وجود مرتفع جوي أو امتداده في طبقات الجو العليا (500 هكتوبسكال) يصاحب الحالة الجوية السطحية ، وبهبوط الهواء ترتفع درجة حرارته ، لذلك تمتاز هذه الحالة بانقشاع السحب وصفاء السماء وشدة الإشعاع الشمسي وهدوء الرياح ، وشمولية وشدة تأثيرها على معظم مناطق الأردن ، وكذلك فإن تأثيرها يدوم لفترة أطول ، ويصل إلى المناطق المرتفعة وتتأثر بالموجة الحارة قبل المناطق السهلية أو الغورية المنخفضة .

2- النوع الثاني :- الانتقال الأفقي للهواء الساخن (Warm Advection)

هنا تنتقل الرياح الحارة أو الساخنة أفقياً باتجاه الأردن من منطقته إلى أخرى ، وتكون الرياح الشرقية والجنوبية الشرقية السبب في تكون موجة الحر ، حيث تقطع مسافات طويلة فوق اليابس فتجف وترتفع درجة حرارتها ، وعادة ما يصاحب هذا النوع وجود حوض علوي بارد أو امتداده في طبقات الجو العليا (500 هكتوبسكال) ، يؤدي إلى حصر الرياح الساخنة في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي فقط ، وتمتاز هذه الحالة بمحدودية تأثيرها المكاني والزمني ، وقد يصاحبها أحياناً حالة من عدم الاستقرار الجوي تؤدي إلى هطول بعض الأمطار على بعض المناطق خاصة في فترات المساء .

من هنا وبعد تحديد العوامل المحددة لموجات الحر في الأردن ، فإنه لزاماً علينا الانتقال إلى دراسة الخصائص الاحصائية لهذه الموجات الحارة والتي هي موضوع فصلنا القادم .

يرتبط تأثر الأردن بموجات الحر بسيطرة وتفاعل أنظمة ضغط جوي سطحية وعلوية متميزة ترتبط بحركة الشمس الظاهرية ما بين مداري السرطان والجدي .
ولدراسة توزيعات موجات الحر في الأردن فقد تم تقسيمها إلى :-

أولاً :- التوزيعات العامة :- وتتضمن التوزيع الزمني والمكاني والسينوبتيكي والنوعي لموجات الحر في الأردن .

ثانياً :- التوزيعات الإقليمية :- وتتضمن التوزيع الإقليمي لموجات الحر في أقاليم الأردن الطبيعية (الأغوار ، المرتفعات الجبلية ، البادية) .

أولاً - التوزيعات العامة لموجات الحر في الأردن :-

بهدف دراسة توزيعات موجات الحر في الأردن خلال الفترة (1960-2000) ،
فقد تم اعتماد الأقاليم الطبيعية الثلاثة في الأردن ، ودراسة وتحليل موجات الحر في ست محطات مناخية (المفرق، معان، عمان، إربد، ديرعلا، العقبة) ممثلاً بمحطتين مناخيتين لكل إقليم من هذه الأقاليم (جدول رقم 7) ، بحيث يتوفر لهذه المحطات الشروط التالية :-

- أ- وجود سجل مناخي طويل يغطي فترة الدراسة .
- ب- التوزيع الجغرافي المناسب للمحطات التي تمثل كل إقليم .
- ج- الموارد البشرية (عدد السكان) والموارد الاقتصادية (مياه ، زراعة ، طاقة) لمحطات الدراسة .

جدول رقم (7)

المحطات المناخية المحلية المختارة لدراسة توزيعات موجات الحر

الإقليم	المحطة	خط الطول	دائرة العرض	الارتفاع عن منسوب البحر متر
البادية	المفرق	15 36	22 32	686
	معان	47 35	10 30	1069
المرتفعات	مطار عمان	59 35	59 31	766
الجبلية	إربد	51 35	33 32	616
غور الأردن	ديرعلا	37 35	13 34	224-
	مطار العقبة	00 35	33 29	51

المصدر: دائرة الأرصاد الجوية

وقد تم دراسة وتحليل توزيعات موجات الحر في الأردن من حيث :-

- 1- التوزيع السنوي لموجات الحر في الأردن (1960-2000) .
- 2- التوزيع الشهري لموجات الحر في الأردن (أيار- تشرين أول) .
- 3- التوزيع المكاني لموجات الحر في الأردن .
- 4- التوزيع السينوبتيكي لموجات الحر في الأردن .
- 5- التوزيع النوعي لموجات الحر في الأردن (عمر الحالة ، شدة درجة الحرارة) .

1- التوزيع السنوي لموجات الحر في الأردن (1960-2000) :-

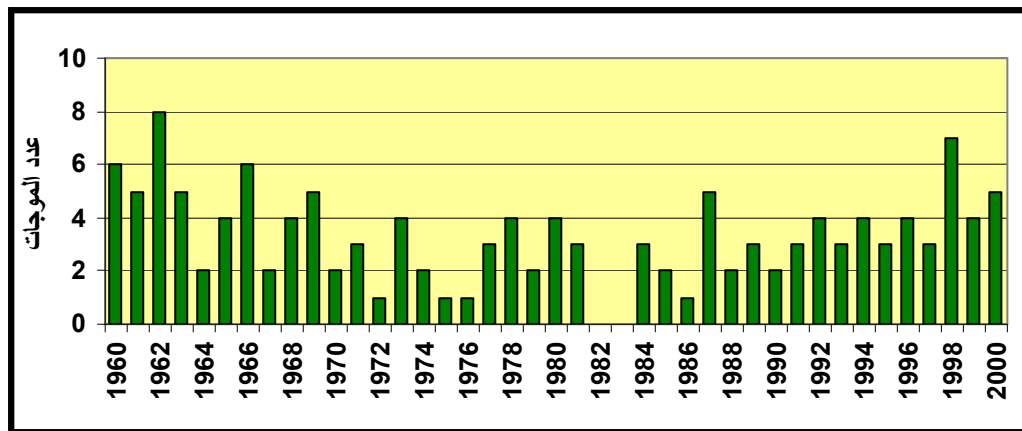
بعد دراسة موجات الحر في الأردن خلال الفترة الممتدة ما بين 1960-2000 فقد تأثر الأردن بأقاليمه الثلاثة (الأغوار - المرتفعات - البادية) بما مجموعه 135 موجة موزعة على سنوات الدراسة البالغة (41) سنة بمعدل 3,3 موجة حر لكل عام ، وبانحراف معياري يساوي 1.78 ومعامل تغيير 0.54 ، مما يعني وجود نسق عام لتكرار موجات الحر السنوية ، وبالتالي احتمالية مرتفعة لتكرارها السنوي .

وبسبب اتساع وتباين منطقة الدراسة ، فقد تبين أن موجات الحر لا تؤثر على الأردن بكافة أقاليمه في كل عام ، حيث يشير الجدول رقم (8) إلى اختلاف التوزيع السنوي لموجات الحر من سنة إلى أخرى ، وأن أعلى تكرار لها (9) سنوات كان لثلاث وأربع موجات حارة وهي القريبة من المعدل ، ينخفض هذا التكرار إلى سنتين (83،82) وبنسبة 4.8% من سنوات الدراسة لم يتأثر فيهما الأردن بموجات الحر نهائياً ، وقد كانت سنة 1962 أكثر السنوات من حيث عدد موجات الحر ، حيث تأثرت الأردن خلالها بما مجموعه (8) موجات حر ، يليها سنة 1998 حيث تأثر الأردن خلال هذه السنة كذلك بما مجموعه سبع موجات حر (شكل رقم 12) .

جدول رقم (8)

التوزيع التكراري السنوي لموجات الحر في الأردن خلال الفترة (1960-2000)

عدد الموجات السنوية	التكرار	النسبة المئوية (%)
صفر	2	4.8
1	4	9.7
2	8	19.5
3	9	22
4	9	22
5	5	12,2
6	2	4,8
7	1	2.4
8	1	2.4
المجموع	41	100



شكل رقم (12)

التوزيع السنوي لموجات الحر في الأردن خلال الفترة (1960-2000)

2- التوزيع الشهري لموجات الحر :-

لدراسة التوزيع الشهري لموجات الحر واعتماداً على تعريف موجة الحر فقد تم

حصر الأشهر التي ترتفع فيها درجة الحرارة العظمى لتدخل عتبة الموجة الحارة Heat

Wave Threshold ولا تقل عن 32°م ، بحيث أن :-

$$[\text{معدل درجة الحرارة العظمى الشهرية} + 5^{\circ} \text{م}] \leq 32^{\circ} \text{م}$$

وبعد تحديد موجات الحر حسب توزيعها الشهري ، فقد تبين تركيز هذه

الموجات خلال الأشهر من أيار إلى تشرين أول ، إذ تأثر الأردن خلال شهر أيار بما

مجموعة 37 موجة وبما نسبته 27.4% من مجموع الموجات الحارة في الأردن ،

انخفضت في شهر تشرين أول إلى 33 موجة بنسبة 24.4% من المجموع العام لموجات

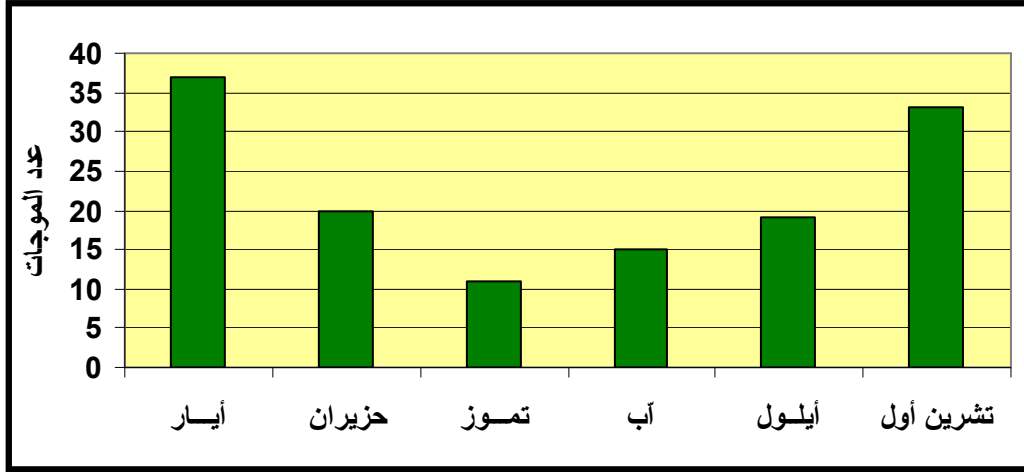
الحر في الأردن . وكان شهر تموز أقل الأشهر ، حيث أثرت على الأردن خلاله 11

موجة فقط ، (جدول رقم 9) (شكل رقم 13) .

جدول رقم (9)

التوزيع التكراري الشهري لموجات الحر في الأردن خلال الفترة (1960-2000)

الشهر	عدد الحالات (التكرار)	النسبة المئوية (%)
أيار	37	27.4
حزيران	20	14.8
تموز	11	8.1
آب	15	11.1
أيلول	19	14.0
تشرين أول	33	24.4
المجموع	135	100



شكل رقم (13)

التوزيع الشهري لموجات الحر في الأردن خلال الفترة (1960-2000)

وفيما يلي استعراض للتوزيع الشهري لموجات الحر خلال أشهر الدراسة :-

أ- شهر أيار :-

يتراوح معدل درجة الحرارة العظمى خلال هذا الشهر من $27,7^{\circ}\text{C}$ في مطار عمان المدني ويرتفع إلى 35°C في العقبة ، لذلك يعتبر شهر أيار أول شهر في السنة ترتفع فيه درجة الحرارة العظمى لتدخل عتبة الموجة الحارة ، وقد تأثرت جميع محطات الدراسة بموجات حر مختلفة من حيث عمر الموجة وشدتها خلال هذا الشهر .

ويتباين التوزيع المكاني لعدد موجات الحر التي أثرت على الأردن في هذا الشهر خلال فترة الدراسة ، حيث تراوحت ما بين 16 موجة في كل من العقبة ومعان ، ترتفع في محطة أرصاد المفرق إلى 27 موجة ونسبة 34.6% من مجموع موجات الحر فيها . أما عدد أيام موجات الحر التي أثرت في هذا الشهر فقد تراوحت ما بين 58 يوماً بنسبة

42.6% من مجموع أيام موجات الحر في العقبة ترتفع إلى 113 يوماً بنسبة 34.6% من مجموع أيام موجات الحر في المفرق ، وتراوح عمر هذه الحالات ما بين 3.6 يوماً في العقبة يرتفع إلى 4,5 يوماً في كل من مطار عمان وديرعلا (جدول رقم 10) .

وقد بلغ عدد السنوات التي تأثر فيها الأردن بموجات حر خلال هذا الشهر 31 سنة بنسبة 76% من سنوات الدراسة ، وعدد السنوات التي لم تسجل بها موجات حر خلال هذا الشهر 10 سنوات وبنسبة 24% فقط .

وكانت موجات الحر التي أثرت على الأردن خلال هذا الشهر تمتاز بالتنوع من حيث العمر والشدة ، ويعود السبب في ذلك إلى انخفاض معدل درجة الحرارة العظمى في جميع مدن المملكة ، وبالتالي فإن معظم الموجات الطويلة المدة والشديدة جداً تركزت خلال هذا الشهر مثل الموجات الحارة التي أثرت على مطار عمان وإربد والمفرق في السنوات (1995،64،60) وديرعلا خلال (1980،75،69) والعقبة سنة 1980.

جدول رقم (10)

التوزيع المكاني لعدد موجات الحر وأيامها ومعدل عمرها

ومعدل درجة الحرارة العظمى لشهر أيار

المتغير	المفرق	معان	عمان	إربد	العقبة	ديرعلا
معدل درجة الحرارة العظمى	28.2	28.6	27.7	26.7	35.0	33.8
عدد الموجات الحارة	27	16	22	23	16	20
عدد الأيام الحارة	113	62	98	99	58	90
معدل عمر الموجة	4.2	3,9	4,5	4.3	3.6	4.5

ب- شهر حزيران :-

ترتفع معدلات درجة الحرارة العظمى خلال هذا الشهر في جميع مدن المملكة ، بحيث تتراوح ما بين 30°م في مدينه إربد ترتفع إلى 38.4°م في العقبة . وقد تأثر الأردن خلال هذا الشهر بعدد من موجات الحر أقل من موجات شهر أيار ، حيث تراوح ما بين موجة واحدة في ديرعلا ، إرتفعت إلى 10 موجات في مطار عمان المدني .

أما عدد أيام الموجات الحارة خلال هذا الشهر ، فيظهر الجدول رقم (11) أنها قد تراوحت ما بين ثلاثة أيام (موجه واحدة) في ديرعلا ، ترتفع إلى 40 يوماً ونسبة 11.7% من مجموع أيام موجات الحر في مطار عمان . وقد تراوح عمر هذه الموجات ما بين 3 أيام في ديرعلا يرتفع إلى 5,5 يوماً في مطار العقبة .

جدول رقم (11)

التوزيع المكاني لعدد موجات الحر وأيامها ومعدل عمرها

ومعدل درجة الحرارة العظمى لشهر حزيران

المتغير	المفرق	معان	عمان	إربد	العقبة	ديرعلا
معدل درجة الحرارة العظمى	31.4	32.4	30.8	30.0	38.4	37.3
عدد الموجات الحارة	9	5	10	6	2	1
عدد الأيام الحارة	32	17	40	28	11	3
معدل عمر الموجة	3.5	3.4	4	4.6	5,5	3.0

وقد تراجع عدد السنوات التي تأثر فيها الأردن بموجات حر خلال هذا الشهر إلى 15 سنة فقط بنسبة 37% ، وارتفع بالتالي عدد السنوات التي لم يتأثر إلى 26 سنة وبنسبة 63% من سنوات الدراسة ، وامتازت الموجات التي أثرت على مطار عمان خلال هذا الشهر بأنها قصيرة ومتوسطه العمر ومعتدله وشديدة الحرارة ، أما الموجات الشديدة الحرارة فاقترنت على موجة واحدة قصيرة وشديدة جداً عام 1993 فقط ، أثرت على مطار عمان المدني وموجة متوسطه وشديدة جداً أثرت على إربد عام 1965 .

ج - شهر تموز :-

واصلت معدلات درجات الحرارة العظمى ارتفاعها خلال هذا الشهر في جميع أنحاء المملكة حيث تتراوح ما بين 31°م مدينة إربد ترتفع إلى 39.3°م في مطار العقبة . وقد تأثر الأردن بالعديد من موجات الحر خلال هذا الشهر ، تراوحت ما بين موجة واحدة في مطار العقبة وبنسبة 3% من عدد الموجات فيها ، ترتفع إلى 11 موجة وبنسبة 14% في مطار عمان المدني .

وتراوحت عدد أيام الموجات الحارة خلال هذا الشهر ما بين 3 أيام (موجه واحدة) في مطار العقبة ترتفع إلى 43 يوم وبنسبة 12,6% من مجموع عدد الأيام الحارة في مطار عمان المدني ، وعمر هذه الموجات فقد تراوح أيضاً ما بين 3 أيام في إربد ومطار العقبة وديرعلا يرتفع إلى 4.8 يوم في معان (جدول رقم 12) .

وكذلك في هذا الشهر فقد تراجعت أيضاً عدد السنوات التي تأثر فيها الأردن

بموجات حر خلال هذا الشهر إلى 8 سنوات فقط وبنسبة 20% ، وارتفعت عدد السنوات

التي لم يتأثر فيها بموجات حر خلال هذا الشهر لتصل إلى 33 سنة وبنسبة 80% من سنوات الدراسة ، ويعود السبب في تراجع عدد سنوات موجات الحر خلال شهري حزيران وتموز إلى ارتفاع معدل درجة الحرارة العظمى خلال هذه الأشهر في جميع مدن المملكة ، وبالتالي تناقص احتمالية تأثير موجات الحر خلال هذه الأشهر .

وامتازت الموجات التي أثرت على معظم مدن المملكة خلال هذا الشهر بأنها موجات قصيرة أو متوسطه المدة ، باستثناء موجة واحدة في معان كانت عام 1978 واستمرت تسعة أيام ، وكذلك امتازت موجات الحر لهذا الشهر باعتدال درجة الحرارة ، باستثناء الموجة المتوسطة العمر والشديدة جداً التي اجتاحت مطار عمان والمفرق عام 1978 فقط ، وكذلك موجة الحر المميزة التي اجتاحت جميع مدن المملكة عام 2000.

جدول رقم (12)

التوزيع المكاني لعدد موجات الحر وأيامها ومعدل عمرها

ومعدل درجة الحرارة العظمى لشهر تموز

المتغير	المفرق	معان	عمان	إربد	العقبة	ديرعلا
معدل درجة الحرارة العظمى	32.5	33.9	31.9	31.0	39.3	38.6
عدد الموجات الحارة	7	6	11	4	1	2
عدد الأيام الحارة	25	29	43	12	3	6
معدل عمر الموجة	3.6	4.8	3.9	3.0	3.0	3.0

د - شهر آب :-

استمرت درجات الحرارة العظمى في ارتفاعها خلال هذا الشهر ، إذ تراوحت ما بين 31.3°م في إربد و 39.1°م في مطار العقبة ، وقد تأثر الأردن خلال هذا الشهر بأعداد مختلفة من موجات الحر تراوحت ما بين 10 حالات وبنسبة 12.6% من عدد موجات الحر في مطار عمان تنخفض إلى عدم وجود أي موجة في دبر علا خلال هذا الشهر .

أما عدد أيام موجات الحر وكما يظهر جدول رقم (13) فقد تراوحت أيضاً ما بين الصفر في دبر علا والتي لم تتأثر خلال هذا الشهر بأية موجة ، يرتفع إلى 42 يوماً وبنسبة 12.3% في مطار عمان المدني ، وعمر موجات الحر فقد تراوحت في هذا الشهر ما بين الصفر في دبر علا يرتفع إلى 4.2 يوماً في عمان .

جدول رقم (13)

التوزيع المكاني لعدد موجات الحر وأيامها معدل عمرها

ومعدل درجة الحرارة العظمى لشهر آب

المتغير	المفرق	معان	عمان	إربد	العقبة	دبرعلا
معدل درجة الحرارة العظمى	32.6	34.1	32.4	31.3	39.1	38.7
عدد الموجات	7	9	10	1	2	0
عدد الأيام الحارة	23	31	42	4	6	0
معدل عمر الموجة	3.2	3.4	4.2	4.0	3.0	0

أما في هذا الشهر فقد ارتفع عدد السنوات التي تأثر فيها الأردن بموجات حر خلال هذا الشهر إلى 12 سنة وبنسبة 30% من سنوات الدراسة ، وتراجع عدد السنوات التي لم تحدث فيها موجة حر خلال هذا الشهر إلى 29 سنة وبنسبة 70% من سنوات الدراسة .

وقد كانت جميع موجات الحر التي أثرت على الأردن خلال هذا الشهر ما بين قصيرة إلى متوسطه العمر ، باستثناء موجة واحدة أثرت على مطار عمان عام 1965 واستمرت ثمانية أيام ، وكذلك كانت جميع موجات الحر كذلك تتراوح ما بين المعتدله والشديدة الحرارة ، أما الموجات الشديدة جداً فلم يتأثر بها سوى المفرق بموجة واحدة عام 1987 فقط ، ويعود السبب في ذلك إلى ارتفاع معدلات درجة الحرارة العظمى في جميع أنحاء المملكة ، وبالتالي تراجع إمكانية رفع درجات الحرارة المرتفعة أصلاً ، ومن ثم الحد من إمكانية سيطرة موجات حر طويلة المدة أو شديدة جداً خلال هذا الشهر .

هـ - شهر أيلول :-

تبدأ معدلات درجات الحرارة بالتراجع في جميع أنحاء المملكة اعتباراً من هذا الشهر ، حيث ينخفض معدل درجة الحرارة في مطار العقبة إلى 36.4°م ، وكذلك إلى 30.7°م في مطار عمان المدني ، وقد تراوحت عدد موجات الحر التي أثرت على الأردن خلال هذا الشهر ما بين 3 موجات في كل من معان وديرعلا إرتفعت إلى 12 موجة في كل من عمان وإربد والمفرق (جدول رقم 14) .

أما عدد أيام موجات الحر التي أثرت على الأردن خلال شهر أيلول ، فقد راوحت ما بين 10 أيام وبنسبة 6.8% من عدد أيام موجات الحر في دير علا ، ترتفع إلى 46 يوماً وبنسبة 17.1% في إربد ، وعمر هذه الموجات بقي يتراوح ما بين 3.2 يوماً في العقبة إلى 4.3 يوماً في معان .

جدول رقم (14)

التوزيع المكاني لعدد موجات الحر وأيامها ومعدل عمرها

ومعدل درجة الحرارة العظمى لشهر أيلول

المتغير	المفرق	معان	عمان	إربد	العقبة	ديرعلا
معدل درجة الحرارة العظمى	31.0	32.2	30.7	29.7	36.4	36.7
عدد الموجات الحارة	12	3	12	12	6	3
عدد الأيام الحارة	45	13	44	46	19	10
معدل عمر الموجة	3.7	4.3	3.6	3.8	3.2	3,3

وكذلك في هذا الشهر فقد ارتفع عدد السنوات التي تأثر فيها الأردن بموجات حر خلال هذا الشهر إلى 17 سنة وبنسبة 42% من سنوات الدراسة ، وتراجعت أيضاً عدد السنوات التي لم تحدث فيها موجة حر خلال هذا الشهر إلى 24 سنة وبنسبة 58% من سنوات الدراسة ، وكذلك فقد بقيت موجات الحر القصيرة والمتوسطة هي المسيطرة خلال هذا الشهر باستثناء موجة واحدة أثرت على إربد عام 1960 لمدة سبعة أيام ،

واستمرت الموجات المعتدلة والشديدة الحرارة هي ما يميز موجات الحر خلال هذا الشهر باستثناء موجة واحدة في إربد عام 1994 .

و- شهر تشرين أول :-

استمرت معدلات درجات الحرارة العظمى خلال هذا الشهر مرتفعة لتبقى إمكانية دخولها في عتبة الموجة الحارة قائمة ، إذ لا يزال معدل درجة الحرارة العظمى في مطار عمان المدني 27.1°م ، ويرتفع إلى 32.7°م في مطار العقبة و 33.1°م في دير علا ، وقد ارتفع عدد موجات الحر خلال هذا الشهر لتصل ما بين 10 موجات في دير علا وبنسبة 30% من عدد الموجات ترتفع إلى 20 موجة بنسبة 18.1% في إربد .

أما عدد أيام موجات الحر التي أثرت خلال هذا الشهر فقد تراوحت ما بين 36 يوماً في دير علا بنسبة 24.8% من عدد أيام موجات الحر فيها ترتفع إلى 79 يوماً بنسبة 29.4% في إربد ، وعمر موجات هذا الشهر تراوحت ما بين 3.5 يوماً في العقبة يرتفع إلى 5.2 يوماً في مطار عمان المدني (جدول رقم 15) .

