



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الموصل

كلية التربية للعلوم الإنسانية

قسم الجغرافيا

تحديد مقدار التغير في الجزيرة الحرارية لمدينة الموصل وعلاقتها بالتلوث البيئي دراسة باستخدام التقنيات الجغرافية

وليد خالد محمد شبيب المتيوتي

رسالة ماجستير

الجغرافية / الجغرافية الطبيعية

بإشراف

الأستاذ المساعد الدكتور

الأستاذ الدكتور

سحر سعيد قاسم الطائي

قصي كمال الدين الأحمدى

**تحديد مقدار التغير في الجزيرة الحرارية لمدينة الموصل
وعلاقتها بالتلوث البيئي دراسة باستخدام التقنيات
الجغرافية**

رسالة تقدم بها

وليد خالد محمد شبيب المتيوتي

**إلى مجلس كلية التربية للعلوم الإنسانية في جامعة الموصل وهي جزء من
متطلبات نيل شهادة الماجستير في العلوم الإنسانية/ الجغرافية الطبيعية**

بإشراف

**الأستاذ الدكتور
الأستاذ الدكتور
قصي كمال الدين الأحمدي سحر سعيد قاسم الطائي**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ وَانذُرُوا إِذْ جَعَلَكُمْ خُلَفَاءَ مِنْ بَعْدِ عَادٍ وَبَوَّأَكُمْ فِي الْأَرْضِ
تَتَّخِذُونَ مِنْ سُهُولِهَا قُصُورًا وَتَنْحِتُونَ الْجِبَالَ بُيُوتًا ۖ فَادْكُرُوا
آلَاءَ اللَّهِ وَلَا تَعْنُوا فِي الْأَرْضِ مُفْسِدِينَ ﴾

صدق الله العظيم

سورة الأعراف: الآية 74

إقرار المشرف

أشهد بأن إعداد هذه الرسالة الموسومة (تحديد مقدار التغير في الجزيرة الحرارية لمدينة الموصل وعلاقتها بالتلوث البيئي دراسة باستخدام التقنيات الجغرافية) قد جرى بإشرافي في كلية التربية للعلوم الإنسانية في جامعة الموصل، وهي جزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير في الجغرافية الطبيعية.

التوقيع:

التوقيع:

الاسم: أ. د. قصي كمال الدين الأحمدى

الاسم: أ. م. د. سحر سعيد قاسم الطائي

التاريخ: / / 2024

التاريخ: / / 2024

إقرار المقوم اللغوي

أشهد بأن هذه الرسالة الموسومة (تحديد مقدار التغير في الجزيرة الحرارية لمدينة الموصل وعلاقتها بالتلوث البيئي دراسة باستخدام التقنيات الجغرافية) قد راجعتها وصحت ما ورد فيها من أخطاء لغوية وتعبيرية، وبذلك أصبحت مؤهلة للمناقشة بقدر تعلق الأمر بالسلامة اللغوية وصحة التعبير.

التوقيع:

الاسم:

التاريخ: / / 2024

إقرار رئيس لجنة الدراسات العليا

بناء على التوصيات المقدمة من المشرفين والمقوم اللغوي أرشح هذه الرسالة للمناقشة.

التوقيع:

الاسم: أ. د. صهيب حسن خضر

التاريخ: / / 2024

إقرار رئيس القسم

بناءً على التوصيات المقدمة من المشرفين والمقوم اللغوي ورئيس لجنة الدراسات العليا أرشح هذه الرسالة للمناقشة.

التوقيع:

الاسم: أ. م. د.

التاريخ: / / 2024

إقرار لجنة المناقشة

نشهد نحن أعضاء لجنة التقويم والمناقشة بأننا قد اطلعنا على هذه الرسالة الموسومة
(تحديد مقدار التغير في الجزيرة الحرارية لمدينة الموصل وعلاقتها بالتلوث البيئي دراسة
باستخدام التقنيات الجغرافية) وناقشنا الطالب في محتوياتها وفيما يتعلق بها بتاريخ (/ /
2024) وكانت جديرة بالقبول لنيل شهادة الماجستير في الجغرافية الطبيعية.

التوقيع : التوقيع :

الاسم: الاسم:

عضواً : رئيس لجنة المناقشة :

التاريخ : التاريخ :

التوقيع : التوقيع :

الاسم: أ.د. قصي كمال الدين الأحمدى

عضواً ومشرفاً :

التاريخ : التاريخ :

التوقيع :

الاسم: أ.م. د. سحر سعيد قاسم الطائي

عضواً ومشرفاً :

التاريخ : التاريخ :

قرار مجلس الكلية

صدقت الرسالة من قبل مجلس كلية التربية للعلوم الإنسانية بجلسته المرقمة
..... والمنعقدة في يوم بتاريخ (/ / 2024) .

التوقيع

عميد كلية التربية للعلوم الإنسانية

أ.د. حازم نون إسماعيل

2024/ /

التوقيع

مقرر مجلس الكلية

أ.م. د. عاصم أحمد خليل

2024/ /

الإهداء

الى ابي العزيز... أطل الله في عمره، وأعطاه
المزيد من الصحة والعافية

الى من كانت الداعم الاول لتحقيق طموحي
الى من ابصرت بها طريق حياتي واعتزازي بذاتي
الى القلب الحنون التي كانت دعواتها تحيطني (والدتي الحبيبة)

الى العم العزيز رئيس قسم التاريخ في كلية الاداب الاستاذ الدكتور
(نايف محمد شبيب)

الى من أشد بهم ازري
ومن اهدتهم الحياة اخوة لي
(محمد بشار، احمد، عبدالله، الفاروق، محمد، بشار)

الى الذين اضاءوا لي طريقا نافعا (أساتذتي الاعزاء)
الى وطنٍ وابطالٍ ضحوا بحياتهم من أجلنا ومن اجل الوطن (شهادتنا الابرار)
اهدي لكم جهدي العلمي

الباحث

وليد

شكر وعرفان

ليس بعد اتمام العمل من شي أجمل من الحمد لله، فالحمد لله الذي من اعتصم بحبل رجائه وفقه وهداه، ومن لجأ اليه حفظه ووقاه. ومن تواضع له رفعه وحماه، والصلاة والسلام على خاتم النبيين سيدنا المصطفى الامين محمد (ﷺ) الذي نور العقول بالأفكار وعلى ال بيته الطيبين الطاهرين والصحابة الغر الميامين ينابيع العلم وقواميس الفصاحة ومكنون البلاغة.

يقتضي الوفاء في هذا المقام أن اتقدم بوافر الشكر والتقدير الى اساتذتي الكرام الاستاذ الدكتور **قصي كمال الدين الاحمدي** رئيس جامعتنا الحبيبة الداعم دوماً لإبنائه، والاستاذ المساعد الدكتور **سحر سعيد قاسم الطائي** المتميزة دوماً بعطائها والذين سعدت بإشرافهما على هذه الرسالة ولما قدماه لي من مساعدة وتوجيهات متواصلة خلال فترة اعداد الرسالة الموسومة فلهما من الله عظيم المثوبة والاحسان ومني جزيل الشكر والامتنان.

كما اتقدم بشكري الكبير الى رئيس قسم الجغرافيا الدكتور (**صهيب حسن خضر**) لتذليله المعوقات في سبيل انجاح المسيرة العلمية وكذلك جميع اساتذتي في قسم الجغرافيا على ما اكتسبته منهم من علم ومعرفة خلال فترة دراستي، وخص منهم الدكتورة (**سرى بدر حسين النجماوي**) لما قدمته من نصح وارشاد ساعدا في اتمام هذه الرسالة.

واتقدم بجزيل شكري وتقديري الى رئيس لجنة المناقشة الاستاذ الدكتور (**ريان غازي ذنون يونس**) وأعضاء لجنة المناقشة كلا من الاستاذ المساعد (**أحمد عبد الغفور خطاب عمر**) والاستاذ المساعد الدكتور (**خالد صطم عطية**) لمناقشة الرسالة وابداء الرأي والملاحظات بشأنها فلهم كل التقدير والاحترام.

كما اتقدم بشكري وتقديري الى الاستاذ مساعد الدكتور (**رشا خالد صبري عبدالله**) والاستاذ (**عمر قاسم عثمان العلي**) لما قدماه لي من مساعدة وتعاون فلهما مني كل التقدير والاحترام.

ومن الوفاء أن اتقدم بشكري لزملائي في الدراسات العليا لما قدموه من دعم ومساعدة متمنيا لهم التوفيق في حياتهم، ومن الوفاء أيضا أن أقدم شكري الى الاستاذة (**هدير خضر عبدالله**) لما قدمته من مجهود متمنيا لها التوفيق.

واشكر ختاما كل من مد لي يد العون والمساعدة من اهلي وافراد اسرتي الذين واكبوا هذا العمل بالتشجيع والرعاية، بورك فيهم جميعا وجزاهم الله خير الجزاء... والتمس عذرا عن كل جهد فاتني ان اذكره بحسن نية.

ومن الله التوفيق ...

الباحث

وليد

المستخلص

تعرف ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية (Urban Heat Island) على أنها ارتفاع درجات الحرارة في مركز المدينة وقلبها عن ما يجاورها من مناطق وضواحي، وتتشكل هذه الظاهرة نتيجة تنوع الأنشطة في (المناطق السكنية والصناعية والتجارية والتعليمية، فضلاً عن المناطق الخضراء وحركة المرور وغيرها من إستعمالات الأرض) وما ينتج عن ذلك كله من إنبعاثات حرارية وملوثات على خصائص المناخ داخل المدن.

أنطلقت مشكلة الدراسة من تساؤل رئيس مفاده (هل لوجود الملوثات والأنشطة الاقتصادية والصناعية وغير ذلك من الأنشطة دور في تكوين الجزيرة الحرارية داخل مدينة الموصل؟)

وفي ضوء ذلك صيغت فرضية الدراسة من أن (هناك علاقة بين الملوثات البيئية الناتجة من الأنشطة البشرية وتكوين الجزيرة الحرارية وتباينها)، وبذلك تهدف الدراسة الوصول الى العوامل التي أدت الى تكوين ظاهرة الجزيرة الحرارية والعوامل التي ساهمت في تمركزها في مكان دون اخر في مدينة الموصل، ومعرفة تاثير عناصر المناخ في تشكيل الظاهرة المدروسة وذلك من خلال تحليل وتفسير الظواهر المناخية (الاشعاع الشمسي، درجة الحرارة، الامطار، السحب، الرطوبة النسبية، سرعة الرياح واتجاهها) لدورة مناخية صغرى مدتها عشرون سنة للمدة (2003-2023)، فضلاً عن امكانية معالجة وتحليل المرئيات الفضائية من اجل انشاء ملفات تبرز التباين المكاني الحراري لمنطقة الدراسة على مستوى وحداتها الادارية من مناطق واحياء للمدة ذاتها بالاعتماد على التقنيات الجغرافية الحديثة، الى جانب ايجاد العلاقة ما بين الجزيرة الحرارية والعناصر الملوثة التي تم قياسها بناء على الاجهزة المتوفرة لذلك في منطقة الدراسة.

اعتمدت الدراسة في تحقيق اهدافها في اختيار سبع محطات مناخية افتراضية في مدينة الموصل التي تقع في الجزء الشمالي الغربي من العراق في الحوض الاوسط لنهر دجلة (شمالي العراق) بين دائرتي عرض (40", 14', 36°) و (10", 24', 36°) شمالاً وخطي الطول (30", 05', 43°) و (10", 18', 43°) شرقاً، تم تحديد موقعها ما بين المدينة واطرافها، لاجل التعرف على الاثر الذي تحدثه العوامل والنشاطات المختلفة التي يمارسها الانسان داخل المدينة عن ما يجاورها، اذ تم الاعتماد على وكالة (ناسا) العالمية التي ارفدت البحث بالبيانات المطلوبة.

كما اعتمدت الدراسة على العمل الميداني من اجل رصد العناصر الملوثة اذ تم تقسيم المدينة الى محورين يمثل كل محور من هذه المحاور احد جانبي المدينة (الايمن والايسر)، اذ تضمن كل محور منها عدد من نقاط الرصد بعدد (12) نقطة رصد ، اذ تمت عملية الرصد بواسطة اجهزة لقياس غاز ثاني اكسيد الكاربون (CO_2) والجسيمات العالقة باحجامها الثلاثة (pm_{10} , $pm_{2.5}$, $pm_{1.0}$) وكانت المدة الزمنية لعملية القياس اربعة اشهر خلال فصلي الشتاء والربيع بمعدل ثلاث رصدات في الشهر لكل عنصر وعلى فترتين صباحا ومساء .

ومن أجل الأمام بموضوع الدراسة فقد تم تقسيمها على ثلاث فصول ، تناول الفصل الأول الاطار النظري والمفاهيمي للجزيرة الحرارية الحضرية والتلوث البيئي، اما الفصل الثاني تضمن دراسة العوامل المناخية المؤثرة في الجزيرة الحرارية لمدينة الموصل وما هو الدور الذي تلعبه في ظهور ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية او اقصائها وتحجيمها، وأخيرا الفصل الثالث الذي ركز على دراسة التمثيل المكاني للجزيرة الحرارية، وقد اظهرت النتائج أن متوسط درجة حرارة سطح الارض شهد ارتفاعا ملحوظا خلال فترة الدراسة، كما سجلت المناطق الجرداء اعلى درجة حرارة سطحية على طول فترات الدراسة ، وتضمن الفصل ايضا التباين المكاني والزمني لتركيزات بعض الملوثات الهوائية في مواقع محددة من منطقة الدراسة ومن خلال النتائج التي تم التوصل اليها لاحظنا أن قيم تراكيز الملوثات تتباين من مكان لآخر حسب نوع النشاط البيئي السائد في المواقع المختارة لينتهي الفصل بجانبه الاخير الذي تناولنا فيه التمثيل الثلاثي الابعاد لتاثير الجزيرة الحرارية في مدينة الموصل اعتمادا على الاحصائيات المتعلقة بعدد السكان لحياء منطقة الدراسة ومناطقها اذ دلت النتائج على وجود علاقة طردية ما بين السكان والمناطق التي تشهد ارتفاعا في درجات الحرارة ونسب العناصر الملوثة.

ومن ثم قدمت الدراسة مجموعة من المقترحات كان أهمها العمل على التخفيف من التركز السكاني داخل مدينة الموصل، علاوة على وضع الخطط من الجهات ذات العلاقة التي من شأنها أن تمارس دورها في فرض القوانين والعمل على ايقاف ومنع التجاوز على المسطحات الخضراء وايقاف الامتداد العمراني على حساب الأراضي الزراعية لما لذلك من تأثير على النظام المناخي في المدينة فضلا عن العمل على زيادة المسطحات الخضراء في منطقة الدراسة.

ثبت المحتويات

الصفحة	الموضوع
أ - ب	ملخص البحث
ج - د	ثبت المحتويات
هـ - و	ثبت الجداول
و - ح	ثبت الأشكال
ح - ك	ثبت الخرائط
ك - ل	ثبت الصور
ل	ثبت الملاحق
1	المقدمة
2	أولاً: مشكلة الدراسة
2	ثانياً: فرضية الدراسة
2	ثالثاً: أهمية الدراسة
3	رابعاً: أهداف الدراسة
4	خامساً: منهجية الدراسة
5	سادساً: هيكلية الدراسة
5	سابعاً: الدراسات السابقة
11	ثامناً: الموقع الجغرافي والاحداثي (الفلكي) لمنطقة الدراسة
53-12	الفصل الأول / الإطار النظري والمفاهيمي للجزيرة الحرارية الحضرية والتلوث البيئي
13	تمهيد
44-13	1-1 الجزر الحرارية
54-44	2-1 التلوث البيئي
106-56	الفصل الثاني/ العناصر المناخية المؤثرة في الجزيرة الحرارية لمدينة الموصل

الصفحة	الموضوع
56	تمهيد
106-58	1-1 العناصر المناخية
208-107	الفصل الثالث/ التمثيل المكاني للجزيرة الحرارية
153-108	1-3 التحليل المكاني للتغيرات المحلية لدرجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل
108	تمهيد
189-154	2-3 التباين المكاني والزمني لتركيزات بعض الملوثات الهوائية في مواقع محددة من مدينة الموصل
154	تمهيد
189-181	3-3 التمثيل الثلاثي الابعاد للجزيرة الحرارية في مدينة الموصل
195-191	الاستنتاجات والتوصيات
206-197	المصادر والمراجع
211-208	الملاحق
A - C	Abstract

ثبت الجداول

الصفحة	العنوان	رقم الجدول
49	مساهمة الغازات في ظاهرة الاحتباس الحراري	.1
57	الموقع الفلكي لمحطات منطقة الدراسة	.2
61	المعدلات السنوية للإشعاع الشمسي الواصل (كيلو واط/م ² .يوم) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)	.3
66	المعدلات السنوية لكمية التغطية الغيمية للسماء (%) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)	.4

72	المعدلات السنوية لدرجة حرارة الهواء (م°) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)	.5
76	المعدلات السنوية لدرجة الحرارة العظمى (م°) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)	.6
80	المعدلات السنوية لدرجة الحرارة الصغرى (م°) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)	.7
86	المعدلات السنوية للأمطار (مم) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)	.8
91	المعدلات السنوية للرطوبة النسبية (%) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)	.9
95	المعدلات السنوية للضغط الجوي (كيلو باسكال /م2) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)	.10
101	المعدلات السنوية لسرعة الرياح (م/ثا) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)	.11
105	نسب تكرار الاتجاهات السائدة للرياح (%) على محطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)	.12
113	خصائص المجالات الطيفية للقمر landsat-7 ETM+	.13
114	خصائص المرئيات المستخدمة في الدراسة	.14
115	خصائص وتطبيقات نطاقات landsat-8	.15
116	خصائص المرئيات المستخدمة في الدراسة	.16
121	الثوابت المستخدمة لقمر (landsat-8)	.17
156	مواقع المحطات المعتمدة في الدراسة في جانبي مدينة الموصل	.18
165	معدل تركيز غاز ثاني اكسيد الكربون (CO ₂ / جزء بالمليون) في هواء مواقع مختلفة من مدينة الموصل نهارا	.19
170	معدل تركيز غاز ثاني اكسيد الكربون (CO ₂ / جزء بالمليون) في هواء مواقع مختلفة من مدينة الموصل ليلا	.20

173	معدل تركيز كمية الدقائق العالقة (PM10) ميكروغرام /م ³	.21
176	معدل تركيز كمية الدقائق العالقة (pm 2.5) ميكروغرام /م ³	.22
179	معدل تركيز كمية الدقائق العالقة (pm 1.0) ميكروغرام /م ³	.23

ثبت الأشكال

الصفحة	العنوان	رقم الشكل
14	عرض الملف التعريفي للجزيرة الحرارية الحضرية	.1
17	الجزيرة الحرارية السطحية (SHI)	.2
18	الجزيرة الحرارية ذات الطبقة المظلة (CLHI)	.3
19	الجزيرة الحرارية ذات الطبقة الحدودية (BLHI)	.4
20	عملية تكوين الجزيرة الحرارية داخل طبقات الغلاف الجوي الحضري	.5
27	مقاييس المناخ الحضري	.6
32	الخصائص النموذجية لـ (أ) المناطق الريفية (السابقة) و(ب) المناطق الحضرية (غير المنفذة) في المناطق الريفية والمدن ويوضح تكوين ارتفاع درجات الحرارة في مناطق المدينة	.7
33	التغيرات الرئيسية في تدفقات الحرارة والإشعاع على السطح الحضري الأساسي والتي تسبب تكوين الجزيرة الحرارية الحضرية	.8
39	عامل منظر السماء في وادي متماثل موصوف بعرضه (W) وارتفاعه (H)	.9
40	الانتشار الحراري للمواد المختلفة	.10
58	مخطط يوضح خطوات العمل الخاصة بالدراسة	.11
62	المعدلات السنوية للإشعاع الشمسي الواصل (كيلو واط/م ² .يوم) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)	.12
66	المعدلات السنوية لكمية التغطية الغيمية للسماء (%) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)	.13

72	المعدلات السنوية لدرجة حرارة الهواء (م) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)	.14
76	المعدلات السنوية لدرجة الحرارة العظمى (م) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)	.15
80	المعدلات السنوية لدرجة الحرارة الصغرى (م) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)	.16
86	المعدلات السنوية للأمطار (مم) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)	.17
91	المعدلات السنوية للرطوبة النسبية (%) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)	.18
95	المعدلات السنوية للضغط الجوي (كيلو باسكال /م2) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)	.19
101	المعدلات السنوية لسرعة الرياح (م/ثا) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)	.20
105	اتجاهات هبوب الرياح السائدة (%) على محطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)	.21
117	يوضح المرئيات الفضائية الخاصة بالقمر الصناعي LANDSAT-7	.22
191	مخطط يوضح اطر هيكلية العمل الخاصة بالدراسة	.23

ثبت الخرائط

الصفحة	العنوان	رقم الخريطة
11	الموقع الجغرافي والموقع الإحداثي (الفاكي) لمنطقة الدراسة	.1
26	مؤشر المناطق الحضرية في مدينة الموصل عام (2023)	.2
31	مؤشر دليل الغطاء الخضري (NDVI) لمدينة الموصل عام (2023)	.3

57	المواقع الفلكية لمحطات منطقة الدراسة الافتراضية	.4
63	المعدلات السنوية للإشعاع الشمسي في مدينة الموصل للمدة (2003 - 2023)	.5
67	المعدلات السنوية لكمية التغطية الغيمية للسماء في مدينة الموصل للمدة (2003 - 2023)	.4
73	المعدلات السنوية لدرجة حرارة الهواء في مدينة الموصل للمدة (2003 - 2023)	.5
77	المعدلات السنوية لدرجة الحرارة العظمى في مدينة الموصل للمدة (2003 - 2023)	.6
81	المعدلات السنوية لدرجة الحرارة الصغرى في مدينة الموصل للمدة (2003 - 2023)	.7
87	المعدلات السنوية للأمطار في مدينة الموصل للمدة (2003 - 2023)	.8
92	المعدلات السنوية للرطوبة النسبية في مدينة الموصل للمدة (2003 - 2023)	.9
96	المعدلات السنوية للضغط الجوي في مدينة الموصل للمدة (2003 - 2023)	.10
102	المعدلات السنوية لسرعة الرياح في مدينة الموصل للمدة (2003 - 2023)	.11
106	اتجاه الرياح السائدة ونسبة تكرارها % في مدينة الموصل للمدة (2003 - 2023)	.12
128	درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الشتاء	.13
130	درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الربيع	.14
132	درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الصيف	.15
134	درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الخريف	.16

135	درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل عام (2013) في جميع الفصول	.17
137	درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الشتاء	.18
139	درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الربيع	.19
141	درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الصيف	.20
143	درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الخريف	.21
144	درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل عام (2017) في جميع الفصول	.22
146	درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الشتاء	.23
148	درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الربيع	.24
150	درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الصيف	.25
152	درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الخريف	.26
153	درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل عام (2023) في جميع الفصول	.27
157	المواقع الجغرافية لمحطات مواقع الرصد المعتمدة في الدراسة	.28
166	تركيز غاز ثاني اكسيد الكربون (CO_2 / جزء بالمليون) في هواء مواقع مختلفة من مدينة الموصل نهارا	.29
171	تركيز غاز ثاني اكسيد الكربون (CO_2 / جزء بالمليون) في هواء مواقع مختلفة من مدينة الموصل ليلا	.30
174	معدل تركيز كمية الجسيمات العالقة (pm_{10}) / (نهارا، ليلا)	.31
177	معدل تركيز كمية الجسيمات العالقة ($pm_{2.5}$) / (نهارا، ليلا)	.32
180	معدل تركيز كمية الجسيمات العالقة ($pm_{1.0}$) / (نهارا، ليلا)	.33
182	العلاقة بين كثافة السكان وتراكيز غاز ثاني اكسيد الكربون (CO_2) نهارا	.34
183	العلاقة بين كثافة السكان وتراكيز غاز ثاني اكسيد الكربون	.35

	(CO ₂) ليلا	
185	العلاقة بين كثافة السكان وتركيزات الجسيمات العالقة (PM 10) نهارا	.36
186	العلاقة بين كثافة السكان وتركيزات الجسيمات العالقة (PM 2.5) نهارا	.37
186	العلاقة بين كثافة السكان وتركيزات الجسيمات العالقة (PM 1.0) نهارا	.38
188	العلاقة بين كثافة السكان وتركيزات الجسيمات العالقة (PM 10) ليلا	.39
188	العلاقة بين كثافة السكان وتركيزات الجسيمات العالقة (PM2.5) ليلا	.40
189	العلاقة بين كثافة السكان وتركيزات الجسيمات العالقة (PM 1.0) ليلا	.41

ثبت الصور

الصفحة	العنوان	رقم الصورة
114	المرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة للقمر الصناعي (landsat-7)	.1
116	المرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة	.2
120	انشاء ملف يعكس قيمة الاشعاع	.3
121	انشاء ملف يمثل قيمة درجة حرارة السطوع	.4
122	انشاء ملف مؤشر الغطاء النباتي الخضري	.5
123	انشاء ملف حساب نسبة الغطاء النباتي	.6
124	انشاء ملف لحساب قيم الانبعاثات من سطح الأرض	.7
125	انشاء ملف يعكس درجة حرارة سطح الارض في منطقة الدراسة	.8

158	جهاز قياس الجسيمات العالقة والمركبات العضوية المتطايرة في الهواء	.9
159	جهاز قياس ثاني اكسيد الكربون (Carbon Dioxide Mete)	.10
160	من موقع محطة رصد المجموعة الثقافية	.11

ثبت الملاحق

الصفحة	العنوان	رقم الملحق
208	التوزيع السكاني لأحياء الموصل عام (2022)	.1
211	عدد الأحياء والوحدات السكنية ومساحتها في مدينة الموصل عام (2023)	.2



المقدمة Introduction

يعد التحضر السريع الناجم عن النمو السكاني والهجرة من المناطق الريفية إلى المناطق الحضرية أحد أهم المظاهر منذ بداية القرن الحادي والعشرين، وعليه يعد ارتفاع درجات الحرارة في المدن نتيجة واضحة للكثافة السكانية وما تحتويه من مراكز تجارية وصناعية، فضلا عن المساحات المبنية والمعبدة، إذ يساهم هذا التوسع العمراني المتمثل في التغيير الحاصل في استخدام الأراضي كتحويل الأراضي الزراعية واستبدال أنواع الأسطح الطبيعية إلى أسطح منيعة وغير منفذة مع قلة المساحات الخضراء والمفتوحة بشكل كبير في تكوين واقع المدينة الحراري، وبناءً على تلك المعطيات حدثت كثافة التحضر تأثيرات عميقة على بيئتنا المعيشية بما في ذلك النظام المناخي، إذ يُعرف هذا التأثير بظاهرة الجزر الحرارية الحضرية (Urban Island Heat) حيث تكون درجات الحرارة في المناطق الحضرية أعلى منها في المناطق الريفية المحيطة أو الضواحي المجاورة إذ تأخذ درجات الحرارة بالارتفاع كلما اقتربنا من مركز المدينة، كما وشهدت نشاطات الإنسان أثناء الثورة الصناعية وحتى الوقت الحالي إطلاق كميات متزايدة من غازات الاحتباس الحراري والملوثات مثل (أكاسيد الكربون والنيتروجين وغاز الميثان، فضلا عن الجسيمات العالقة) وغيرها من الملوثات، من خلال تأثيرها على توازن الطاقة في الغلاف الجوي ما أدى ذلك إلى تسريع وتيرة التغيير المناخي وتأثيراته السلبية على البيئة، إذ تعمل هذه الغازات على زيادة درجة حرارة الأرض عن طريق امتصاص وإعادة إشعاع الحرارة المنبعثة من سطح الأرض مما يؤدي في النهاية إلى حبس الحرارة وزيادة درجات الحرارة، ونظرا لأهمية هذه الظاهرة المناخية فقد اختار الباحث مدينة الموصل حالة دراسية لبيان طبيعة الجزيرة الحرارية ومعرفة أسباب حدوثها وتكونها فضلا عن توزيعها المكاني وعلاقتها مع التلوث البيئي وكيفية مساهمة العناصر الملوثة التي تم قياسها بناءً على الأجهزة المتوفرة في رفع درجة الحرارة، فضلا عن الوقوف على الأسباب والعوامل الرئيسية المؤدية إلى الارتفاع الحاصل في نسب تراكيز تلك العناصر وإيجاد العلاقة ما بين كل من الجزر الحرارية والعناصر الملوثة في المدينة.

أولاً: مشكلة الدراسة Problem of study

تكمن مشكلة الدراسة في سؤال رئيس يمكن صياغته على النحو الآتي (هل لوجود الملوثات والانشطة الاقتصادية والصناعية وغير ذلك من الانشطة دور في تكوين الجزيرة الحرارية داخل مدينة الموصل ؟) ومن السؤال الرئيس للمشكلة تتفرع أسئلة أخرى تحتاج الى اجابات على النحو التالي:

- 1- هل تتوزع ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية بتساوي داخل منطقة الدراسة؟
- 2- هل للعوامل البشرية تأثير تركز الملوثات وتباين الجزيرة الحرارية ما بين المركز والاطراف في منطقة الدراسة؟
- 3- هل للعناصر المناخية أثر في تكوين ظاهرة الجزيرة الحرارية ؟
- 4- هل هناك تأثير للملوثات في زيادة حجم وتركيز الجزيرة الحرارية؟
- 5- ما علاقة التلوث البيئي بالجزيرة الحرارية؟
- 6- ما حجم التغير العمراني الذي حدث في منطقة الدراسة المؤدي لنشوء الجزيرة الحرارية؟

ثانياً: فرضية الدراسة Hypothesis of study

تنطلق الفرضية الرئيسية للدراسة نحو إجابة محتملة عن طبيعة مشكلتها ألا وهي (هناك علاقة بين الملوثات البيئية الناتجة من الأنشطة البشرية وتكوين الجزيرة الحرارية وتباينها)، ومن الفرضية الرئيسية صيغت فرضيات فرعية على النحو التالي:

- 1- هناك تباين بين المركز والأطراف يعمل على حدوث جزيرة حرارية في مدينة الموصل.
- 2- هنالك علاقة ما بين الملوثات البيئية وتركز الجزيرة الحرارية في منطقة الدراسة.
- 3- للعناصر المناخية دور في زيادة ونقصان تركيز ظاهرة الجزيرة الحرارية.
- 4- للعوامل البشرية دور في زيادة التلوث وتركيز الجزيرة الحرارية في مدينة الموصل.
- 5- للتوسع العمراني دور سلبي في زيادة التلوث وتباين ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية.

ثالثاً: أهمية الدراسة Importance of study

تكمن أهمية الدراسة من خلال:

- 1- التعرف على أهم العوامل التي أدت الى تشكيل ظاهرة الجزيرة الحرارية وتوزيعها في منطقة الدراسة.

2- تعد دراسة ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية في المدن هي من الظواهر الحديثة نسبياً في الدراسات المناخية على المستوى المحلي والأقليمي وما هي الا استحداث لمناخ اصغري اوجده الانسان لسوء استغلاله لموارد بيئته, لذا فإن دراسة هذه الظاهرة لا سيما في منطقة الدراسة تعد ذات أهمية كبرى.

3- تعتبر ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية من الظواهر المناخية التي نالت اهتماماً إقليمياً وعالمياً كبيرين، وذلك لإثرها الكبير في التغيير الحاصل في ارتفاع درجات الحرارة داخل المدن.

4- زيادة مقدار التلوث البيئي الذي تتعرض له المدينة على اختلاف عناصره وأنواعه والذي يعد سبباً رئيسياً لنشوء الجزيرة الحرارية.

5- معرفة العلاقة بين التوسع العمراني والكثافة السكانية ومقدار التلوث في منطقة الدراسة ومدى تأثيرها في نشوء الجزيرة الحرارية.

رابعاً: أهداف الدراسة Aims of study

1- التعرف على أهم العوامل التي أدت الى تشكيل ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية وتباينها في منطقة الدراسة.

2- معرفة تأثير عناصر المناخ مثل درجة الحرارة والأمطار والرياح والرطوبة في تشكيل ظاهرة الجزيرة الحرارية.

3- انشاء ملفات تبرز التباين المكاني الحراري لمنطقة الدراسة على مستوى وحداتها الادارية من مناطق واحياء من خلال استخدام المرئيات الفضائية الخاصة بمنطقة الدراسة .

4- العمل على ايجاد العلاقة ما بين الارتفاع في درجات الحرارة والعناصر الملوثة في منطقة الدراسة.

5- التوصل للنتائج والمقترحات اللازمة لتفادي وجود الجزر الحرارية او التخفيف من اثارها في منطقة الدراسة.

6- المساهمة في اضافة دراسة تطبيقية وتوفير ما يحتاج اليه الباحثون من قيم ومتغيرات رقمية لعدم وجود دراسات وابحاث تناولت دراسة الجزيرة الحرارية لمدينة الموصل رغم اهميتها.

خامساً: منهجية الدراسة Methodology of study

إتبع الباحث في تداول موضوع الدراسة بعض اساليب البحث التي تتلاءم مع طبيعة البحث بغية الوصول للأهداف التي يرغب في تحقيقها، ومن اساليب البحث المستخدمة في هذه الدراسة:

1- الجانب النظري:

– التعرف والاعتماد على اهم الدراسات والبحوث والكتب المنهجية من مصادرها المختلفة التي تتعلق بموضوع الدراسة.

2- الجانب الميداني:

– استخدام اجهزة الرصد الميداني (Hcho Tvoc) و (Carbon Dioxide Mete) وتوزيعها على مختلف المناطق لقياس العناصر الملوثة، فضلا عن جميع البيانات المتعلقة بمنطقة الدراسة التي تتمثل بالبيانات الإحصائية من (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>) وجمع البيانات من الجهات الحكومية والمختصة.

3- الجانب العملي: تحليل المرئيات الفضائية وتفسيرها وعمل الجداول ورسم الخرائط بأستخدام

– برنامج نظم المعلومات الجغرافية (ARC GIS DESKTOP 10.8).

– برنامج (MY ALTITUDE9) .

– استخدام برنامج (ARC SCENE) ضمن بيئة برنامج (ARC MAP).

2- منهج البحث Research methodology

بنيت الدراسة على المدخل الاستقرائي Inductive Approach الذي يبدأ بالجزئيات وينتهي بالكليات، وبذلك استخدمت الدراسة ثلاثة مناهج رئيسة على النحو الآتي:

1- المنهج التاريخي: وهو أحد مناهج البحث العلمي الذي يعنى بدراسة التطور التاريخي

للظواهر الجغرافية وتتبع التغييرات والتحولات التي حدثت لهذه الظاهرة وتم

استخدامه في دراسة تاريخ اكتشاف ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية.

2- المنهج الوصفي: وهو أحد أهم مناهج البحث العلمي والذي يستخدم في الغالب

بهدف شرح ووصف ظاهرة معينة أو تحديد الأسباب التي ادت لحدوثها، وأعتمدت

عليه في الدراسة لوصف الاسباب المؤدية الى تكوين ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية.

3- منهج التحليل الكمي: وهو أحد مناهج البحث العلمي الذي يستخدم في تحليل ومعالجة البيانات المستخدمة في الدراسة حيث تم استخدام برنامج (EXCEL) لمعالجة البيانات ورسم الاشكال البيانية, كما تم استخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS 10.8) في رسم الخرائط لتحديد المواقع الملوثة ليتيح للباحث فهم وتحليل واقع المدينة, ايضاً تم استخدام برنامج (ARC SCENE) ضمن بيئة برنامج (ARC GIS 10.8) في عمل خرائط (3D) لأجل التمثيل المكاني للجزيرة الحرارية.

سادساً: هيكلية الدراسة

ضمت الدراسة المقدمة ومشكلة الدراسة والاهمية والفرضيات وهدف الدراسة والمنهجية التي تم استخدامها وحدود منطقة الدراسة، ومن ثم تم تقسم الرسالة على ثلاثة فصول:

- تناول الفصل الاول الجزيرة الحرارية ماهي وما الاسباب التي تساهم في تشكلها, فضلاً عن تاريخها، وما هي انواعها وخصائصها، فضلاً عن التلوث البيئي ما هو وما هي انواعه وما هي أهم العناصر الغازات التي تساهم في تكون الظاهرة المدروسة.
- اما الفصل الثاني ركز على اهم العوامل المناخية المؤثرة في منطقة الدراسة وما هو اثرها وعلاقتها في بروز ظاهرة الجزر الحرارية او التقليل من حدتها.
- اما الفصل الثالث فقد تضمن التباين المكاني والزمني لتركيزات بعض الملوثات الهوائية في مواقع محددة من مدينة الموصل علاوة على التمثيل المكاني للجزر الحرارية مع التمثيل ثلاثي الابعاد للجزيرة الحرارية في مدينة الموصل.

سابعاً: الدراسات السابقة Previous Studies

من أجل الأنطلاق بالدراسة الحالية كان لا بد من البدء من أرضية الدراسات السابقة التي يمكن مناقشتها على النحو الآتي:

أ- الدراسات العربية:

1- دراسة شيماء السيد عبد الغني (2010): عن رسالتها الموسومة (الجزر الحرارية في الاسكندرية دراسة في المناخ الحضري) استهدفت هذه الدراسة تحليل التركيب الحراري لمدينة الاسكندرية وتحديد ضوابطه الجغرافية , إذ تهدف هذه الدراسة الى تحليل اثر النشاط البشري ومستوياته -بمدينة الاسكندرية- في مناخ المدينة وتكون الجزر الحرارية ومدى انحرافها عن حالة الطقس السائدة بالمدينة، وبرزت الدراسة اهمية التحليل الزمني والمكاني لمواقع الجزر الحرارية والتحليل المستقبلي لمواقع الجزر الحرارية وامكانية تغيرها(1).

2- دراسة يسن محمد يسن احمد عيسى (2012): عن رسالته الموسومة (الجزر الحرارية بمدينة الخارجة دراسة جغرافية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS) اعتمدت هذه الدراسة على تحديد العوامل الجغرافية في نشأة الجزيرة الحرارية بمدينة الخارجة الى جانب رصد التوزيع الجغرافي للجزر الحرارية ورسم خرائط التساوي الحراري الليلية والنهارية التي توضح حجم الجزيرة الحرارية وشدتها ونفوذها الجغرافي داخل الحيز العمراني للمدينة , فضلاً عن الى تقييم الاثار الاقتصادية الناجمة عن وجود الجزر الحرارية واقتراح مجموعة من الحلول للحد من تكوين الجزيرة الحرارية(2).

3- دراسة فاطمة راضي ساجت (2013): عن رسالتها الموسومة (الجزيرة الحرارية والراحة البايومناخية لمدينة السماوة) تهدف الدراسة الى التعرف على العوامل الجغرافية لمدينة الكوفة وتأثيراتها في العناصر المناخية في المدينة، خاصة درجات الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح للكشف عن وجود جزر حرارية فيها وتأثير تلك الجزيرة على مناخ المدينة بالشكل الذي يسهم في التخطيط المستقبلي للاستعمالات المختلفة في مدينة الكوفة واطهرت الدراسة أن احد المشاكل الرئيسية التي تواجه سكان المدن في الوقت الحالي هي الجزيرة الحرارية التي تنتج بسبب عملي التحضر والتصنع المصاحب ازدهار الحياة

(1) شيماء السيد عبد الغني, الجزر الحرارية في الاسكندرية دراسة في المناخ الحضري, رسالة ماجستير, جامعة الاسكندرية, كلية الاداب, 2010, ص3.

(2) يسن محمد يسن احمد عيسى, الجزر الحرارية بمدينة الخارجة دراسة جغرافية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية , رسالة ماجستير, جامعة المنصورة, كلية الاداب, 2012, ص2.

وتطور الحضارة، اذ سببت هاتان العمليتان العديد من المشاكل والظواهر المناخية منها الاحتباس الحراري وتلوث الهواء الجوي، فضلا عن الجزيرة الحرارية⁽¹⁾.

4- دراسة علي طعمة مخيف (2015): عن رسالته الموسومة (دراسة ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية في مدينة الحلة وتأثيراتها البيئية) ركزت الدراسة على تحديد مقدار وطبيعية وخصائص الجزر الحرارية الحضرية على مساحة بلغت (116.970 كيلو متر مربع) مبينة أن شدة الجزيرة الحرارية الحضرية تمثل مقدار الفرق في درجة حرارة الهواء بين مركز المدينة واطرافها التي تمثل المنطقة شبه الحضرية كما تضمنت الرسالة بحث بعض خصائص شدة الجزيرة الحرارية مثل التغيرات الساعي والتغيرات اليومي (الليلي والنهاري) والتغيرات الشهري، فضلا عن التأثيرات البيئية لهذه الظاهرة⁽²⁾.

5- دراسة موفق حامد خضير (2016): عن رسالته الموسومة (ظاهرة الجزيرة الحرارية في مدينة الناصرية) جاءت الدراسة لتسلط الضوء على الخصائص الطقسية في مدينة الناصرية، لاسيما درجات الحرارة وسرعة الرياح واتجاهها والرطوبة النسبية للكشف عن وجود جزيرة حرارية وكذلك دراسة العوامل المؤثرة فيها، فضلا عن تأثير الجزيرة الحرارية على مناخ المدينة، واثبتت الدراسة أن اعلى فارق حراري بين مركز المدينة والريف المجاور لها من خلال الرصدات بلغ (4.8 م°) في محور الحبوبى-ال بو فياض⁽³⁾.

6- دراسة عبد العزيز عبد الكريم البخيت (2017): عن رسالته الموسومة (الجزيرة الحرارية لمدينة دمشق) اثبتت الدراسة أن الجزيرة الحرارية تشكل نمودجا موجودا خلال الليل في الفصول كافة وبشدة متباينة بلغت (5-5.5°) خلال الشتاء والربيع و (3-4°) خلال الصيف والخريف باستخدام المرئيات الفضائية بينما اظهرت نتائج الدراسة الميدانية أن شدة الجزيرة الحرارية وصلت (7-8°) خلال الشتاء والربيع وبين (6-10°) في الصيف وحوالي (6°) في فصل الخريف ، فإنه لم تظهر جزيرة حرارية نهارا باستخدام المرئيات

(1) فاطمة راضي ساجت، الجزيرة الحرارية والراحة البايومناخية لمدينة السماوة، جامعة البصرة، كلية التربية للعلوم الانسانية، 2013.

(2) علي طعمة مخيف، دراسة ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية في مدينة الحلة وتأثيراتها البيئية، جامعة بابل، كلية التربية للعلوم الصرفة، 2015، ص7.

(3) موفق حامد خضير، ظاهرة الجزيرة الحرارية في مدينة الناصرية، رسالة ماجستير، جامعة ذي قار، كلية الآداب، 2016، ص2.

الفضائية بل لوحظ وجود جزيرة باردة ومرد ذلك يمكن أن يعود الى الكثافة السكانية المرتفعة التي يتبعها مجموعة من العوامل الأخرى⁽¹⁾.

7- دراسة احمد محمود محمد (2017): عن رسالته الموسومة (دراسة التغيرات الحرارية لأراضي الضفة الغربية ، فلسطين، باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية بين عامي (1985-2017) تهدف هذه الدراسة الى البحث في التغيرات الحرارية للأرض في الضفة الغربية وذلك عن طريق قياس الاشعة الحرارية المنبعثة من سطح الارض لفترات زمنية مختلفة بالاعتماد على صور الاقمار الصناعية وكذلك تصنيف الغطاء الارضي في الضفة الغربية وابرار العلاقة بين نوع الغطاء الارضي ودرجة حرارة سطحية وهل هناك علاقة بين نوع الغطاء الارضي ودرجة حرارة سطح الارض في منطقة الدراسة⁽²⁾.

8- دراسة عبير شهد كاظم (2018): عن برسالته الموسومة (النمذجة الكارتوكرافية لظاهرة الجزيرة الحرارية في مدينة بغداد باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS) استهدفت هذه الدراسة الكشف عن وجود ظاهرة الجزيرة الحرارية في مدية بغداد واماكن تركزها وما هي طرائق تمثيلها وما هي العوامل المؤثرة في الجزيرة الحرارية التي تؤدي الى تباينها المكاني⁽³⁾.

ب- الدراسات الأجنبية:

1- Yuanyuan wang, and others (2021)

ورقة بحثية بعنوان (العلاقة بين جزيرة الحرارة الحضرية وملوثات الهواء والعوامل المؤثرة في دلتا اليانغستي، الصين) استخدمت هذه الدراسة درجة حرارة سطح الارض (Ist) وبيانات جودة الهواء التي بحثت في التوزيع المكاني والزمني في كثافة الجزر الحرارية الحضرية (UHI) وستة من العناصر الملوثة للهواء وهي اول كسيد الكربون (CO) وثاني اكسيد النتروجين (NO2) والاوزون (O3) والمواد الجسيمة الدقيقة (PM2.5) والجسيمات الخسنة

(1) عبد العزيز عبد الكريم البخيت، الجزيرة الحرارية لمدينة دمشق، اطروحة دكتوراه، جامعة دمشق، كلية الاداب والعلوم الانسانية، 2017، ص1.

(2) احمد محمود محمد، دراسة التغيرات الحرارية لأراضي الضفة الغربية ، فلسطين، باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية بين عامي (1985-2017)، رسالة ماجستير، جامعة النجاح الوطنية، كلية الدراسات العليا، 2017، ص2.

(3) عبير شهد كاظم ، النمذجة الكارتوكرافية لظاهرة الجزيرة الحرارية في مدينة بغداد باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS ، رسالة ماجستير، جامعة بغداد، كلية التربية ابن رشد، 2018.

(PM10) وثاني اكسيد الكبريت (SO2) في (YRD) خلال عامي (2015-2019) من اجل ايجاد العلاقة الارتباطية بين الجزيرة الحرارية الحضرية وتلوث الهواء⁽¹⁾.

2- Awais piracha, and others (2022)

ورقة بحثية بعنوان (تلوث الهواء في المناطق الحضرية وجزيرة الحرارة الحضرية وصحة الانسان: استعراض للأدب) استخدمت هذه الدراسة مجموعة من البيانات المتعددة المصادر, فضلا عن تحليل الانحدار لاكتشاف طبيعة العلاقة المكانية والزمانية بين (UHI) وتلوث الهواء, فضلاً عن تأثير العوامل الطبيعية والبشرية على تلوث الهواء والجزر الحرارية الحضرية, كما أن هذه الدراسة تهدف الى الخروج بنتائج ومقترحات تقدم الدعم للجهات الحكومية للتخفيف من (UHI) وتحسين جودة الهواء⁽²⁾.

وختاماً لا بد من الاشارة الى أن هذه الدراسة وإن اتفقت مع دراسة كل من عبير و وأحمد و Awais من حيث اعتمادهم على نظم المعلومات الجغرافية والأستشعار عن بعد في التحديد والكشف عن ظاهرة الجزيرة الحرارية علاوة عن علاقتها بتلوث الهواء, إلا أنها وبكل تواضع اختلفت عن الدراسات السابقة في إنها جمعت بين مختلف المتغيرات ذات العلاقة بتشكيل ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية من حيث التأثير والاثر كالعناصر المناخية وعددها من جانب, ومن جانب آخر اختلفت الدراسة الحالية عنهم في تناول درجة حرارة سطح الارض والعناصر الملوثة التي تساهم في الاحتباس الحراري للجزيرة الحرارية في مدينة الموصل, فضلا عن التمثيل الثلاثي الأبعاد لعلاقة السكان بالتلوث والجزر الحرارية في مدينة الموصل كونهم العامل الاساس في ما ينتج من تلوث وتباين في نسبه الذي يؤدي الى تباين الحرارة السطحية, الى جانب تعزيز الأطار النظري والمفاهيمي بالبيانات الخاصة بمنطقة الدراسة رغم أنه لا يعدو سوى اطار مفاهيمي, وبذلك تعد أول دراسة جمعت بين جميع المتغيرات التي تعنى بظاهرة الجزيرة الحرارية على المستوى المحلي والأقليمي وان كانت بمحدودية في بعض الجوانب على العكس

(1) Wang, Y., Guo, Z., & Han, J., The relationship between urban heat island and air pollutants and them with influencing factors in the Yangtze River Delta, China., Ecological Indicators, 129, 2021., P.1.

(2) Piracha, A., & Chaudhary, M. T., Urban air pollution, urban heat island and human health: a review of the literature., Sustainability., 14 NUM (15)., 2022., P.2.

مما تم ذكره انفا في الدراسات السابقة التي اقتصر في دراستها على متغير و متغيرين والعلاقة والاثر المتبادلين.

ثامنا: الموقع الجغرافي والموقع الإحداثي (الفلكي) لمنطقة الدراسة

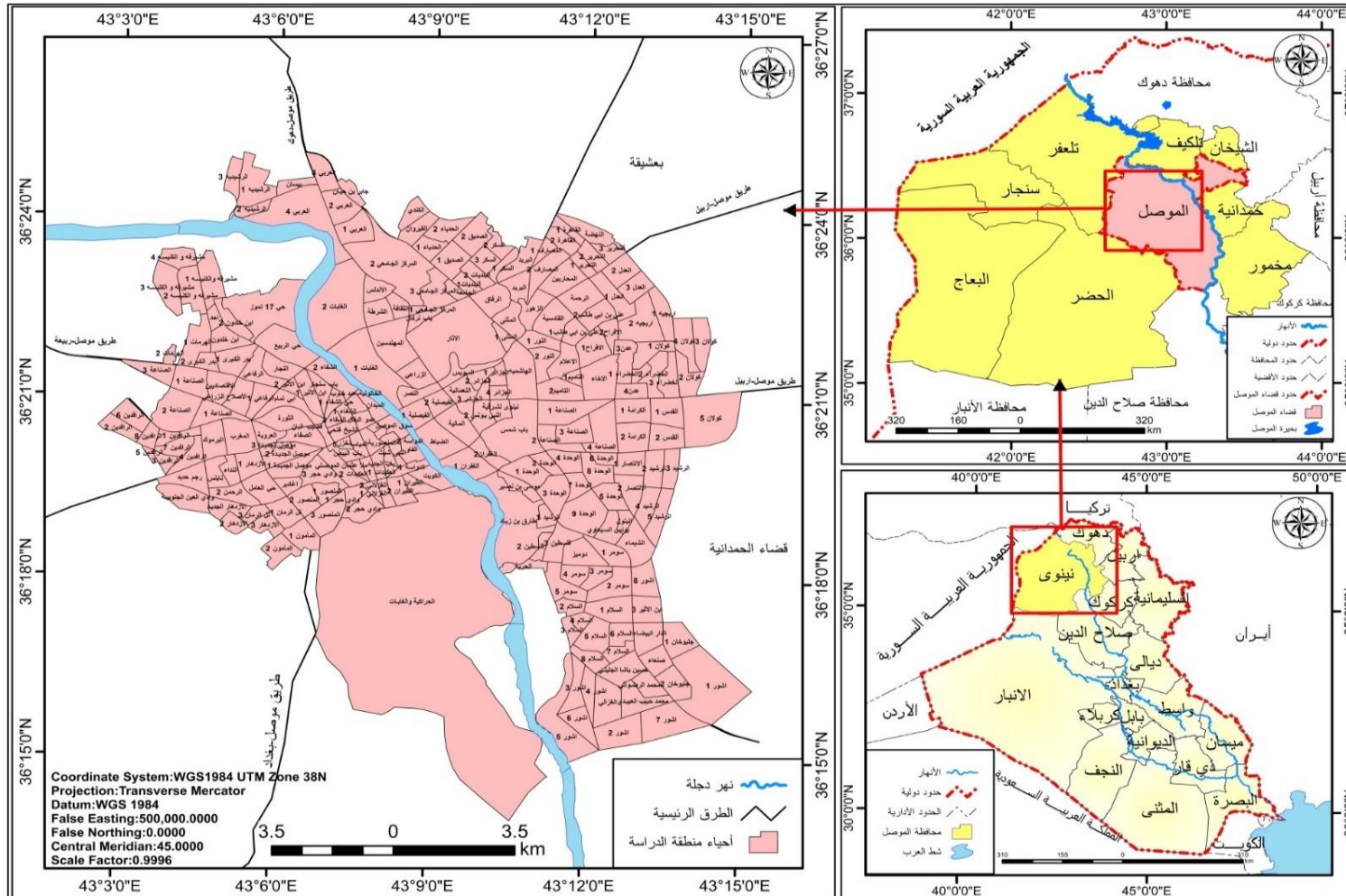
تعد مدينة الموصل المركز الاداري لمحافظة نينوى، اذ تقع في الجزء الشمالي الغربي من العراق في الحوض الأوسط لنهر دجلة (شمالي العراق)، مما جعل نهر دجلة يشطرها الى شطرين غير متساويين في الشكل والمساحة والسكان ، يسمى الجزء الغربي منها بالجانب الايمن، اما الجزء الشرقي فيطلق عليه الجانب الايسر وهو الاكبر نسبيا من الأول⁽¹⁾، يحد المدينة جغرافياً اراضي زراعية وقرى تمتد الى قضاء تليق وناحية حميدات من الشمال والشمال الغربي، ومن الشرق والشمال الشرقي والشمال الشرقي ناحيتي برطلة وبعشيقه وقضاء الشيخان، وناحية بادوش وقضاء تلغفر من الغرب وناحية حمام العليل من الجنوب، وقضاء الحمدانية من الجنوب الشرقي، تقع منطقة الدراسة احداثيا بين دائرتي عرض (40"، 14'، 36°) و (10"، 24'، 36°) شمالاً وخطي الطول (30"، 05'، 43°) و (10"، 18'، 43°) شرقاً، تبلغ مساحة منطقة الدراسة الكلية (4409 km²)⁽²⁾ أي ما يمثل نسبة 11.9% من اجمالي مساحة محافظة نينوى البالغة (36767.97 km²). ينظر الخريطة (1) الموقع الجغرافي المكاني لمدينة الموصل.

