مجلة جامعة الملك سعود، م ١٨، العمارة والتخطيط (١)، ص ص١٠٩-١٤١، الرياض(١٤٢٦هـ/٢٠٠٦هـ)

دراسة ظاهرة الجزر الحرارية في المدن الصحراوية: حالة دراسية / مدينة الرياض

خالد بن عبدالله بن مقرن آل سعود

قسم العمارة وعلوم البناء

كلية العمارة والتخطيط – جامعة الملك سعود

e-mail: kmsaud@hotmail.com

(قدم للنشر في ١٤٢٤/٨/٣هـ؛ قبل للنشر في ١٤٢٥/١/٢٦هـ)

ملخص البحث. ينعكس التوسع العمراني للمدن وما يصاحبه من زيادة في النشاط البشري وما ينتج عن ذلك كله من انبعاثات حرارية وملوثات على خصائص المناخ داخل المدن وبصورة خاصة ارتفاع درجة الحرارة في داخلها عن ما يحيط بها من مناطق. ومن ابرز الظواهر المرتبطة بارتفاع الحرارة في معظم المدن ظاهرة الجزر الحرارية والتي تؤثر وبصورة مباشرة على المباني نتيجة لارتفاع درجة حرارة الهواء المحيط بها مما يؤدي إلى زيادة في متطلباتها التبريدية وانخفاض في متطلباتها لأغراض التدفئة.

وتعتبر مدينة الرياض من المدن الحديثة التي توسعت عمرانياً وسكانياً في محيط بيئي صحراوي جاف وحار، وتضم العديد من الأنشطة البشرية والصناعية والتي من المؤكد أنها تؤثر على محيط مناخها المحلي ولكن بنطاق وشدة غير معلومتين.

تهدف الدراسة إلى التعرف على هذه الظاهرة في مدينة الرياض من حيث الوجود والشدة والحجم والآثار الاقتصادية المترتبة عليها.

وقد قام الباحث لهذا الغرض بدراسة ميدانية لقياس درجات الحرارة في مختلف أجزاء المدينة وذلك خلال فصول السنة المختلفة (الشتاء – الربيع – الصيف – الخريف) ولفترتين الأولى صباحية عند الساعة السادسة صباحاً وتمثل درجة الحرارة الصغرى والثانية بعد الظهر عند الساعة الثالثة ظهراً وتمثل درجة الحرارة اليومية العظمى.

وقد تم بعد جمع البيانات وتصحيحها إجراء تحليل شامل لها بغرض الوصول إلى خرائط كنتورية حرارية لمدينة الرياض توضح المواقع المحتملة للجزر الحرارية ونطاقها ومستوى شدتها بالمقارنة مع درجات الحرارة خارج المدينة . وذلك لفصول السنة المختلفة .

وقد توصل الباحث إلى أن الظاهرة موجودة ولكنها ليست مستفحلة مقارنة مع بعض المدن الأمريكية كما أن شدتها ووضوحها في الصباح الباكر اكثر منها بعد الظهر وقد تم تحديد الخسائر الاقتصادية الناجمة عنها والتي تقدر بـ ١١٤ مليون ريال سنوياً .

وتعتبر هذه الدراسة من أوائل الدراسات عن ظاهرة الجزر الحرارية في مدينة حديثة ذات مناخ صحراوي حار وجاف وبالتالي فإن النتائج التي توصل إليها الباحث سترشد المعماريين والمخططين بصورة خاصة إلى ما يلزم اعتباره عند اختيار مواقع المدن الجديدة وإعداد مخططاتها والتوسع في تخطيط المدن القائمة ووضع اشتراطات البناء وذلك بهدف تجنب آثار هذه الظاهرة وتلافي سلبياتها .

مقدمة

من الظواهر الملحوظة في المدن وبالأخص عندما يكون نشاط الرياح هادئاً فإن الهواء في داخل المدينة يكون اكثر سخونة من الهواء في الضواحي المحيطة بها ، وتتدرج درجة الحرارة تصاعدياً كلما كان ذلك اقرب إلى مركز المدينة. وتسمى هذه الظاهرة بالجزيرة الحرارية (Thermal Heat Island). وقد أورد موريس استيس وزملاؤه بأن الفرق في درجة الحرارة بين داخل المدينة وخارجها يتراوح ما بين ٢-٨° ف [١] . وفي دراسة أخرى أجريت على مدينة طوكيو في عام ١٩٩٢م وجد أن الفارق بين درجة الحرارة داخل المدينة و درجة الحرارة خارجها قد بلغ ١ر٨°م [٢]. كما وُجد بأن الفرق بين درجة حرارة وسط مدينة مكسيكو وخارجها قد بلغ ١٠°م [٣]. أما جولو وزملاؤه فقد وجدوا بأن الفرق في درجات الحرارة بين داخل المدينة والضواحي يكون اكبر في فترة الليل منه في فترة النهار[٤].

ويؤكد جيفوني ما توصل إليه جولو وزملاؤه من أن ظاهرة الجزر الحرارية تكون اكثر وضوحاً في الليل عندما تكون السماء صافية والهواء هادئ ويرجع السبب في ذلك

جزئياً إلى أن معدلات التبريد بالإشعاع ذو الموجة الطويلة لكتل المباني ليلاً اقل من معدل التبريد للمسطحات المفتوحة[٥].

وتمثل هذه الظاهرة أمراً ايجابياً في فترة الشتاء فالمدينة تكون اكثر دفءً من الضواحي مما يقلل الحاجة إلى مزيد من الطاقة للتدفئة ، إلا أن هذا الجانب الإيجابي يتلاشى عندما يقارن بالجوانب السلبية التي تعانيها المدن في فصول الصيف والربيع والخريف والتي تغطي معظم أيام السنة وخصوصاً في المناطق المعتدلة والحارة. وقد أورد طه[٦] جدولاً يمثل الزيادة في الدرجات التبريدية اليومية (Cooling Degree Days) والنقص في درجات التدفئة اليومية (Heating Degree Days) وذلك لتسع مدن أمريكية وتمثل الدرجات التبريدية مجموع درجات الحرارة اليومية التي تزيد عن ١٨,٣مْ ، كما أن درجات التدفئة اليومية تمثل مجموع درجات الحرارة اليومية التي تقل عن ١٨,٣مْ.

وجد من جدول المقارنة أن الزيادة في الدرجات التبريدية تراوحت من ١١٪ كما في مدينة سانت لويس إلى ٩٢٪ كما في مدينة لوس انجلوس في مقابل انخفاض في درجات التدفئة تراوحت من ٣٪ كما في مدينة ديترويت إلى ٣٢٪ كما في مدينة لوس انجلوس . وهذه الظاهرة وإن كانت واضحة في المدن الكبيرة ذات الكثافة السكانية العالية والنشاط البشري المكثف إلا أن جولو وزملاؤه يذكرون بأن هذه الظاهرة قد تم التعرف عليها وتشخيصها حتى في المدن المتوسطة والصغيرة والتي لا يتجاوز عدد السكان فيها عشرة آلاف نسمة[٤].

ويترتب على وجود هذه الظاهرة واستفحالها في المدن في عدة أمور سلبية يمكن تلخيصها فيما يلي :

١- الزيادة في استهلاك الطاقة اللازمة لتبريد وتكييف المباني فكلما زادت درجة حرارة الهواء الخارجي زادت الحاجة إلى التبريد لتأمين مستوى الراحة الحرارية المطلوب وبالتالي استهلاك مزيد من الطاقة لتوفير ذلك . فمثلاً في الولايات المتحدة الأمريكية يبلغ نصيب التبريد من استهلاك الطاقة الكهربائية حوالي السدس سنوياً أي ما يعادل بالدولارات

مبلغ أربعين بليون دولار سنوياً[١]. وعندما يتم تخفيض درجة الحرارة داخل المدينة لما يقارب درجة حرارة ضواحيها فإنه بدون شك يمكن توفير ملايين الدولارات على المستهلكين. وفي مدينة لوس انجلوس وحدها فإن قيمة ما يُستهلك من طاقة بسبب تأثير هذه الظاهرة يكلف المستهلكين مائة مليون دولار سنوياً[٧] أما في مدينة الرياض التي يصل استهلاك الطاقة الكهربائية لأغراض التكييف فيها إلى ما يزيد عن ٥٠٪ [٨] فإن الوفر المتوقع من خلال التحكم في مثل هذه الظاهرة والتخفيف من أثرها سيكون بدون شك كبيراً .

٢- الزيادة في نسبة الملوثات المنبعثة في الهواء نتيجة لحرق المزيد من الوقود لتوليد الطاقة الكهربائية نتيجة هذه الظاهرة فقط وأمثلة الملوثات التي تؤثر على صحة وسلامة الإنسان مجموعة أكاسيد الكبريت (SO_x) وأكاسيد النتروجين (NO_x) .

٣- زيادة نسبة غاز الأوزون في الطبقة القريبة من الأرض وذلك نتيجة لارتفاع درجة الحرارة . فوجود غاز الأوزون في الطبقات العليا من الجو يحمى الأرض من الأشعة فوق البنفسجية المضرة بالإنسان إلا أن وجودة بالقرب من سطح الأرض يجعله سبباً رئيسياً لتكون الكدرة أو الضباب الدخاني (Smog) وفي دراسة أجريت في مختبر لورنس الوطنى ببركلي فقد وجد أن تخفيض درجة الحرارة داخل مدينة لوس انجلوس في الصيف بمقدار ٦°م يقلل ما نسبته ١٢٪ من الكدرة [١]

العوامل المؤثرة في نشوء الجزيرة الحرارية داخل المدن

هناك مجموعة من العوامل التي تؤثر على نشؤ واستفحال ظاهرة الجزيرة الحرارية داخل المدن وهذه العوامل بعضها يمكن التحكم فيه ومعالجته وبعضها لا يمكن معالجته بسهولة ومن أهم هذه العوامل ما يلي :

١- موقع المدينة الجغرافي

تعتبر خصائص الموقع الطبوغرافيه وظروفه المناخية المحمية (Micro--Climate) من المؤثرات الدائمة التي لا يمكن إلغاؤها أو التحكم بها ، فعندما يكون الاختيار خاطئاً من

الأساس فإن تبعات ذلك الاختيار ستصبح دائمة ومن هذه التبعات ما يرتبط بصورة مباشرة مع ما يمكن أن يتسبب في نشوء واستفحال ظاهرة الجزيرة الحرارية .