وكذلك يستمر في هذا الشهر عدد السنوات التي تأثر فيها الأردن بموجات حر بالتزايد لتصل إلى 26 سنة بنسبة 63% من سنوات الدراسة ، وتراجع عدد السنوات التي لم تحدث فيها موجة حر خلال هذا الشهر إلى 15 سنة فقط بنسبة 58% من سنوات الدراسة ، وتعود موجات الحر الطويلة المدة والشديدة الحرارة والشديدة جداً خلال هذا الشهر إلى الظهور بسبب تراجع معدلات درجات الحرارة العظمى في جميع مدن المملكة ، مثل الموجة الطويلة التي اجتاحت مطار عمان سنة 1964 واستمرت عشرة أيام ،

وكذلك عام 1978 في المفرق واستمرت 12 يوماً ، وكذلك استمرت موجات الحر المعتدلة والشديدة الحرارة خلال هذا الشهر مع ارتفاع واضح لعدد الموجات الحارة الشديدة جداً مثل الموجات التي اجتاحت إربد خلال سنوات (1963، 62) .

جدول رقم (15)

التوزيع المكاني لعدد موجات الحر وأيامها ومعدل عمرها

ومعدل درجة الحرارة العظمى لشهر تشرين أول

المتغير	المفرق	معان	عمان	إربد	العقبة	ديرعلا
معدل درجة الحرارة العظمى	27.0	27.2	27.1	26.6	32.7	33.0
عدد الموجات الحارة	16	17	14	20	11	10
عدد الأيام الحارة	71	68	73	79	39	36
معدل عمر الموجة	4,4	4.0	5.2	4,0	3.5	3.6

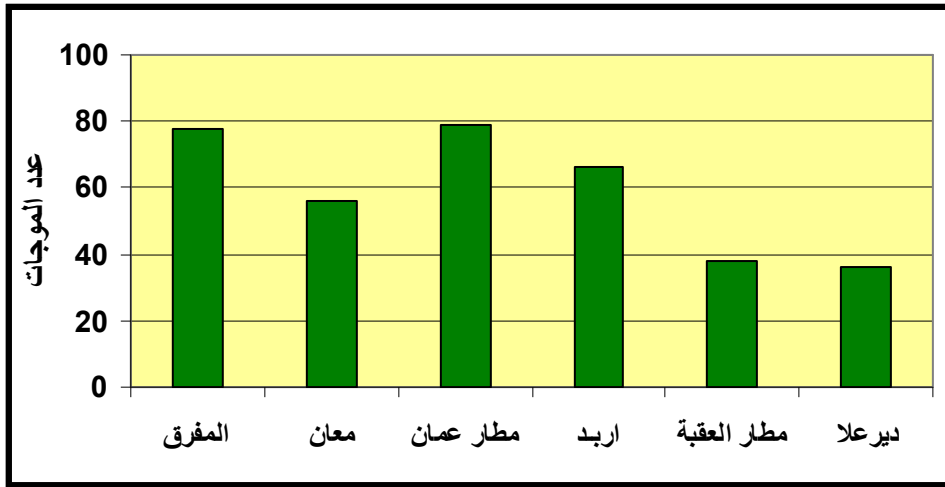
ومن خلال دراسة وتحليل خرائط الطقس السطحية للأيام التي تأثر بها الأردن بموجات حر وتوزيعها الشهري ، فقد تبين أن الموجات الحارة التي تحدث خلال شهري أيار وتشرين أول ، تساهم بها جميع أنظمة الضغط الجوي السطحية المؤدية لموجات الحر ، أما خلال الأشهر الأخرى فإن بعض الأنظمة تتوقف عن التأثير ، فالمنخفضات الخماسينية ينحصر تأثيرها في شهر أيار فقط ، وكذلك منخفض البحر الأحمر تنحصر مساهمته في موجات الحر التي تؤثر على الأردن خلال شهر تشرين أول فقط ، فهو قبل

هذا التاريخ لا يكون له دور مؤثر على الأردن بسبب سيطرة أنظمة الضغط الجوي الأخرى مثل المنخفض الموسمي أو المنخفض الحراري السعودي ، وبعد ضعف وانحسار هذه الأنظمة يظهر دور هذا المنخفض بالتعاون مع الأنظمة الأخرى في رفع درجة الحرارة العظمى ليؤدي إلى موجة حر .

3- التوزيع المكاني لموجات الحر في الأردن :-

من خلال دراسة التوزيع المكاني لهذه الموجات في محطات الدراسة ، يظهر الشكل رقم (14) أن مطار عمان (المرتفعات الجبلية) قد تأثر بأكثر عدد من موجات الحر التي أثرت على الأردن وبما مجموعه 79 موجة حر خلال فترة الدراسة ، وبمعدل 1.92 موجة سنوياً بانحراف معياري يساوي 1.57 ومعامل تغيير 81% ، مما يعني احتمالية عالية لتكرار الظاهرة ، في حين لم يتجاوز عدد موجات الحر التي أثرت على ديرعلا والعقبة (الأغوار) 38 موجة وبمعدل 0.92 سنوياً فقط ، بانحراف معياري يساوي 1.03 ومعامل تغيير 117% .

والسبب في ذلك يعود إلى أن ارتفاع معدل درجة الحرارة العظمى في المناطق الغورية مقارنة مع باقي المناطق ، يجعل الهواء الحار الذي يصل إلى المنطقة منذ شهر أيار يمكنه أن يرفع درجة الحرارة في المناطق المرتفعة والبادية فتدخل عتبة الموجة الحارة وتتأثر بموجات الحر ، بينما لا يمكنه أن يرفع درجة الحرارة في المناطق الأخرى (الغورية) لأن معدل درجة الحرارة بها مرتفع أصلاً .



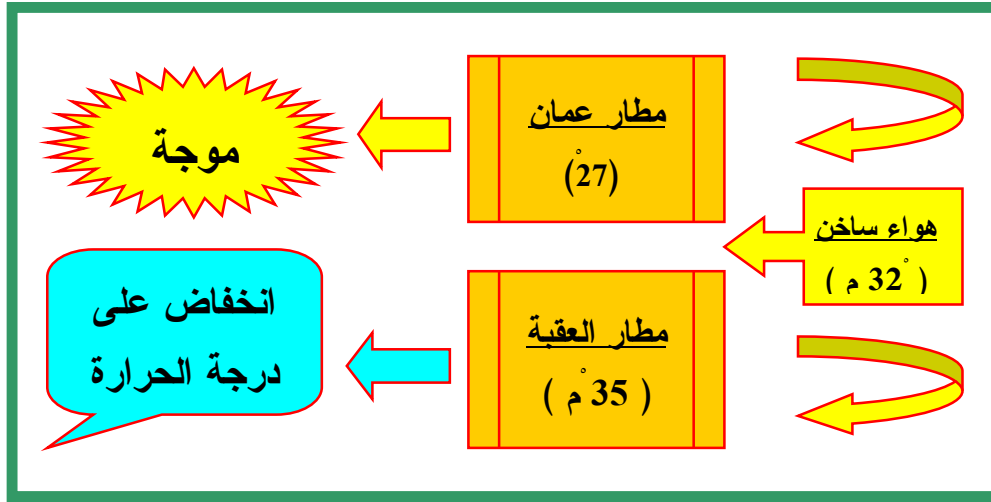
شكل رقم (14)

التوزيع المكاني لموجات الحر خلال الفترة (1960-2000)

فمعدل درجة الحرارة العظمى في مطار عمان المدني خلال شهر أيار مثلاً $27,7^{\circ}\text{م}$ ومعدلها في مطار العقبة 35°م ، واجتياح هواء درجة حرارته 32°م سوف يؤدي إلى رفع درجة حرارة الهواء في مطار عمان إلى نفس الدرجة وبالتالي تتأثر بموجة حر ، بينما سوف يؤدي هذا الهواء إلى خفض درجة الحرارة في مطار العقبة من 35°م إلى 32°م ، وهي بالتالي لا تتأثر بموجة حر كما تأثرت باقي المناطق (الشكل رقم 16) .

وقد وصل عدد أيام موجات الحر هذه في مطار عمان المدني إلى 340 يوماً ، مما يعني أن عمر الموجة الواحدة حوالي 4.3 يوماً ، في حين بلغ عدد أيام موجات الحر في منطقة (الأغوار) مطار العقبة ، ديرعلا (136 ، 145 يوماً) على التوالي ، أما عمر هذه الموجات فكان بمعدل 4 أيام في ديرعلا ينخفض إلى 3.6 يوماً في

مطار العقبة (جدول رقم 16) .



شكل رقم (15)

نموذج يوضح سبب التباين في عدد موجات الحر التي أثرت على

أقاليم الأردن المختلفة

جدول رقم (16)

التوزيع المكاني لأيام موجات الحر ومعدل عمرها خلال الفترة (1960-2000)

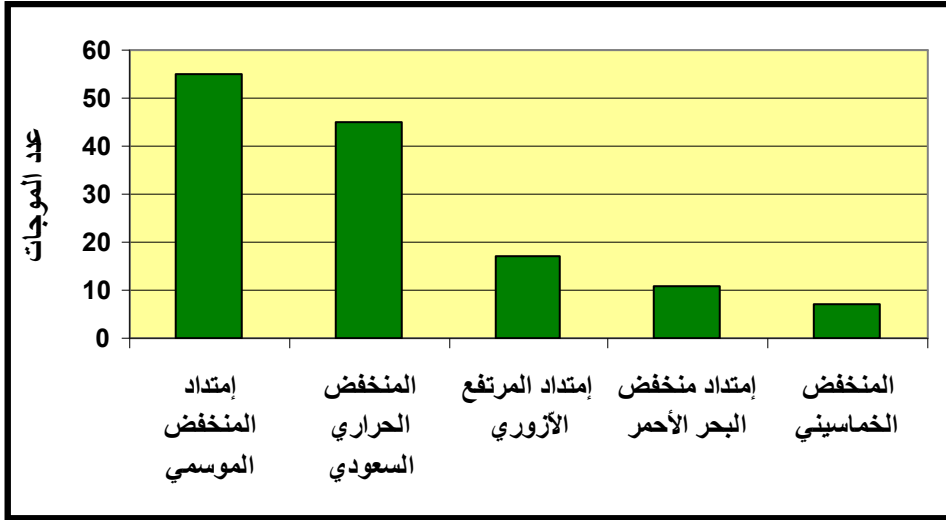
المتغير	المفرق	معان	عمان	إربد	العقبة	ديرعلا
عدد الأيام الحارة	309	220	340	268	136	145
معدل عمر الموجة	3.9	3.4	4.3	4.0	3.6	4.0

أما في البادية الأردنية فقد تباين عدد الأيام الحارة ما بين 309 يوماً في المفرق ، ينخفض إلى 220 يوماً في معان ، وتراوح معدل عمر هذه الموجات من 3.4 يوماً في معان إلى 3.9 يوماً في المفرق .

4- التوزيع السينوبتيكي لموجات الحر في الأردن :-

من خلال دراسة خرائط الطقس السطحية وخرائط طبقات الجو العليا (500 هكتوبسكال) للأيام التي تأثرت فيها الأردن بموجات الحر خلال فترة الدراسة والممتدة من (1960-2000) ، فقد تم رصد خمسة أنظمة ضغط جوي سطحية تؤدي إلى موجات الحر في الأردن ، والشكل رقم (16) يظهر مساهمة كل نظام من هذه الأنظمة ، حيث يلاحظ أن امتداد المنخفض الموسمي قد ساهم في 55 موجة من موجات الحر التي أثرت على الأردن بأقاليمه الثلاث وبما نسبته 40.7% من عدد الموجات ، يليه المنخفض الحراري السعودي الذي ساهم بما مجموعه 45 موجة حر بنسبة 33.4% من موجات الحر التي أثرت على الأردن ، أما أقل الأنظمة تأثيراً فقد كان المنخفض الخماسيني الذي لم يساهم بأكثر من 7 موجات حر بما نسبته 5.2% من مجموع الموجات الحارة في الأردن ، وتركز تأثيره خلال شهر أيار فقط (جدول رقم 17) .

ويعتبر هذا التوزيع لأنظمة الضغط الجوي المؤدية لموجات الحر في الأردن توزيعاً عاماً لجميع الأقاليم ، إذ أن الرياح الحارة المصاحبة لنظام الضغط الجوي السطحي عندما تجتاح الأردن فإنها تؤثر عليه بجميع أقاليمه ، ولكن يختلف حجم هذا التأثير من إقليم إلى آخر حسب العوامل الجغرافية للمنطقة مثل الموقع والتضاريس ، وهذا ما يمكن ملاحظته من خلال التوزيع الإقليمي لأنظمة الضغط السطحية المؤدية لموجات الحر في الأردن في الصفحات القادمة .



شكل رقم (16)

التوزيع السينوبتيكي لموجات الحر التي تعرض لها الأردن للفترة (1960-2000)

جدول رقم (17)

أنظمة الضغط الجوي السطحية التي أدت إلى موجات حر

في الأردن خلال الفترة (1960-2000)

النسبة المئوية (%)	التكرار	أنظمة الضغط الجوي السطحية
40.7	55	امتداد المنخفض الموسمي
33.4	45	المنخفض الحراري السعودي
12.6	17	امتداد المرتفع الأزوري
8.1	11	امتداد منخفض البحر الأحمر
5.2	7	المنخفضات الخماسينية
100	135	المجموع

أما حالة طبقات الجو العليا فقد تمثلت إما بوجود مرتفع جوي وساهم في 62 موجة حارة وبما نسبته 46% من مجموع الموجات الحارة في الأردن ، أو حوض علوي بارد وساهم أيضاً بما مجموعه 73 موجة حر بما نسبته 54% من جميع الموجات التي أثرت على الأردن خلال فترة الدراسة . وقد أدت الحالة الجوية السطحية وبتفاعلها مع حاله طبقات الجو العليا إلى التأثير في العديد من المتغيرات المرتبطة بموجات الحر في الأردن مثل :-

أ- عمر الموجة :-

ارتبطت أعمار موجات الحر التي أثرت على الأردن خلال فترة الدراسة بالعوامل السينوبتيكية السطحية والحالة الجوية في طبقات الجو العليا . وقد تراوح ما بين 3.6 يوماً في مطار العقبة يرتفع إلى 4.3 يوماً في مطار عمان المدني وبمعدل عام يصل إلى 4 أيام لعمر الموجه الواحدة . وقد تبين من الدراسة أن سيطرة نظام الضغط الجوي السطحي سواء كان امتداد المنخفض الموسمي أو المنخفض الحراري السعودي أو غيره ، ومرافقة هذا النظام السطحي لمرتفع جوي في طبقات الجو العليا ، يؤدي إلى هبوط الهواء الحار نحو السطح تغذية للنظام السطحي بالرياح الحارة ، مما يساعد على ديمومته واستمراره لفترة زمنية أطول من مصاحبه نظام الضغط الجوي السطحي لحوض علوي بارد في طبقات الجو العليا ، والذي يؤدي إلى إرتفاع الهواء السطحي الساخن إلى الأعلى ليحل مكانه هواء أبرد منه ، مما يقصر في عمر الموجة ويعجل في انتهائها بسرعة أكثر من الحالة الأولى .

ب- مساحة المنطقة المتأثرة :-

يتحكم نظام الضغط الجوي السطحي وتفاعله مع حاله طبقات الجو العليا في مساحة المنطقة المتأثرة بموجة الحر ، فقد تبين أن مصاحبة مرتفع جوي في طبقات الجو العليا لإحدى أنظمة الضغط الجوي السطحية يساعد على زيادة مساحة المنطقة المتأثرة بموجة الحر ، حيث يقوم المرتفع الجوي في طبقات الجو العليا بتغذية نظام الضغط الجوي السطحي بالهواء الساخن مما يساعد على زيادة انتشاره إلى المناطق المجاورة ومن ثم زيادة مساحة المنطقة التي تتأثر بالموجة الحارة ، وكذلك يترتب على هذه الوضعية تأثر المناطق المرتفعة بموجة الحر قبل أن يصل الهواء الحار إلى المناطق المنخفضة لتتأثر به . أما مصاحبه حوض علوي بارد في طبقات الجو العليا ، فإنه يؤدي إلى حصر الهواء الساخن في الطبقة السفلى من الغلاف الجوي بين سطح الأرض ومستوى الـ 500 هكتوبسكال ، وبالتالي اقتصار تأثير موجة الحر على منطقه محدده دون غيرها ، ولفترة قصيرة من الزمن ، مقارنة بالحالة الأولى .

ج- شدة الموجة الحارة :-

من خلال دراسة وتحليل شدة موجات الحر في الأردن وعلاقة ذلك بحالة طبقات الجو العليا ، فقد تبين أن هناك ارتباط وثيق ما بين الحالة في طبقات الجو العليا وشدة موجة الحر . حيث بينت الخرائط أن 54% من موجات الحر ارتبط تأثيرها بسيطرة حوض علوي بارد أو امتداده في طبقات الجو العليا ، أدى في النهاية إلى أن

تكون موجات الحر التي تؤثر على الأردن غير شاملة التأثير بشكل عام ، بحيث يمكن أن تؤثر على مدينة أو إقليم دون غيره ، وكذلك تمتاز هذه الموجات باعتدال درجة حرارتها وعمرها القصير نسبياً .

5- التوزيع النوعي لموجات الحر في الأردن :-

وقد تم دراسة التوزيع النوعي لموجات الحر في الأردن من خلال :-

أ- عمر الموجة الحارة :-

تمثل الفترة الزمنية التي تستغرقها موجة الحر، والتي تراوحت ما بين (3-13) يوم ، والجدول رقم (18) يوضح توزيعات موجات الحر في محطات الدراسة خلال الفترة 1960-2000 من حيث فترة تأثيرها (عمر الموجة) . ويلاحظ منه أن الموجات القصيرة هي موجات الحر السائدة في الأردن ، فقد تراوحت ما بين 63 موجة بنسبة 80% من عدد موجات الحر في عمان إلى 36 موجة في مطار العقبة وبنسبة ترتفع إلى 94.7% .

وان الموجات المتوسطة العمر تراوحت ما بين موجتين في مطار العقبة و11 موجة في مطار عمان ، أما الموجات الطويلة المدة فلم تؤثر نهائياً في بعض المحطات مثل إربد والعقبة بينما حدثت ما بين (1-5) موجة حارة في المحطات الأخرى ، وكان أكثرها 5 موجات حر طويلة في مطار عمان المدني .

جدول رقم (18)

التوزيع التكراري لموجات الحر حسب عمرها والتي أثرت على الأردن

المجموع	الموجات الطويلة		الموجات المتوسطة		الموجات القصيرة		المحطة
	(%)	عدد الموجات	(%)	عدد الموجات	(%)	عدد الموجات	
78	1.2	1	13.0	10	85,8	67	المفرق
56	3.6	2	8.9	5	87.5	49	معان
79	6.3	5	14.0	11	79.7	63	عمان
66	0	0	13.7	9	86,3	57	إربد
36	5.3	2	13.9	5	83.3	30	ديرعلا
38	0	0	5,3	2	94.7	36	العقبة

ب- شدة درجة الحرارة العظمى :-

وتمثل شدة درجة الحرارة العظمى مقدار الزيادة التي تصلها درجة الحرارة

العظمى اليومية عن معدل درجة الحرارة العظمى لذلك الشهر من السنة ، ويظهر الجدول

رقم (19) أن موجات الحر المعتدلة قد تراوحت ما بين 13 موجة بنسبة 36.2% من عدد

الموجات في ديرعلا ترتفع إلى 49 موجة وبنسبة 87.5% في معان ، والموجات الشديدة

الحرارة فقد تراوحت ما بين 5 موجات بنسبة 9% في معان ترتفع إلى 37 موجة بنسبة

46.8% في مطار عمان ، أما الموجات الشديدة جداً فتراوحت ما بين موجتين في معان

إلى 14 موجة في إربد .

جدول رقم (19)

التوزيع التكراري لموجات الحر حسب شدتها والتي أثرت على الأردن

خلال الفترة (1960-2000)

المحطة	الموجات المعتدلة		الموجات الشديدة		الموجات الشديدة جداً	
	عدد الموجات	(%)	عدد الموجات	(%)	عدد الموجات	(%)
المفرق	42	53.9	29	37.2	7	8.9
معان	49	87.5	5	9.0	2	3.5
عمان	35	44.3	37	46.8	7	8.9
إربد	18	27.3	34	51.5	14	21.2
ديرعلا	13	36.2	15	41.6	8	22.2
العقبة	25	56.8	12	31.6	1	2.6

ج- عمر الموجة وشدة درجة الحرارة :-

من خلال دراسة ارتباط عدد أيام موجه الحر (عمر الموجة) مع شدة درجة

الحرارة العظمى ، يظهر الجدول رقم (20) إلى التوزيع التكراري لهذا المتغير الذي يبدو

من خلاله أن الموجات القصيرة المعتدلة تتباين من منطقة إلى أخرى ، فقد تراوحت ما

بين 12 موجه في ديرعلا بنسبة 33% من عدد الموجات الحارة ترتفع إلى 46 موجه

وبنسبة 82% في معان .

أما الموجات القصيرة والشديدة الحرارة فقد تباينت من إقليم إلى آخر وما بين مدينة وأخرى داخل الإقليم الواحد ، فقد تراوحت ما بين موجتين فقط بنسبة 3.5% في معان ترتفع إلى 26 موجة في المفرق وبنسبة 26% ، والنوع الثالث من الموجات القصيرة وهي موجات الحر القصيرة والشديدة جداً ، فقد تراوحت ما بين موجة واحدة في معان بنسبة 1.7% ترتفع إلى 10 موجات بنسبة 15% من مجموع موجات الحر في إربد.

أما الموجات المتوسطة التي تقسم أيضاً إلى موجات حارة متوسطة معتدلة ومتوسطة شديدة الحرارة ومتوسطة شديدة جداً ، فإن الموجات المتوسطة والمعتدلة ، وكما يظهر الجدول رقم (20) أن عدد هذه الموجات قد تراوح ما بين موجة واحدة في كل من إربد وديرعلا والعقبة ترتفع إلى 5 موجات بنسبة 6.3% من عدد موجات الحر في مطار عمان . أما موجات الحر المتوسطة والشديدة الحرارة فقد تراوحت أيضاً ما بين موجة واحدة في كل معان والعقبة ترتفع في المفرق إلى خمس موجات بنسبة 6.4% من عدد موجات الحر فيها . والنوع الأخير من الموجات المتوسطة وهي ما يسمى بموجات الحر المتوسطة والشديدة جداً ، فقد انعدم تأثير مثل هذه الموجات في كل من ديرعلا والعقبة وتتراوح ما بين موجة واحدة في معان وأربع موجات بنسبة 6% من عدد الموجات الحارة في إربد .

والنوع الثالث من الموجات الحارة وهي الموجات الطويلة فتتقسم أيضاً إلى موجات طويلة ومعتدلة وموجات طويلة وشديدة الحرارة وموجات طويلة وشديدة جداً .

فالموجات الطويلة والمعتدلة فقد انعدم تأثير الموجات الطويلة في معظم محطات الدراسة باستثناء ثلاث موجات في مطار عمان والتي أثرت لفترة تزيد عن 9 أيام ارتفعت خلالها درجة الحرارة العظمى ما بين 5 - 7°م .

أما الموجات الطويلة والشديدة الحرارة ، فقد انعدم تأثير مثل هذه الموجات في كل من المفرق وإربد والعقبة ، وأثرت موجتين فقط في كل من مطار عمان ومعان . أما الموجات الطويلة والشديدة جداً فأن الأردن لم يتأثر بأية موجة حر من هذا النوع طوال فترة الدراسة .

جدول رقم (20)

ثانياً - التوزيع الإقليمي لموجات الحر في الأردن :-

بهدف دراسة التوزيعات الإقليمية لموجات الحر في الأردن ، فقد تم اعتماد التقسيم السابق للأردن إلى ثلاثة أقاليم بحيث يُمثل كل إقليم بمحطتين رئيسيتين من محطات الأرصاد الجوية (جدول رقم 1) ، وسيتم هنا دراسة موجات الحر في كل إقليم من حيث :-

- أ- التوزيع السنوي لموجات الحر في كل إقليم خلال الفترة (0002-0691)
 - ب- التوزيع الشهري لموجات الحر في كل إقليم خلال الفترة (أيار - تشرين أول) .
 - ج- التوزيع السينوبتيكي للحالات الجوية المؤدية لموجات الحر .
 - د- التوزيع النوعي لموجات الحر التي أثرت على كل إقليم خلال فترة الدراسة .
- قبل استعراض التوزيعات الإقليمية فإنه لا بد من تقديم ملخص عن طبوغرافية ومناخ منطقة الدراسة ، والتي تقسم إلى ثلاثة أقاليم طبيعية لكل إقليم منها خصائصه الطبيعية التي تميزه عن الإقليم الآخر .