اما البعد الزمني للدراسة فيتحدد بدورة مناخية صغرى مدتها (عشرون عاما) تمتد بين 2003-2023 متمثلة بالبيانات المناخية للمحطات الافتراضية وهي كل من; محطة صناعة وادي عكاب وموصل جديدة وطريق موصل بغداد والرشيديّة والنبي يونس وحى سومر وطريق موصل اربيل، التي تم تحديد موقعها على اساس تنوع النشاط البيئي فيها من اجل التعرف على تاثير هذا النشاط على مختلف العناصر المناخية، فضلا عن الاعتماد على المرئيات الفضائية للمدة المحددة ذاتها من اجل دراسة درجة حرارة الارض لمدينة الموصل.

(1) صلاح الدين الجنابي، الخصائص الجغرافية الموضعية لمدينة الموصل، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، بغداد، العدد 32، 1996، ص96.

(2) روى محمد حسن محمود الشريفي، التقييم الجيوكيميائي والبيئي للعناصر الثقيلة في الاجزاء العليا لانواع مختلفة من الترب السطحية والغبار المتجمع على اوراق اليوكالبتوس في مناطق مختارة من مدينة الموصل شمالي العراق، اطروحة دكتوراه، كلية العلوم، جامعة الموصل، 2023، ص 16.

الخريطة (1) تبيين الموقع الجغرافي والفلكي لمدينة الموصل



بالاعتماد على محافظة نينوى، مديرية بلدات نينوى، قسم التخطيط، بيانات غير منشورة، 2022، وبرنامج (ARC MAP)



الفصل الأول

الإطار المفاهيمي والنظري للجزيرة الحرارية
الحضرية والتلوث البيئي



الفصل الأول

الإطار النظري والمفاهيمي للجزيرة الحرارية الحضرية والتلوث البيئي

تمهيد:

لقد أجرى الإنسان تعديلات كبيرة على الظروف المناخية لبيئته المحلية، وقد تجلت هذه التعديلات في المدن الكبرى فيما يُعرف بظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية (Urban Heat Island) إذ أدت الأنشطة المختلفة في بعض المدن، مثل الاكتظاظ السكاني، وزيادة المباني، وارتفاع نسبة المساحات المعبدة، وكثرة وسائل النقل، إلى تعديل الخصائص المناخية المحلية، إذ تسهم الفروقات الطبيعية في خصائص الأسطح المختلفة المعرضة للإشعاع في إحداث تفاوتات في النظام الحراري⁽¹⁾، في هذا الفصل، سنتناول المفاهيم النظرية المرتبطة بهذه الدراسة التي تشمل الجزر الحرارية الحضرية والتلوث البيئي بأنواعه المختلفة، مع الإشارة إلى الأسباب التي ساهمت في تكوين هذه الظاهرة.

1-1 الجزر الحرارية:

1-1-1 مفهوم الجزر الحرارية:

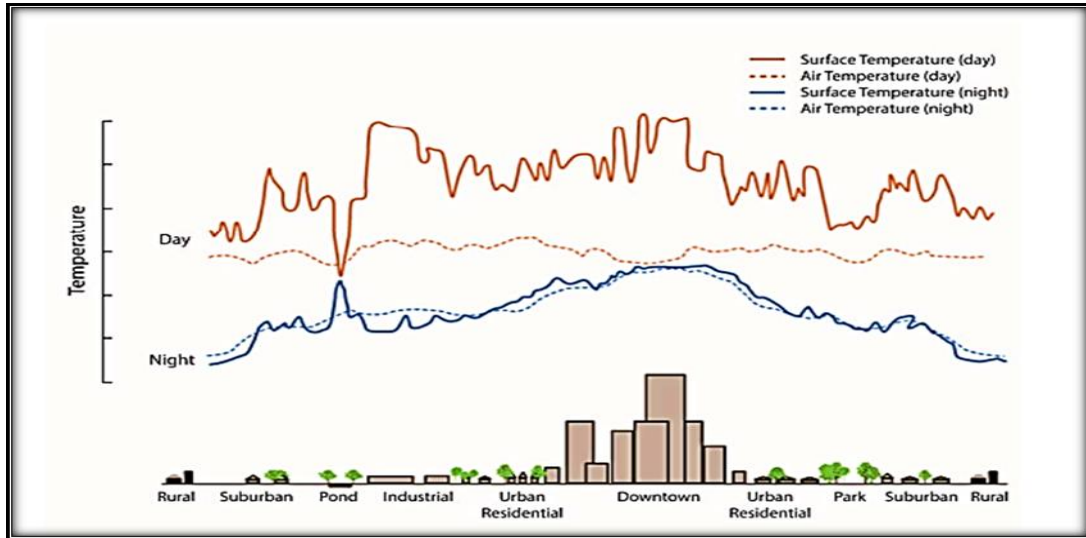
تعد الجزيرة الحرارية الحضرية احد التحديات البيئية الراهنة التي تنشأ عن التحضر والحضارة الانسانية في القرن الواحد والعشرين، وعليه إن التغير في نمط استخدام الارض (الغطاء الارضي) الناجم عن التحضر كتحويل النباتات الطبيعية والاراضي الزراعية الى اسطح مبنية الى جانب الزيادة في انبعاث الحرارة البشرية يعمل على تعديل درجات الحرارة في المناطق الحضرية، إذ تصبح اعلى من تلك في المناطق الريفية المحيطة بها⁽²⁾، وتجدر الاشارة الى أن مصطلح الجزيرة الحرارية يتكون من مقطعين : الجزيرة وتعني ارض منعزلة تحيط بها المياه من جميع الجهات وتتجمع عادة الجزر لتشكل اربخبيلا (Archipelago) او قوساً او شريطاً (Island). والحرارة (Temperature) بانها حالة الهواء الطاقية والتي تترجم بتسخين متفاوت

(1) عبد العزيز عبد الكريم البخيت، الجزيرة الحرارية لمدينة دمشق، اطروحة دكتوراه، جامعة دمشق، دمشق، 2017، ص 14.

(2) Tang, et al . Impacts of land use and socioeconomic patterns on urban heat Island International Journal of Remote Sensing 38, Num. 11, 2017, p.p 3445-3446.

القدر⁽¹⁾، وتماشيا مع ما تم ذكره لا يفوتنا أن ننوه الى أن مصطلح جزيرة الحرارة الحضرية ظهر لأول مرة في مؤلفات الارصاد الجوية باللغة الانجليزية في دراسة اجراها جوردن ما نلي في عام (1958)⁽²⁾، وانطلاقا من ذلك يتم تعريف الجزر الحرارية الحضرية (UHIs) على أنها: ظواهر او احداث تحدث عندما تكون درجات حرارة الهواء والسطح في المناطق الحضرية اكبر بكثير من تلك الموجودة في مناطق الضواحي القريبة ينظر الشكل (1)، كما وقام (Cunawardena,k, et al.2017) بتعريف الجزر الحرارية الحضرية بأنها ارتفاع في درجات الحرارة في المناطق الحضرية مقارنة بدرجات حرارة الضواحي والمناطق الريفية، مما يعني أنه كلما ارتفع مستوى التحضر كلما كانت ظاهرة (UHI) اكثر بروزا⁽³⁾. ومن خلال ذلك يمكن أن نعرف الجزر الحرارية الحضرية على أنها منطقة حضرية تتميز بارتفاع درجات الحرارة فيها وبهواء اكثر دفئا عن المناطق المحيطة بها التي تتصف هي الاخرى بهواء اكثر برودة ودرجات حرارة اقل.

الشكل (1) يوضح عرض الملف التعريفي للجزيرة الحرارية الحضرية



Sours: Ladan, T. A., A geographical review of urban farming and urban heat island in developing countries, Earth and Environmental Science, IOP Publishing, vol. 986, NUM 1, 2022, P.4.

(1) بيار جورج (ترجمة حمد الطفيلي)، معجم المصطلحات الجغرافية، المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع، بيروت، 2002، ص 270-296.

(2) Aflaki, et al. "Urban heat island mitigation strategies: A state-of-the-art review on Kuala Lumpur, Singapore and Hong Kong." Cities, NUM 62, (2017),p.2.

(3) Dos Santos, et al. Spatial and temporal distribution of urban heat islands, Science of the Total Environment, Num 605, 2017, P.3.

1-1-3 تاريخ الجزر الحرارية:

يعد الكيميائي البريطاني وعالم الارصاد الجوية الهاوي، لوك هوارد، اول من ادرك تاثير المناطق الحضرية على المناخ المحلي بين عامي 1800-1830، اذ درس هوارد الطقس والمناخ في لندن وقام بتحليل سجلات درجات الحرارة التي تمكن من خلالها من اكتشاف ووصف ظاهرة الجزيرة الحرارية قبل عقود عديدة من اي باحثين اخرين، واظهرت دراسته أن درجات الحرارة في لندن مقارنة بتلك التي تم قياسها في وقت واحد في المناطق المحيطة بها في الريف، كانت درجة الحرارة اكثر دفئا بمقدار 3.7 درجة فهرنهايت في الليل واكثر برودة في النهار⁽¹⁾، وقام (Renou, E.,1855) باكتشافات مماثلة حول باريس خلال النصف الثاني من القرن التاسع عشر، بينما في مدينة فيينا وجد (Schmidt, 1917) هذه الظروف في اوائل القرن العشرين، وحسب (Mitchell, 1953) أن دراسة الجزر الحرارية في الولايات المتحدة الامريكية بدأت في النصف الاول من القرن العشرين⁽²⁾، الى جانب ذلك تعد تجربة الارصاد الجوية الحضرية (Metromex) اول تجربة رئيسة للمناخ الحضري حدثت في مدينة سانت لويس في الولايات المتحدة الاميركية، كما وتوصل (Chandler, 1956) الى اول وصف رئيس لجزيرة لندن الحرارية بما في ذلك خرائط التوزيع المكاني، ومن الجدير بالذكر أن في اوائل السبعينات كان الاهتمام في المناخات الحضرية يتوسع بسرعة، اذ اشار (P Rao, 1972) الى تحليل الجزر الحرارية الحضرية باستخدام الاستشعار عن بعد من الاقمار الصناعية، وفي العام نفسه عقدت الجمعية الامريكية لأرصاد الجوية مؤتمرها الاول حول البيئة الحضرية، اذ بدأ اول عمل تفصيلي حول الاخاديد الحضرية في عامي (1974-1975)⁽³⁾، ولا مناص من القول خلال القرن التاسع عشر ومعظم القرن العشرين كانت دراسة الجزر الحرارية محط اهتمام كبير لدى العلماء المهتمين بالتغيرات المناخية بدقة، اذ اجريت العديد من الابحاث المبكرة في مناطق وسط اوربا واليابان على وجه الخصوص، ولكن بعد العام 1945 اصبحت مثل هذه الدراسات

(1) Mills, G., Luke Howard and The Climate of London, Weather, Num 63(6), 2008, P.P 153-157.

(2) Gartland, Lisa Mummery., Heat islands: understanding and mitigating heat in urban areas, Routledge, 2012, p.1.

(3) Babazadeh, Mina, and Parvendra Kumar, Estimation of the urban heat island in local climate change and vulnerability assessment for air quality in Delhi, European Scientific Journal, 2015, p.57.

أكثر شيوعاً ومع تطور القدرة على قياس درجة حرارة الهواء بدقة وتحسن تقنيات الكشف المكاني للجزيرة الحرارية تعقدت الأدلة الرصدية، وفي السبعينيات من القرن الماضي بدأت دراسات قياس الهواء فوق المدينة بوصفه جزءاً رئيساً من دراسات أوسع حول جودة الهواء ونقل الملوثات من المناطق الحضرية بفعل الرياح وباستخدام منصات جوية محمولة، كشفت عمليات الرصد داخل الطبقة المختلطة من خط UBL إن تأثير ارتفاع درجات الحرارة في المدن امتد إلى ارتفاع 1-2 كيلو متر في النهار على الرغم من وجود تشابه بين هذه الظاهرة وظاهرة الجزيرة الحرارية القريبة من سطح الأرض إلا أن لها خصائص فريدة على سبيل المثال كان تأثير الارتفاع في درجات الحرارة بفعل المدينة ملموساً سواءً في الليل أو النهار، ولا بد من الإشارة إلى أن عمليات الرصد لدرجة حرارة السطح في المدن قبل السبعينيات كانت قليلة، إذ يرجع ذلك إلى حد كبير إلى أن أجهزة استشعار الأشعة تحت الحمراء الحرارية (TIRS) (Thermal Infra – red sensor) كانت ذات كلفة مرتفعة، فضلاً عن صعوبة نشرها، علاوة على ذلك أنه يجب أن تكون هذه الأجهزة مثبتة على ارتفاع كافٍ حتى تتمكن من رؤية المناطق الحضرية بأكملها وجمع معلومات حول الأرض والجدران والأسطح المبنية، منذ منتصف السبعينيات تم تضمين أنظمة المراقبة عبر الأقمار الصناعية أجهزة استشعار (TIR) (Thermal Infra-Red Sensor) التي تساعد في تقدير درجة حرارة سطح الأرض (LST) وتسمح بتقييم (Urban heat island) (UHI) السطحية، وفي السياق ذاته ركزت دراسة طبقة المظلة الحضرية (LAYERD) (CUHI) (CANOPY HEAT ISLANG) من الناحية التاريخية على درجة حرارة الهواء القريبة من السطح أثناء الليل التي تنشأ نتيجة التبريد التفاضلي في حين ركزت دراسات الجزيرة الحرارية السطحية (SUHI) (surface urban heat island) على النمط النهاري لدرجات حرارة السطح الناتجة عن التسخين التفاضلي على العكس من (CUHI) أثناء الليل الذي يظهر نمطاً متجانساً وعادة ما يتوافق مع البصمة الحضرية ويظهر أعلى درجات حرارة في وسط المدينة المزدهمة بالسكان، على العكس من (SUHI) أثناء النهار الذي يتميز بنمط أكثر تعقيداً⁽¹⁾.

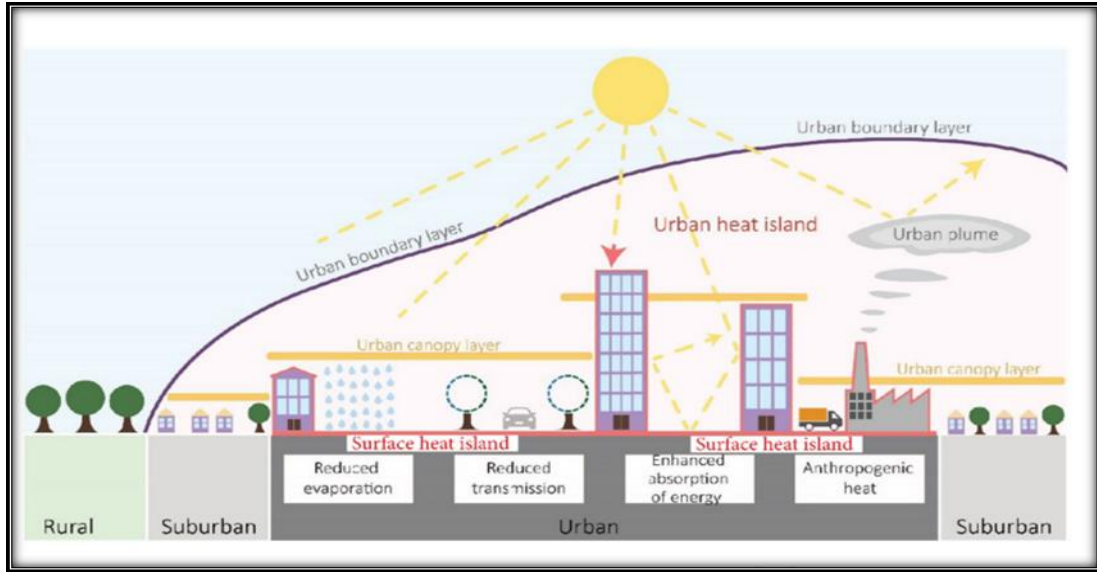
(1) Lain, D., Gerald, M., A Guidebook the Urban Heat Island, Elsevier, 2021, p.5.

1-1-4 أنواع الجزر الحرارية:

تصنف الجزر الحرارية الحضرية الى ثلاثة انواع مختلفة بناءً على طبقاتها، ولكل نوع منها كثافة فريدة وخصائص محددة. وهذه الانواع هي (1):

1- الجزيرة الحرارية السطحية (SURFACE HEAT ISLAND): عادة ما يتم ملاحظة هذا النوع من الجزر الحرارية عندما تكون درجة حرارة المناطق الحضرية أعلى من درجة الضواحي المحيطة بها، ويظهر هذا النمط عندما تكون المدينة محاطة بمناطق ريفية ذات غطاء نباتي أو مناطق ذات تربة رطبة، مما يسهم في الحفاظ على درجة حرارة الهواء وجعلها أكثر برودة من المناطق الحضرية ينظر الشكل (2)، يحقق هذا النوع من الجزر الحرارية درجة حرارة أعلى للهواء خلال النهار، وعلى وجه الخصوص في الأيام المشمسة التي تكون فيها الرياح قليلة فضلاً عن تأثيرها الضعيف ليلاً.

الشكل (2) يوضح الجزيرة الحرارية السطحية (SHI)



Sours: Schmidt, P., & Lawrence, B. T, Association between Land Surface Temperature and Green Volume in Bochum, Germany, Sustainability 14, NUM.21, 2022, P3.

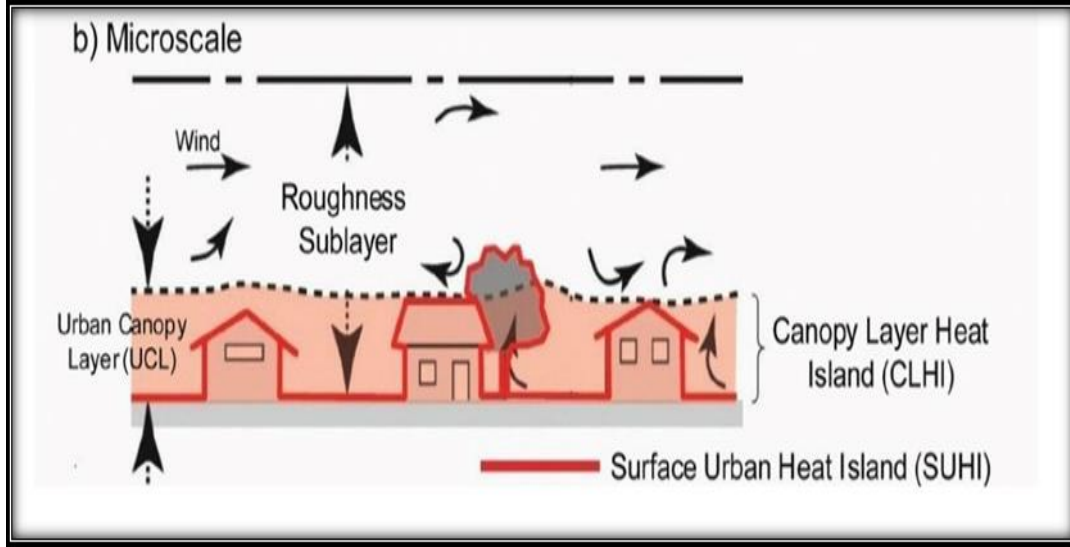
2- الجزيرة الحرارية ذات الطبقة المظلة (LAYERD CANOPY HEAT ISLANG):

يتكون هذا النوع من الجزر الحرارية في الطبقة السفلية من الغلاف الجوي القريبة من سطح

(1) Xie, Luo zijie. Urban Heat Islands as Opportunities to Extend the Use of Open Spaces. PhD diss., University of Guelph, 2018, p.p 8-9.

المدينة (طبقة التروبوسفير)، ويمتد الى الاعلى من المباني المحيطة، عادةً ما تكون شدة هذا الانعكاس الحراري اقوى في الليل عندما تكون الظروف الجوية مستقرة في حين أنها تضعف او تتلاشى نهاراً، كما هو في الشكل (3) الذي يبين تأثير الجزيرة الحرارية في مدينة بانكوك.

الشكل (3) يوضح الجزيرة الحرارية ذات الطبقة المظلة (CLHI)

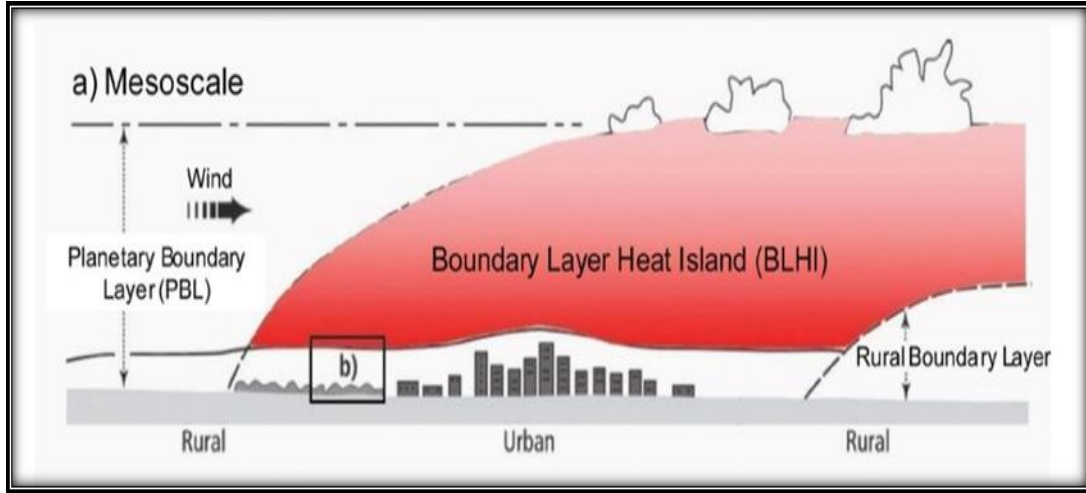


Sours: Srivanit, M., & Hokao, K., hermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: An application for the city of Bangkok, Thailand, Journal of Architectural/Planning Research and Studies (JARS), NUM.1, P.85.

3- الجزيرة الحرارية ذات الطبقة الحدودية (BOUNDARY-LAYER HEAT ISLAND)

(ISLAND): وهي الجزر التي تتكون فوق المدينة على ارتفاعات تتراوح من 1000 الى 2000 متر، لتشكل قبة من الهواء الساخن نهاراً يصل سمكها الى 1000 متر او اكثر، بينما تنخفض هذه السماكة الى مئات الامتار ليلاً ينظر الشكل (4).

الشكل (4) يوضح الجزيرة الحرارية ذات الطبقة الحدودية (BLHI)



Srivanit, M., & Hokao, K., hermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: An application for the city of Bangkok, Thailand., IbID., p. 85.

تؤثر الانواع الثلاثة من الجزر الحرارية على طبقات مختلفة في المدن. ونشير الى اهمية تاثير الجزيرة الحرارية السطحية (SHIs) والجزيرة الحرارية ذات الطبقة المظلة (CLHIs) من بين الانواع الثلاثة على المناخ المحلي والنشاط البشري بشكل اكبر نظرا، لأن الطبقات المتأثرة ترتبط ارتباطا وثيقا بالأنشطة البشرية.

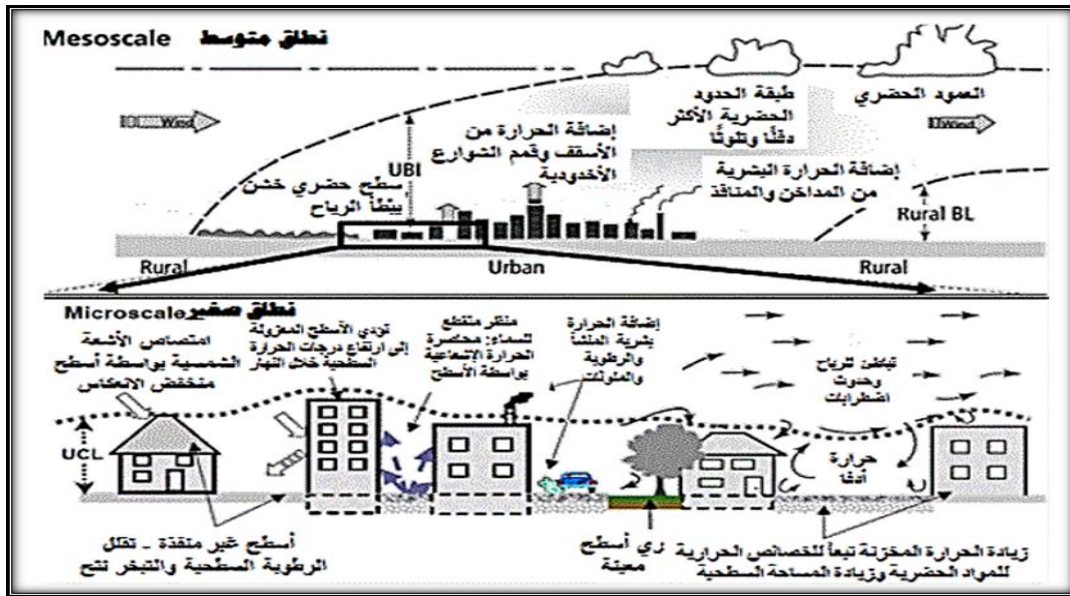
1-1-5 خصائص الجزر الحرارية:

تتشكل الحالة الجوية استجابة لعدة عناصر منها تبادل الحرارة والكتلة والزخم المحسوس والكامن وفي المناطق الحضرية تنشأ مصادر ومصارف نتيجة للتفاعلات في بيئة غير متجانسة تجمع بين العوامل الطبيعية والبشرية، اذ تعد الجزيرة الحرارية ظاهرة مناخية اقليمية ناتجة عن الخصائص الاشعائية للأسطح الغير منفذة مما يؤدي الى تراكم الحرارة وتكوين فارق ايجابي في درجات الحرارة بين المنطقة الحضرية والمناطق الريفية المحيطة بها، اذ يمكن التمييز بوضوح للجزيرة الحرارية الحضرية من خلال تحليل درجة حرارة السطح في المنطقة الحضرية بالمقارنة مع الضواحي المجاورة⁽¹⁾، لاحظ الشكل (5) ، وهو ما سيتم التطرق اليه في الفصل الثالث وبشكل مفصل، اذ عملنا على استخراج درجة حرارة السطح لمنطقة الدراسة ولفترات زمنية مختلفة

(1) Fallmann Joachim, Numerical simulations to assess the effect of urban heat island mitigation strategies on regional air quality, PhD diss, University zu Koln, 2014, p.13.

لمعرفة مدى التغير الحاصل في درجة حرارة الأرض في منطقة الدراسة ، بناءً على ما تقدم، أصبحت العلاقة بين التحضر والبيئة الجوية أكثر وضوحاً. إذ ساهم التطور السريع في عمليات التصنيع والتحضر في ظهور العديد من المشكلات البيئية، مثل: زيادة استهلاك الطاقة، تدهور جودة الرؤية، وتأثير الجزيرة الحرارية الحضرية. بالإضافة إلى ذلك، يحدث تغير مناخي على المستويات المحلية والإقليمية والعالمية، إلى جانب تلوث الهواء، الذي سيتم مناقشته في الفصل الثالث من الدراسة باستخدام أجهزة الرصد الميداني في عدد من المحطات المنتخبة على جانبي مدينة الموصل. يهدف ذلك إلى دراسة العلاقة بين الجزيرة الحرارية لمنطقة الدراسة وبعض العناصر الملوثة التي تسهم في رفع درجة حرارة السطح. في هذا السياق، أوضحت العديد من الدراسات تأثير الجزيرة الحرارية على أنماط دوران الغلاف الجوي متوسطة النطاق، مما يؤدي إلى نشوء الحمل الحراري وهطول الأمطار، ويرتبط أيضاً بموجات الجفاف وارتفاع درجات الحرارة. تعد المدن من أهم النظم البيئية البشرية وأكثرها تأثيراً على سطح الأرض من حيث بنيتها ووظائفها وإدارتها، والتي تؤثر بشكل مباشر على سكانها، وبشكل غير مباشر على النظم البيئية الأخرى من خلال الاستهلاك، النفايات، والتلوث⁽¹⁾.

الشكل (5) يوضح عملية تكوين الجزيرة الحرارية داخل طبقات الغلاف الجوي الحضري



المصدر: محمد عبد العال ابراهيم، الاتجاهات الحديثة في دراسة الجزر الحرارية في بعض الدوريات العالمية خلال الفترة (1995-2018)، المصدر نفسه، ص 8.

(1) محمد عبد العال ابراهيم، الاتجاهات الحديثة في دراسة الجزر الحرارية في بعض الدوريات العالمية خلال الفترة (1995-2018)، المصدر نفسه، ص 5.

واستخلاصا لما سبق تتسم الجزر الحرارية الحضرية بمجموعة من الخصائص وهي¹:

1. عند القيام بمقارنة بين الجزيرة الحرارية والمناطق الريفية الغير متطورة تظهر الجزيرة الحرارية بشكل عام بأنها اكثر دفناً مع وجود انماط سلوكية يومية فريدة، وغالبا ما تكون الجزيرة الحرارية هي الاكثر دفنا مقارنة بالمناطق الريفية المحيطة بها خاصة بعد غروب الشمس وتكون الابرء بعد شروقها، ففي طبقة المظلة تحت قمم الاشجار وبين المباني في البيئة الحضرية يكون الهواء اكثر دفنا بمقدار يصل الى 6 درجات مئوية من الهواء في المناطق الريفية.
2. تتوقف درجة حرارة الهواء بشكل كبير على تسخين الاسطح الحضرية؛ نظرا لان كثير من الاسطح التي تم انشاؤها بواسطة الانسان تمتص كميات اكبر من حرارة الشمس مقارنة بما تمتصه النباتات الطبيعية.
3. تتزايد الاختلافات في درجة حرارة الهواء والسطح عندما يكون الطقس هادئا وصافيا، اذ يتأثر كل من الهواء والسطح بظروف الطقس السائدة.
4. تميل المناطق العمرانية داخل المدن التي تتسم بغطاء نباتي اقل وتطور اعلى الى أن تكون اكثر حرارة بينما تصبح الجزر الحرارية اكثر كثافة بتزايد نمو المدن.
5. تعمل الجزيرة الحرارية أيضا على هواء اكثر دفنا في (المستوى الحدي) وهي طبقة من الهواء تمتد الى ارتفاع يصل الى 2000 متر.

1-1-6 اسباب تشكل الجزيرة الحرارية

تتجلى ظاهرة الجزيرة الحرارية في المدن جميعها بغض النظر عن حجم تلك المدن او كمية الفروق الحرارية التي تسجلها مقارنة بالأطراف (الارياف المجاورة) اذ يمثل ارتفاع درجات الحرارة في المدن انعكاسا لما تحويه تلك المدن من تجمعات سكنية وما تحويه من مساحات مشيدة ومعبدة بالأسفلت ومراكز تجارية وصناعية مع انخفاض نسبة المساحات الخضراء والمفتوحة واثر كل منها في تكوين واقع حراري ، اذ يلاحظ أن المدن تتجه نحو استخدام مساحات اوسع من الاراضي والمسطحات مما تسبب ذلك في زيادة الحرارة الناتجة عن استهلاك الطاقة بمختلف اشكالها وهذا بدوره يؤدي الى حدوث تغييرات في الخصائص الاشعائية والحرارية

(1) Zuzana Poorova, Zuzana Vranayova, Green Roofs and Water Retention in Kosice-Slovakia, Springer Nature Switzerland, 2020, p.p 60-61.

للمناخ في المناطق الحضرية⁽¹⁾، ومن جهة أخرى فقد سببا التحضر والتصنيع العديد من المشكلات للإنسان مثل الاحتباس الحراري وتراكم النفايات الصناعية وتلوث الهواء وبغض النظر عن الآثار السلبية على البيئة تؤثر هذه العمليات بوضوح وبشكل أكثر خطورة على المناطق الحضرية الإقليمية فنجد أن الأنشطة الصناعية واستخدام المواد الاصطناعية تلعب دورا ملحوظا في هذه المناطق ، ونتيجة لذلك تتأثر البيئة الطبيعية بشكل كبير وتفقد توازنها الطبيعي، فضلاً عن ذلك أصبح الأفراد أكثر عرضة لمشاكل التحضر خصوصا مع التوقعات بارتفاع مستمر في عدد السكان، إذ من المتوقع أن يصل عدد سكان الحضر الى نحو 5 مليارات نسمة بحلول عام 2030 مما اسفر عن ظهور ظاهرتين رئيسيتين في المدن الكبيرة تميزها عن مناطقها المحيطة بها الاولى هي ارتفاع درجات الحرارة او ما يعرف بالجزيرة الحرارية الحضرية والثانية هي درجة حرارة منخفضة عرضية تسمى جزيرة التبريد الحضرية (UCI)*. كما وتعود الزيادة في درجات الحرارة في المناطق الحضرية بشكل اساسي الى الانبعاثات الحرارية الناجمة عن المركبات ومحطات الطاقة واجهزة تكييف الهواء ومصادر حرارية اخرى، إذ يتم تخزين كميات ضخمة من الطاقة الشمسية في مواد البناء ويعاد اشعاعها في المناطق الحضرية لتراكم الحرارة في المباني وهياكل المدن نتيجة للكثافة العمرانية الكبيرة وانخفاض معامل رؤية السماء، على حين تتسم المناطق الحضرية بنقص الغطاء النباتي الذي يعود سببه لاستخدام الارض والبنية التحتية الكثيفة هذه الاسباب تمثل تحديا اضافيا في هذه المناطق، إذ تقلل من فاعلية ازالة الحرارة بواسطة الحمل الحراري⁽²⁾، ونستنتج من ذلك ان استخدامات الاراضي والانشطة البشرية في اي منطقة عبارة عن تجسيد للضوابط والاسباب التي تساهم في تكوين الجزيرة الحرارية ، ووفق تلك الرؤية يمكننا القول أن النمو السكاني والزحف العمراني الى جانب النشاط البشري وتأثيراته يؤديان الى تغيرات في خصائص المناخ داخل المدن وعلى وجه الخصوص زيادة درجات الحرارة القريبة من

(1) Soltanifard, H., & Aliabadi, K. Impact of urban spatial configuration on land surface temperature and urban heat islands: A case study of Mashhad, Iran. Theoretical and applied climatology, Num. 137, 2019, p.1.

* UCL: وهي منطقة تكون فيها درجات الحرارة أقل من درجة حرارة المناطق المحيطة بها.

(2) Rizwan, et al., A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island, Journal of environmental sciences 20, Num. 1, 2008, p.1.

سطح الارض ، يمكن القول ايضا أن ظاهرة الجزر الحرارية تعد واحدة من الظواهر الاكثر انتشارا في سياق التحضر. حيث ان الجزر الحرارية تنشأ فوق المدن للأسباب التالية:

1-1-6-1 التحضر والزحف العمراني

على الرغم من أن التحضر له فوائد عديدة الا أنه يمكن عده محركا للمشاكل البيئية، اذ تشغل المناطق الحضرية حوالي 3% من اجمالي مساحة الارض وعلى الرغم من ذلك فأنها تضم اكثر من نصف سكان العالم بنسبة تقدر حوالي 55% تبعا لإحصائيات عام 2018 ومن المتوقع أن يشهد عدد السكان ارتفاعا يصل الى نحو 68% بحلول عام 2050، وهذا الارتفاع سيكون اكثر وضوحا في البلدان النامية، ومن المتوقع ايضا أن تمثل الصين والهند ونيجيريا معا 35% من الزيادة المتوقعة في عدد السكان، اذ يعيش حوالي 73% من سكان اوربا في المناطق الحضرية ومع حلول عام 2050 تصل هذه النسبة 82% جنبا الى جنب مع الزيادة السكانية ادى النمو الحضري السريع الى تغير استخدام الاراضي والتوسع في المناطق المبنية، اذ يؤثر التحضر على المناخ المحلي ويشكل بيئة مناخية فريدة من نوعها مثل ظاهرة الجزيرة الحرارية⁽¹⁾، فقد اظهر الباحثان (تاكيياياشي ومورياما (2012)) في دراستهما لموازنة الحرارة السطحية في اليابان أن درجات الحرارة للأسفلت العادي أثناء النهار يمكن أن تكون اعلى بمقدار 20 درجة مئوية من درجة حرارة العشب، ومع التغيرات المستمرة في مدننا يقل الغطاء النباتي بشكل ملحوظ، بينما باتت تغطي الارصفة الان نسبة عالية وبشكل متزايد من مساحة مدننا مما يساهم بشكل كبير في تفاقم ظاهرة الجزر الحرارية، ولقد اثبت (سانتاموريس (2013)) إن الشبكة السطحية والطرق الرئيسية المعبدة التي تعمل المدن على تطويرها تمثل نسبة اكبر من درجات الحرارة السطحية المرتفعة لكل وحدة حجم مقارنة بأي زيادة في درجة حرارة السطح، وفي ظل تلك المؤشرات تستمر المدن اليوم في الزيادة من حيث الحجم والعرض وهي ظاهرة تعرف بالزحف العمراني، كما بين (ستون وأخرون (2010)) أن الزحف العمراني يعزز من ازدياد

(1) Vujovic, et al., Urban heat island: Causes, consequences, and mitigation measures with emphasis on reflective and permeable pavements, CivilEng ,NUM. 2, 2021,p.459.

موجات الحر وان المدن المترامية الاطراف تشهد بشكل متكرر حالات حر شديدة بالمقارنة مع المدن المدمجة⁽¹⁾.

استنادا الى ما سبق اشار (Vujovic, S. 2021) الى ان هذا النوع من التغييرات سيؤدي إلى ارتفاع متوسط درجات حرارة الهواء خلال الصيف سواء أثناء النهار أو الليل بنسبة تتراوح بين (0.5) إلى (0.7) درجة مئوية، قد تصل إلى حوالي (3) درجات مئوية، علاوة على ذلك من المتوقع أن يحدث أكثر من ثلثي التوسع الحضري في قارتي آسيا (بنسبة تتراوح بين 46 إلى 49%) وأفريقيا (بين 16 إلى 25%) بحلول عام 2030، ووفقًا لتقديرات (et al.,2019) (Perpina, بحلول عام 2030 سوف تتوسع المناطق المبنية في دول الاتحاد الأوروبي بشكل متناسب ومن المتوقع أن تكون أعلى زيادة مطلقة في إيطاليا، تليها ألمانيا وبولندا، وتعد منطقة سيول الحضرية في كوريا مثالاً فريداً لتأثير التحضر على اتجاهات المناخ المحلي بناءً على بيانات المراقبة لفترة تمتد على مدار 56 عامًا (1962-2017)، فقد ارتفعت درجة حرارة الهواء بمقدار حوالي 1.7 درجة مئوية وأن التحضر يسهم بنسبة 43% في اتجاه الاحترار الحضري، وهذا يتفق مع ما توصل اليه (Imran, H., et al.,2019) في مدينة ملبورن والذي لاحظ أن التحضر له تأثير كبير على الأرصاد الجوية الحضرية وأظهرت نتائج المحاكاة أن التوسع الحضري يمكن أن يزيد من درجة حرارة الهواء في المناطق الحضرية ودرجات حرارة السطح بمقدار (0.75-2.80) درجة مئوية وبنسبة (1.9-5.4) على التوالي⁽²⁾، وتأسيسا على ذلك توصل (Oke, T.R.1973) الى علاقة لوغاريتمية بين حجم المدينة وكثافة (UHI) بتحليل الجزيرة الحرارية القصوى المشار اليها بالرمز ($\Delta T_{u-r(max)}$) في 11 مدينة اوروبية يزيد عدد سكانها عن (50.000) نسمة، وبناء على ما تقدم تم الاعتماد على المعادلة الآتية في تقدير مقدار العلاقة بين المعادلة باستخدام المعادلة التالية⁽³⁾:

$$\Delta T_{u-r(max)} = 2.01 \log_{10} P - 4.06.$$

اذ ان:

(1) Mohajerani, et al., The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete, Journal of environmental management, NUM. 197,2017, p.p 524-525.

(2) Vujovic, et al., op cit., p.460.

(3) Fallmann Joachim, op cit., p.14.

$$\Delta T_{u-r(max)} = \text{الحد الأقصى للجزيرة الحرارية}$$

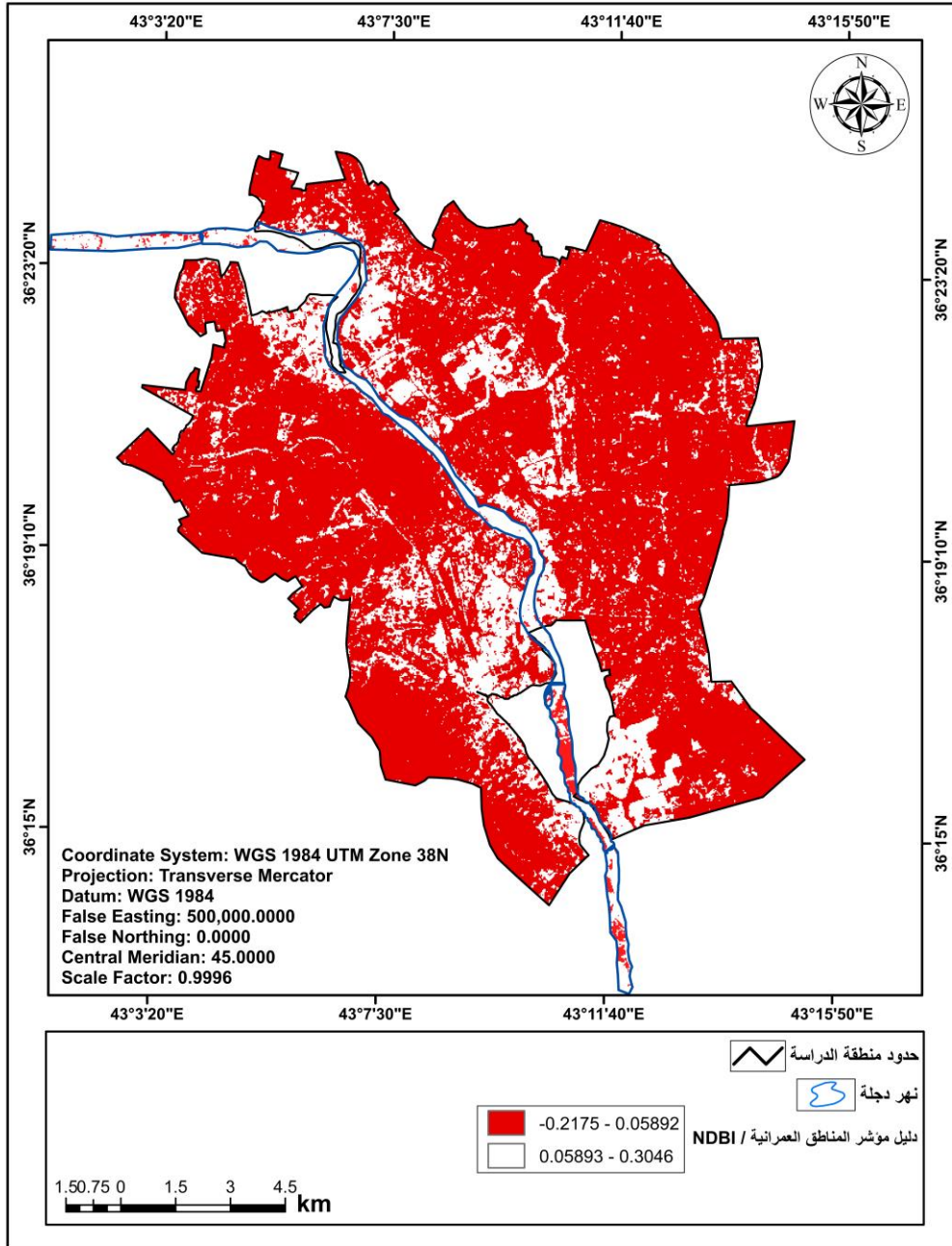
$$\text{Log} = \text{علاقة لوغاريتمية}$$

$$P = \text{الكثافة السكانية}$$

وانطلاقاً من ذلك يمكن القول أن مختلف الظواهر الجغرافية سواء بشرية كانت ام طبيعية، نستطيع ملاحظتها من خلال الخارطة (2)، اذ يتبين من خلالها حجم التوسع العمراني الذي وصلت اليه مدينة الموصل في عام (2023)، نتيجة الزيادة الكبيرة في اعداد السكان وما يرافق ذلك من زيادة في الضغط على الحيز المكاني والذي يتمثل اليوم وما نراه واقعا في امتداد العمران خارج التصميم الاساسي لمنطقة الدراسة والذي يعرف محليا بالجمعيات التي باتت تحيط المدينة من اغلب جهاتها ، ولتوظيف ذلك لا بد من الاشارة الى أن عدد احياء منطقة الدراسة بلغت حتى العام المذكور انفا (235) حي، وبعدهد وحدات سكنية قدرها (221919) وحدة سكنية، كما وأنها توزعت على مساحة سجلت (219685) كم² ، واذا ما قارنا تلك القيم مع سنة الاساس (2003) التي تعد بداية الفترة الزمنية للدراسة، اذ بلغت مساحة المناطق المبنية انذاك (111.9) كم²⁽¹⁾، اذ يلاحظ الفارق الكبير والشاسع في حجم الامتداد المساحي للمناطق المبنية ما بين الفترتين وكيف اثر ذلك ولعب دورا اساسيا في تكوين الظاهرة المدروسة.

الخريطة (2) تبين مؤشر المناطق العمرانية في مدينة الموصل عام (2023)

(1) جمهورية العراق، وزارة البلديات والاشغال العامة، مديرية بلدية الموصل، شعبة نظم المعلومات الجغرافية، بيانات غير منشورة، 2023.

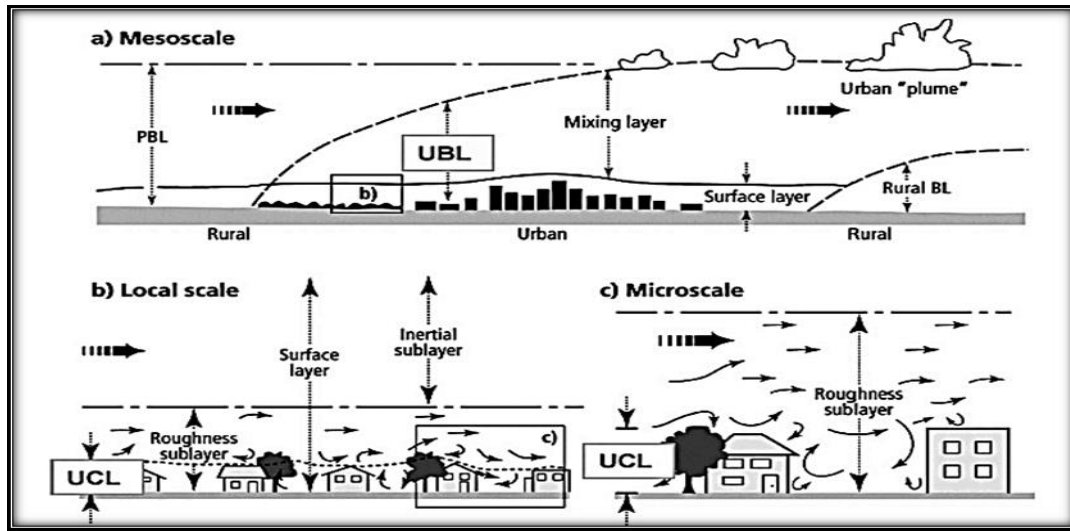


المصدر: بالاعتماد على المرئية الفضائية لاندسات 8 بتاريخ (2023/3/30) لمدينة الموصل.

كما وذكر (Oke, T.R. 2006) أن العمليات الحضرية لانتقال الحرارة تحدث بشكل متفاوت على مستويات حضرية مختلفة وهي الصغرى والمحلية والمتوسطة؛ انظر الشكل (6)؛ على المستوى الجزئي تتكون طبقة الخشونة من طبقة المظلة الحضرية (UCL) وهي الطبقة التي تضم عناصر الخشونة الرئيسة مثل المباني والأشجار، إذ تحدث عمليات تبادل للحرارة والرطوبة مع الهيكل العمراني في هذه الطبقة، عادةً ما يكون ارتفاع (UCL) متساوياً تقريباً لمتوسط ارتفاع عناصر الخشونة في المنطقة الحضرية المعنية وعليه عند اختلاط التأثيرات

المناخية الدقيقة للأسطح الفردية عبر الاضطراب تتشكل الطبقة الفرعية للخشونة في المناطق الحضرية الكثيفة المناطق، يكون ارتفاع الطبقة الفرعية للخشونة (SUB-LAYER OF (RSL) ROUGHNESS) أقل من $1.5x$ ارتفاع طبقة المظلة الحضرية (UCL) وما يصل إلى $4x$ ارتفاع (UCL) للمناطق منخفضة الكثافة، إذ تقوم الأدوات الموجودة في (RSL) بقياس ممثل للإشارة المختلطة والمتوسط المكاني للنطاق المحلي وبالتالي يكون من الصعب تحديد المصادر الفردية لتدفقات الحرارة أثناء إجراء القياسات (RSL)*، بينما على المستوى المحلي تتألف الطبقة السطحية من طبقة فرعية للخشونة وطبقة فرعية بالقصور الذاتي (ISL)، إذ تمثل الطبقة الفرعية بالقصور الذاتي الموقع الذي يتكيف فيه الغلاف الجوي مع المشهد الحضري الأساسي إذ تكون ملاحظات تدفقات الطاقة والكتلة والزخم التي تحدث عند هذا الارتفاع مزيجًا من المناخات الدقيقة التي تم تكوينها بواسطة المشهد الحضري، في حين على المستوى الحضري المتوسط تعد الطبقة المختلطة أعلاه هي المكان الذي تمتزج فيه التبادلات السطحية الحضرية مع الغلاف الجوي على نطاق أوسع ويتم نقلها باتجاه الرياح بشكل (عمود حضري)⁽¹⁾.

الشكل (6) يوضح مقاييس المناخ الحضري



المصدر: Hara Kumar Varma, Ibid.,p.13

* RSL: ويقصد به مستوى الإشارة المستقبلية الذي يعد أحد القياسات الأساسية التي يتم إجراؤها في النظام الخلوي.

(1) Hara Kumar Varma, Urban planning characteristic to mitigate Climate change in context of urban heat Island effect, The Energy and Resources Institute,2017,p.p 12-13.

1-1-6-2 فقدان الغطاء النباتي والنفاذية

إن انتشار الاستعمالات الحضرية في المدن تعد السبب الرئيس لفقدان الغطاء النباتي وتدني النفاذية، حيث يتم قطع الأشجار واستبدال المساحات النباتية الطبيعية بمواد البناء والاسطح المعبدة خلال عمليات التطوير الحضري، يلعب هذا الفقدان في الغطاء النباتي دورا كبيرا في المناطق الحضرية في توليد ظاهرة ارتفاع درجة حرارة التي تعرف (بالجزيرة الحرارية الحضرية)، إذ يسبب نقص الغطاء النباتي توقف عملية التبريد في المناطق الحضرية مما يسمح بتخزين الحرارة الشمسية خلال النهار في هذه المناطق وبالتالي يحدث ارتفاع في درجة حرارتها ليلا نتيجة انبعاث الحرارة المخزونة فيها، وبطبيعة الحال يعد الغطاء النباتي أكثر العوامل تأثيرا في المناخ الحضري، وعلى وجه الخصوص المناخ الحضري الليلي، وفي المناطق المدارية الحارة والجافة بشكل أعلى من تأثير المناطق المبنية والمعبدة، فعلى حين يبلغ الاختلاف بين المناطق الحضرية والريفية ليلا للجزيرة الحرارية (1.9) درجة مئوية، تظهر الجزيرة الباردة الليلية في منطقة كثيفة الخضرة بدرجة ابرد منها في المناطق الريفية وبمقدار 5 درجات مئوية⁽¹⁾، وقد وجدت الدراسات السابقة أن الاسطح الغير منفذة تقلل من معدل تسريب المياه بنسبة 35% وتزيد من جريان مياه الامطار بنسبة 45% في مناطق المدينة ولذلك تصبح عمليات التبريد الطبيعية مثل التبخر محدودة في المناطق الحضرية وبالتالي لا يمكنها التحكم في ارتفاع درجة الحرارة في تلك المناطق⁽²⁾، وأشار (Ferguson, 2016) الى أن أثناء هطول الأمطار تمنع الأسطح غير المنفذة تسرب المياه وتحتفظ بمعظمها على السطح وعند وجود أنظمة تصريف فعالة يتم توجيه معظم تلك المياه نحو المجاري، في حين يتبخر الماء المتبقي على السطح خلال فترة وجيزة، يتبعه زيادة سريعة في الحرارة المعقولة بالقرب من السطح والتي يتم ملاحظتها من خلال زيادة درجة حرارة الهواء⁽³⁾، تبعا لذلك تتكون الاسطح الحضرية من اسطح منيعة تصل نسبتها الى 75% بينما الغطاء الارضي الطبيعي يمثل حوالي 10% من الاسطح⁽⁴⁾. وقد توصل

(1) محمد عبد العال ابراهيم، الاتجاهات الحديثة في دراسة الجزر الحرارية في بعض الدوريات العالمية خلال الفترة (1995-2018)، مصدر سابق، ص5.

(2) Imran, et al., Causes, modeling and mitigation of Urban Heat Island: a review, Earth Sciences 10, Num. 6, 2021, p.p 245-246.

(3) Xie Luo zijie, op cit., p.13.

(4) Hara Kumar Varma, op cit., p.13.

(Wenchao, H. et al, 2020) الى معادلة لاستخراج المناطق المبنية عن انواع استخدامات الاراضي الاخرى عن طريق استخدام الفرق بين مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة -Soil Normalized Differences (adjusted vegetation index) ومؤشر الاختلاف المبنى (Normalized Differences)
: (1) NDBI – SAVI (vegetation index

$$NDBI = \frac{p5 - p4}{p5 + p4}$$

$$SAVI = L \frac{p4 - p3}{p4 + p3 + L} (1+L)$$

اذ ان:

$NDBI =$ مؤشر الاختلاف المبنى.

$SAVI =$ مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة.

$L =$ عامل تعديل التربة الذي تبلغ قيمته 0.5.

$P_N =$ هو انعكاس Landsat للنطاق n.