٢- حجم المدينة

فالمدن ذات الحجم الكبير وذات الأنشطة السكانية والصناعية الكثيفة وذات الحركة المرورية العالية والتي تزيد فيها الطاقة المنبعثة من هذه الأنشطة تزيد من تركيز الظاهرة فيها. وقد استنبط أوك (Oke) نموذجاً إحصائياً أورده جيفوني[٥] يمكن من خلاله توقع شدة الجزيرة الحرارية داخل المدينة بالاستدلال بعدد سكانها ومتوسط سرعة الهواء ويُقصد بشدة الجزيرة الحرارية الفرق بين درجتي الحرارة داخل وخارج المدينة. والنموذج على النحو الآتي :

$$\text{شدة الجزيرة الحرارية } (م^{\circ}) = \frac{(\text{عدد السكان})^{٠,٢٥}}{(٤ \times \text{سرعة الهواء م/ثانية})^{٠,٥٠}}$$

٣- الكثافة البنائية داخل المدينة

ويُعنى بذلك نسبة الأرض المغطاة بالمباني. فكلما زادت نسبة البناء قلت إمكانية توفر مساحات للحدائق والمسطحات الخضراء والتي تقلل بشكل كبير من تركيز الظاهرة.

٤- معامل الانعكاس

فالطرق ومواقف السيارات ذات المسطحات الأسفلتية القاتمة والتي تمتص الإشعاع الشمسي بصورة كبيرة تزيد من استفحال الظاهرة بعكس المباني والأسقف ذات الألوان الفاتحة التي تعكس جزءاً كبيراً من الإشعاع الشمسي الساقط عليها كما أن المسطحات والغطاء النباتي يقلل من شدة الحرارة ويساعد على تبريد الهواء بتبخير الرطوبة.

٥- ارتفاع المباني

فالمباني العالية والمتقاربة تزيد من الحرارة المنبعثة نتيجة الأنشطة البشرية كما أنها قد تقلل من سرعة الهواء والذي يساعد بشكل كبير على طرد الحرارة الناشئة داخل المدينة إلى خارجها .

وقد لخص واتكنز [٩] من واقع الدراسات والبحوث السابقة التي أجريت من قبل عدد من الباحثين التأثير الكمي لعدد من العناصر البيئية آنفة الذكر .

أساليب معالجة ظاهرة الجزر الحرارية

يصعب القضاء على هذه الظاهرة لارتباطها بعدة عوامل يصعب إلغاؤها ولكن يمكن التخفيف من آثارها باتباع سياسات تخطيط عمرانية تؤدي إلى التحكم فيها وتقليل أثرها في داخل المدن ومن هذه السياسات ما يلي :

١- استخدام الألوان الفاتحة لأسطح وجدران المباني وذلك لزيادة قدرتها على الانعكاس وبالتالي التقليل من امتصاص المباني لحرارة الإشعاع الشمسي.

٢- التقليل من تعرض المسطحات الأسفلتية في مواقف السيارات والطرق للإشعاع الشمسي وذلك بزيادة التشجير وتظليل مواقف السيارات .

٣- زيادة التشجير داخل المدن وذلك لتلطيف الحرارة من خلال عملية التبخر .

٤- القضاء على البؤر التي يركد فيها الهواء داخل المدن وذلك بتوجيهها نحو اتجاه الرياح السائدة وذلك لتشتيت الحرارة المتراكمة والمساعدة على تلاشيها .

٥- نقل محطات توليد الطاقة والمصانع التي تعتمد بشكل أساسي على حرق الوقود إلى خارج المدن .

٦- التقليل من استخدام السيارات وتلافي الاختناقات المرورية.

مدينة الدراسة

خلفية عامة

مدينة الرياض هي عاصمة المملكة العربية السعودية . وقد كانت الرياض في الماضي حاضرة صغيرة تحيط بها واحات النخيل المنتشرة بين باطن وادي حنيفة ووادي البطحاء. وحتى عام ١٣٥٠ هـ - ١٩٣٠م لم تتجاوز مساحة الرياض كيلو متراً مربعاً واحداً وعدد سكانها لم يتجاوز ٢٧٠٠ نسمة وقد كانت محاطة بأسوار وجميع المباني والأسوار كانت مبنية من الطين المخلوط بالتبن . وكانت المباني مترابطة في نسيج عمراني متلاصق ومتماسك وكانت الشوارع والطرق ضيقة ومتعرجة ولا يتجاوز عرضها ٤م .

ومع إعلان توحيد المملكة العربية السعودية في عام ١٣٥١هـ - ١٩٣١م ورسوخ الأمن والاستقرار و بعد ظهور النفط وتزايد عائداته عايشت الرياض عدد من الطفرات العمرانية كانت أولاها عندما امتد العمران خارج السور الذي تم إزالته لاحقاً . وقد كانت هذه الطفرة العمرانية على حساب المساحات المحيطة والواسعة من بساتين النخيل التي كانت تضفي على المدينة الوادعة مناخاً معتدلاً عند اشتداد حرارة الصيف وذلك في وقت لم تكن الكهرباء ولا وسائل التكييف الحديثة متوفرة. ويعتقد الباحث بان مدينة الرياض في ذلك الوقت لم تكن تعاني من ظاهرة الجزيرة الحرارية ، بل من المعتقد أن درجة الحرارة داخل المدينة كانت اقل من المناطق المحيطة بها وذلك لغلبة المناطق الزراعية الرطبة على محيطها وقد تعرضت مدينة الرياض لطفرات عمرانية لاحقة أدت إلى اتساع المدينة لتبلغ مساحة الجزء المطور عمرانياً منها حالياً ٦٣٢كم^{٢} وهو ما يمثل المرحلة الأولى من النطاق العمراني ووصل عدد سكانها إلى ٤ر٥ مليون نسمة[١٠]. تعتبر مدينة الرياض حالياً مدينة حديثة وعصرية ، فقد طغت

المباني الخرسانية على المباني الطينية أما الجزء المتبقي من النسيج العمراني القديم ففي سبيلة إلى الزوال كما أن الشوارع والطرق السريعة خططت تخطيطاً حديثاً ليستوعب وسائل النقل الحديثة وبأعداد متزايدة. وقد تحولت معظم المنشآت لتبنى بالخرسانة المسلحة وبتصميم وتخطيط حديث يختلف تماماً عن النسيج القديم المترابط ليتحول نسيج المدينة إلى نسيج عمراني غير مترابط لا يختلف كثيراً عما نراه في العديد من المدن الحديثة.

أما الأنشطة السكانية فقد تعددت وتنوعت فلم تعد الزراعة ومزارع النخيل وما يرتبط بها من أنشطة هي الغالب على نشاط المدينة بل اختفت هذه الأنشطة أو تضاءلت مع ظهور الأنشطة الإدارية الحكومية والتعليمية الصناعية والتجارية والإنشائية والخدمية المتطورة. ولا شك فإن مدينة الرياض بهذه المواصفات أصبحت تستهلك كميات ضخمة من الطاقة الكهربائية التي يتم توليدها باستخدام الغاز الطبيعي والمنتجات البترولية الأخرى كما يستورد جزء لا يستهان به من الطاقة مما تنتجه محطات تحلية المياه في المنطقة الشرقية. أما وسائط النقل فتغلب عليها السيارات الصغيرة أما الحافلات فقليلة العدد.

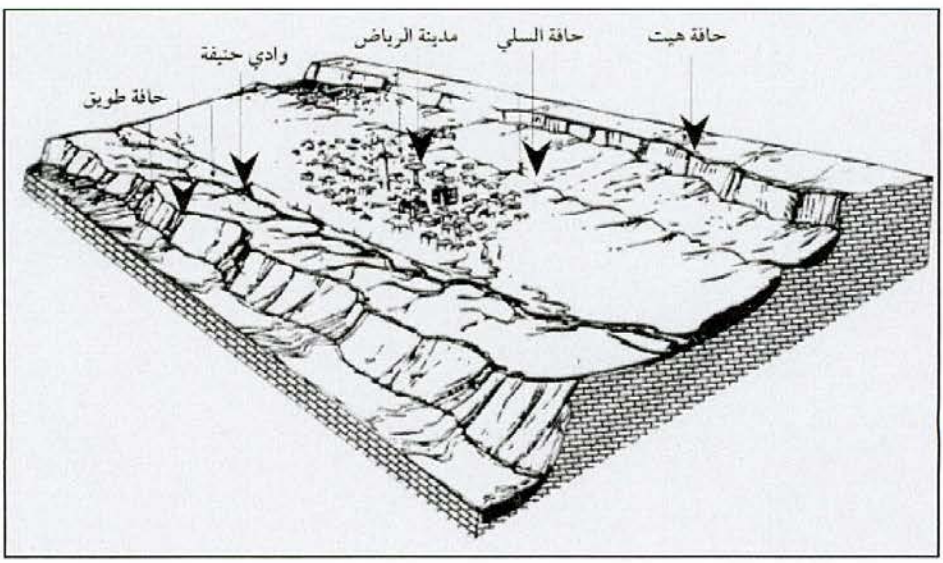
وفي ظل التوسع العمراني الذي تشهده مدينة الرياض فإن وجود ظاهرة الجزر الحرارية في نطاق المدينة يعتبر أمراً محققاً وله انعكاسات سلبية على بيئة المدينة المناخية مما يترتب عليه خسائر اقتصادية تؤثر بدون شك على الاقتصاد المحلي للمدينة وسكانها فضلاً عن الآثار البيئية والصحية.

الموقع الجغرافي والتكوين الطبوغرافي لمدينة الرياض

تقع مدينة الرياض على خط العرض (٥ر٢٤° - ٢٥°) شمالاً وخط الطول (٥ر٤٦° - ٩ر٤٦°) شرقاً على هضبة رسوبية يصل متوسط ارتفاعها إلى ٦٠٠م فوق سطح البحر تمتد

المدينة من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي بين حافتي جبال طويق وجبال العرمة (الشكل رقم ١) . وتنحدر الهضبة من الشمال باتجاه الجنوب ومن الغرب إلى الشرق ويخترقها من الشمال إلى الجنوب وادي حنيفة (العرض) الذي يقارب طوله ١٢٠كم ويتراوح عمقة من ١٠-١٠٠م وعرضة من ١٠٠-١٠٠٠م وتصب في الوادي مجموعة من الروافد معظمها من جهة الغرب مثل العمارية وصفار ووبير ولبن ونمار أما من جهة الشرق فوادي الايسن ووادي البطحاء (وتر) [١٠].

ومدينة الرياض بموقعها الجغرافي وتكوينها الطبوغرافي منفتحة على الرياح السائدة والقادمة من الشمال الغربي وبذلك فهي لا تحتوي على حواجز طبيعية تمنع تهويتها وتخلل الرياح لأجزائها المختلفة.