1- إقليم البادية :-

وهو أرض سهلية تمتد من سفوح الأراضي المرتفعة شرقاً حتى الحدود الشرقية والجنوبية من الأردن ، ويتراوح المعدل السنوي لدرجة الحرارة العظمى في هذا الإقليم ما بين $23,9^{\circ}\text{م}$ في المفرق ترتفع إلى $26,8^{\circ}\text{م}$ في الأزرق ، ويمثل هذا الإقليم محطة أرصاد المفرق التي تقع على خط طول $36^{\circ}15'$ شرقاً ودائرة عرض $32^{\circ}22'$

شمالاً وترتفع 686 متراً عن سطح البحر ، وكذلك محطة أرصاد معان التي تقع على خط طول 47° 35' شرقاً ودائرة عرض 10° 30' شمالاً وترتفع 1069 متراً عن سطح البحر .

2- إقليم المرتفعات الجبلية :-

يمتد هذا الإقليم من الشمال إلى الجنوب بشكل موازي لإقليم الغور وينحدر تدريجياً باتجاه الشرق ، ويسكن هذا الإقليم حوالي 80% من سكان الأردن ، ويمثل هذا الإقليم مطار عمان المدني الذي يقع في وسط المملكة تقريباً ، يقع على خط طول 59° 35' شرقاً ودائرة عرض 31° 59' شمالاً وارتفاع 766 متراً عن سطح البحر . أما المحطة الثانية فهي مدينة إربد وتقع في الجزء الشمالي من الأردن وعلى خط طول 51° 35' شرقاً ودائرة عرض 33° 32' شمالاً وعلى ارتفاع 616 متراً عن سطح البحر .

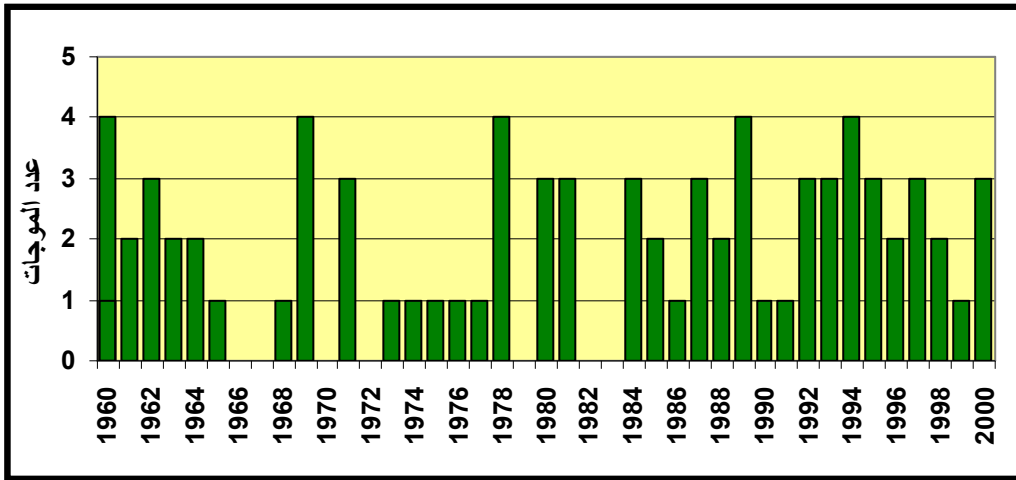
2- إقليم الأغوار :-

يمتد هذا الإقليم طويلاً من شمال الأردن إلى جنوبه موازياً للشاطئ الشرقي للبحر المتوسط ، ويبلغ عرض هذا الإقليم 15 كم في الشمال يتسع تدريجياً ليصبح 30 كم في الجنوب . ويتراوح المعدل السنوي لدرجة الحرارة العظمى ما بين 28,9°م في الباقورة ترتفع إلى 31°م في غور الصافي ، ويمثل هذا الإقليم محطة أرصاد مطار العقبة والواقع في الزاوية الجنوبية الغربية للأردن على خط طول 35° ودائرة عرض 33° 29' وارتفاع 51 متر عن سطح البحر . ومحطة أرصاد ديرعلا والتي تقع في الجزء الشمالي

من الأردن على خط طول 37° ودائرة عرض 34° 13 وتتنخفض 224 متراً عن مستوى سطح البحر .

أ- التوزيع السنوي لموجات الحر (1960-2000) :-

تباين عدد موجات الحر التي تعرض لها إقليم البادية خلال فترة الدراسة من منطقة إلى أخرى ، فقد وصل عدد موجات الحر التي أثرت على المفرق 78 موجة انخفضت إلى 56 موجة في معان موزعة على سنوات الدراسة (شكل رقم 17، 18) .



شكل رقم (17)

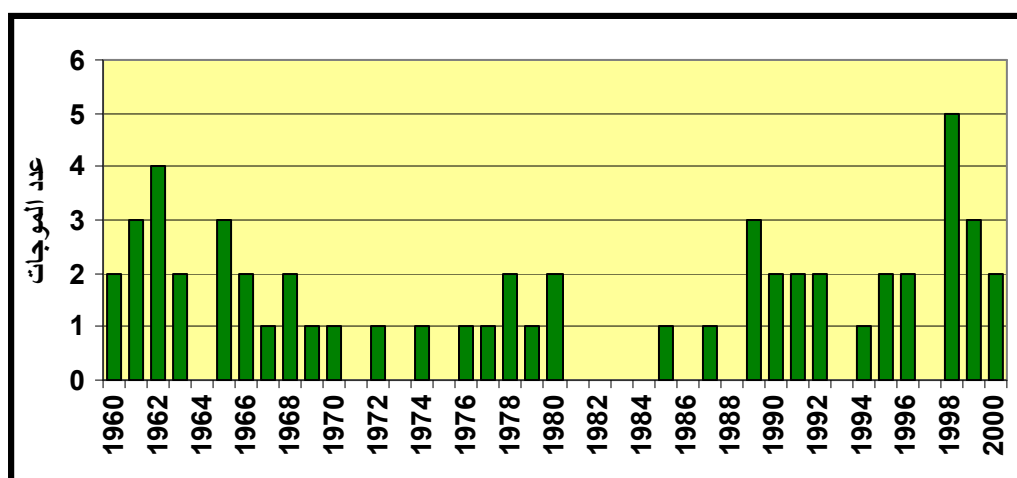
التوزيع السنوي لموجات الحر التي أثرت على المفرق

خلال الفترة (1960-2000)

وكما تباين عدد الموجات الحارة من منطقة إلى أخرى فقد تباين أيضاً من

سنة إلى أخرى ، فقد وصل عدد السنوات التي لم تتأثر فيها المفرق بأيّة موجة حارة

إلى 7 سنوات بنسبة 17.1% من فترة الدراسة ، وأن محافظة معان وخلال 12 سنة لم تتأثر بأية موجة حارة بما نسبته 29% من سنوات الدراسة ، وكذلك وصل عدد السنوات التي تأثرت فيها المفرق بأربع موجات إلى 12,2% فقط من سنوات الدراسة .



شكل رقم (18)

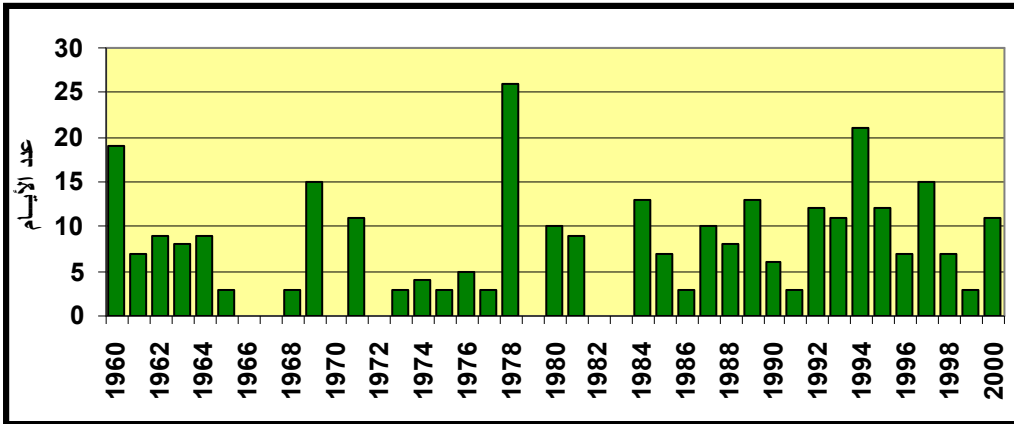
التوزيع السنوي لموجات الحر التي أثرت على معان للفترة (1960-2000)

أما معان فلم يسجل بها سوى سنة واحدة فقط حدث بها 5 موجات حر كما يظهر جدول رقم (21) ، ويصل المعدل السنوي لعدد موجات الحر التي تؤثر على هذا الإقليم بمعدل 2.1 موجة في المفرق ينخفض إلى 1.3 موجة في معان . أما عدد أيام الموجات الحارة خلال نفس الفترة فقد وصل إلى 309 يوماً في المفرق تنخفض إلى 220 يوماً في معان موزعة على سنوات الدراسة (شكل رقم 19،20) ، مما يعني أن عمر الموجة الواحدة بلغ في معان 3,4 يوماً يرتفع في المفرق إلى 3.9 يوم .

جدول رقم (21)

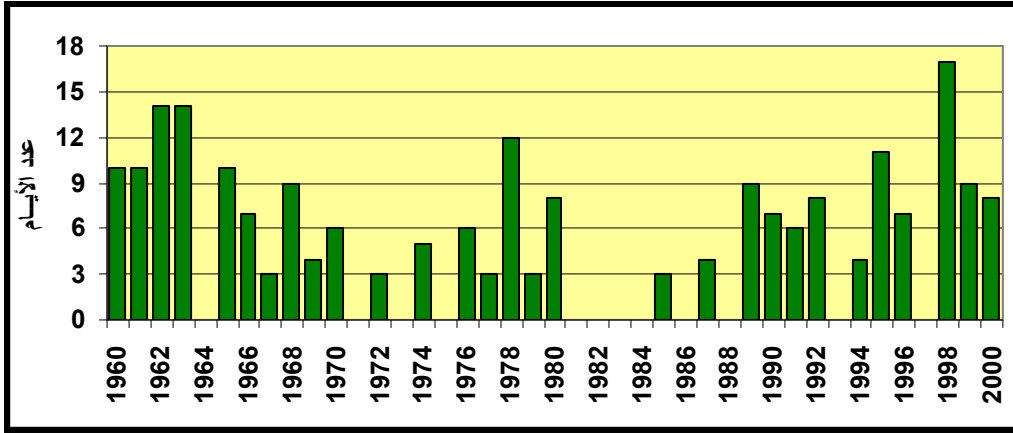
التوزيع السنوي لموجات الحر في إقليم البادية خلال الفترة (1960-2000)

محطة المعان		محطة المفرق		عدد الموجات
(%)	التكرار	(%)	التكرار	
29.3	12	17.1	7	صفر
26.8	11	26.8	11	1
29.3	12	17.1	7	2
9,8	4	26.8	11	3
2.4	1	12.2	5	4
2.4	1	0	0	5
100	41	100	41	المجموع



شكل رقم (19)

التوزيع السنوي لعدد أيام موجات الحر في المفرق خلال الفترة (1960-2000)



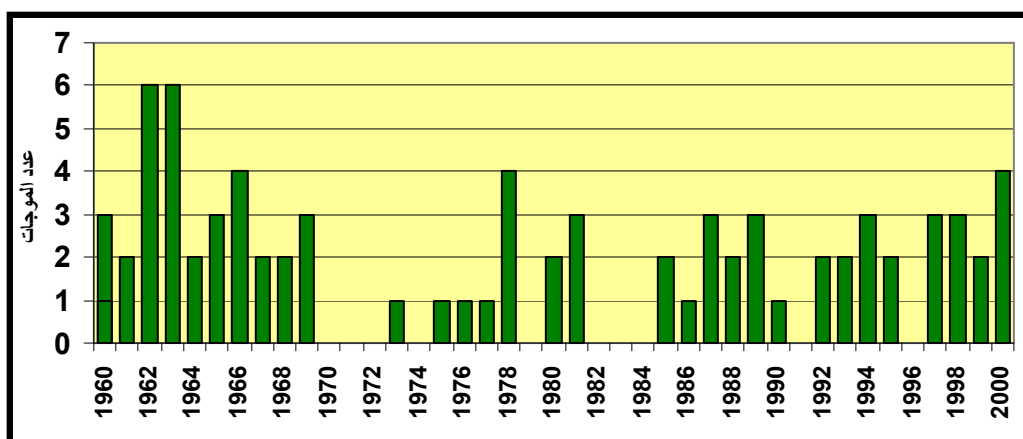
شكل رقم (20)

التوزيع السنوي لعدد أيام موجات الحر التي أثرت على معان

خلال الفترة (1960-2000)

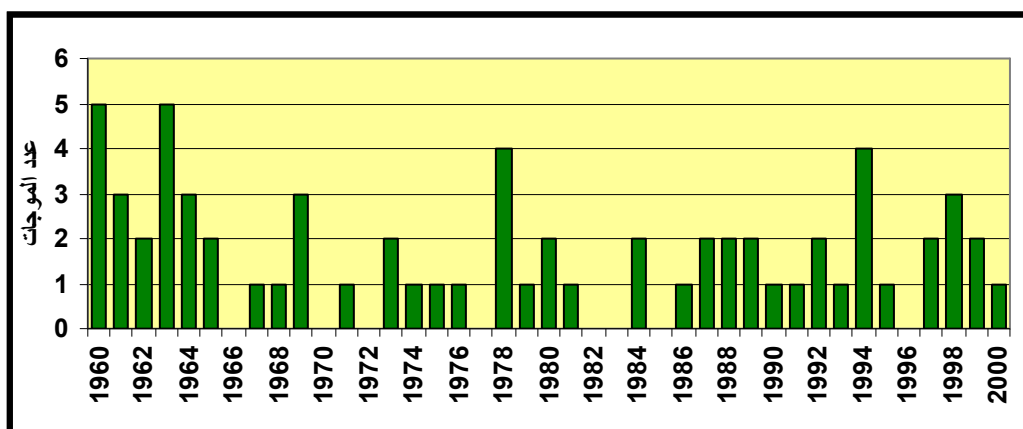
أما في المرتفعات الجبلية فقد لعب الموقع الفلكي والتضاريس دوراً بارزاً في تحديد أنظمة الضغط الجوي التي تؤثر على محطات هذا الإقليم وتؤدي إلى تأثيره بموجات الحر ، فقد ظهر التباين واضحاً من خلال عدد موجات الحر وتوزيعها السنوي . حيث نجد أن موجات الحر التي أثرت على هذا الإقليم لم تتباين فقط من محطة إلى أخرى بل تباينت من سنة إلى أخرى ، فبلغ عدد موجات الحر التي تعرض لها مطار عمان خلال فترة الدراسة 79 موجة موزعة على سنوات الدراسة (شكل رقم 21) . أما في محافظة إربد فلم يتجاوز عدد موجات الحر فيها 66 موجة فقط (شكل رقم 22) ، وقد تباين عدد هذه الموجات من سنة إلى أخرى حيث ويشير الجدول رقم (22) إلى أن عدد السنوات التي لم يتأثر فيها مطار عمان بموجات حر قد وصل إلى 10 سنوات وبما نسبته 24,4% من عدد سنوات الدراسة ، والسنوات التي تأثر بها مطار عمان بأكثر من 5 موجات حارة فلم تزيد عن سنتين فقط ، أما في إربد فإن عدد السنوات التي لم تتأثر بها

بموجات حر فبلغت 8 سنوات بنسبة 19,6% من سنوات الدراسة ، وكذلك فإن 34.2% من سنوات الدراسة لم يزيد فيها عدد موجات الحر في إربد عن موجة واحدة فقط ، ولم يسجل أيضاً أي سنة زاد فيها عدد موجات الحر عن 5 موجات .



شكل رقم (21)

التوزيع السنوي لموجات الحر التي أثرت على مطار عمان للفترة (1960-2000)



شكل رقم (22)

التوزيع السنوي لموجات الحر التي أثرت على إربد للفترة (1960-2000)

جدول رقم (22)

التوزيع السنوي لموجات الحر في إقليم المرتفعات الجبلية

خلال الفترة (1960-2000)

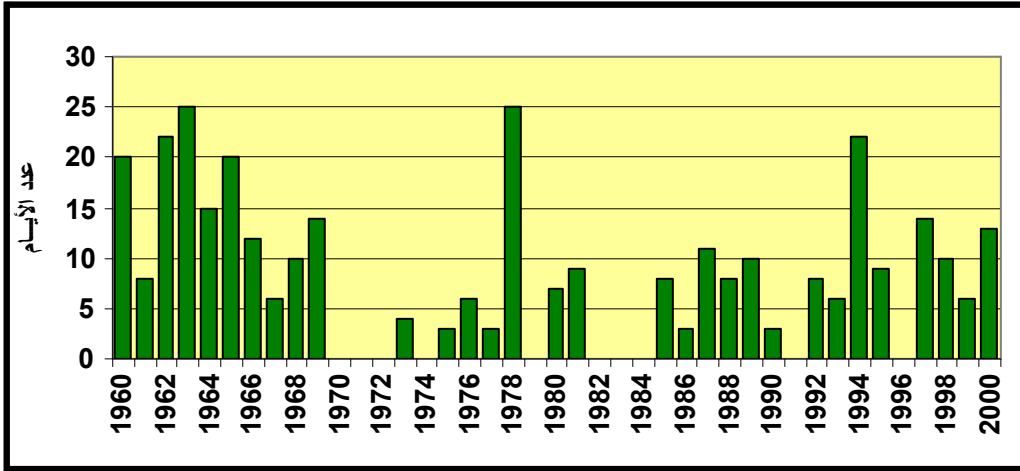
محافظة إربد		محافظة عمان		
التكرار	(%)	التكرار	(%)	عدد الموجات
8	19.6	10	24.4	صفر
14	34.2	6	14.7	1
11	26.9	11	26.8	2
4	9.7	9	22.0	3
2	4.8	3	7.3	4
2	4.8	0	0	5
0	0	2	4.8	أكثر من 5
41	100	41	100	المجموع

أما عدد أيام موجات الحر فقد تباينت أيضاً من منطقة إلى أخرى فوصلت في

مطار عمان المدني 340 يوماً ، بينما في إربد لم تتجاوز 268 يوماً (شكل رقم 23، 24)

، لذلك فإن معدل عمر موجات الحر قد وصل في مطار عمان إلى 4.3 يوماً بينما في

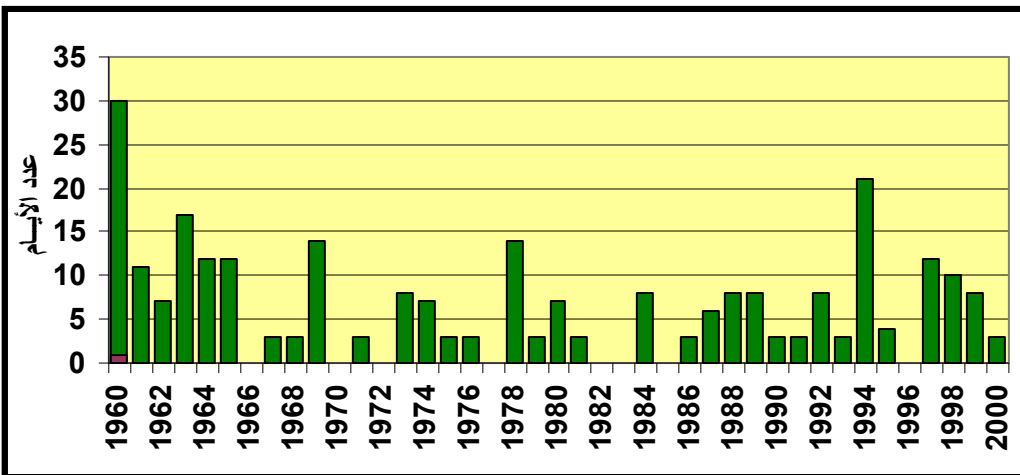
إربد لم يتجاوز معدل عمر موجة الحر فيها 4 أيام فقط .



شكل رقم (23)

التوزيع السنوي لعدد أيام موجات الحر على مطار عمان المدني

خلال الفترة (1960-2000)

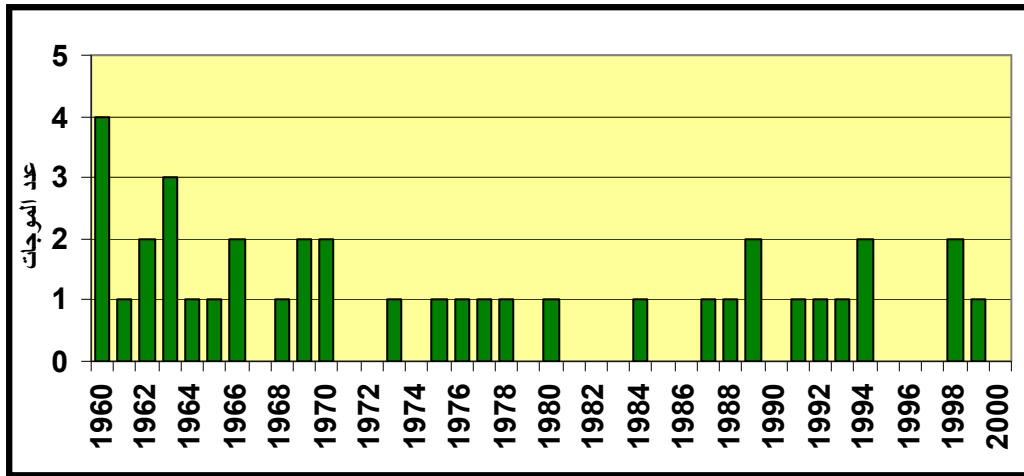


شكل رقم (24)

التوزيع السنوي لعدد أيام موجات الحر على إربد

خلال الفترة (1960-2000)

وكذلك فقد لعبت العوامل الطبيعية مثل الموقع والارتفاع والتضاريس دوراً كبيراً في رفع المعدلات الشهرية والسنوية لدرجات الحرارة العظمى في إقليم الأغوار الأردني ، مما حد من عدد موجات الحر التي أثرت على هذا الإقليم ، فلم يتجاوز عدد موجات الحر التي تعرض له مطار العقبة 38 موجة موزعة على سنوات الدراسة وبمعدل 0.93 موجة حر في العام (شكل رقم 25) . أما في دبرعلا فقد انخفض عدد موجات الحر إلى 36 موجة موزعه على سنوات الدراسة بمعدل 0.87 موجة في العام الواحد (شكل رقم 26).



شكل رقم (25)

التوزيع السنوي لموجات الحر التي أثرت على العقبة

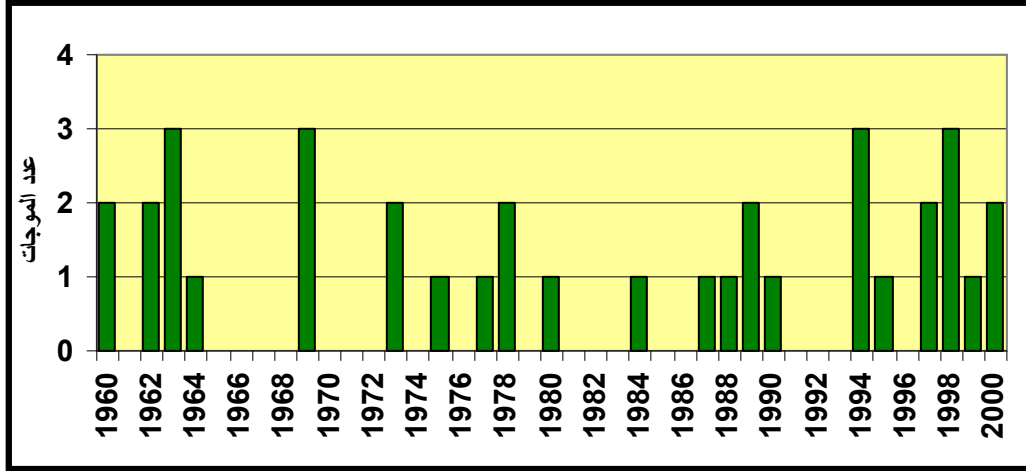
خلال الفترة (1960-2000)

وتباين عدد موجات الحر ما بين سنة وأخرى حيث يشير الجدول رقم (23) إلى

أن عدد السنوات التي لم تتأثر فيها العقبة بموجات حر قد وصل إلى 15 سنة بنسبة

36,6% من سنوات الدراسة ، ترتفع في دبرعلا إلى 20 سنة بنسبة 48,8% من سنوات

الدراسة . أما عدد السنوات التي وصل فيها عدد موجات الحر إلى أربع موجات فكانت سنة واحدة فقط في مطار العقبة ولم يسجل أي سنة في دير علا .