وعلى الجانب الاخر تؤثر الاختلافات في الغطاء النباتي على الفروق في درجات الحرارة بين المناطق الريفية والمناطق الحضرية بشكل ملحوظ⁽²⁾، ووفقا للدراسة التي اجراها (Shashua-Bar & Hoffman, 2000) وجد أن زراعة شجرة صغيرة في منطقة ما يمكنه أن يعمل على تبريد المناطق المحيطة بها لمسافة تصل إلى 100 متر من حدود الموقع في حين أن في المناطق الخضراء الواسعة مثل الحدائق والمساحات الخضراء المفتوحة كان تأثير التبريد ملحوظاً لمسافة تصل إلى 2 كم من الموقع، وبناءً على ذلك يظهر اختلاف واضح في الخصائص الديناميكية للهواء والخصائص الحرارية والقدرة على ترطيب البيئة بين الغطاء النباتي والمواد الحضرية ونتيجة لهذه الاختلافات، يعمل الغطاء النباتي على تخفيض درجة حرارة الهواء

(1) Wenchao Han, et al., The mechanisms and seasonal differences of the impact of aerosols on daytime surface urban heat island effect, Atmospheric Chemistry and Physics 20, NUM 11, 2020, p.6481.

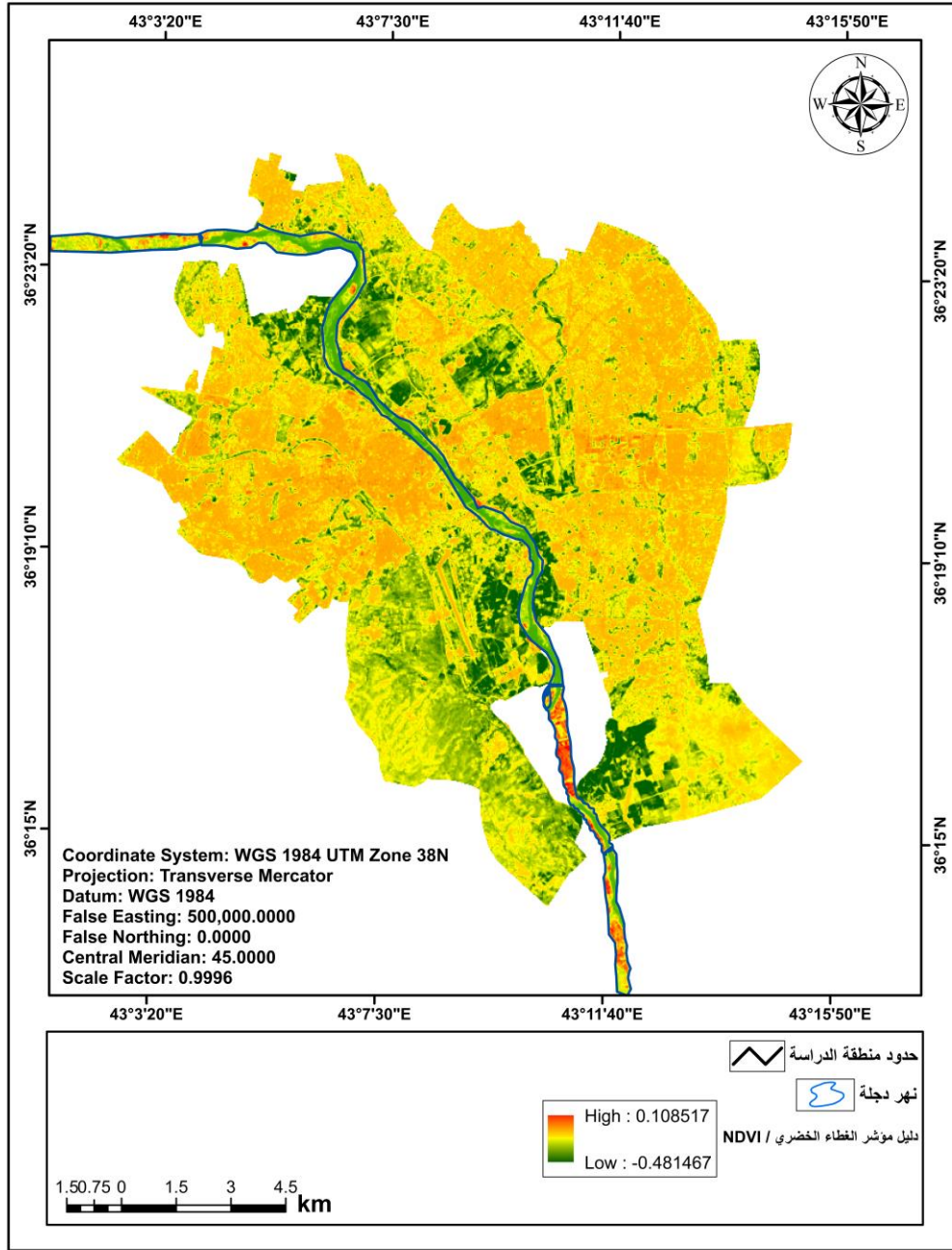
(2) Mark Nieuwenhuijsen, Haneen Khreis, Integrating Human Health into Urban and Transport, Springer, 2019, p.485.

بوساطة عمليات مختلفة عن تلك التي تقوم بها المواد الباردة⁽¹⁾، وبناءً على ما تقدم فقد شهدت منطقة الدراسة حدوث تغيرات واضحة وكبيرة في استخدامات الأراضي اذ يظهر ذلك جليا عن طريق استخدام دليل مؤشر الغطاء الخضري (Normalized difference vegetation index (NDVI) الذي يعد احد اهم المؤشرات التي تعبر عن مدى التغيرات الحاصلة في طبيعة الغطاء النباتي، ويتضح ذلك من خلال الخريطة (3)، اذ يظهر أن نسبة ما يشكله الغطاء الخضري بات يشكل نسبة قليلة جدا مقارنة مع ما شهدته المدينة من زيادة عمرانية وسكانية كبيرتين، ولتوظيف ذلك لا بد من بيان أن مجموع ما بلغت مساحة المسطحات الخضراء داخل مدينة الموصل وحسب الاحصائيات من الجهات ذي العلاقة بلغت (195) دونم حتى العام (2023)⁽²⁾، وهي نسبة محدودة جدا يمثلها الغطاء النباتي مقابل ما تشغله المناطق العمرانية من مساحة.

الخريطة (3) تبين مؤشر دليل الغطاء الخضري (NDVI) لمدينة الموصل عام (2023)

(1) Karimipour, N, Implications of Urban Design Strategies for Urban Heat Islands" An Investigation of the UHI Effect in Downtown Austin", Master Thesis, the Faculty of the Graduate School of, The University of Texas, 2017, p.28.

(2) جمهورية العراق، وزارة البلديات والاشغال العامة، مديرية بلدية الموصل، شعبة نظم المعلومات الجغرافية، بيانات غير منشورة، 2023.



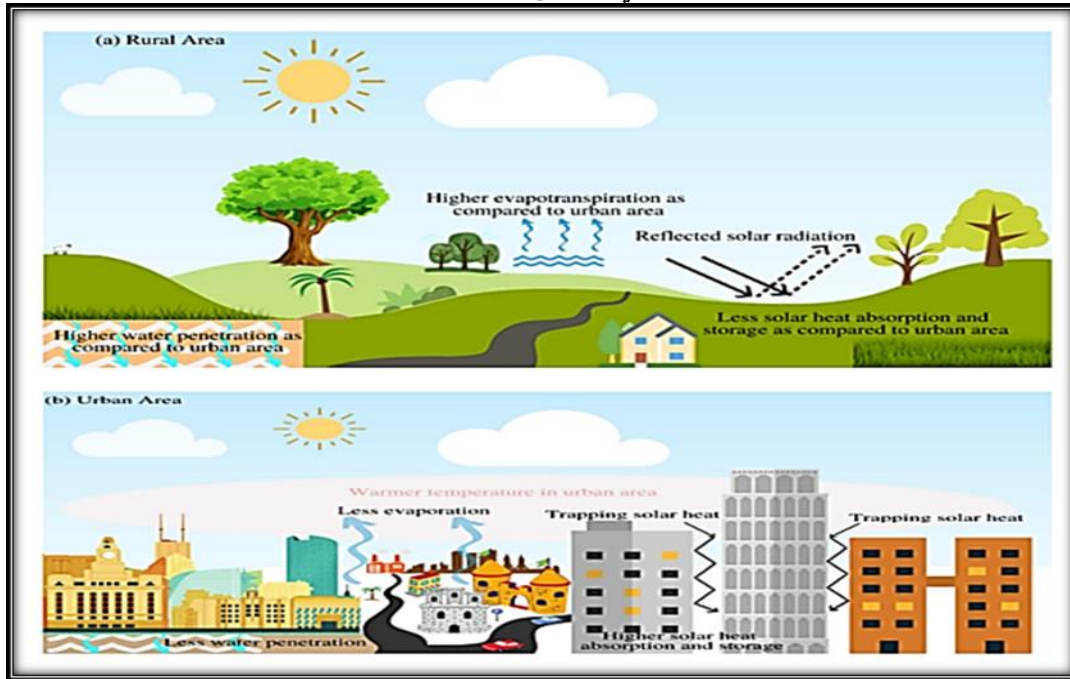
المصدر: بالاعتماد على المرئية الفضائية لاندسات 8 بتاريخ (2023/3/30) لمدينة الموصل.

كما واطهرت دراسة (Erell et al., 2011) أن سطح الأرض في المناطق الريفية يتسم بتغطيته بالنباتات أو بتربة رطبة ذات نفاذية عالية، إذ يتم تخزين مياه الأمطار وتبخرها ببطء بعد توقف هطول الأمطار خلال هذه العملية، يظل سطح الأرض رطبًا بشكل كافٍ لتقليل الحرارة المعقولة وبالتالي الحفاظ على درجات حرارة هواء منخفضة⁽¹⁾، ومن زاوية أخرى يعمل على

(1) Xie Luo zijie, op cit., p.13.

الغطاء النباتي على امتصاص الاشعاع الشمسي مما ينتج عنه تقليل كمية الاشعاع المنعكس، كما توفر المساحات الخضراء ايضا التبريد من خلال عملية التبخر بدلا من زيادة درجة حرارة الهواء يتم استخدام الطاقة الشمسية لتبخير الماء من النباتات مما يؤدي الى تبريد النبات ويقلل من كمية الطاقة المتبقية لتدفئة الهواء ويضاف على ذلك تميز الغطاء النباتي بسعة حرارية منخفضة وتوصيل حراري اقل من المواد المستخدمة في البنى التحتية للمناطق الحضرية، علاوة على ذلك هناك وسيلة اخرى ذو اهمية كبيرة يمكن أن تساهم بها النباتات من خلال التظليل الذي يقلل من اشعاع الامواج القصيرة الساقطة والحرارة الصادرة عنها مما يسهم في النهاية في خفض درجات حرارة السطح والجدران وتقليل درجة حرارة الاشعاع، تختلف الاشجار في قدرتها على التظليل وهو احد المعايير التي يجب أن يأخذ بها مخطوطو المدن في اعتبارهم عندما يقررون زراعة الاشجار في المناطق الحضرية، وفي النهاية يمكن للمساحات الخضراء أن تقلل من سرعة الرياح داخل المدن على الرغم من أن هذا قد لا يكون مرغوبا به في فصل الصيف من حيث انخفاض درجات الحرارة وبالتالي تقليل التبريد⁽¹⁾.

الشكل (7) يوضح الخصائص النموذجية لـ (أ) المناطق الريفية (السابقة) و(ب) المناطق الحضرية (غير المنفذة) في المناطق الريفية والمدن ويوضح تكوين ارتفاع درجات الحرارة في مناطق المدينة



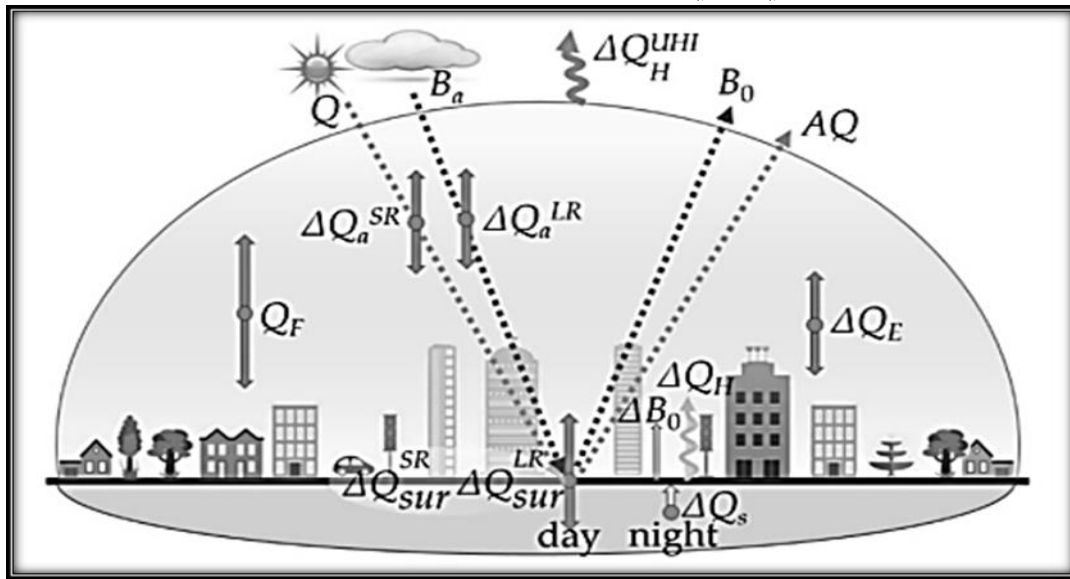
المصدر: Imran, Hosen M., .op cit., p.246.

(1) Mark Nieuwenhuijsen, op cit.,p.485.

1-1-6-3 الحرارة البشرية المنشأ

تعرف الحرارة البشرية المنشأ بأنها مجموع الحرارة المتولدة من المصادر الثابتة والمتحركة لمنطقة ما والناجمة عن المباني والمركبات والأشخاص، تعد الحرارة البشرية المنشأ من الأسباب الأكثر أهمية لتشكل الجزيرة الحرارية؛ لحدوث تغير في الموازنة الإشعاعية والحرارية بناءً على تغير الإغطية الأرضية الحضرية⁽¹⁾، يرتبط المناخ الحضري بالحرارة والرطوبة المنبعثة من المدن إلى جانب استهلاك الطاقة الكبير الذي يتم فيها، إذ يمكن لانبعاثات الحرارة البشرية أن تكون مباشرة من مصادر متعددة منها المداخن ومكيفات الهواء والسخانات وبشكل غير مباشر من خلال هياكل المباني عبر الحمل الحراري والإشعاع نحو البيئة الحضرية⁽²⁾، كما هو موضح في الشكل (8).

الشكل (8) يوضح التغيرات الرئيسية في تدفقات الحرارة والإشعاع على السطح الحضري الأساسي والتي تسبب تكوين الجزيرة الحرارية الحضرية



Sours: Dudorova, N. V., & Belan, B. D, The Energy Model of Urban Heat Island., Atmosphere (13), NUM.3, 2022, P.2.

ولتوظيف ذلك لا بد من الإشارة إلى أهمية المناطق الحضرية كونها تمثل مصدراً لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون نتيجة احتراق الوقود الأحفوري وهذه العملية ليست بالكثافة نفسها

(1) Rizwan, et al. "A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island." Op. cit., p.123.

(2) Minni, S., Hara, K., Vini, H., Final Report on Urban Planning Characteristics to Mitigate Climate Change in Context of Urban Heat Island Effect, The Energy and Resources Institute, Bangalore,(2017),p.9.

في المناطق الريفية اذ يتم نقل الحرارة المنتجة الى الهواء الجوي مما يزيد من درجة حرارته, وهنا لابد من بيان أن حجم التدفق الحراري الصادر عن النشاط البشري يتوقف اولاً على كثافة السكان وحجمهم وثانياً على استهلاك الفرد للطاقة التي تعتمد قيمتها على تأثير العديد من العوامل منها المناخ (الذي يحدد احتياجات التدفئة في المساحات المختلفة)، ونوع الانشطة الصناعية وكثافتها، وتكوين نظام النقل الحضري, فضلاً عن خصائصه (عدد السيارات ومتوسط عمرها) اجمالاً يمكننا القول أن مستوى الحرارة البشرية المنقولة الى مدينة نموذجية في مناطق مناخية معتدلة تتراوح بين 15-50 واط لكل متر مربع، ولا تقتصر الحرارة البشرية على ذلك فقط بل هناك مصدر اخر للطاقة في البيئة الحضرية هو الحرارة التي تتولد بسبب عمليات التمثيل الحيوي, اذ يقدر معدل هذه الحرارة 3200 سعرة حرارية يوميا لكل فرد، يعتمد اجمالي كمية الحرارة على عدد السكان ولكنها تتأثر ايضاً بفرق درجة حرارة جسم الانسان والهواء الجوي ولانخفاض كثافة السكان في المناطق الريفية يكون للكتلة الحيوية دوراً اقل⁽¹⁾، الى جانب استخدام مكيفات الهواء على نطاق واسع لتوفير الراحة للبشر خلال فصل الصيف, اذ تساهم هذه المكيفات في الحفاظ على برودة المبنى من الداخل ولكنها في المقابل تقوم بأطلاق الحرارة الممتصة من الداخل الى الجو الخارجي لهذا يتزايد ارتفاع درجة حرارة البيئة الخارجية مما يسهم في النهاية في ارتفاع درجة حرارة الجو المحيط⁽²⁾، ويمكن قياس هذه الحرارة المنقولة من المباني الى البيئة الخارجية على النحو الآتي :

$$R=E+P+M+L+AC$$

اذ إن :

$R =$ الحرارة التي تنتقل في المبنى من البيئة الخارجية.

$p =$ أحمال التوصيل.

$M =$ الايض البشري.

$L =$ الحرارة الناتجة عن الاضاءة.

(1) Loana Herbel, Urban heat island-Assessment techniques, Mitigation and applications in a post-socialist city, PhD, Presa Universitara Clujeana,2020,p.p.12-13.

(2) Nuruzzaman, Md. "Urban heat island: causes, effects and mitigation measures-a review." International Journal of Environmental Monitoring and Analysis 3,Num . 2 , 2015,p.68.

AC = الطاقة الاضافية التي يستهلكها نظام التبريد.

وأخيراً تشير البيانات المستمدة من الدراسات السابقة الى أن انبعاثات الحرارة البشرية المنبعثة من المناطق الحضرية قد تتراوح بين 15-150 / وات م⁽¹⁾².

1-1-6-4 كثافة السكان

إن المجتمعات ذات الكثافة السكانية العالية تشكل جزءاً أساسياً في المجتمع الحديث فإنه من الضروري التركيز على التدابير التي تقلل من الاثار البيئية السلبية لتلك المناطق، يمثل تغير المناخ المحلي احد هذه الاثار السلبية التي تطرأ نتيجة لتطور المناطق المتقدمة المعروف بأسم (تأثير الجزيرة الحرارية الحضرية)⁽²⁾، وعلى الرغم من وجود عدة دوافع للانتقال نحو المدن مثل البحث عن التعليم والترفيه والسكن والوصول الى الرعاية الصحية الا أن السبب الاكثر شيوعاً يعود الى الفرص الاقتصادية المتاحة في تلك المناطق الحضرية⁽³⁾، وبذلك يعد عدد السكان سبباً رئيساً يؤثر في تطور جزر الحرارة الحضرية، اذ ترتفع درجة حرارة الهواء عادة بفارق يتراوح بين 1.1 الى 1.2 مئوية في المدن التي يتراوح عدد سكانها بين (500000) الى (1000000) نسمة مقارنة بالمناطق الغير حضرية المحيطة بها، بينما يتسع الفارق في متوسط درجات الحرارة في المناطق الحضرية والريفية الى ما بين (1.2) و (1.5) درجة مئوية بالنسبة للمدن التي يتجاوز عدد سكانها مليون نسمة⁽⁴⁾، واطهرت دراسة (ILham , S, et al.,2012) تزايد الكثافة السكانية في مدينة كوالا لامبور من (670) في عام 1980 الى (6085) في عام 2000 ثم ارتفعت الى (6429) في عام 2004 ونتيجة لذلك ارتفعت كثافة جزر الحرارة الحضرية في المدينة من (4.0) درجة مئوية في عام 1985 الى (5.5) درجة مئوية في عام 2004 وبالتالي يظهر وجود علاقة تناسبية بين كثافة السكان وجزر الحرارة الحضرية في كوالا لامبور، كما وخلصت الدراسة

(1) Minni, S., op cit.,p.9.

(2) Lindsay, et al. Urban Heat Island Project Report University of Central Florida, 2010,p.1.

(3) Steeneveld, .Quantifying urban heat island effects and human comfort for cities of variable size and urban morphology in the Netherlands. Journal of Geophysical Research: Atmospheres 116,NUM. 20,2011,p.1.

(4) Sharma, Divya, and Alka Bharat. Urban Heat Island Effect-Causes, Impacts, Methods of Measurement and Mitigation Options. Institute of Town Planners India 6,NUM. 2,2009,p.72.

الى أن الكثافة السكانية تلعب دورا في التأثير على جزيرة الحرارة الحضرية وتسهم في زيادة كثافتها في ذات المدينة المذكورة ذاتها في ماليزيا⁽¹⁾، كما اثبت (Oke, T.R,1973) أن كثافة الجزيرة الحرارية تزداد حسب المعادلة التالية:

$$UHI=0.37\text{Log}_{10}(\text{pop})$$

اذ إن:

$$UHI = \text{كثافة الجزيرة الحرارية}$$

$$\text{pop} = \text{عدد السكان.}$$

ويشير ذلك الى الزيادة في عدد السكان تسبب زيادة في مستوى الحرارة، اذ يسبب وجود 10 اشخاص يسكنون في قرية ارتفاعا حراريا بلغ 0.73 درجة مئوية بينما يؤدي وجود 100 شخص الى زيادة قدرها (1.46) درجة مئوية وتسبب المدن ذات المليون شخص في ارتفاع حراري قدره (4.4) درجة مئوية⁽²⁾، يمكن القول أن جميع الظواهر البشرية المسببة سابقا هي نتيجة مباشرة للكثافة السكانية، وانطلاقا من ذلك فقد سجلت الاعداد السكانية داخل مركز قضاء الموصل (مدينة الموصل) في اخر احصائية لها للعام المذكور انفا بلغت (1,547,556) مليون نسمة ، منها (792,391) للذكور و (755,165) للإناث⁽³⁾، فكلما زاد عدد السكان زادت البنية التحتية العمرانية واتسعت المناطق الحضرية وانخفض الغطاء النباتي، فضلا عن تزايد كثافة وسائل النقل على اختلاف انواعها الى جانب انخفاض الفضاء وقلة في نسبته مما ادى الى درجات حرارة مرتفعة نتيجة ذلك كله.

1-1-6-5 الهندسة الحضرية

يلعب الشكل الحضري الذي يشير الى الاشكال ثلاثية الابعاد والاتجاهات والتباعد بين المباني في المدينة بدور ايضا في تشكيل ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية (UHI)، لا سيما

(1) ILham, et al. Application of Geographic Information Systems-Effects of Population Density & Land Management on the Intensity of Urban Heat Islands: A Case Study on the City of Kuala Lumpur, Malaysia,Intech,2012,p.279.

(2) عبد العزيز عبد الكريم البخيت، الجزيرة الحرارية لمدينة دمشق، اطروحة دكتوراه، جامعة دمشق، دمشق، 2017، ص38.

(3) جمهورية العراق، وزارة البلديات والاشغال العامة، مديرية بلدية الموصل، شعبة نظم المعلومات الجغرافية، بيانات غير منشورة،2023.

تواجد المباني العالية في المدن يُمكن من توفير العديد من الأسطح التي تعكس وتمتص الإشعاع الشمسي وهذا ما سيؤدي بالمحصلة الى ارتفاع درجات الحرارة في المناطق الحضرية، اذ يكون لسعة (UHI) علاقة وثيقة بحجم المدينة، وتفسيرا لذلك تقلل الاحياء ذات الكثافة البنائية العالية والشوارع الضيقة من تدفق الهواء مما يقلل بالنتيجة من تأثير التبريد الطبيعي عن طريق الاحتفاظ بالحرارة ومنعها من الارتفاع نحو السماء للاعلى⁽¹⁾، يختلف تأثير (UHI) بشكل خاص في الاخاديد الحضرية (urban canyons) ويقصد بها مناطق حضرية تتكون من شوارع ضيقة ومباني عالية على كلا الجانبين خلال ساعات النهار يمكن للمباني الشاهقة من ناحية أن تلقي بظلالها على الوادي مما يقلل من درجة حرارة سطح الارض ومن ناحية اخرى قد تكون هذه المباني مساهمة في انعكاس الحرارة وامتصاصها مما يتسبب في ارتفاع درجات حرارة الهواء ويلاحظ ان في مجال دراسات البيئة الحرارية يعتبر قياس الهندسة الحضرية ذو اهمية خاصة اذ تقاس عادة باستخدام المؤشرات الآتية: عامل عرض السماء (Sky View Factor) للمساحات غير المنتظمة والمعقدة مثل المساحات في الساحات والحدائق والمجمعات السكنية؛ ونسبة الارتفاع (H) Height الى العرض (W) Width واتجاه اودية الشوارع، تعد نسبة الارتفاع الى العرض والتي تعرف بأنها النسبة بين ارتفاع المباني وعرض الشارع عاملا مهما يشير الى انفتاح الوادي الحضري وعليه تشير قيمة H/W الاعلى الى انفتاحا اقل والنعكس صحيح، فضلاً عن ذلك فقد توصل (Oke, T.R. 1981) الى معادلة توضح العلاقة بين الحد الاقصى لكثافة الجزيرة الحرارية التي تمت ملاحظتها في 31 مدينة في جميع انحاء العالم والهندسة الحضرية باستخدام المعادلة التالية⁽²⁾:

$$\Delta T_{u-r(max)} = 7.45 + 3.97 \ln \left(\frac{H}{W} \right).$$

اذ ان:

$$\Delta T_{u-r(max)} = \text{الحد الاقصى للجزيرة الحرارية}$$

$$\left(\frac{H}{W} \right) = \text{نسبة ارتفاع المباني الى عرض الشارع}$$

(1) Beaudoin Lea, Laurie Maude Drapeau Melanie, and Vandycke Manon Brunstein, URBAN HEAT ISLAND MITIGATION STRATEGIES 2021 UPDATE, Institut national de sante publique du Quebec, 2021, p.14.

(2) Fallmann Joachim, op cit., p 22.

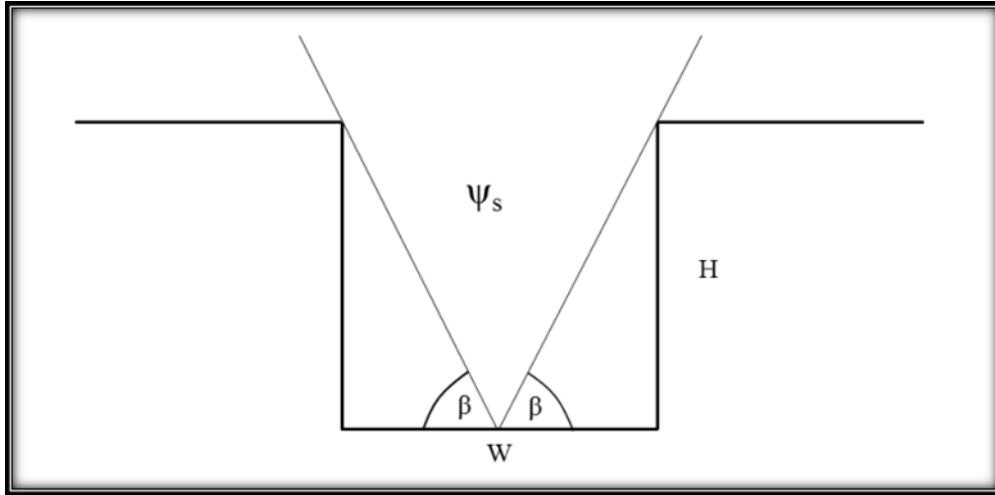
وعليه كلما ازداد ارتفاع المباني بالنسبة الى عرض الشارع زاد تناقص مساحة السماء المرئية ذات درجات الحرارة الاقل, اذ تحل مكانها سطوح المباني الحارة نسبيًا, اذ يقوم هذا النوع من السطوح بامتصاص معظم الاشعاع الارضي, مما ينجم عنه احتجاز المزيد من الحرارة والطاقة بالقرب من سطح الارض ونتيجة لذلك يحدث انخفاض في عملية مزج الهواء مما يتسبب بزيادة في حدة الجزيرة الحرارية⁽¹⁾, وتجدر الاشارة الى أن معامل رؤية السماء هو رقم بلا ابعاد يتراوح بين (0) الذي يشير الى حالة حيث تكون السماء محجوبة بشكل كامل, و(1) ويمثل مقدار السماء الخالية من العوائق التي يمكن رؤيتها من نقطة معينة وفي المقابل يشير انخفاض عامل عرض السماء للمساحات غير المنتظمة SVF الى اعاقه اكبر من قبل العناصر الحضرية مثل المباني والاشجار مما يحد من دخول الاشعاع الشمسي ويعزز الاحتفاظ بالاشعاع طويل الموجة الصادر عن الاسطح الحضرية⁽²⁾, ولا بد من الاشارة الى أثر التوجيه الذي يشير الى توجيه الشبكة الحضرية في المناطق السكنية يظهر بشكل واضح في توجيه المساكن والمباني العامة والأسواق وبقية البنى التحتية, وعند توجيه المساكن يتم مراعاة عاملين رئيسيين وهما; التعرض لأشعة الشمس في فصل الشتاء وتجنبها في الصيف والتعرض لاتجاه الرياح السائدة, اذ يظهر أن للتوجيه تأثيراً ملحوظاً على درجات الحرارة في الشوارع والأرصفت, اذ يمكن من خلال تحديد التوجيه زيادة أو تقليل درجات الحرارة وفق الاوقات المحددة, لاسيما ان الشوارع تمثل ممرات صناعية لحركة الرياح في المدينة, كما يمكن لتوجيه المباني دوراً في تسهيل أو عرقلة وصول الإشعاع الشمسي للشارع و يمكن أن يسهل هذا الوصول, وتلعب الرياح دوراً هاماً في تشتيت الحرارة الطبيعية أو البشرية عبر تحريكها الأفقي للاشعاع الحراري وعليه يظهر أن دور الرياح يتوقف على سرعتها واتجاهها وعلاقتها باتساع الشوارع ومحاورها, اذ تكون الرياح أكثر سرعة وانسيابية وتشتيتاً للحرارة في الشوارع الواسعة التي تقلل من الاحتكاك مع الهواء وتكون متوازية له مما يساهم في تجنب تراكمات الحرارة⁽³⁾.

(1) Fallmann Joachim, Ibid., p.22.

(2) Beaudoin Lea, op cit., p.14.

(3) عبد العزيز عبد الكريم البخيت, مصدر سابق, ص32.

الشكل (9) يوضح عامل منظر السماء في وادي متماثل موصوف بعرضه (W) وارتفاعه (H)



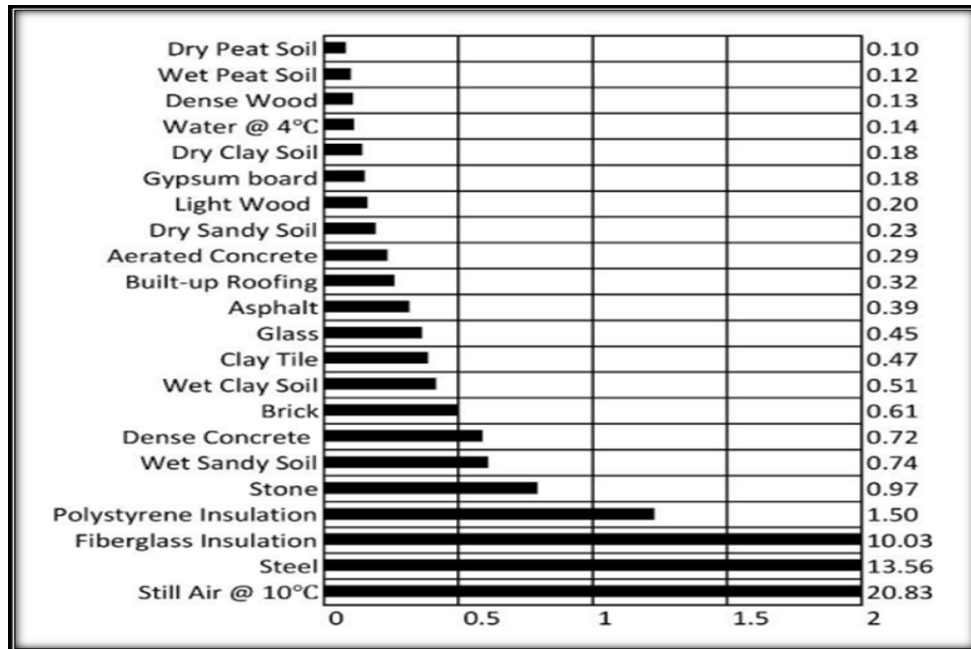
المصدر: Fallmann Joachim, op cit., p.23.

1-1-6-6 خصائص مواد البناء

تؤثر خصائص مواد البناء، مثل الابعثائية الحرارية (توازن الطاقة) والانعكاس الشمسي (البياض) والسعة الحرارية بشكل بارز في تكوين (UHI)، ويعد استخدام مواد البناء التي يُنتجها الإنسان وإطلاق الحرارة الناتجة عن الأنشطة البشرية المحركان الرئيسان اللذان يسهمان في توليد ظاهرة (UHI)، اذ تقيس الابعثائية الحرارية قدرة السطح على التخلص من الحرارة أو إطلاق الإشعاع طويل الموجة (الأشعة تحت الحمراء) بينما يحدد الانعكاس الشمسي قدرة السطح على عكس الطاقة الشمسية بنسبة مئوية، فضلا عن السعة الحرارية التي تشير الى قدرة المادة على تخزين الحرارة الشمسية اذ تمثل الابعثائية والانعكاس الشمسي الخواص الإشعاعية للمادة في حين تمثل السعة الحرارية الخواص الحرارية للمادة، المواد ذات البياض المنخفض والموصلية الحرارية العالية ترفع درجة الحرارة بسرعة كبيرة ويعتمد الانعكاس الشمسي على مواد الأسطح وألوانها وعليه تظهر الأسطح الداكنة انعكاساً أقل من الأسطح الفاتحة، وجدير بالذكر تمتاز المواد التقليدية المستخدمة في التسقيف بخصائص انعكاسية أقل، اذ تتراوح هذه القيم بين (5%) و (15%)، وفي الصدد نفسه يمتلك هذا النوع من المواد القدرة على امتصاص كمية كبيرة من الحرارة و إعادة إشعاع نسبة تتراوح بين (85%) و (95%) من الطاقة الممتصة، فضلاً عن ذلك تحتفظ الأسطح ذات الانبعث الحراري العالي ببرودة نسبية نظراً لسهولة إطلاقها للحرارة على عكس معظم مواد البناء تتمتع بخواص إشعاعية عالية، باستثناء المعادن، إلا أن الخرسانة والأسفلت تصل انبعثيتها بنسبة حوالي (0.90) ونتيجة لذلك تقوم هذه المواد بتخزين الحرارة

بفعالية وتطلقها ببطء، وعلى الرغم من أن الأسطح التقليدية تظهر انعكاسًا أقل للحرارة إلا أنها تعاني من زيادة في فعالية الجزيرة الحرارية الحضرية (UHI)⁽¹⁾، وأشارت دراسة (Gartland, 2008) إلى أن القدرة على تخزين الحرارة تختلف بين المواد السطحية الحضرية والمساحات الطبيعية الريفية إذ ترتبط القدرة على تخزين الحرارة بخاصيتين ماديتين رئيسيتين: الموصلية الحرارية، والتي تمثل خاصية المادة في توصيل الحرارة، والحرارة السعة التي تُعبّر عن كمية الحرارة التي يمكن للمادة تخزينها، حيث يُطلق على التفاعل بين هاتين الخاصيتين مصطلح (الانتشار الحراري) كعامل حاسم لتوصيف كمية الحرارة التي يمكن للمادة تخزينها والمدة التي يمكنها الاحتفاظ بالحرارة، ووفقًا للشكل رقم (10) يُظهر أن المواد المصنعة من قبل الإنسان مثل الطوب والخرسانة والصلب والعزل تتمتع بانتشار حراري عالٍ مما يعزز تخزين الحرارة نهائيًا ويقلل من فقدانها ليلاً، وعلى الجانب الآخر تتمتع المواد الطبيعية مثل التربة والخشب بموصلية حرارية منخفضة، ومن زاوية أخرى تشير القيم العالية للانتشار الحراري إلى وصول الحرارة إلى عمق المادة مما يجعل درجات الحرارة أكثر استقرارًا مع مرور الوقت، بالمقابل تشير القيم المنخفضة إلى تسخين طبقة رقيقة من المادة مما يتسبب في تقلب درجات الحرارة بشكل أكبر⁽²⁾.

الشكل (10) يوضح الانتشار الحراري للمواد المختلفة



المصدر: Xie Luo zijie, op cit., p.14.

(1) Imran, Hosen M., op cit., p.p. 247-248.

(2) Xie Luo zijie, Ibid., p.14.

1-1-6-7 الموقع الجغرافي

يتأثر مناخ المنطقة بفعل الموقع الجغرافي والتضاريس ويضاف إلى ذلك خصائص المناطق الريفية المحيطة بها، ولا مناص من القول أن التأثيرات الطقسية الإقليمية أو المحلية مثل أنظمة الرياح المحلية يمكن أن تلعب دوراً في تشكيل الظواهر الحرارية على سبيل المثال، قد تشهد المدن الواقعة على السواحل أو قرب المسطحات المائية الكبيرة أن تشهد تأثيرات تبريدية وعليه تعمل المسطحات المائية الكبيرة على تعديل درجات الحرارة وتوليد الرياح التي تنقل الحرارة بعيداً عن المدن، كما يمكن لسلاسل الجبال القريبة أيضاً أن تلعب دوراً في تشكيل هذه الجزر حرارية سواء عبر منع الرياح من الوصول إلى المدن أو إنشاء أنماط رياح تمر عبر المدينة⁽¹⁾، إذ إن زيادة فارق درجات الحرارة بين المدن يتأثر بشكل كبير بالطابع الطبوغرافي للمنطقة مما يسمح للتباين في درجات الحرارة بين المدينة والريف بالنمو والتطور بشكل يفوق ما يحدث في المدن الواقعة على سفوح الجبال، ويظهر تأثير الجزيرة الحرارية و القضاء على هذا التأثير امر يمكن التخلص منه من خلال المعادلة التي توصل إليها (OKE, T, 1970):

$$\bar{U} = 3.4 \text{ Log } p - 11.6$$

اذ إن:

\bar{U} = سرعة الرياح م/ث الكافية للتخلص من الجزيرة الحرارية في المدينة.

P = عدد السكان في المدينة.

وقد اكدت على ذلك نتائج بعض الدراسات التي تمت، أن الرياح بسرعة 4.1 متر/الثانية قادرة على إزالة الجزيرة الحرارية في المدن التي يبلغ عدد سكانها أقل من 34000 نسمة، في المقابل تطلب المدن التي يصل عدد سكانها إلى 8.5 مليون نسمة رياحاً بسرعة 12 متر/الثانية⁽²⁾. وتأسيساً على ذلك يمكننا القول أن سرعة الرياح في منطقة الدراسة ومن خلال المحطات المختارة التي سنتطرق إليها في الفصل القادم مفصلاً لم تتجاوز في اعلى معدل لها (3.52) م/ثا خلال شهر تموز، ما يعني ذلك وعند المقارنة مع ما ذكرته الدراسات اعلاه عن سرعة الرياح المطلوبة للقضاء على الجزيرة الحرارية، بأن الرياح اللازمة لازالة ظاهرة الجزيرة

(1) Megan Rupard , Urban Heat Islands: Causes & Impacts & Mitigation, University San Luis Obispo, B.S. City & Regional Planning, 2019, p.9.

(2) Oke, T.R., Hannell, f., The Form of the Urban Heat Island in Hamilton, , Canada, WMO Technical Note, NUM 108, 1970, P.108.

الحرارية في مدينة الموصل غيرمتوفرة طبقا للقيم المذكورة، مما يجعل من الصعب التخفيف او الازالة للظاهرة المدروسة، لاسيما وأن منطقة الدراسة تعد من المدن المليونية في اعداد سكانها . ومن زاوية اخرى تواجه المدن المحاطة بالأسطح الريفية الرطوبة تأثيرًا إضافيًا يتمثل في التبريد الناتج عن بيئتها ويكون ذلك بشكل خاص واضحًا في المناطق ذات المناخ الرطب الدافئ. يكون للتضاريس المحلية تأثيرٌ أكبر على تشكيل الجزر الحرارية عندما تكون التأثيرات الواسعة النطاق مثل أنماط الرياح السائدة ضعيفة نسبيًا⁽¹⁾.

1-1-6-8 الظروف السينوبتيكية وتدفق الرياح والغطاء السحابي

تتحكم متغيرات الارصاد الجوية الغير قابلة للتحكم مثل اتجاه الرياح وتشكل السحب في احداث اضطرابات وتغيرات في التبادل الاشعائي في المناطق الحضرية ومحيطها، اذ تلعب هذه التأثيرات دورا كبيرا في تقلبات درجات الحرارة بالمناطق الحضرية، اذ تقلل الظروف الجوية العاصفة والغائمة من حدوث وشدة ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية بينما يعمل تدفق الرياح المنخفض ونقص السحب او انعدامها على تعزيز تأثير (UHI) وزيادة شدته، وقد اشار (Morris, C.et al,2001) الى انه عندما تتجاوز سرعة الرياح حاجز 2.0 مللي ثانية وتزداد كثافة السحب فإن ذلك يقلل من شدة (UHI) اثناء الليل، اذ تعمل الرياح على التقليل من تأثير جزيرة الحرارة الحضرية من خلال دفع الهواء البارد من المناطق الريفية نحو المناطق الحضرية وعلى الجانب الاخر تعد السحب عازلا طبيعيا يمتص ويعيد اطلاق الاشعة تحت الحمراء، يتم امتصاص هذا الاشعاع الساقط من قبل اسطح الارض مما يقل جزئيا من الفقد الاشعاعي السطحي، اذ ينجم عن هذا الامتصاص تباطؤ في عملية التبريد الاشعاعي اثناء الليل وبالتالي يقلل من التباين في درجات الحرارة بين المناطق الحضرية والريفية، تتشكل اقوى جزر الحرارة الحضرية في ظل الظروف الجوية الصافية والهادئة والمضادة للأعاصير (الضغط الجوي المرتفع) اذ تعمل هذه الظروف الجوية المضادة للأعاصير على زيادة اشعاع الموجة الطويلة الصادرة في ميزانية الاشعاع الليلي من خلال توفير اشعاع شمسي غير موزع الامر الذي يعزز من تطور (UHI)، في المقابل تتشكل (UHI) الاضعف في ظل الظروف الجوية العاصفة والغائمة أو الاعاصرية (الضغط الجوي المنخفض) واستنادا الى ما سبق فقد أشار (Sani,

(1) Megan Rupard, op cit., p.9.

(1973) أن كثافة الجزر الحرارية الحضرية في الأيام الملبدة بالغيوم تتراوح بين (2.0) درجة مئوية و (2.2) درجة مئوية بينما بلغت (4.5) و (5.0) درجة مئوية في الأيام الصافية⁽¹⁾، كما توصل (SUNDBOR, 1950) لأول مرة الى وجود علاقة تجريبية بين الجزيرة الحرارية الحضرية وظروف الارصاد الجوية على النحو الآتي⁽²⁾:

$$\Delta T_{u-r} = \frac{(a-bn)}{\bar{u}}$$

اذ ان:

$T\Delta_{u-r}$ = العلاقة بين الجزيرة الحرارية الحضرية وحجم المدينة.

N = كمية السحب.

U = سرعة الرياح الاقليمية.

A, b = ثوابت المدينة المعنية.

وقد تبين من بعض الدراسات التي طبقت هذه العلاقة أن الرياح والسحب برزت بوصفها أهم العوامل مما يعكس اهمية الاشعاع الحراري فضلا عن التأفق في تحديد الاختلاف في التوازن الحراري بين المناطق الحضرية والريفية ، وهو ما يمكن ملاحظته في منطقة الدراسة حيث وجدنا من خلال تحليل البيانات المناخية الخاصة بالسحب والرياح والتي سنتحدث عنها لاحقا بشكل اوسع، انه كلما ارتفعت نسبة الغيوم والرياح انخفضت قيم الاشعاع الشمسي ودرجات الحرارة لما يلعبانه من دور في التقليل من حدة الجزيرة الحرارية عن طريق امتصاص الاشعاع الشمسي وعكسه قبل بلوغه سطح الارض، كما تمت دراسة التغيرات طويلة المدى (1961-1990) في جزر الحرارة الحضرية في براغ تحت ظروف سينوبتيكية^(*) مختلفة، اذ اظهرت النتائج زيادة في جميع الفصول باستثناء فصل الربيع وكانت الزيادة اكبر خلال الظروف المضادة للأعاصير مقارنة بالظروف الاعصارية . وتكون جميع الاختلافات بين الاتجاهات ذات دلالة احصائية

(1) Ilham Al-Obaidi, et al . Assessing the Impact of Wind Conditions on Urban Heat Islands in large Australian cities , Journal of Ecological Engineering, NUM11, 2021, p.2.

(2) Oke, Tim R., City size and the urban heat island, Atmospheric Environment, NUM 8 1973, P.773.

* الظروف السينوبتيكية: تعني الشمولية الانية لتشمل عناصر الخريطة الطقسية كلها وكلمة ساينوبتك

(Synoptic) ذات اصل يوناني تتألف من مقطعين الاول (Syn) بمعنى سوية و (Optic) بمعنى يرصد في

آن واحد.

ويظهر أن الاختلافات في اتجاهات (UHI) بين اتجاهات تدفق الهواء المختلفة أكبر بكثير من تلك الموجودة بين الظروف المضادة للأعاصير في معظم المواسم وكذلك سنوياً⁽¹⁾.

1-1-6-9 الوقت من اليوم والموسم

يمكن أن تحدث الجزر الحرارية على مدار العام سواءً خلال النهار أو الليل، وعادةً ما يكون الفارق في درجات الحرارة بين المناطق الحضرية والريفية أكبر أثناء الليل نظراً لأن المناطق الريفية تبرد بشكل أسرع ليلاً، في حين تمتص المدن الإشعاع الشمسي خلال النهار وتحفظ بالحرارة في الهياكل الحضرية مثل الطرق والمباني ما يؤدي إلى تأثير أكبر للجزر الحرارية بعد فترة زمنية تقدر بثلاث إلى خمس ساعات تقريباً من غروب الشمس، تشير الدراسات إلى أن التغيرات الموسمية في أنماط الطقس قد تؤثر أيضاً على تواتر الجزر الحرارية وحجمها، إذ في الغالب تكون الجزر الحرارية في المدن الواقعة عند خطوط العرض الوسطى أقوى في فصلي الصيف أو الشتاء. وعلى الرغم من أن الجزر الحرارية تحدث على مدار العام، إلا أن حدوثها خلال أشهر الصيف يمكن أن يشكل مصدر قلق كبير لوضعي السياسات العامة بسبب ارتفاع درجات الحرارة والطلب المتزايد على الكهرباء وارتفاع مستويات تلوث الهواء وتزايد حالات الوفاة والأمراض المرتبطة بالإجهاد الحراري⁽²⁾.

1-2 التلوث البيئي

تعد دراسة التلوث ومظاهره وتأثيره على حياة الإنسان من أهم المواضيع الحيوية في الوقت الحاضر وذلك لعلاقتها الوثيقة بحياة الإنسان على المستوى الاقتصادي والاجتماعي والبيئي، وعلى الرغم من محاولات الإنسان تجنب مخاطر التلوث فإن تفاقمها وتعدد أسبابها لا يمكن الحد منها أو السيطرة عليها خاصة بعد التطور الصناعي والاقتصادي الذي حققته عدد من الدول المتقدمة، وفي الوقت نفسه افتقرت دول أخرى إلى مقومات تجنب أو تقليل مخاطر

(1) Beranova, R., and R. Huth. "Long-term changes in the heat island of Prague under different synoptic conditions." Theoretical and Applied Climatology, NUM 82, 2005, p. 117.

(2) Megan Rupard, op cit., p.9.

التلوث الناجم عن هذه التطورات⁽¹⁾، تنشأ الملوثات من مصادر بشرية مختلفة في النظام البيئي ويتم توزيعها عبر المصفوفات البيئية، هناك أنواع مختلفة من الملوثات، مثل المعادن الثقيلة والمبيدات الحشرية والمركبات الصناعية ومنتجات العناية الشخصية والغازات السامة والهيدروكربونات العطرية المتعددة الحلقات، وقد تكون هذه الملوثات متحركة وثابتة في الماء والهواء والتربة والرواسب حتى عند التركيزات المنخفضة، ويجب أن يؤخذ التلوث على محمل الجد، لما له من تأثير سلبي على العناصر الطبيعية التي تعد ضرورة مطلقة لوجود الحياة على الأرض، مثل الماء والهواء⁽²⁾، لذا فإننا سنتطرق إلى هذه المشكلة في هذا المبحث من خلال التركيز على النقاط الآتية:

1-2-1 التلوث:

يعرف التلوث بأنه التغيير السلبي الذي يحدث لأحد مكونات البيئة نتيجة الأنشطة البشرية البيولوجية والصناعية، ويسبب التلوث تغيرات في الطاقة، واختلاف مستويات الإشعاع وتغيرات بيولوجية وفيزيائية وكيميائية غير مرغوب فيها في المحيط الحيوي الذي يشمل جميع الكائنات الحية الأخرى، ويمكن لهذه التغيرات أن تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على التوازن البيئي بما في ذلك الغذاء والهواء والماء والمنتجات الزراعية المختلفة، وللملوثات البيئية مصادر متنوعة وتأثيرات مختلفة، كما يقصد بالتلوث التغيير الكمي والنوعي العرضي والمتعمد لواحد أو أكثر من عناصر البيئة، فهو يضر بحياة الكائن الحي يضعف القدرة الإنتاجية للأنظمة البيئية⁽³⁾.

1-2-2 التلوث البيئي:

يقصد به هو تأثير ناتج عن تغيرات غير مرغوب فيها في البيئة الطبيعية يكون لها أثر ضار على النباتات والحيوان والإنسان. تُعرف المادة التي تسبب التلوث بأنها ملوثة. يمكن أن توجد الملوثات في صورة سوائل أو مواد صلبة أو غازات. تصبح المادة ملوثة عندما يتجاوز

(1) Waleed A.M, and Suaad H. H., Pollution and its Impact on Sustainable Development, In IOP Conference Series, Earth and Environmental Science, vol. 790, NUM(1), 2021, P.1.

(2) ozkara Arzu, and Dilek AKYIL, Environmental Pollution and the Effects of the Pollutants on the Ecosystem, vol.11,NUM(2), 2018, p.11.

(3) Suaad Hadi Hassan, Environmental pollution causes-types-effects, AIP Conference Proceedings, vol. 2398, NUM(1), 2022 ,P.1.

تركيزها وفرتها الطبيعية، وهذه الزيادة في التركيز ناتجة إما عن الأنشطة البشرية أو عن الظواهر الطبيعية⁽¹⁾، ومما لا شك فيه أن الموارد البيئية الثلاث (التربة، الماء، الهواء) تتربط فيما بينها ترابطاً بيئياً وإذا ما حدث تلوث أو خلل في احد هذه الموارد فإنه من المؤكد ستتأثر الموارد الأخرى، وتأسيساً على ذلك سنتطرق الى أنواع التلوث الثلاث، وهي كل من تلوث التربة، تلوث الماء، تلوث الهواء، إلا انه سينصب جل تركيزنا على تلوث الهواء، إذ حظي باهتمام الباحثين في مختلف انحاء العالم لما يسببه من مشاكل بيئية وصحية وليس ذلك فحسب بل أن الانبعاثات الغازية الغير طبيعية والتي هي من اشكال وصور التلوث الهوائي تتسبب في حدوث تغيرات مناخية والتي تعد الجزيرة الحرارية هي احد نتاج هذه التغيرات.

1-2-1 تلوث الهواء

يعرف تلوث الهواء بأنه وجود واحد أو أكثر من الملوثات أو مجموعات منها في الهواء بكميات ومدة قد تكون أو تميل إلى الإضرار بحياة الإنسان أو الحيوان أو النبات أو الممتلكات أو التي تتداخل بشكل غير معقول مع الراحة والرفاهية في الحياة أو الممتلكات، يمكن أن يكون ملوث الهواء صلباً (كبيراً أو شبه جزيئي) أو سائلاً أو غازياً ويمكن أن يكون موجوداً في الهواء بشكل مؤقت أو دائم، تؤثر ملوثات الهواء هذه سلباً على البيئة من خلال التدخل في الصحة والراحة أو من خلال التدخل في السلسلة الغذائية التي يستهلكها الناس⁽²⁾، ويعرف ايضاً على انه تلوث البيئة الداخلية أو الخارجية بأي عامل كيميائي أو فيزيائي أو بيولوجي يؤدي إلى تعديل الخصائص الطبيعية للغلاف الجوي⁽³⁾. ونظراً لأهمية تلوث الهواء يمكن أن نصنف ملوثات الهواء الى:

1-1-2-1 ملوثات الهواء الأولية

تنبعث الملوثات الأولية مباشرة من عمليات مختلفة مثل استهلاك الوقود الأحفوري والانفجارات البركانية والصناعات مما يؤدي إلى إطلاق الملوثات في شكل أكاسيد الكبريت،

(1) Satsita S., and Maryam A., Environmental pollution and implementation of sustainable development goals, BIO Web of Conferences, EDP Sciences, vol. 82,2024, p.1.

(2) Akshey Bhargav, Air Pollution-Sources and Classification, Op Acc J Bio Sci & Res, Vol (1), NUM(1), 2020, P.1.

(3) Abdelnasser, M., Environmental pollution and the immune system, Al-Azhar Medical Journal, VOL 51, NUM(4),2022, P.1.