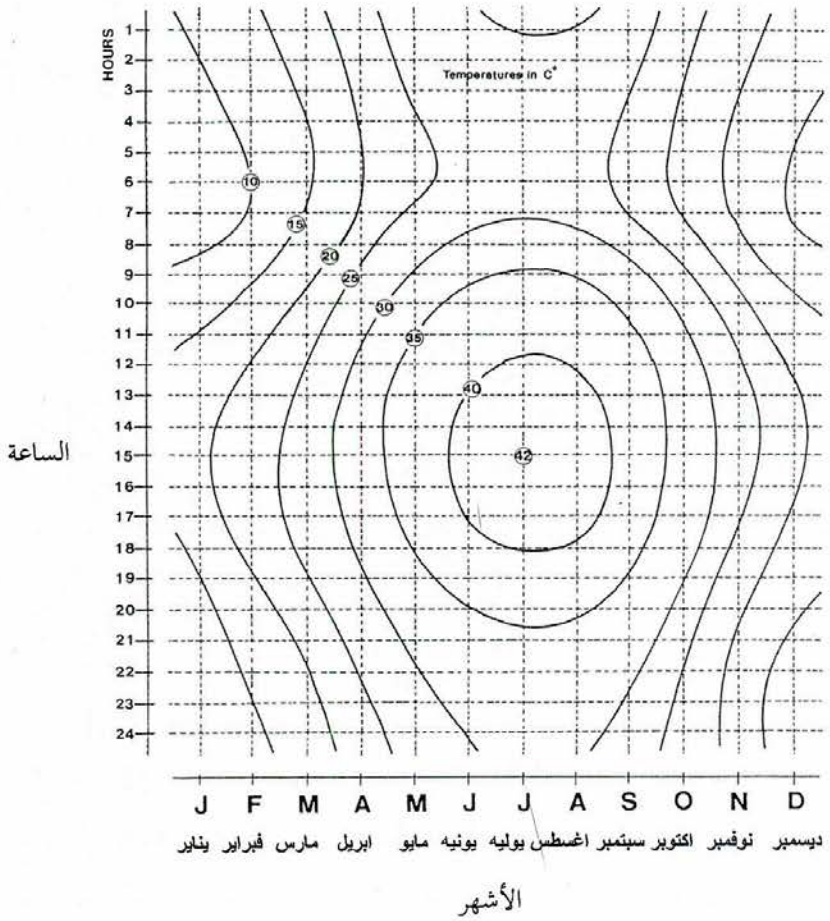


الشكل رقم (١). كروكي يوضح موقع مدينة الرياض وعلاقته بالعناصر الطبيعية المحيطه.

مناخ مدينة الرياض: مناخ مدينة الرياض يمثل المناخ الصحراوي القاري الذي يتسم بارتفاع درجة الحرارة مع الجفاف الشديد في الصيف وانخفاض شديد في درجة الحرارة في فصل الشتاء يصل في بعض الأحيان إلى درجة التجمد . كما أن المدى الحراري

السنوي المدى الحراري اليومي يعتبر كبيراً جداً وقد يصل المدى اليومي إلى ١٧°م في حين أن درجة الحرارة العظمى قد ترتفع في الصيف لتصل إلى ٤٨°م كما في الشكل رقم (٢) الذي يوضح الخطوط الحرارية خلال أشهر العام لمدينة الرياض .

أما الإشعاع الشمسي فإن مدينة الرياض تتسم بوفرة الإشعاع الشمسي وخصوصاً في فترة الصيف عندما ترتفع زاوية سقوط أشعة الشمس لتصبح قريبة من العمودية. وتتراوح شدة الإشعاع الشمسي من ٨١٣-٩٢٩وات/م٢ .



الشكل رقم (٢). الخطوط الحرارية التي توضح درجات الحرارة خلال العام (درجة مئوية).

أما الأمطار فقليلة جداً ومعظم الأمطار في مدينة الرياض تهطل في أشهر إبريل ومارس ومايو ونشاط الرياح السائدة غالباً من الشمال الغربي ويتميز النهار بنشاط أكثر للرياح وتتراوح سرعة الرياح ما بين ٤-٨ عقدة .

أهداف البحث

يسعى الباحث إلى التعرف على ظاهرة الجزر الحرارية ودراستها في مدينة الرياض التي تعتبر مثالاً جيداً للمدينة ذات المناخ الحار والجاف في الصيف والبارد في الشتاء . وبشكل تفصيلي فإن الدراسة تهدف إلى تحقيق ما يلي :

١ - تحديد طبيعة وخصائص ظاهرة الجزيرة الحرارية على المستوى اليومي وذلك وسط النهار عندما تكون درجة الحرارة في ذروتها وفي الصباح الباكر عندما تكون درجة الحرارة في مستواها الأدنى.

٢ - تحديد طبيعة وخصائص ظاهرة الجزيرة الحرارية على المستوى السنوي للفصول الأربعة .

٣- مقارنة ظاهرة الجزيرة الحرارية بمدينة الرياض مع بعض المدن المشابهة في الحجم .

٤ - تقدير الأثر الاقتصادي للظاهرة على المستوى المحلي للمدينة .

٥ - وضع التوصيات المناسبة للوسائل الممكنة للتقليل من اثر هذه الظاهرة على المدينة واستهلاك الطاقة فيها .

خطة البحث

لتحقيق أهداف الدراسة آنفة الذكر فإن خطة الدراسة تتكون من المراحل التالية :

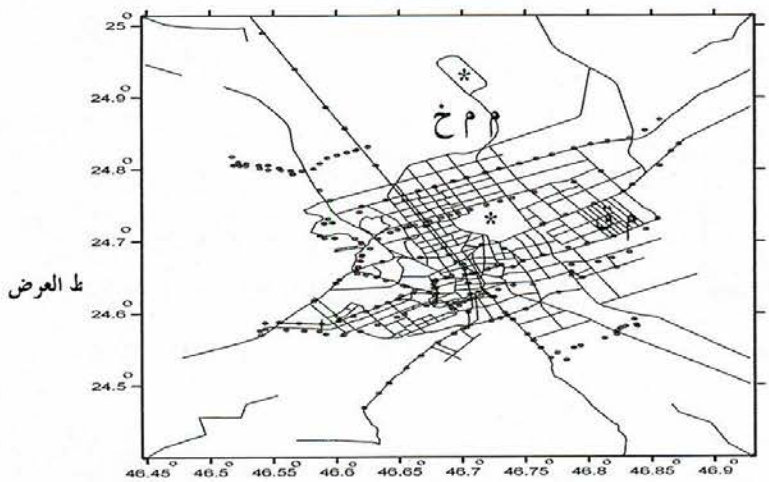
المرحلة الأولى: جمع البيانات

الدراسة ذات طبيعة ميدانية وتمتد فترة جمع البيانات مدة عام كامل . وقد تم جمع البيانات عن درجات الحرارة والرطوبة النسبية من ٢٤٠ موقعاً داخل مدينة الرياض وفي محيطها القريب لفصول السنة الأربعة. وذلك بهدف التعرف على التفاوت في درجات الحرارة والرطوبة النسبية بين داخل المدينة وخارجها من جهة وبين أجزاء المدينة من جهة أخرى.

وقد تم تحديد مواقع القياس بصورة شبه عشوائية على امتداد ثمانية محاور تخترق المدينة من الشرق إلى الغرب على محاور الطرق الرئيسية التي تخترق المدينة وتبلغ متوسط المسافة بين كل محور وآخر ٥كم .

كما تم اختيار محورين من الشمال إلى الجنوب ، أحدهما متعرج يمر وسط وادي حنيفة ويمثل طبيعة بيئة خاصة ، والآخر يخترق وسط المدينة يتوسط الشريط التجاري . وتغطي نقاط القياس معظم مناطق المدينة كما في الشكل رقم (٣) الذي يبين خريطة الطرق الرئيسية والفرعية في مدينة الرياض موضحاً عليها نقاط القياس .

وقد تم تحديد كل نقطة من النقاط بتسجيل إحداثياتها (خطي الطول والعرض) وتسجيل ارتفاع النقطة عن سطح البحر وذلك باستخدام جهاز مسح ماجلان طراز (GPS 320).



الشكل (٣). خريطة الطرق الرئيسية داخل مدينة الرياض موضحاً عليها مواقع نقاط القياس

استعان الباحث بعشرة من طلاب كلية العمارة والتخطيط وذلك للقيام بعملية الرصد والقياس في أن واحد. وقد تمت عملية القياس لكل موقع ثمان مرات خلال عام

كامل . فقد سجلت درجة الحرارة مرتين في اليوم الواحد لكل فصل من فصول السنة الأولى في الساعة السادسة صباحاً وتمثل درجة الحرارة الدنيا وفي الساعة الثالثة بعد الظهر وهو الوقت الذي تصل فيه درجة الحرارة إلى القيمة القصوى .

وقد تم استخدام أجهزة قياس رقمية محمولة (testo 625) تقوم بتسجيل درجة الحرارة والرطوبة النسبية في أن واحد . وقد زود كل طالب بملف خاص يحتوى على نماذج خاصة يقوم بتسجيل القراءات فيها مع تسجيل بقية البيانات الخاصة برقم الموقع والتاريخ ووقت أخذ القراءة . وقد تم اخذ بعض الاعتبارات عند القياس ومن ذلك الابتعاد عن مصادر الحرارة كالسيارات والمباني بقدر كاف وان يكون القياس على ارتفاع ٥ر١م عن سطح الأرض وأن تكون النهاية الحساسة للجهاز في منطقة ظل وأن يبتعد بنهاية الجهاز عن جسمه وذلك من أجل مراعاة الدقة عند اخذ البيانات وأن يكون هناك تطابق في الظروف التي تمت فيها عملية القياس .

المرحلة الثانية: تصحيح البيانات

نظراً لأن عملية القياس تمتد في المتوسط لمدة (١-١,٥) ساعة، مما يؤثر على نوعية القراءات وخصوصاً في الفترة الصباحية والتي تتوافق مع شروق الشمس وعندها يكون تغير درجات الحرارة سريعاً. لذا فقد كان من المهم تصحيح القراءات عند جميع النقاط لكي تكافئ في قياسها كما لو كانت عند الساعة السادسة صباحاً للقراءات الصباحية وعند الساعة الثالثة بعد الظهر للقراءات المسائية.

وقد استخدمت الخريطة الكنتورية الحرارية لمدينة الرياض الشكل رقم ٢ لعملية تصحيح القراءات وذلك بطريقة التناسب بين الوقت ودرجة الحرارة . وبواسطة الخريطة يمكن التعرف على نسب التغير بالزيادة أو النقصان بين ساعات اليوم لكل اشهر السنة وبواسطتها تم تصحيح جميع البيانات المقروءة ووضعها في صورة يمكن الاعتماد عليها عند المقارنة.