شكل رقم (26)

التوزيع السنوي لموجات الحر التي أثرت على ديرعلا خلال الفترة (1960-2000)

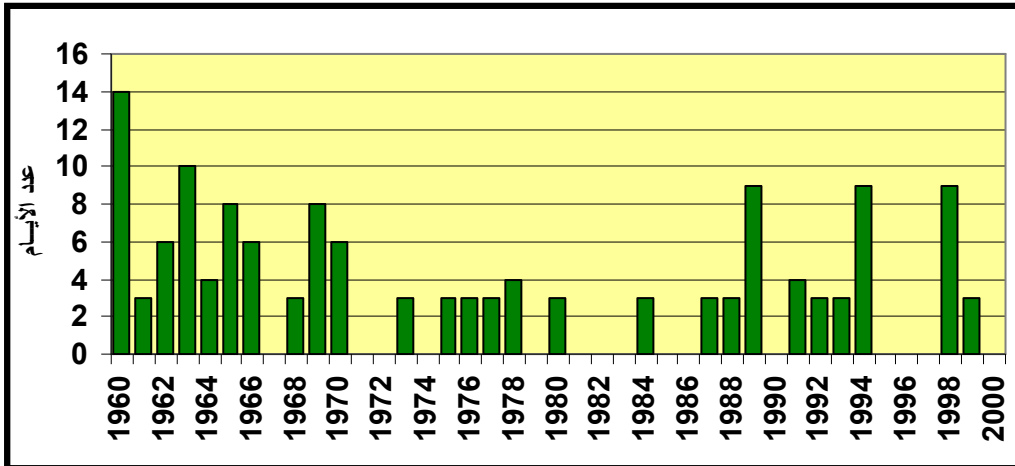
أما عدد أيام موجات الحر التي أثرت على منطقة الدراسة فتراوحت ما بين 145 في ديرعلا وسجلت سنة 1994م أعلى رقم لعدد أيام موجات الحر حيث بلغ 16 يوماً ، وينخفض مجموع أيام موجات الحر في مطار العقبة إلى 136 يوماً موزعة على سنوات الدراسة ، وسجلت سنة 1960 أعلى عدد من أيام موجات الحر فوصل إلى 14 يوماً (شكل رقم 27، 28) ، وبذلك فإن عمر موجه الحر الواحدة تراوح ما بين 3,6 يوماً في العقبة وأربعة أيام في ديرعلا .

جدول رقم (23)

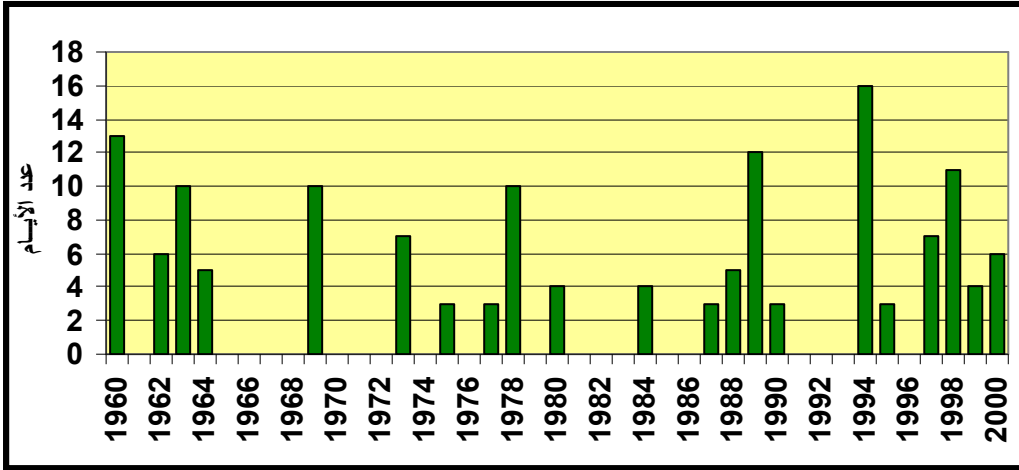
التوزيع السنوي لموجات الحر في إقليم الأغوار

خلال الفترة (1960-2000)

مطار العقبة		محطة ديرعلا		عدد الموجات
النسبة (%)	التكرار	النسبة (%)	التكرار	
36.6	15	48.8	20	صفر
41.5	17	24.4	10	1
17.1	7	17.1	7	2
2.4	1	9.7	4	3
2.4	1	0	0	4
100	41	100	41	المجموع



شكل رقم (27)



التوزيع السنوي لعدد أيام موجات الحر العتبة خلال الفترة (2000-1960)

شكل رقم (28)

التوزيع السنوي لعدد أيام موجات الحر في ديرعلا خلال الفترة (2000-1960)

ب- التوزيع الشهري لموجات الحر :-

تباين التوزيع الشهري لموجات الحر في إقليم الأغوار من شهر إلى آخر ،

حيث لم تتجاوز 7 موجات خلال شهري آب وتموز في المفرق ، فقد إرتفعت في شهر

أيار إلى 27 موجة وبنسبة 34.6% من عدد الموجات ، أما في معان فقد تراوحت من

ثلاث موجات فقط خلال شهر أيلول إرتفعت إلى 17 موجة في شهر تشرين أول وبنسبة

30% من عدد الموجات (جدول رقم 24) .

أما التوزيع الشهري لعدد أيام موجات الحر فقد ارتبط توزيعها بتوزيع عدد

الحالات ، حيث تراوحت ما بين 113 يوماً بنسبة 36.5% في شهر أيار في المفرق ،

انخفضت إلى 23 يوماً خلال شهر آب ، أما في معان فقد تراوحت أيضاً ما بين 13 يوماً

في شهر أيلول وارتفعت في شهر تشرين أول إلى 68 يوماً بنسبة 30,9% من عدد أيام موجات الحر في معان (جدول رقم 25) .

جدول رقم (24)

التوزيع الشهري لموجات الحر التي أثرت على إقليم البادية للفترة (1960-2000)

الشهر	محطة المفرق		محطة معان	
	عدد الموجات	النسبة (%)	عدد الموجات	النسبة (%)
أيار	27	34.6	16	28.6
حزيران	9	11,6	5	9.0
تموز	7	8.9	6	10,8
آب	7	8.9	9	16.0
أيلول	12	15,4	3	5,4
تشرين أول	16	20,6	17	30,2
المجموع	78	100	56	100

جدول رقم (25)

التوزيع الشهري لعدد أيام موجات الحر التي أثرت على إقليم البادية للفترة (1960-2000)

الشهر	محطة المفرق		محطة معان	
	عدد الأيام	النسبة (%)	عدد الأيام	النسبة (%)
أيار	113	36.5	62	28,2
حزيران	32	10.3	17	7,8
تموز	25	8.0	29	13,2
آب	23	7.4	31	14.0
أيلول	45	14.8	13	5.9

30.9	68	30.0	71	تشرين أول
100	220	100	309	المجموع

كذلك فقد تباينت أعداد موجات الحر التي في إقليم المرتفعات الجبلية من شهر إلى آخر ، فقد تراوحت ما بين 22 موجة وبنسبة 27.8% من عدد الموجات الحارة في عمان تتخفف إلى 10 موجات بنسبة 12.6% خلال شهري حزيران وآب ، أما في إربد فقد تراوح هذا التوزيع ما بين 23 موجة في شهر أيار وبنسبة 34.8% من عدد الموجات ينخفض إلى موجة واحدة فقط خلال شهر آب (جدول رقم 26) .

جدول رقم (26)

التوزيع الشهري لموجات الحر التي أثرت على إقليم المرتفعات

خلال الفترة (1960-2000)

محافظة عمان		محافظة إربد		الشهر
عدد الموجات	النسبة (%)	عدد الموجات	النسبة (%)	
22	27.8	23	34.8	أيار
10	12.7	6	9.1	حزيران
11	13.9	4	6.1	تموز
10	12.7	1	1.6	آب
12	15.2	12	18.1	أيلول
14	17.7	20	30.3	تشرين أول

100	66	100	79	المجموع
-----	----	-----	----	---------

أما التوزيع الشهري لعدد أيام موجات الحر فكما يشير الجدول رقم (27)

أنها تراوحت في مطار عمان المدني ما بين 98 يوماً في شهر أيار وبما نسبته 28.8% من عدد أيام موجات الحر تتخفف إلى 40 يوماً في شهر حزيران ، أما في إربد فقد تراوحت ما بين أربعة أيام (موجة واحدة) خلال شهر آب ترتفع إلى 99 يوماً في شهر أيار وبنسبة 36,9% من عدد أيام موجات الحر في المحافظة .

جدول رقم (27)

التوزيع الشهري لأيام موجات الحر التي أثرت على إقليم المرتفعات

خلال الفترة (1960-2000)

الشهر	مطار عمان		محطة إربد	
	عدد الأيام	النسبة (%)	عدد الأيام	النسبة (%)
أيار	98	28,9	99	37.0
حزيران	40	11,8	28	10,5
تموز	43	12.6	12	4,4
آب	42	12.3	4	1.4
أيلول	44	12.9	46	17,2
تشرين أول	73	21,5	79	29,5

100	268	100	340	المجموع
-----	-----	-----	-----	---------

وكذلك وكما تباينت أعداد موجات الحر التي أثرت على إقليم الأغوار من سنة إلى أخرى ، فقد تباينت أيضاً من شهر إلى آخر ، والجدول رقم (28) يظهر التوزيع الشهري لموجات الحر والتي تراوحت ما بين موجة واحدة في شهر تموز إلى 16 موجة في شهر أيار بنسبة 42,1% من عدد موجات الحر في العقبة ، أما في ديرعلا فقد تراوحت ما بين 20 موجة حر في شهر أيار بنسبة 55,4% من عدد موجات الحر وتتعدم نهائياً خلال شهر آب .

جدول رقم (28)

التوزيع الشهري لموجات الحر التي أثرت على إقليم الأغوار

خلال الفترة (1960-2000 م)

الشهر	مطار		محطة		ديرعلا	
	عدد الموجات	النسبة (%)	عدد الموجات	النسبة (%)	عدد الموجات	النسبة (%)
أيار	16	42,2	20	55,6		
حزيران	2	5,3	1	2,7		
تموز	1	2,6	2	5,5		
آب	2	5,3	0	0		
أيلول	6	15,7	3	8,4		
تشرين أول	11	28,9	10	27,8		

100	36	100	38	المجموع
-----	----	-----	----	---------

وكذلك فإن عدد أيام موجات الحر قد تباينت من شهر إلى آخر ، والجدول رقم (29) يظهر التوزيع الشهري لعدد أيام موجات الحر ، حيث تراوحت في مطار العقبة ما بين 58 يوماً في شهر أيار بنسبة 42,6% من عدد الأيام تنخفض خلال شهر تموز إلى ثلاثة أيام فقط ، أما في دبرعلا فقد وصل عدد الأيام خلال شهر أيار إلى 90 يوماً بنسبة 62% من مجموع الأيام وانخفض إلى الصفر خلال شهر آب من كل عام والذي لم تتأثر دبرعلا خلاله بأية موجة حارة .

جدول رقم (29)

التوزيع الشهري لعدد أيام موجات الحر التي أثرت على إقليم الأغوار

خلال الفترة (1960-2000)

الشهر	مطار العقبة		محطة دبرعلا	
	عدد الأيام	النسبة (%)	عدد الأيام	النسبة (%)
أيار	58	42.6	90	62.0
حزيران	11	8,1	3	2.0
تموز	3	2,2	6	4,4
آب	6	4,4	0	0
أيلول	19	14.0	10	6.8
تشرين أول	39	28,7	36	24.8

100	145	100	136	المجموع
-----	-----	-----	-----	---------

ج- التوزيع السينوبتيكي لموجات الحر :-

يعتبر امتداد المنخفض الموسمي مسؤولاً عن معظم موجات الحر التي أثرت على إقليم البادية خلال فترة الدراسة ، فقد ساهم بما مجموعه 37 موجة بما نسبته 47.4% من المجموع العام لموجات الحر التي أثرت على المفرق خلال فترة الدراسة . أما المنخفض الحراري السعودي فقد أدى إلى حدوث 26 موجة بنسبة 33.7% من مجموع الموجات الحارة ، وكذلك يعتبر امتداد المنخفض الموسمي المسبب الرئيسي لمعظم موجات الحر في معان ، فقد أدى إلى حدوث 25 موجة حر بنسبة 44,6% من عدد الموجات ، يليه المنخفض الحراري السعودي والذي أدى إلى حدوث 16 موجة بنسبة 28.5% من عدد الموجات في المحافظة .

أما التوزيع الشهري لأنظمة الضغط الجوي السطحية والتي أدت إلى موجات الحر في هذا الإقليم ، فقد تركز تأثير هذه الأنظمة وارتباطها بتركز هذه الموجات خلال شهري أيار وتشيرين أول في محافظة المفرق ، حيث ساهمت هذه الأنظمة بما مجموعه 27 موجة حارة خلال شهر أيار ، تنخفض إلى 7 موجات فقط خلال شهري تموز وآب . أما في محافظة معان فقد تراوح تأثير هذه الأنظمة السطحية في أن تؤدي إلى ما بين 6 موجات خلال شهري حزيران وتموز بنسبة 10.8% من موجات الحر ، ترتفع إلى 17 موجة حارة خلال شهر تشيرين أول (جدول رقم 30) .

جدول رقم (30)

التوزيع الشهري الأنظمة الضغط الجوي السطحية المؤدية لموجات الحر في إقليم البادية

أما في إقليم المرتفعات الجبلية فيعتبر امتداد المنخفض الموسمي مسؤولاً أيضاً عن معظم موجات الحر التي أثرت على هذا الإقليم ، وكما يظهر الجدول رقم (31) أن امتداد هذا المنخفض قد ساهم بما مجموعه 38 موجة حر بنسبة 48.1% من موجات الحر في مطار عمان المدني ، يليه المنخفض الحراري السعودي والذي ساهم بما مجموعه 23 موجة بنسبة 29.2% ، أما المنخفضات الخماسينية فلم تساهم بأكثر من 5 موجات حارة وبنسبة 6.3% فقط من موجات الحر في مطار عمان المدني .

وكذلك في إربد فقد ساهم امتداد المنخفض الموسمي بما مجموعه 29 موجة حر وبما نسبته 43,9% من موجات الحر فيها ، يليه المنخفض الحراري السعودي وساهم بما مجموعه 19 منخفض نسبة 28,8% من مجموع الأنظمة السطحية المؤدية لموجات الحر في إربد ، ثم المنخفضات الخماسينية والتي ساهمت في موجات الحر في هذه المحطة أكثر من باقي المحطات في الأردن .

وكذلك من خلال تحليل خرائط الطقس السطحية لتحديد أنظمة الطقس السطحية المصاحبة لموجات الحر في إقليم الأغوار ، فقد تبين أن هناك تبايناً في أنظمة الضغط الجوي المؤدية إلى موجات الحر فيه ما بين محطة وأخرى ، ففي الوقت الذي تبين فيه أن إمتداد المنخفض الموسمي مسؤولاً عن معظم موجات الحر في كل المناطق ، إلا أن المنخفض الحراري السعودي كان له الدور الأول في موجات الحر في ديرعلا (شمال

الأردن) فقد ساهم بما مجموعه 13 موجة حر وبنسبة 36.2% من عدد الموجات الحارة ،
يليه امتداد المنخفض الموسمي .

جدول (31)

التوزيع الشهري الأنظمة الضغط الجوي السطحية المؤدية لموجات الحر في المرتفعات

ثم يعود امتداد المنخفض الموسمي ليعتبر مسؤولاً عن معظم موجات الحر في العقبة حيث أدى إلى 13 موجة ونسبة 34,3% من عدد الموجات ، يليه المنخفض الحراري السعودي ، ثم المنخفض الخماسيني فلم يكن له تأثير في حدوث موجات الحر في العقبة ولم يساهم بأكثر من موجة واحدة في دير علا بنسبة 2,7% من عدد الموجات فيها .

أما توزيع الشهري أنظمة الضغط الجوي السطحية في مطار العقبة ، فقد تركز هذا التأثير أيضاً خلال شهر أيار ومساهم بما نسبته 42.1% من موجات الحر ، ينخفض هذا التأثير في شهر تموز إلى نظام واحد أدى إلى موجة واحد ونسبة 2.6% من مجموع أنظمة الطقس السطحية . وفي ديرعلا فقد تركز تأثير هذه الأنظمة في شهر أيار والذي ساهمت أنظمة الضغط الجوي السطحية بما نسبته 50% من موجات الحر ، ثم ينعدم تأثير هذه الأنظمة في شهر آب الذي لم تتأثر فيه ديرعلا بموجات حر نهائياً طوال فترة الدراسة (جدول رقم 32) .

د - التوزيع النوعي لموجات الحر :-

ارتكزت دراسة التوزيع النوعي لموجات الحر على متغير عمر الموجة ومتغير شدة درجة الحرارة العظمى ثم تم جمع المتغيرين في متغير ثالث وهو عمر الموجة وشده درجة الحرارة العظمى ، وفيما يلي استعراض لنتائج تحليل هذه المتغيرات .

جدول رقم (32)

التوزيع الشهري لأنظمة الضغط الجوي في أقليم الأغوار

1- عمر الموجه :-

وتمثل الفترة الزمنية التي يستغرقها تأثير الموجه الحارة ، التي تراوحت ما بين 3-12 يوماً في إقليم البادية ، وفي المرتفعات الجبلية ما بين 3-13 يوماً في مطار عمان ، وما بين 3-8 أيام في إربد ، أما في الأغوار فتراوحت ما بين 3-8 أيام في العقبة وما بين 3-9 أيام في ديرعلا . وقد بلغ عدد الموجات القصيرة التي أثرت على إقليم البادية (المفرق) 67 موجة وبما نسبته 85.8% من عدد الموجات ، أما الموجات المتوسطة فقد بلغت 10 موجات حر بنسبة 13% من عدد الموجات ، ولم تتأثر المفرق سوى بموجه حر طويلة واحدة خلال فترة الدراسة . أما في معان فقد بلغ عدد موجات الحر القصيرة 49 موجة بنسبة 87.5% من عدد موجات الحر ، وكذلك 5 موجات حر متوسطة العمر بنسبة 8,9% وموجتين طويلتين بنسبة 3.6% فقط .

وفي المرتفعات الجبلية فقد بلغ عدد الموجات القصيرة في مطار عمان 63 موجه بما نسبته 79.7% من عدد الموجات ، وانخفضت إلى 11 موجه متوسطه بنسبة 14% ، أما الموجات الطويلة فلم يسجل سوى 5 موجات بما نسبته 6.3% فقط من موجات الحر جميعها . وكذلك في محافظة إربد فقد بلغ عدد الموجات القصيرة 57 موجة

بنسبة 86,8% من موجات الحر جميعها ، وانخفضت إلى 9 موجات متوسطة وبنسبة 13,6% فقط ، ولم يسجل أي موجة حر طويلة المدة في المدينة طيلة فترة الدراسة .

أما في إقليم الأغوار وقد بلغ عدد الموجات القصيرة في مطار العقبة 36 موجة حارة وبنسبة 94.7% من عدد الموجات يليها الموجات المتوسطة وبلغت موجتين وبنسبة 5.3% ، ولم تتأثر العقبة بأية موجة طويلة خلال فترة الدراسة ، أما في ديرعلا فبلغ عدد الموجات القصيرة 30 موجة وبنسبة 83.3% من عدد الموجات والموجات المتوسطة 5 موجات بنسبة 13.9% ، أما الطويلة فلم تتأثر ديرعلا بأكثر من موجة واحدة فقط .

2- شدة درجة الحرارة :-

تمثل شدة درجة الحرارة العظمى مقدار الزيادة التي تصلها درجة الحرارة العظمى اليومية عن معدل درجة الحرارة العظمى لذلك الشهر من السنة ، وقد تراوحت عدد الموجات المعتدلة في إقليم البادية ما بين 42 موجة بنسبة 53.9% من مجموع الموجات في المفرق ترتفع إلى 49 موجة وبنسبة 87.5% في معان ، أما الموجات الشديدة الحرارة فتركزت في المفرق أكثر من معان حيث بلغت 29 موجة بنسبة 37.2% من عدد الموجات ، بينما في معان فلم تزد عن 5 موجات فقط ، أما الموجات الشديدة جداً فبلغت 7 موجات بنسبة 8.9% من موجات الحر في المفرق إنخفضت إلى موجتين فقط بنسبة 3.5% من عدد موجات الحر في معان .

وكذلك في المرتفعات الجبلية فقد بلغ عدد الموجات المعتدلة في مطار عمان إلى 35 موجة بنسبة 44.3% من مجموع موجات الحر ، ولم تصل في إربد لأكثر من 18

موجة وبنسبة 27,3% من موجات الحر فيها فقط ، أما الموجات الشديدة الحرارة فقد وصلت في مطار عمان إلى 37 موجة بنسبة 46.8 من موجات الحر في مطار عمان ، أما في إربد فقد ارتفعت الموجات الشديدة الحرارة إلى 34 موجة بنسبة 51,5% من مجموع موجات الحر فيها ، والموجات الشديدة جداً فلم تتجاوز 7 موجات وبنسبة 8.9% فقط في مطار عمان ترتفع إلى 14 موجة وبنسبة 21,2% في إربد .

أما في الأغوار فقد سيطرت الموجات المعتدلة على أنواع موجات الحر في مطار العقبة حيث ووصلت إلى 25 موجة بنسبة 56.8% من عدد الموجات يليها الموجات الشديدة الحرارة 10 موجات بنسبة 41.6% ، والموجات الشديدة جداً فلم تزد عن موجة واحدة فقط خلال فترة الدراسة . أما في ديرعلا فقد كان معظم الموجات التي أثرت عليها من النوع الشديد الحرارة وبلغ 15 موجة حر وبنسبة 41.6% من عدد الموجات فيها ، ثم الموجات المعتدلة ووصلت إلى 13 موجة بنسبة 36.2% ، أما الموجات الشديدة جداً فوصلت إلى 8 موجات بنسبة 22.2% من عدد الموجات في ديرعلا .

3- عمر الموجه وشدة درجة الحرارة :-

من خلال الربط ما بين عمر موجة الحر وشدة درجة الحرارة خلال فترة تأثيرها ، فإن الجدول رقم (33) يشير إلى التوزيع العام لهذه الموجات ، والذي يظهر أن أغلب موجات الحر التي تؤثر على هذا الإقليم هي موجات قصيرة ومعتدلة ، فقد تأثرت المفروق بما 36 موجه بنسبة 46.3% من عدد موجات الحر فيها ، والموجات الطويلة

بأنواعها المعتدلة والشديدة الحرارة والشديدة جداً فقد إنعدم تأثيرها باستثناء موجة طويلة ومعتدلة واحدة أثرت على المفرق خلال فترات الدراسة . وكذلك كما يظهر نفس الجدول فقد سيطرت موجات الحر القصيرة والمعتدلة في معان على كافة الأنواع الأخرى ، حيث بلغت 46 موجة وبما نسبته 82.3% من عدد الموجات ، أما الموجات الطويلة بأنواعها فلم يؤثر على معان خلال فترة الدراسة سوى موجتين فقط وبنسبة 3.6% من عدد الموجات .

جدول رقم (33)

توزيع موجات الحر في إقليم البادية حسب عمر الموجه وشدة درجة الحرارة

خلال الفترة (1960-2000)

محطة المفرق		محطة معان		نوع الموجة
التكرار	النسبة (%)	التكرار	النسبة (%)	
36	46,2	46	82,4	قصيرة ومعتدلة
26	33,2	2	3.5	قصيرة وشديدة الحرارة
5	6.5	1	1.7	قصيرة وشديدة جداً
3	3.8	3	5,5	متوسطه ومعتدلة
5	6.5	1	1.7	متوسطه وشديدة الحرارة
2	2.6	1	1.7	متوسطه وشديدة جداً
1	1.2	0	0	طويلة ومعتدلة
0	0	2	3.5	طويلة وشديدة الحرارة
0	0	0	0	طويلة وشديدة جداً
78	100	56	100	المجموع

أم في إقليم المرتفعات الجبلية فقد ظهر التباين واضحاً في توزيعات موجات الحر في هذا الإقليم حسب هذا المتغير ، ففي الوقت الذي تركزت فيه موجات القصيرة والمعتدلة في مطار عمان المدني لتصل إلى 46 موجة وبنسبة 82,3% من عدد الموجات فإنها لم تصل في إربد لأكثر من 20 موجة بنسبة لا تزيد عن 30% فقط ، وكذلك كما يشير الجدول رقم (34) والذي يظهر فيه حلول الموجات القصيرة والشديدة الحرارة ثانية إذ بلغت 24 موجة في مطار عمان بنسبة 30% من عدد موجات الحر فيها ، وكذلك بلغت في إربد 27 موجة بنسبة 41% من موجات الحر فيها .