وأكاسيد النيتروجين، وأكاسيد الكربون، والجسيمات، والميثان، والأمونيا، ومركبات الكلوروفلوروكربون، والمعادن السامة وما إلى ذلك⁽¹⁾، وقبل الحديث عن انواع ملوثات الهواء الاولية لابد من الاشارة الى انه قمنا بإجراء قياسات دقيقة عن طريق الرصد الميداني لأكثر عناصر ملوثات الهواء الاولية اهمية وهما كل من الجسيمات الدقيقة (العالقة) باحجامها المختلفة، وغاز ثاني اكسيد الكربون في عدد من المحطات الموزعة على كامل منطقة الدراسة جغرافيا والتي سنبينها لاحقا في الفصل الثالث ، وتصنف ملوثات الهواء الاولية الى ما يلي:

1-1-2-2-1 أكاسيد الكبريت

تتكون أكاسيد الكبريت بشكل عام نتيجة لنشاط البراكين والعمليات الصناعية واحتراق الفحم والنفط، اذ يتواجد الكبريت بشكل رئيس في تركيبها يُسبب ثاني أكسيد الكبريت مع وجود محفز مثل (NOx) ظاهرة المطر الحمضي بتكوين حمض الكبريتيك.

1-1-2-2-1 أكاسيد النيتروجين

تتشكل أكاسيد النيتروجين نتيجة احتراق المواد في درجات حرارة عالية، ويعد ثاني أكسيد النيتروجين من بين أهم الغازات السامة التي يتم إنتاجها يتميز بلون بني ورائحة حادة، فظهور الضباب البني فوق المدن يعزى في الغالب إلى وجود أكاسيد النيتروجين.

1-1-2-2-1 الجسيمات الدقيقة

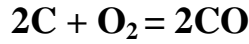
المواد الجسيمية هي الجسيمات الصغيرة التي قد تكون صلبة أو سائلة أو معلقة في الهواء وقابلة للتنفس وتتواجد في الغازات الملوثة للهواء، تختلف المواد الجسيمية عن الهباء الجوي بطرائق متعددة، اذ يتألف الهباء الجوي من جزيئات وغازات ترتبط معًا ويمثل الهباء الجوي البشري الذي تسببت فيه الأنشطة البشرية حوالي 10% من إجمالي الهباء الجوي في الغلاف الجوي.

1-1-2-2-1 أول أكسيد الكربون

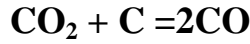
أول أكسيد الكربون (CO) هو غاز عديم اللون والرائحة والمذاق وغير مهيج ولكنه سام للغاية وهو نتاج الاحتراق غير الكامل للغاز الطبيعي أو الفحم أو الخشب، يعد عادم السيارة المصدر الرئيس لثاني أكسيد الكربون الذي يتشكل أثناء الاحتراق غير الكامل للمركبات المحتوية

(1) Akshey Bhargav., opcit., p.p 1-2.

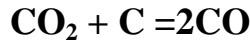
على الكربون التفاعلات الكيميائية وتكوين ثاني أكسيد الكربون في ظل ظروف تشغيل مختلفة موضحة أدناه:



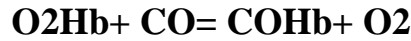
يتم إنتاجه بكميات كبيرة من خلال تفاعل المواد التي تحتوي على الكربون عند درجات حرارة عالية، مثلما يحدث في أفران الانفجار على وفق المعادلة الآتية:



فضلا عن ذلك، يتم إنتاج أول أكسيد الكربون أيضاً أثناء تفكك (CO₂) عند درجة حرارة عالية ويعبر عن ذلك بالنحو الآتي:



وفي الصدد نفسه يتفاعل أول أكسيد الكربون مع الهيموجلوبين (Hb) عند دخوله الى مجرى الدم عبر الرئتين ليحول هيموجلوبين أوكسي (O₂Hb) الى هيموجلوبين كركوبيسي (COHb) حسب المعادلة التالية:



وعليه يظهر أول أكسيد الكربون قدرة أكبر في التفاعل مع الهيموجلوبين مقارنة بالأكسجين مما يقلل من قدرة الدم على حمل الأكسجين ويؤثر على وظائف المخ مما يؤدي في النهاية إلى زيادة معدل ضربات القلب⁽¹⁾.

1-2-2-1-5 ثاني أكسيد الكربون

يرتبط ثاني أكسيد الكربون بتحمض المحيطات، اذ ينبعث أثناء عمليات الاحتراق والصناعة وتنفس الكائنات الحية الى جانب ذلك، توجد ملوثات أولية مثل المركبات العضوية المتطايرة كالميثان (CH₄) وغير الميثان (NMVOCs)، يعد الميثان من بين الغازات الدفيئة التي تسهم في زيادة ظاهرة الاحتباس الحراري، في حين تشمل المركبات العضوية المتطايرة غير العضوية المركبات العطرية مثل البنزين والتولوين والزيلين التي يُعتقد أو يثبت أن بعضها، ومن بين المركبات الخطرة الأخرى يأتي (-1,3) بوتادين الذي يرتبط غالبًا بالاستخدامات الصناعية، على المستوى العلمي يتكون الغلاف الجوي بشكل رئيس من النيتروجين والأكسجين وغازات أخرى وجسيمات، وعلى الرغم من أن ثاني أكسيد الكربون يعد غازًا غير ملوث وغير

(1) Akshey Bhargav.,Ibid., p.p 1-2.

مهم نسبياً بتركيز حالي يبلغ 356 جزءاً في المليون في الغلاف الجوي، إلا أن زيادة تركيزه مع الميثان ومركبات الكلوروفلوروهيدروكربونات وأكسيد النيتروز وبخار الماء تشكل مصدرًا خطيرًا للتلوث البيئي، الميثان وثاني أكسيد الكربون يسهمان بشكل كبير في ظاهرة الاحتباس الحراري، ويتضح من خلال الجدول (1) المساهمة النسبية للغازات في ظاهرة الاحتباس الحراري⁽¹⁾.

جدول (1) يبين نسب مساهمة الغازات في ظاهرة الاحتباس الحراري

الغاز النشط	النسبة المئوية المساهمة في ارتفاع درجة الحرارة
CO ₂	50
CH ₄	19
CFC	17
O ₃	8
N ₂ O	4
H ₂ O	2

المصدر: Akshey Bhargav, Ibid., p.2.

1-2-2-2-1 ملوثات الهواء الثانوية

وهي تلك التي تنتج نتيجة التفاعلات الكيميائية بين الملوثات الأولية والعناصر الأخرى الموجودة في الغلاف الجوي، مثل الأوزون الأرضي، وحمض النيتريك، ونترات البيروكسي أسيل (PAN)⁽²⁾، ومن بين الملوثات الثانوية للهواء ما يأتي:

1-2-2-2-1 الضباب الدخاني

الضباب الدخاني هو مصطلح نشأ في الأصل من دمج كلمتي "الضباب" و"الدخان" إذ ينتج عن حرق كميات كبيرة من الفحم إطلاق الدخان وثاني أكسيد الكبريت، جنباً إلى جنب مع انبعاثات المركبات والصناعات مما يتسبب في ظهور الضباب الدخاني، يتفاعل هذا الدخان والانبعاثات الأولية مع الأشعة فوق البنفسجية الشمسية في الغلاف الجوي لتشكيل ملوثات ثانوية تتجلى في شكل ضباب دخاني كيميائي ضوئي، وعلى الرغم من أن هناك آلاف التفاعلات التي

(1) Akshey Bhargav, Ibid., p.p 1-2.

(2) Ashwani Sharma, Types of Air Pollutants, Department of Environmental Studies, University of Delhi, 2020, p.3.

تحدث في الغلاف الجوي خلال أيام تشهد ظاهرة الضباب الدخاني إلا أن بعضها يلعب دورًا هامًا في توضيح عملية تكوين الضباب الدخاني الكيميائي الضوئي⁽¹⁾.

1-2-2-2-1 الأوزون على مستوى الأرض

يعد الأوزون أحد أهم الملوثات الثانوية على مستوى الأرض المعروف أيضًا بالأوزون التروبوسفيري وتأتي معظم الانبعاثات التي تسهم في تكوينه من المصانع والمرافق الصناعية وكذلك عوادم السيارات وبخار البنزين والمذيبات الكيميائية والمذيبات الكيميائية من بين المصادر الرئيسية لأكسيد النيتروجين ومركبات الكربون العضوية المتطايرة، يتشكل الأوزون على مستوى الأرض نتيجة لتفاعلات أكاسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون ومركبات الكربون العضوية المتطايرة تحت تأثير ضوء الشمس، يتكوّن الأوزون التروبوسفيري إلى حد ما من الانتقال الطبيعي للأوزون من طبقة الستراتوسفير، إذ يتشكل بفعل الأشعة فوق البنفسجية النشطة الصادرة من الشمس ومع ذلك، يتم إنتاج الباقي في التروبوسفير عبر تكوّن الأوزون الكيميائي الضوئي حيث يُمكن تكوين الأوزون الكيميائي الضوئي أو الأوزون الأرضي من خلال الخطوات الأربع الآتية:

1- التفاعل بين المركبات العضوية المتطايرة (VOCs) أو (CO) و (OH) لتكوين جذور البيروكسي ROO.

2- تتأكسد جذور البيروكسي (NO) إلى (NO₂).

3- يتم تقسيم (NO₂) بواسطة ضوء الشمس لتكوين (NO) وإطلاق ذرات الاكسجين.

4- تتفاعل ذرات الأكسجين مع الأكسجين الجزيئي (O₂) لتكوين الأوزون⁽²⁾.

1-2-2-3 مصادر تلوث الهواء

تعددت مصادر تلوث الهواء وفيما يأتي سنتطرق إلى أهم أنواع هذه المصادر:

1- وصلت مستويات تلوث عوادم سيارات النقل إلى مستوى خطير ومميت في بعض الدول وهو ما كشفت عنه دراسة أجرتها جامعة برمنغهام وتوصلت الدراسة إلى وجود علاقة قوية بين وفاة الأفراد والتلوث الناجم عن عوادم السيارات، كما أظهرت الدراسة أنه في عام 2005

(1) Akshey Bhargav, op. cit, p.2.

(2) Akshey Bhargav, Ibid., p.2.

- توفي أكثر من 310 ألف شخص في أوروبا بسبب تلوث الهواء وأمراض الرئة والجهاز التنفسي والحساسية والربو وتضيق شرايين القلب وهو ما دفع العديد من دول العالم إلى سن قوانين للحد من انبعاث عوادم السيارات ومنع حركتها على الطريق.
- 2- الغازات المختلفة التي تنتج عن عمليات التصنيع هي السبب الرئيس لتلوث الهواء، وتعد من أكثر أشكال التلوث انتشاراً نظراً لسهولة انتقالها وانتشارها بين المناطق المختلفة.
- 3- تعتبر العمليات الإنشائية لبناء وهدم المباني والطرق والمشاريع المختلفة مصادر مهمة للغبار والجزيئات الدقيقة المتطايرة في الهواء وأحداث التلوث.
- 4- الانفجارات البركانية والزلازل تُعدُّ سبباً آخر لتلوث الهواء والبيئة بشكل عام، وهذا يعود للطبيعة نفسها دون تدخل من الإنسان، فتربة البراكين وغازاتها وانبعاث حرارتها تُعدُّ من الأسباب الرئيسة والمؤثرة في تلوث الهواء، ويحدث التلوث بالمعادن الثقيلة نتيجة للانفجارات البركانية والمبيدات الحشرية ومبيدات الفطريات والمعادن الثقيلة وأهم هذه العناصر:
- أ- الزئبق: الذي يلوث الهواء عند تصنيعه ويسبب آثاراً خطيرة.
- ب- الرصاص: يعد من المواد السامة ذات الأضرار الصحية المختلفة وتمثل عوادم السيارات المصدر الرئيسي للتلوث البيئي بالرصاص.
- ت- الجزيئات الدقيقة: هي جزيئات صغيرة جداً تتألف من الغبار الصناعي والطبيعي، وحبوب الرمل، والدخان، والضباب، والأحماض، مصدرها الرئيسي هو الغبار الصناعي، مثل السيليكات المتناثرة من مصانع الأسفلت والدخان والرماد الناتج عن الحرائق وبقايا الاحتراق غير الكامل فضلاً عن الجزيئات التي تحملها الرياح وتقذفها البراكين من الجزيئات المحمولة بالهواء، ساهمت الصناعات المختلفة في إطلاق أول أكسيد الكربون السام، الذي ينتج عن الاحتراق غير الكامل للمواد العضوية.
- 5- النشاط الصناعي والتوسع في إنشاء المصانع يسهم في إطلاق أبخرة إلى الغلاف الجوي تحتوي على مركبات شديدة السمية مثل الزرنيخ والفسفور والكبريت والسيلينيوم، كما تحمل بعض المعادن الثقيلة مثل الزئبق والرصاص والكاديوم وغيرها. ومن بين أهم مصادر هذه الانبعاثات هي مصانع الإسمنت والمحاجر والكسارات، التي تسهم بشكل كبير في إنتاج الغبار المتواجد في الهواء.

6- النشاط السكاني المتعلق بالنفايات المنزلية الصلبة والسائلة وكذلك استخدام المبيدات والمذيبات الصناعية.

7- النشاط الزراعي وكثرة استخدام المواد الكيميائية المختلفة للتسميد والأغراض الزراعية.

8- النشاط الصناعي والتوسع في إنشاء المصانع يطلق إلى الغلاف الجوي أبخرة تحتوي على مركبات شديدة السمية مثل الزرنيخ والفسفور والكبريت والسيلينيوم يحمل في طياته بعض المعادن الثقيلة مثل الزئبق والرصاص والكاديوم وغيرها، وتعد مصانع الإسمنت والمحاجر والكسارات من أهم مصادر الغبار الموجود في الهواء.

9- تزداد أعداد وسائل النقل البرية والبحرية والجوية تبعاً لزيادة إنتاج السيارات. ومع ذلك، فإن الفشل في زيادة الشوارع بنفس الزيادة في عدد السكان يؤدي إلى تلوث الهواء.

10- النشاط الإشعاعي واستخدام الوقود لإنتاج الطاقة⁽¹⁾.

1-2-2-2 تلوث المياه

يعرف تلوث المياه على أنه تلوث للمسطحات المائية، ويحدث هذا التلوث عندما تُلوّث الأنهار والبحيرات والمحيطات والمياه الجوفية وطبقات المياه الجوفية نتيجة للجريان السطحي الصناعي والزراعي⁽²⁾، يعود تلوث المياه إلى مصادر صنع الإنسان ومصادر طبيعية على حد سواء. قد تحتوي مصادر المياه الجوفية على مواد طبيعية غنية بالمعادن الضارة التي تتسرب إلى المسطحات المائية مسببة التلوث، ترتبط حالات التلوث الشديد بمواد مثل الزرنيخ والرصاص في مصادر المياه الجوفية التي تحتوي على هذه الخامات، كما اشار (Ewuzie et al. (2020) تلعب التكوينات الجيولوجية في المناطق المختلفة دوراً كبيراً في التركيب العنصري للمسطحات المائية مما يمكن أن يؤدي إلى ارتفاع تركيز المواد المسببة لتلوث المياه، تتضمن مصادر التلوث البشري؛ النفايات المنزلية ومبيدات الحشرات والأعشاب ونفايات تجهيز الأغذية والملوثات الناتجة عن تربية الماشية والمركبات العضوية المتطايرة والمعادن الثقيلة من النفايات الإلكترونية والنفايات الكيميائية والنفايات الطبية ومن ثم، تدخل الملوثات المحمولة جواً مثل الجسيمات العالقة (pm) في الهواء إلى المياه السطحية مما يمكن أن يسبب مشاكل صحية للإنسان مثل

(1) Suaad Hadi Hassan, Environmental pollution causes-types-effects, AIP Conference Proceedings, vol. 2398, NUM(1), 2022, P.P3-4.

(2) Satsita S., et al, op. cit , p.3.

آلام المعدة والقيء والإسهال والتيفوئيد، بعض المواد الكيميائية مثل مبيدات الحشرات والهيدروكربونات والملوثات العضوية المعقدة والمعادن الثقيلة قد تسبب آثاراً صحية خطيرة مثل السرطان واضطرابات الهرمونات وضعف الإنجاب وأمراض الكبد والكلية، وبعض العناصر الغذائية الموجودة في المياه يمكن أن تؤدي إلى نمو الطحالب، مما يقلل من مستويات الأكسجين ويزيد من درجة التلوث⁽¹⁾.

1-2-2-3 تلوث التربة

يقصد بتلوث التربة بأنه التلوث الذي يحدث عندما يتراكم مستوى مرتفع من المواد السامة بشكل غير طبيعي فيها نتيجة للأنشطة الصناعية والزراعية وإطلاق مواد سامة مثل الرصاص والزرنيق والمواد العضوية الثقيلة والهيدروكربونات متعددة الحلقات وغيرها، وكل هذه المواد لها تأثير خطير على صحة الإنسان⁽²⁾، وبصرف النظر عن الزلازل والتآكل والكوارث الطبيعية الأخرى التي تميل إلى إتلاف التربة تعد المصادر الرئيسية لتلوث التربة النفايات الصناعية والمنزلية، فضلا عن ذلك تشمل بعض ملوثات التربة المعادن الثقيلة والهيدروكربونات والمذيبات العضوية وغير العضوية، الى جانب إلقاء النفايات في الأراضي المفتوحة وحرق النفايات وعدم كفاية مدافن النفايات من العوامل الرئيسية المساهمة في تلوث التربة، كما أن الوقود الأحفوري الناتج عن مصانع البتروكيمياويات ومصافي الابتترول ومحطات توليد الطاقة يسهم أيضاً في تلوث التربة، غالباً ما يؤدي التنقيب عن النفط وتكريره وتوزيعه من خلال النقل البري إلى تلوث التربة، وجدير بالذكر بدأ تلوث الأراضي بالبلاستيك يحظى بأهمية عالمية ويرجع ذلك جزئياً إلى الطبيعة السامة للمواد المضافة المستخدمة في إنتاجه والتأثيرات المباشرة التي يحدثها البلاستيك على النباتات والحيوانات، وعليه تعد النفايات البلاستيكية المتواجدة على الأرض غير سارة للعينين وقد تخترق التربة وتمنع امتصاص النباتات للمغذيات وتتسبب في تشابك الحيوانات البرية، ولا يؤدي تلوث التربة إلى مشاكل صحية للإنسان فحسب، بل قد يؤدي أيضاً إلى تعديل

(1) Prince O. Ukaogo, Ugochukwu Ewuzie, and Chibuzo V., Environmental pollution: causes, effects, and the remedies, Microorganisms for sustainable environment and health, Elsevier,2020, p.421.

(2) Satsita S .,et al, op. cit , p.3.

عمليات التمثيل الغذائي في النباتات مما يؤدي إلى انخفاض إنتاجية المحاصيل. وقد تجد الملوثات طريقها إلى السلسلة الغذائية من خلال امتصاصها بواسطة النباتات⁽¹⁾.

وإجمالاً للأطوار النظري والمفاهيمي يمكن القول ان درجة الحرارة تتوزع على شكل انماط حرارية مختلفة على مستوى اي منطقة وموقع جغرافي بل وحتى في المنطقة الواحدة حيث تحكم بذلك مجموعة من الاسباب والعوامل المتداخلة فدرجة الحرارة التي يتم قياسها في ظلال المباني او في الاراضي الزراعية وذات الغطاء النباتي تختلف عن درجة الحرارة التي يتم رصدها عند المباني لانها في الاماكن المواجهة لإشعة الشمس او في الاراضي الخالية من العمران والجرداء, كما أن تلوث الهواء يعد احد اهم انواع التلوث البيئي الثلاثة الرئيسية مقارنة بتلوث الماء والتربة , اذ ان تلوث الهواء الصلة المباشرة بتغير المناخ من خلال إنبعاثات الغازات الدفيئة, فضلا عن ذلك فإنه يؤثر بشكل مباشر على صحة السكان علاوة على الطريقة التي يؤثر بها على النظم البيئية على نطاق عالمي , حيث ان الملوثات العالقة في الهواء يمكن أن تنتقل لمسافات طويلة وتمارس تأثيرها على مناطق بعيدة عن مصدرها مما يجعل منها مشكلة بالغة الأهمية في المناطق الحضرية, اما تلوث الماء والتربة فعلى الرغم من خطورتها إلا ان تأثيراتها تكون محلية اكثر مما يجعل ذلك من تأثيرهما على النظم البيئية وصحة الانسان في مناطق محددة , على العكس من تلوث الهواء الذي يكون اكثر إنتشاراً وتوسعا عبر مناطق جغرافية واسعة, اذ يجعل ذلك منه مصدر القلق الاكثر على مستوى العالم, ونتيجة لأهمية ملوثات الهواء وصلتها الوثيقة بدرجات الحرارة والاحتباس الحراري فقد تناولنا هذا النوع من التلوث في الجزء الاخير من الدراسة.

(1) Prince O. Ukaogo, op. cit , p.422.



الفصل الثاني

العناصر المناخية المؤثرة في الجزيرة
الحرارية لمدينة الموصل



الفصل الثاني

العناصر المناخية المؤثرة في الجزيرة الحرارية لمدينة الموصل

تمهيد:

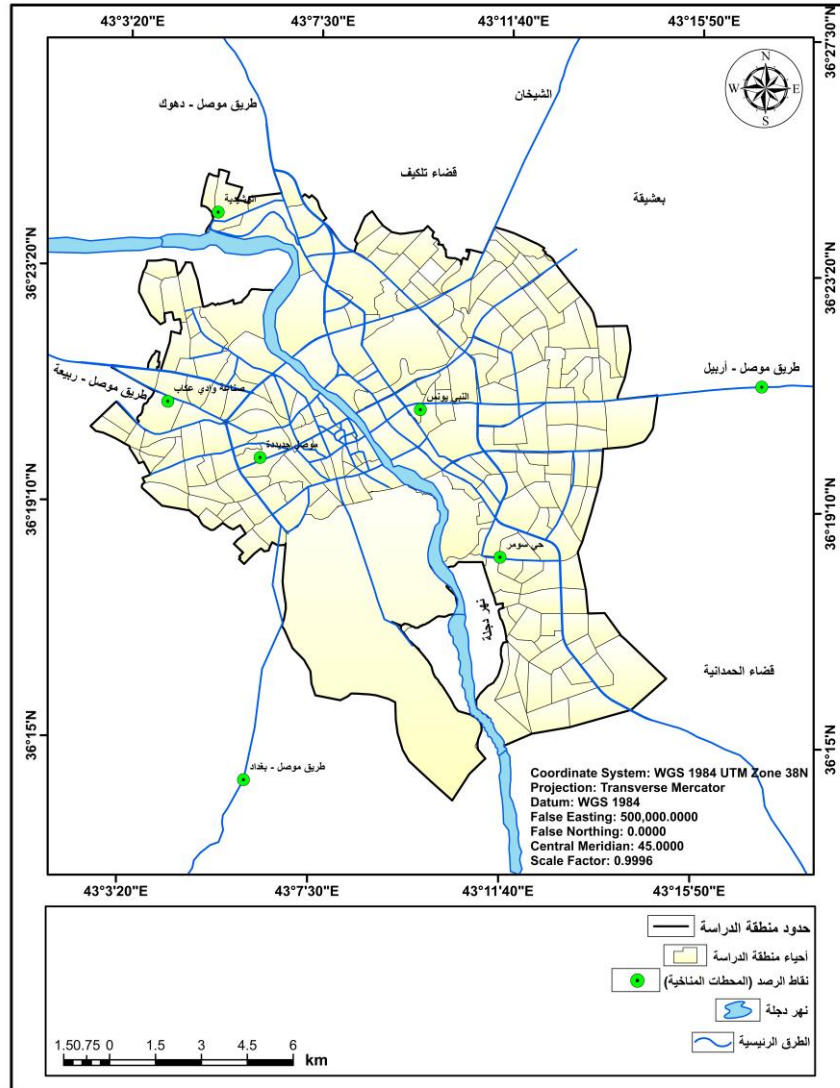
تعد العناصر المناخية أحد المتغيرات الأساسية في تحديد ابعاد الصورة الحقيقية للجزيرة الحرارية، وبناء على ذلك فقد تم الاعتماد على الخصائص المناخية لمنطقة الدراسة في دراسة جزيرتها الحرارية، وتجدر الإشارة الى أن الخصائص المناخية لأي منطقة تعتمد على عوامل مختلفة من أبرزها الموقع الجغرافي والتضاريس والمسطحات المائية والغطاء النباتي، تعكس العناصر المناخية السائدة في أي منطقة تأثير هذه العوامل على عناصر المناخ، إذ تؤثر الخصائص المناخية لمنطقة الدراسة في درجة حرارتها نظرا للارتباط القوي بين جميع العوامل المناخية ودرجات الحرارة سواءً كانت هذه العلاقة طردية ام عكسية، تناولنا في هذا الفصل اهم العناصر المناخية ذات الاثر الواضح في تشكيل الجزيرة الحرارية الحضرية على مدار المدة الزمنية المحددة للدراسة لعدد من المحطات الافتراضية المنتخبة التي تتمثل في الجدول (2) والخريطة (4)، حيث تجدر الإشارة الى أنه تم الاعتماد على المحطات الافتراضية، لعدم وجود عدد من المحطات الفعلية (الارضية) في المدينة ، وبما أن الدراسة أعتمدت ايضا على أخذ عينات لمناطق متفرقة من مدينة الموصل لقياس العناصر الملوثة فقد تم الاعتماد كذلك على ذات الاحداثيات في الحصول على البيانات المناخية لنفس المناطق من أجل الربط بين هذه بيانات المحطات الافتراضية ونسب تراكيز الملوثات مع عدد السكان لتحقيق أهداف الدراسة، وعليه فقد أصبح وجود هذه البيانات والتي تم الحصول عليها من وكالة (ناسا) العالمية واقع حال ضمن الرسالة وحسب ما هو موجود ضمن الموقع الافتراضي الموجود ضمن حدود منطقة الدراسة ، حيث قمنا بأعداد هذه البيانات وتبويبها بهيئة جداول وأشكال لكل عنصر من العناصر المناخية والتي سوف نتطرق لها تباعا والعمل على تحليل معطياتها والتمثيل الخرائطي لها، ويوضح الشكل (11) خطوات العمل الخاصة بالدراسة.

الجدول (2) يبين الموقع الفلكي لمحطات منطقة الدراسة

المحطة	ارتفاع المحطة (م)	دائرة عرض درجة (شمالاً)	خط طول درجة (شرقاً)
صناعة وادي عكاب	268	36.349	43.071
موصل جديدة	241	36.333	43.105
طريق موصل - بغداد	316	36.222	43.094
الرشيدية	223	36.405	43.088
النبي يونس	223	36.348	43.163
حي سومر	220	36.305	43.193
طريق موصل - أربيل	274	36.357	43.297

المصدر: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>

الخريطة (4) تبين المواقع الفلكية لمحطات منطقة الدراسة الافتراضية



المصدر: بالأعتماد على الجدول (2) وبرنامج Arc Gis Desktop

الشكل (11) مخطط يوضح خطوات العمل الخاصة بالدراسة



المصدر: من عمل الباحث وفقا لخطوات الدراسة

1-1 العناصر المناخية

1-1-1 الإشعاع الشمسي. solar radiation.

يعد الإشعاع الشمسي عنصرا مناخيا هاما يلعب دورا أساسيا في تحديد ودراسة المناخ على سطح الأرض، إذ إنه عبارة عن أشعة كهرومغناطيسية منبعثة من الشمس في جميع الاتجاهات نتجت هذه الأشعة بفعل الحرارة المتولدة من الاندماج النووي داخل الشمس⁽¹⁾، إذ تعد الشمس مصدر الطاقة الرئيس للغلاف الجوي والأرض إذ تساهم (98-99%) من الطاقة في الغلاف الجوي والأرض⁽²⁾، وعلى الرغم من أن طول الإشعاع الشمسي يتراوح بين (0,15-30) ميكرومتر، لكن

(1) قصي عبد المجيد السامرائي، الجغرافية الطبيعية الحديثة، ط1، مكتب دليير للطباعة، بغداد، 2019، ص19.

(2) علي عبد الزهرة الوائلي، أسس ومبادئ في علم الطقس والمناخ، دار الكتب والوثائق، بغداد، 2006، ص24.

ينحصر أكثر من (99%) بين (0,17-4) ميكرومتر⁽¹⁾، وأن الإشعاع الشمسي بمعناه العام هو الطاقة الإشعاعية التي تطلقه الشمس في كل الاتجاهات والتي تستمد منها الكواكب التابعة لها حرارة سطحها واجواءها وهي طاقة ضخمة جدا تصل الى (170,000) حصان متر مربع من سطح الشمس، إلا أنه لا يصيب الأرض الأجزاء من ألفي مليون جزء من هذه الطاقة وهذه النسبة القليلة هي المسؤولة عن كل الطاقة الحرارية على سطح الأرض وغلظها الجوي⁽²⁾، وتجدر الإشارة الى أن إذا كانت الغطاءات الأرضية في منطقة الدراسة مسؤولة عن ظهور جزيرتها الحرارية، وكذلك عن نمط تركيبها الحراري فإنها لن تكون قادرة على أداء هذا الدور إلا من خلال تفاعلها مع الإشعاع الشمسي الذي يُعدُّ واحدًا من العناصر المناخية الرئيسية التي تحدد شدة الجزيرة الحرارية وتجانس أو تباين تركيبها الحراري الداخلي، لا سيما أن الاستنتاجات البحثية الغير مباشرة دلت على أن الإشعاع الشمسي ذو أهمية في تشكيل الجزيرة الحرارية، فعلى سبيل المثال أشار (Arnfield, A.J., 2003) في دراسته التي تناولت مسحا مرجعيا لأبحاث مناخ الحضر خلال عقدين، الى أن الجزيرة الحرارية تظهر وتتطور بشكل أقوى في الفصل الحار، إذ وضح ذلك في مدن عدة مثل نيويورك (Chudnovsky, A., et al., 2004)، دبيريشن (Szegedi, S.& Kircsi, A., 2005)، ولا بد من أن يعود ذلك الى تباين مقدار الإشعاع الشمسي بين فصول العام، ومما لا شك فيه أن تفاعل المدينة وما حولها مع الإشعاع الشمسي شتاء يختلف عن مقدار نفاذها الذي يأخذ بالارتفاع مع مقدار الإشعاع الشمسي صيفا، ومن ثم فإن التباين الفصلي للإشعاع الشمسي من أهم المؤثرات في التباين الفصلي لشدة الجزيرة الحرارية⁽³⁾، ويتضح من الجدول (3) والشكل (12) أن معدل الإشعاع الشمسي الواصل الى منطقة الدراسة طيلة فترة الدراسة بلغ أدناه في فصل الشتاء في الأشهر (تشرين الثاني، كانون الاول، شباط)، إذ سجلت محطة صناعة وادي عكاب قيم (2.31، 2.41, 3.31) كيلو واط/م². يوم، في حين تبعتها محطة موصل جديدة ومحطة الرشيدية تليها محطة النبي يونس

- (1) هديل عبد المجيد عباس الشاعر، علاقة الإشعاع الشمسي والإشعاع الأرضي بدرجة الحرارة في العراق، رسالة ماجستير، جامعة الكوفة، كلية التربية للبنات، 2009، ص15.
- (2) محمد اياد علي حسن، الإشعاع الشمسي وإمكانية استثماره في توليد الطاقة الكهربائية في محافظة ديالى، رسالة ماجستير، كلية التربية الأساسية، الجامعة المستنصرية، 2023، ص42.
- (3) وليد عباس عبد الراضي حسان، الحرارة في مجمع القاهرة الحضري دراسة باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، اطروحة دكتوراه، كلية الآداب، جامعة عين الشمس، 2013، ص169-170.

ومحطة سومر فسجلت ادنى معدلاتها بالقيم ذاتها (2.31,2.41,3.31) كيلو واط/م².يوم على التوالي، بينما سجلت محطة طريق موصل بغداد ومحطة طريق موصل اربيل لذات الاشهر معدل (1.27 , 1.85, 1.37) كيلو واط/م² يوم ، ويلاحظ أن أعلى معدلات لكمية الاشعاع الشمسي الواصلة الى منطقة الدراسة سجلت خلال فصل الصيف في أشهر (حزيران، تموز، اب) فسجلت محطة صناعة وادي عكاب ومحطة موصل جديدة بالإضافة الى محطة الرشيدية ومحطة النبي يونس فضلا عن محطة سومر قيم (7.09,7.76,8.02) كيلو واط/م².يوم، أما محطة طريق موصل بغداد ومحطة طريق موصل اربيل سجلت معدل إشعاع شمسي بقيم (6.38,7.24,7.12) كيلو واط/م².يوم على التوالي، ويعزى سبب انخفاض قيم الاشعاع الشمسي خلال فصل الشتاء وارتفاعها في فصل الصيف الى طول النهار وقصره في كل منهما فكلما كانت عدد ساعات النهار طويلة كلما ارتفعت قيم الاشعاع الشمسي وكلما كانت عدد ساعات النهار قصيرة قلت قيم الاشعاع الشمسي، فضلاً عن أنه كلما كانت زاوية الإشعاع الشمسي كبيرة كلما كانت قيم الاشعاع اعلى والعكس صحيح، ولا يقتصر سبب الاختلاف في هذه القيم على ما ذكر، بل يعزى ايضا الى حركة الشمس الظاهرية وموقع منطقة الدراسة من هذه الحركة، الذي يتحدد بالموقع الفلكي بالنسبة لدوائر العرض، اما معدلات الاشعاع خلال فصلي الربيع والخريف فقد تراوحت ما بين التزايد التدريجي خلال أشهر الربيع والتناقص التدريجي خلال اشهر الخريف فقد سجلت محطة صناعة وادي عكاب ومحطة موصل جديدة ومحطة الرشيدية علاوة على محطتي النبي يونس وسومر خلال فصل الربيع في اشهر (أذار، نيسان، مايس) معدل (4.47,5.56,6.81) كيلو واط/م².يوم، في حين محطة طريق موصل بغداد ومحطة طريق موصل اربيل سجلت معدل اشعاع شمسي بقيم (3.48,5.15,6.16) كيلو واط/م².يوم، أما في فصل الخريف فقد سجلت محطة صناعة وادي عكاب ومحطة موصل جديدة الى جانب محطة الرشيدية ومحطة النبي يونس الى جانب محطة سومر في أشهر (أيلول، تشرين الاول) معدل (4.20,5.96) كيلو واط/م².يوم، بينما سجلت محطة طريق موصل بغداد ومحطة طريق موصل اربيل لذات الاشهر معدل (3.03,4.77) كيلو واط/م².يوم. وبناء على تلك المعطيات فإن الاشعاع الشمسي الواصل الى منطقة الدراسة بلغ معدله السنوي (5.07 كيلو واط/م².يوم) في محطة صناعة وادي عكاب ومحطة موصل جديدة علاوة على محطة الرشيدية والنبي يونس، ومحطة سومر على التوالي، اما محطتي طريق موصل بغداد وطريق موصل اربيل فسجلت

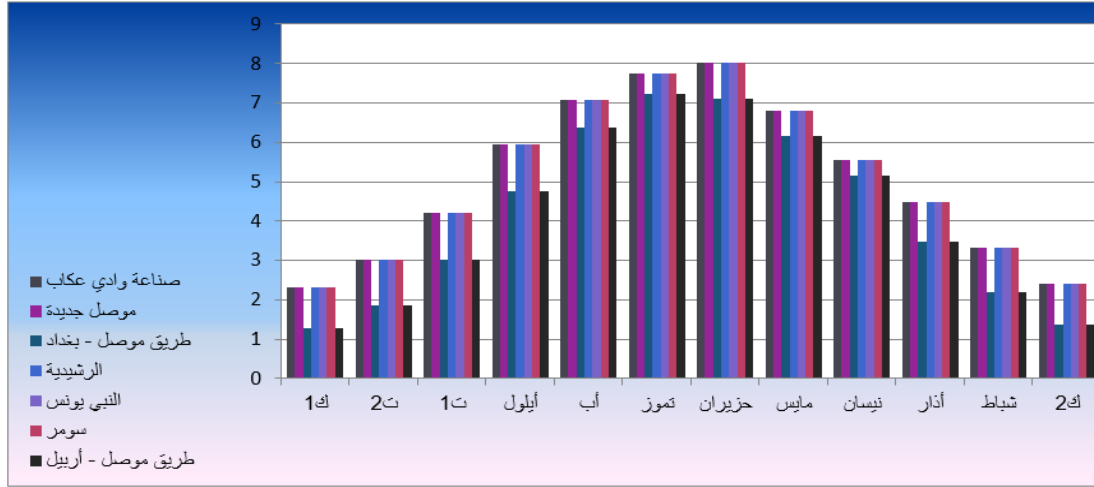
(4.16) كيلو واط/م².يوم. واجمالا لما سبق يمكن القول أن الاسباب التي تؤدي الى زيادة كمية الاشعاع الشمسي في منطقة الدراسة تتحصر في كبر زاوية سقوط اشعة الشمس وارتفاع الرطوبة النسبية وطول ساعات فترات التشمس لطول النهار, فضلا عن صفاء الجو وقلّة كمية السحب, تقابلها الاسباب المؤدية الى خفض كمية الاشعاع الشمسي في منطقة الدراسة فهي صغر زاوية سقوط اشعة الشمس وقصر النهار الذي ينتج عنه انخفاض ساعات التشمس وارتفاع الرطوبة النسبية الى جانب ارتفاع نسبة الغبار وزيادة كمية السحب وكمية الشوائب في الجو.

الجدول (3) يبين المعدلات السنوية للإشعاع الشمسي الواصل (كيلو واط/م².يوم) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)

المعدل السنوي	الأشهر												المحطة
	ك1	ت2	ت1	أيلول	أب	تموز	حزيران	مايس	نيسان	أذار	شباط	ك2	
5.07	2.31	3.02	4.20	5.96	7.09	7.76	8.02	6.81	5.56	4.47	3.31	2.41	صناعة وادي عكاب
5.07	2.31	3.02	4.20	5.96	7.09	7.76	8.02	6.81	5.56	4.47	3.31	2.41	موصل جديدة
4.16	1.27	1.85	3.03	4.77	6.38	7.24	7.12	6.16	5.15	3.48	2.18	1.37	طريق موصل - بغداد
5.07	2.31	3.02	4.20	5.96	7.09	7.76	8.02	6.81	5.56	4.47	3.31	2.41	الرشيدية
5.07	2.31	3.02	4.20	5.96	7.09	7.76	8.02	6.81	5.56	4.47	3.31	2.41	النبي يونس
5.07	2.31	3.02	4.20	5.96	7.09	7.76	8.02	6.81	5.56	4.47	3.31	2.41	حي سومر
4.16	1.27	1.85	3.03	4.77	6.38	7.24	7.12	6.16	5.15	3.48	2.18	1.37	طريق موصل- اربيل
4.81	2.01	2.68	3.86	5.62	6.88	7.61	7.76	6.62	5.44	4.18	2.98	2.11	المعدل الشهري

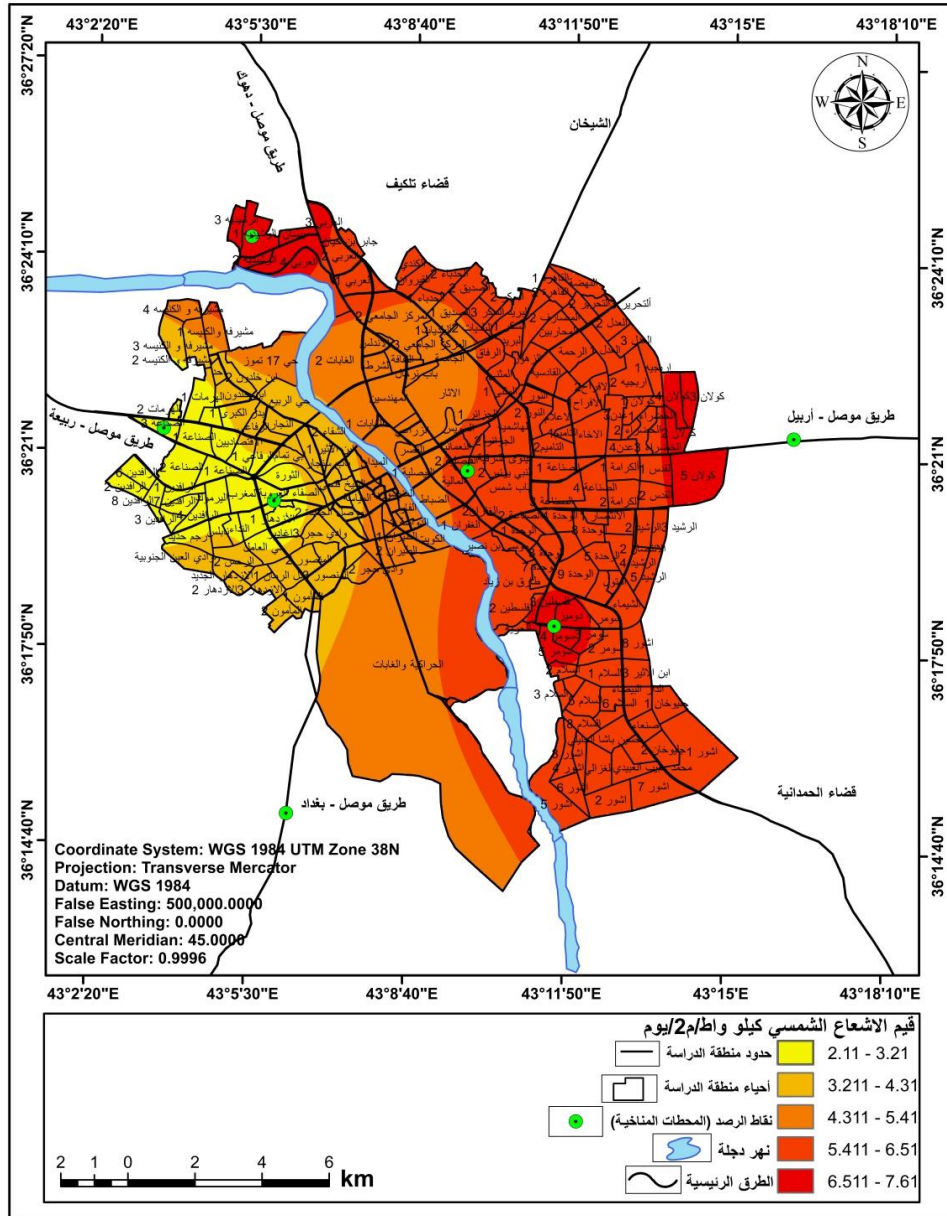
المصدر: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>

الشكل (12) يوضح المعدلات السنوية للإشعاع الشمسي الواصل (كيلو واط/ واط/م.2.يوم) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)



المصدر: الجدول (3)

الخريطة (5) تبين المعدلات السنوية للإشعاع الشمسي في مدينة الموصل للمدة (2003-2023)



المصدر: بالاعتماد على الجدول (3) وبرنامج Arc Gis Desktop

1-1-2 السحب: The clouds

تُعدُّ نسبة تغطية السماء بالسحب أحد أكثر المتغيرات المناخية تأثيراً على الجزيرة الحرارية للمدينة، إذ يرتبط كل منهما بعلاقة عكسية تجعل الجزيرة الحرارية أكثر وضوحاً وقوةً عندما يقل غطاء السحب، وتقل قوتها إلى درجة قد تجعلها غير ملحوظة عندما يزداد وجود السحب في السماء، إذ اشارت الى تلك الحقيقة العديد من الدراسات المبكرة، مثل دراسة (Sundborg, A. 1950) عن مدينة أوسالا (Uppsala) السويدية، كما وأكدت على العلاقة ذاتها دراسات أحدث، كما في مدينة لودز (Klysiak, K. & Fortuniak, K.,1999)،

وجوتنبرج (Svensson, M.K & Eliasson, I., 2002)، ونيويورك (Gedzelman, S.D. et al., 2003)⁽¹⁾، وتعرف السحب على أنها ظاهرة مائية جوية تكون بهيئة مجاميع مرئية تنشأ من جزيئات الماء أو بلورات جليدية أو كليهما، وتتواجد في الغلاف الجوي وهي واحدة من المظاهر المألوفة وأكثرها تأثيراً في المناخ، وتتألف الغيوم، فضلاً عن ما سبق من جسيمات صلبة مثل دقائق الغبار، والدخان، وجسيمات العوالق الجوية (Aerosols) التي تدعى بنويات تكثيف الغيوم (Cloud condensation Nuclei (CCN)⁽²⁾، وعن نوع السحب فإن المعرفة المناخية أقل لا سيما فيما يتعلق بارتباطها في الجزيرة الحرارية، إذ أشارت دراسة (Gedzeelman, S.D. et al., 2003) (Kim, Y.H. & Baik, j.j., 2004) إلى أن السحب المنخفضة تكون أكثر تأثيراً من السحب المرتفعة، حيث يرجع ذلك إلى أن ارتفاع السحب يعمل على التقليل من الحرارة التي تشعها باتجاه سطح الأرض⁽³⁾، كما ويزيد تأثير السحب في عكس وتشتيت الأشعاع الشمسي قبل وصوله سطح الأرض، ويلاحظ من خلال الجدول (4) والشكل (13) أن كمية الغيوم في فصل الشتاء لجميع المحطات خلال الأشهر) كانون الأول، كانون الثاني، شباط) بلغ معدل تغطية الغيمة (49.26,53,80,42.40) % على التوالي، إذ أن ارتفاع نسبة السحب خلال فصل الشتاء يرجع إلى حالات عدم الاستقرار التي ترافق مرور المنخفضات الجوية، إذ يلاحظ أن ضعف قوة الجزيرة الحرارية وحدتها في منطقة الدراسة أثناء الشتاء يعود إلى الارتفاع في نسبة السحب التي تصل ذروتها في هذا الفصل، ثم يأخذ هذا المعدل بالتناقص التدريجي خلال فصل الصيف في أشهر (حزيران، تموز، اب)، إذ بلغ (21.22,20.88,17.45) % في المحطات جميعها إذ يتبين أن الغيوم تكاد أن تكون نادرة في فصل الصيف في منطقة الدراسة، نتيجة لمناخها الحار شبه الجاف الذي يمتاز بكونه مناخ انتقالي بين مناخ البحر المتوسط الذي يقع شماله والمناخ الصحراوي الذي يقع إلى الجنوب منه، ثم يأخذ هذا المعدل خلال فصل الربيع ما بين الارتفاع والانخفاض التدريجي في أشهر (آذار،

(1) وليد عباس عبد الراضي حسان، الحرارة في مجمع القاهرة الحضري دراسة باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، المصدر السابق، ص180.

(2) هديل عبد المجيد عباس الشاعر، علاقة الأشعاع الشمسي والأشعاع الأرضي بدرجة الحرارة في العراق للمدة (1970-2007) م، ص20.

(3) وليد عباس عبد الراضي حسان، الحرارة في مجمع القاهرة الحضري دراسة باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مصدر سابق، ص184-185.

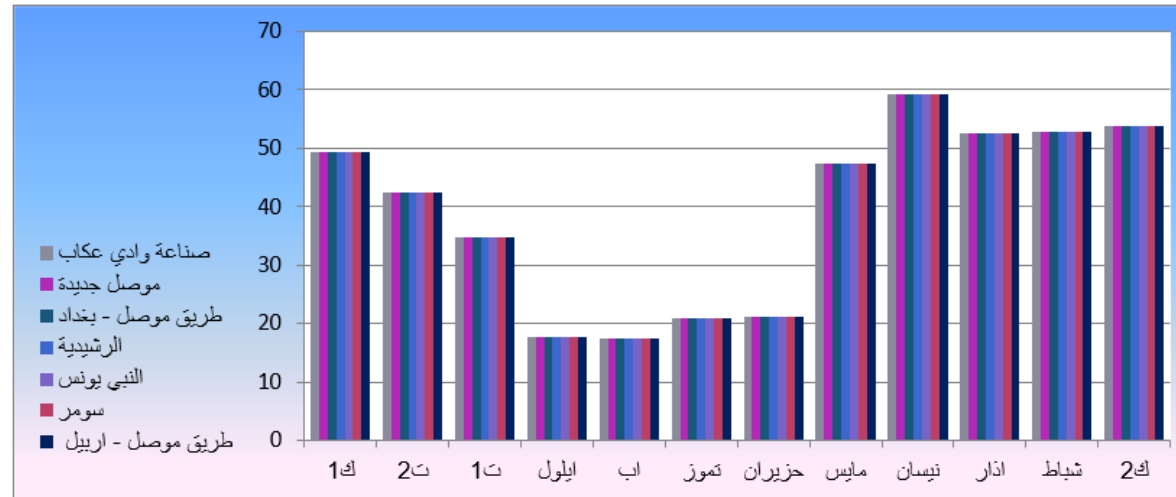
نيسان، مايس) ، اذ بلغ (52.54,59.28,47.39) % لجميع المحطات، بينما سجلت المحطات خلال فصل الخريف في الاشهر (أيلول, تشرين الاول) معدل (17.72,34.75)% الذي أخذ بالتزايد السريع من شهر تشرين الاول حتى فصل الشتاء، اما المعدل السنوي لكمية السحب فقد بلغ (39.13) % في كل محطات منطقة الدراسة على التوالي، واستخلاصا لما سبق من الممكن أن نفسر الدور الذي تلعبه السحب في التقليل من دور الجزيرة الحرارية لمدينة الموصل و على وجه الخصوص خلال فصل الشتاء وبداية فصل الربيع على اعتبار أن السحب تعد أحد عناصر الغلاف الجوي التي تلعب دورا كبيرا في عكس جزء كبير من الاشعاع الشمسي وامتصاصه قبل وصوله الى سطح الارض ، لا سيما كما هو معلوم ان وجود السحب بكميات كبيرة يعمل على تشتيت نسبة كبيرة من الاشعاع الشمسي مما يؤدي بالنتيجة الى قلة الاشعاع الواصل لمنطقة الدراسة، مما يعمل على تقليل فارق درجات الحرارة بينهما، الى جانب أن السحب تعمل على التقليل من شدة الجزيرة الحرارية من خلال مساهمتها في التقليل من عمليات التهوية ، على الاشعاع المنعكس من سطح الارض اثناء الليل.