المرحلة الثالثة: حفظ البيانات

تم إدخال وحفظ البيانات باستخدام برنامج Excel 2000 تمهيداً لتحليلها وإعداد الرسومات التوضيحية وقد تم تسجيل ما مجموعه ٢١ عنصراً لكل موقع من المواقع وتمثل هذه العناصر: رقم الموقع وإحداثياته وارتفاعه ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية صباحاً ومساءً في الخريف وفي الشتاء وفي الربيع وفي الصيف .

المرحلة الرابعة: توقيع البيانات

في هذه المرحلة تم ربط جميع البيانات مع مواقعها الحقيقية على خريطة مدينة الرياض وقد استخدم برنامج (Blue Marble) لتحويل الإحداثيات الجغرافية التي جمعت بواسطة (GPS) إلى نظام إسقاط (UTM)، كما تم استخدام برنامج (3.D Surfer) لرسم خطوط الكنتورية الحرارية، كما تم استخدام برنامج (GPS) لتوقيعها جغرافياً على خريطة مدينة الرياض .

المرحلة الخامسة: تحليل البيانات

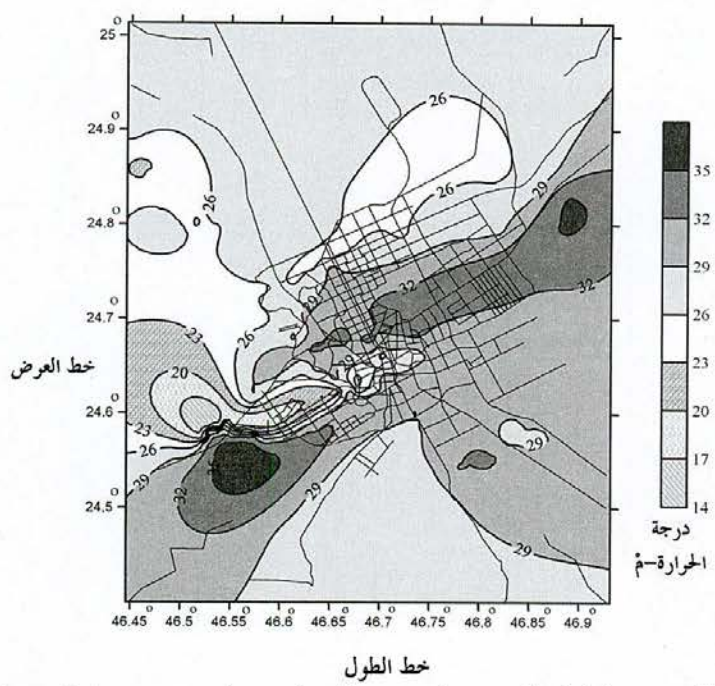
يوضح الجدول رقم (١) تحليلاً إحصائياً مختصراً للقراءات التي تم تسجيلها من قبل الباحث كما يوضح درجات الحرارة المسجلة في محطتي الأرصاد في وسط مدينة الرياض (المطار القديم) وخارج المدينة (مطار الملك خالد الدولي).

الجدول رقم (١). تحليل إحصائي لدرجات الحرارة داخل وخارج مدينة الرياض.

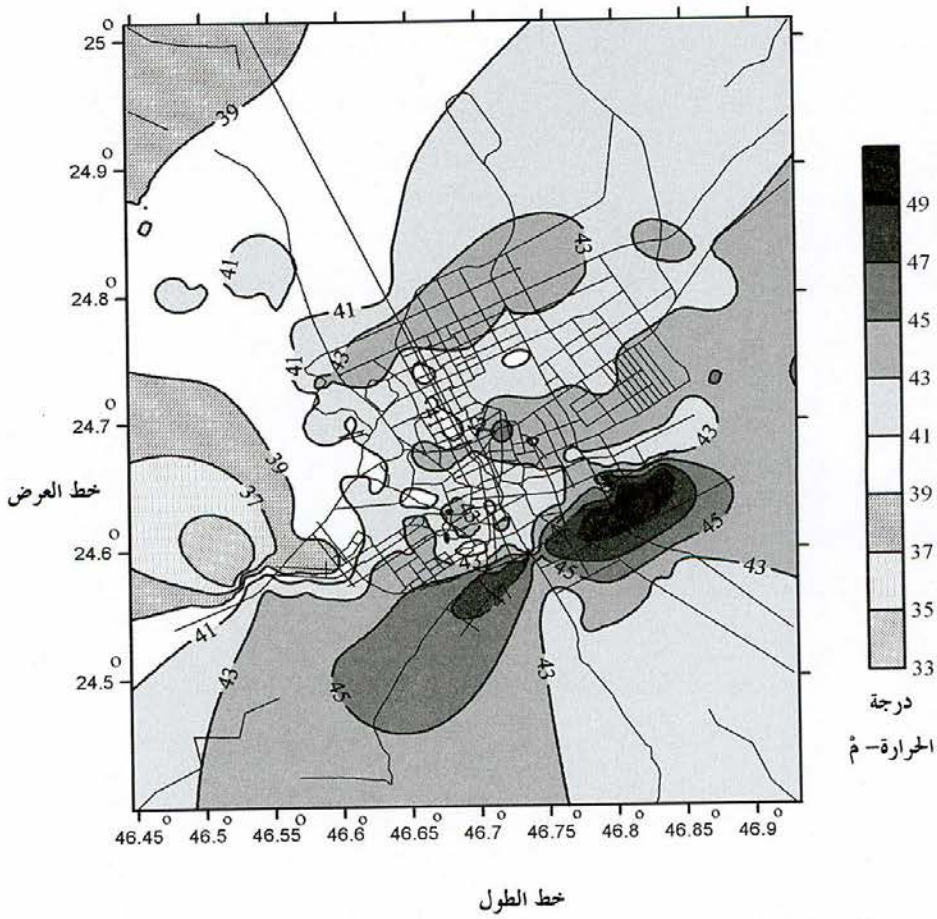
الفصل	درجات الحرارة في الفترة الصباحية (السادسة صباحاً)						درجات الحرارة في الفترة المسائية (الثالثة بعد الظهر)					
	القراءات التي تم تسجيلها من قبل الباحث				قراءات محطات الأرصاد م°		القراءات التي تم تسجيلها من قبل الباحث				قراءات محطات الأرصاد م°	
	أعلى قراءة م°	أدنى قراءة م°	المتوسط م°	معامل الانحراف المعياري	مطار الملك خالد	المطار القديم	أعلى قراءة م°	أدنى قراءة م°	المتوسط م°	معامل الانحراف المعياري	مطار الملك خالد	المطار القديم
الخريف٢٠٠٠/١١/٢م	٢٣,٩	١٤,٩	١٩	١,٩	١٧,٨	١٩	٣٣	٢٦,٤	٢٩,٦	١, -	٣٠,٢	٣٠
الشتاء ٢٠٠١/٢/٢٨م	١٨,٩	٨,٦	١٣,٩	٢,٣	١٠,٥	١٣	٢٩,٩	١٧,١	٢٥,٧	٢,١	٢٧	٢٧
الربيع ٢٠٠١/٥/١٠م	٢٨	١٦,٥	١٤,١	٢,٣	٢٢,٥	٢٤	٤٤,١	٢٩,٣	٣٧,٢	٢,٤	٣٨,٣	٣٨
الصيف ٢٠٠١/٧/٥م	٣٥,٢	١٦,٢	٢٨,٢	٣,٧	٢٥,٨	٢٩	٥٠,٥	٢٣,٤	٤٢,١	٢,٥	٤٢,٦	٤٢

أ) دراسة الظاهرة في فصل الصيف

يمثل الشكلان رقما(٤ ، ٥) دراسة لظاهرة الجزيرة الحرارية في مدينة الرياض وذلك في اليوم الخامس من شهر يوليه ٢٠٠١م عند الساعة السادسة صباحاً والساعة الثالثة بعد الظهر على التوالي. ويظهر في الشكل (٤) أن الجزيرة الحرارية تقع في وسط المدينة ولكن باستطالة تمتد نحو شرق المدينة مع وجود بؤرة حرارية في أقصى الشرق كما أن هناك جزيرة حرارية تقع في أقصى الجنوب الغربي من المدينة وقد يكون للرياح الشمالية السائدة في ذلك اليوم تأثيراً على شكل الجزيرة الحرارية. كما يظهر وجود جيب بارد يخترق وسط المدينة . وتبلغ أعلى درجة سجلت في هذا اليوم ٣٥,٢°م كما أن اقل درجة سجلت كانت ١٦,٢°م أي بمدى كبير يبلغ ١٩°م ويبلغ المتوسط اليومي في حدود ٢٨,٥°م كما أن معامل الانحراف المعياري (Standard Deviation) للدرجات الحرارة يبلغ ٣,٧. وبمقارنة قيمة المتوسط الصباحي بما تم تسجيله في محطة الأرصاد بمطار الرياض القديم والذي يقع حالياً وسط المدينة نجد أنه يقل عنه بنصف درجة مئوية فقط.



الشكل رقم (٤). الخطوط الكنتورية الحرارية وموقع الجزيرة الحرارية من مدينة الرياض في الساعة السادسة صباحاً من يوم ٢٠٠١/٧/٥م.



الشكل رقم (٥). الخطوط الكنتورية الحرارية وموقع الجزيرة الحرارية من مدينة الرياض في الساعة الثالثة بعد الظهر ٢٠٠١/٧/٥م.