جدول رقم (34)

توزيع موجات الحر في إقليم المرتفعات حسب عمر الموجه وشدة درجة الحرارة

خلال الفترة (1960-2000)

محطة المفروق		محطة معان		نوع الموجه
التكرار	النسبة (%)	التكرار	النسبة (%)	
36	46,2	46	82,4	قصيرة ومعتدلة
26	33,2	2	3.5	قصيرة وشديدة الحرارة
5	6.5	1	1.7	قصيرة وشديدة جداً
3	3.8	3	5.4	متوسطة ومعتدلة
5	6.5	1	1.7	متوسطة وشديدة الحرارة
2	2.6	1	1.7	متوسطة وشديدة جداً

0	0	1.2	1	طويلة ومعتدله
3.5	2	0	0	طويلة وشديدة الحرارة
0	0	0	0	طويلة وشديدة جداً
100	56	100	78	المجموع

أما الموجات الطويلة ففي الوقت الذي لم تتأثر فيه إربد بأي موجة حر طويلة فإن مطار عمان المدني قد تأثر بخمس موجات حر طويلة موزعة على موجات الحر الطويلة والمعتدله 3 موجات وموجات الحر الطويلة والشديدة الحرارة موجتين .

أما في إقليم الأغوار فكما يظهر الجدول رقم (35) توزيع موجات الحر في هذا الإقليم حسب عمر الموجه وشدة درجة الحرارة ، فإن معظم الموجات الحارة التي أثرت على العقبة كانت قصيرة ومعتدله حيث بلغت 24 موجة وبنسبة 63.2% من عدد الموجات الحارة ، وانعدم تأثير الموجات الطويلة بكافة أنواعها ، أما في ديرعلا فلم تزيد نسبة الموجات القصيرة والمعتدله عن 33.0% وتوزعت باقي النسبة على الأنواع الأخرى ، أما الموجات الطويلة بأنواعها المختلفة فلم يسجل سوى موجة واحدة في ديرعلا وبنسبة 2.7% من عدد الموجات الكلي فيها .

وأخيراً وبعد استعراض الخصائص الجغرافية لموجات الحر في الأردن ، نجد أن موقع المنطقة وتضاريسها تلعب الدور الأكبر في التباين الموجود للتوزيعات السنوية والشهرية لموجات الحر في الأردن ، ولأهمية هذه الظاهرة وتأثيراتها المختلفة فإنه لا بد من إيجاد وسيلة ما يمكن من خلالها التنبؤ بموجات الحر في الأردن ، على المدى القصير والطويل من خلال نموذج احصائي يمكن أن يحقق هذا الهدف .

جدول رقم (35)

توزيع موجات الحر في إقليم الأغوار حسب عمر الموجه وشدة درجة الحرارة

خلال الفترة (1960-2000)

مطار العقبة		محطة ديرعلا		نوع الموجه
التكرار	النسبة (%)	التكرار	النسبة (%)	
24	63.2	12	33,1	قصيرة ومعتدله
11	29.0	9	25,1	قصيرة وشديدة الحرارة
1	2.6	9	25,1	قصيرة وشديدة جداً
1	2.6	1	2.7	متوسطه ومعتدله
1	2.6	4	11,2	متوسطه وشديدة الحرارة
0	0	0	0	متوسطه وشديدة جداً
0	0	0	0	طويلة ومعتدله
0	0	1	2,8	طويلة وشديدة الحرارة
0	0	0	0	طويلة وشديدة جداً
38	100	36	100	المجموع

التنبؤ بموجات الحر في الأردن

على الرغم من أن مشكلة نقص المياه قد استحوذت على اهتمام علماء المناخ التطبيقي في العالم ، حيث شرعوا في دراسة وتحليل سلوك واتجاهات الأمطار في دول العالم المختلفة ، وما أرتبط بها من فيضانات في بعض جهات العالم وجفاف في جهات أخرى . إلا أن ذلك لم يمنعهم من إيلاء سلوك واتجاهات درجات الحرارة نصيباً من هذه الدراسات ، من خلال بناء النماذج المناخية المختلفة من حيث درجة تطورها والهدف المنشود منها.

وتعتبر أزمة الغذاء وما عاناه الساحل الأفريقي من حالات جفاف شديدة خلال السنوات 1968-1973 ، من أبرز المشكلات التي وجهت الانتباه إلى أهمية المناخ . وقد أشار روبرت وايت في مؤتمر المناخ الذي عقد في جنيف عام 1979 ، إلى ظهور مفهوم جديد يتمثل في اعتبار المناخ أحد الموارد الطبيعية ، وأنه ثروة طبيعية مشتركة بين الأمم ولا بد من تعاونها من أجل استثماره بالشكل الأفضل (Howard, 1980) . لذلك فإن التقلبات أو الذبذبات المناخية تعتبر من أهم المشكلات التي تواجه المجتمعات البشرية حتى الآن ، فقد أتضح خلال عقدي الستينات والسبعينات أن هناك حاجة ملحة لدراسة هذه الظاهرة من خلال تجميع السجلات المناخية وتحليلها ووضع تصور مستقبلي لاتجاه المتغيرات المناخية قيد الدراسة على المدى الطويل .

وبعد أن بات واضحاً أن العالم الذي يتزايد عدد سكانه باطراد وتزداد احتياجاتهم من الغذاء ، معرض إلى العديد من المشكلات الناتجة عن ذبذبات مناخية على المدى القصير وتغيرات مناخية على المدى الطويل ، فانبثق عن هذا الاهتمام تطور العديد من النماذج الرياضية المناخية

أهمها نموذج (G. C. Ms.) ، الذي قام على دراسة وتحليل السجل التاريخي للمتغيرات المناخية ثم تحديد سلوك هذه المتغيرات خلال الفترات الزمنية القادمة والتنبؤ بصورة أقرب إلى الواقع لمستقبل هذه المتغيرات .

وقد خضعت مخرجات هذه النماذج إلى التدقيق والمقارنة من قبل هيئات مختصة تابعة لمنظمة الأرصاد الجوية العالمية مثل (I.P.C.C) ، وتبين أن هذه النماذج وإن كانت تتشابه في مدخلاتها فإنها تختلف في مخرجاتها لكل متغير من المتغيرات المناخية المختلفة ، ورغم ذلك فإن كل هذه الأنظمة تجمع في النهاية على وجود تغير في سلوك هذه المتغيرات يختلف من منطقة إلى أخرى بل حتى من مدينة لأخرى .

وقد حظيت موجات الحر بنصيب من هذا الاهتمام العالمي لما لها من آثار اجتماعية واقتصادية كبيرة على المجتمعات البشرية المختلفة ، وقد تبنت بعض الهيئات الحكومية والخاصة بعض أنظمة التنبؤ قصير الأجل باستخدام برامج حاسوب معقدة ومتطورة جداً مثل نظام تحذير موجات الحر والظواهرات المناخية الشاذة الأخرى والذي قدمه (Kalkstein) في اللقاء الذي عقد في ألمانيا خلال الفترة 28-29 كانون ثاني 1997م ، وبدعم من منظمة الأرصاد الجوية العالمية ومنظمة الصحة العالمية وطبقه على بعض المدن المليونية الكبرى مثل مدريد وروما وأثينا ، وأوصى بإمكانية تجربته وتطبيقه في بعض المدن الكبرى في دول العالم الثالث (WMO, 1997) .

ونظراً لأهمية موضوع الدراسة ، فقد تم التنبؤ بموجات الحر من خلال تحليل خط الانحدار للمتوسطات المتحركة لموجات الحر ، للبحث في إمكانية وجود دورة زمنية لهذه الظاهرة وللمتغيرات المرتبطة بها على المدى الطويل ، وتحليل احتماليه حدوث موجات الحر باستخدام توزيع بوايسون وفترة الرجوع .

أولاً: - الدورات الزمنية لموجات الحر في الأردن Cycle

تعد طريقة المتوسطات المتحركة أحد أهم الطرق المستخدمة في اكتشاف الدورات الزمنية للظواهر المناخية الشاذة وتحديد سلوكها العام ، وتشير منظمة الأرصاد الجوية العالمية إلى أن الحد الأدنى اللازم لإجراء عملية تحليل المتوسطات المتحركة للمتغيرات المناخية يجب أن لا تقل عن ثلاثين سنة ، حتى يمكن الخروج بنتائج منطقية وقريبة من الواقع (WMO, 1992) .

لذلك فقد تم استخدامها لاكتشاف إن كانت هناك دورات زمنية لموجات الحر التي أثرت على الأردن خلال فترة الدراسة ، حيث جرى اختبار المتوسطات المتحركة للمتغيرات المناخية المرتبطة بسيادة هذه الظاهرة ، وهذه المتغيرات هي :-

1- عدد موجات الحر السنوية .

2- عدد الأيام الحارة السنوية .

وتم إجراء اختبار لثلاثة متوسطات متحركة هي (ثلاث سنوات ، خمس سنوات ، سبع سنوات) للمحطات المناخية قيد الدراسة والتي مثلت مختلف مناطق المملكة .

وتبين من نتائج اختبار هذه المتوسطات بواسطة معادلة خط الانحدار في إقليم البادية أن أكثرها منطقية هي المتوسطات التي اعتمدت الثلاث سنوات ، لذلك يمكن القول بأنه توجد دورة زمنية لموجات الحر في هذا الإقليم مقدارها (3) سنوات وبمستوى ثقة وصل إلى 100% .

وكذلك فإن مقدار التفسير يسجل أعلى قيمة له في دورة الثلاث سنوات لتصل إلى 0.48 ينخفض إلى 0.15 في دورة السبع سنوات ، كذلك أيضاً فإن قيمة (F) تسجل أعلى قيمة لها في دورة الثلاث سنوات لتصل إلى 34.7 تنخفض في الدورات التالية إلى 5.3 فقط . من هنا فإن نتائج التحليل المرتبطة بدورة الثلاث سنوات سجلت النتائج الأعلى والأفضل (جدول رقم 36) .

كذلك تبين من نتائج اختبار هذه المتوسطات بواسطة معادلة خط الانحدار في إقليم المرتفعات الجبلية ، أن أكثرها منطقية هي المتوسطات التي اعتمدت (3) سنوات وبمستوى ثقة يصل إلى 100% ينخفض في الدورات التالية إلى 72% فقط ، وكذلك فإن مقدار التفسير يسجل أعلى قيمة له في دورة الثلاث سنوات لتصل إلى 0.51 ينخفض في الدورات التالية إلى 0.05 فقط ، كذلك أيضاً فإن قيمة (F) تسجل أعلى قيمة لها في دورة الثلاث سنوات لتصل إلى 38.9 تنخفض في الدورات التالية إلى 1.7 فقط . من هنا فإن نتائج التحليل المرتبطة بدورة الثلاث سنوات سجلت النتائج الأعلى والأفضل ليتم الإقرار بوجود دورة زمنية للمتغيرات المرتبطة بموجات الحر في هذا الإقليم مدتها (3) سنوات (جدول رقم 37) .

والجدول رقم (38) يبين نتائج اختبار المتوسطات المتحركة بواسطة معادلة خط الانحدار في إقليم الأغوار ، وأن أكثرها منطقية هي أيضاً المتوسطات التي اعتمدت الثلاث سنوات ، فمستوى الثقة يصل إلى 100% في دورة الثلاث سنوات وينخفض إلى ما دون ذلك في الدورات التالية ، وكذلك فإن مقدار التفسير لدورة الثلاث سنوات يسجل أعلى قيمة له وتصل إلى 0.40 ينخفض في الدورات التالية إلى 0.13 فقط ، كذلك أيضاً فإن قيمة (F) تسجل أعلى قيمة لها في

جدول رقم (36)

نتائج تحليل الانحدار البسيط للمتوسطات المتحركة لمتغيرات موجات الحر

في إقليم البادية

المحطة	المتغير	الدورة الزمنية	مقدار التفسير	قيمة (a)	قيمة (b)	قيمة (F)	مستوى الدلالة	مستوى الثقة (100)
محطة أرصاد المفرق	عدد	3	0.367	0.077-	1.039	21.492	0.0000	100
	الموجات	5	0.216	0.007	0.987	9.691	0.0037	99.6
	السنوية	7	0.156	0.056	0.983	6.117	0.0187	98.1
	عدد أيام	3	0.356	0.229-	1.031	20.480	0.0001	100
	موجات	5	0.208	0.040	0.986	9.195	0.0045	99.6
	الحر	7	0.139	0.340	0.965	5.348	0.0271	97.3
محطة أرصاد معان	عدد	3	0.474	0.007	0.988	33.374	0.0000	100
	الموجات	5	0.304	0.019	0.976	15.352	0.0004	100
	السنوية	7	0.202	0.084	0.950	8.365	0.0067	99,3
	عدد أيام	3	0.484	0.189-	1.028	34.714	0.0000	100
	موجات	5	0.237	0.596	0.837	10.892	0.0022	99.8
	الحر	7	0.168	0.742	0.836	6.688	0.0143	98.6

جدول رقم (37)

نتائج تحليل الانحدار البسيط للمتوسطات المتحركة لمتغيرات موجات الحر

في إقليم المرتفعات الجبلية

المحطة	المتغير	الدورة الزمنية	مقدار التفسير	قيمة (a)	قيمة (b)	قيمة (F)	مستوى الدلالة	مستوى الثقة (100)
مطار عمان المدني	عدد الموجات السنوية	3	0.4933	0.051	0.982	36.031	0.0000	100
		5	0.2592	0.416	0.710	12.249	0.0013	99.8
		7	0.1428	0.563	0.623	5.498	0.0252	97.5
	عدد أيام موجات الحر	3	0.5126	0.021	0.993	38.924	0.0000	100
		5	0.2605	1.473	0.739	12.239	0.0012	99.8
		7	0.0762	3.197	0.456	2.728	0.1081	89.2
محطة أرصاد اربـد	عدد الموجات السنوية	3	0.350	0.082	0.909	19.968	0.0001	100
		5	0.122	0.442	0.632	4.878	0.0338	96.6
		7	0.035	0.679	0.441	1.220	0.2772	72.3
	عدد أيام موجات الحر	3	0.280	0.840	0.809	14.445	0.0005	100
		5	0.180	0.789	0.798	7.693	0.0088	99.1
		7	0.050	2.245	0.506	1.754	0.1944	80.6

دورة الثلاث سنوات لتصل إلى 25.6 تتخفّض في الدورات التالية إلى 5,5 فقط . من هنا فان نتائج التحليل المرتبطة بدورة الثلاث سنوات سجلت النتائج الأعلى والأفضل القبول بوجود دورة زمنية للمتغيرات المرتبطة بموجات الحر في هذا الإقليم مدتها (3) سنوات .

من هنا يمكن القول وبعد استعراض نتائج اختبار المتوسطات المتحركة بواسطة معادلة خط الانحدار بأنه توجد دورة زمنية لموجات الحر في الأردن باقاليمه الثلاث قدرها ثلاث سنوات . وباستخدام التحليل الطيفي للبحث عن دورة زمنية لبعض المتغيرات المناخية . وجد من تحليل الأمطار في فلسطين أن أعلى قمة لكثافة الطيف وجدت ما بين (2.7-3.2 سنه) ، وكذلك فإن رنجيفل وجد عام 1979م أن أعلى قمة لكثافة الطيف ما بين (3 - 3,3) سنه عند دراسته لاتجاه الأمطار في مدينة القدس الشريف (الخطيب ، 1997) .

ولدراسة الاتجاهات المستقبلية لمعدل درجات الحرارة العظمى ومقارنتها ببعض عواصم الدول المحيطة ، فقد تم إجراء تحليل معامل الانحدار لمعدل درجات الحرارة العظمى لمحطات الدراسة المحلية ومحطات بيروت وجدة وقبرص للمقارنة باستخدام معادلة الانحدار التالية :-

$$Y = a + bx + e$$

حيث أن

Y: قيمة الحرارة العظمى .

x : الزمن .

a : نقطة تقاطع خط الانحدار مع المحور العمودي .

جدول رقم (38)

نتائج تحليل الانحدار البسيط للمتوسطات المتحركة لمتغيرات موجات الحر

في إقليم الأغوار

المحطة	المتغير	الدورة الزمنية	مقدار التفسير	قيمة (a)	قيمة (b)	قيمة (F)	مستوى الدلالة	مستوى الثقة (100)
مطار العقبة	عدد الموجات السبوعية	3	0.408	0.203	0.938	25.604	0.0000	100
		5	0.198	0.157	0.739	8.645	0.0058	99.4
		7	0.118	0.186	0.709	4.439	0.0428	95.7
	عدد أيام موجات الحر	3	0.351	0.137	0.943	19.500	0.0001	100
		5	0.1392	0.535	0.744	5.500	0.0257	97.4
		7	0.150	0.720	0.955	5.867	0.0211	97.8
محطة أرصاد ديرعلا	عدد الموجات السبوعية	3	0.310	0.057	0.971	16.646	0.0002	100
		5	0.185	0.062-	1.072	7.944	0.0079	99.2
		7	0.243	0.395-	1.570	10.649	0.0026	99.7
	عدد أيام موجات الحر	3	0.262	0.322	0.915	13.168	0.0009	99.9
		5	0.162	0.194-	1.051	6.766	0.0135	98.7
		7	0.204	1.088-	1.393	8.485	0.0064	99.4

b : درجة التغير في الاتجاه العام .

e : تمثل التغير الحراري الذي لا يرجع إلى وجود أي اتجاه حراري عام ، وإنما لتقلبات حرارية

أخرى (مقدار الخطأ) .

ويمكن القول بأن المحطات المناخية التي شملتها الدراسة تمتد من الحوض الشرقي للبحر

المتوسط (مطار قبرص الدولي) ، إلى المرتفعات الجبلية (عمان ، إربد) ، إلى قلب البادية الأردنية

ثم صحراء الجزيرة العربية ، ويتفاوت المعدل السنوي لدرجة الحرارة العظمى لهذه المحطات من

22,9°م في محطة أرصاد معان ترتفع إلى 34,3°م في جدة الدولي ، ومعامل التغير السنوي في

درجة الحرارة العظمى يتراوح ما بين 2-3% فقط (جدول رقم 39) .

جدول رقم (39)

الخصائص الأساسية للحرارة في محطات الدراسة

المحطة	المعدل السنوي	الانحراف المعياري	معامل التغير (%)
محطة أرصاد المفرق	23,9	0.74	3
محطة أرصاد معان	22.9	0.81	3
مطار عمان المدني	23.3	0.91	3
محطة أرصاد إربد	23.0	0.81	3
محطة أرصاد ديرعلا	29.7	0.72	2
مطار العقبة	30.7	0.70	2
مطار قبرص الدولي	26.1	0.57	2
مطار بيروت الدولي	23.7	0.44	2
مطار جدة الدولي	34.3	0.58	2

ويبدو من الجدول رقم (40) أن الاتجاه الحديث لمعدل درجة الحرارة العظمى ذو دلالة إحصائية على مستوى 10% في كل من مطار عمان وإربد ، وعلى مستوى 5% في كل من العقبة وجدة ، ولم تظهر هناك دلالة إحصائية في المحطات الأخرى الباقية ، مما يعني عدم وجود نمط محدد لسلوك درجات الحرارة في هذه المناطق ، وقد أشار شحادة (1978م) في دراسته للإتجاهات الحديثة للحرارة في بلاد الشام منذ مطلع القرن العشرين أنه لا يوجد اتجاه موحد لسلوك درجة الحرارة يجمع بين كل محطات الدراسة .

جدول رقم (40)

نتائج تحليل خط الانحدار لمعدل درجة الحرارة العظمى لمحطات الدراسة

أسم المحطة	معامل الانحدار (B)	قيمة (ت)	مستوى الدلالة
مطار عمان المدني	-0.0233	-1.929	0.061
محطة أرصاد إربد	-0.0194	-1.818	0.077
محطة أرصاد المفرق	+2.814	+0.027	0.978
محطة أرصاد معان	-0.008	-0.797	0.430
محطة أرصاد دير علا	-0.008	-0.804	0.426
محطة أرصاد العقبة	-0.0213	-2.332	0.025
مطار بيروت الدولي	-0.003	-0.485	0.630
مطار جدة الدولي	+0.044	+2.563	0.018
مطار قبرص الدولي	+0.060	+0.965	0.362

من هنا يمكن القول بأنه وخلال محاولة تتبع التنبؤ طويل الأجل لموجات الحر في الأردن ، فقد تبين أن هناك دورة زمنية مقدارها ثلاث سنوات للمتغيرات المناخية المرتبطة بموجات الحر ، أما الاتجاهات الحديثة لمعدلات درجات الحرارة العظمى ، فلم تُظهر معدلاتها السنوية دلالة إحصائية يمكن من خلالها إيجاد دورة منتظمة لهذا المتغير بدليل دلالاته الإحصائية المنخفضة جداً .

ثانياً : - التوزيعات الإحصائية لموجات الحر في الأردن

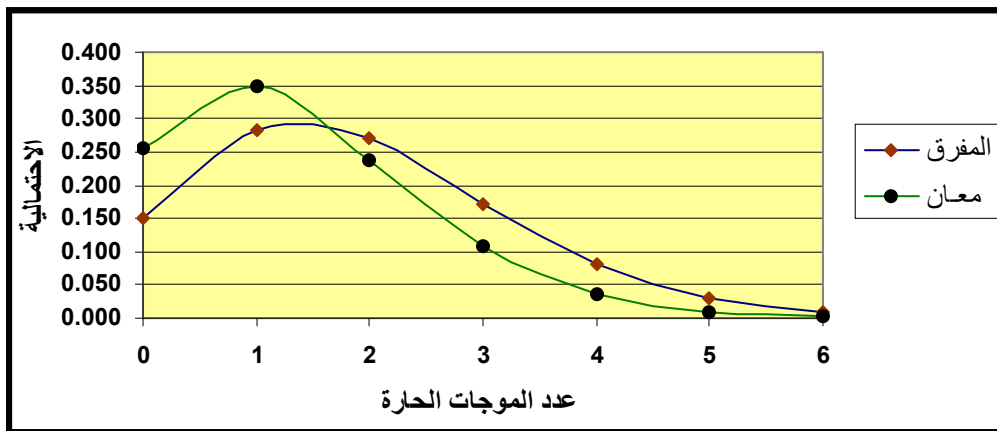
تعد موجات الحر من الظواهر الجوية النادرة الحدوث ، لهذا فإن التوزيع الطبيعي لا يصلح لحساب احتمال حدوثها ، يضاف إلى ذلك فإنه نظراً لطبيعة الظاهرة فإنه إذا كان من الممكن أن نحدد عدد المرات التي حدثت فيها موجات الحر في محطات الدراسة ، فإنه من غير الممكن أن نحدد عدد المرات التي لم تحدث خلالها ، لهذا كله فإن أنسب توزيع احتمالي يصلح لتمثيل احتمالات تأثير موجات الحر هو توزيع بوايسون .

وقد تم في هذه الدراسة تحليل التوزيع التكراري لموجات الحر في الأردن خلال فترة الدراسة باستخدام توزيع بوايسون ، ويبين الجدول رقم (41) احتمالات حدوث موجات الحر باستخدام هذا التوزيع ، والذي يتضح ان احتمالية عدم حدوث موجات الحر في إقليم البادية يتراوح ما بين 0.14 في المفرق ترتفع إلى 0.25 في معان ، وأن احتمالية حدوث ثلاث موجات حر في هذا الإقليم تتراوح ما بين 0.10 في معان ترتفع إلى 0.17 في المفرق (شكل رقم 29) .