الجدول (4) يبين المعدلات السنوية لكمية التغطية الغيمية للسماء (%) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)

المعدل السنوي	ك1	ت2	ت1	أيلول	أب	تموز	حزيران	مايس	نيسان	أذار	شباط	ك2	الاشهر المحطة
39.13	49.26	42.40	34.75	17.72	17.45	20.88	21.22	47.39	59.28	52.54	52.89	53.80	صناعة وادي عكاب
39.13	49.26	42.40	34.75	17.72	17.45	20.88	21.22	47.39	59.28	52.54	52.89	53.80	موصل جديدة
39.13	49.26	42.40	34.75	17.72	17.45	20.88	21.22	47.39	59.28	52.54	52.89	53.80	طريق موصل - بغداد
39.13	49.26	42.40	34.75	17.72	17.45	20.88	21.22	47.39	59.28	52.54	52.89	53.80	الرشيدية
39.13	49.29	42.40	34.75	17.72	17.45	20.88	21.22	47.39	59.28	52.54	52.89	53.80	النبي يونس
39.13	49.29	42.40	34.75	17.72	17.45	20.88	21.22	47.39	59.28	52.54	52.89	53.80	حي سومر
39.13	49.29	42.40	34.75	17.72	17.45	20.88	21.22	47.39	59.28	52.54	52.89	53.80	طريق موصل - اربيل
39.13	49.29	42.40	34.75	17.72	17.45	20.88	21.22	47.39	59.28	52.54	52.89	53.80	المعدل الشهري

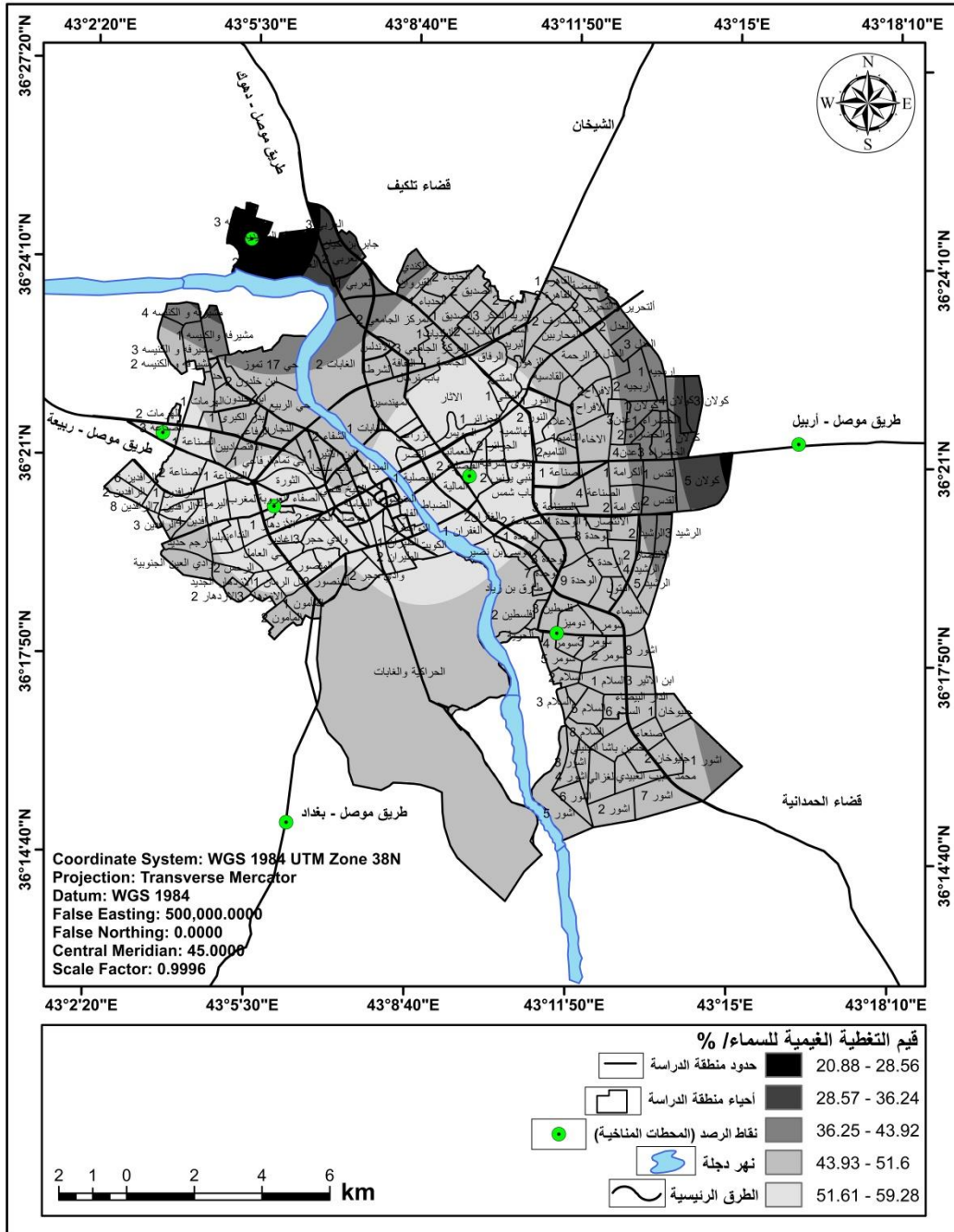
المصدر: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>

الشكل (13) يوضح المعدلات السنوية لكمية التغطية الغيمية للسماء (%) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)



المصدر: الجدول (4)

الخريطة (6) تبين المعدلات السنوية لكمية التغطية الغيمية للسماء في مدينة الموصل للمدة (2003 - 2023)



بالاعتماد على الجدول (4) وبرنامج Arc Gis Desktop

3-1-1 درجات الحرارة: Temperatures

يؤثر التباين الحراري في خصائص المدن مما يعمل بالنتيجة على التغير في مناخها المحلي عما يجاورها من مناطق ريفية مكونا جزر حرارية، وبالتالي يؤثر في عناصر المناخ الاخرى ومنها سرعة الرياح واتجاهها ورطوبة الهواء داخل المدينة، وعادة ما تكون درجة الحرارة

اعلى في مركز المدينة المزدهم بالنشاطات المختلفة وتقل باتجاه الضواحي والمناطق المفتوحة⁽¹⁾، يلاحظ أكبر اختلاف في درجات الحرارة بين المناطق الحضرية والريفية بعد غروب الشمس بمدة ساعتين أو ثلاث ساعات، ويستمر هذا الفرق طوال الليل في المدن الكبيرة حتى في الصباح على الرغم من أنها تكون أقل نسبيًا خلال النهار⁽²⁾، وتعرف درجة الحرارة على أنها درجة حرارة الهواء الطلق لأي مكان، وتقاس في الظل بعيدا عن تأثير الاشعاع الشمسي، وتزداد حرارة الاجسام بزيادتها، وتعد درجة الاحساس بالبرودة او السخونة التي يمكن الشعور بها بطريق اللمس، وهي مقياس سرعة حركة الذرات في المادة، فالذرات الحارة اكثر سرعة من الذرات الباردة⁽³⁾، وعلى الرغم من تعدد المصادر التي تلعب دورا في رفع حرارة السطح ومحدوديتها الا أن الشمس تعد المصدر الرئيس لرفع حرارتها، ويختلف مفهوم الحرارة (Heat) عن درجة الحرارة (The Temperature) تُعد الحرارة شكلاً من أشكال الطاقة التي يمكنها زيادة درجة حرارة الأشياء، أما درجة الحرارة فتعبر عن حالة التسخين وشدة المادة ويؤدي إضافة أو فقدان الحرارة الى رفع او خفض درجة الحرارة⁽⁴⁾، ولا بد من التأكيد على اهمية أن دراسة التغيرات في درجات الحرارة باستخدام المقاييس المختلفة لدرجات الحرارة منها (درجة الحرارة العظمى، درجة الحرارة الصغرى، درجة حرارة الهواء) بدلا من التركيز على المتوسط اليومي فقط كمقياس شامل في منطقة الدراسة، يرجع السبب في ذلك إلى عمومية المتوسط اليومي الذي يعد متوسطا لدرجة الحرارة طوال اليوم مما قد يحجب تفاصيل مهمة من المناخ إذا تم التركيز عليه وحده على سبيل المثال، ارتفاع درجة الحرارة اليومي لا يعني بالضرورة ارتفاعاً مماثلاً في درجات الحرارة العظمى والصغرى بل قد تكون هناك اتجاهات مختلفة لكل منها، مما يكشف عن تفاصيل مناخية مهمة لا تظهر إلا بدراسة مقاييس متعددة، وقد اكد على ذلك (Houghton, J.T.1993) في التقرير الاول للجنة الدولية المعنية بتغير المناخ (IPPC) إلى أن الاتجاه العام للمتوسطات المناخية قد

(1) فاطمة راضي ساجت، الجزيرة الحرارية والزراعة البيومناخية لمدينة السماوة، رسالة ماجستير، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة البصرة، 2013، ص18-19.

(2) علي عبد الخفاف، ثعبان كاظم خضير، المناخ والانسان، دار المسيرة، حلب، ط1، ص88، 2007.

(3) هديل عبد المجيد عباس الشاعر، علاقة الاشعاع الشمسي والاشعاع الارضي بدرجة الحرارة في العراق للمدة (1970-2007)، مصدر سابق، ص20.

(4) علي عبد الزهرة كاظم الوائلي، اسس ومبادئ في علم الطقس والمناخ، جامعة بغداد، كلية التربية، قسم الجغرافيا، 2005، ص71.

لا يظهر ، على الرغم من التغيرات الفعلية التي تحدث ويرجع ذلك إلى أن التغيرات قد تحدث بشكل متضاد، مما يؤدي في النهاية إلى استقرار المتوسط، فقد ترتفع درجات الحرارة القصوى وتتنخفض درجات الحرارة الدنيا، في حين أن المتوسط اليومي يبقى ثابتاً دون تغيير يُلاحظ، ومن الممكن أن تزيد القيم القصوى والدنيا معاً دون أن يترتب دون أن يظهر أي تأثير على المتوسطات⁽¹⁾.

واستناداً لما سبق فيما يأتي دراسة توزيع كل من درجة حرارة الهواء وكلا من درجتي الحرارة العظمى والصغرى لبعض المحطات الافتراضية في منطقة الدراسة لبيان الاختلاف في درجة الحرارة:

1-1-3-1 درجة حرارة الهواء . Air Temperature

تعد حرارة الهواء نتاج نهائي لعمليتين أساسيتين أولهما؛ عملية الامتصاص المباشر للأشعة الشمسية وعملية الإشعاع الأرضي أو الطاقة الأرضية التي تنطلق من سطح الأرض إلى الهواء المجاور، وتمثل درجة حرارة الهواء في أي وقت من اليوم الفرق بين مجموع ما اكتسبته الأرض من حرارة الشمس ومجموع ما فقده بالإشعاع الأرضي⁽²⁾، لاسيما أن معدل ساعات التشميس يأخذ بالزيادة كلما اتجهنا من الشمال إلى الجنوب، نظراً لأن قوة الإشعاع الساقط و فترات ساعات السطوع الشمسي تمثلان العامل الحاسم والمتحكم في درجة الحرارة في أي منطقة، ويتبين من خلال الجدول (5) والشكل (14) أن المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة امتازت بالارتفاع التدريجي في منطقة الدراسة بدءاً من شهر آذار حيث بلغت (12.43) م° وتستمر درجات الحرارة في الارتفاع حتى تصل حدودها العليا في فصل الصيف خلال الأشهر (حزيران، تموز، اب) إذ سجلت محطة صناعة وادي عكاب ومحطة موصل جديدة تليها محطة الرشيدية إلى جانب محطة حي سومر ومحطة طريق موصل أربيل درجة حرارة بلغت (31.61, 35.28, 34.95) م° بالتوالي، في حين سجلت محطة طريق موصل بغداد معدلات (31.91, 35.37, 35.15) م°، ويعود السبب في الارتفاع الحاصل في درجات الحرارة خلال فصل الصيف في

(1) وليد عباس عبد الراضي حسان، الحرارة في مجمع القاهرة الحضري دراسة باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مصدر سابق، ص225.

(2) عبد القادر عساج محمد، المناخ المحلي لمدينة صنعاء دراسة في جغرافية المناخ التطبيقي، اطروحة دكتوراه، كلية التربية ابن رشد، جامعة بغداد، 2000، ص60.

منطقة الدراسة الى جملة من العوامل اولها قلة نسبة التغييم وشفاء الجو وجفاف الهواء فضلا عن ازدياد زاوية سقوط الاشعاع وزيادة عدد ساعات النهار اللذان ينتج عنهما زيادة في كمية الحرارة المكتسبة، ولا يفوتنا أن ننوه الى انه وعلى الرغم من أن الشمس تكون عمودية على العراق ومنطقة الدراسة خلال شهر حزيران، الا أنه يلاحظ بلوغ درجات حرارة الهواء اقصاها في شهري تموز واب نتيجة بقاء الشمس قريبة من وضعها العمودي الى جانب وجود تراكم حراري نتيجة الزيادة الحاصلة في عدد ساعات السطوع الشمسي الفعلي ، لنلاحظ بعد ذلك الانخفاض التدريجي لدرجة حرارة الهواء حتى تصل الى ادنى معدلاتها في فصل الشتاء فقد سجل ادنى معدل لدرجة الحرارة في كانون الثاني بمعدل (6.00) م° في محطة صناعة وادي عكاب ومحطة موصل جديدة، فضلا عن محطتي الرشيدية والنبي يونس علاوة على محطة طريق موصل اربيل اما محطة طريق موصل بغداد فسجلت معدل (6.74)، بينما سجل شهرا (كانون الأول، شباط) معدلات درجة حرارة (8.13, 8.20) م° في محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيدية والنبي يونس وحي سومر، اما محطة طريق موصل بغداد فقد سجلت معدلات (8.74, 9.03) م°، وهذا الانخفاض في درجات الحرارة في الفصل البارد يرجع الى طبيعة الموقع الفلكي والجغرافي من حيث المنخفضات الجوية وحركة الارض الظاهرية وطبيعة الكتل الهوائية التي تمر عبر منطقة الدراسة، كما ويلاحظ مع بداية فصل الربيع الزيادة التدريجية لدرجات الحرارة اذ سجلت محطة صناعة وادي عكاب ومحطة موصل جديدة و محطة الرشيدية وكذلك محطة النبي يونس، فضلاً عن محطة حي سومر ارتفاعا ملحوظا للحرارة في فصل الربيع خلال اشهر (اذار، نيسان، مايس) في معدلات الحرارة والتي بلغت (12.43, 18.38, 24.81) م° وفي محطة طريق موصل بغداد بلغت (13.41, 19.41, 25.75) م° بالتتالي، ويرجع هذا الارتفاع في درجات الحرارة في هذا الفصل الى حركة الشمس الظاهرية نحو خط الاستواء التي تؤدي الى تفكك مناطق الضغوط الموسمية مع بقاء تأثيرها ، وفي الصدد نفسه يلاحظ أن درجات الحرارة قد اخذت بالتناقص التدريجي مع بداية فصل الخريف لتساوي ما كانت عليه في فصل الربيع او اعلى منه، حيث انه يمكن ملاحظة ان الحرارة تتدرج خلال فصل الخريف، اذ يكون من الاعلى اثناء فصل الصيف الى الادنى خلال فصل الشتاء اما في فصل الربيع فان الحرارة تتدرج من الادنى خلال اشهر الشتاء الى الاعلى اثناء اشهر الصيف، اذ سجلت محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيدية والنبي يونس وحي سومر خلال الاشهر (ايلول، تشرين الاول،

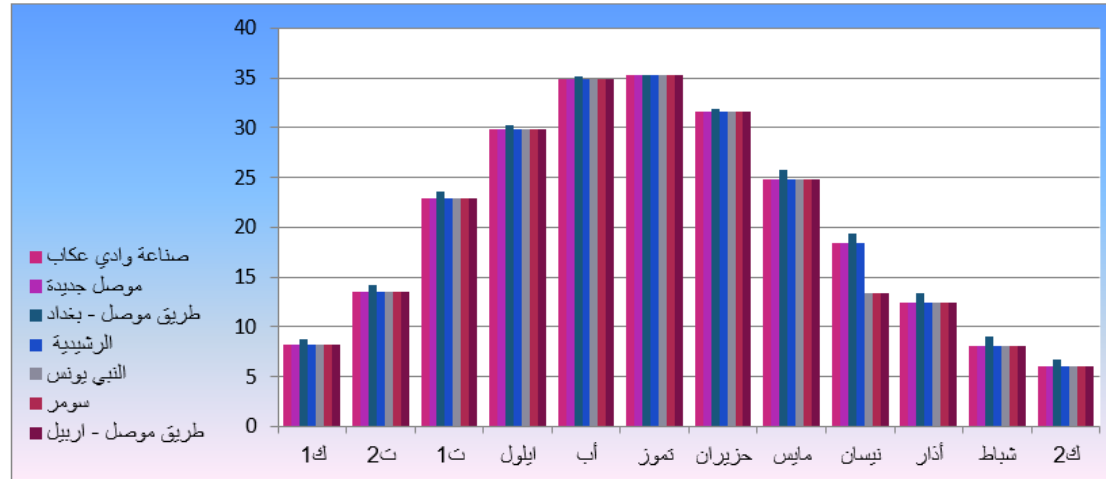
تشرين الثاني)، درجة حرارة بلغت (13.57, 22.91, 29.90) م° على حين محطة طريق موصل بغداد فسجلت قيم (14.23, 23.56, 30.28) م°، اما بالنسبة للمعدل السنوي فقد بلغ (20.51) م° لمحطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة، فضلا عن محطتي والنبي يونس وحي سومر ومحطة حي سومر علي حين سجلت محطة طريق موصل بغداد معدلا سنويا يبلغ (21.13) م°، وبطبيعة الحال تتأثر قيم درجات الحرارة بمجموعة من العوامل الطبيعية، بما في ذلك الموقع الفلكي على دوائر العرض وارتفاع مستوى المحطات المناخية في المنطقة المدروسة واتجاه الرياح السائدة، فضلا عن ضعف تاثير الضغوط الموسمية وزيادة الرطوبة النسبية وكمية السحب، اذ تعمل جميع هذه العوامل معًا على إحداث تباينات في درجات الحرارة بين الفصول والمواسم.

الجدول (5) يبين المعدلات السنوية لدرجة حرارة الهواء (م°) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)

المعدل السنوي	ك1	ت2	ت1	أيلول	أب	تموز	حزيران	مايس	نيسان	أذار	شباط	ك2	الاشهر المحطة
20.51	8.20	13.57	22.91	29.90	34.95	35.28	31.61	24.81	18.38	12.43	8.13	6.00	صناعة وادي عكاب
20.51	8.20	13.57	22.91	29.90	34.95	35.28	31.61	24.81	18.38	12.43	8.13	6.00	موصل جديدة
21.13	8.74	14.23	23.56	30.28	35.15	35.37	31.91	25.75	19.41	13.41	9.03	6.74	طريق موصل - بغداد
20.51	8.20	13.57	22.91	29.90	34.95	35.28	31.61	24.81	18.38	12.43	8.13	6.00	الرشيدية
20.51	8.20	13.57	22.91	29.90	34.95	35.28	31.61	24.81	18.38	12.43	8.13	6.00	النتي يونس
20.51	8.20	13.57	22.91	29.90	34.95	35.28	31.61	24.81	18.38	12.43	8.13	6.00	حي سومر
20.51	8.20	13.57	22.91	29.90	34.95	35.28	31.61	24.81	18.38	12.43	8.13	6.00	طريق موصل - اربيل
20.59	8.27	13.66	23.00	29.95	34.97	35.29	31.65	24.94	18.52	12.57	8.25	6.10	المعدل الشهري

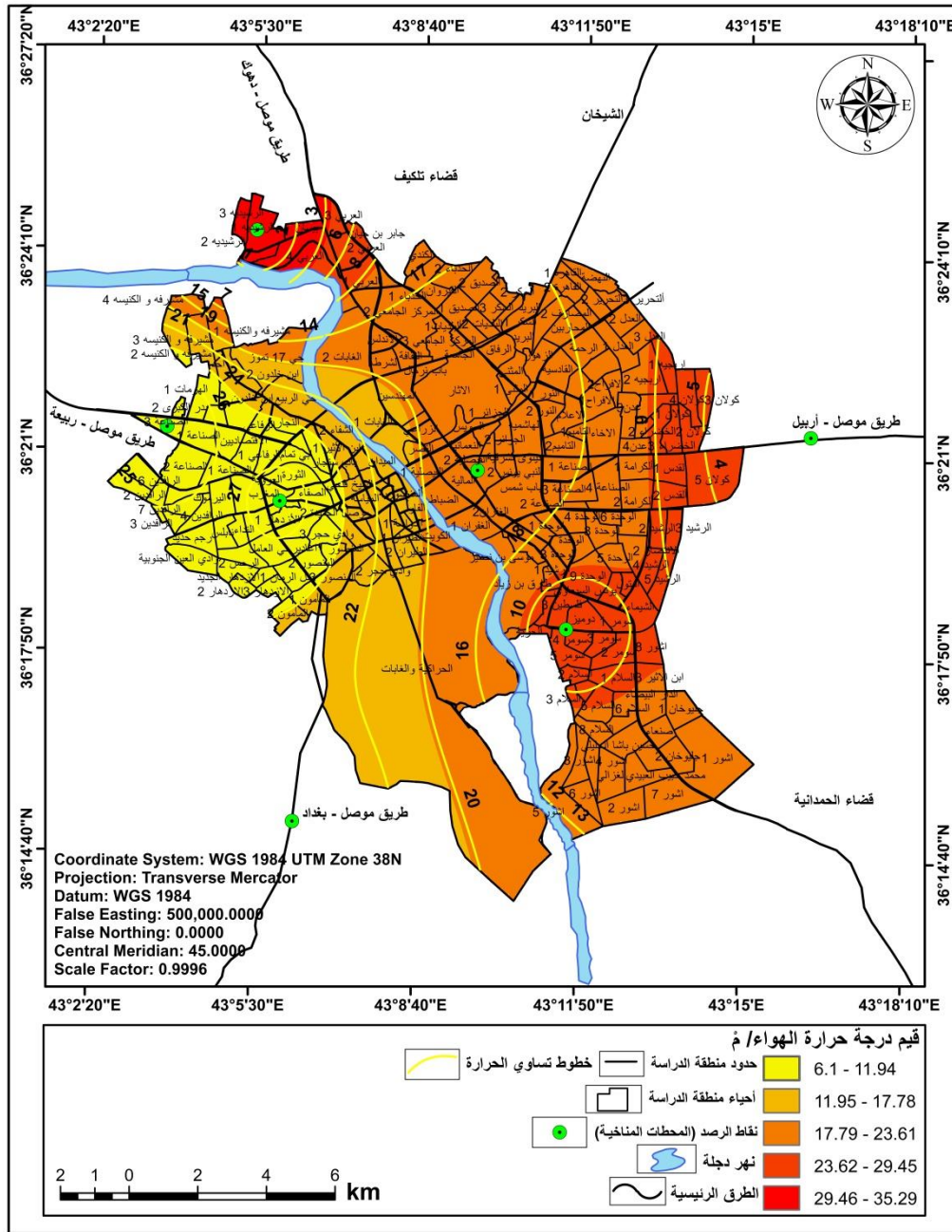
المصدر: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>

الشكل (14) يوضح المعدلات السنوية لدرجة حرارة الهواء (م°) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)



المصدر: الجدول (5)

الخريطة (7) تبين المعدلات السنوية لدرجة حرارة الهواء في مدينة الموصل للمدة (2003-2023)



بالاعتماد على جدول (5) وبرنامج Arc Gis Desktop

1-1-3-2 درجة الحرارة العظمى: Maximum temperature

تمثل درجة الحرارة العظمى اعلى قيمة يمكن تسجيلها خلال اليوم وغالبا ما تكون اثناء النهار، وتعرف بأنها اعلى درجة حرارة تسجل خلال (24) ساعة في منطقة معينة، فهي تسجل في أوقات معينة تبعا لتغير الفصول حيث تسجل في الساعة الثالثة او الرابعة ظهرا خلال فصل

الصيف، وتسجل في الساعة الواحدة او الثانية ظهرا أثناء فصل الشتاء⁽¹⁾، ويتضح من تتبع الجدول (6) والشكل (15) أن شهر كانون الثاني هو اكثر شهور السنة انخفاضا في درجة الحرارة العظمى، اذ يرجع ذلك الى أنه اكثر اشهر الشتاء (كانون الاول، كانون الثاني، شباط) تعرضا لموجات البرد الشديدة نتيجة تأثرها بالكتل الهوائية القطبية القارية الباردة (cp)، فضلا عن المنخفضات الجوية الشتوية التي يتعرض لها مناخ المدينة، حيث سجل ادنى معدل لدرجة الحرارة العظمى بمعدل (16.55) م° في محطة صناعة وادي عكاب ومحطة موصل جديدة علاوة على محطة الرشيدية والنبي يونس، فضلا عن محطتي حي سومر وطريق موصل أربيل، في حين سجلت محطة طريق موصل بغداد معدل (17.63) م°، كما وسجل كل من شهري (كانون الاول، شباط) معدلات درجات حرارة بلغت (19.78, 20.83) م° في محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيدية والنبي يونس وحي سومر وطريق موصل أربيل في حين سجلت محطة طريق موصل بغداد معدل حراري بلغ (20.52, 21.98) م° وبطبيعة الحال فإن ذلك يعود الى قصر النهار نسبيا مما يترتب على ذلك أن كمية الاشعاع المستلمة تصبح اقل من كمية الاشعاع الارضي المفقود بالاضافة الى تساقط الامطار وارتفاع نسب الرطوبة جميعها عوامل تعمل على التقليل من نسبة درجة الحرارة العظمى، ويلاحظ ان درجة الحرارة بدأت بالارتفاع التدريجي مع بداية فصل الربيع في شهر آذار الا أن هذا التدرج يكون بطيئا، اذ يظهر ذلك عند مقارنة درجة حرارة شهر (شباط) نهاية فصل الشتاء مع درجة حرارة شهر (نيسان) بداية فصل الربيع، اذ بلغ الفرق بينها ليس بكثير حيث بلغ معدل الحرارة العظمى لأشهر الربيع (اذار، نيسان، مايس) في محطة صناعة وادي عكاب ومحطة موصل جديدة ومحطة الرشيدية علاوة على محطة الرشيدية ومحطتي النبي يونس وحي سومر (25.55, 32.56, 39.42) م° على التوالي، في حين سجلت محطة طريق موصل بغداد قيم (26.87, 34.09, 40.47) م°، اما بالنسبة لأشهر الصيف فإنه اكثر الفصول استقرارا كما انه اكثر الفصول واشدها حرارة حيث بلغ متوسط درجة الحرارة (44.59, 47.00, 46.39) م° لأشهر الصيف (حزيران، تموز، اب) بالتتالي في محطات صناعة وادي عكاب و موصل جديدة والرشيدية والنبي يونس وحي سومر وطريق موصل أربيل بالتتالي، في حين سجلت محطة طريق موصل بغداد معدل (44.89,

(1) أحمد سامي حسن، سارة علي مطر، تباين درجات الحرارة اليومية العظمى والصغرى في فصل الصيف في مدينة بغداد، مجلة علوم المستنصرية، المجلد 27، العدد 1، 2016، ص41.

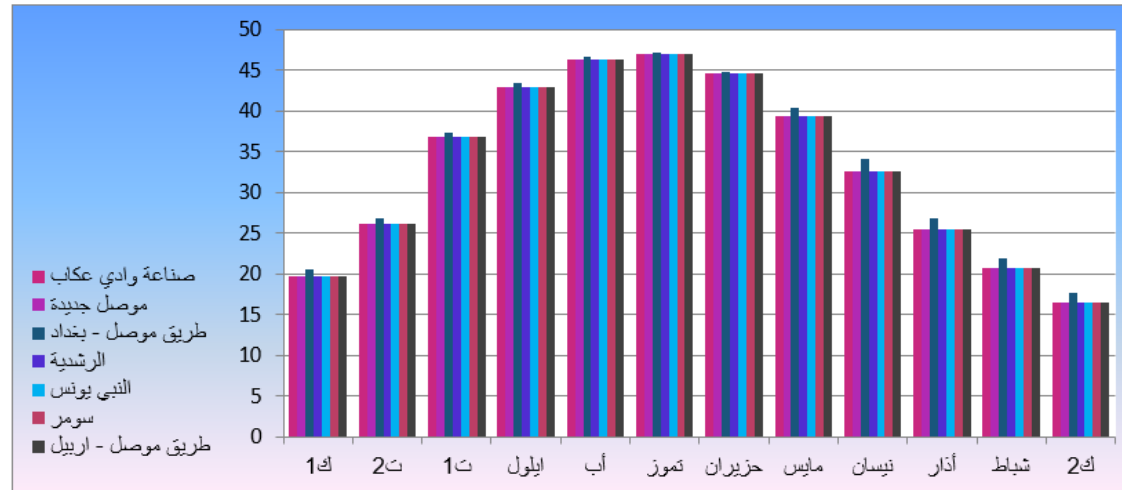
46.71, 47.16) م°، ويمكن القول أن سبب ارتفاع معدلات درجة الحرارة العظمى في منطقة الدراسة عموماً والمحطات المختارة خصوصاً سببه التطور الصناعي والاقتصادي فيها، حيث تسهم النشاطات السكانية بشكل كبير في رفع درجة الحرارة، ثم بعد ذلك تأخذ درجات الحرارة بالانخفاض التدريجي بسبب حركة الشمس الظاهرية وتناقص ميل أشعتها لتسجل أشهر الخريف (أيلول، تشرين الأول، تشرين الثاني) معدلاتها العظمى بقيمة (26.10, 36.84, 42.99) م° في محطة صناعة وادي عكاب ومحطة موصل جديدة بالإضافة إلى محطة الرشيدية ومحطة النبي يونس فضلاً عن محطتا حي سومر وطريق موصل أربيل، أما محطة طريق موصل بغداد فقد سجلت القيم (26.87, 37.35, 43.40) م°. بينما سجل المعدل السنوي لكل الفصول معدل حراري بلغ (33.21) م° في محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيدية والنبي يونس وحي سومر وطريق موصل أربيل في حين سجلت محطة طريق موصل بغداد معدل (33.99) م°.

الجدول (6) يبين المعدلات السنوية لدرجة الحرارة العظمى (م°) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)

المعدل السنوي	ك1	ت2	ت1	أيلول	أب	تموز	حزيران	مايس	نيسان	أذار	شباط	ك2	الاشهر المحطة
33.21	19.78	26.10	36.84	42.99	46.39	47.00	44.59	39.42	32.56	25.55	20.83	16.55	صناعة وادي عكاب
33.21	19.78	26.10	36.84	42.99	46.39	47.00	44.59	39.42	32.56	25.55	20.83	16.55	موصل جديدة
33.99	20.52	26.87	37.35	43.40	46.71	47.16	44.89	40.47	34.09	26.87	21.98	17.63	طريق موصل - بغداد
33.21	19.78	26.10	36.84	42.99	46.39	47.00	44.59	39.42	32.56	25.55	20.83	16.55	الرشيدية
33.21	19.78	26.10	36.84	42.99	46.39	47.00	44.59	39.42	32.56	25.55	20.83	16.55	النبي يونس
33.21	19.78	26.10	36.84	42.99	46.39	47.00	44.59	39.42	32.56	25.55	20.83	16.55	حي سومر
33.21	19.78	26.10	36.84	42.99	46.39	47.00	44.59	39.42	32.56	25.55	20.83	16.55	طريق موصل - اربيل
57.12	19.88	26.21	36.91	43.04	46.43	47.02	44.63	39.57	32.77	25.73	20.99	16.70	المعدل الشهري

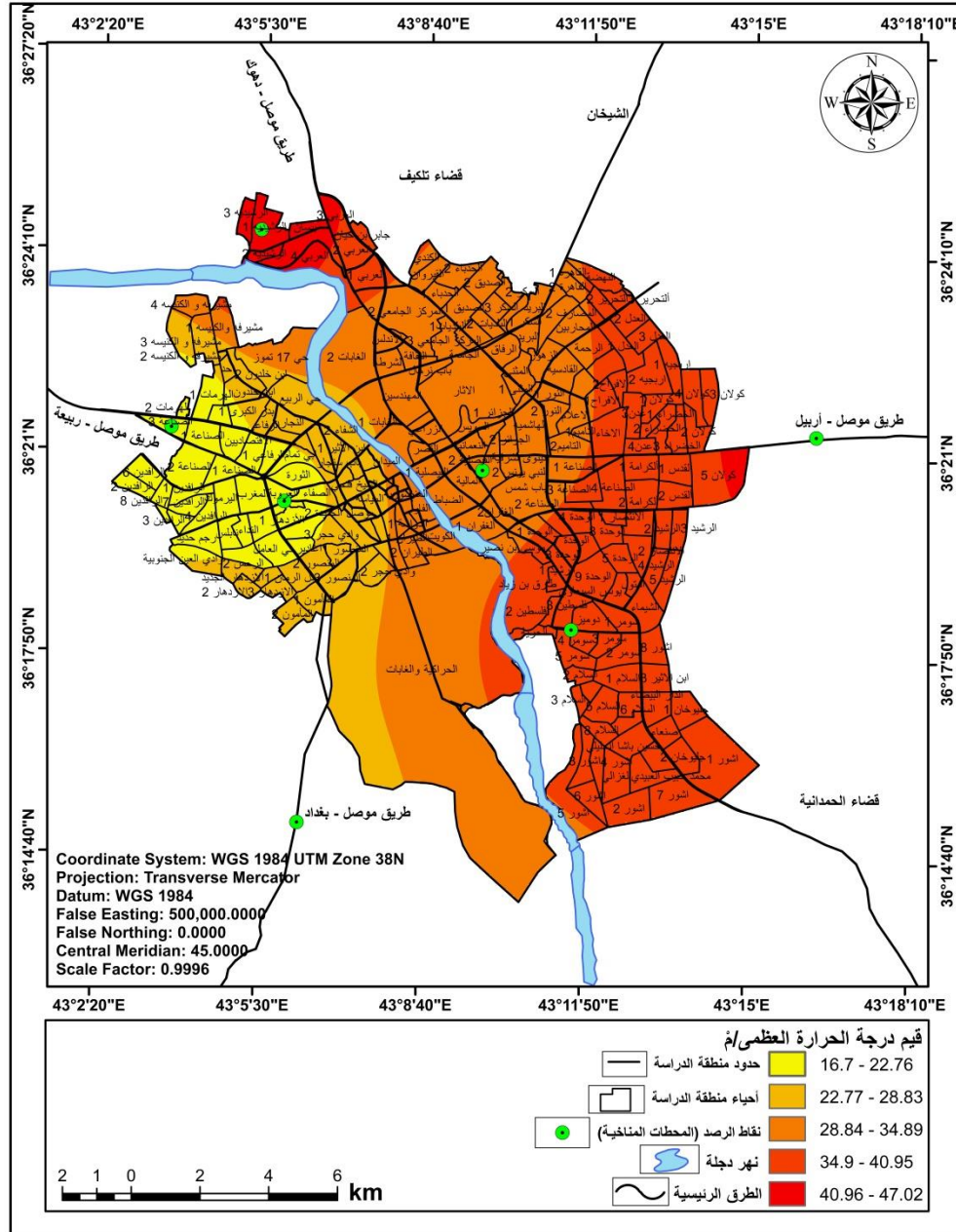
المصدر: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>

الشكل (15) يوضح المعدلات السنوية لدرجة الحرارة العظمى (م°) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)



المصدر: الجدول (6)

الخريطة (8) تبين المعدلات السنوية لدرجة الحرارة العظمى في مدينة الموصل للمدة (2003-2023)



بالاعتماد على جدول (6) وبرنامج Arc Gis Desktop

1-1-3-3 درجة الحرارة الصغرى. Minimum Temperature

تعد درجة الحرارة الصغرى أدنى قيمة يمكن تسجيلها خلال اليوم وهي دائماً ما يتم تسجيلها خلال الليل، وتعرف على أنها اقل درجة حرارة تسجل خلال 24 ساعة في منطقة ما، وتقرأ عادة في الفترة التي تترافق وقت شروق الشمس بين الساعة الخامسة والسابعة صباحاً تبعاً لتغير الفصول ففي فصل الصيف تقرأ في حوالي الساعة الخامسة صباحاً وفي الشتاء في حوالي

الساعة السابعة صباحاً⁽¹⁾، ويتبين من خلال الجدول (7) والشكل (16) أن درجة الحرارة الصغرى قد سجلت ادنى معدل لها خلال فصل الشتاء في شهر (كانون الثاني) بمعدل بلغ (-3.46) م° لمحطة صناعة وادي عكاب ومحطة موصل جديدة ومحطة الرشيدية ومحطة النبي يونس، بالإضافة الى محطتي حي سومر وطريق موصل اربيل في حين سجلت محطة طريق موصل بغداد معدل (-3.34) م°، كما سجل كل من الأشهر (كانون الأول، شباط) معدل بلغ (-2.38, -1.22) م° في محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيدية والنبي يونس وحي سومر وطريق موصل اربيل اما محطة طريق موصل بغداد فسجلت معدل بقيم (-2.43, -1.21) م°، وهنا لا بد من بيان أن هناك العديد من العوامل التي لعبت دوراً رئيسياً في انخفاض معدلات الحرارة في منطقة الدراسة خلال هذا الفصل يتقدمها قصر ساعات النهار الذي يرجع الى ميلان محور الأرض وصغر زاوية سقوط الأشعاع الشمسي، فضلاً عن الارتفاع عن مستوى سطح البحر بالاتجاه نحو الغرب والشمال الى جانب تعرضها الى كتل هوائية قادمة من شمال ووسط أوروبا علاوة على صفاء الجو الذي تمتاز به منطقة الدراسة نتيجة قلة ايام الضباب، فضلاً عن تأثرها بالكتل الهوائية القطبية القارية الباردة (cp)، اما في فصل الربيع يرتفع متوسط درجة الحرارة ارتفاعاً ملحوظاً ليسجل خلال الأشهر (أذار، نيسان، مايس) معدل بقيم (1.03, 5.11, 12.22) م° على الترتيب لمحطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيدية والنبي يونس وحي سومر وطريق موصل اربيل، في حين سجلت محطة طريق موصل بغداد معدل بلغ (1.37, 5.66, 13.01) م°، في حين بلغ متوسط درجة الحرارة اعلى معدل خلال فصل الصيف في اشهر (حزيران، تموز، اب) ويعد شهر اب أعلى شهور السنة حرارة لمحطة صناعة وادي عكاب ومحطة موصل جديدة ومحطة الرشيدية ومحطتي النبي يونس وطريق موصل اربيل بمعدل بلغ (24.40) م°، بينما سجلت محطة طريق موصل بغداد معدل (23.92) م°، كما سجل كل من شهري (حزيران، تموز) معدلات حرارية بقيم (18.95, 23.59) م° على حين سجلت محطة طريق موصل بغداد معدلات بلغت (19.17, 23.13) م°، ويعلّل سبب هذا الارتفاع الملحوظ الى طول النهار بجانب محدودية وندرة تأثير الكتل الهوائية، فضلاً عن صفاء الجو لانعدام السحب وقلّة نسبتها التي وسبق وإن ذكرناها، ثم تبدأ بعد ذلك

(1) أحمد سامي حسن، سارة علي مطر، تباين درجات الحرارة اليومية العظمى والصغرى في فصل الصيف في

مدينة بغداد، المصدر السابق، ص41.

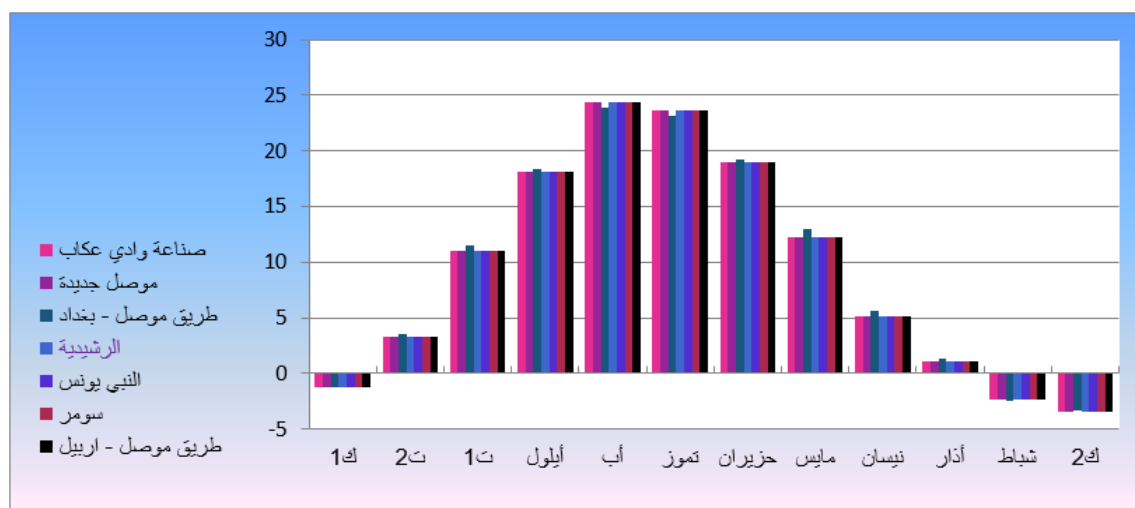
المتوسطات الشهرية في الانخفاض في فصل الخريف خلال الاشهر (ايلول, تشرين الاول, تشرين الثاني) لتسجل معدلات تبلغ (3.25, 11.05, 18.08) م° على الترتيب في محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشدية والنبي يونس وحي سومر وطريق موصل اربيل، على حين سجلت محطة طريق موصل بغداد معدلات حرارية بقيم (3.52, 11.52, 18.33) م° بالترتيب، اما المعدل السنوي للعام للفصول جميعها فقد بلغ متوسط درجة حرارتها (9.21) م° لمحطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشدية والنبي يونس وحي سومر وطريق موصل أربيل، بينما سجلت محطة طريق موصل بغداد معدل سنوي لمتوسط درجة حرارتها بلغ (9.38) م°.

الجدول (7) يبين المعدلات السنوية لدرجة الحرارة الصغرى (م°) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2023-2003)

المعدل السنوي	ك1	ت2	ت1	أيلول	أب	تموز	حزيران	مايس	نيسان	أذار	شباط	ك2	الاشهر المحطة
9.21	-1.22	3.25	11.05	18.08	24.40	23.59	18.95	12.22	5.11	1.03	-2.38	-3.46	صناعة وادي عكاب
9.21	-1.22	3.25	11.05	18.08	24.40	23.59	18.95	12.22	5.11	1.03	-2.38	-3.46	موصل جديدة
9.38	-1.21	3.52	11.52	18.33	23.92	23.13	19.17	13.01	5.66	1.37	-2.43	-3.34	طريق موصل - بغداد
9.21	-1.22	3.25	11.05	18.08	24.40	23.59	18.95	12.22	5.11	1.03	-2.38	-3.46	الرشيدية
9.21	-1.22	3.25	11.05	18.08	24.40	23.59	18.95	12.22	5.11	1.03	-2.38	-3.46	النبى يونس
9.21	-1.22	3.25	11.05	18.08	24.40	23.59	18.95	12.22	5.11	1.03	-2.38	-3.46	حي سومر
9.21	-1.22	3.25	11.05	18.08	24.40	23.59	18.95	12.22	5.11	1.03	-2.38	-3.46	طريق موصل - اربيل
15.84	-1.21	3.28	11.11	18.11	24.33	23.52	18.98	12.33	5.18	1.07	-2.38	- 3.44	المعدل الشهري

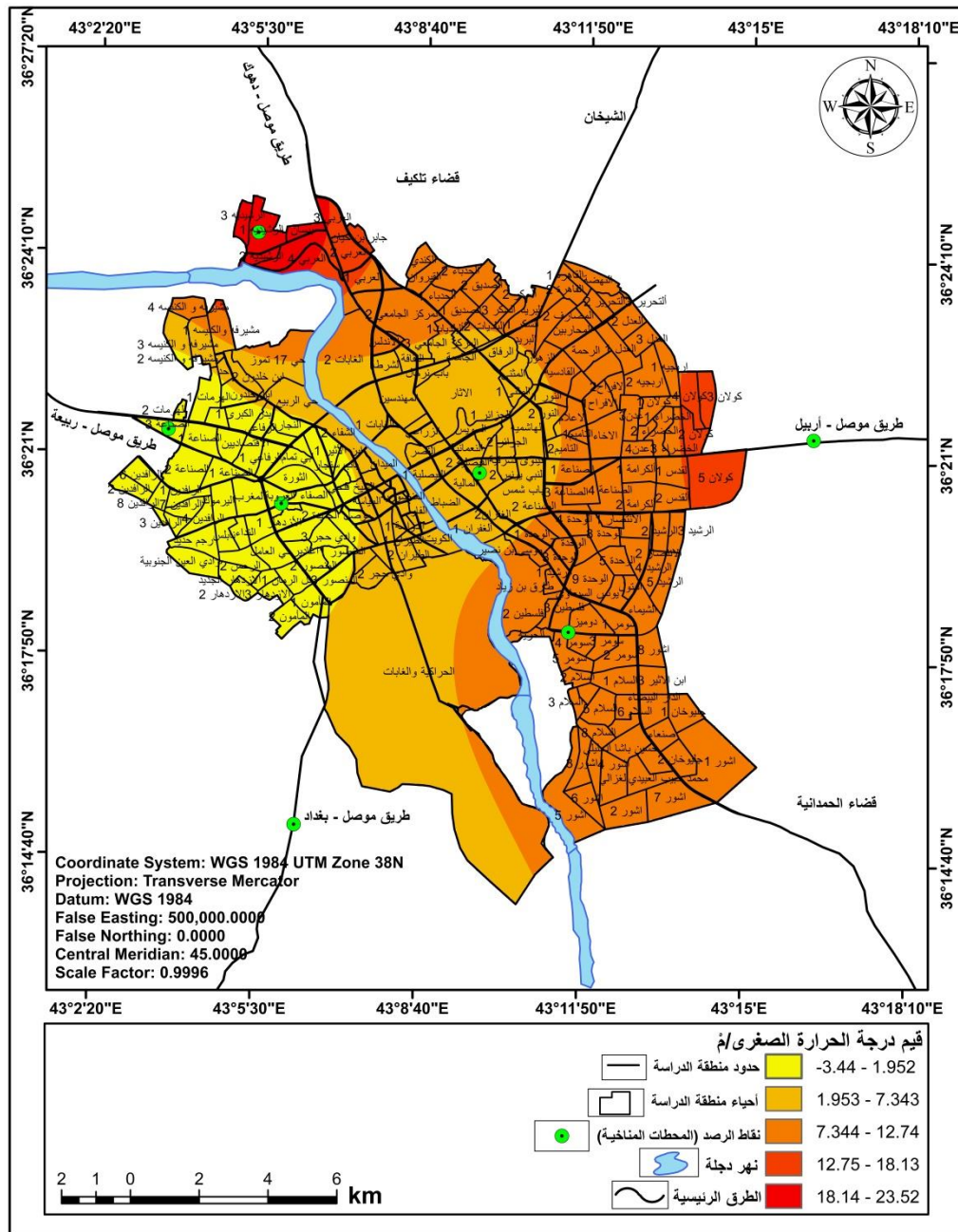
المصدر: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>

الشكل (16) يوضح المعدلات السنوية لدرجة الحرارة الصغرى (م°) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2023-2003)



المصدر: الجدول (7)

الخريطة (9) تبيان المعدلات السنوية لدرجة الحرارة الصغرى في مدينة الموصل للمدة (2003-2023)



بالاعتماد على جدول (7) وبرنامج Arc Gis Desktop

4-1-1 المطر . Rain fall

وهو شكل من اشكال التساقط على سطح الارض، يزيد فيه حجم قطرات الماء عن (0.5) ملم وتقل شدته عن (0.1) ملم/ساعة، ولكي تسقط هذه القطرات من الماء فلا بد من أن يكبر حجمها الى الحجم الذي لا يستطيع الهواء أن يحملها ثم تسقط، وعندما يرتفع بخار الماء

في الهواء الى الاعلى ويصل الى مرحلة التشبع (الرطوبة النسبية 100%) يمكن أن تنخفض درجة حرارته الى الصفر او اقل من الصفر، فاذا كانت درجة حرارة قاعدة السحابة اعلى من درجة حرارة التجمد فأنها سوف تسقط أمطارا اما اذا كانت اقل من الصفر المئوي فتسقط على شكل ثلوج، وقد ازدادت اهمية المطر في كونه العنصر الاساسي الذي تتوقف عليه وعلى الحرارة جميع المظاهر الحيوية البشرية والحيوانية والنباتية⁽¹⁾، تعد الامطار من اهم صور التكاثف في طبقات الجو العليا، فهي تعتمد على كمية بخار الماء الموجود ودرجة الحرارة نقطة الندى المحققة للتكاثف، اذ تؤثر الخصائص المناخية التي يتعرض لها العراق ومنطقة الدراسة كأحد المناطق الجافة وشبه الجافة في تحديد كميات الامطار الساقطة التي حددت بنظام تساقط يتبع نظام امطار البحر المتوسط من حيث تذبذبها وقلتها، وموسم سقوطها وما يتبعها من سنوات جافة اذ يقتصر سقوطها على الفصل البارد من السنة، وينعدم خلال أشهر الفصل الحار من السنة، حيث تبدأ الامطار بنظام تساقط موسمي (الموسم المطري) مع بداية اشهر الخريف؛ ويعود سبب ذلك الى تقدم المنخفضات الجوية المتوسطة، التي تعد أساس الامطار في العراق ومنطقة الدراسة، ثم تأخذ الامطار بالتزايد في فصل الشتاء نتيجة زيادة عدد المنخفضات المتوسطة، لتأخذ بعد ذلك التراجع التدريجي خلال فصل الربيع بسبب قلة عدد المنخفضات وفعاليتها، وينتهي الموسم في شهر مايس بسبب تقهقر الجبهة القطبية وصعودها الى دائرة عرض (50-60°)، ليتقدم المنخفض الهندي الحراري الذي يسيطر خلال فصل الصيف⁽²⁾، تعمل الظروف المطيرة على تجانس درجات الحرارة في المدينة أو عدم بروز تباينات حرارية واضحة بين مناطقها المختلفة او حتى بين المدينة والبيئة المحيطة بها، حيث تضعف الجزيرة الحرارية نتيجة المطر الذي يتسبب بدوره في زيادة الرطوبة السطحية، وهو ما يجعل جزء كبير من الاشعاع الشمسي الممتص بواسطة المدينة يستهلك في عملية التبخر، ايضا عادة ما يرافق هطول المطر تشكل السحب وزيادة في سرعة الرياح، وهو ما يقلل من شدة الجزيرة الحرارية، بالاضافة الى أن سقوط المطر يؤدي الى ضعف التباين الحراري الافقي نتيجة لنشاط عملية

(1) احمد دخيل موسى خلف، النمذجة الخرائطية لتغير عنصري الحرارة والامطار في محافظة صلاح الدين للفترة (1980-2013)، رسالة ماجستير، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة تكريت، 2018، ص60.

(2) خالد رافع نافع، تأثير العناصر المناخية على السياحة في محافظتي نينوى والبصرة، رسالة ماجستير، كلية التربية الاساسية، الجامعة المستنصرية، 2022، ص84.

اختلاط الهواء، مما ينعكس على ضعف الجزيرة الحرارية⁽¹⁾، ويتضح من خلال الجدول (8) والشكل (17) وعلى مستوى التباين المكاني فقد سجلت المحطات اختلافا في كمية التساقط المطري، إذ سجلت أعلى معدل لها في فصل الشتاء خلال شهر (كانون الأول) بمعدل (38.61) ملم/شهر لمحطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر، في حين سجلت محطة طريق موصل بغداد معدل بلغ (92.58) ملم/شهر، أما محطة طريق موصل أربيل فقد سجلت معدل بقيم (79.83) ملم/شهر، كذلك سجل كل من شهري (كانون الثاني، شباط) معدل بلغ (35.12, 44.44) ملم/شهر للمحطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر بالتتالي، في حين سجلت محطتا طريق موصل بغداد وطريق موصل أربيل معدلات متفاوتة فقد سجلت كل منها (66.80, 95.56) ملم/شهر لمحطة طريق موصل بغداد و (46.21, 95.14) ملم/شهر لمحطة طريق موصل أربيل، ويعل سبب سقوط هذه الكميات من الأمطار على محطات منطقة الدراسة خلال فصل الشتاء إلى أن مدينة الموصل والعراق عموما يتبع نظام التساقط المطري فيها إلى نظام البحر المتوسط، إذ تسقط الأمطار في فصل الشتاء وتتعدم في فصل الصيف، حيث تبدأ الأمطار بالتساقط خلال النصف الثاني من شهر تشرين الأول ثم تتجه نحو التزايد حتى تبلغ أعلى كميات لها في شهر كانون الأول وكانون الثاني وشباط لتبدأ بالتراجع بعد ذلك مع بداية فصل الربيع، إذ يبدأ الانخفاض التدريجي في معدلات الأمطار، حيث سجلت معدلات متباينة في كمية الأمطار الساقطة خلال الأشهر (أذار، نيسان، أيار) ويلاحظ أن شهر آذار يتصدر أشهر فصل الربيع من حيث أنه الأعلى معدلا في كمية الهطول المطري إذ سجل (42.92) ملم/شهر في محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر على الترتيب، و سجل (60.44) ملم/شهر لمحطة طريق موصل بغداد و (58.07) ملم/شهر لمحطة طريق موصل أربيل، بينما سجلت شهرا (نيسان، أيار) معدلات بقيم (10.82, 39.59) ملم/شهر في محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر، في حين سجلت (43.57, 37.61) لمحطة طريق موصل بغداد (31.72, 36.03) ملم/شهر لمحطة طريق موصل أربيل. أما في فصل الصيف نلاحظ الانخفاض الكبير لمعدلات كمية سقوط الأمطار في جميع

(1) وليد عباس عبد الراضي حسان، الحرارة في مجمع القاهرة الحضري دراسة باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مصدر سابق، ص 186.

المحطات، اذ يندر سقوط الامطار من شهر حزيران حتى شهر ايلول نتيجة لانقطاع تاثير المنخفضات المتوسطة واستقرار الهواء المداري القاري (CT) الحار الجاف في اغلب مناطق العراق⁽¹⁾، ويرجع سبب انعدام سقوط الامطار في فصل الصيف لذات السبب المذكور اعلاه وهو اتباع نظام سقوط الامطار الى نظام البحر المتوسط الذي يمتاز بالندرة والانقطاع لسقوط الامطار اثناء هذا الفصل، وعليه سجلت محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديية والنبي يونس وحي سومر ادنى المعدلات بلغت (0.26, 0.00, 0.81) ملم/شهر بالتتالي، في حين سجلت محطة طريق موصل بغداد معدلات بقيم (23.45, 26.94, 34.64) ملم/شهر، اما محطة طريق موصل اربيل فقد سجلت (19.11, 24.88, 32.98) ملم/شهر، وفي فصل الخريف فيتبين لنا جليا ان الامطار يبدأ هطولها خلال الاشهر (ايلول، تشرين الاول، تشرين الثاني) ولا سيما شهر ايلول الذي يعد مدخلا لبداية فصل الشتاء، اذ يسود التباين في كمية التساقط بين مختلف المحطات، اذ سجل معدل (0.82) ملم/شهر لمحطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديية فضلا عن محطتي النبي يونس وحي سومر، في حين سجلت محطة طريق موصل بغداد معدل بقيم (48.94) ملم/شهر، اما محطة طريق موصل اربيل فسجلت معدل (40.11) ملم/شهر، لياخذ بعد ذلك السقوط المطري بالتزايد اذ تبدأ المنخفضات المتوسطة نشاطها من منتصف فصل الخريف وتزداد كميات الامطار بشكل واضح في شهري (تشرين الاول، تشرين الثاني) حتى فقد سجلت معدلا بواقع (17.81, 37.61) ملم/شهر في محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديية والنبي يونس وحي سومر على الترتيب، اما محطة طريق موصل بغداد فسجلت معدل (65.37, 66.21) ملم/شهر، في حين سجلت محطة طريق موصل اربيل معدل بواقع (59.93, 59.96) ملم/شهر. وعلى مستوى المعدل السنوي فقد سجلت محطة طريق موصل بغداد المرتبة الاولى في مقدمة المحطات المناخية في كميات الامطار ليبلغ مجموع معدل مجاميعها السنوي (55.17) ملم/شهر، تليها محطة طريق موصل اربيل بالمرتبة الثانية بمعدل (48.66) ملم/شهر، ثم تعقبها محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديية والنبي يونس وحي سومر لتسجل معدل (22.40) ملم/شهر، ويُعزى سبب ارتفاع الامطار في منطقة الدراسة الى دور دائرة عرض المكان ومخالطتها للهواء البارد

(1) نعمان شحادة، فصيلة الامطار في الحوض الشرقي للبحر المتوسط، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد

وعمق الاخاديد وفعالية المنخفضات الجوية المتعمقة، الى جانب تضرس المدينة وارتفاعها ساعد في زيادة كميات الهطول المطري وذلك اما من خلال رفع الرياح الى مستويات التكاثف العليا، أو من خلال تأخير سرعة المنخفضات الحوية مما يزيد من طول المدة التي تسقط فيها الامطار⁽¹⁾، وفي ضوء ذلك نستطيع القول أن الامطار تعد من احد الاسباب التي تعمل على التقليل من شدة الجزيرة الحرارية في مدينة الموصل وضعفها في فصل الشتاء, اذ تمتاز منطقة الدراسة بصفة الامطار الشتوية التي تتفاوت كميتها من منطقة لأخرى.