أما الشكل رقم (٥) والذي يمثل الظاهرة في الساعة الثالثة بعد الظهر فنجد أن البؤرتين الحراريتين واللتين كانتا تقعان في الفترة الصباحية في أقصى الشرق وأقصى الغرب تقاربتا بشكل كبير وتركزتا في الجزء الجنوبي من المدينة أما معظم أجزاء المدينة فتسودها درجة حرارة متقاربة وبالأخص في الوسط والشرق فيما عدا بعض البؤر ذات الحرارة الأقل. وتبلغ أعلى درجة سجلت في الظهيرة ٥٠ر٥٠ْم واقل درجة سجلت كانت ٣٣,٤ْم

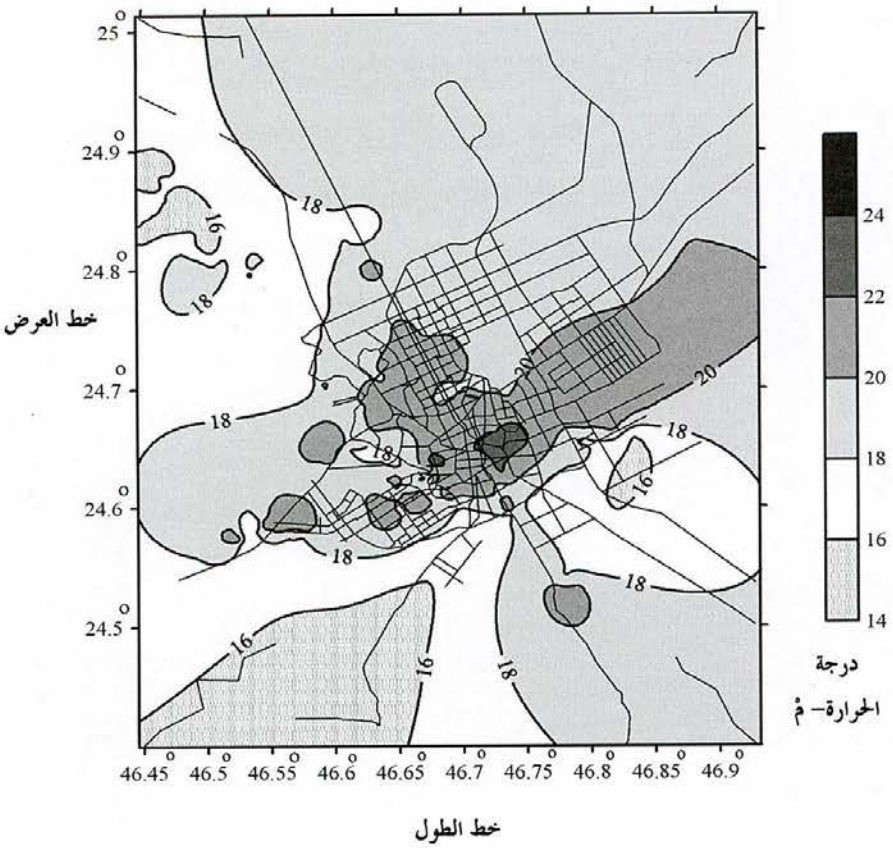
وبمتوسط يبلغ ٤٢°م وبمعامل انحراف معياري لدرجات الحرارة يبلغ ٢,٥ ويبلغ الفرق بين أقل وأكبر درجة حرارة ١٧,١°م . وتتطابق درجة الحرارة المسجلة في محطة الأرصاد بالمطار القديم مع متوسط درجات الحرارة المسجلة لمختلف أجزاء المدينة وخارجها.

وبمقارنة المتوسط اليومي لمجموع القراءات والذي يبلغ ٣٥,٢°م نجد أنه يقارب بشكل كبير متوسط ما تم تسجيله ذلك اليوم في محطة الأرصاد بالمطار القديم ويبلغ ٣٥,٦°م .

وللتأكد من موقع الجزيرة الحرارية من المدينة على مدار اليوم فقد تم حساب معامل الارتباط (Correlation Coefficient) بين القراءات الصباحية وقراءات ما بعد الظهر وقد بلغ المعامل ٠,٣١ وهذه القيمة المنخفضة لمعامل الارتباط تؤكد بان هناك إزاحة في موقع الجزيرة على المدينة ما بين الفترة الصباحية وما بعد الظهر وهذا ما يعرضه الشكلان رقما (٤ ، ٥) ويرجح بأن السبب في الإزاحة يرجع إلى نشاط الرياح الشمالية الغربية في وسط النهار.

ب) دراسة الظاهرة في فصل الخريف

يمثل الشكلان رقما (٦،٧) دراسة الظاهرة في مدينة الرياض في اليوم الثاني من شهر نوفمبر ٢٠٠٠م وذلك عن الساعة السادسة صباحاً والساعة الثالثة بعد الظهر على التوالي. ويظهر من الشكل رقم (٦) بأن تركز الظاهرة في وسط المدينة مع امتداد طويل باتجاه الشرق مع بعض البؤر المتناثرة غرب وجنوب المدينة . وتبلغ أعلى درجة سجلت ف هذه الفترة ٢٣,٩°م كما أن أدنى درجة سجلت ١٤,٩°م أي بمدى يبلغ ٩°م ويبلغ متوسط الدرجات المسجلة في تلك الفترة ١٩°م وبمعامل انحراف معياري لجميع القراءات يبلغ ١,٩. وبمقارنة المتوسط الصباحي بما تم تسجيله في محطة الأرصاد بالمطار القديم بوسط المدينة نجد أنه يتطابق تماماً مع متوسط الدرجات المسجلة.

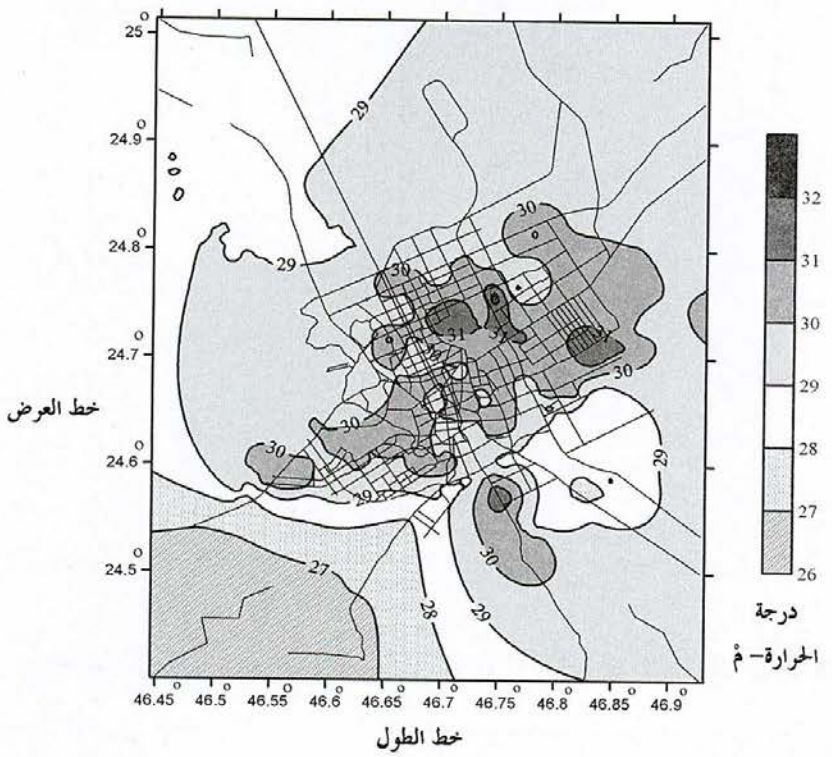


الشكل رقم (٦). الخطوط الكنتورية الحرارية وموقع الجزيرة الحرارية من مدينة الرياض في الساعة السادسة صباحاً من يوم ٢٢/١١/٢٠٠٠م.

أما الشكل رقم (٧) والذي يمثل الجزيرة الحرارية في الساعة الثالثة بعد الظهر فنجد أن الامتداد الشرقي للجزيرة الحرارية عاد ليندمج مع جسمها لتسود معظم أجزاء المدينة مع بعض البؤر ذات التركيز الحراري الأعلى. وتبلغ أعلى درجة حرارة سجلت بعد الظهر ٣٣°م كما أن اقل درجة حرارة سُجلت بلغت ٢٦,٤°م ومعامل الانحراف المعياري لجميع القراءات يبلغ ١°م ويبلغ الفرق بين أكبر وأصغر درجتين سجلت ٦,٦°م وتزيد درجة الحرارة المسجلة في محطة الأرصاد بالمطار القديم عن متوسط القراءات المسجلة بأقل من نصف درجة مئوية.

وبمقارنة المتوسط اليومي لمجموع القراءات والذي يبلغ ٢٤,٣°م نجد أنه يكاد يتطابق مع المتوسط لقراءات الأرصاد والذي يبلغ ٢٤,٥°م .

وللتأكد من موقع تركز الجزيرة الحرارية من مدينة الرياض فقد تم حساب معامل الارتباط بين القراءات الصباحية وقراءات ما بعد الظهر وقد بلغ المعامل ٠,٦٢ مما يدل على أن موقع تركز الظاهرة بعد الظهر لا يختلف كثيراً عن الفترة الصباحية وهذا ما تؤكده الخرائط الكنتورية الحرارية في الشكلين رقمي (٦،٧) .

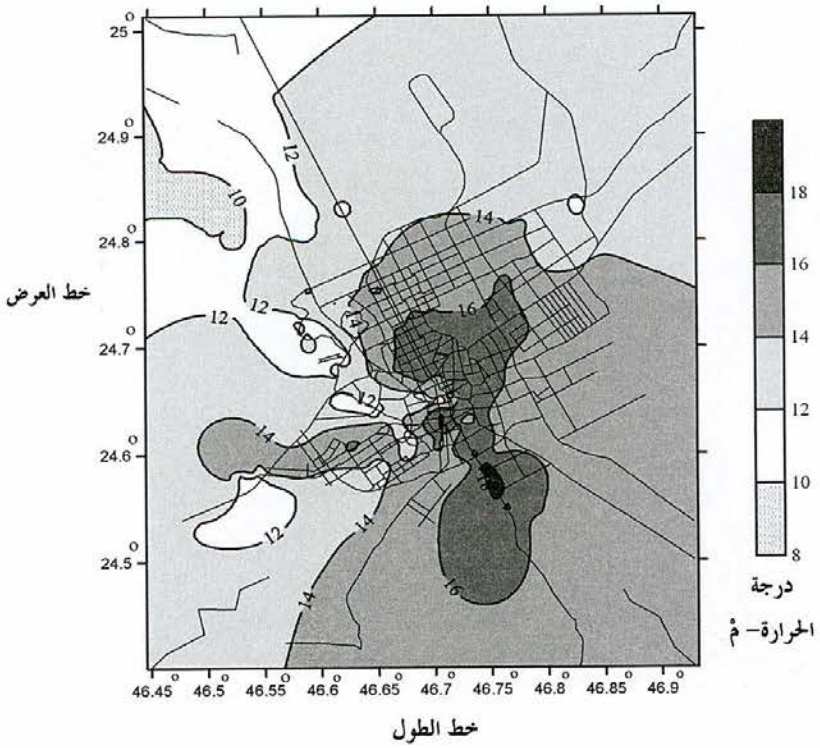


الشكل رقم (٧). الخطوط الكنتورية الحرارية وموقع الجزيرة الحرارية من مدينة الرياض في الساعة الثالثة بعد الظهر ٢٠٠٠/١١/٢٢م.