جدول رقم (41)

احتمالات حدوث موجات الحر سنوياً

عدد مرات حدوث موجات الحر		إقليم البادية		إقليم المرتفعات		إقليم الأغوار	
		المفرق	معان	عمان	اربـد	العقبة	ديرعلا
صفر		0.1496	0.2566	0.1466	0.1920	0.3985	0.4189
≥ 1		0.2841	0.3490	0.2814	0.3168	0.3367	0.3644
≥ 2		0.2699	0.2373	0.2702	0.2614	0.1686	0.1585
≥ 3		0.1709	0.1076	0.1729	0.1437	0.0517	0.0459
≥ 4		0.0812	0.0365	0.0830	0.0593	0.0118	0.0100
≥ 5		0.0308	0.0095	0.0318	0.0195	0.0021	0.0017
≥ 6		0.0097	0.0022	0.0102	0.0053	0.0003	0.0003
المجموع		0.9962	0.9987	0.9961	0.9980	0.9996	0.9996



شكل رقم (29)

احتمالات حدوث موجات الحر في إقليم البادية

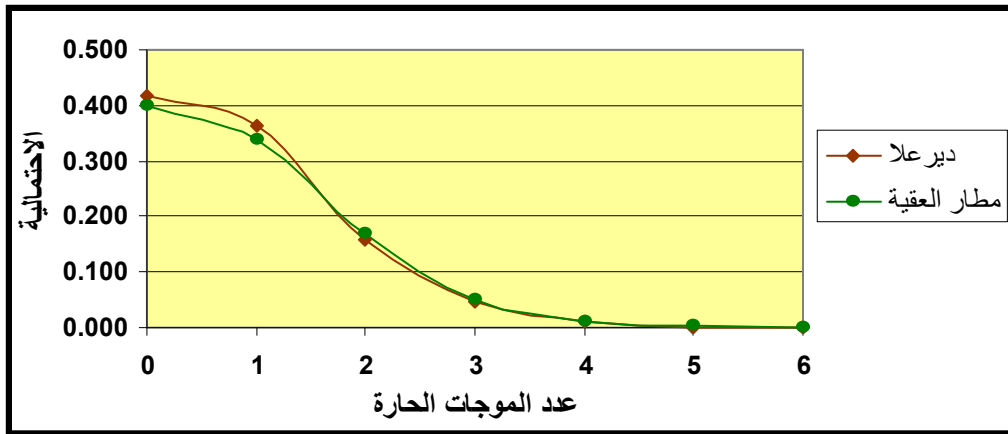
وكذلك يتضح من الجدول السابق رقم (41) أن احتمالية عدم حدوث موجات حر في المرتفعات الجبلية تتراوح ما بين 0.14 في مطار عمان ترتفع إلى 0.19 في محطة أرصاد إربد ، وأن احتمالية حدوث ثلاث موجات حر تتراوح ما بين 0.14 في محطة أرصاد إربد ترتفع إلى 0.17 في مطار عمان المدني (شكل رقم 30) .



شكل رقم (30)

احتمالات حدوث موجات الحر في إقليم المرتفعات الجبلية

أما في إقليم الأغوار فإن احتمالية عدم حدوث موجات حر فقد تراوحت ما بين 0.39 في مطار العقبة ترتفع إلى 0.41 في محطة أرصاد دير علا ، وأن احتمالية حدوث ثلاث موجات حر لم تتجاوز 0.05 في كلتا المحطتين (شكل رقم 31) .



شكل رقم (31)

احتمالات حدوث موجات الحر في إقليم الأغوار

ثالثاً : - فترات الرجوع Return Period

يهدف هذا التحليل باستخدام العدد الكلي للأيام الحارة في كل سنة ، إلى تقدير الاحتمال الأكثر واقعية للفترة الزمنية اللازمة لتكرار عدد معين من الأيام الحارة . لذلك فإن حساب فترات الرجوع تمثل أحد الأساليب التحليلية المتبعة في تقدير احتمال تكرار عدد معين من الأيام الحارة خلال فترة زمنية محددة ، وبالتالي ففترة الرجوع لعدد معين من الأيام الحارة هو الفترة الزمنية التي يتوقع أن يتكرر فيها هذا العدد من الأيام الحارة .

ورغم أن هذا الأسلوب متبع كثيراً في الدراسات المائية بشكل عام (Jambel, 966) ، فإن تقدير فترات الرجوع للأيام الحارة خطوة هامة وضرورية في كثير من المجالات التطبيقية ، خاصة في مجال الموارد البشرية فيما يسمى بالمناخ الطبي وأثر المتغيرات المناخية على صحة الإنسان ،

وإمكانية اتخاذ التدابير اللازمة لحماية السكان من الأخطار المباشرة وغير المباشرة الناجمة عن ارتفاع درجات الحرارة العظمى .

وكذلك يمكن الاستفادة من هذا التحليل في مجال المحافظة على الموارد الطبيعية وتقدير معدلات استهلاك الطاقة الكهربائية في أجهزة التكييف خلال فصل الصيف بعد معرفة عدد الأيام الحارة سنوياً واحتمالية تكرارها . وتقدير حجوم استهلاك المياه خلال مواسم الصيف وتقدير حاجة السكان وقطاعات الإنتاج المختلفة لهذا المورد الهام . ولتقدير فترات الرجوع لعدد الأيام الحارة في أي محطة يمكن اتباع الخطوات التالية (شحادة، 1983) :-

1- نرتب عدد الأيام الحارة السنوية ترتيباً تصاعدياً ، ونحدد رتبة (م) لكل قيمة فيها .

2- نحدد احتمال عدد أيام الحارة السنوي باستخدام المعادلة التالية :-

$$ح = 1 - م / (ن + 1)$$

حيث أن :-

ح = احتمال حدوث عدد الأيام الحارة لتلك السنة .

م = الرتبة لعدد الأيام الحارة في السنة المطلوب حساب فترة الرجوع لها .

ن = قيمة أكبر رتبة .

3- نقدر فترة الرجوع الزمنية لكل قيمة من عدد الأيام الحارة بقسمة واحد على احتمال

حدوثها ، أي أن : -

$$z = 1 / c$$

حيث تمثل :

z = فترة الرجوع لهذا العدد من الأيام الحارة .

c = احتمال حدوثها .

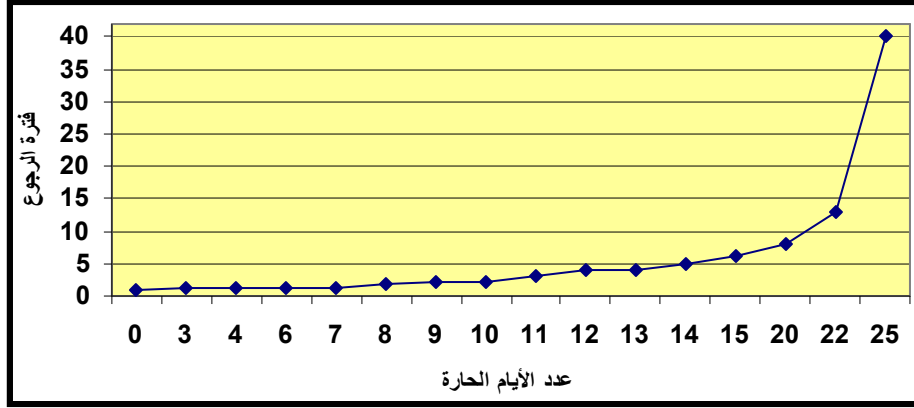
وقد تم استخدام هذا الأسلوب لإيجاد فترات الرجوع لعدد الأيام الحارة في جميع محطات الدراسة ، وتبين منها اختلاف فترات الرجوع من إقليم إلى آخر مع فوارق بسيطة ما بين المحطات داخل الإقليم الواحد ، ففترة رجوع 12 يوماً حار في مطار عمان تصل إلى أربع سنوات (جدول رقم 42) (شكل رقم 32) ترتفع فترة الرجوع لنفس عدد الأيام الحارة في محطة أرصاد إربد خمس سنوات و 44 يوماً (جدول رقم 43) (شكل رقم 33) ، كذلك فإن احتمال تأثير نفس عدد الأيام الحارة يصل إلى 0.25 في مطار عمان ينخفض إلى 0.19 تقريباً في محطة أرصاد إربد .

أما في إقليم البادية فقد تقاربت فترات الرجوع للأيام الحارة المنخفضة العدد ، وتزداد فترات الرجوع كلما زاد عدد الأيام الحارة ، والجدول رقم (46) يظهر فترات الرجوع لمحطة أرصاد المفرق ويظهر منه أن فترة الرجوع لخمس أيام تصل إلى سنة و 230 يوماً ترتفع فترة الرجوع لعشرة أيام فتصل إلى سنتين و 350 يوماً (شكل رقم 34) ، وكذلك فإن فترة الرجوع للخمسة أيام في معان تصل إلى سنة و 346 يوماً ترتفع لفترة العشرة أيام لتصل إلى خمس سنوات و 43 يوماً (جدول رقم 45) (شكل رقم 36) . وكذلك في الوقت الذي وصلت فيه احتمالية العشرة أيام حارة في المفرق إلى 0.34 فإنها لم تتجاوز 0.19 في محطة أرصاد معان .

جدول رقم (42)

فترات الرجوع لعدد الأيام الحارة في مطار عمان المدني

المرتبة	عدد الأيام الحارة	الاحتمال (ح)	فترة		الرجوع
			يوم	سنة	
1	0	0.975	007	1	
10	3	0.750	120	1	
14	4	0.650	193	1	
15	6	0.625	219	1	
19	7	0.525	328	1	
20	8	0.500	000	2	
24	9	0.400	182	2	
26	10	0.350	310	2	
29	11	0.275	229	3	
30	12	0.250	000	4	
31	13	0.225	160	4	
32	14	0.200	000	5	
34	15	0.150	240	6	
35	20	0.125	000	8	
37	22	0.075	120	13	
39	25	0.025	000	40	



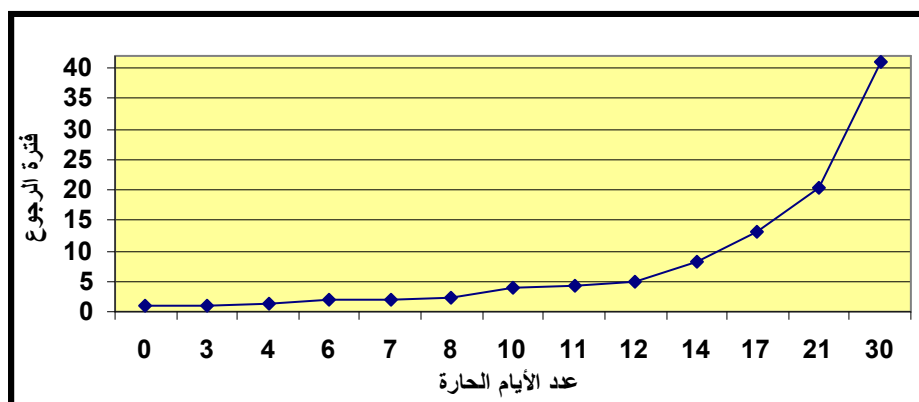
شكل رقم (32)

فترات رجوع الأيام الحارة في مطار عمان المدني

جدول رقم (43)

فترات الرجوع لعدد الأيام الحارة في إربد

الرجوع سنة	فترة يوم	الاحتمال (ح)	عدد الأيام الحارة	الرتبة
1	007	0.976	0	1
1	088	0.805	3	8
1	346	0.512	4	20
2	018	0.488	6	21
2	055	0.463	7	22
2	204	0.390	8	25
4	036	0.244	10	31
4	200	0.220	11	32
5	044	0.195	12	33
8	073	0.122	14	36
13	244	0.073	17	38
20	193	0.049	21	39
41	055	0.024	30	40



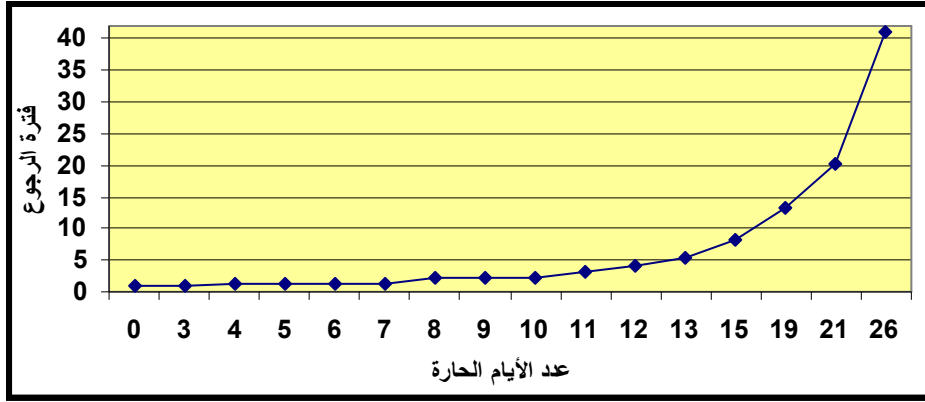
شكل رقم (33)

فترات رجوع الأيام الحارة في محطة أرصاد إربد

جدول رقم (44)

فترات الرجوع لعدد الأيام الحارة في محطة أرصاد المفرق

الرتبة	عدد الأيام الحارة	الاحتمال (ح)	فترة	
			سنة	يوم
1	0	0.976	1	007
7	3	0.829	1	073
15	4	0.634	1	208
16	5	0.610	1	230
17	6	0.585	1	255
18	7	0.561	1	284
22	8	0.463	2	055
24	9	0.415	2	149
27	10	0.341	2	350
29	11	0.293	3	150
32	12	0.220	4	200
34	13	0.171	5	310
36	15	0.122	8	073
38	19	0.073	13	244
39	21	0.049	20	193
40	26	0.024	41	055



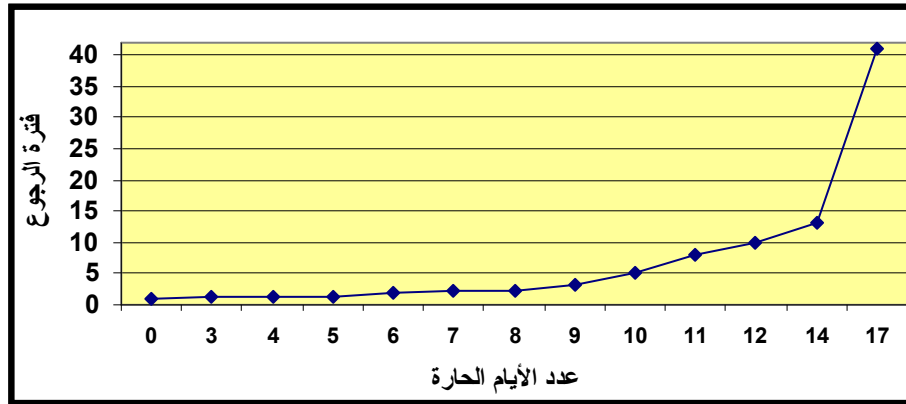
شكل رقم (34)

فترات رجوع الأيام الحارة في محطة أرصاد المفروق

جدول رقم (45)

فترات الرجوع لعدد الأيام الحارة في محطة أرصاد معان

الرجوع	فترة		الاحتمال (ح)	عدد الأيام الحارة	الترتبة
	سنة	يوم			
1	1	007	0.976	0	1
1	1	149	0.707	3	12
1	1	255	0.585	4	17
1	1	346	0.512	5	20
2	2	018	0.488	6	21
2	2	150	0.415	7	24
2	2	35	0.341	8	27
3	3	262	0.268	9	30
5	5	043	0.195	10	33
8	8	073	0.122	11	36
10	10	019	0.098	12	37
13	13	244	0.073	14	38
41	41	055	0.024	17	40



شكل رقم (35)

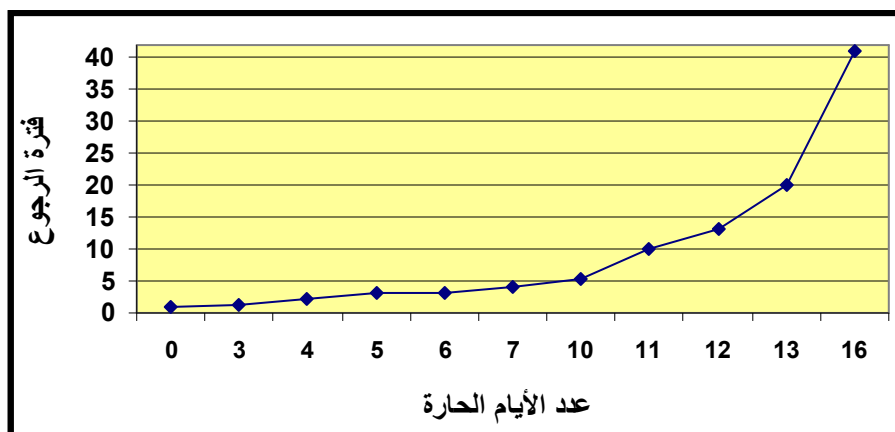
فترات الرجوع لعدد الأيام الحارة في معان

أما في إقليم الأغوار فإن فترات الرجوع تباينت في هذا الإقليم من محطة إلى أخرى ،
 فكما يظهر الجدول رقم (46) والشكل رقم (36) أن فترة الرجوع لعشرة أيام في ديرعلا وصلت
 إلى 5 سنوات و 211 يوماً ، ترتفع في مطار العقبة ولنفس الفترة إلى 20 سنة و 193 يوماً (جدول
 رقم 47) (شكل رقم 37) ، كذلك فإن احتمال تكرار فترة العشرة أيام حارة تصل في دير علا إلى
 0.17 تنخفض في مطار العقبة إلى 0.049 فقط .

جدول رقم (46)

فترات الرجوع لعدد الأيام الحارة في محطة أرصاد ديرعلا

الرتبة	عدد الأيام الحارة	الاحتمال (ح)	فترة		الرجوع
			يوم	سنة	
1	0	0.976	007	1	1
20	3	0.512	346	1	1
25	4	0.390	204	2	2
28	5	0.317	055	3	3
30	6	0.268	262	3	3
32	7	0.220	200	4	4
34	10	0.171	211	5	5
37	11	0.098	091	10	10
38	12	0.073	244	13	13
39	13	0.049	193	20	20
40	16	0.024	055	41	41



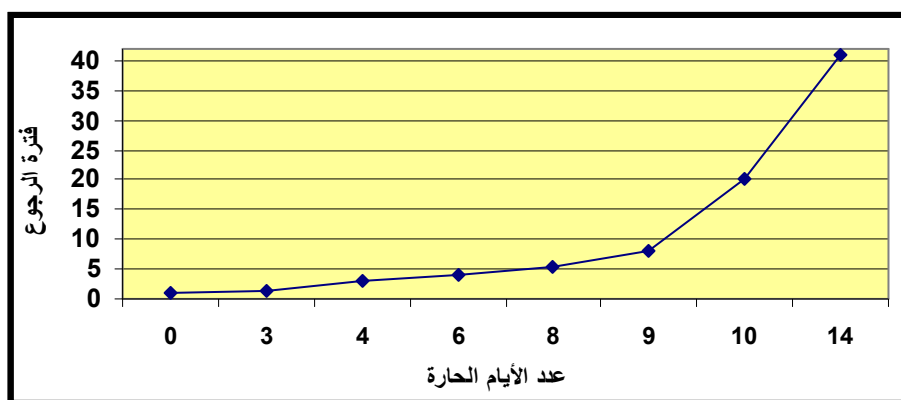
شكل رقم (36)

فترات الرجوع لعدد الأيام الحارة في محطة أرصاد ديرعلا

جدول رقم (47)

فترات الرجوع لعدد الأيام الحارة في مطار العقبة

الرجوع سنة	فترة يوم	الاحتمال (ح)	عدد الأيام الحارة	الرتبة
1	007	0.976	0	1
1	208	0.634	3	15
3	055	0.317	4	28
4	160	0.225	6	31
5	310	0.171	8	34
8	073	0.122	9	36
20	193	0.049	10	39
41	055	0.024	14	40



شكل رقم (37)

فترات الرجوع لعدد الأيام الحارة في مطار العقبة

وبالمقارنة ما بين الأقاليم الثلاث في الأردن نجد أن فترة الرجوع لعدم تأثير موجة حر (صفر يوم) تتساوى في جميع المناطق ، ثم يبدأ الفرق في فترات الرجوع يظهر كلما زادت عدد الأيام ، ففترة رجوع عشرة أيام تتراوح ما بين سنتين و 310 يوم في مطار عمان ترتفع إلى 20 سنة و 193 يوم في مطار العقبة ، ويعود السبب في ذلك إلى التباين الشديد في عدد موجات الحر التي أثرت على كل منهما ، والنتائج أيضاً عن الفرق الكبير في معدلات درجات الحرارة العظمى بين كل من هذه الأقاليم .

ومن هنا فإن محاولة التنبؤ بموجات الحر ضرورية جداً لتفادي العديد من المخاطر والخسائر التي يمكن أن تترتب على التأثر بها ، والتي هي موضوع الفصل التالي من الدراسة .

التأثيرات البيئية لموجات الحر في الأردن

على الرغم من حداثة معرفة الإنسان بعلمي الأرصاد الجوية والمناخ ، إلا أنه ومنذ تواجده على سطح الأرض كان يفكر في حالات الطقس اليومية ، وأرهقته التغيرات الجوية الخطيرة من صقيع بارد حيناً إلى هواء حار حيناً آخر ، فاستعان الإنسان بالخرافات لتفسير بعض التغيرات الجوية الفجائية ، حيث إعتقد أن هناك إله يختص بتنظيم وتعديل ما يحدث في الغلاف الجوي ، فعند الفراعنة مثلاً اعتبروا الشمس إله مسؤولاً في نظرهم عن سقوط الإشعاع الشمسي على سطح الأرض وبعث الحياة في الكائنات الحية .

ثم ذلك كانت هناك بعض المحاولات الجادة التي نجحت في تفسير بعض الظواهر الجوية . حيث يعزى الفضل للاشوريين في وضع نظام قياس الزمن وترتيب الفصول ، كذلك اهتم هيبوقراط Hippocrates بأثر الظروف المناخية في صحة الإنسان وفي تنوع الأمراض التي يتعرض لها ، فوضع أساسيات علم المناخ الطبي Medical Climatology في كتابه الذي أصدره عام (400 ق.م) وعرف باسم الهواء والمياه والأماكن Air, Water And Places (Landsberg, 1972) .

وبعد الحرب العالمية الأولى (1914م) فقد تطورت المعلومات المناخية تطوراً هائلاً ، بسبب استخدام الطائرات وأجهزة الاتصالات ومعرفة الإنسان بالطبقات العليا من الغلاف الجوي ، كذلك تطورت معرفة الإنسان بخصائص الغلاف الجوي ودقة التنبؤ بحالة الطقس بعد استخدام البالونات (Ballons) المزودة بأجهزة اتصال لاسلكي واستخدام الأقمار الصناعية ، فأُنشئت منظمة الأرصاد الجوية العالمية (WMO) وما أنبثق عنها من هيئات ومؤسسات حكومية وخاصة سعت جميعها إلى وضع أسس وقواعد التعامل مع الغلاف الجوي بكل ما فيه من

متغيرات ، ويرجع الفضل إلى Bates عام 1949 في وضع أسس علم المناخ التطبيقي في الولايات المتحدة الأمريكية ، حيث وضع الخطوط العريضة لهذا العلم الذي لم يكن موضع اهتمام قبل ذلك في الولايات المتحدة (Thomasf, 1957) .

وبما أن الثروة الحقيقية لأي دولة هي في مواردها الطبيعية بالإضافة إلى مواردها البشرية ، وإذا كانت المياه والطاقة والزراعة تعتبر من الموارد الطبيعية الضرورية لنمو الدول وتطورها ، فإن المناخ يعتبر من أهم هذه الموارد ، لأنه المتحكم الرئيس في وجود واستغلال وتنمية هذه الموارد . لذلك فإنه ينبغي التعامل مع المناخ كمورد طبيعي وحيوي لا يمكن تجاوز أو تجاهل دوره وعلاقاته المتبادلة مع الموارد الأخرى . وهذا التعامل وبهذه الكيفية هو دليل تقدم حضاري وعلمي لهذه الدول ، فمهما تعاظمت وتعددت الموارد الطبيعية لأية دولة ، فإن دور المناخ في التنمية هو الركيزة الأولى في بناء خطط التنمية المستدامة . وقد تمثلت العلاقة المشتركة ما بين المناخ والموارد في التأثير المباشر للمناخ على الإنسان والبيئة التي يعيش فيها ، كذلك في تأثيره على حجم الموارد المحلية وطرق وأساليب استغلالها الاستغلال الأمثل وتنميتها والمحافظة عليها قدر الإمكان .

وتعتبر الظواهر المناخية المتطرفة أو الشاذة Extreme Phenomena استجابة طبيعية لحالة الغلاف الجوي ، يمكن أن تتعرض لها أي دولة من دول العالم ، ولكن مدى تكيف واستجابة السكان لهذه الظواهر المناخية يرتبط بالعديد من المتغيرات ، مثل عدد السكان وكثافتهم ومستوى تقديمهم الحضاري والتكنولوجي ، وقد صنف منظمة الأرصاد الجوية العالمية موجات الحر وما يصاحبها من ارتفاع في درجات الحرارة العظمى على أنها من الظواهر المناخية ذات التأثير المباشر على البيئة بكل ما فيها من موارد طبيعية وبشرية وما يترتب عليها من خسائر فادحة (Robart, 1995) .