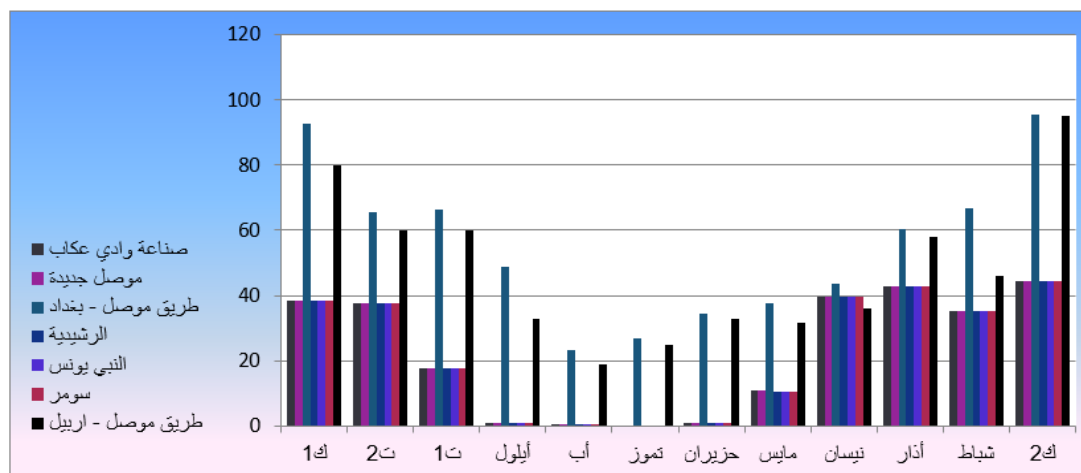
(1) خالد رافع نافع, تأثير العناصر المناخية على السياحة في محافظتي نينوى والبصرة, رسالة ماجستير, كلية التربية الاساسية, مصدر سابق, ص84.

الجدول (8) يبين المعدلات السنوية للأمطار (ملم) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)

المعدل السنوي	1ك	2ت	1ت	أيلول	أب	تموز	حزيران	مايس	نيسان	أذار	شباط	2ك	الاشهر المحطة
22.40	38.61	37.61	17.81	0.82	0.26	0.00	0.81	10.82	39.59	42.92	35.12	44.44	صناعة وادي عكاب
22.40	38.61	37.61	17.81	0.82	0.26	0.00	0.81	10.82	39.59	42.92	35.12	44.44	موصل جديدة
55.17	92.58	65.37	66.21	48.94	23.45	26.94	34.64	37.61	43.57	60.44	66.80	95.56	طريق موصل - بغداد
22.40	38.61	37.61	17.81	0.82	0.26	0.00	0.81	10.82	39.59	42.92	35.12	44.44	الرشيدية
22.40	38.61	37.61	17.81	0.82	0.26	0.00	0.81	10.82	39.59	42.92	35.12	44.44	النبي يونس
22.40	38.61	37.61	17.81	0.82	0.26	0.00	0.81	10.82	39.59	42.92	35.12	44.44	حي سومر
48.66	79.83	59.96	59.93	40.11	19.11	24.88	32.98	31.72	36.03	58.07	46.21	95.14	طريق موصل - اربيل
52.85	52.20	44.76	30.74	13.30	6.26	7.40	10.23	17.63	39.65	47.58	41.23	58.98	المعدل الشهري

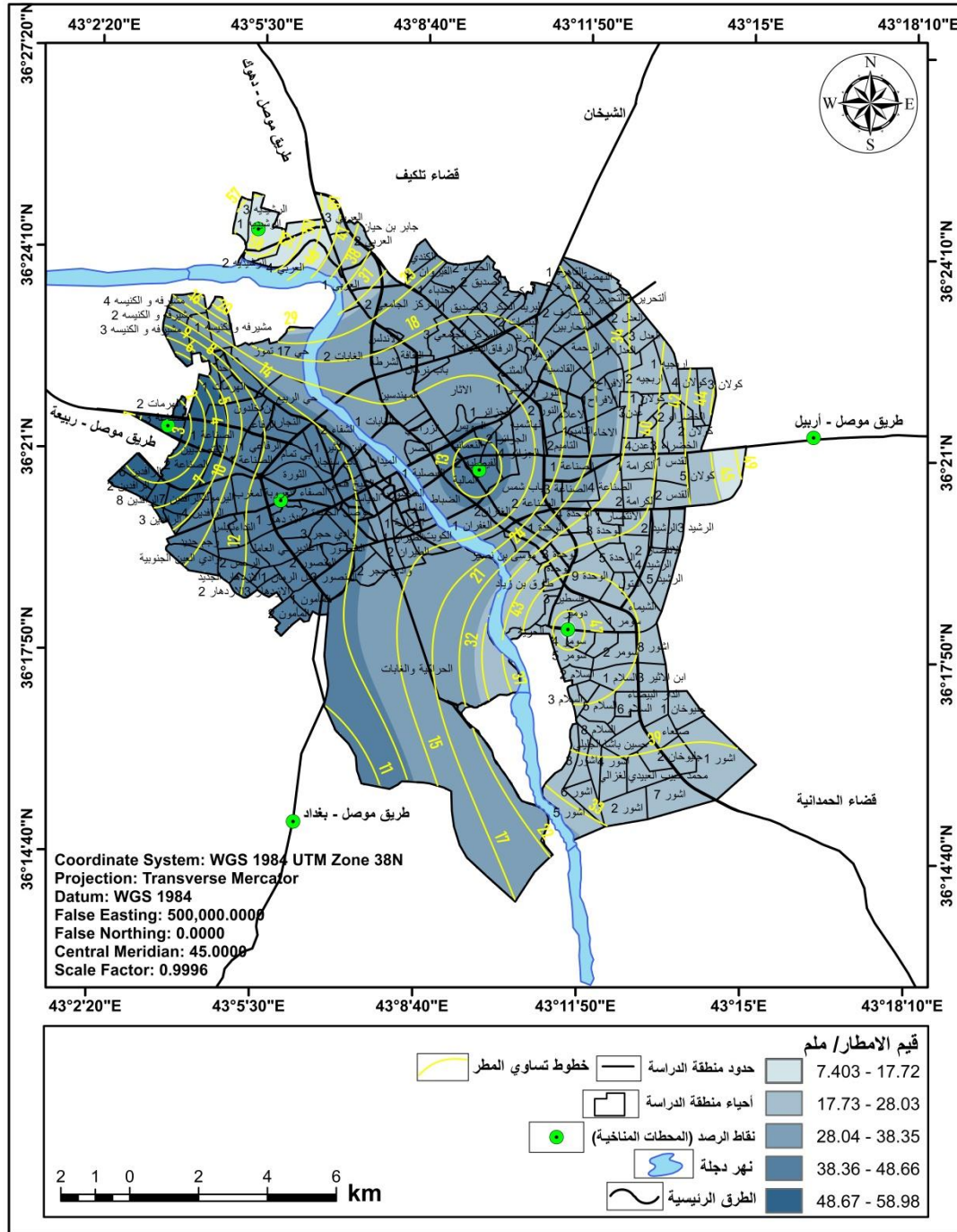
المصدر: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer> -

الشكل (17) يوضح المعدلات السنوية للأمطار (ملم) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)



المصدر: الجدول (8)

الخريطة (10) تبين المعدلات السنوية للأمطار في مدينة الموصل للمدة (2003 - 2023)



بالاعتماد على جدول (8) وبرنامج Arc Gis Desktop

4-1-1 الرطوبة الجوية. Atmospheric Humidity

تعرف الرطوبة النسبية (على أنها النسبة بين كمية بخار الماء الموجود فعلا في هواء منطقة معينة وبين كمية بخار الماء الموجود في الهواء المشبع عند درجة الحرارة نفسها، وهي

تقاس بالنسبة المئوية⁽¹⁾، وتتأثر الرطوبة النسبية وتغيراتها مكانيا وزمانيا بعدة عوامل أولها توفر الماء الذي يعد ضروريا لحدوث التبخر وتزايد رطوبة الجو، ودائرة عرض المكان اذ ان مع تزايد دائرة العرض تزداد الرطوبة؛ نظرا لانخفاض درجة الحرارة وبذلك فإن الهواء البارد يستوعب أقل كمية من بخار الماء مقارنة مع الهواء الدافئ الجاف في المناطق المدارية، وتشذ عن ذلك المنطقة الاستوائية التي تتميز بارتفاع الرطوبة، والعامل الثالث هو البعد عن البحر، والارتفاع عن مستوى سطح البحر، وعمل الفصول ودور الاختلاف الحراري بين الشتاء والصيف، جميع هذه العوامل تبلور الاختلاف اليومي في الرطوبة اليومية؛ الناتجة عن حركة الرياح واتجاهها الى جانب نشاط تيارات الحمل النهري وتحديدهم لقيم الرياح الليلية، ونقطة الندى الليلية، وان التأثير الحيوي للرطوبة النسبية يعتمد على درجة الحرارة ومعدل التبخر، فتزداد الرطوبة في التبريد وتقل بارتفاع درجات الحرارة⁽²⁾، تتفاوت الرطوبة النسبية ما بين هواء المدينة والمناطق المحيطة بها، ويعزوا سبب هذا التفاوت الى تصميم المدينة الاساسي، حيث يكون تصريف المياه والامطار فيها سريعا الى جانب أن الجدران والشوارع لا تساعد على امتصاص مياه الامطار ونتيجة لذلك بعد سقوط الامطار فإن المتبقي منها من غير المنصرف الى المجاري يكون غير كاف لرفع نسبة الرطوبة النسبية في هواء المدينة وعلى وجه الخصوص عندما تكون المدينة بعيدة عن المسطحات المائية، في حين أن مناطق الضواحي والارياف تربتها تمتص كميات كبيرة من مياه الامطار والتي تتبخر فيما بعد، بالاضافة الى النباتات التي تحتوي على نسب عالية من المياه تكون مصدرا جيدا لرطوبة الهواء بواسطة عملية النتح، لذلك تكون الرطوبة النسبية في المدينة اقل مما هي عليه في الضواحي والارياف، وفي المقابل كلما ارتفعت درجة حرارة الهواء انخفضت الرطوبة النسبية وعليه ترتبط الرطوبة النسبية للهواء في المدينة بالجزيرة الحرارية للمدينة⁽³⁾، وعلى مستوى التباين المكاني يظهر اختلافا في المعدلات الشهرية والمعدل السنوي للرطوبة النسبية لمحطات منطقة الدراسة، ويلاحظ تزايد معدل الرطوبة النسبية خلال فصل

(1) أنعام حميد جودة عبدالله، أثر العناصر المناخية في الانتاج الزراعي (النباتي) في محافظة بغداد، رسالة ماجستير، كلية التربية للبنات، جامعة بغداد، 2022، ص 100.

(2) خالد رافع نافع، تأثير العناصر المناخية على السياحة في محافظتي نينوى والبصرة، رسالة ماجستير، كلية التربية الاساسية، مصدر سابق، ص 77.

(3) عادل سعيد الراوي، قصي عبد المجيد السامرائي، المناخ التطبيقي، دار الكتب للطباعة والنشر، بغداد، 1990، ص 368.

الشتاء, اذ تبدأ معدلات الرطوبة النسبية بالارتفاع التدريجي مع قدوم اشهر هذا الفصل اذ سجل شهر (كانون الثاني) اعلى معدل للرطوبة النسبية بمعدل بلغ (66.24)% في محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر بالترتيب، أما محطة طريق موصل بغداد فسجلت معدل بواقع (81.34)%، في حين سجلت محطة طريق موصل اربيل معدل بلغ (82.33)%، ويعود سبب ارتفاع معدلات الرطوبة النسبية في هذا الشهر الى بداية الهطول المطري وانخفاض درجات الحرارة التي تقل فعاليتها في عملية التبخر في منطقة الدراسة، على حين سجل كل من شهري (كانون الاول، شباط) معدلات بقيم (62.23, 64.59)% لمحطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر، و (80.91, 82.33)% في محطة طريق موصل اربيل و (81.85, 82.82)% في محطة طريق موصل اربيل، تتأثر معدلات الرطوبة النسبية في هذا الفصل بظاهرة مهمه وهي المنخفضات الجوية التي تمر عبر منطقة الدراسة وهذه المنخفضات يرافقها تغيرات تبعا للجزء الذي يمر عبر المنطقة من المنخفض فتزداد الرطوبة النسبية بمرور الجبهة الدافئة والجبهة الباردة وتقل عندما تمر عين المنخفض الجوي ثم تعود للارتفاع بعد مرور المنخفض الجوي, اذ تمتاز الكتل القطبية البحرية بارتفاع نسبة رطوبتها قياسا بالكتل القارية الجافة وعموما هي اقل حرارة من الكتل الرطبة⁽¹⁾، كما ويعزو سبب ارتفاع الرطوبة النسبية في مدينة الموصل شتاء كذلك الى انخفاض درجات الحرارة، اما ادنى معدلات الرطوبة النسبية فقد تم تسجيلها خلال فصل الصيف، حيث سجل شهر (تموز) ادنى معدل بواقع (16.29)% لمحطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر، و (77.35)% في محطة طريق موصل بغداد و (76.68)% في محطة طريق موصل اربيل، اما شهرا (حزيران، آب) فقد سجلا معدل بقيم (21.3, 16.75)% في محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر على بالتتالي، وسجلت معدل (81.49, 75.64)% في محطة طريق موصل بغداد و (80.37, 75.23)% في محطة طريق موصل اربيل، ويعزى سبب الانخفاض الى عوامل متعددة منها انعدام التساقط المطري في منطقة الدراسة، والارتفاع الحاصل في نسب التبخر نتيجة درجات الحرارة المرتفعة خلال هذا الفصل والارتفاع في سرعة الرياح، وسيطرة

(1) سرى بدر حسين علاوي النجموي, دراسة مناخ محافظة نينوى, رسالة ماجستير (غير منشورة), كلية التربية للعلوم الانسانية, جامعة الموصل, 2001, ص90.

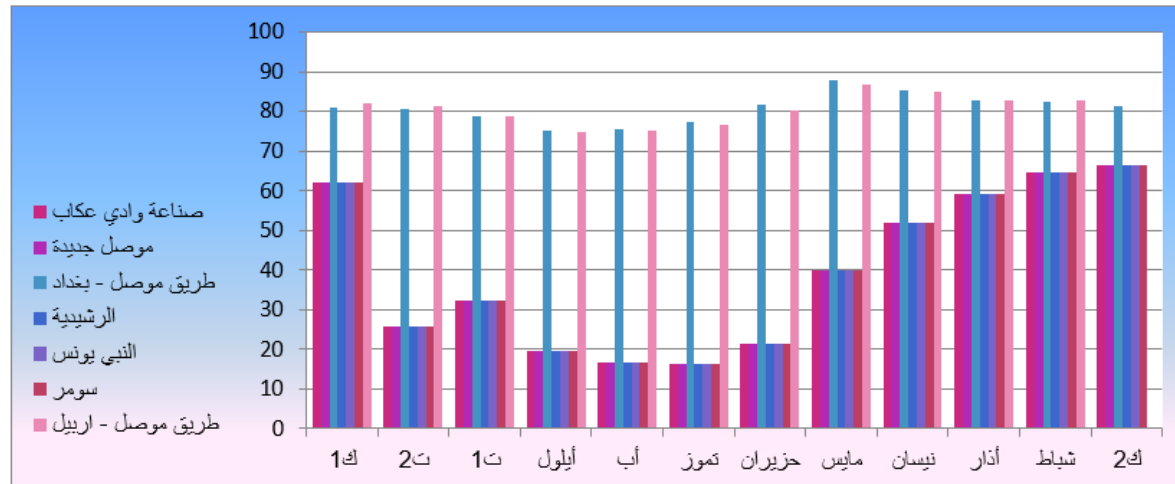
الكتل المدارية الجافة التي تتمثل بالمنخفض الهندي الموسمي الحراري ذات الرياح الشمالية الغربية الجافة، واما عن فصل الربيع فيشهد انخفاضا تدريجيا في معدلات الرطوبة النسبية خلال الاشهر (أذار, نيسان, مايس) والتي بلغت (39.84, 51.81, 59.19)% في محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر، ويلاحظ سجلت محطة طريق موصل بغداد ارتفاعا تدريجيا لذات الاشهر بمعدل بلغ (87,71, 85.40, 82.89)% وسجلت محطة طريق موصل اربيل كذلك ارتفاعا تدريجيا بواقع (86.88, 84.90, 82.70)% على التوالي، ومع بداية فصل الخريف خلال الاشهر (أيلول, تشرين الاول, تشرين الثاني) تأخذ هذه المعدلات الارتفاع التدريجي لتسجل معدل يبلغ (25.87, 19.61, 32.42)% في محطات صناعة وادي عكاب ومحطة موصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر، بينما سجلت محطة طريق موصل بغداد معدل بواقع (80.69, 78.83, 75.04)%، في حين سجلت محطة طريق موصل اربيل معدل بواقع (81.30, 78.89, 74.93)% ويعل سبب هذا الارتفاع في معدلات الرطوبة النسبية الى انخفاض درجات الحرارة التي تسير باتجاه فصل الشتاء الذي يشهد انخفاض كبير في درجات الحرارة، علاوة الى ضعف مناطق الضغط الموسمية . اما المعدل السنوي العام للفصول جميعها فقد بلغ (39.67)% في محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر، على حين بلغ (80.80)% في محطة طريق موصل بغداد، و (80.73)% في محطة طريق موصل اربيل كما يظهر في الجدول (9) والشكل (18).

الجدول (9) يبين المعدلات السنوية للرطوبة النسبية (%) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)

المعدل السنوي	ك1	ت2	ت1	أيلول	أب	تموز	حزيران	مايس	نيسان	أذار	شباط	ك2	الاشهر المحطة
39.67	62.23	25.87	32.42	19.61	16.75	16.29	21.3	39.84	51.81	59.19	64.59	66.24	صناعة وادي عكاب
39.67	62.23	25.87	32.42	19.61	16.75	16.29	21.3	39.84	51.81	59.19	64.59	66.24	موصل جديدة
80.80	80.91	80.69	78.83	75.04	75.64	77.35	81.49	87.71	85.40	82.89	82.33	81.34	طريق موصل - بغداد
39.67	62.23	25.87	32.42	19.61	16.75	16.29	21.3	39.84	51.81	59.19	64.59	66.24	الرشيدية
39.67	62.23	25.87	32.42	19.61	16.75	16.29	21.3	39.84	51.81	59.19	64.59	66.24	النبي يونس
39.67	62.23	25.87	32.42	19.61	16.75	16.29	21.3	39.84	51.81	59.19	64.59	66.24	حي سومر
80.73	81.85	81.30	78.89	74.93	75.23	76.68	80.37	86.88	84.90	82.70	82.82	82.23	طريق موصل - اربيل
88.13	67.70	41.62	45.68	35.43	33.51	33.64	38.33	53.39	61.33	65.93	69.72	70.68	المعدل الشهري

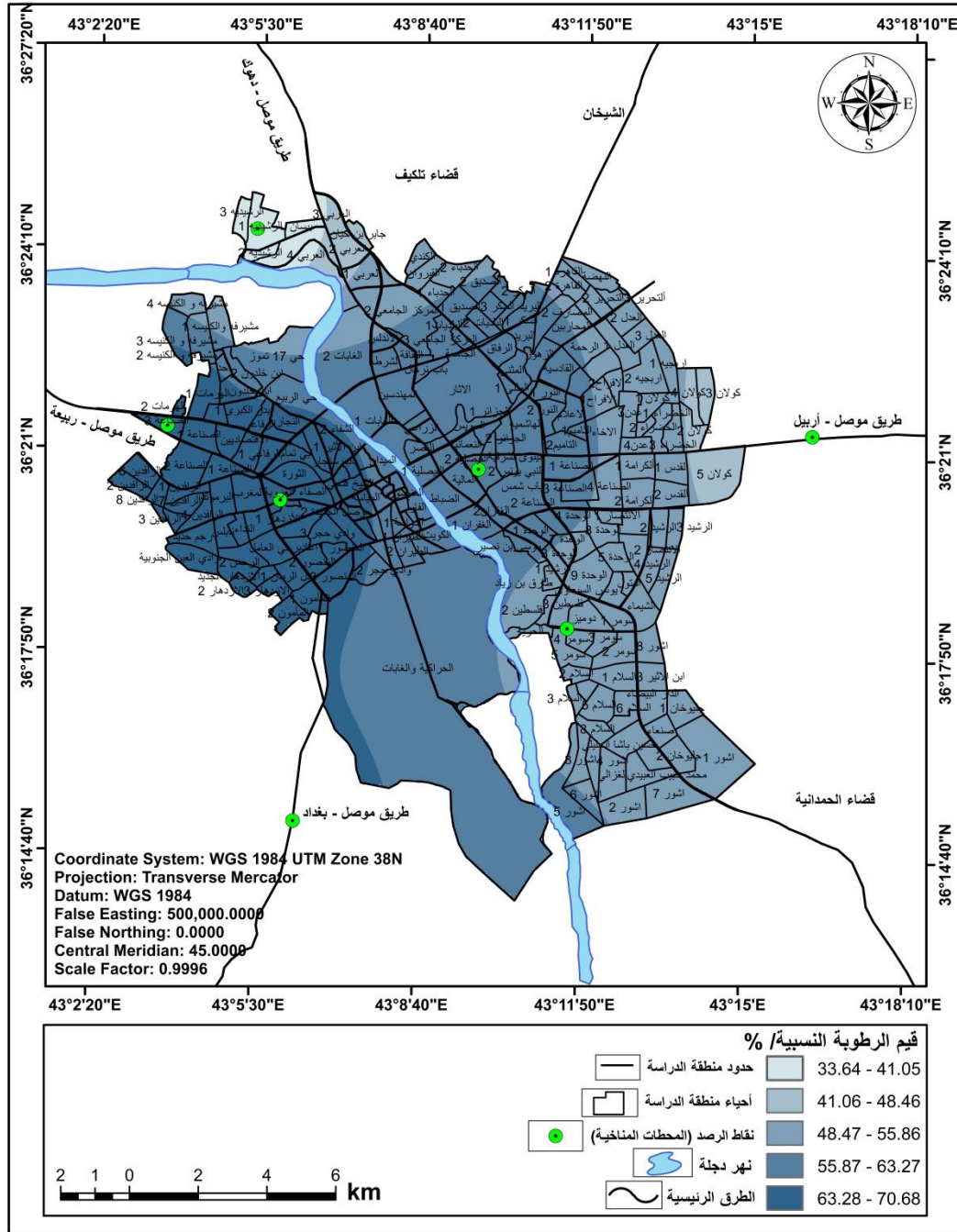
المصدر: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

الشكل (18) يوضح المعدلات السنوية للرطوبة النسبية (%) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)



المصدر: الجدول (9)

الخريطة (11) تبين المعدلات السنوية للرطوبة النسبية في مدينة الموصل للمدة (2003-2023)



بالاعتماد على جدول (9) وبرنامج Arc Gis Desktop

1-1-5 الضغط الجوي: Atmospheric pressure

يعرف الضغط الجوي على أنه وزن عمود الهواء الذي يمتد من الحد العلوي للغلاف الجوي وحتى سطح الأرض فوق سنتيمتر مربع واحد على سطح الأرض، ويقاس الضغط الجوي

بوحدّة المليبار ويرمز لها (mb)⁽¹⁾، وهو ما يعادل (1000) داين dyne^(*)، أما الاتجاه الحديث في قياس الضغط الجوي هو وحدة الهكتوباسكال بدلا من المليبار، والهكتوباسكال = المليبار،⁽²⁾ يعد الضغط الجوي عاملا منظما لحركتي الهواء الأفقية والراسية على سطح الأرض (الرياح) وهذا يساهم بدوره في توزيع كمية درجة الحرارة على سطح الأرض⁽³⁾، وأن الضغط الجوي في المستوى السطحي يعكس التغيرات الحرارية ليابس الكرة الأرضية ومائها والتغيرات الديناميكية الناتجة عن حركات الهواء الرأسية والأفقية، أما في طبقات الجو العليا فالضغط الجوي لا يعكس التغيرات الحرارية للكرة الأرضية وإنما يعكس التغيرات الديناميكية للهواء فقط، وتقع الرياح الحرارية التآفق الحراري في طبقة الغلاف الجوي ضمن المستوى الضغطي (500-1000) هيكتوباسكال، إذ يتناسب سمك طبقة الغلاف الجوي مع درجة حرارة الهواء، إذ أن الرياح الحرارية تتكون نتيجة التغير في درجات الحرارة أو التغير في سرعة الرياح العليا⁽⁴⁾، تتفاوت المنظومات الضغطية المؤثرة في منطقة الدراسة ما بين منظومات الضغط العالي ومنظومة الضغط الواطئ، وهذه المنظومات تتفاوت أيضا ما بين فصلي الصيف والشتاء لا سيما وإن منطقة الدراسة تقع ضمن نطاق قلق للمنظومات الضغطية العالمية والمتأثرة غالبا بحركة الشمس الظاهرية وتوزيع اليابس والماء وتباين الارتفاع عن سطح الأرض (مستوى سطح البحر) وإن هذا النطاق القلق يجعل المنظومات الضغطية تختلف في فصل الصيف عنها في فصل الشتاء⁽⁵⁾، ومن خلال القراءة التحليلية يظهر إن معدلات الضغط الجوي تتباين ما بين محطات منطقة الدراسة حيث تمتاز محطة طريق موصل بغداد بارتفاع معدلات الضغط الجوي خلال فصل الشتاء في اشهر (كانون الاول، كانون الثاني، شباط)، إذ سجلت قيم (98.21, 98.32,

(1) عزيز ابراهيم علي العزاوي وآخرون، النمذجة الخرائطية لتوزيع الضغط الجوي في العراق للمدة 2015-1985، مجلة فنون الفرائض، العدد 31، 2017، ص 245.

(*) داين dyne: هو القوة اللازمة لتحريك غرام واحد من المادة لمسافة سنتيمتر واحد خلال ثانية واحدة.

(2) قصي كاظم عليوي بندر، اثر تباين سمك المستوى 500-1000 هيكتو باسكال في بعض عناصر وظواهر مناخ العراق، رسالة ماجستير، كلية التربية، الجامعة المستنصرية، 2021، ص 14..

(3) محمد إبراهيم محمد شرف، المناخ والزراعة في شمال مصر، دراسة في الجغرافية التطبيقية، رسالة دكتوراه (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية، ص 99.

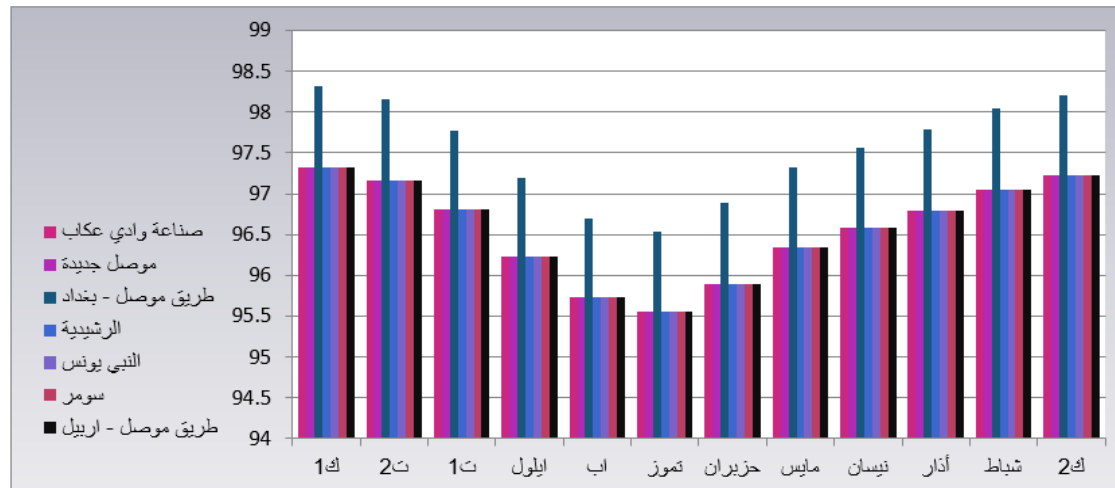
(4) قصي كاظم عليوي بندر، اثر تباين سمك المستوى 500-1000 هيكتو باسكال في بعض عناصر وظواهر مناخ العراق، المصدر السابق، ص 16-42.

(5) سرى بدر حسين علاوي النجموي، دراسة مناخ محافظة نينوى، مصدر سابق، ص 43.

98.04) كيلو باسكال/م²، في حين سجلت محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر وطريق موصل اربيل معدل بواقع (97.22, 97.32, 97.05) كيلو باسكال/م² على التوالي، ويعود سبب الزيادة في هذه الأشهر الى تناقص درجات الحرارة بحلول فصل الشتاء، اما في فصل الربيع وفي الأشهر (أذار، نيسان، مايس) فقد كانت قيم الضغط متقاربة فسجلت محطة طريق موصل بغداد (97.32, 97.56, 97.78) كيلو باسكال/م²، بينما محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر وطريق موصل اربيل فقد سجلت قيم (96.35, 96.59, 96.80) كيلو باسكال/م² بالتالي، ويلحظ أن معدلات الضغط الجوي في هذا الفصل بدأت بالانخفاض نتيجة الارتفاع التدريجي في درجة الحرارة تبعا لحركة الشمس نحو خط الاستواء، اما في فصل الصيف خلال اشهر (حزيران، تموز، آب) سجلت محطة طريق موصل بغداد قيم بواقع (96.53, 96.89, 96.70) كيلو باسكال/م²، في حين سجلت محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر وطريق موصل اربيل معدلا بلغ (95.74, 95.55, 95.89) كيلو باسكال/م²، ويظهر الانخفاض الملحوظ لمعدلات الضغط الجوي اثناء هذا الفصل نظرا لارتفاع درجات الحرارة ووصولها الذروة، نتيجة حركة الشمس الظاهرية نحو مدار السرطان، اما في فصل الخريف في اشهر (ايلول، تشرين الاول، تشرين الثاني) تأخذ معدلات الضغط الجوي بالارتفاع اذ سجلت محطة طريق موصل بغداد قيم بواقع (97.15, 97.77, 97.20) كيلو باسكال/م²، بينما سجلت محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر وطريق موصل اربيل تباعا قيم بواقع (96.16, 96.81, 96.23) كيلو باسكال/م²، فهي تبدو مرتفعة قياسا بأشهر الصيف وذلك بسبب انخفاض درجة الحرارة للاتجاه نحو فصل انخفاض درجة الحرارة، حيث يدعو ذلك الى زيادة معدلات الضغط الجوي، اما المعدل السنوي فقد بلغ (97.53) كيلو باسكال/م²، على حين سجلت محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر وطريق موصل اربيل معدلا سنوي بواقع (96.55) كيلو باسكال/م² على التوالي ينظر الجدول (10) والشكل (19).

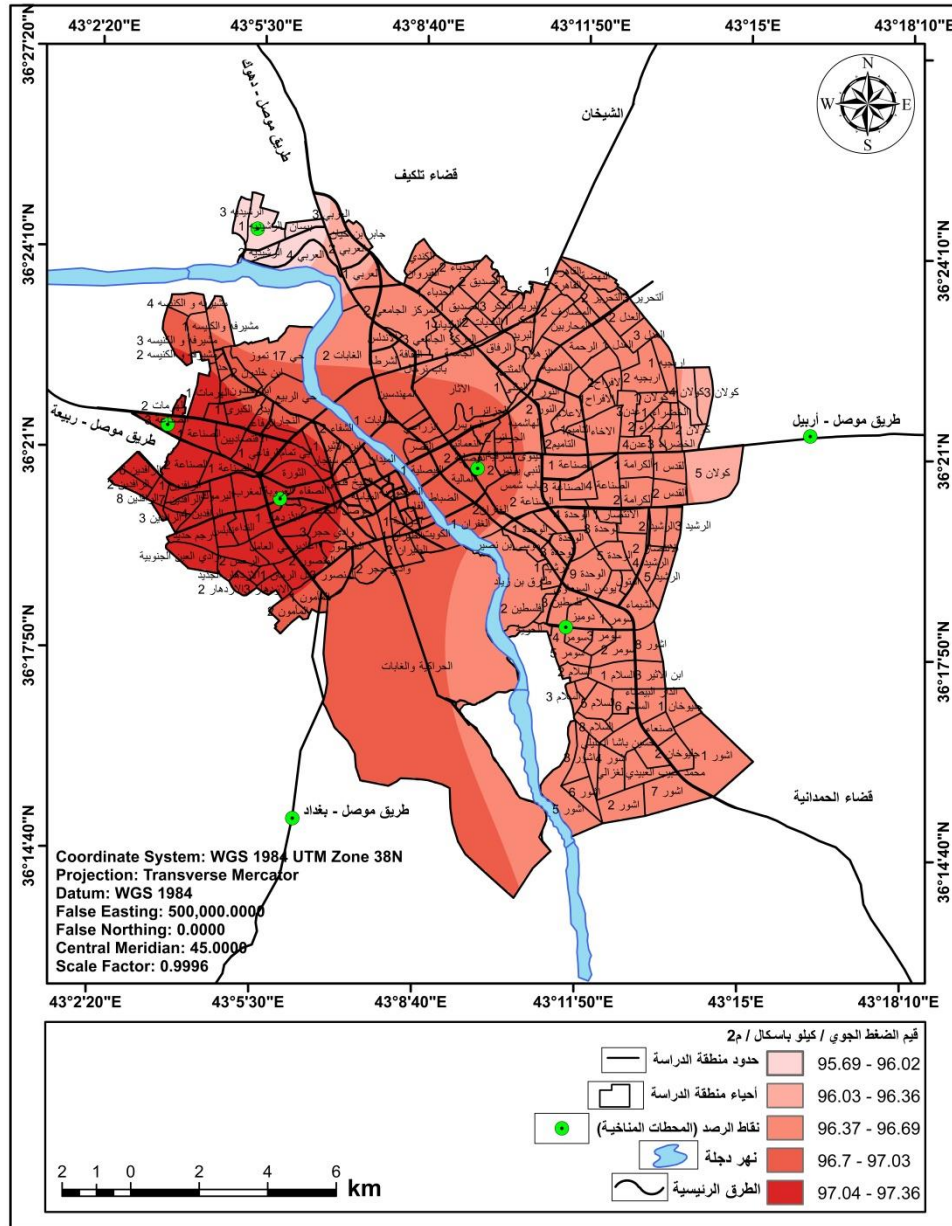
الجدول (10) يبين المعدلات السنوية للضغط الجوي (كيلو باسكال/م²) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)

المعدل السنوي	ك1	ت2	ت1	أيلول	أب	تموز	حزيران	مايس	نيسان	أذار	شباط	ك2	الاشهر المحطة
96.55	97.32	97.16	96.81	96.23	95.74	95.55	95.89	96.35	96.59	96.80	97.05	97.22	صناعة وادي عكاب
96.55	97.32	97.16	96.81	96.23	95.74	95.55	95.89	96.35	96.59	96.80	97.05	97.22	موصل جديدة
97.53	98.32	98.15	97.77	97.20	96.70	96.53	96.89	97.32	97.56	97.78	98.04	98.21	طريق موصل - بغداد
96.55	97.32	97.16	96.81	96.23	95.74	95.55	95.89	96.35	96.59	96.80	97.05	97.22	الرشيدية
96.55	97.32	97.16	96.81	96.23	95.74	95.55	95.89	96.35	96.59	96.80	97.05	97.22	النبي يونس
96.55	97.32	97.16	96.81	96.23	95.74	95.55	95.89	96.35	96.59	96.80	97.05	97.22	حي سومر
96.55	97.32	97.16	96.81	96.23	95.74	95.55	95.89	96.35	96.59	96.80	97.05	97.22	طريق موصل - اربيل
96.68	97.46	97.30	96.94	96.36	95.71	95.69	96.03	96.48	96.72	96.94	97.19	97.36	المعدل الشهري

المصدر: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>الشكل (19) يوضح المعدلات السنوية للضغط الجوي (كيلو باسكال/م²) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)

المصدر: الجدول (10)

الخريطة (12) تبين المعدلات السنوية للضغط الجوي في مدينة الموصل للمدة (2003-2023)



بالاعتماد على جدول (10) وبرنامج Arc Gis Desktop

1-1-6 الرياح. WIND

يطلق اصطلاح رياح (wind) على اجزاء الغلاف التي تتحرك حركة افقية، على حين يطلق اصطلاح تيارات (currents) على الاجزاء التي تتحرك حركة رأسية⁽¹⁾، والرياح كمية

(1) احمد سعيد حديد، ابراهيم شريف، فاضل الحسنى، جغرافية الطقس، مطبعة جامعة بغداد، بغداد، 1979، ص

موجهة لها مقدارا يطلق عليه سرعة الرياح كما أن لها اتجاه يطلق عليه اتجاه الرياح⁽¹⁾، يؤدي اختلافات توزيع الحرارة في اختلاف الضغط الجوي مما يؤدي إلى هبوب الرياح، فتهب الرياح من المناطق ذات الضغط العالي إلى المناطق ذات الضغط المنخفض حتى يتساوى الضغط بين المنطقتين مما يسهل تحديد اتجاه الرياح بواسطة خطوط الضغط المتساوي⁽²⁾، وتعرف الرياح على أنها حركة الهواء الأفقية الناتجة عن الاختلافات الضغطية بين منطقتين، وعلى ضوء ذلك يتحرك الهواء من مناطق الضغط العالي إلى مناطق الضغط الواطئ حاملاً معه خصائصه الفيزيائية التي تميزه⁽³⁾، نالت الرياح النصيب الأوفر من الاهتمام من بين العوامل المناخية في دراسة تأثيرها على الجزيرة الحرارية للمدينة، وظهر ذلك من أن الرياح قد تكون أكثر العوامل الجوية مساهمة في تطيف حدة الجزيرة الحرارية، وعلى الرغم من اعتماد التركيب الحراري للمدينة أساساً على الغطاءات الأرضية والانبعاثات الحرارية، إلا أن الرياح يمكنها تحديد درجة تباين هذا التركيب من خلال الدور الذي تمارسه في زيادة تجانس درجة الحرارة من عدمه، لذا فإن حدة التباين الحراري في المدينة تزداد أثناء فترات الاستقرار الجوي⁽⁴⁾، وفي المقابل تتأثر سرعة واتجاه الرياح بشكل كبير بالتباين الحراري بين المدن والريف المجاور، إذ يتأثر ذلك بخصائص كل من المدن والريف، إذ تعد مورفولوجية المدينة عاملاً أساسياً في حركة الرياح، حيث تمتاز المدن بمبانيها الشاهقة التي تشكل حواجزاً تعيق حركة الرياح داخلها وبالتالي، ينخفض معدل سرعة الرياح في مركز المدينة مقارنةً بالريف المجاور لها بالأرتفاع نفسه بنسبة تتراوح بين

(20-30%)، وتأسيساً على ذلك إن وجود الجزيرة الحرارية في المدينة يؤدي إلى اضطرابات وتشويه في انسيابية الرياح حول وفوق المدينة، فعندما يكون سطح المدينة حاراً وتحدث انخفاضات حادة في درجات الحرارة وتموجات وعقبات مختلفة تشكلها المباني والهياكل في المدينة يحدث تغير ثلاثي الأبعاد في تيارات الهواء التي تمر بالمدينة وتلك العوامل تؤدي إلى

(1) علي حسين موسى، أساسيات علم المناخ، الطبعة الثانية، دار الفكر، دمشق، ص 74.

(2) أحمد حديد، فاضل الحسني، علم المناخ، مطبعة جامعة بغداد، بغداد، ط1، 1984، ص112-113.

(3) Horace Robert., B, central Meteorology Mcgraww-Hill- Book company, New York, 1974,p141.

(4) وليد عباس عبد الراضي حسان، الحرارة في مجمع القاهرة الحضري دراسة باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مصدر سابق، ص 173.

تغيرات في سرعة الرياح في الاتجاه الأفقي والعمودي والجانبية، مما يزيد من الاضطرابات ويؤثر على انسيابية الرياح، كما أن سرعة الرياح تؤثر على درجة الحرارة بشكل كبير وتسهم في تعديل درجة الحرارة بشكل كبير، وقد تؤدي إلى اختفاء تأثير الجزيرة الحرارية قد تؤدي أيضًا إلى اختفاء تأثير الجزيرة الحرارية. بالمقابل، يولد بطء الهواء فوق المدن حركات هوائية نحو الأعلى، مما يعزز ارتفاع تأثير الجزيرة الحرارية العظمى في تلك المدن⁽¹⁾.

ولما تقدم يمكن تحديد اثر الرياح على الجزيرة الحرارية من خلال متغيرين، هما

السرعة والاتجاه:

1-6-1-1 سرعة الرياح. Wind speed

تقترن سرعة الرياح في مناطق العراق المختلفة ومنطقة الدراسة، بمجموعة من العوامل المختلفة اولا الدورة العامة للرياح، والموقع الفلكي والوضع التضاريسي ثانيا⁽²⁾، وتعرف على أنها المسافة التي تقطعها جزيئات الهواء المتحركة خلال مدة زمنية معينة⁽³⁾، ويستخدم في قياسها وحدة العقدة او م/ثا، وتعد العقدة من اكثر المقاييس استخداما في قياس سرعة الرياح (العقدة = 0.515 م/ثا، كما أن سرعة الرياح تعد مؤشرا بارزا لمختلف الاحوال الجوية، اذ يتباين التوزيع الجغرافي لطاقة الرياح في العراق مكانيا وزمانيا وذلك استجابة لاختلاف اتجاه الرياح وتركيبها، وتمتاز الرياح في منطقة الدراسة بسرعه متفاوتة على مدار السنة وذلك نظرا لوقوع القطر تحت تأثير منظومات ضغطية مختلفة ومتعددة⁽⁴⁾. كما أن حركة الرياح داخل المدينة تختلف عن ما هو عليه في خارجها نتيجة لاختلاف سرعة التيارات الهوائية فوق المدينة ويرجع ذلك الى حجم ابنية المدينة وارتفاعها، فهي تكون عائقا امام سرعة الرياح، مما يعني أن هذه الابنية تكون سطحا خشنا يعمل على زيادة عامل الاحتكاك مع حركة الهواء، اذ يؤدي ذلك الى خفض سرعتها⁽⁵⁾،

(1) عبير شهد كاظم، النمذجة الكارتوكرافية لظاهرة الجزر الحرارية في مدينة بغداد باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS، رسالة ماجستير، كلية التربية ابن رشد، جامعة بغداد، 2017، ص37.

(2) علي صاحب الموسوي، عبد الحسن مدفون ابو رحيل، مناخ العراق، مطبعة الميزان، النجف الاشرف، ط1، 2013، ص71.

(3) مصطفى فلاح الحساني، مناخ العراق (اسس وتطبيقات)، دار مسامير للطباعة والنشر، 2020، ص39.

(4) محمد بشار حميد احمد، تحديد اقاليم الراحة المثالية في قضاء تلغفر، رسالة ماجستير، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة الموصل، 2023، ص37.

(5) عادل سعيد الراوي، قصي عبد المجيد السامرائي، المناخ التطبيقي، مطبعة جامعة بغداد، 1990، 392.

ترتبط سرعة الرياح بعلاقة عكسية مع شدة الجزيرة الحرارية، فكلما ازدادت سرعة الرياح قلت شدة الجزيرة الحرارية، وكلما قلت سرعة الرياح زادت شدة الجزيرة الحرارية، ففي اثنا ارتبط حدوث الجزيرة الحرارية القوية في جميع فصول العام بضعف الرياح المصاحب غالباً لسيادة الضغط الجوي المرتفع، في حين ضعفت الجزيرة الحرارية للمدينة مع زيادة سرعة الرياح خاصة خلال مرور المنخفضات الجوية⁽¹⁾، كما ولاحظ (KIM, Y.H and BAIK, J.J 2004) ان الليالي التي تكون فيها الرياح شديدة تختفي فيها الجزيرة الحرارية لأكثر من ست مدن في كوريا الجنوبية، الامر الذي يشير الى ان الجزيرة الحرارية للمدينة لا تظهر عند وجود سرعة حرجة (Critical) للرياح، اذ قل التباين الحراري اليومي بين المدينة وما يحيطها عن (0.3°)، حيث تراوحت السرعة الحرجة في المدن الست ما بين (4,6 – 1,12) م/ث⁽²⁾، تعمل سرعة الرياح بشكل كبير على تعديل درجة الحرارة وقد يصل الى اختفاء تأثير الجزيرة الحرارية، بينما تتباطأ الهواء فوق المدن يؤدي الى توليد حركات هوائية الى الاعلى مما يزيد من ارتفاع تأثير الجزيرة الحرارية العظمى في المدن⁽³⁾، وتمتاز الرياح في منطقة الدراسة بأنها ليست بالرياح القوية، اذ لا تتجاوز سرعتها (7) م/ثا لكون منطقة الدراسة واقعة تحت تأثير الضغط العالي السيبيري الذي لا يساعد على هبوب رياح قوية خارجة منه عادة الا في الحالات التي تتكرر فيها المنخفضات الجبهوية المتوسطة المعقدة⁽⁴⁾، ويتبين أن سرعة الرياح سجلت اختلافاً في محطات منطقة الدراسة فقد سجلت محطة طريق موصل بغداد اعلى معدل من سرعة الرياح في بقية محطات منطقة الدراسة، نتيجة الدور التضاريسي وقلة معامل الاحتكاك للموضع المكاني ومحدودية عمرانها وتنشيط الجبهات فقد اثر ذلك على زيادة سرعتها خلال فصل الشتاء في الاشهر (كانون الاول، كانون الثاني، شباط) سجلت قيم بواقع (2.70, 2.78, 2.70) م/ثا، وفي محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر وطريق موصل اربيل بلغت سرعة الرياح خلال الاشهر ذاتها (2.53, 2.59, 2.56) م/ثا، ومع نهاية اشهر الشتاء تأخذ الرياح

(1) وليد عباس عبد الراضي حسان، الحرارة في مجمع القاهرة الحضري دراسة باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مصدر سابق، ص 173.

(2) Kim, y.h and Baik, j.j, Daily Maximum urban heat island intensity in large cities of korea, theoretical and applied climatology, vol. 79, 2004, p.p 151-164.

(3) علي عبد الخفاف، ثعبان كاظم خضير، المناخ والانسان، مصدر سابق، ص 95.

(4) سري بدر حسين علاوي النجاوي، دراسة مناخ محافظة نينوى، مصدر سابق، ص 66.

الارتفاع التدريجي خلال فصل الربيع في الاشهر (اذار, نيسان, مايس) اذ سجلت محطة طريق موصل بغداد معدل سرعة الرياح في هذه الاشهر (2.99, 3.00, 3.25) م/ثا، في حين أن معدل السرعة في محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر وطريق موصل اربيل فقد بلغ (2.67, 2.72, 2.96) م/ثا، ويعود سبب ارتفاع سرع الرياح خلال هذا الفصل في العراق ومنطقة الدراسة الى حدوث تحول في المنظومات الضغطية، حيث تتراجع المنظومات الشتوية وتتقدم المنظومات الصيفية مما يتسبب ذلك في حدوث اضطراب للحالة الجوية⁽¹⁾، مما يعمل على زيادة سرع الرياح لتبلغ ذروتها صيفا خلال اشهر (حزيران, تموز, اب) بواقع (3.62, 3.87, 3.81) م/ثا في محطة طريق موصل بغداد، بينما سجلت المحطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر سرع رياح بقيم (3.35, 3.47, 3.45) م/ثا بالترتيب، اذ تقترن سرعة الرياح في منطقة الدراسة بالدورة اليومية لدرجة الحرارة حيث يلاحظ الهدوء في الليل على الرياح السطحية لبيدا نشاطها بعد ذلك بالزيادة بعد شروق الشمس الى ان يصل ذروته عند بلوغ فترة الظهيرة، ثم تعاود الانخفاض التدريجي وتبلغ ادنى حد لها قبل شروق الشمس، وعليه يمكن القول أن الرياح تشكل عنصرا من العناصر المناخية الهامة لما لها من دور فعال مع عناصر المناخ الاخرى التي تعمل على تحديد الخصائص المناخية الدقيقة لأي منطقة، اذ تعد وسيلة ميكانيكية لنقل الطاقة الحرارية وبخار الماء⁽²⁾، اما عن فصل الخريف في اشهر (ايلول، تشرين الاول، تشرين الثاني) يلحظ على سرعة الرياح الانخفاض بصورة تدريجية اذ سجلت محطة طريق موصل بغداد قيم بواقع (2.65, 2.96, 3.24) م/ثا، بينما سجلت الاشهر ذاتها معدل بلغ (3.07, 2.56, 2.83) م/ثا لمحطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر وطريق موصل اربيل بالترتيب كما هو ظاهر في الجدول (11) والشكل (20).

(1) سالار علي خضر, مناخ العراق القديم والمعاصر, منشورات بغداد عاصمة الثقافة العربية, بغداد, 2011, ص260.

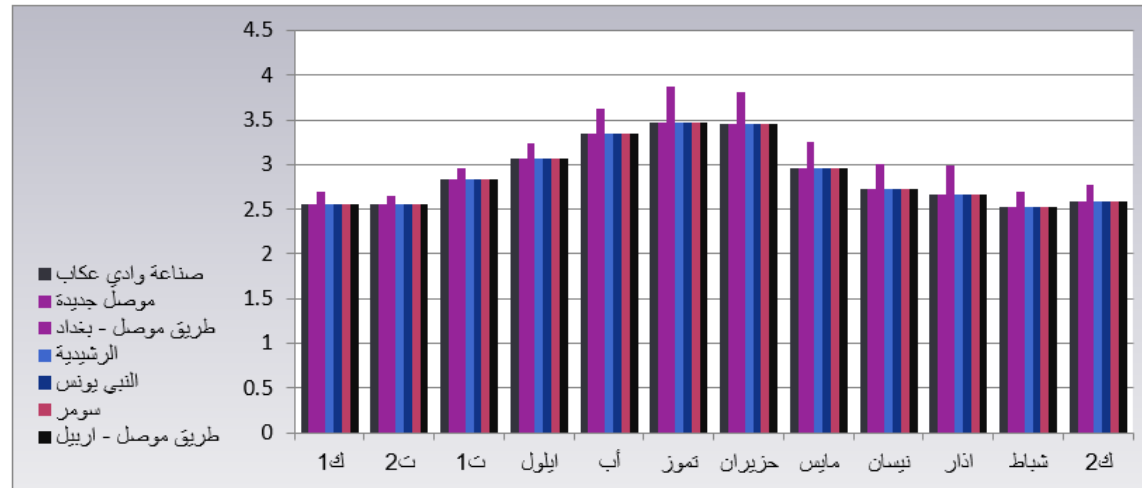
(2) علي صاحب الموسوي, عبد المحسن مدفون, مناخ العراق, مصدر سابق, ص152.