دراسة الظاهرة في فصل الشتاء

الشكلان (٨،٩) يمثلان دراسة للجزيرة الحرارية في مدينة الرياض في اليوم الثامن والعشرين من شهر فبراير ٢٠٠١م وذلك عند الساعة السادسة صباحاً والساعة الثالثة بعد الظهر

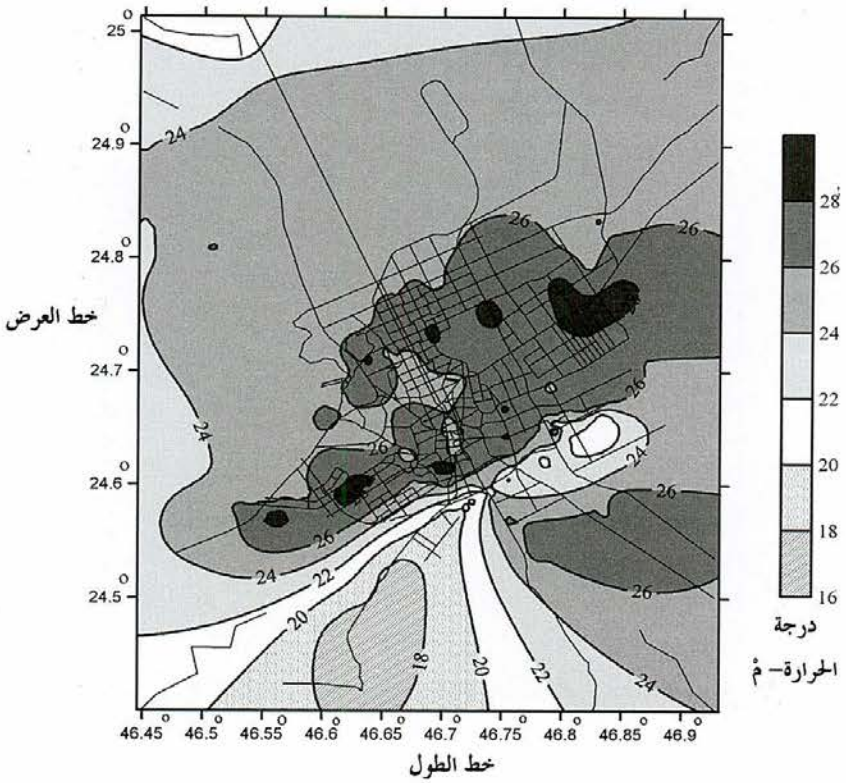
على التوالي. ويُظهر الشكل (٨) بأن تركز الجزيرة الحرارية كان في وسط المدينة مع امتداد طويل إلى الجنوب. وتبلغ أعلى درجة سجلت في هذه الفترة ١٨,٩°م، كما أن أدنى درجة سجلت كانت ٨,٦°م أي بمدى يبلغ ١٠,٣°م ويبلغ متوسط الدرجات المسجلة ١٣,٩°م وبمعامل انحراف معياري لجميع القراءات يبلغ ٢,٣. وبمقارنة المتوسط الصباحي بما تم تسجيله في محطة الأرصاد بالمطار القديم بوسط المدينة نجد أن المتوسط الصباحي يزيد بتسعة أعشار الدرجة.



الشكل رقم (٨). الخطوط الكنتورية الحرارية وموقع الجزيرة الحرارية من مدينة الرياض وذلك عند الساعة السادسة صباحاً من يوم ٢٠٠١/٢/٢٨م.

أما الشكل (٩) والذي يمثل دراسة الجزيرة الحرارية في فترة ما بعد الظهر فنجد أن الامتداد الطويل من وسط المدينة إلى جنوبها قد تغير كلياً وعاد التركيز الحراري ليأخذ شكل الاستطالة على محور الشرق والغرب. كما أن وسط المدينة كان اقل أجزاء هذا

الامتداد تركيزاً وتركزت بشكل واضح على الأحياء الشرقية والغربية من المدينة. وقد بلغت أعلى درجة سجلت في هذه الفترة ٢٩,٦°م كما أن أدنى درجة سجلت كانت ١٧,١°م أي بمدى يبلغ ١٢,٨°م وبلغ متوسط الدرجات المسجلة بعد الظهر مع ما تم تسجيله في محطة الأرصاد بالمطار القديم نجد أن متوسط الدرجات المسجلة يقل بـ ١,٣°م عما هو مسجل في محطة الأرصاد .

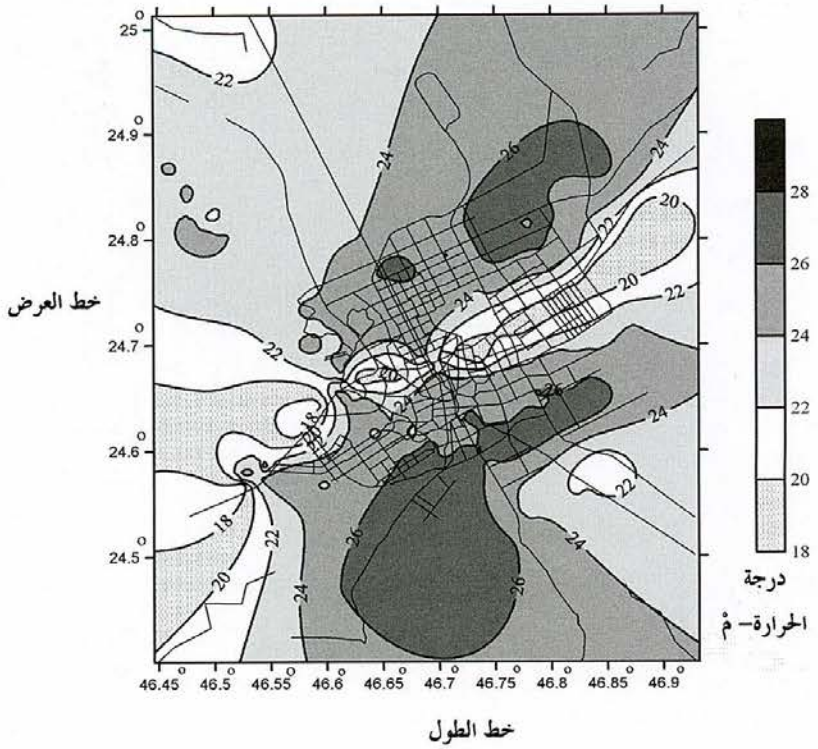


الشكل رقم (٩). الخطوط الكنتورية الحرارية وموقع الجزيرة الحرارية من مدينة الرياض وذلك عند الساعة الثالثة بعد الظهر من يوم ٢٠٠١/٢/٢٨م.

وللتأكد من أن موقع الجزيرة الحرارية قد تغير بصورة جذرية فقد تم حساب معامل الارتباط بين القراءات الصباحية وقراءات ما بعد الظهر وقد بلغ المعامل ٠,١٦ وهذه القيم المنخفضة تؤكد تغير شكل الجزيرة الحرارية مما كانت عليه صباحاً .

دراسة الظاهرة في فصل الربيع

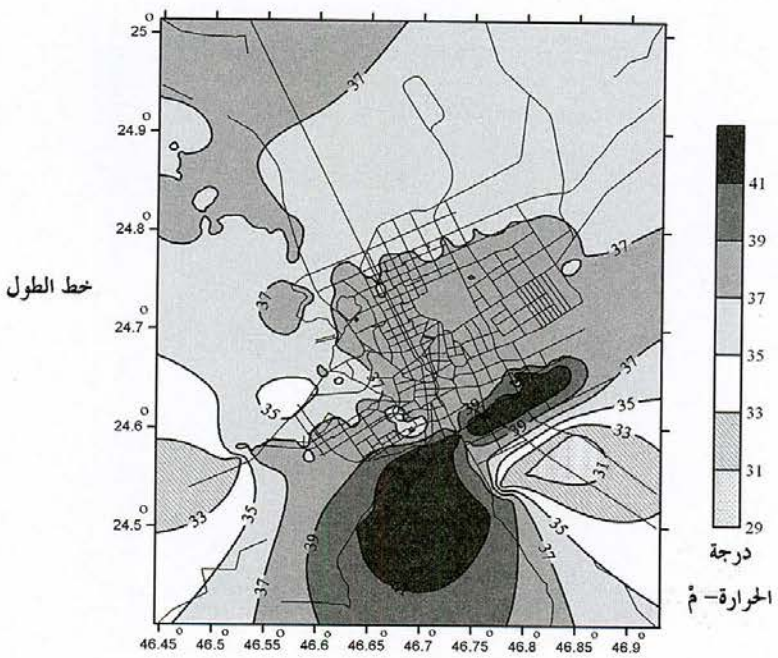
يمثل الشكلان (١١ ، ١٠) دراسة الجزيرة الحرارية في مدينة الرياض في اليوم العاشر من شهر مايو ٢٠٠١م وذلك عن الساعة السادسة صباحاً والساعة الثالثة بعد الظهر على التوالي. ويظهر من الشكل رقم (١٠) بأن تركز الجزيرة الحرارية في الفترة الصباحية كان في أطراف المدينة الجنوبية والشمالية الشرقية. أما وسط المدينة فقد اخترقه جيب هوائي بارد وذلك على محور الشرق والغرب. وقد كانت أعلى درجة سجلت في هذه الفترة ٢٨°م، كما أن أدنى درجة سجلت كانت ١٦,٥°م، أي بمدى يومي كبير بلغ ١١,٥°م. وبلغ متوسط الدرجات المسجلة ٢٤,١°م وبمعامل انحراف معياري لجميع القراءات ٢,٣. وبمقارنة المتوسط الصباحي بما تم تسجيله في محطة الأرصاد بالمطار القديم نجد انهما متطابقان تقريباً.



الشكل رقم (١٠). الخطوط الكنتورية الحرارية وموقع الجزيرة الحرارية من مدينة الرياض في الساعة السادسة صباحاً من يوم ٢٠٠١/٥/١٠م.

آما الشكل رقم (١١) والذي يمثل الجزيرة الحرارية في فترة ما بعد الظهر فيوضح أن تركز الجزيرة الحرارية استمرت في الأطراف الجنوبية إلا أن الجزيرة التي كانت في شمال شرقي المدينة وكذلك الجيب البارد قد اختفيا تماماً. وقد بلغت أعلى درجة سجلت في هذه الفترة ٢٤,١°م ، كما بلغت أدنى درجة مسجلة ٢٩,٣°م وقد بلغ المدى اليومي ١٤,٨°م أما متوسط الدرجات المسجلة فقد بلغ ٣٧,٢°م وبمعامل انحراف معياري لكافة القراءات بلغ ٢,٤. وبمقارنة متوسط الدرجات المسجلة مع ما تم قياسه في محطة الأرصاد في المطار القديم، نجد متوسط الدرجات المسجلة يقل بمقدار ٠,٨°م فقط.

وللتأكد من ثبات الجزيرة الحرارية أثناء النهار فقد تم حساب معامل الارتباط بين القراءات الصباحية وقراءات ما بعد الظهر وقد بلغ ٠,٥٦ وهذا يؤكد أن هناك ثباتاً متوسطاً لجزء كبير من الجزيرة الحرارية .