وقد قسمت التأثيرات البيئية الناتجة عن المناخ على الإنسان إلى تأثيرات مباشرة مثل نقص الأكسجين في أنسجة الجسم وارتفاع ضغط الدم الشرياني ونقص السوائل إضافة إلى سرطانات الجلد كنتيجة لتعرضه المباشر والطويل لاشعة الشمس . وكذلك تأثيرات غير مباشرة مثل الأعراض الصحية الناجمة عن تلوث البيئة المحيطة بالإنسان والناتجة عن الفيروسات التي تنشط وتتكاثر في ظروف مناخية مناسبة لها (Yutaka, 1983)

لذلك تصنف التأثيرات البيئية المصاحبة لموجات الحر بأنها تأثيرات طبيعية ناتجة عن ظروف مناخية استثنائية تتأثر بها المنطقة كاملة بما فيها الأردن في أوقات محددة من السنة ، وتختلف هذه التأثيرات في شدتها من مكان إلى آخر حسب فعالية الظروف الجوية المؤدية لها ودرجة الاستعداد لمواجهتها . ويمكن تصنيف التأثيرات البيئية لموجات الحر إلى تأثيرات حيوية ترتبط بتأثيرها على الإنسان من حيث راحته وصحته ، وتأثيرات على الموارد الطبيعية الأخرى مثل القطاع الزراعي والمياه والطاقة .

أولاً - المناخ والإنسان

يعيش الإنسان عادة في بيئة مناخية تؤثر على حياته ونشاطه وأعضاء جسمه ووظائفها ، وينطلق هذا التأثير من طبيعية العلاقة بينه وبين الوسط البيئي الذي يعيش فيه ، وقد حظيت هذه العلاقة باهتمام العلماء منذ فجر التاريخ ، فقبل 400 سنة قبل الميلاد كتب هيبوقراط (أبو الطب) Hippocrates " إذا أردت أن يتحقق الطب بشكل صحيح فيجب أن تأخذ في الاعتبار فصول السنة وأثر كل منها وما يمكن أن تؤثر عليه ، لذلك فإن سكان المدن التي تتعرض للرياح الحارة فإن أجسامهم يمكن أن تترهل خاصة عندما يجتازون الخمسين من العمر ، إضافة إلى الأمراض التي يمكن أن يتعرض لها دماغهم من ضربات الشمس أو البرد" (Helfamd, 1971) ، ثم توالى الدراسات بعد ذلك في هذا المجال مع تطور وسائل البحث العلمي وتعدد

وسائل وأساليب المعالجة لتأخذ حيزاً متميزاً في مجال المناخ التطبيقي Applied Climatology ، بحيث ركزت هذه الدراسات على تقييم مقدار استجابة جسم الإنسان لتقلبات الغلاف الجوي وما ينجم عن ذلك من ظواهر مناخية متطرفة مثل موجات البرد أو موجات الحر ، وبعد ذلك استقلت هذه الدراسات فيما يعرف باسم الأرصاد الحيوية Biometeorology والتي تركز على التأثير المباشر للمناخ والطقس على جسم الإنسان ونشاطاته .

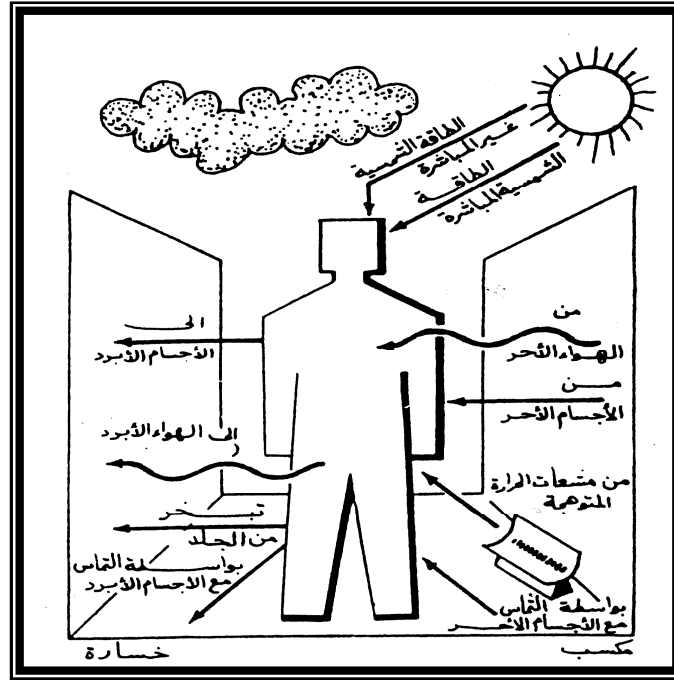
وباستثناء دراسة نعمان شحاده (1985) عن أنماط المناخ الفسيولوجي في الأردن ، ودراسة عمر السقرات (1989) عن العلاقة بين المناخ وطبيعية إحساس الإنسان في الأردن ، فإن هذا الموضوع لم يجد القدر الكافي من البحث والاهتمام . لذا فسيتم في هذا الفصل دراسة هذه العلاقة من حيث تأثير موجات الحر على الإنسان من خلال محورين هما : تأثير موجات الحر على مستويات الراحة وعدم الراحة للإنسان ، وتأثير موجات الحر على صحة الإنسان وعلاقته بالأمراض والوفيات المختلفة ذات العلاقة .

أ- المناخ وراحة الإنسان Climate and Human Comfort

تشير الدراسات إلى أن درجة الحرارة المثالية لراحة الإنسان في معظم دول العالم تتراوح ما بين 17-31°م ، ويفقد الإنسان شعور الراحة تدريجياً بارتفاع درجة الحرارة لتصل إلى 40.6°م ، وبعدها يصبح الإنسان معرضاً للوفاة نتيجة الإجهاد الحراري Heat Stroke الذي يمكن أن يتعرض له ، (Obasi , 1999) .

وبما أن طبيعية العلاقة بين الإنسان والبيئة المحيطة قائمة على أساس المحافظة على درجة حرارة الجسم بحدود 37°م ، من خلال الاتزان في معدلات تبادل الطاقة بين الطرفين ، فإن الشكل رقم (40) يوضح توازن الحرارة في الإنسان ضمن بيئة طبيعية . ويكون الإنسان في حالة إتزان حراري عندما يكون مقدار ما يفقده من حرارة مساوياً لما يكتسبه من البيئة المحيطة

به ، ويعتبر الطعام المصدر الرئيسي لحرارة الجسم فحوالي 80% من الطاقة المتولدة منه ذاتياً تستخدم في نمو الجسم وتجديده وإنتاج الحرارة ، أما النسبة الباقية فتتخذ كطاقة للأنشطة اليومية . وبالإضافة إلى الحرارة المتولدة ذاتياً ، فإن الإنسان يكتسب الحرارة من البيئة الطبيعية المحيطة به بواسطة الإشعاع والحملا ن والتوصيل (Griffiths 1966) ، وتنتج الكائنات الحية تسخيناً داخلياً من خلال التحليل الكيميائي للكربوهيدرات والغذاء الذي تتناوله وتعرف باسم الأيض Metabolism ، ويعرف معدل إنتاج الحرارة بالمعدل الأيضي Metabolic Rate حيث يصرف 80% من المعدل الأيضي في المحافظة على البقاء واستقرار النظام البشري Human System ، أما النسبة الباقية فتتخذ كطاقة للأنشطة اليومية التي يمارسها الإنسان في بيئته (Garnier, 1992) .



المصدر : Jendritzky, 1995

شكل رقم (40)

تبادل الطاقة بين جسم الإنسان والبيئة المحيطة

وقد يتعرض الإنسان أحياناً إلى ظروف مناخية متطرفة تستوجب منه القيام بنشاطات خاصة للتوافق معها ، وإذا عجز عن ذلك لحدة هذه الظروف فإنه يشعر بعدم الراحة والانزعاج. وقد بذلت محاولات عديدة لتقييم العلاقة بين الإنسان والبيئة المحيطة به للتوصل إلى علاقة ما يمكن من خلالها قياس مستويات الراحة والانزعاج Comfort and Discomfort Levels عند الناس . ورغم أن المتغيرات المناخية الرئيسية التي تحدد درجة راحة جسم الإنسان متعددة ومعقدة مثل درجة الحرارة والرطوبة والرياح والإشعاع الشمسي ، إلا أن الإحاطة الكاملة بالمؤثرات التي تحدد درجة الراحة للإنسان بشكل مطلق أمر في غاية الصعوبة وذلك بسبب الاختلافات البشرية ، فدرجة تفاعل الإنسان مع الطقس تختلف حسب العديد من المتغيرات مثل العمر ، الجنس ، نوعية الملابس ، سلامة الجسم ، ودرجة تأقلمه ، وبالتالي فإن كثرة المتغيرات المتداخلة وتشابكها وصعوبة قياس بعض المتغيرات مثل الاستجابة البشرية الأساسية والثانوية يجعل الاكتفاء ببعض المعاملات التي تقيس مستوى الراحة أو الانزعاج هي الهدف الحالي لهذا النوع من العلاقات ، وسيتم في هذه الدراسة تناول أهم القرائن التي تقيس مدى الراحة أو الانزعاج للإنسان وتطبيقها على الأردن ، ومن هذه القرائن :-

أ- درجة الحرارة الفعالة : The Effective Temperature

تعد درجة الحرارة الفعالة إحدى القرائن Indices المستعملة منذ فترة طويلة للدلالة على مدى ارتياح الإنسان في ظروف حرارية معينة ، ورغم تعدد القرائن التي تقيس هذه العلاقة إلا أن هذه القرينة بقيت الأكثر شيوعاً واعتماداً من قبل العلماء والباحثين لقلة المتغيرات التي تدخل في حسابها وسهولة توفرها ، وبالتالي تأخذ هذه المعادلة الصيغة التالية (Frederick, 1964) :-

$$E.T = 0.4 (T_d + T_w) + 4.8$$

حيث أن:

$$E.T = \text{درجة الحرارة الفعالة} .$$

$$T_d = \text{درجة حرارة الميزان الجاف (م)} .$$

$$T_w = \text{درجة حرارة الميزان المبلل (م)} .$$

وقد وضع ثوم جدولاً خاصاً يظهر درجة راحة الإنسان من المطابقة لدرجات الحرارة

الفعالة ، جدول رقم (51) حيث يمكن من خلاله مقارنة درجة الحرارة الفعالة ومستوى راحة الإنسان في البيئات المختلفة .

جدول رقم (51)

مؤشرات مستويات الراحة للإنسان

درجة الحرارة الفعالة (م)	مستوى الراحة
أقل من 15°م	عدم الراحة
15-16.9°م	انتقالي بين الراحة وعدم الراحة (بارد)
17-24.9°م	حالة راحة
25-26.9°م	انتقالي بين عدم الراحة والراحة (حار)
27-28°م	عدم راحة
أكثر من 28°م	عدم راحة شديدة

المصدر: Landsberg, 1966

وقد لوحظ أيضاً أن معظم الدراسات التي تناولت هذا الموضوع ، اعتمدت قرينة

درجة الحرارة الفعالة كمؤثر للراحة أو الانزعاج على اعتبار أنها مؤشر عالمي يقيس راحة

الإنسان داخل المنازل مثل دراسة شحادة (1984) عن عدم الراحة في الشارقة ، ودراسة

Wycherley (1967) حول قرائن الراحة في ماليزيا ، وكذلك دراسة Watt (1967) حول

قرينة الراحة في البحرين ، ودراسة Parmelee (1957) حول المناخ وراحة الإنسان في بعض المدن البريطانية ، وغيرها الكثير من الدراسات .

ب- قرينة الراحة Comfort Index :-

قد أشارت بعض الدراسات أن فعالية الإحساس بدرجة الحرارة تحددها رطوبة الجو ، لذا فقد استخدمت قرينة أخرى تستخدم في المناطق المدارية وشبه المدارية وتدخل في حسابها متغيرات أخرى ، مثل درجة الحرارة والرطوبة النسبية للحصول لقرينة الراحة أو على الشعور بالراحة ، وتحسب قرينة الراحة بالنسبة لأناس يعملون في مكاتب من خلال المعادلة التالية (Griffiths,1966) :

$$C. I. = T - (1 - 0.01 * RH) * (T - 14.5)$$

حيث أن :

C. I. : قرينة الراحة

T : درجة حرارة الهواء (م)

R.H. : الرطوبة النسبية (%)

وقد ربط Griffiths نتائج العلاقة بين المتغيرات السابقة بالجدول رقم (52) والذي يبين قرينة الراحة وعلاقتها بدرجة الارتياح ، والتي يمكن من خلالها دراسة التوزيع الزمني والمكاني لأقاليم الراحة في الأقاليم والمناطق المختلفة ، وأفضل الأماكن والشهور التي يكون فيها الطقس مريح وملئم للإنسان .

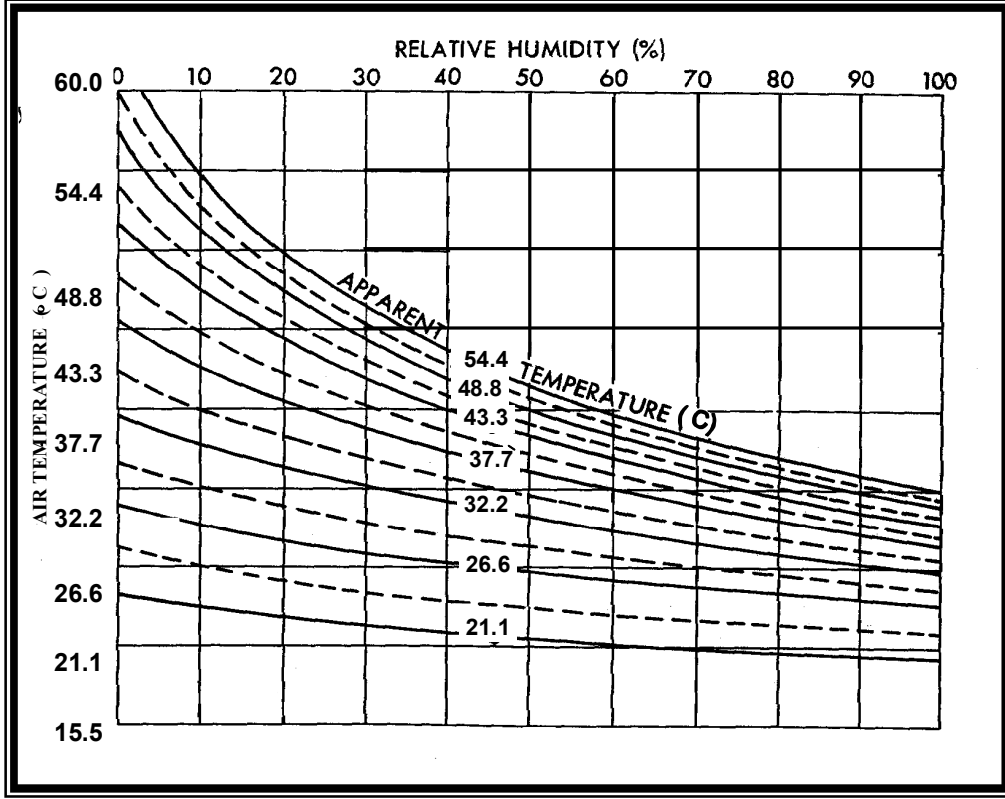
جدول رقم (52)

قرينة الراحة ومستوياتها

درجة الارتياح	قرينة الراحة
شعور عام بالراحة	دون 21°م
راحة نسبية	21-24°م
عدم راحة	24-27°م
عدم راحة شديدة	أكثر من 27°م

ج- درجة الحرارة الظاهرة (المحسوسة) Apparent Temperature :-

فقد تطورت خلال السنوات الماضية الأساليب التي تعالج العلاقة ما بين درجة الحرارة والإنسان ، وتم التوصل إلى ما يسمى بدرجة الحرارة المحسوسة أو الظاهرة ، وقد وضع Robert عام (1981) رسم بياني نموذجي يربط ما بين درجة الحرارة والرطوبة النسبية ليعطي درجة الحرارة المحسوسة بحيث تكون سرعة الرياح ما بين 5-6 ميل/الساعة . ويتم استخراج درجة الحرارة المحسوسة من خلال الربط ما بين درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية ، ففي درجة حرارة 32.2°م ورطوبة نسبية 60% مثلاً ، فإن درجة الحرارة المحسوسة أو الظاهرة تصل إلى 37.7°م (شكل رقم 41) .



المصدر : Robert, 1981

شكل رقم (41)

الرسم البياني الخاص باستخراج درجة الحرارة المحسوسة

وقد تبنى مكتب خدمات الطقس الوطنية National Weather Service في الولايات المتحدة الأمريكية ، العلاقة ما بين درجة الحرارة والرطوبة النسبية من خلال جدول خاص يمكن التعامل معه بسهولة أكثر للحصول على نتائج هذه العلاقة (جدول رقم 53) ، وقد أشارت الدراسة إلى إمكانية تطبيق هذا الجدول في المناطق المدارية وشبه المدارية (Joseph, 1997) .

جدول رقم (53)

درجة الحرارة المحسوسة

درجة الحرارة المقروءة											الرطوبة النسبية
48.8	46.1	43.3	40.5	37.7	35.0	32.2	29.4	26.6	23.8	21.1	
درجة الحرارة المحسوسة											صفر
41.6	39.4	37.2	35.0	32.7	30.5	28.3	25.5	22.7	20.5	17.7	
46.6	43.8	40.5	37.7	35.0	32.2	29.4	26.6	23.8	21.1	18.3	10
54.4	48.8	44.4	40.5	37.2	33.8	30.5	27.7	25.0	22.2	18.8	20
64.4	57.2	50.5	45.0	40.0	35.5	32.2	28.8	25.5	22.7	19.4	30
	66.1	58.3	50.5	43.3	38.3	33.8	30.0	26.1	23.3	20.0	40
		65.5	57.2	48.8	41.6	35.5	31.1	27.1	23.8	20.5	50
			65.0	55.5	45.5	37.7	32.2	27.7	24.4	21.1	60
				62.2	51.1	41.1	33.8	29.4	25.0	21.1	70
					57.7	45.0	36.1	30.0	25.5	21.6	80
						50.0	38.8	31.1	26.1	21.6	90
							42.2	32.7	26.6	22.2	100

المصدر : Joseph, 1997

وباستخدام برنامج (3D-Field) والذي تستخدمه دائرة الأرصاد الأردنية فقد تم حساب درجة الحرارة الفعالة لجميع محطات الأرصاد الجوية في الأردن ، بهدف تحديد التوزيع الشهري لدرجة الحرارة الفعالة و تحديد أفضل الأماكن والأشهر التي تكون فيها درجة الحرارة الفعالة مقبولة أو مريحة للإنسان أو غير مريحة . والشكل رقم (42) يظهر توزيع درجات الحرارة الفعالة خلال شهر أيار ، حيث تتراوح ما بين 16°-18°م في مرتفعات عجلون في الشمال والشوبك في الجنوب ، وترتفع تدريجياً إلى 21°م في المرتفعات الوسطى (مطار عمان)

، ثم تزداد تدريجياً نحو الجنوب والشرق وتسجل أعلى قيمة في منطقة الأغوار الوسطى (غور الصافي) والطرف الجنوبي الغربي (العقبة) والطرف الشمال الشرقي وتصل ما بين 24° - 26.3° م ، وبذلك تكون المرتفعات الجبلية جميعها خلال هذا الشهر مناطق مريحة للإنسان ، أما المناطق الغورية فتكون خلال هذا الشهر بالمستوى الإنتقالي بين الراحة وعدم الراحة (حار) .

شكل رقم (42)

توزيع درجات الحرارة الفعالة خلال شهر أيار

رغم إرتفاع معدل درجة الحرارة الفعالة خلال شهر حزيران في المناطق الجبلية إلا أنها لا تزال في حدود 20° م في الشوبك و 23.5° م في مطار عمان وهو المستوى المريح للإنسان ، وترتفع في المناطق الأخرى وتسجل أعلى قيمة لها في الأغوار الشمالية (الباقورة)

والوسطى (غور الصافي) وكذلك العقبة ، حيث يصل المعدل ما بين 27-28°م وهو مستوى عدم الراحة وتدخل دبرعلا مستوى عدم الراحة الشديد للإنسان اعتباراً من هذا الشهر حيث تصل درجة الحرارة الفعالة بها إلى 28,8°م (شكل رقم 43) .

شكل رقم (43)

معدل درجة الحرارة الفعالة خلال شهر حزيران

وكذلك خلال شهر تموز تواصل معدلات درجات الحرارة الفعالة إرتفاعها في جميع محطات الأردن ، إلا أنها تبقى في مستوى الراحة للإنسان في المناطق المرتفعة مثل مرتفعات عجلون والشوبك بحيث لم تتجاوز 21-24°م ، أما في المناطق الأخرى فتتوسع مناطق عدم الراحة لتغطي منطقة الأغوار كاملة من شماله إلى جنوبه وبعض مناطق البادية ، ويتراوح معدل درجة الحرارة الفعالة فيها ما بين 24.9-29.5°م (شكل رقم 44) .

شكل رقم (44)

معدل درجة الحرارة الفعالة خلال شهر تموز

أما خلال شهر آب فتعود معدلات درجات الحرارة الفعالة إلى التراجع قليلاً ، لتصبح في منطقتي عجلون والشوبك حوالي 20.6°م ، وترتفع تدريجياً ناحية الجنوب والشرق لتبقى في المستوى الإنتقالي ما بين الراحة وعدمها في مناطق البادية والمستوى عدم الراحة الشديد في المناطق الغورية ، حيث يصل معدل درجة الحرارة الفعالة إلى 29.8°م في غور الصافي (شكل رقم 45) .

شكل رقم (45)

معدل درجة الحرارة الفعالة خلال شهر آب

وكذلك في شهر أيلول يواصل معدل درجة الحرارة الفعالة تراجعاً في المرتفعات الجبلية لتبقى هي المناطق الأكثر راحة للمواطن ، بحيث لم يتجاوز المعدل 20°م في عجلون و 23.3°م في مطار عمان ، ورغم إنخفاض المعدل في باقي المناطق ، إلا أن مناطق البادية (الرويشد ، الصفاوي) لا تزال في المستوى الإنتقالي ما بين المريح وغير مريح للإنسان ، وتبقى مناطق الأغوار في مستوى عدم الراحة الشديد ، حيث لا تزال درجة الحرارة الفعالة تتجاوز 28°م في هذه المناطق (شكل رقم 46) .

شكل رقم (46)

معدل درجة الحرارة الفعالة خلال شهر أيلول

أما خلال شهر تشرين أول فتعود معدلات درجات الحرارة الفعالة إلى المستويات المريحة في معظم المناطق ، فلم تتجاوز 18°م في منطقتي عجلون والشوبك ، وتتوسع كذلك المنطقة المريحة للإنسان وتتحسر المنطقة الغير مريحة لتبقى في منطقة ديرعلا والباقورة في المستوى الإنتقالي ما بين الراحة وعدم الراحة ، أما مستوى عم الراحة الشديد فلم يبقى فيه سوى غور الصافي والذي لا يزال معدل درجة الحرارة الفعالة بها أكثر من 28°م (شكل رقم 47) .

شكل رقم (47)

معدل درجة الحرارة الفعالة خلال شهر تشرين أول

وبتطبيق معامل الراحة على بعض المدن الأردنية ، فإن الجدول رقم (54) يظهر نتائج هذا التحليل ، حيث يشير إلى أن سكان الأغوار (ديرعلا ، الباقورة) يتمتعون براحة نسبية خلال شهر أيار ثم يحتفي شعور الراحة خلال الأشهر (حزيران - أيلول) . أما سكان المرتفعات (عمان ، اربد) فيتمتعون براحة تامة إلى راحة نسبية معظم أشهر السنة باستثناء اربد التي يفقد سكانها الراحة خلال شهر آب فقط ، حيث يصاحب الإرتفاع في درجة الحرارة خلال هذا الشهر ارتفاع في معدل الرطوبة النسبية لتصل إلى 58% في حين لم تتجاوز 43% في مطار عمان . وأخيراً فإن سكان البادية يتمتعون بشعور بالراحة معظم فترات السنة بسبب انخفاض معدل الرطوبة النسبية في هذه المناطق بحيث تتراوح ما بين 26-38% في الرويشد إلى ما بين 32-40% في معان ، باستثناء الأزرق والذين يفقد سكانها الراحة من شهر تموز حتى شهر أيلول ، حيث يتراوح معدل الراحة خلال هذه الفترة ما بين 24.6-24.8م ، بسبب الإرتفاع الواضح للرطوبة النسبية في هذه المنطقة والذي يتراوح ما بين 45% في شهر أيار إلى 52% خلال شهر تشرين أول .