الجدول (11) يبين المعدلات السنوية لسرعة الرياح (م/ثا) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)

المعدل السنوي	ك1	ت2	ت1	أيلول	أب	تموز	حزيران	مايس	نيسان	أذار	شباط	ك2	الاشهر المحطة
2.89	2.56	2.56	2.83	3.07	3.35	3.47	3.45	2.96	2.72	2.67	2.53	2.59	صناعة وادي عكاب
2.89	2.56	2.56	2.83	3.07	3.35	3.47	3.45	2.96	2.72	2.67	2.53	2.59	موصل جديدة
3.13	2.70	2.65	2.96	3.24	3.62	3.87	3.81	3.25	3.00	2.99	2.70	2.78	طريق موصل - بغداد
2.89	2.56	2.56	2.83	3.07	3.35	3.47	3.45	2.96	2.72	2.67	2.53	2.59	الرشيدية
2.89	2.56	2.56	2.83	3.07	3.35	3.47	3.45	2.96	2.72	2.67	2.53	2.59	النبي يونس
2.89	2.56	2.56	2.83	3.07	3.35	3.47	3.45	2.96	2.72	2.67	2.53	2.59	حي سومر
2.89	2.56	2.56	2.83	3.07	3.35	3.47	3.45	2.96	2.72	2.67	2.53	2.59	طريق موصل - اربيل
2.92	2.58	2.57	2.84	3.09	3.38	3.52	3.50	3.00	2.76	2.71	2.55	2.61	المعدل الشهري

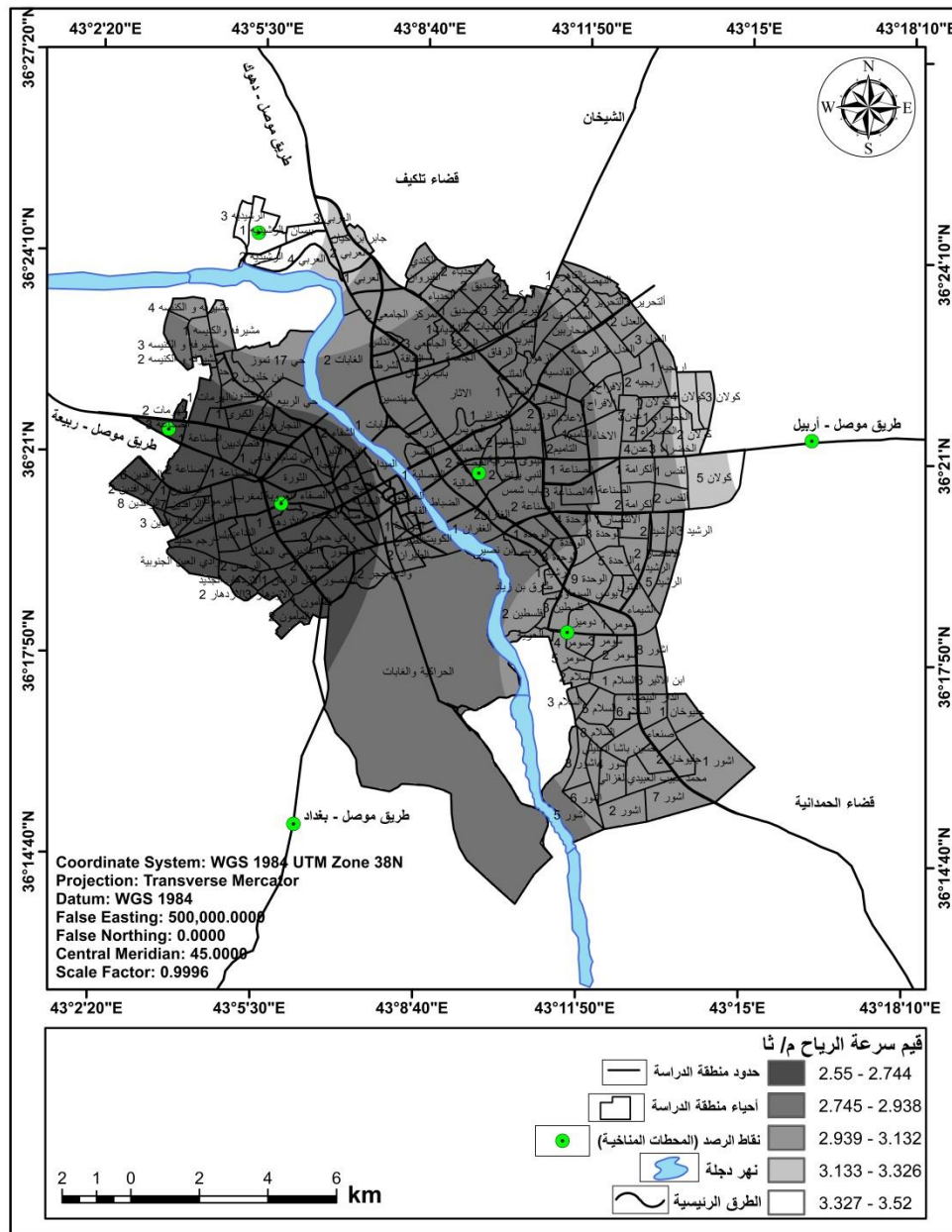
المصدر: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>

الشكل (20) يوضح المعدلات السنوية لسرعة الرياح (م/ثا) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)



المصدر: الجدول (11)

الخريطة (13) تبين المعدلات السنوية لسرعة الرياح في مدينة الموصل للمدة (2003-2023)



بالاعتماد على جدول (11) وبرنامج Arc Gis Desktop

1-1-2 اتجاه الرياح. Wind direction

إن لأتجاه الرياح مدلولاً علمياً هاماً على نوعية الطقس السائد حالياً، الذي كان سائداً من قبل، فاتجاه الرياح له أهمية خاصة في فهم نتائج الطقس وخصائصه على منطقة ما دون الأخرى، يُقصد باتجاه الرياح، الاتجاه الذي تأتي منه الرياح وليس الاتجاه الذي تتجه نحوه،

وبمعنى آخر يشير اسم الرياح إلى الجهة التي تهب منها الرياح، فعلى سبيل المثال تعبر الرياح الشمالية عن الرياح التي تهب من الاتجاه الشمالي، وهكذا لباقي الاتجاهات، ويعبر عن اتجاه الرياح بالدرجات مقاسة في اتجاه عقرب الساعة ابتداءً من الشمال الجغرافي أو من الشمال المغناطيسي بواسطة نقطة البوصلة، إذ أن هناك (32) اتجاهاً رئيساً وفرعياً ويتم قياس وتحديد اتجاه الرياح عادةً باستخدام جهاز يُسمى دوارة الرياح (Wind Vane)، وأحياناً بواسطة قرص مرقم بالدرجات من الصفر إلى 360 درجة، كما يمكن استخدام جهاز دوارة الرياح من نوع المسجل، يمكن أيضاً تحديد اتجاه الرياح بواسطة الطرق التقليدية مثل مراقبة حركة الدخان في أعلى المداخل واستخدام الرايات والأعلام ومراقبة حركة الأشجار، بينما تعتمد الوسائل الحديثة مثل البالونات الإرشادية المملوءة بالغازات الخفيفة مثل الهيدروجين أو الهيليوم، وجهاز الراديو سوند (Radio Sound) ويراقب الراصد الجوي تباين حركة البالونات واتجاهاتها بواسطة جهاز (الثيودولايت Theodolite) (*)⁽¹⁾، أن تحليل اتجاه الرياح ليس بالأمر السهل نظراً لصعوبة تحديد تأثير الضغوط المحلية الصغيرة التي قد لا تلاحظ في خرائط الطقس اليومية، تتأثر اتجاهات الرياح في العراق بعوامل متعددة، منها الموقع الفلكي والجغرافي، كحركة الشمس الظاهرية شمالاً وجنوباً على خط الاستواء، والموقع الذي يتوسط المسطحات المائية المجاورة، مثل البحر المتوسط والبحر الأحمر وبحر قزوين والخليج العربي، هذه المسطحات المائية تؤثر على تباين الحرارة بين اليابسة والماء، مما يؤثر بدوره على ارتفاع قيم الضغط الجوي وأنخفاضها⁽²⁾، وانطلاقاً من ذلك يظهر من خلال القراءة التحليلية أن الرياح تهب على منطقة الدراسة من جميع الاتجاهات وينسب متباينة تبعاً للمنظومات الضغطية وتأثيرها، حيث إن هناك سيادة واضحة النسب للرياح على حساب الاتجاهات الأخرى، إذ تستأثر الغربيات بأعلى نسبة مئوية للهبوب على مدينة الموصل، إذ بلغت نسبة هبوب الرياح الغربية (W) بمعدل (33) %، على محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر وطريق

(*) في ساعات الليل تزود البالونات بمصابيح مضيئة لتسجيل رصدها (بالثيودولايت) التلسكوبي وأحياناً يستخدم البالون الملون.

(1) إسماعيل عباس هراط، تباين اتجاه ونوعية الرياح في العراق وإمكانية استثمارها، أطروحة دكتوراه، كلية التربية، الجامعة المستنصرية، 2006، ص 103.

(2) محمد محمود سليمان نايل، التحليل الجغرافي لدرجات الحرارة في العراق وارتباطها بعناصر المناخ الأخرى، أطروحة دكتوراه، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة الانبار، 2015.

موصل اربيل، و (38) % لمحطة طريق موصل بغداد، بينما حلت الرياح الشرقية (E) في المرتبة الثانية لمحطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر وطريق موصل اربيل بمعدل بلغ (32) %، و (19) % في محطة طريق موصل بغداد، على حين تسود الرياح الشمالية الشرقية (NE) % على صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر وطريق موصل اربيل بمعدل بلغ (14) %، وفي محطة طريق موصل بغداد سجلت معدلا بواقع (4) %، ويعزو سبب سيادة الرياح الشرقية ومشتقاتها الى مرور المنخفضات المتوسطة الجبهوية على المنطقة سواءً التركبية منها او القبرصية اذ تستقدم في مقدمتها رياحا شرقية ولكونها تهب من الغرب الى الشرق فعند دخولها منطقة الدراسة يبدأ تأثيرها في اتجاهات الرياح في منطقة الدراسة⁽¹⁾، اما الرياح الشمالية الغربية (NW) في محطات صناعة وادي عكاب وموصل جديدة والرشيديّة والنبي يونس وحي سومر وطريق موصل اربيل بالترتيب فقد سجلت معدل (9) %، و (18) % في محطة طريق موصل بغداد، اما الرياح الجنوبية (S) والجنوبية الشرقية (SE) والشمالية (N) يسود اتجاهها في افصل الحريف والشتاء والربيع ولكن بمعدلات ضعيفة جدا. واستخلاصا لما سبق فان السبب الرئيس الذي ينتج عنه التغير في اتجاه الرياح وسرعتها في منطقة الدراسة يرجع الي تأثير درجة حرارة السطح على عدم استقرار الهواء واضطراباته وهو ما سنتكلم عنه في الفصل القادم، فارتفاع درجة الحرارة يعمل على جعل الهواء الملاصق لسطح الارض خفيفا مما يعمل على دفعه نحو الاعلى ليحل مكانه الهواء الاكثر برودة القادم من طبقات الجو المتواجدة فوقه، وعليه بالامكان أن يتشكل فوق سطح الارض خلال النهار طبقة مضطربة من الهواء وفيها يصعد الهواء الساخن الى الاعلى ويهبط مكانه الهواء الابرد منه، كما هو مبين في الجدول (12) والشكل (21).

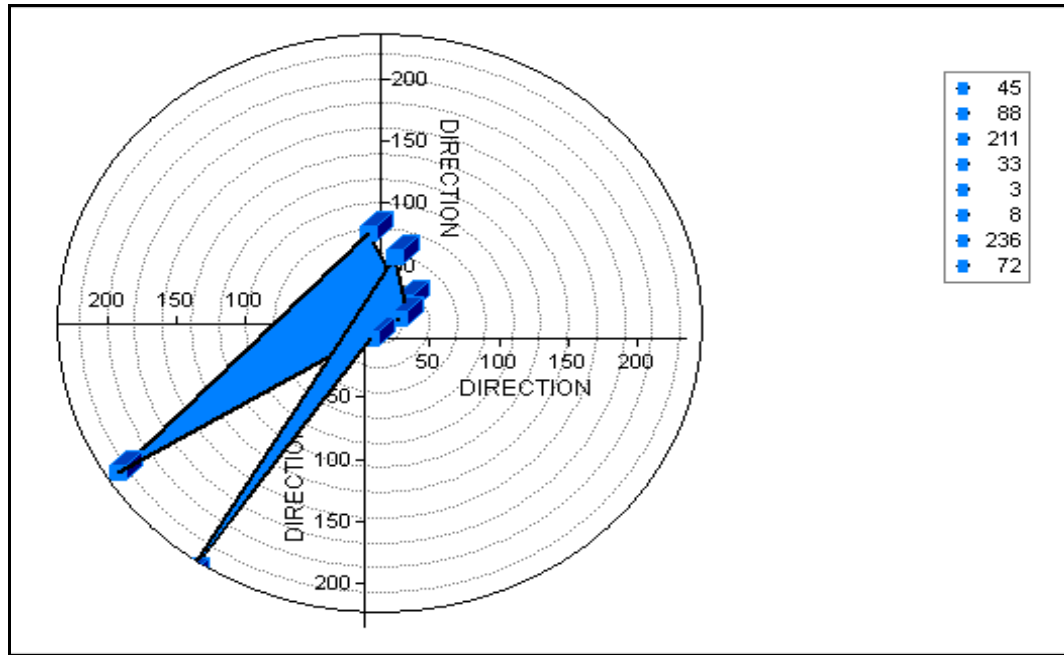
(1) سرى بدر حسين علاوي النجاوي، دراسة مناخ محافظة نينوى، مصدر سابق، ص 60.

الجدول (12) يبين نسب تكرار الاتجاهات السائدة للرياح (%) على محطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)

المجموع السنوي	شمالية غربية	غربية	جنوبية غربية	جنوبية	جنوبية شرقية	شرقية	شمالية شرقية	شمالية	الاتجاه العام للرياح المحطة
100	9	33	1	0	3	32	14	7	صناعة وادي عكاب
100	9	33	1	0	3	32	14	7	موصل جديدة
100	18	38	2	3	15	19	4	3	طريق موصل بغداد
100	9	33	1	0	3	32	14	7	الرشيدية
100	9	33	1	0	3	32	14	7	النبي يونس
100	9	33	1	0	3	32	14	7	حي سومر
100	9	33	1	0	3	32	14	7	طريق موصل اربيل

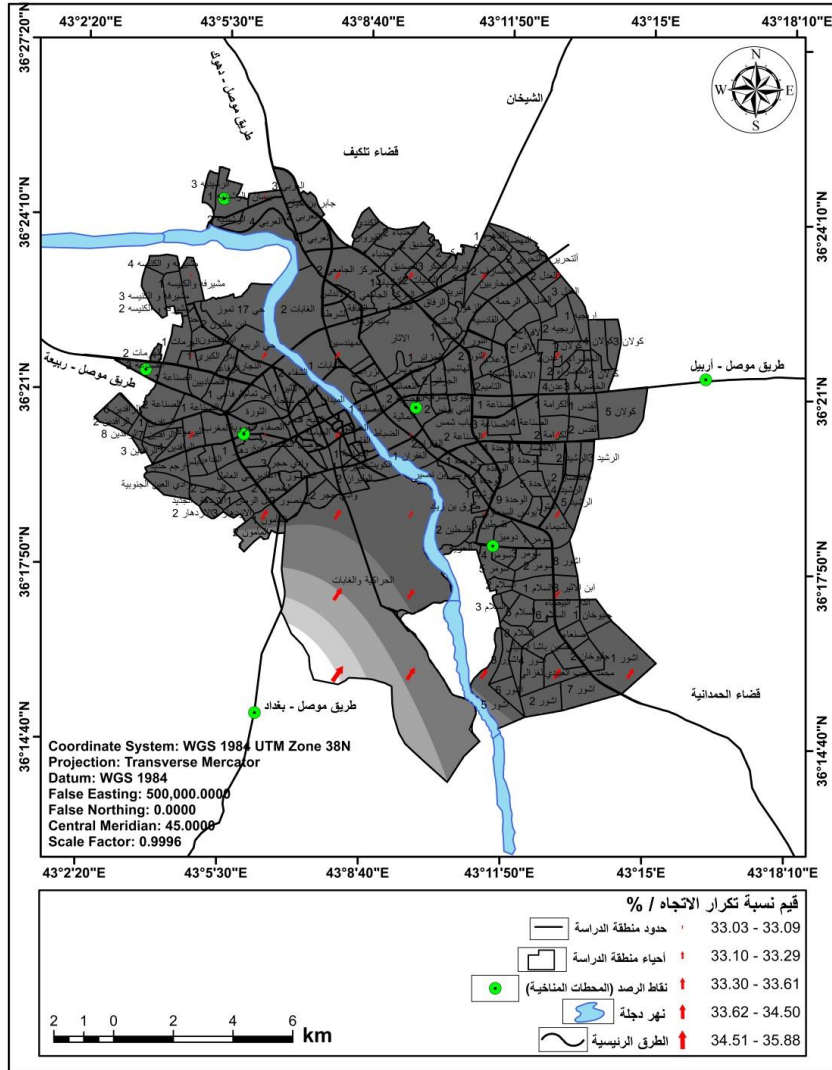
المصدر: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>

الشكل (21) يوضح اتجاهات هبوب الرياح السائدة (%) على محطات منطقة الدراسة للمدة (2003-2023)



المصدر: الجدول (12)

الخريطة (14) تبين اتجاه الرياح السائدة ونسبة تكرارها % في مدينة الموصل للمدة (2003-2023)



بالاعتماد على جدول (12) وبرنامج Arc Gis Desktop

وأستخلاصا لما سبق بالإمكان القول ان العناصر المناخية بسماتها وخصائصها لها الاثر الاساس والرئيس في تشكيل ظاهرة الجزيرة الحرارية في منطقة الدراسة, لا سيما درجات الحرارة التي تتوزع على شكل انماط حرارية متباينة على مستوى مدينة الموصل, حيث يتحكم بذلك مجموعة من الاسباب والعوامل المتداخلة فدرجة الحرارة التي يتم قياسها في ظلال المباني او في الاراضي الزراعية وذات الغطاء النباتي تختلف عن درجة الحرارة التي يتم رصدها عند المباني لانها في الاماكن المواجهة لإشعة الشمس او في الاراضي الخالية من العمران والجرعاء تكون اكثر ارتفاعا حيث يتبع ذلك اختلافات ايضا في معدلات سرعة الرياح واتجاهها والرطوبة الى غير ذلك من العناصر المناخية.



الفصل الثالث

التمثيل المكاني للجزيرة الحرارية



الفصل الثالث

التمثيل المكاني للجزيرة الحرارية

3-1 التحليل المكاني للتغيرات المحلية لدرجة حرارة سطح الارض في مدينة

الموصل:

تمهيد:

صنف الباحثون الجزر الحرارية الى أنواع مختلفة بناءً على نوعية الحرارة المقاسة، في هذا الجانب من الفصل سنركز على دراسة نوع محدد من الجزر الحرارية التي سبق وان تم التطرق إليها في الفصل الاول، ألا وهي الجزر الحرارية السطحية (Surface Heat Islands – SHI)، التي تعتمد على قياس درجة حرارة السطح باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، بالاعتماد على المرئيات الفضائية في الباند الحراري لحساب درجة حرارة السطح لمدينة الموصل، تم اختيار مرئية فضائية واحدة لكل فصل من فصول السنة (الشتاء، الربيع، الصيف، الخريف) لتحليل التغيرات الزمنية في درجة حرارة سطح الارض، حيث تهدف هذه المنهجية إلى فهم التغيرات الطويلة الامد في درجة حرارة السطح في منطقة الدراسة بشكل دقيق وشامل مما يساعد على فهم تأثير هذه التغيرات بيئية كانت ام مناخية على المنطقة، ومن اجل التطرق الى التفاوت في درجة حرارة سطح الارض في منطقة الدراسة فلا بد من تناول ما يأتي:

3-1-1-3 بعض المفاهيم والمصطلحات المستخدمة في هذا النوع من الدراسات:

3-1-1-3-1 سطح الارض (The earth's surface)

ويقصد به الظاهرات والمتغيرات جميعها والواقعة داخل نطاق الحدود الادارية لمنطقة الدراسة ويشتمل ذلك على الكتلة العمرانية والاراضي الشاغرة والمسطحات المائية والغطاء النباتي... وكل ظاهرة بمنطقة الدراسة تعكسها البصمة الطيفية⁽¹⁾.

(1) اسماعيل علي اسماعيل محمد، تباين درجة حرارة سطح الارض ومدى تأثير بعض المتغيرات بمدينة القاهرة، المجلة الجغرافية العربية، العدد 181، مصر، 2023، ص2.

3-1-1-3 الملف الحراري (Thermal file)

ويعرف على أنه ملف يتم انشاؤه بواسطة برامج الاستشعار عن بعد من النطاق الحراري في الطيف الكهرومغناطيسي الذي يعبر عن الاختلافات الخاصة بدرجة الحرارة في منطقة الدراسة⁽¹⁾.

3-1-1-3 مفهوم درجة حرارة سطح الارض (Land Surface Temperature) (LST)

تعرف درجة حرارة سطح الأرض (LST) بأنها الحرارة الناتجة عن تسخين الأسطح المختلفة بفعل الأشعة الشمسية، إذ يعتمد مقدار الأشعة الشمسية التي تصل إلى هذه الأسطح على عدة عوامل منها الغطاء النباتي ورطوبة التربة والألبيدو والموقع الفلكي والتوقيت خلال اليوم أو السنة⁽²⁾، وعلى المستوى العلمي تستخدم درجة حرارة سطح الأرض في العديد من التطبيقات المتعلقة بالطقس والمناخ مثل رصد الجبهات المحلية وتحديد شدة الأعاصير وفي مراقبة المناخ العالمي كما تُستخدم أيضًا في رصد الحرائق والبراكين ودراسة الجزر الحرارية المدنية⁽³⁾، وتعرف كذلك على أنها درجة حرارة السطح الفاصل بين الهواء والأرض (درجة حرارة التربة عن العمق صفر)⁽⁴⁾، وتجدر الإشارة إلى أن درجة حرارة السطح تختلف عن درجة حرارة الهواء المشار إليها بـ (TA) والتي تُستخدم عادة في تصنيفات ودراسات الطقس والمناخ، إذ إن درجة حرارة الهواء تنشأ من تسخين الإشعاع المنعكس من اليابس والماء للهواء الذي فوقهما حيث تقاس هذه الدرجة

(1) smith,j., the facts on file dictionary of weather and climate market house books ltd, aylesbury., 2006,p.126.

(2) Dash, p., Cottsche., & fischer, h., Retrieval of land surface Temperature and emissivity from satellite data: physics, theoretical limitations and current., journal of the indian society of remote sensing, 29(1)., 2001, p.p 23-30.

(3) Tomlinson, c.,et al., remote sensing land surface temperature for meteorology and climatology: A review. Meteorological applications., 18(3), 2011, p.p 296-306.

(4) عبد الحليم علي المحي, حساب درجة حرارة سطح الارض من درجة حرارة التربة المرصودة في العمق , مجلة الجامعي , جامعة الفتح, العدد 14, 2007, ص229.

في المحطات المناخية بعيدًا عن أشعة الشمس المباشرة وعلى ارتفاع يتراوح بين (1.5) متر و (2) متر عن سطح الأرض والتي ترتبط بشكل عكسي بالارتفاع عن سطح البحر⁽¹⁾.

3-1-1-3 الإشعاع الأرضي (Earth's Radiation)

ينتقل الإشعاع الأرضي بنفس سرعة الإشعاع الشمسي وهي سرعة الضوء ولكنه يختلف عنه في ثلاثة جوانب رئيسية، الأول هو إشعاع حراري ينقل الحرارة مباشرة، والثاني يحدث في وجود الشمس وغيابها، والثالث موجاته أطول وغير مرئية للعين المجردة، والإشعاع الشمسي لا يحتاج إلى وسيط مادي لنقل الحرارة سواء كان من الجزيئات أو الهواء نفسه بل تنتقل الحرارة بنفسها في شكل موجات كهرومغناطيسية مختلفة الأطوال بناءً على درجات حرارة الأجسام المشعة، إذ تتراوح أطوال موجات الإشعاع الأرضي بين (4) و (40) ميكرون كما ويتراوح طول القسم الأكبر منها بين (7) و (15) ميكرون، وتوصف بالطويلة لتمييزها عن موجات الإشعاع الشمسي التي تُوصف بالقصيرة⁽²⁾.

3-1-1-4 الاحتباس الحراري (GREENHOUSE EFFECT)

هناك نوعان من الاحتباس الحراري الأول منها هو الطبيعي تمتلك بعض الغازات في الغلاف الجوي مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز والأوزون وبخار الماء خاصية تسمح بمرور الأشعة الشمسية ذات الموجات القصيرة والمتوسطة إلى سطح الأرض وتعيق مرور الأشعة الحرارية ذات الموجات الطويلة، إذ تمتص الأشعة الحرارية الطويلة بنسبة تصل إلى حوالي (90%)، ثم تعيد إشعاعها نحو الأرض مما يؤدي إلى تراكمها واحتباسها بالقرب من سطح الأرض وتساهم بالنتيجة في تدفئة الجو المحيط، وهو ما يُعرف بظاهرة الاحتباس الحراري الطبيعي، أما النوع الثاني من الاحتباس الحراري فيكون غير طبيعي ويشير إلى الاحتباس الحراري الناتج عن الغازات المنبعثة بفعل النشاطات البشرية، مثل عوادم المصانع ومركبات النقل ومحطات توليد الكهرباء وغيرها من أنشطة الإنسان هذه الزيادة في الانبعاثات تؤدي إلى تغير

(1) valiente, j., et al, analysis of differences between air-land surface temperatures to estimate land surface air temperature from msg data, 2010.,p3.

(2) ابراهيم ابراهيم شريف، موسوعة علم الطقس والمناخ والظواهر الطبيعية، مكتبة الانجلو المصرية، الطبعة الثانية ، القاهرة-مصر ، 2000، ص89.

في خصائص مكونات الهواء ونسبها في الغلاف الجوي السفلي مما يسبب اضطراباً في التوازن الحراري عند سطح الأرض يتسبب في تقلبات مناخية مفاجئة⁽¹⁾.

3-1-2 العوامل المؤثرة في درجة حرارة سطح الأرض

هناك العديد من العوامل التي تساهم في تغيير درجة حرارة سطح الأرض يأتي في مقدمتها عدد ساعات النهار التي تتغير من يوم إلى آخر على مدار السنة مما يؤدي ذلك بالنتيجة إلى تغير درجة حرارة سطح الأرض بشكل دوري خلال الأيام والفصول، كما وتلعب الغيوم والضباب والدخان والغبار دوراً في تفاوت درجة حرارة سطح الأرض عبر حجبها وعكسها لأشعة الشمس في الجو، علاوة على ذلك تباين مكونات التربة من الماء والهواء والمواد المعدنية والمواد العضوية والكائنات الحية، من مكان إلى آخر وطبقاً لذلك يحصل تغيير في مقدار السعة الحرارية ومعامل التوصيل للتربة وبالتالي يؤثر على قابليتها لامتصاص ونقل الحرارة في سطحها، مما ينتج عنه اختلاف في درجة حرارة السطح، ومن زاوية أخرى تؤثر رطوبة التربة على الحرارة النوعية، حيث تكون الحرارة النوعية للتربة الجافة أقل من التربة الرطبة، بالإضافة إلى ذلك يلعب لون سطح الأرض دوراً كبيراً في كمية الإشعاع الشمسي الممتصة أو المنعكسة حيث يعكس السطح الأبيض مثل الجليد كميات كبيرة من الإشعاع بينما تمتص الأسطح ذات اللون الداكن كميات أكبر مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارتها، وفي السياق ذاته يعمل الغطاء النباتي على حجب الأشعة الشمسية عن سطح الأرض مما يقلل من سرعة تبخر الماء من التربة ويساعدها على الاحتفاظ بالرطوبة التي تؤثر بدورها على درجة حرارتها، كما وتؤثر أيضاً المادة العضوية في التربة تؤثر أيضاً على معامل التوصيل الحراري والذي يكون مقداره تقريباً نصف مقدار معامل التوصيل الحراري للتربة المعدنية وبذلك فإن النشاط الحيوي داخل التربة يؤثر على درجة حرارة التربة وبالتالي على درجة حرارة سطحها⁽²⁾.

3-1-3 معطيات الاستشعار عن بعد المستخدمة في الدراسة

(1) احمد محمود محمد مرعي، دراسة التغيرات الحرارية لأراضي الضفة الغربية وفلسطين، باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية بين عامي 1985-2017، كلية الدراسات العليا، جامعة النجاح الوطنية، 2018، ص 55-56.

(2) عبد الحليم علي المحي، حساب درجة حرارة سطح الأرض من درجة حرارة التربة المرصودة في العمق، الجامعي، المجلد 14، ليبيا، 2007، ص 230-231.

1-3-1-3 مصادر البيانات

يعتمد علم نظم المعلومات الجغرافية بشكل كبير على المرئيات الفضائية بوصفها إحدى المتطلبات الأساسية للعمل به، إذ توفر هذه المرئيات بيانات مكانية (spatial data) التي تصف التركيب النوعي والكمي للمواقع، وهي بيانات لا يمكن الحصول عليها بسهولة من المصادر المساحية الأخرى وتعد الطرق التقليدية كالمسح الأرضي معقدة ومرهقة، لاسيما عند التعامل مع مساحات كبيرة⁽¹⁾ (*).

وبناءً على ما سبق فقد تم الاعتماد في هذه الدراسة على مرئيات الأقمار الصناعية (landsat-7, landsat-8) بدقة مكانية (100*100) متر لمنطقة الدراسة، من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (United states geological survey) (USGS)*، حيث تم توزيع هذه المرئيات على فترة الدراسة بمعدل مرئية واحدة لكل (5) سنوات بدءاً من عام 2003 وحتى عام 2023، إذ اعتمدت الدراسة على الحزم الطيفية للنطاق الحراري (Band6) لمعطيات القمر الصناعي (landsat-7) و النطاق الحراري (Band 10) لمعطيات القمر الصناعي (landsat-8)، ويمكن توضيح هذه الأقمار على النحو الآتي:

1-3-1-3-1 القمر الصناعي لاندسات 7 (land sat-7) ومميزاته

وهو أحد أحدث الأقمار الصناعية الأمريكية ضمن سلسلة لاندسات، إذ تم إطلاقه إلى الفضاء في (1999/4/15) ولا يزال يعمل حتى الآن ويتميز بعدد من التحسينات⁽²⁾، منها حمله لجهاز الراسم الموضوعي المحسن (Enhanced thematic mapper plus) (ETM+)⁽³⁾، الذي يشمل زيادة عدد القنوات التحسسية وزيادة دقة التمييز المكاني بما في ذلك

(1) سحر سعيد قاسم، نموذج جغرافي بالمنطق المضرب للغطاء النباتي لمنطقة جبل سنجار ، اطروحة دكتوراه، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة الموصل، 2008، ص35.

(*) هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية: هي هيئة حكومية في الولايات المتحدة الأمريكية تأسست عام 1879 تعنى بدراسة ورصد الجيولوجيا والمعادن والموارد الطبيعية في البلاد فضلا عن ادارة المخاطر الطبيعية وحماية البيئة وتحسين جودة الحياة، رابط الموقع <https://earthexplorer.usgs.gov>.

(2) علوان رحاب حميد، التحسس النائي في استخدامات الارض، مجلة العلوم، العدد 19، 1986، ص55-56 .

(3) غازي عبد لطيف مكي، استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في التصنيف والتحليل المكاني لاستعمالات الأرض في قضاء الأعظمية (دراسة كارتوكرافية تحليلية) ، اطروحة دكتوراه، كلية التربية ابن رشد، جامعة بغداد، 2006، ص36.

استخدام قناة بانكروماتك (Panchromatic) التي تستشعر الأشعة ذات الأطوال الموجية بين (0.5) و (0.9) مايكرومتر بدقة تمييز أرضية تبلغ 15 مترًا⁽¹⁾، علاوة على ذلك يمكن استخدامها للحصول على صور ملونة ذات جودة عالية وبدقة تبلغ (15) متر بدمجها مع انطقة طيفية أخرى لاجل تحسين دقة التمييز فيها ومن ثم سهولة تحليلها⁽²⁾، والجدول (13) يوضح اهم خصائص القمر الصناعي (landsat-7)، كما ويوضحان الجدول (14) خصائص المرئيات المستخدمة في الدراسة والصورة (1) المرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة للقمر الصناعي (landsat-7).

الجدول (13) يبين خصائص المجالات الطيفية للقمر landsat-7 ETM+

رقم المجال الطيفي	اسم القناة الطيفية	مدى المجال الطيفي	الدقة المكانية (متر)
1	Blue/TM1	0.52-0.45	30
2	Green/TM2	0.60-0.52	30
3	RED/TM3	0.69-0.63	30
4	NIR/TM4	0.90-0.77	30
5	Swir-1/TM5	1.75-1.55	30
6	thermal/TM6	10.40-12.50	60
7	Swir-2/TM7	2.08-2.35	30
8	Panchromatic/TM8	0.52-0.90	15

المصدر: <https://landsat.usgs.gov/landsat-7-history>

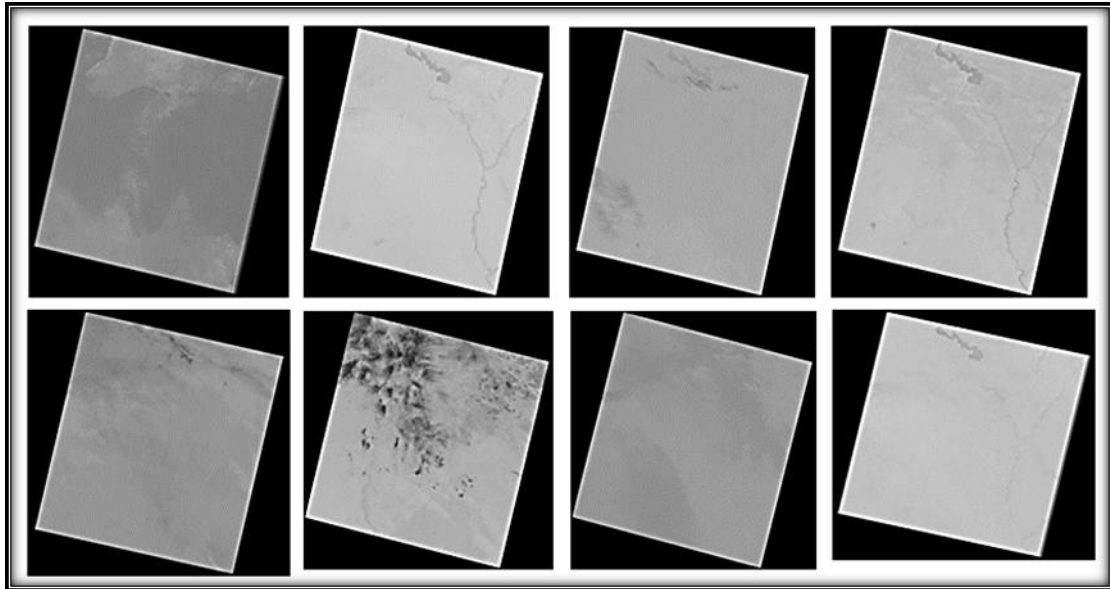
- (1) عبد الكريم هاوتا عبدالله، مشكلات تمثيل التضاريس لمنطقة راوندوز باستخدام المرئيات الفضائية ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير (غير منشورة) ، كلية الاداب، جامعة صلاح الدين، 2003.
- (2) لطفي راشد الموفي، دراسة واقع ومستقبل استخدامات الأرض لحوضي وادي عربة والبحر الأحمر في ظل الموارد الطبيعية والملاءمة البيئية باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، اطروحة دكتوراه، كلية التربية - ابن رشد، جامعة بغداد، 2004، ص24.

الجدول (14) يبين خصائص المرئيات المستخدمة في الدراسة

اسم القمر الصناعي	تاريخ التقاط الصورة	الفصل الذي تمثله الصورة
LANDSAT7 ETM+	2003/10/1	فصل الشتاء
LANDSAT7 ETM+	2003/3/15	فصل الربيع
LANDSAT7 ETM+	2003/6/2	فصل الصيف
LANDSAT7 ETM+	2003/9/4	فصل الخريف
LANDSAT7 ETM+	2007/1/13	فصل الشتاء
LANDSAT7 ETM+	2007/3/2	فصل الربيع
LANDSAT7 ETM+	2007/7/24	فصل الصيف
LANDSAT7 ETM+	2007/9/10	فصل الخريف

المصدر: ([/https://www.usgs.gov](https://www.usgs.gov))

الصورة (1) تبين المرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة للقمر الصناعي (landsat-7)



المصدر: ([/https://www.usgs.gov](https://www.usgs.gov))

3-1-3-2 القمر الصناعي لاندسات 8 (landsat-8) ومميزاته

يتكون نظام لاندسات (8) من إحدى عشر نطاق طيفي بدقة مكانية تبلغ (30) مترًا للنطاقات من (1) إلى (7) و (9)، يتميز النطاق الجديد (1) بأهمية خاصة لدراسات الساحل والغلاف الجوي، في حين يُستخدم النطاق الجديد (9) للكشف سحب الحمضيات أما النطاق(8) (البانكروماتيك) فتبلغ دقته 15 مترًا في حين الباندات الحرارية (10) و (11) لتوفير درجات حرارة السطح بدقة أعلى ، ويبلغ حجم المشهد التقريبي 170 كيلومترًا من الشمال إلى الجنوب و

(183) كيلومترًا من الشرق إلى الغرب ما يعادل (160 ميلاً بحوالي 114 ميلاً)⁽¹⁾، ولا يفوتنا أن ننوه الى ان القمر الصناعي لاندسات-8 قد تم اطلاقه في 11 شباط 2013⁽²⁾، ويبين الجدول (15) خصائص وتطبيقات نطاقات (landsat-8)، كما و يوضحان الجدول (16) والصورة (2) مرئيات لاندسات (8) لمختلف فصول السنة والتي تم الاعتماد عليها من اجل تحديد مقدار درجة حرارة سطح الارض التي ستعطينا بعد الصورة الحقيقية للجزيرة الحرارية السطحية في مدينة الموصل.

الجدول (15) يبين خصائص وتطبيقات نطاقات landsat-8

Landsat 8 Sensors	Band	Band Name	Wavelength (µm)	Resolution (m)	Applications
Operational Land Imager (OLI)	1	Coastal / Aerosol	0.433-0.453	30	Coastal and Aerosol studies
	2	Blue	0.450-0.515		Bathymetric mapping, distinguishing soil from vegetation and deciduous from coniferous vegetation
	3	Green	0.525-0.600		Emphasizes peak vegetation, which is useful for assessing plant vigour
	4	Red	0.630-0.680		Discriminates vegetation slopes
	5	Near Infrared (NIR)	0.845-0.885		Emphasizes biomass content and shorelines
	6	Short-wave Infrared (SWIR) 1	1.560-1.660		Discriminates moisture content of soil and vegetation; penetrates thin clouds
	7	Short-wave Infrared (SWIR) 2	2.100-2.300		Improved moisture content of soil and vegetation and thin cloud penetration
	8	Panchromatic	0.500-0.680	15	Sharper image definition
	9	Cirrus	1.360-1.390	30	Improved detection of cirrus cloud contamination
Thermal Infrared Sensor (TIRS)	10	Long-wave Infrared (LWIR) 1	10.30-11.30	100*	Thermal mapping and estimated soil moisture
	11	Long-wave Infrared (LWIR) 2	11.50-12.50		Improved thermal mapping and estimated soil moisture
	BQA	Quality Assessment			Quality assessments for every pixel in the scene

* TIRS bands are acquired at 100 meter resolution, but are resampled to 30 meter in delivered data product. [Go to Setting](#)

المصدر: Acharya, T. D., & Yang, I., Exploring landsat 8., Ibid.p.5

(1) رشا صابر عبد القوي نوفل، المرئيات الفضائية حكاية نهضة علمية حديثة، كلية الآداب، جامعة المنوفية، 2018، ص29.

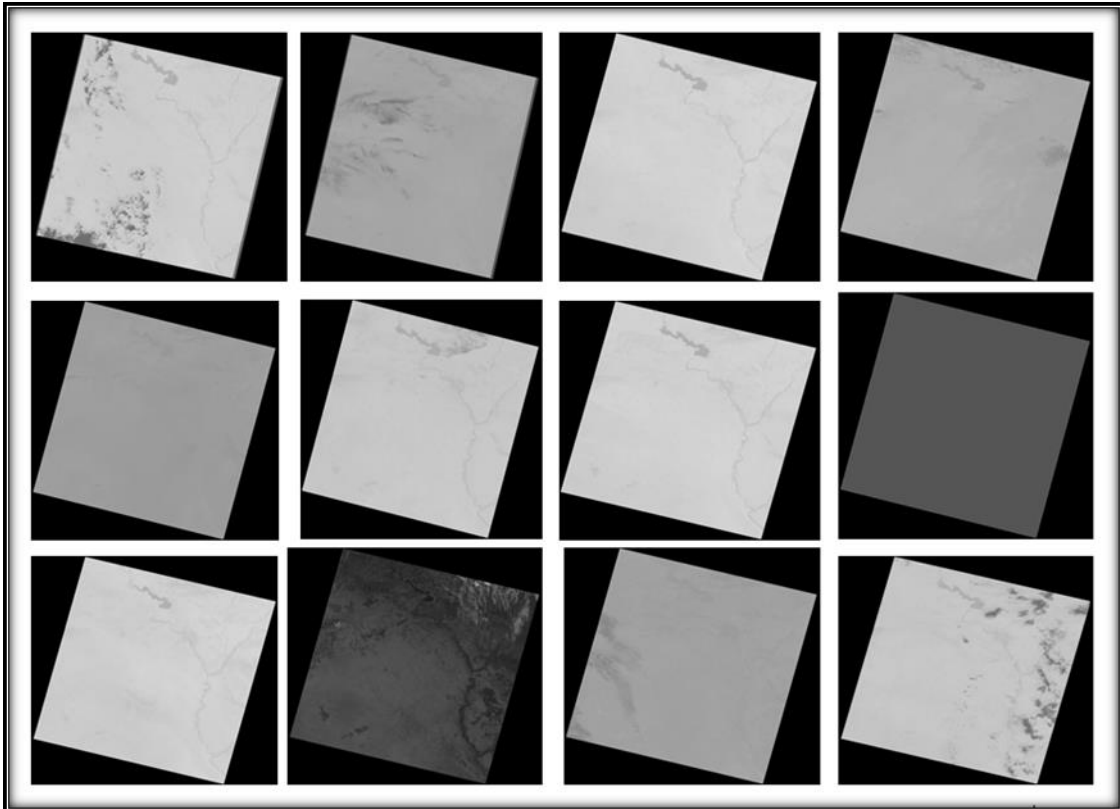
(2) http://landsat.gsfc.nasa.gov/?page_id=5377.

الجدول (16) يبين خصائص المرئيات المستخدمة في الدراسة

اسم القمر الصناعي	تاريخ التقاط الصورة	الفصل الذي تمثله الصورة
LANDSAT 8	2013/2/10	فصل الشتاء
LANDSAT 8	2013/3/28	فصل الربيع
LANDSAT 8	2013/7/8	فصل الصيف
LANDSAT 8	2013/9/10	فصل الخريف
LANDSAT 8	2017/1/24	فصل الشتاء
LANDSAT 8	2017/3/29	فصل الربيع
LANDSAT 8	2017/7/19	فصل الصيف
LANDSAT 8	2017/9/21	فصل الخريف
LANDSAT 8	2023/1/25	فصل الشتاء
LANDSAT 8	2023/3/30	فصل الربيع
LANDSAT 8	2023/7/28	فصل الصيف
LANDSAT 8	2023/9/22	فصل الخريف

المصدر : ([/https://www.usgs.gov](https://www.usgs.gov))

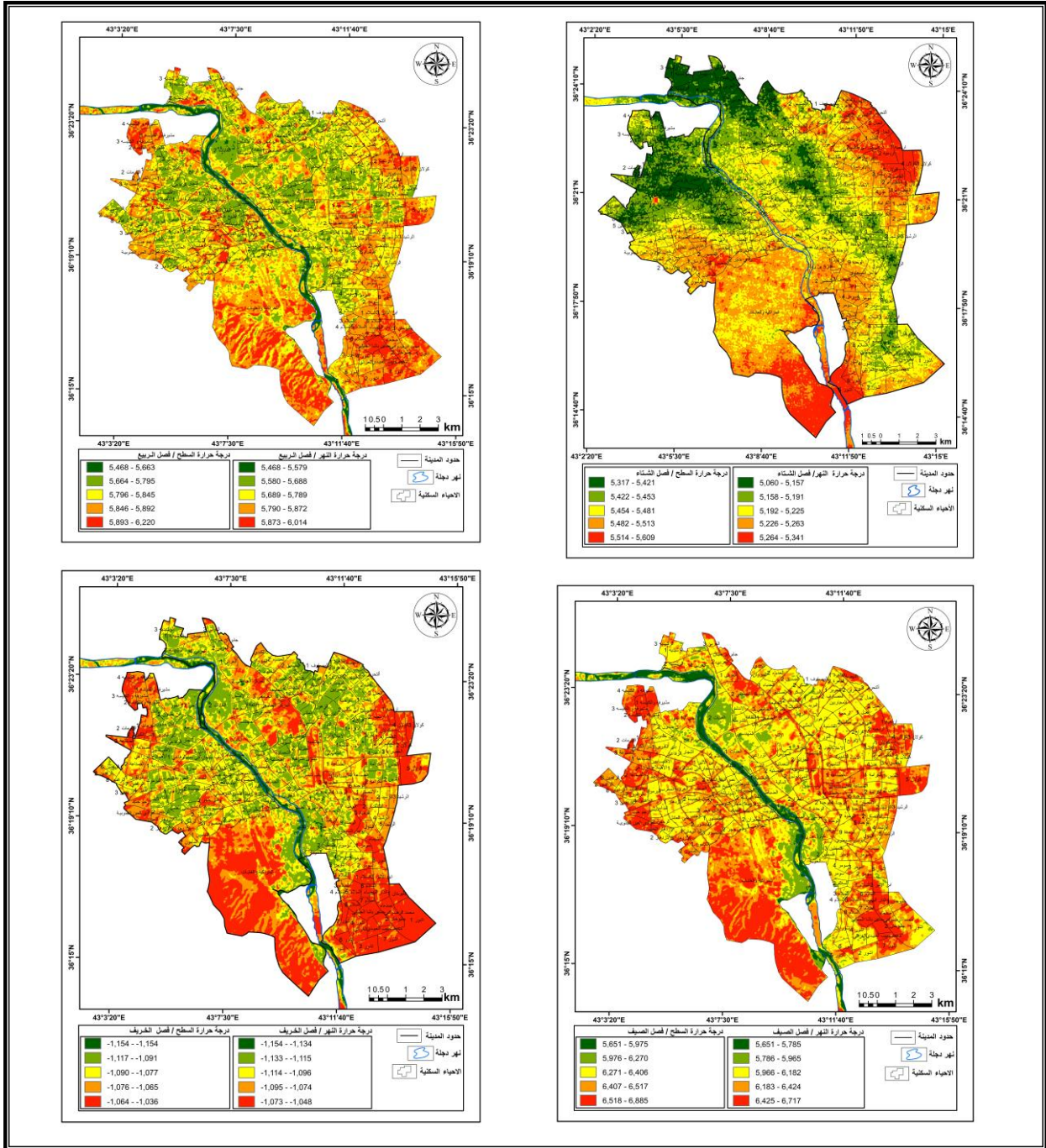
الصورة (2) تبين المرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة



المصدر : ([/https://www.usgs.gov](https://www.usgs.gov))

وتجدر الإشارة الى أن بعد اجراء عملية الفحص والأختبار لتلك المرئيات ضمن بيئة برنامج نظم المعلومات الجغرافية (ARC GIS10.8) تم أهمل المرئيات الفضائية الخاصة بالقمر الصناعي (landsat-7) ويعود ذلك الى النتائج التي تم الحصول عليها، حيث تعد هذه النتائج بعيدة عن الواقع الموجود ضمن حدود منطقة الدراسة وكما هو موضح في الشكل (22).

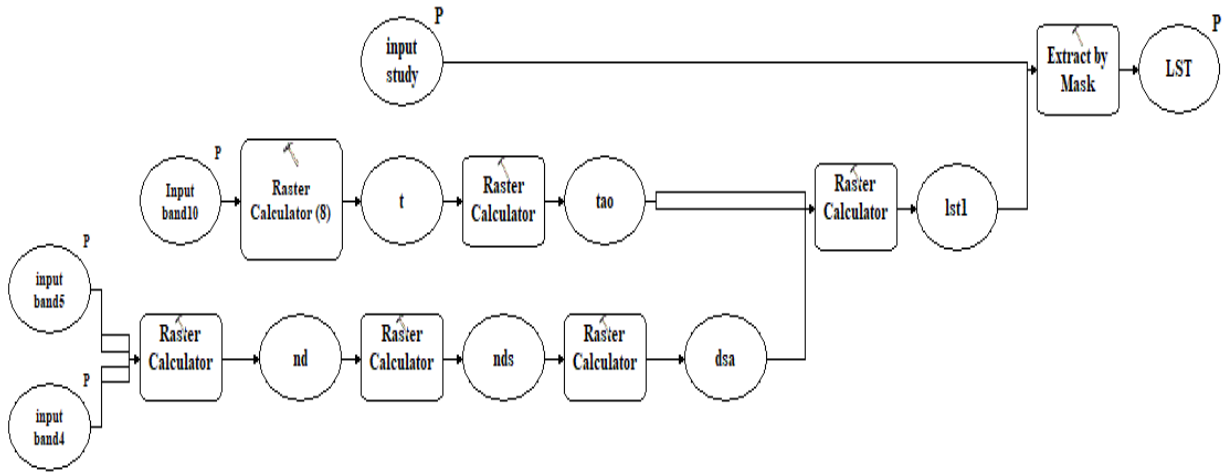
الشكل (22) يوضح المرئيات الفضائية الخاصة بالقمر الصناعي (landsat-7)



المصدر: بالاعتماد على المرئيات الفضائية لاندسات-7 (2003) لمدينة الموصل

فمن خلال الشكل (22) يتبين أن هناك فروق كبيرة في درجات الحرارة بين فصول السنة وما بين الواقع وهذا الأمر بعيد كل البعد عن الواقع، لذلك نلاحظ تسجيل أعلى درجة حرارة خلال فصل الصيف قيمة بلغت $(6.518^{\circ} - 6.885^{\circ})$ ، ونتيجة لذلك فقد أدى ذلك إلى أن يكون للبحث خيار آخر، وهو اختيار المرئيات الفضائية للقمر الصناعي (landsat-8) وعلى أربعة فصول ضمن فترات زمنية مختلفة وتجنب المرئيات الخاصة بالقمر الصناعي (landsat-8) (7) للسنوات (2003-2007)، ويوضح الشكل (23) عملية المعالجة الرقمية لبيانات القمر الصناعي (landsat-8).

الشكل (23) يوضح الية المعالجة الرقمية لبيانات القمر الصناعي (landsat-8)



المصدر: اعتماداً على خوارزميات اشتقاق درجات الحرارة

وتأسيساً على ما تقدم تم التعامل مع هذه المرئيات الفضائية في برنامج استخدام برنامج (ARC GIS V.10.8) احد اهم برامج نظم المعلومات الجغرافية، حيث تم اقتطاع منطقة الدراسة المتمثلة بمدينة الموصل لجميع المرئيات الفضائية ويعد ذلك من اساسيات العمل في تحديد الموقع المكاني للظاهرة المدروسة ويمكن تلخيص هيكلية العمل كما هو مبين في المخطط التوضيحي الشكل (22).

الشكل (22) مخطط يوضح اطر هيكلية العمل الخاصة بالدراسة



من عمل الباحث وفقا لخطوات الدراسة

وبهذا تم حساب درجة سطح الارض من مرئيات لاندسات (8) ومن خلال عدد من

المراحل التي تتمثل بالاتي:

- يتم حساب الاشعاع الطيفي الحراري في (LANDSAT-8) باستخدام عدة معادلات وهي كالآتي(1):

- الخطوة الاولى : انشاء ملف يعكس قيمة الاشعاع اعلى الغلاف الجوي (Top of Atmospheric) (TOA) spectral radiance; وعن طريق هذه الخطوة يتم تحويل القيمة (الطيفية الخام) في الباند العاشر الى قيمة الاشعاع اعلى الغلاف الجوي وذلك من خلال المعادلة الآتية وكما هو موضح في الصورة (6) :

$$L\lambda = ML * QCAL + AL$$

حيث ان:

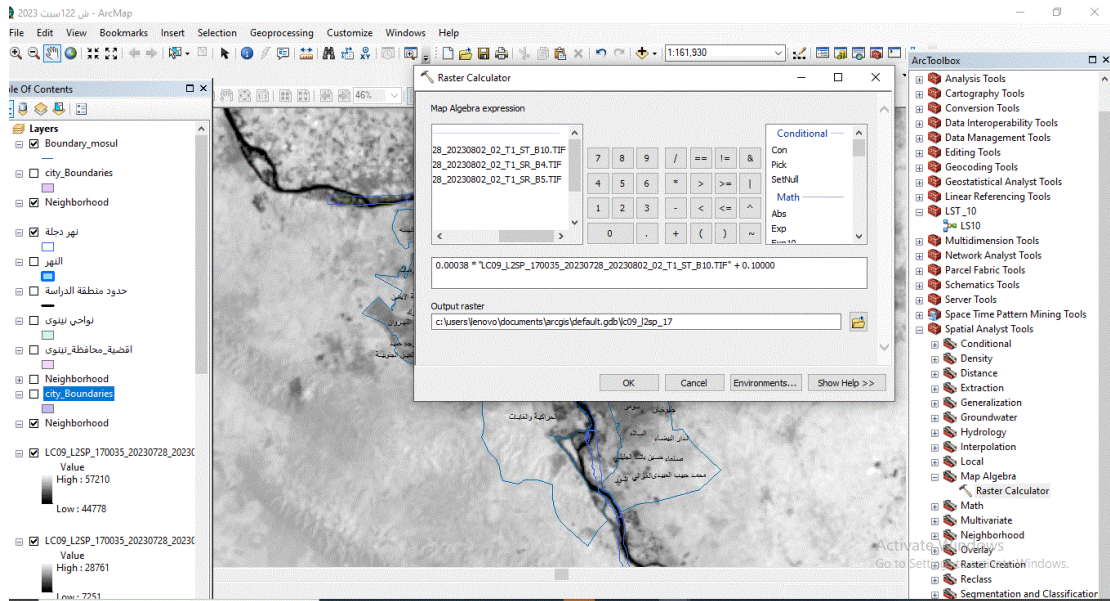
ML = قيمة عامل المقياس المضاعف ، ويتم الحصول عليه من ملف البيانات الوصفية (MTL)

$QCAL$ = القيمة الحرارية للباند العاشر.

AL = قيمة عامل القياس الاضافي، ويتم الحصول عليها من ملف البيانات الوصفية (TML)

QI = معامل تصحيح الباند العاشر، قيمة ثابتة (0.29).

الصورة (6) تبيين انشاء ملف يعكس قيمة الاشعاع



المصدر : إعتقادا على برنامج ARC GIS Desktop

- (1) اسماعيل علي اسماعيل محمد, تباين درجة حرارة سطح الارض ومدى تاثير بعض المتغيرات بمدينة القاهرة 2022, المجلة الجغرافية العربية, العدد181, 2023, ص5-6.

- **الخطوة الثانية:** انشاء ملف يمثل قيمة درجة حرارة السطوح: (Brightness temperature) (BT) وفقا للمعادلة التالية وكما هو مبين في الصورة (7) :

$$T(k) = \frac{k2}{\ln\left(\frac{k1}{L\lambda} + 1\right)} - 273.15$$

اذ ان:

$LN =$ تعبر عن اللوغاريتم

$k1, k2 =$ قيم ثابتة للتحويل الحراري يتم الحصول عليها من ملف البيانات الوصفية (MTL) ، وهما قيم ثابتة وتختلف باختلاف القمر الصناعي وقيمتها للقمر الصناعي لاندسات 8 مبينة في الجدول (18):

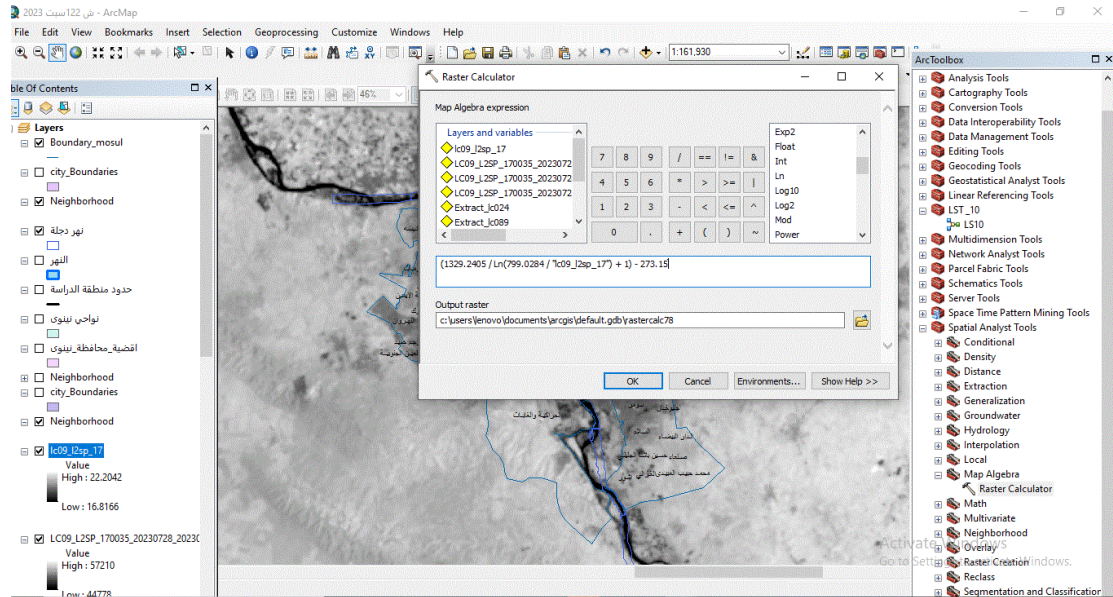
جدول (18) يبين الثوابت المستخدمة لقمر (landsat-8)

ت	الحزم الحرارية	القيم	ثوابت
1	10	799.0284	K1
2	10	1329.2405	K2
3	10	3.3420E-04	ML
4	10	0.10000	AL

المصدر: إعمادا على بيانات المرئية لاندسات 8

$L\lambda = TOA$ والقيمة 273.15 هي قيمة ثابتة للتحويل من الدرجة الحرارة الكلفينية الى درجة الحرارة المئوية.