الشكل رقم (١١). الخطوط الكنتورية الحرارية وموقع الجزيرة الحرارية في مدينة الرياض في تمام الساعة الثالثة بعد الظهر ٢٠٠١/٥/١٠م.

مقارنة الظاهرة بين الفصول الأربعة

يوضح الجدول رقم (٢) الخصائص والسمات العامة لظاهرة الجزيرة الحرارية العمرانية بمدينة الرياض خلال فصول العام الأربعة وقد تم التركيز على أربع سمات رئيسية وهي درجة الحرارة السائدة والمقصود بهذه السمه معرفة درجة الحرارة التي تغطي معظم أجزاء المدينة ، ونسبة تغطية الجزيرة من مساحة المدينة وشدة التركيز الحراري للجزيرة والتي تمثل الفرق بين درجة الحرارة السائدة ودرجة الحرارة في خارج المدينة (المطار) وكذلك الفرق بين درجة الحرارة السائدة وأقل درجة حرارة مسجلة ، واخيراً استقرار الجزيرة الحرارية على المستوى اليومي والذي يعطي دلالة على تحرك الجزيرة الحرارية ويعبر عنه معامل الارتباط بين قراءات الصباح وبعد الظهر.

الجدول رقم (٢). خصائص وسمات الجزيرة الحرارية بمدينة الرياض.

	صباحاً				بعد الظهر				
الفصل	درجة الحرارة السائدة م°	الفرق بين المدينة وخارج المدينة م°	اقل درجة مسجلة م°	نسبة تغطيتها من مساحة المدينة	درجة الحرارة السائدة م°	الفرق بين المدينة وخارج المدينة م°	اقل درجة مسجلة م°	نسبة تغطيتها من مساحة المدينة	استقرار الجزيرة الحرارية
الخريف	٢١	٣ر٢	٦ر١	٦٠٪	٣٠	٠ر٢	٣ر٦	٧٠٪	٠ر٦٢
الشتاء	١٥	٤ر٥	٦ر٤	٨٥٪	٢٦	١ر٠	٨ر٩	٨٥٪	٠ر١٦
الربيع	٢٥	٢ر٥	٨ر٥	٧٥٪	٣٧	١ر٣	٧ر٧	٨٠٪	٠ر٥٦
الصيف	٢٩	٣ر٢	١٢ر٨	٨٠٪	٤٣	صفر	٩ر٦	٤٠٪	٠ر٣١

ومن الجدول يتضح كذلك ما يلي :

١- أن نسبة تغطية الجزيرة الحرارية يتراوح من ٦٠-٨٥٪ من مساحة مدينة الرياض وذلك بخلاف بؤر التركيز الحراري والتي عادة ما يكون نطاقها محدوداً وذلك حسب ما هو واضح في الخرائط الكنتورية الحرارية .

٢- في كافة فصول العام فإن ظاهرة الجزيرة الحرارية تعتبر أكثر بروزاً في الليل والصباح الباكر عنها في فترة ما بعد الظهر فأثناء الليل والصباح الباكر نجد أن الفرق بين درجة الحرارة السائدة ودرجة حرارة مطار الملك خالد (شدة التركيز الحراري) يتراوح ما بين ٢,٥- ٤,٥ْم في حين أن (شدة التركيز الحراري) في فترة ما بعد الظهر تتراوح من صفر - ١,٣ْم وهو فرق ضئيل جداً .

وهذه النتيجة تتفق مع ما أورده جيفوني[٥] من أنه في المدن الكبيرة من المعتاد ملاحظة أن درجة الحرارة ليلاً داخل المدن تكون أعلى بـ ٣- ٥ْم عند درجات الحرارة خارج المدن في حين أن درجة الحرارة داخل المدن أثناء النهار تكون أعلى من خارج المدن - ١-٢ْم وأحياناً اقل .

٣- على الرغم من أن درجة الحرارة السائدة داخل مدينة الرياض في كافة الأحوال أعلى من درجة الحرارة خارج المدينة (مطار الملك خالد) ألا أنه قد سجلت درجات حرارة داخل مدينة الرياض اقل مما سجل بالمطار وهذا يشير إلى أن هناك مواقع داخل المدينة وعلى أطرافها وخصوصاً على طول وادي حنيفة.

مقارنة الظاهرة في مدينة الرياض مع المدن الأخرى

يوضح الجدول (٣) درجات الحرارة التبريدية والتدفئة اليومية (Cooling&Heating Degree Days) لوسط مدينة الرياض وكذلك لخارج مدينة الرياض لأشهر العام ومن الجدول تم احتساب الفرق بالزيادة في الدرجات التبريدية والنقص في درجات التدفئة. ويتضح من الجدول بأن هناك زيادة في درجات الحرارة التبريدية داخل المدينة عن خارجها تبلغ ٢٢١ درجة حرارية تمثل زيادة في المتطلبات التبريدية تبلغ ٧,٧٪ كما أن هناك نقصاً في الدرجات اليومية للتدفئة يبلغ ٧٨ درجة حرارية تمثل خفضاً نسبته ٢٢,٨٪ في متطلبات التدفئة ونظراً لأن حجم المتطلبات التبريدية يفوق متطلبات التدفئة فإن التركيز سيكون على الأثر السلبي للظاهرة على المتطلبات التبريدية.

الجدول رقم (٣). درجات الحرارة التبريدية اليومية وكذلك درجات التدفئة اليومية حسب القراءات المسجلة في المطار القديم (وسط الرياض) ومطار الملك خالد (خارج الرياض) ونسبة الزيادة أو النقص.

الشهر	وسط مدينة الرياض			خارج مدينة الرياض				
	متوسط درجة الحرارة	درجات الحرارة التبريدية اليومية	درجات الحرارة التدفئة اليومية	متوسط درجة الحرارة	درجات الحرارة التبريدية اليومية	درجات الحرارة للتدفئة اليومية	الفرق	النسبة
يناير	١٣ر٨	-	١٣٥	١٢ر٩	-	١٦٢	- ٢٧	- ٢١٪
فبراير	١٦ر٥	-	٥٤	١٥ر٦	-	٨١	- ٢٧	- ٣٣ر٣٪
مارس	٢٠ر٦	٦٩	-	١٩ر٨	٤٥	-	٢٤	٥٣ر٣٪
ابريل	٢٦	٢٣١	-	٢٥ر٢	٢٠٧	-	٢٤	١١ر٦٪
مايو	٣٢ر٣	٤١٤	-	٣١ر٥	٣٩٦	-	١٨	٤ر٥٪
يونية	٣٤ر٨	٤٩٤	-	٣٤ر١	٤٧٤	-	٢٠	٤ر٢٪
يوليه	٣٦ر١	٥٣٤	-	٣٥ر٣	٥١٠	-	٢٤	٤ر٧٪
اغسطس	٣٥ر٩	٥٢٨	-	٣٥ر١	٥٠٤	-	٢٤	٤ر٨٪
سبتمبر	٣٢ر٨	٤٣٥	-	٣١ر٩	٤٠٨	-	٢٧	٦ر٦٪
أكتوبر	٢٨ر١	٢٩٤	-	٢٧ر٢	٢٦٧	-	١٧	٦ر٤٪
نوفمبر	٢١ر٦	٩٩	-	٢٠ر٥	٦٦	-	٣٣	٥٠٪
ديسمبر	١٥ر٨	-	٧٥	- ر١٥	-	٩٩	- ٢٤	- ٢٤٪
المجموع		٣٠٩٨	٢٦٤		٢٨٧٧	٣٤٢		

الزيادة في متطلبات التبريد تمثل ٧,٧٪

النقص في متطلبات التدفئة تمثل ٢٢,٨٪

يوضح الجدول رقم (٤) يوضح البيانات المنشورة عن درجات الحرارة التبريدية اليومية وكذلك درجات التدفئة اليومية لبعض المدن الأمريكية. وقد أضيفت بيانات مدينة الرياض وذلك ليمكن المقارنة بين مدينة الرياض والمدن الأمريكية في درجة استفحال الظاهرة. وتجدر الإشارة إلى أن الأساس الذي تم عليه احتساب الدرجات الحرارية التبريدية والتدفئة اليومية هو ١٨,٣°م.

يتضح من الجدول أن الزيادة في المتطلبات التبريدية للمدن الأمريكية تراوحت ما بين ١١٪ كما في مدينة سانت لويس ٩٢٪ كما في مدينة لوس انجلوس في حين أن هذه الزيادة لم

تتجاوز ٧,٧٪ لمدينة الرياض. وهذه النتيجة تبين أنه على الرغم من أن هناك زيادة في الاحتياجات التبريدية نتيجة لظاهرة الجزيرة الحرارية إلا أن حجم المشكلة يقل بصورة واضحة عن كل المدن الأمريكية. ومرد هذه النتيجة يمكن أن يعود إلى أن الكثافة البنائية في مدينة الرياض منخفضة كما أن رتفاعات المباني محدود جداً فمعظم المباني لا يزيد ارتفاعها عن دورين كما أن النسيج العمراني مفكك والمسافات البينية واسعة أما ألوان المباني فيغلب عليها اللون الفاتح. وموقع مدينة الرياض منبسط ومفتوح للرياح السائدة ولا توجد عوائق تحجز حركة الهواء وتؤدي إلى تكون البؤر الحرارية.

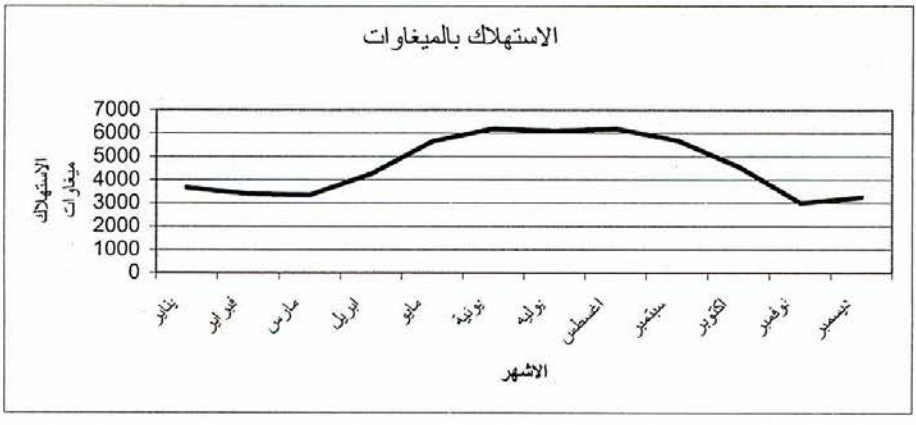
الجدول رقم (٤). مقارنة الخفض في درجات التدفئة اليومية والزيادة في درجات التبريد اليومية.