جدول رقم (54)

التوزيع الشهري لمعامل الراحة في بعض المحطات الأردنية

المحطة	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	ت 1	المعدل العام
ديرعلا	22.7	24.0	25.1	25.8	25.1	23.3	22.3
العقبة	22.9	23.6	24.7	25.3	25.0	23.4	21.0
الباقورة	23.7	25.5	26.8	27.3	27.2	24.3	23.0
مطار عمان	19.6	20.5	21.4	22.1	22.1	20.4	19.1
اربد	20.2	21.9	23.5	24.2	23.1	20.7	19.4
الأزرق الجنوبي	21.7	23.4	24.8	25.4	24.6	21.8	21.1
معان	19.2	20.2	20.7	21.2	20.8	19.6	18.8

وباستخدام المعاملات السابقة لقياس العلاقة ما بين الإنسان ودرجة الحرارة ، فإن الجدول رقم (55) يشير إلى هذه المعاملات خلال موجة الحر التي اجتاحت المملكة خلال الفترة 28-31 تموز عام 2000م لبعث المدن ، والتي وصلت فيها درجة الحرارة العظمى إلى 43.4°م في مطار عمان يوم 30 تموز ، وهو اليوم الذي وصلت فيه موجة الحر إلى قمته في جميع مدن المملكة ، ووصلت درجة الحرارة الفعالة إلى 31.6°م وهي في المستوى الشديد من عدم الراحة ، وكذلك فقد وصلت درجة الحرارة المحسوسة إلى 44.7°م . أما في الأغوار فقد وصلت درجة الحرارة العظمى في مطار العقبة إلى 44°م في نفس اليوم ووصلت درجة الحرارة الفعالة إلى 34.3°م ودرجة الحرارة المحسوسة إلى 56.2°م .

جدول رقم (55)

درجة الحرارة العظمى والفعالة والمحسوسة يوم 30 تموز 2000

المحطة	درجة الحرارة العظمى	درجة الحرارة الفعالة	درجة الحرارة المحسوسة
مطار عمان المدني	43.4	31.6	44.7
المفرق	43.0	30.6	44.1
مطار العقبة	44.0	34.3	52.6

أهم النتائج والتوصيات

خلصت هذه الدراسة إلى العديد من النتائج والتوصيات المهمة ، سواء أكانت تختص بموجات الحر والأحوال الجوية المسببة والمصاحبة لها ، أو ما يترتب عليها من تأثيرات على الموارد الطبيعية والبشرية في المملكة ، وكذلك فقد ترتب على هذه الدراسة بعض التوصيات الضرورية في المجالات التطبيقية المختلفة لهذه الظاهرة .

أهم النتائج :-

تبين من خلال دراسة موجات الحر في الأردن خلال الفترة (1960-2000) ما يلي :-

1- تأثر الأردن بجميع مناطقه بمعدل ثلاث موجات سنوياً ، ومتوسط عمر الموجة الواحدة أربعة أيام .

2- يختلف عمر موجات الحر من منطقة إلى أخرى ، بحيث يتراوح ما بين 3-7 أيام في العقبة ، إلى ما بين 3-13 يوم في مطار عمان المدني .

3- يتمثل التوزيع المكاني لموجات الحر في الأردن بتركزها في المناطق المرتفعة والبادية أكثر من المناطق الغورية ، فقد تأثر مطار عمان المدني خلال فترة الدراسة بما مجموعه 79 موجة ، ومتوسط عمرها 4.3 يوم ، يليها المفرق 78 موجة ومتوسط عمرها 4 أيام ، ولم يتجاوز عدد الموجات في ديرعلا 36 موجة بمعدل أقل من موجة واحدة في العام ، ومتوسط عمرها 4 أيام .

4- يتمثل التوزيع الزمني لموجات الحر بتركزها خلال شهر أيار ، فتراوحت ما بين 27 موجة في المفرق و 16 موجة في كل من معان والعقبة ، يليه شهر تشرين أول وتراوحت ما بين

10 موجات في ديرعلا إلى 20 موجة في إربد ، وكان شهر آب أقل الأشهر ، فقد تراوح عدد الموجات ما بين صفر في ديرعلا و 10 موجات في مطار عمان المدني .

5- تأثرت جميع مناطق المملكة بموجات الحر خلال سنوات الدراسة جميعها ، باستثناء سنتين فقط هما 1982 ، 1983 ، فلم يسجل فيهما أي موجة حر .

6- تتمثل أنظمة الضغط الجو السطحية التي تؤدي إلى موجات الحر في الأردن بخمسة أنظمة هي ، إمتداد المنخفض الموسمي ، المنخفض الحراري السعودي ، إمتداد المرتفع الأزوري ، إمتداد منخفض البحر الأحمر ، المنخفض الخماسيني .

7- ساهم المنخفض الموسمي بأكبر عدد من موجات الحر في الأردن ، إذ تراوحت ما بين 38 موجة من أصل 79 موجة في مطار عمان ، إلى 12 موجة من أصل 36 موجة في ديرعلا ، يليه المنخفض الحراري السعودي ، وأخيراً المنخفض الخماسيني الذي لم يساهم بأكثر من 5 موجات في مطار عمان ، و صفر موجة في العقبة .

8- تمثلت حالة طبقات الجو العليا بوجود حوض علوي بارد أو امتداده أو وجود مرتفع جوي أو امتداده ، وقد ساهمت الحالة الأولى بما مجموعه 73 موجة من أصل 135 موجة في جميع مناطق المملكة ، والباقي ساهم بها المرتفع الجو أو امتداده في طبقات الجو العليا .

9- يتأثر الأردن بموجات الحر بصورتين هما : الإمتداد الأفقي للهواء الساخن عبر الجزيرة العربية وما حولها ، ويصاحب هذه الصورة حوض علوي بارد في طبقات الجو العليا ، وتمتاز هذه الموجات بقصر عمرها وحرارتها المعتدلة ، أما الصورة الثانية فتتمثل بهبوط الهواء الحار من طبقات الجو العليا والمصاحب لمرتفع جوي نحو السطح ، مما يؤدي إلى أن تجتاح موجة الحر المناطق المرتفعة قبل المناطق المنخفضة ، وتمتاز هذه الموجات بارتفاع عدد أيام تأثيرها وشدها .

10- معظم الموجات التي أثرت على الأردن تراوحت ما بين القصيرة والمعتدلة والمتوسطة العمر والشديدة الحرارة ، أما الموجات الطويلة فهي قليلة جداً ، والطويلة والشديدة جداً فهي لم تؤثر على أي منطقة في الأردن خلال فترة الدراسة .

11- توجد دورة زمنية للمتغيرات المرتبطة بموجات الحر مثل عمر الموجة وعدد الأيام الحارة مدتها ثلاث سنوات ، ولا يوجد نمط محدد لسلوك درجة الحرارة العظمى في كل من الأردن والسعودية ولبنان وقبرص للمقارنة .

12- تصنف التأثيرات البيئية المصاحبة لموجات الحر في الأردن ، إلى تأثيرات على الموارد البشرية ، من حيث راحة الإنسان وصحته ، وتأثيرات على الموارد الطبيعية مثل قطاعات الزراعة والمياه والطاقة .

أما التوصيات التي يراها الباحث فتتلخص فيما يلي :-

1- موجات الحر ظاهرة مناخية تتأثر بها المملكة شأنها شأن العديد من دول العالم ، وينبغي التعامل معها بمزيد من الحرص والوعي لتأثيراتها المختلفة .

2- ضرورة وضع التأثيرات البيئية المختلفة لموجات الحر في الاعتبار عند رسم السياسات المستقبلية للقطاعات المختلفة ، مثل القطاع الصحي وحجم المرضى الإضافيين نتيجة موجات الحر ومقدار تكلفتهم وغيرها . وكذلك قطاعات الزراعة وحجم الخسائر المترتبة على موجات الحر ، وإمكانية تعويض المزارعين المتضررين ، وقطاع المياه والطاقة وتقدير الحجم المستقبلي للاستهلاك وسبل توفيرها .

3- ضرورة التوعية الصحية المستمرة للمواطنين بهذه الظاهرة ، وسبل التكيف معها أو تجنبها ، بإرشادات يومية في الإذاعة والتلفزيون والصحف المحلية عن أساليب التكيف والمعالجة .

4- إهتمام القطاعات المختلفة بأهمية توفر قواعد بيانات لكل قطاع يسهل على الباحثين والدارسين الوصول إليه دون تعقيدات غير مبررة .

5- في حالة سيادة ظروف مناخية حارة ينصح المواطنين باتباع التعليمات التالية (وزارة الصحة، 2000) :-

- أ- تجنب الخروج من المنزل إلا للضرورة القصوى .
- ب- عدم السير تحت أشعة الشمس المباشرة وخاصة خلال فترة ما بعد الظهر .
- ج- وضع غطاء راس يقي الإنسان إشعاع الشمس المباشر .
- د- شرب كميات كافية من السوائل تعوض ما يفقده الجسم عن طريق التبخر .

مصطلحات الدراسة

U.N.	United Nation	الأمم المتحدة
W.M.O.	World Meteorological Organization	المنظمة العالمية للأرصاد الجوية
F.A.O.	Food And Agriculture Organization	منظمة الأغذية والزراعة الدولية
I.P.C.C.	Intergovernmental Panel Of Climate Change	الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ
U.N.D.P	United Nation Development Program	برنامج الأمم المتحدة الإنمائي
U.N.E.P	United Nation Environmental Program	برنامج الأمم المتحدة للبيئة
W.W.W	World Weather Watch	المراقبة العالمية للطقس
J.M.D	Jordanian Meteorological Department	الأرصاد الجوية الأردنية
A.M.S	American Meteorological Society	الجمعية الأمريكية للأرصاد الجوية
M.O.	Meteorological Office	مكتب الأرصاد (بريطانيا)
U.T.C	Universal Time Continental	التوقيت العالمي القاري

* الباروكلينيك (Baroclinic) :- حالة جوية تنشأ عندما تختلف كثافة الهواء أفقياً ، فإنه وعلى ارتفاع محدد تتقاطع خطوط تساوي الكثافة مع خطوط تساوي الضغط الجوي ، فتصبح حالة الجو غير مستقرة وملائمة لتكون المنخفضات الجوية .

* الأخدود (Trough) :- وهو امتداد أو اتساع لمنطقة يسودها الضغط الجوي المنخفض .
* الاتجاه العام (Trend) :- وهو عبارة عن محصلة إحصائيه ناجمة عن تزايد أو تناقص درجات الحرارة العظمى أو غيرها من الظواهر الطبيعية مع مرور الزمن .

* دورة زمنية (Cycle) :- المدة الزمنية الثابتة واللازمة لحدوث أو تكرار حادثة أو ظاهرة طبيعية .

* عتبة موجة الحر (Heat Wave Threshold) (الحد الحرج) :- وهي ارتفاع درجة

الحرارة العظمى لخمس درجات مئوية أو أكثر عن معدلها العام لذلك الشهر من السنة .
 * تقلبات درجة الحرارة (Temperature Fluctuation) :- وهي ارتفاع درجة الحرارة العظمى خمس درجات مئوية أو أكثر عن معدلها العام لذلك الشهر من السنة ، ولمدة لا تزيد عن يومين فقط .

* أيام المقارنة :- وهي التغيرات الجوية السطحية والعلوية لأيام إختيرت باستخدام جدول الأرقام العشوائية ، للمقارنة بينها وبين المتغيرات الجوية للأيام التي تأثر فيها الأردن بموجات حر ، بحيث تكون هذه الأيام في نفس الشهر ومن سنوات مختلفة .

* المتغير الرمزي :- وهو المتغير الذي يحمل قيمتين : صفر في حالة عدم حدوث الظاهرة وواحد في حالة حدوثها .

* الأيض (Metabolism) :- وهو مجموع العمليات المتصلة ببناء البروتوبلازما في جسم الإنسان والناجمة عن تناول الغذاء .

* درجة الندى (Dew Point) :- وهي درجة الحرارة التي يصبح الجو فيها مشبعاً ، ويبدأ الندى في التكون إذا انخفضت درجة الحرارة عن ذلك الحد .

* I.T.C.Z. (Inter Tropical Convergence Zone)

وهي منطقة إلتقاء التيارات المدارية الحارة والرطبة مع الرياح الشمالية والشمالية الغربية القادمة عبر البحر المتوسط في الشمال .

قائمة المراجع العربية

- 1- أبو العنين، حسن، 1981، أصول الجغرافيا المناخية، الدار الجامعية للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، بيروت، لبنان .
- 2- أبو حسين، علي صبري، 1994، تأثير امتداد أخدود منخفض البحر الأحمر على مناخ الأردن، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن .
- 3- التوم، مهدي أمين، 1974، مناخ السودان، دار نافع للطباعة، القاهرة .
- 4- الحنبلي، سليمان، 1991، جغرافية الأردن وأقاليمه المناخية، الاستراتيجية الوطنية لحماية البيئة في الأردن، وكالة الولايات المتحدة للإنماء الدولي، عمان، الأردن .
- 5- الخطيب، حامد موسى، 1997، فيضانات نهر الزرقاء والأحوال الجوية المرافقة لها، دراسة هيدرومترولوجية، رسالة دكتوراة غير منشورة، جامعة بغداد، بغداد، العراق .
- 6- السقرات، عمر، 1989، العلاقة بين المناخ وطبيعية إحساس الإنسان به في الأردن، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن .
- 7- الطرزي، عبد الله، 1989، الموسوعة الهاشمية، ج1، الأرض والإنسان، دار الكرمل للنشر والتوزيع، عمان، الأردن .
- 8- الفايد، يوسف عبد المجيد، 1971، جوانب من مناخ الأردن، جامعة بيروت العربية، بيروت .
- 9- الفندي، جمال الدين، 1985، الأرصاد الجوية، ط1 ، القاهرة .
- 10- بحيري، صلاح الدين، 1991، جغرافية الأردن، ط2، مكتبة الجامع الحسيني، عمان، الأردن .
- 11- دائرة الأرصاد الجوية، بيانات غير منشورة للفترة (1960-2000م) .

- 12- شحادة، نعمان، 1978، الاتجاهات العامة الحديثة للحرارة في بلاد الشام، مجلة دراسات، الجامعة الأردنية، م5، ع2، عمان، الأردن
- 13- شحادة، نعمان، 1985، أنماط المناخ الفسيولوجية في الأردن، دراسة تطبيقية للعلاقة بين المناخ وأحاسيس الناس، مجلة دراسات، الجامعة الأردنية، م12، ع2، عمان، الأردن .
- 14- شحادة، نعمان، 1985، التقلبات قصيرة المدة لدرجة الحرارة الفعالة في مدينة الشارقة، مجلة دراسات، الجامعة الأردنية، م14، ع1، عمان، الأردن .
- 15- شحادة، نعمان، 1990، موجات الحر في الأردن خلال الصيف، الجمعية الجغرافية الكويتية، رسائل جغرافية، ع 138، الكويت .
- 16- شحادة، نعمان، 1991، مناخ الأردن، دار البشير، ط1، عمان، الأردن .
- 17- وزارة الصحة، قسم الرعاية الصحية، 2000م، عمان، الأردن .

قائمة المراجع الأجنبية

- 1- A.M.S., 1959. *Glossary of Meteorological* , Boston, U.S.A.
- 2- Abanda, A. 1993. *Project Strengthening Forest and Range Management*, UNDP, FAO, Ministry of Agriculture, Amman, Jordan.
- 3- Adel A., 1972. Characteristics of Khamasin Condition in March 1967, *the Meteorological Authority Research Bulletin*, vol. 4, No. 1, Cairo, Egypt, 63-83
- 4- Al- Fandy M., 1940. The Formation of Depressions of Khamasin Type, *Q. J. Royal Meteorological Society*, vol. 66, 325-335
- 5- Brugge, R., 1994. Heatwaves and Record Temperature in North America, *Royal Meteorological Society, Weather*, vol. 50 No. 1, 20-23.
- 6- Carlposey, 1980. Heat Wave A.M.S. *Weatherwise*, vol. 33, No. 3, June, 111-116.
- 7- Conrad A., 1950. *Methods in Climatology*, Some Methods in General Geophysics, Harvard University Press, Cambridge, 1-2.
- 8- Costly, D., 1981. 1980 Heat Wave, *American Meteorological Society, Weatherwise*, vol. 34, No. 3, June, 234-241. 146-160.
- 9- Das P. K, 1986. Monsoons, *World Meteorological Organization*, WMO-No. 613.
- 10- De, U., S., 2000. Weather and Climate Related Impacts on Health in Magacities, W.M.O, *Weather*, vol. 49, No. 4, 340-347.
- 11- El-Kawasma Yousef, (1983), *Climatic Water Balance In Jordan*, ph.D. Thesis, Ghent University, England.
- 12- Eurpon Meteorological Bulletin. (1960-2000), *Amtsblatt Des Deutschen Wetterdinsten Deutscher*, Offenbach, Germany.

- 13- Frederick S, 1964. A Survey of Human Biometeorology, *Technical Note*
No- 65, WMO-No. Tp. 78, 1-20.
- 14- Garnier, B., 1992. *Climate and Human Comfort*, WMO-No. 726,
Geneva, 70-75.
- 15- George, P., 1954. The Weather and Human Comfort in dwellings,
WMO-Bulletin, vol. III, No. 4, 146-158.
- 16- Gordon, A., 2000. Forecasting in The 21st Century, *WMO- No. 916*,
Geneva, 1-2.
- 17- Griffiths, J., 1966. *Applied Climatology An Introduction*, Oxford
University Press, 70-82.
- 18- Griffiths, J., 1972. *Climate of Africa*, World Survey of Climatology,
Publishing Company.
- 19- Halfand, L., & Bridger, C., 1971. Hippocrats, Thermal Stress, and
Stroke Mortality – 1966, *Weatherwise*, vol. 24, No. 3, 100
105.
- 20- Harb, M., S., 1975. Characteristic Pressure Types of Heat Wave Over
Egypt, *the Meteorological Authority Research Bulletin*,
Cairo, Egypt, vol.7 No. 1, 1-19.
- 21- Howard, D., 1980. *Mean and Climatic Variability*, The World
Climate Program, WMO-No. 543, Geneva, 1-2.
- 22 - Jambel B., & Ckark, R., 1966. *Introduction to Heydrometeorolog*,
First Edition, Pergamon Press.
- 23 - Jendritzky, G., 1995. *Human Health and Atmospheric Environment*,
From the Meting of Expression Climate, Tourism, and
Health, WCASP - 33, WMO- No. 682, Appendix (F).
- 24- Jordan Meteorological Department, 1988. *Jordan Climatological*,
Data Handbook, Amman, Jordan.
- 25- Joseph, M. & Michael, D., 1997. Human Comfort Indexes, *Weather
and People* , U.S.A, 30-36.

- 26- Karien, A. 1986. A synoptic – *Dynamical Study of the 12-16 August 1985 Heat Wave Over Jordan*, Jordan Meteorological Department, unpublished Research, Amman, Jordan.
- 27- Kripalani, R., & Kulkarni, A. 1999. *Heat Waves and Floods Across Asia : Was El Nino , Then La Nina the Cause? Drought* Network News, vol. 11, No. 1, February, U.S.A , 18-24.
- 28- Landsberg, H., 1972. *The Assessment of Human Bioclimate A limited Review of physical parameters*, WMO, WMO-No.331, 1-2.
- 29- Lyall, I., 1974. Some Synoptic Aspects of Hot Weather In Britain, *Royal Meteorological Society, Weather*, vol. 29, No. 10, October, 358-368.
- 30- Metaxas, A. G., 1980. *Heat Waves from A synoptic Point of View Rivista Di Meteorological Aeronautic* vol. XL, No.2-3, April, Rome, Italy.
- 31- Meteorological Office, 1939. *Meteorological Glossary*, Third Edition, Her Majesty's Stationery Office, London.
- 32- Murray, R., 1972. *Schaum's Outline of Theory and Problems of Statistics in si Units*, First Edition, Schaum's Out Line Series Mc Graw-Hill Book Company 122-140.
- 33 - Obasi, P., 1999. Weather, Climate and Health, *WMO-Bulletin* vol. 48 No. 1, 3-9.
- 34- Pedgley D., E., 1974. Winter and Spring Weather at Riyadh, Saudi Arabia, *Meteorological Magazine*, vol. 103, 225-236.
- 35- Robert, M., 1978. *Physical Geography Today A portrait of A Planet the Eodore M. Oberlander* Random House New york.
- 36- Robert, Q., 1981. Heat Stress A Comparison of Indices *Weatherwise*, vol. 34, No. 3, 120-125.

- 37- Robert, W., 1995. Human Population Health, *Climate Change 1995*, Cambridge University Press, 569-575.
- 38- Robin, T., 1995. North Hemisphere Heatwave, *Royal Meteorological Society*, Weather, vol .50, No.1, January , 19-21
- 39- Rosenan, A., 1963. *Climatic Fluctuation in the Middle East During the Period of Instrumental Record in Changes of Climate*, Arid Zone Research, 20, Paris, UNESCO, 67-73.
- 40- Shaw, M., 1977. The Exceptional Heat-Wave of 23-June to 8 July 1976, *Meteorological Office*, the Meteorological Magazine vol. 106 No. 1264 November, 329-344.
- 41- Shehadeh, N., 1984. Discomfort in Sharjah, *Meteorological Magazine* vol. 113, 114-120.
- 42- Sidney L., 1964. *Medical Climatology*, Waverly Press Incorporated, Baltimore, Maryland, U.S.A.
- 43- Smith, L., 1966. *Weather Studies*, Pergamon Press Ltd. First Edition, London, England.
- 44- Thomas, A., Robert C, 1965. *Weather Elements*, Fifth Edition, U.S.A.
- 45- Thomas, E., 1999. Heat Waves in A Changing Climate, *Climate Change and Risk*, First Published, London, 279-307.
- 46- Thomas, F., 1955. Applied Meteorology Meteorological Research Reviews, *Meteorological Monographs*, vol. 3, No. 12-20, American Meteorological Society, Boston, 152-159
- 47- Tout, D., 1978. Mortality in the June – July 1976 Hot Spell, *Royal Meteorological Society*, Weather, vol. 33, No. 6, 221-226.
- 48- W.M.O., 1987. *Glossary of Scientific and Technical Meteorological Terminology*, WMO/TD-No.135, Geneva.
- 49- W.M.O., 1992. *Compendium of Lecture Notes In Climatology*, for Class III and Class IV, Personal WMO-No. 726, 190-191.

- 50- W.M.O., 1992. *International Meteorological Vocabulary*, WMO/OMM/BMO-No.182, 294-296.
- 51- W.M.O., 1997. *Meeting of Experts on Climate and Human Health*, WCASP – 42, WMO-No. 822, June, Geneva, 25-45.
- 52- W.M.O., 2000. *Weather Reporting Observing Station*, WMO/OMM/BMO - No.9, vol. (A), 60-69.
- 53- W.M.O., 2001. *WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2000*, WMO-No. 920, Geneva, 3-4.
- 54- Watt, G., 1967. An Index of Comfort for Bahrain, *Meteorological Magazine*, A.M.S., vol. 96, No. 1144, 321-327.
- 55- Weihe, W., 1982. The Significance of African Climate in Human Health , W.M.O., *Technical Conference on Climate Africa* WMO/OMM - No. 596, Geneva, 438-455.
- 56- Wheeler, D., 1984. The July 1983 “heat wave” in North – East England, *Royal Meteorological Society*, Weather, vol. 39, No. 6, 178-182.
- 57- Winstanley, P., 1972. ShARAV, *Royal Meteorological Society*, Weather vol. 27, No. 4, April, 146-160.
- 58- Wycherley, P., 1967. Indices of Comfort Throughout Malaysia, *Meteorological Magazine*, A.M.S., vol. 96, No. 1136, March, 73-82.
- 59- Yataka, H., 1983. *Climate and Human Health*, World Climate Program, Report of the Meeting of Experts on Climate and Human Health, WMO-WCP-78, Appendix (L), Geneva, 62-78.

ABSTRACT
HEAT WAVES IN JORDAN
(1960 – 2000)
BY
ALI SABRY MAHMOUD
SUPERVISED BY
Dr. ALI GANIM

The aim of this research is to study the heat waves in Jordan during the period 1960-2000 , and their influence on the climate condition which affect our life . The best synoptic conditions which are associated with this phenomena were defined , this was done through analyzing surface and upper weather charts , and through determining the general characteristics of the distribution of weather system , including the nature of these systems , their source region and trajectories of their movement . There are five surface pressure system cases the heat waves in Jordan :-

- 1- Monsoon Trough
- 2- Sudia Arabia Thermal Low
- 3- Azore High Pressure
- 4- Red Sea Trough
- 5- Khamasine Lows

Radiosond data were employed to plot tephigram charts needed to check the atmosheric condition , and to determine the main characteristics of the air masses in the upper atmosphere , these data were also employed to study and analyze the statistical characteristics and probability of heat wave occurrence in Jordan .

A detailed study was carried out to the exceptional heat wave occurred in Jordan during 28-31 July 2000 . Finally, some of the environmental impacts of heat waves on some sectors in Jordan , as human

health and human comfort . Heat wave were associated with the increase of human discomfort .

It is found that Jordan was affected by 135 heat waves during the study period . Highlands were affected by more heat waves than the Ghor and the Badia area , and most of the heat wave were caused by the monsoon low .