المدينة	درجات الحرارة التدفئة اليومية			درجات الحرارة التبريدية اليومية		
	داخل المدينة	المطار (خارج المدينة)	الفرق %	داخل المدينة	المطار (خارج المدينة)	الفرق %
لوس انجلوس	٣٨٤	٥٦٢	-٣٢	٣٦٨	١٩١	+٩٢
واشنطن (العاصمة)	١٣٠٠	١٣٧٠	-٦	٤٤٠	٣٦١	+٢١
سانت لويس	١٣٨٤	١٤٦٦	-٦	٥١٠	٤٥٩	+١١
نيويورك	١٤٩٦	١٦٠٠	-٧	٣٣٣	٢٦٨	+٢٤
بالتيمور	١٢٦٦	١٤٥٩	-١٤	٤٦٤	٣٤٤	+٣٥
سياتل	٢٤٩٣	٢٨٨١	-١٣	١١١	٧٢	+٥٤
ديترويت	٣٤٦٠	٣٥٥٦	-٣	٤١٦	٣٦٦	+١٤
شيكاغو	٣٣٧١	٣٦٠٩	-٧	٤٦٣	٣٧٢	+٢٤
دنفر	٣٠٥٨	٣٣٤٢	-٨	٤١٦	٣٥٠	+١٩
الرياض	٢٦٤	٣٤٢	-٢٢ر٨	٣٠٩٨	٢٨٧٧	+٧ر٧

الأثر الاقتصادي للظاهرة

يؤدي ارتفاع درجة الحرارة داخل المدينة إلى زيادة في الاحتياجات التبريدية في فصول الصيف والربيع والخريف وتنعكس هذه الزيادة على الاستهلاك الكهربائي للمدينة في هذه الفصول . يوضح الشكل رقم (١٢) منحنى متوسط الطلب على الطاقة الكهربائية خلال عام ٢٠٠٢م . ومن هذا المنحنى نجد أن اقل طلب على الطاقة الكهربائية يبلغ ٣٠٠٠ ميغاوات ويقع في شهر نوفمبر.

ونظراً لأن هذه الفترة لا تمثل نمطاً خاص للنشاط في مدينة الرياض فيمكن اعتبار الاستهلاك في تلك الفترة هو الأساس الذي يمكن اعتبار ما زاد عنه مرتبطاً بصورة أساسية بزيادة درجة الحرارة وبالاحتياج إلى التكييف .



الشكل رقم (١٢). متوسط استهلاك الطاقة الكهربائية لمدينة الرياض لعام ٢٠٠٢م.

يوضح الجدول رقم (٥) متوسط استهلاك الطاقة الكهربائية لمدينة الرياض لأشهر التبريد . كما يوضح متوسط الاستهلاك لأغراض التبريد وكذلك الزيادة في الاستهلاك لمقابلة الزيادة في درجات الحرارة نتيجة للجزيرة الحرارية ومن الجدول فإن إجمالي متوسط الاستهلاك الشهري لمقابلة الزيادة نتيجة للجزيرة الحرارية يبلغ ١٣٦٢ ميغاوات وبالتالي فإن إجمالي الطاقة المستهلكة لعام ٢٠٠٢م نتيجة لهذه الزيادة تبلغ ٩٨٠٦٤٠ ميغاوات.ساعة وحسب ما ورد في التقرير السنوي للشركة السعودية للكهرباء[١٢] فإن تكلفة إنتاج وتوزيع كل كيلووات.ساعة من الكهرباء يبلغ ١١,٦٥ هلله وعليه فإن التكلفة الإجمالية للزيادة في استهلاك الكهرباء لمقابلة الارتفاع في درجات حرارة مدينة الرياض تزيد عن ١١٤ مليون ريال .

الجدول رقم (٥) متوسط استهلاك الطاقة الكهربائية لمدينة الرياض لأشهر التبريد والزيادة في متوسط الاستهلاك لمقابلة اثر الجزر الحرارية.

اشهر التبريد	متوسط الاستهلاك(MW)	متوسط الاستهلاك للتبريد (MW)	الزيادة في درجات الحرارة التبريدية (٪)	الزيادة في متوسط الاستهلاك لمقابلة الزيادة في الدرجات التبريدية (MW)
مارس	٣٣٥٠	٣٥٠	٥٣ر٣	١٨٦ر٦
ابريل	٤٢٥٠	١٢٥٠	١١ر٦	١٤٥
مايو	٥٦٥٠	٢٦٥٠	٤ر٥	١١٩ر٢٥
يونية	٦٢٠٠	٣٢٠٠	٤ر٢	١٣٤ر٤
يولية	٦١٠٠	٣١٠٠	٤ر٧	١٤٥ر٧
اغسطس	٦٢٠٠	٣٢٠٠	٤ر٨	١٥٣ر٦
سبتمبر	٥٧٠٠	٢٧٠٠	٦ر٦	١٧٨ر٢
أكتوبر	٤٥٥٠	١٥٥٠	٦ر٤	٩٩ر٢
نوفمبر	٣٤٠٠	٤٠٠	٥٠	٢٠٠

معالجة الظاهرة والحد من استفحالها

على الرغم من أن ظاهرة الجزر الحرارية في مدينة الرياض محدودة الحجم والشدة مقارنة مع عدد لا بأس به من المدن الأمريكية التي توازيها في المساحة إلا أن التكلفة المالية لوجود هذه الظاهرة يكلف الاقتصاد المحلي للمدينة ما لا يقل عن ١١٤ مليون ريال سنوياً وهذه التكلفة تؤكد أهمية السعي الحثيث لمعالجة الآثار السلبية لهذه الظاهرة والحد من استفحالها . أن معالجة الظاهرة والحد من استفحالها يقتضي معالجة مسبباتها الرئيسية والتي يمكن التفاعل معها

والتحكم فيها وذلك من خلال تبنى السياسات التخطيطية والتصميمية التي تكفل عدم استفحال الظاهرة ومن ذلك ما يلي :

١- التأكيد على أهمية المحافظة على الكثافة البنائية المنخفضة والحد من المباني العالية لتقليل الحرارة الناتجة من التجمعات السكانية الكثيفة .

٢- زيادة المسافات بين المباني العالية وذلك لتلافي إعاقة حركة الهواء .

٣- توجيه الطرق والشوارع الرئيسية باتجاه الرياح السائدة وذلك لتيسير طرد الحرارة وسط المدينة .

٤- رفع معامل انعكاس المباني وخصوصاً الأسطح بتبني الألوان الفاتحة وذلك لتقليل امتصاص المباني للحرارة .

٥- تقليل مسطحات الإسفلت وتظليها .

٦- التوسع في التشجير وذلك للتخفيف من الحرارة العالية بواسطة التظليل والتبخير وخصوصاً في المناطق المحيطة بالطرق الرئيسية والمناطق الصناعية .

٧- نقل النشاطات الخدمية والصناعية التي تنتج الملوثات والحرارة إلى أطراف المدينة المعاكسة لاتجاه الرياح السائدة .

٨- التوسع في النقل العام الجماعي للحد من الحرارة الناتجة من الزيادة في استعمال السيارات الخاصة وما يترتب عليه من زيادة في الانبعاثات الحرارية .

شكر وتقدير : يشكر الباحث مركز البحوث بكلية العمارة والتخطيط بجامعة الملك سعود على تمويله لهذه الدراسة كما يشكر الباحث كل من الدكتور/ عبدالله بن محمد القرني ومجموعة الطلاب الذين شاركوا في جمع بيانات الدراسة وتسجيلها .

المراجع

[١] Estes, M.&et.al, The Urban Heat Island Phenomenon and Potential Mitigation Strategies, http//www.asu.edu/caed/proceedings99/ESTES.html,1999

[٢] http://www.mech. Urban Warming in the Tokyo Metropolitan Area, .tohoku.ac.jp/mech_labs/tssaitoh/E-hi2.html

[٣] http://www.eren.doe.gov/cities-US DOE, Cooling Our Cities, .counties/coolcit.html

[٤] Gallo, K. & et-al. "The Use of NOAA ABHRR Data for Assessment of The Urban Heat Island Effect", in *Journal of Applied Meteorology*, .http://www.ciesin.org/docs/005-392/oo5-392/html

[٥] Givoni, B. *Climate Considerations in Building and Urban Design*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1998.

[٦] Taha, H. Urban Climate and Heat Islands: Albedo, Evapotranspiration, and Anthropogenic Heat, in Energy and Buildings (25) Elsevier Science, (1997).

[٧] Akbari, H. Overview Heat Island Program Presentations, .http://eande.lbl.gov/heatisland/LEARN/overview/index.html.1999

[٨] المقرن، خالد بن عبدالله. "مدخل لترشيد استهلاك المباني للطاقة الكهربائية في مدينة الرياض" *مجلة جامعة الملك سعود العمارة والتخطيط*، المجلد السادس، ١٩٩٤م.

[٩] Watkins, R. *The Impact of Urban Environment on the Energy Demand for Cooling Buildings-Literature Review*. England: BRE , 1999.

[١٠] الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض، تطوير، العدد ٣٢١، ١٤٢٣هـ.

[١١] Al-Megren, K. "Wind Towers for Passive Ventilative Cooling in Hot-Arid Regions". ph.D Dissertation, University of Michigan, 1987.

[١٢] الشركة السعودية للكهرباء، التقرير السنوي، ٢٠٠٢ م.

Heat Island Phenomenon in Desert Cities: The City of Riyadh as a Case Study.

Khalid A. M. Al-Saud
College of Architecture & Planning
King Saud University
e-mail : kmsaud@hotmail.com
(Recieved 3/8/1424; accepted for publication 26/1/1425)

Abstract. The urban growth of cities, accompanied with an increase in human activities which produce heat and pollutants, reflects negatively on the characteristics of climate, especially air temperature, within cities.

Among the phenomena associated with temperature rise inside cities is "The Heat Island". The heat island affects buildings by increasing cooling requirements and decreasing heating requirements.

The city of Riyadh is considered among the modern cities that grows rapidly within a desert environment. It includes varities of human and industrial activities that have great effects on the city micro-climate. The goal of this study is to explore the phenomenon within the city of Riyadh in terms of expansion, intensity and its economic consequences.

The researcher conducted field measurements in various parts of the city during the four seasons. A thorough data analysis has been performed including drawing maps of the city temperature contoures.

The outcomes of the study show that the heat island phenomenon do exist in the city of Riyadh and it is more pronounced in the early morning, before sun-rise.

The economic impact of the heat island in term of losses is estimated, annually, to be around (114) million Saudi Riyals.