الصورة (7) تبين انشاء ملف يمثل قيمة درجة حرارة السطوح



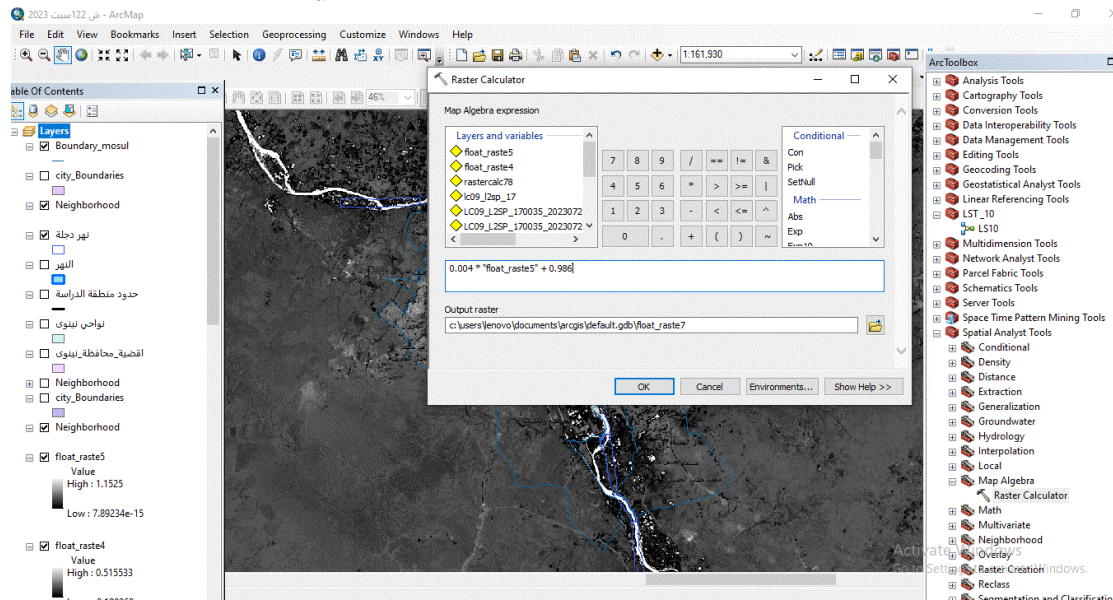
المصدر: اعتمادا على برنامج ARC GIS Desktop

- الخطوة الثالثة : انشاء ملف مؤشر الغطاء النباتي الخضري (Normalized Difference vegetation Index (NDVI) :

$$NDVI = \frac{NIR(BAND5) - RED(BAND4)}{NIR(BAND5) + RED(BAND4)}$$

لتحديد كمية الغطاء النباتي من خلال قياس الفرق بين الاشعة تحت الحمراء القريبة التي يعكسها الغطاء النباتي والضوء الاحمر الذي يمتصه الغطاء النباتي وذلك من خلال المعادلة وكما هو ظاهر في الصورة (8):

الصورة (8) تبين انشاء ملف مؤشر الغطاء النباتي الخضري

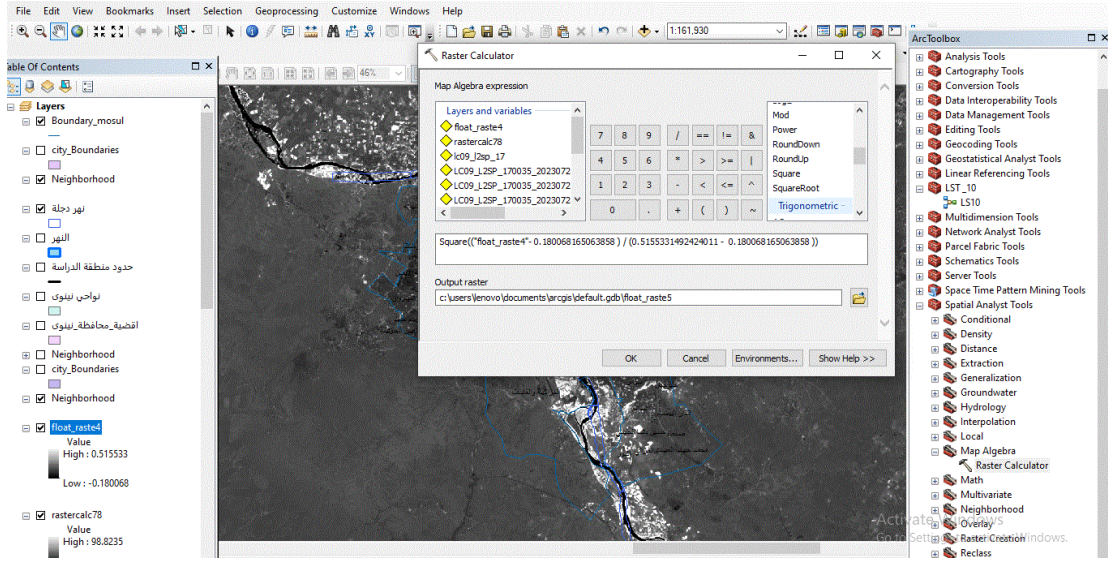


المصدر: اعتمادا على برنامج ARC GIS Desktop

- الخطوة الرابعة : انشاء ملف حساب نسبة الغطاء النباتي (PORPORTION OF VEGETATION (PV)) وفقا للمعادلة وكما هو موضح في الصورة (9) :

$$^2NDVI = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)$$

الصورة (9) تبين انشاء ملف حساب نسبة الغطاء النباتي



المصدر: اعتمادا على برنامج ARC GIS Desktop

– الخطوة الخامسة: انشاء ملف لحساب قيم الانبعاثات من سطح الارض: Land

surface Emissivity (LSE) or (ϵ) وفقا للمعادلة وكما هو مبين في الصورة

:(10)

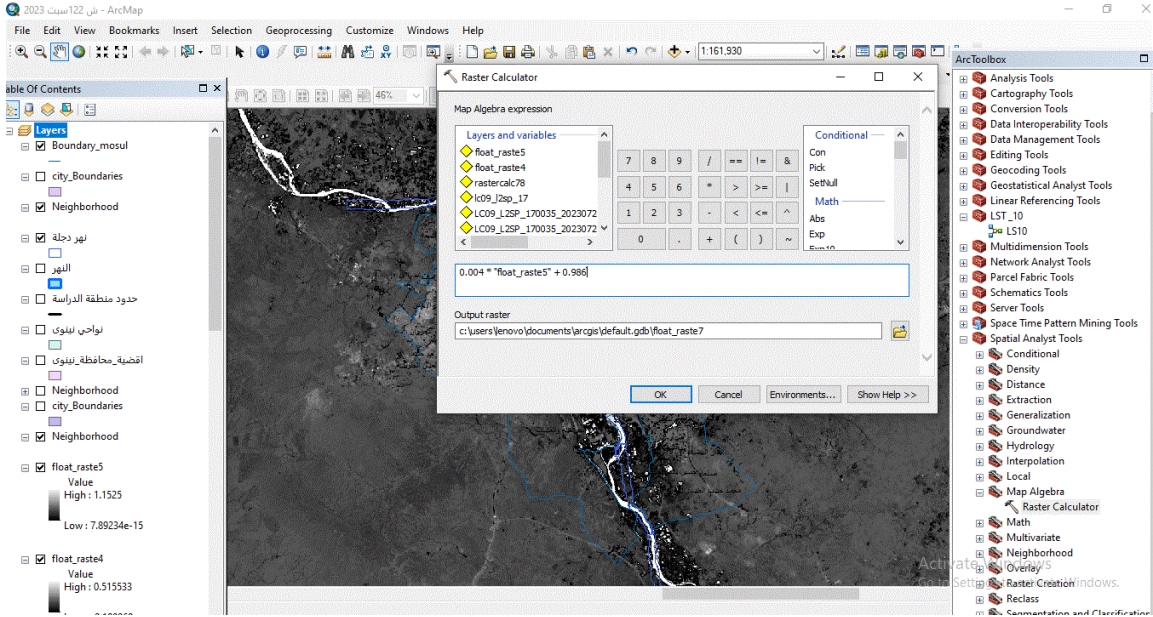
$$(\epsilon = 0.004 * pv + 0.986)$$

إذ إن:

(ϵ) = قيم الانبعاثات من سطح الارض.

(pv) = نسبة الغطاء الارضي، وبقية الارقام في المعادلة هي ارقام ثابتة.

الصورة (10) تبين انشاء ملف لحساب قيم الانبعاثات من سطح الارض



المصدر: اعتمادا على برنامج ARC GIS Desktop

– الخطوة السادسة: انشاء ملف يعكس درجة حرارة سطح الارض بمدينة الموصل وحسب الفترات الزمنية السابقة، من خلال المعادلة وكما هو ظاهر في الصورة (11):

$$LST = \frac{BT}{\{1 + [(\lambda BT/P) \ln \epsilon_\lambda]\}}$$

حيث أن:

Lst = درجة حرارة سطح الارض Land surface temperature

BT = قيمة انبعاثية سطح الارض Land surface Emissivity

$$14388 = h \frac{c}{\sigma} = p$$

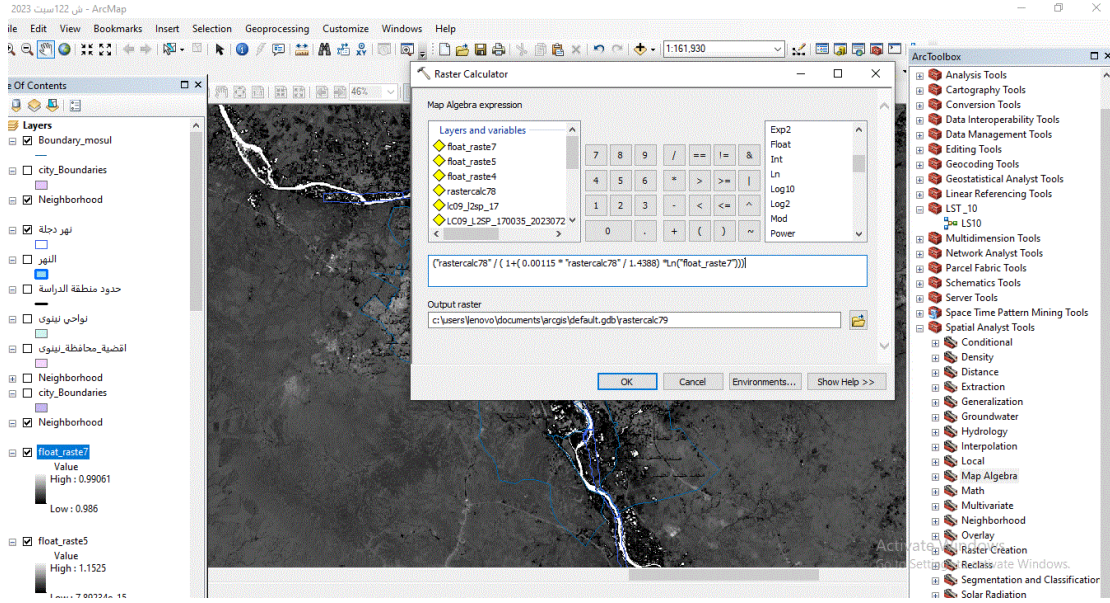
حيث h = (ثابت بلانك Planck's constant)

C = (ثابت بولتزمان Boltzmann constant) هو احد الثوابت الفيزيائية للحصول على

العلاقة بين طاقة الذرة او الجزيء في الحالة الغازية وبين درجة الحرارة.

– ويمثل الرمز σ سرعة الضوء.

الصورة (11) تبين انشاء ملف يعكس درجة حرارة سطح الارض في منطقة الدراسة



المصدر: اعتمادا على برنامج ARC GIS Desktop

3-1-4 تحليل التباين المكاني لدرجات حرارة سطح الارض (LST) في منطقة الدراسة

يعد الموقع الجغرافي بالنسبة لدوائر العرض من العوامل الأساسية المؤثرة على مناخ أي منطقة حيث يتحدد من خلاله مقدار الأشعة الشمسية التي تستقبلها الأرض والتي تتحدد بطول الليل والنهار، وفترات السطوع الشمسي، وزاوية ميلان أشعة الشمس، فكلما زاد طول النهار وقلت زاوية ميل الأشعة الشمسية زادت قوة الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض وبالتالي يزداد تأثيرها الحراري⁽¹⁾، وهنا لا بد من بيان أن درجة الحرارة السطحية تختلف من مكان لآخر بسبب عدة عوامل منها دوائر العرض ونسب اليابسة والماء التي تحدد مدى تأثير المسطحات المائية في تلطيف درجات الحرارة، فضلا عن خصائص السطح، علاوة على نوعية الاغطية الارضية ودورها في امتصاص الحرارة وانبعاثها مما يساهم في اختلافات محلية في درجة الحرارة السطحية، إذ تساهم هذه العوامل مجتمعة في خلق أنماط مناخية متميزة لكل موقع ضمن منطقة الدراسة حتى لو تشابهت هذه المواقع في الظروف المناخية العامة، وفي ضوء ذلك تشير الجزيرة الحرارية السطحية (Surface Urban Heat Island) في منطقة الدراسة إلى الفارق الحراري

(1) سعيد محمد هاني، الجزر الحرارية في مدينة اسويط وعلاقتها براحة الانسان، مجلة اسويط للدراسات البيئية، العدد 43، 2016، ص12.

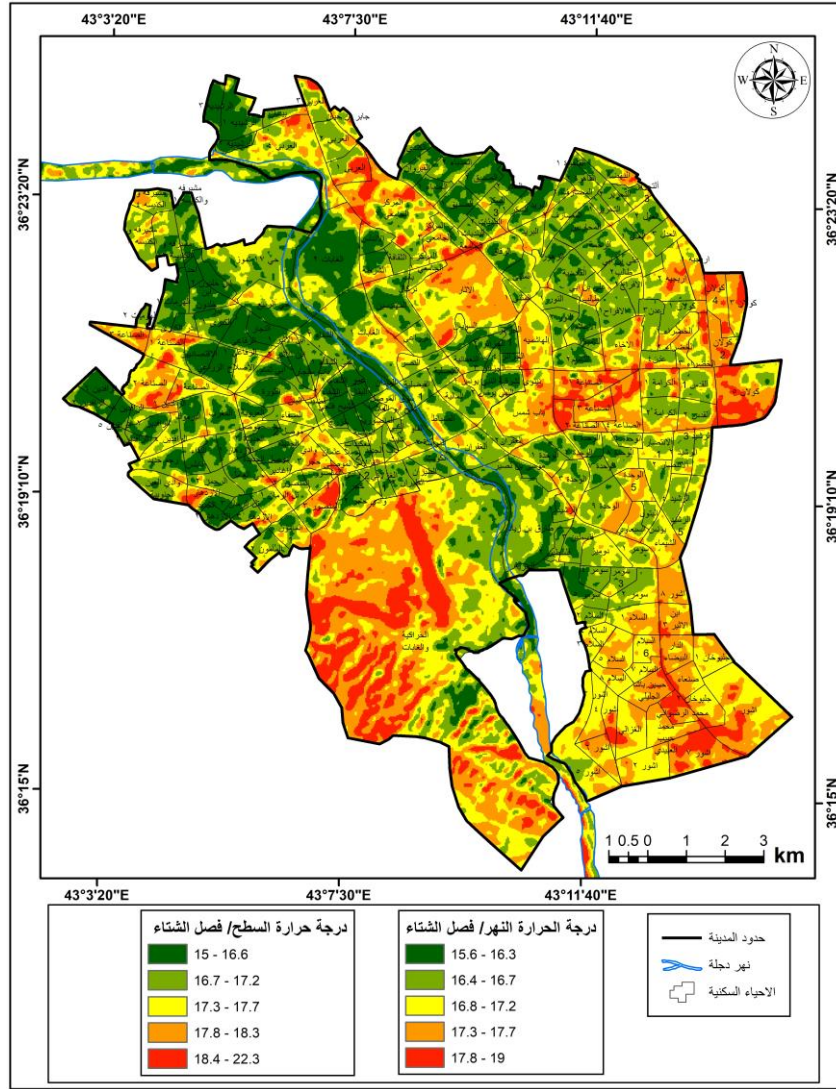
بين درجة حرارة سطح الأرض (Land Surface Temperature - LST) في المناطق المبنية والمناطق الزراعية والصحراوية المجاورة ، حيث تعد المرئيات الفضائية المصدر الرئيسي للبيانات المستخدمة في دراسة هذا النوع من الجزر الحرارية في المدن، إذ تأتي مرئيات القمر الصناعي (Landsat7 Enhanced Thematic Mapper) (ETM+) في مقدمة بيانات الاستشعار عن بعد التي تم استخدامها في دراسة الجزيرة الحرارية السطحية التي استخدمت في الدراسة ، ويمكننا تتبع التغيرات التي طرأت على درجة حرارة السطح لمدينة الموصل من خلال المرئيات الفضائية للقمر الصناعي (landsat-8) وعبر فترات الدراسة المختلفة.

3-1-4-1 الفترة (2013):

تظهر الخريطة (15) ارتفاعا ملحوظا في درجة حرارة سطح الارض خلال فصل الشتاء , حيث جاءت اسوأ النتائج في الاجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية والجنوبية الشرقية بالإضافة الى البقع المنتشرة ضمن حدود منطقة الدراسة، يمثلها اللون (الاحمر الداكن), إذ سجلت درجة حرارة تراوحت بين (18.4-22.3 °) والتي شغلت مساحة تبلغ (9.420) م² حيث تركزت في غالبيتها في المناطق السهلية والمفتوحة من الجهات المشار اليها لاسيما الجنوبية, فضلا عن تواجد طرق النقل الرئيسية المستمرة الحركة والمتمثلة في حركة السيارات وما ينتج عنها من عوادم تعد سبباً رئيسياً في رفع درجات الحرارة، ثم يليها في التصنيف اللون (البرتقالي) الذي يعبر هو الآخر عن ارتفاع درجة حرارة السطح بمساحة شغلت (22.085) م² من اجمالي مساحة مدينة الموصل بدرجة حرارة تتفاوت بين (18.3 - 17.8 °) ضمت بذلك مجموعة من الاحياء التي تقع ضمن نطاقها كاحياء (الصناعة2, الآثار, باب شمس, الصناعة1, وادي حجر3, كولان5), إذ تمثل هذه الاحياء بؤر للحركة السكانية والاقتصادية الصناعية، كما ويلحظ من الخريطة الحرارية المساحة التي يشغلها اللون (الاصفر) والبالغة (36.389) م² مسجلة بذلك اكبر النسب المشيرة الى انخفاض ملحوظا في درجة حرارة السطح عن الفئتين السابقتين بدرجة حرارة تتباين بين (17.3 - 17.7 °) لتغطي بذلك عدد من الاحياء الواقعة ضمن نطاقها الظاهر على الخريطة الى جانب تركزها في الجنوب والجنوب الشرقي وغرب الجنوب الغربي من منطقة الدراسة، ومن زاوية اخرى تبدو صورة الخريطة الحرارية على افضل احوالها, حيث يعكسها اللونان (الاخضر الفاتح والاخضر الداكن) اللذان يعكسان درجة حرارة السطح المنخفضة، شغل الاول مساحة (48.811) م² وبدرجة حرارة قدرها (16.7-17.2 °), في حين شمل الثاني

على مساحة تشكل الجزء الأكبر من إجمالي مساحة المدينة قدرها (85.532) م² وبدرجة حرارة تتباينت بين (15 - 16.6°)، يرجع هذا الانخفاض الى عناصر المناخ السائدة في الفصل من امطار وحرارة وسحب، فضلا عن اتجاه الرياح وسرعتها وهو ما تكلمنا عنه مسبقا في الفصل الثاني بالتفصيل، اما بالنسبة لنهر دجلة فقد سجل اختلافا في درجات الحرارة كما هو مبين في الخريطة الحرارية، اذ يلاحظ زيادة المساحة التي يشغلها اللونين (الاخضر الداكن والفاتح) حيث سجل الاول مساحة شملت (2.176) م² تتركز في معظمها في الجزء الاوسط من النهر وبحرارة بلغت (16.3, 15.6°) ، بينما شغل الثاني مساحة قدرها (3.570) م² وبدرجة حرارة تتراوح ما بين (16.4, 16.7°) توزعت على طول الامتداد العمودي للنهر من مجراه الاوسط ، في المقابل سجلت درجات الحرارة بعض الارتفاع الملحوظ والمثل باللون (الاصفر) حيث بلغت (16.8, 17.2°) تشكل مساحة قدرها (2.893) م² شملت غالبيتها الاجزاء الجنوبية والشمالية من النهر، اما اللونان (البرتقالي والاحمر الداكن) فيعبران عن اقصى درجات الحرارة التي يتضمنها النهر بهيئة جزر نهريّة حيث شمل الاول على مساحة شغلت (1.742) م² ودرجة حرارة تراوحت بين (17.3, 17.7°) مثلت في معظمها الاجزاء الجنوبية والشمالية من مجرى النهر، بينما شمل الثاني على مساحة قدرها (0.888) م² وحرارة تتباين بين (17.8, 19°) موزعة على مجرى النهر بين اجزائه الثلاثة (العليا والوسطى والدنيا).

الخريطة (15) تبين درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الشتاء

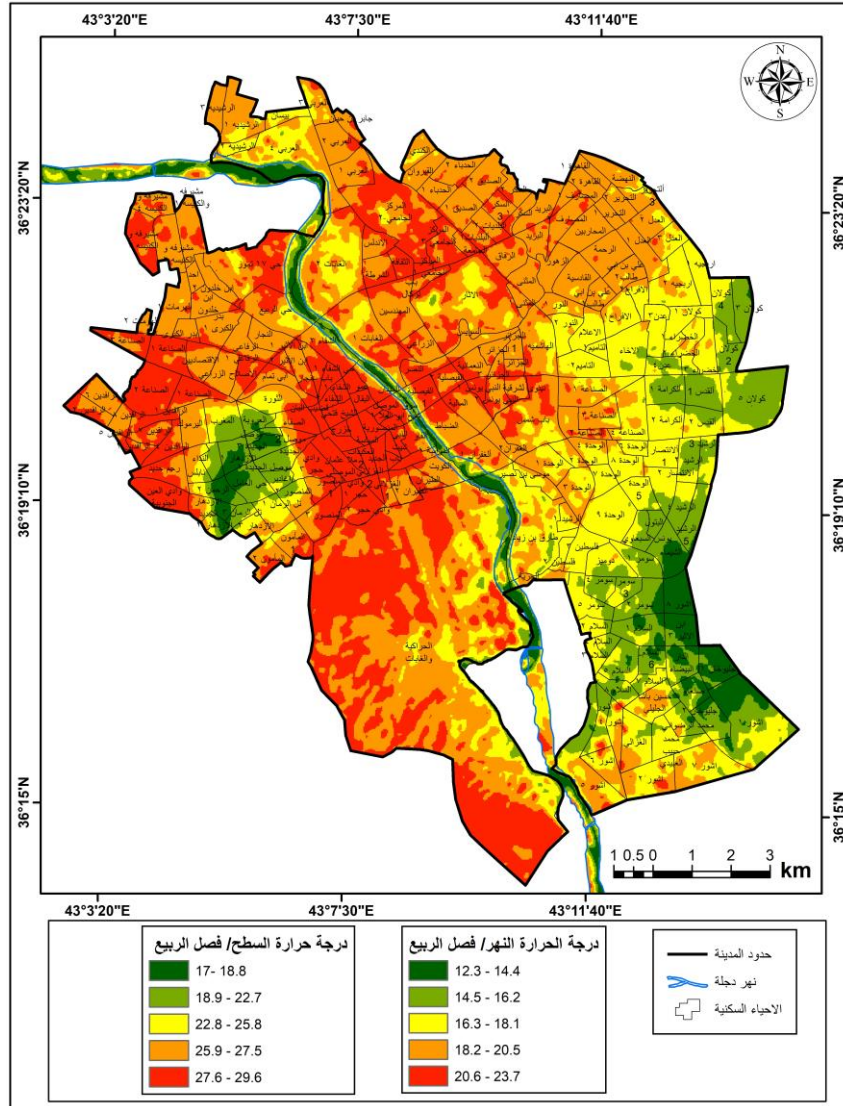


المصدر: بالاعتماد على المرئيات الفضائية لاندسات-8 (2013) لمدينة الموصل

اما في فصل الربيع فتبدو الخريطة الحرارية المستمدة من تحليل المرئية الفضائية خلاله في اسوأ حالاتها، لا سيما في جانب المدينة الايمن، حيث سجلت درجات الحرارة اقصاها والتي تتمثل باللون (الاحمر الداكن) كما هو مبين على الخريطة وبدرجة تراوحت ما بين (27.6,29.6°) وبمساحة شغلت (52.317) م² موزعة على منطقة الدراسة غطت بذلك مجموعة من المناطق، فضلا عن الاجزاء الجنوبية من المدينة، في المقابل تستمر درجات الحرارة بالارتفاع المعبر عنها باللونين (البرتقالي، والاصفر) اذ يمثل الاول النسبة الاكبر من مساحة منطقة الدراسة حيث بلغت (75.538) م² ودرجة حرارة تتراوح بين (27.5,25.9°) شملت في نطاقها معظم مناطق المدينة، على حين يشغل اللون الثاني (الاصفر) مساحة قدرها (43.924) م² وبدرجة حرارة تتفاوت بين (22.8,25.8°) ضم بذلك مساحة كبيرة ضمن حدود

منطقة الدراسة، ومن زاوية اخرى تبدو الخريطة الحرارية على احسن حال ويعبر عنها باللونين (الاخضر الفاتح والداكن) اللذان يشيران الى الانخفاض النسبي في درجة الحرارة، اذ شغل الاول مساحة (22.355) م² وبدرجة حرارة تتباين بين (18.9,22.7)° يرتكز في الاجزاء الجنوبية الغربية كاحياء (موصل جديدة1، العروبة، اغادير، المغرب، الكرامة1، القدس1) والاجزاء الجنوبية الشرقية مثل احياء (سومر، السلام1، يونس السبعاوي، أشور، سومر2) اما اللون (الاخضر الداكن) فقد شغل مساحة (8.11) م² تحتل معظمها الاجزاء الجنوبية الشرقية وشرق الجنوب الشرقي من منطقة الدراسة علاوة عن البقع الظاهرة في احياء (موصل جديدة2، الازدهار2، الرحمن2) وبدرجة حرارة تراوحت ما بين (17,18.8)°، وعلى مستوى النهر فقد سجل اختلافا في درجة حرارة السطح، اذ سجلت درجة الحرارة المنخفضة نسبيا والممثلة باللونين (الاخضر الداكن والفاتح) اذ تباينت درجة حرارة الاول بين (12.3,14.4)° ومساحة شملت (3.695) م² تشغل الاجزاء الوسطى والعليا من مجرى النهر في معظمها، بينما شغل الثاني مساحة قدرها (2.685) م² موزعة على طول امتداد النهر، لا سيما الاجزاء الوسطى منه ودرجة حرارة تتباين بين (14.5,16.2)°، اما الالوان الساخنة (الاصفر، البرتقالي، الاحمر الداكن) فتشير الى الارتفاع النسبي في درجة حرارة السطح، اذ بلغت في الاول درجة حرارة تتراوح بين (16.3,18.1)° ومساحة شغلت (2.029) م² موزعة على اجزاء النهر المختلفة، وبلغت في الثاني (البرتقالي) درجة حرارة تراوحت بين (18.2,20.5)° وشملت مساحة (1.922) م² تشغل غالبيتها الاجزاء الجنوبية والشمالية والشمالية الغربية من النهر، في حين بلغت في الثالث (الاحمر الداكن) حرارة تتباين (20.6,23.7)° وبمساحة شغلت (0.811) م² يشغل معظمها الاجزاء الجنوبية من النهر .

الخريطة (16) تبين درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الربيع

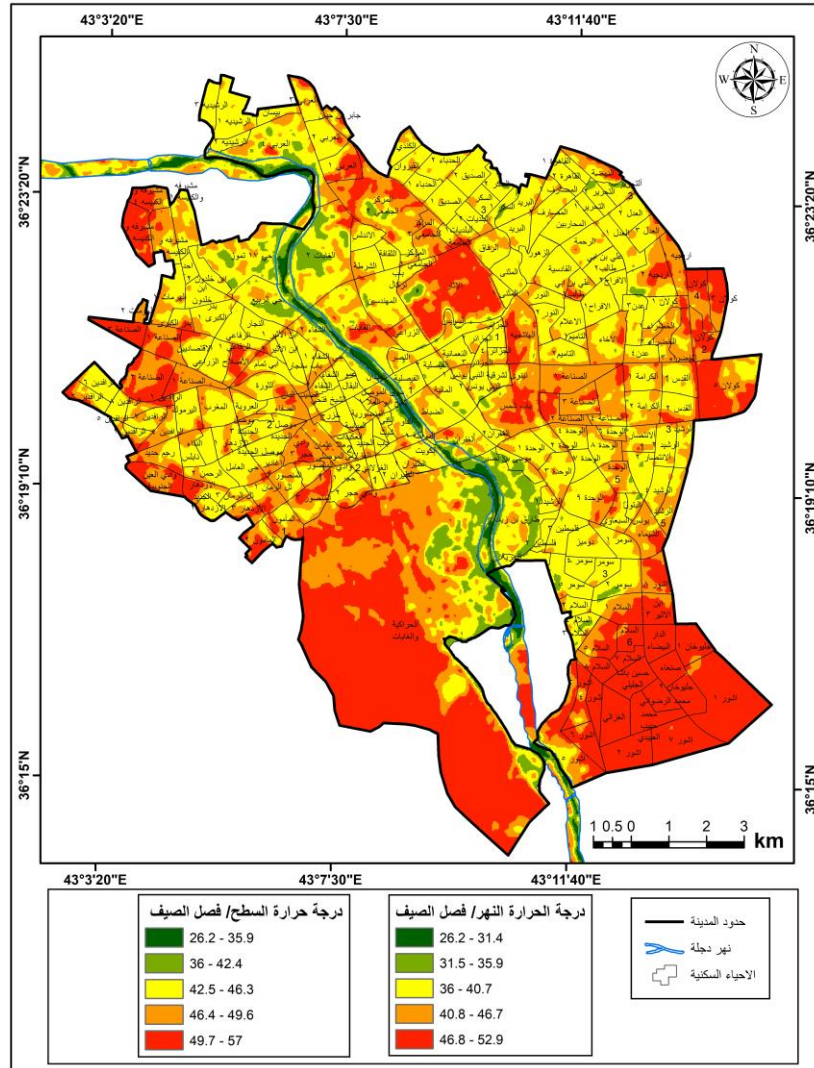


المصدر: بالاعتماد على المرئيات الفضائية لاندسات-8 (2013) لمدينة الموصل

اما فصل الصيف فتبدو الخريطة الحرارية في اسوا حالاتها ايضا, اذ شغل اللون (الاحمر الداكن والبرتقالي) المعبران عن درجات الحرارة المرتفعة مساحة قدرها (56.126) م² للون (الاحمر الداكن) من مجموع مساحة مدينة الموصل, اذ تراوحت درجة حرارة السطح ما بين (49.7,57)°, توزع في معظمه على الاجزاء الجنوبية والجنوبية الشرقية والغربية, بينما شغلت الاجزاء المتبقية عدد من الاحياء موزعة على كلا الجانبين مشكلة بذلك بؤر حرارية نتيجة للنشاط السائد في كل منها, في حين شغل اللون البرتقالي مساحة (54.502) م² ودرجة تفاوتت بين (46.4,49.6)° تشمل في نطاقها مجموعة من الاحياء المنتشرة ضمن منطقة الدراسة كأحياء (الصناعة1, تل الزمان1, السلام1, المنصور3), في المقابل شكل اللون (الاصفر) اكبر النسب من حيث المساحة والمعبر كذلك عن درجات الحرارة المرتفعة التي

تتراوح بين (42.5, 46.3 °) وعلى مساحة (81.209) م² غطت بها احياء واسعة من المدينة شكل الجانب الايسر من منطقة الدراسة أغلبها مثل احياء (الزهور , المثنى , الكرامة, القدس , العربي , النجار , الرفاعي), اما افضل النتائج فجاءت محدودة على كامل منطقة الدراسة وكما هو ملاحظ في البقع (الخضراء الفاتحة والداكنة) التي تعبر عن الانخفاض النسبي في درجة حرارة السطح اذ سجل اللون الاول مساحة (7.922) م² وحرارة تتفاوت بين (36,35.9 °) على حين سجل اللون الثاني مساحة شملت (2.492) م² وحرارة تراوحت بين (26.2,35.9 °) مقتصرة على الاراضي القريبة من النهر فضلا عن المسطحات الخضراء المتمثلة بغابات المدينة والمتنزهات الموزعة على جانبي المدينة، وعلى مستوى النهر يلاحظ سجلت درجات الحرارة اختلافات متباينة شغلت الالوان الساخنة (الاحمر الداكن , البرتقالي , الاصفر) مساحات اقل عن تلك الباردة , اذ شمل الاول (الاحمر الداكن) على مساحة قدرها (1.446) م² وحرارة تتفاوت بين (46.8,52.9 °) تركز غالبيتها في الاجزاء الجنوبية من النهر فضلا عن اجزاه الشمالية الغربية ، اما الثاني (البرتقالي) فقد اشتمل على مساحة بلغت (1.957) م² وبدرجة حرارة تتراوح بين (40.8,46.7 °) موزعة على امتداد مجرى النهر في اقسامه الثلاثة (العليا والوسطى والدنيا)، في حين شغل الثالث (الاصفر) مساحة (2.770) م² وحرارة تتباين ما بين (36,40.7 °) منتشرة على اجزاء واسعة من النهر بشكل بقع صغيرة المساحة ، وعلى الجانب الاخر مثلت الالوان الباردة (الاخضر الفاتح والداكن) التي تشير الى الانخفاض النسبي في درجة حرارة السطح, اذ شغل الاول مساحة (2.392) م² وبدرجة حرارة تفاوتت ما بين (31.5,35.9 °) مشكلة بذلك بقع تحتل غالبيتها الجزء الاوسط من النهر، اما الثاني فقد امتد على مساحة احتلت (2.730) م² وبدرجة حرارة تتراوح بين (26.2,31.4 °) توزعت على معظم طول المجرى المائي للنهر .

الخريطة (17) تبين درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الصيف

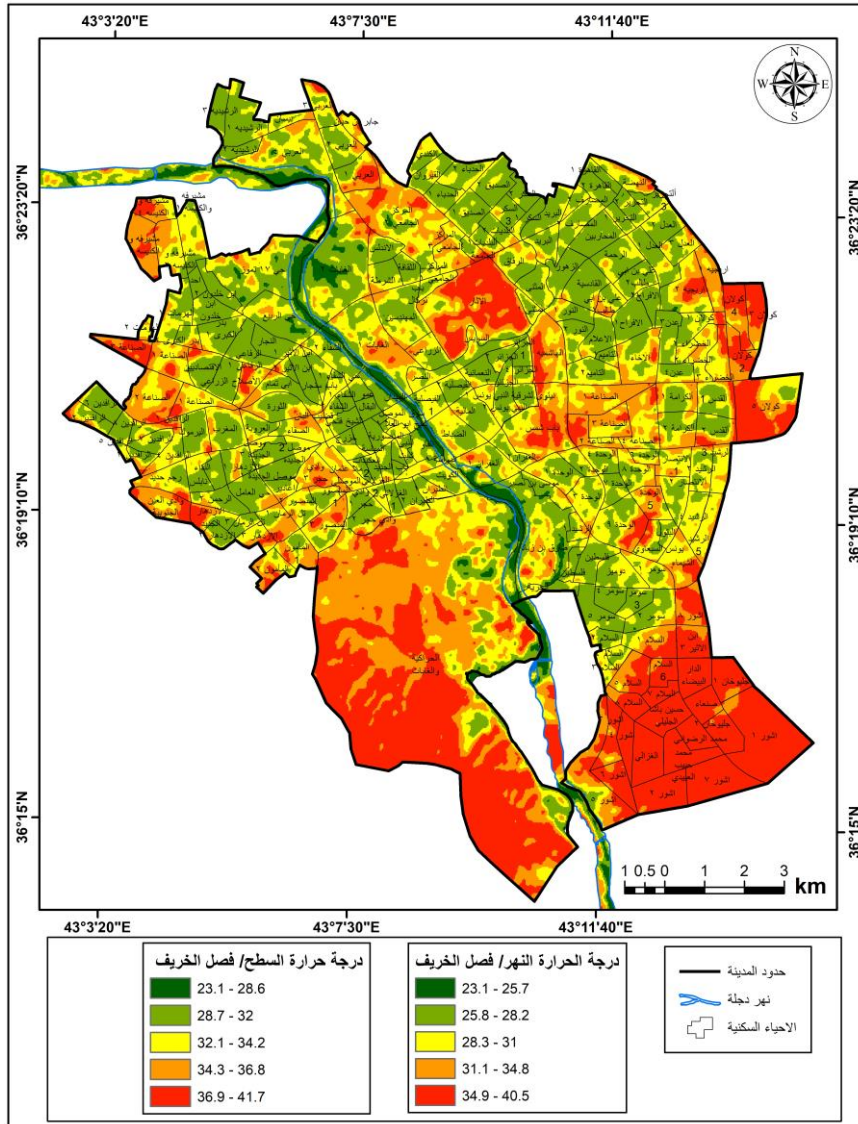


المصدر: بالاعتماد على المرئيات الفضائية لاندسات-8 (2013) لمدينة الموصل

اما فصل الخريف فقد شغلت التصانيف الثلاثة للالوان (الاحمر الداكن، البرتقالي، الاصفر) والتي تعكس درجات الحرارة المرتفعة مساحة واسعة من منطقة الدراسة، حيث شمل الاول (الاحمر الداكن) على مساحة (44.835) م² ودرجة حرارة تتباين بين (36.9,41.7°) تشغل في معظمها الاجزاء الجنوبية والجنوبية الشرقية والغربية من مدينة الموصل حيث الاراضي الغير عمرانية، اذ يلحظ تكرار وجود هذه البقع في استعمالات الاراضي الغير السكنية ، في حين توزعت المساحة المتبقية على عدد من احياء جانبي المدينة ، في حين شغل الثاني (البرتقالي) مساحة قدرها (46.420) م² وبدرجة حرارة تتفاوت ما بين (36.8, 34.3°) تحتل الاجزاء (غرب الجنوب الغربي) مساحة كبيرة الى جانب تركزاها في عدد من المواقع والاحياء داخل منطقة الدراسة نذكر منها (الصناعة2، مشيرفة2، الغابات1)، اما

الثالث (الاصفر) فقد شغل من حيث المساحة نسبة بلغت (50.973) م² وبحرارة تتراوح ما بين (32.1,34.2°) شملت بذلك عدداً كبيراً من الاحياء ومن كلا جانبي المدينة نذكر منها (رجم حديد، المنصور 2، الصناعة 1، الوحدة 7، المركز الجامعي، الرشيد) ، في المقابل شغلت اللوان الباردان (الاخضر الفاتح والداكن) اللذان يعبران عن درجة حرارة السطح المنخفضة مساحة (55.198) م² للون (الاخضر الفاتح) وبحرارة تراوحت بين (28.7,32°) وظهر ذلك بشكل واضح على الخريطة الحرارية في البقع التي يمثلها، بينما اللون الاخضر الداكن فقد شغل مساحة (4.093) م² ودرجة حرارة تتفاوت ما بين (23.1,28.6°) مقتصرة بتلك المساحة على الاراضي المجاورة لنهر دجلة الى جانب بعض البقع التي تشير الى المناطق ذات الغطاء النباتي الكثيف كغابات المدينة والخيف كالاراضي الزراعية والحدائق العامة ، اما نهر دجلة فيلاحظ التباينات التي سجلها في درجة حرارة السطح خلال الفترة المحددة، اذ شغلت الالوان الباردة النسبة الاكبر من مساحة مجرى النهر حيث يتقدمها اللون (الاخضر الداكن) بمساحة (3.268) م² وبدرجة حرارة تتباين بين (23.1,25.7°) توزعت على معظم الامتداد الطولي للمجرى لا سيما في اقسامه الوسطى، بينما شغل اللون (الاخضر الفاتح) الذي يلية مساحة (2.520) م² وحرارة تفاوتت بين (25.8,28.2°) وفيما يخص تركزها فانها لا تختلف عن سابقتها من التصنيف اذ يتركز غالبيتها في الاجزاء الوسطى والعليا من النهر، وعلى الجانب الاخر شغلت الالوان الساخنة (الاحمر الداكن، البرتقالي، الاصفر) مساحات واسعة تتخلل مجرى النهر، شمل الاول منها (الاحمر الداكن) على مساحة (1.387) م² وبحرارة تراوحت ما بين (36.9,41.7°) مثلت الاجزاء الجنوبية للنهر الغالبية منها ، في حين شغل الثاني منها (البرتقالي) مساحة (1.534) م² وبدرجة حرارة تتراوح بين (31.1,34,8°) تقع معظمها في الاجزاء العليا والدنيا من المجرى، بينما شغل الثالث (الاصفر) مساحة قدرها (2.578) م² وحرارة تتباين بين (28.3,31°) موزعة على طول امتداد المجرى المائي للنهر.

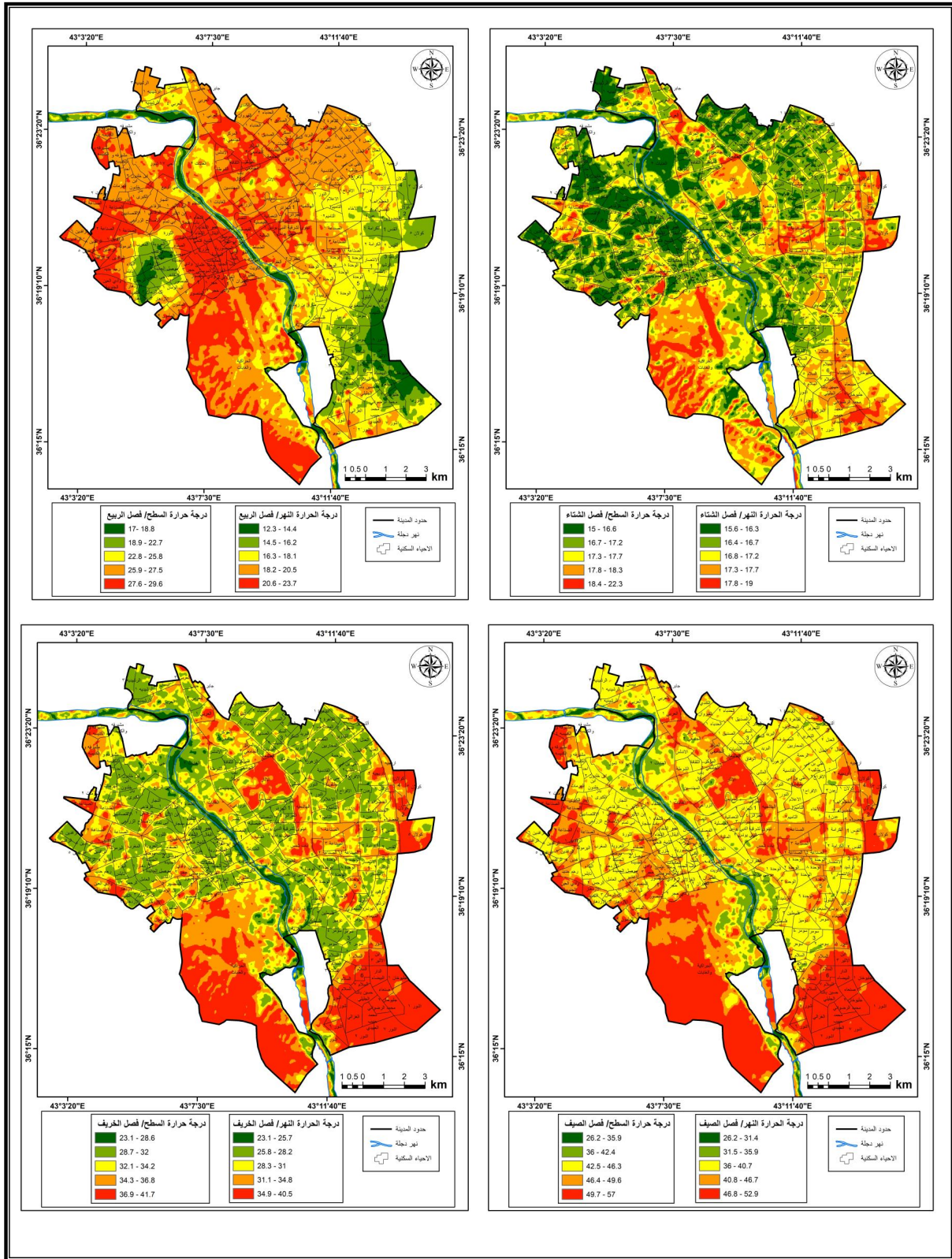
الخريطة (18) تبين درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الخريف



المصدر: بالاعتماد على المرئيات الفضائية لاندسات-8 (2013) لمدينة الموصل

وبناءً على ما ذكر، يلاحظ من خلال الخريطة (19) أن فصل الصيف احتل المرتبة الاولى من حيث شدة الجزيرة الحرارية السطحية من بين الفصول ، بينما فصل الخريف فشغل المرتبة الثانية من حيث قوة الجزيرة الحرارية السطحية ، على حين سجل فصل الربيع المرتبة الثالثة من حيث شدة الجزيرة الحرارية في مدينة الموصل، اما فصل الخريف فقد بلغ المركز الاخير من فصول السنة من حيث قوة الجزيرة الحرارية السطحية.

الخريطة (19) تبين درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل عام (2013) في جميع الفصول



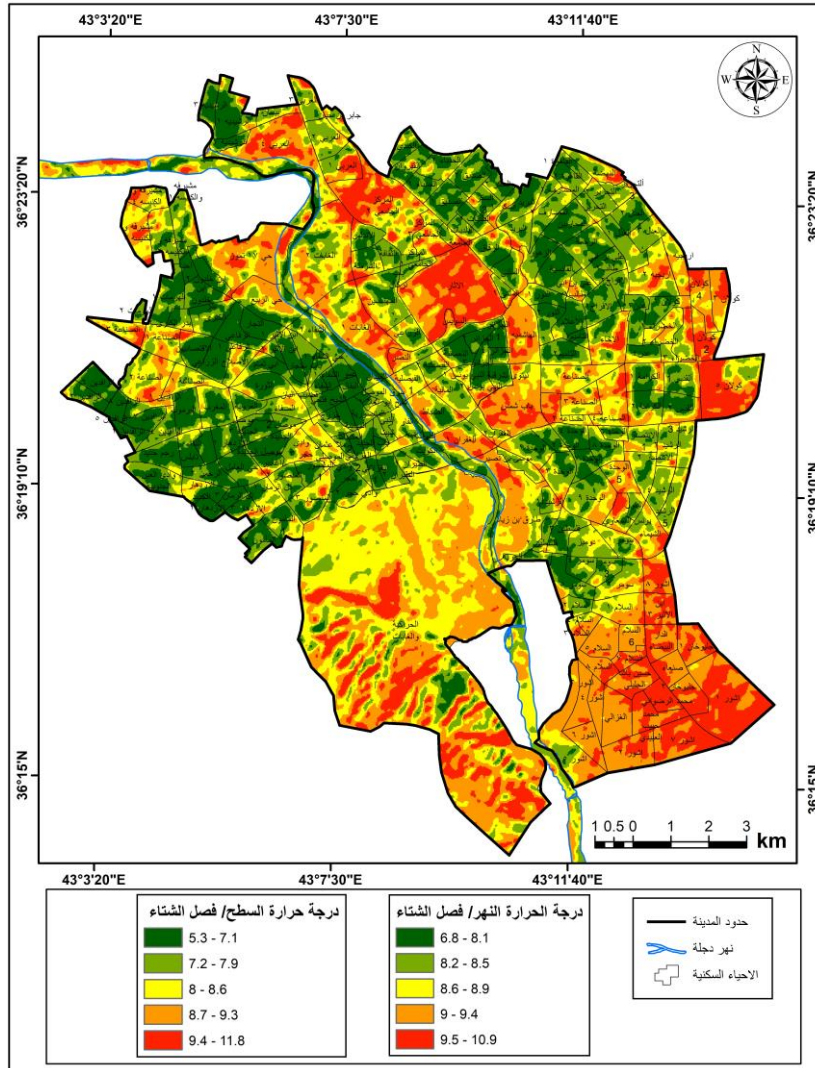
المصدر: بالاعتماد على المرئيات الفضائية لاندسات-8 (2013) لمدينة الموصل

3-1-4-2 الفترة (2017):

يتبين من خلال الخريطة (20) أن درجة حرارة سطح الأرض سجلت ارتفاعا نسبيا في درجات الحرارة عن الفترة التي سبقتها، حيث شغل مركزها حول اطراف المدينة من مختلف الاتجاهات لا سيما خلال فصلي الصيف والخريف، ويعزى سبب ذلك الى ان المدينة شهدت خلال هذه الفترة عمليات عسكرية لتحريرها من العصابات الارهابية، كما وكانت غالبية القطعات العسكرية تركز في اطراف المدينة وضواحيها علاوة عن عمليات النزوح الكبيرة والغير مسبوقه التي رافقت تلك العمليات الى جانب التكتل السكاني داخل المدينة وما رافقه من حركة باتجاه الاطراف ، وخلو المدينة بشكل شبه التام من الحركة وعلى كافة الاصعدة ، وعليه فقد سجل فصل الشتاء لمنطقة الدراسة خلال الفترة المذكورة جزيرة حرارية بلغت درجتها بتباين بين (11.8, 9.4°) للون (الاحمر الداكن) وبمساحة قدرها (26.029) م² شغلت الاجزاء الجنوبية والجنوبية الشرقية من المدينة الجزء الاكبر منها فيما شملت الاجزاء المتبقية على عدد من الاحياء نذكر منها (كولان5، الصناعة3، العربي2، المركز الجامعي2، الاثار)، يليه اللون (البرتقالي) في التصنيف الذي اشتمل على مساحة بلغت (48.509) م² وبدرجة حرارة تتفاوت ما بين (9.3, 8.7°) شغل هو الاخر ضمن نطاقه الاجزاء الجنوبية الشرقية والجنوبية الغربية، فضلا عن مجموعة من الاحياء مثل (باب شمس، صناعة التاميم2، كولان2)، في حين شغل اللون (الاصفر) مساحة (43.599) م² من اجمالي مساحة منطقة الدراسة وبحرارة تتراوح بين (8.6, 8°) ضمت في نطاق مساحتها الاجزاء (غرب الجنوب الغربي) و اجزاء محدودة من جنوبي المدينة علاوة عن البقع الصفراء المنتشرة ضمن الاحياء الواقعة داخل الحدود الادارية للمدينة وكما هو ظاهر على الخريطة الحرارية، وعلى الجانب الاخر فقد شغلت الالوان الباردة (اللونين الاخضر الفاتح والداكن)، حيث شمل الاول على مساحة قدرها (44.883) م² وبحرارة تتفاوت ما بين (7.1, 5.3°) ضمت بذلك عدد كبير من الاحياء وكما هو مبين في الخريطة ويعزى سبب تسجيل تلك القيم الى الصفات السائدة للعناصر الطقسية اثناء هذا الفصل والتي لها الاثر الكبير في حدوث التباين الحراري ما بين فصول السنة المختلفة ، اما بالنسبة لنهر دجلة فقد سجل ايضا تفاوتات في درجة حرارة السطح اشتملت الالوان الساخنة (الاحمر الداكن، والبرتقالي، والاصفر) على مساحات شاسعة بلغت في الاول مساحة (1.261) م² وبدرجة حرارة تباينت بين (10.9, 9.5°) شغل الجزء الاكبر منها على الاجزاء العليا والشمالية من

المجرى النهري، في حين بلغت في الثاني (البرتقالي) مساحة (3.262) م² وحرارة تتراوح بين (9,9.4°) موزعة على طول امتداد مجرى النهر لا سيما في ادزاه الجنوبية، اما الثالث (الاصفر) فقد اشتمل على مساحة (2.091) م² وحرارة تتراوح بين (8.6,8.9°) احتلت في غالبيتها الاجزاء العليا والسفلى من النهر، وفي المقابل شمل اللونان الباردان (الاخضر الفاتح والداكن) على مساحات واسعة، قدرها في الاول (2.068) م² وبدرجة حرارة تتفاوت ما بين (8.2,8.5°) للون (الاخضر الفاتح) توزعت على مختلف اجزاء النهر، لا سيما الوسطى منها، بينما بلغت (2.592) م² مساحة الثاني منها (الاخضر الداكن) وبدرجة حرارة تتباين بين (6.8,8.1°) تركز الجزء الاكبر منها في الحوض الاوسط لنهر دجلة .

الخريطة (20) تبين درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الشتاء



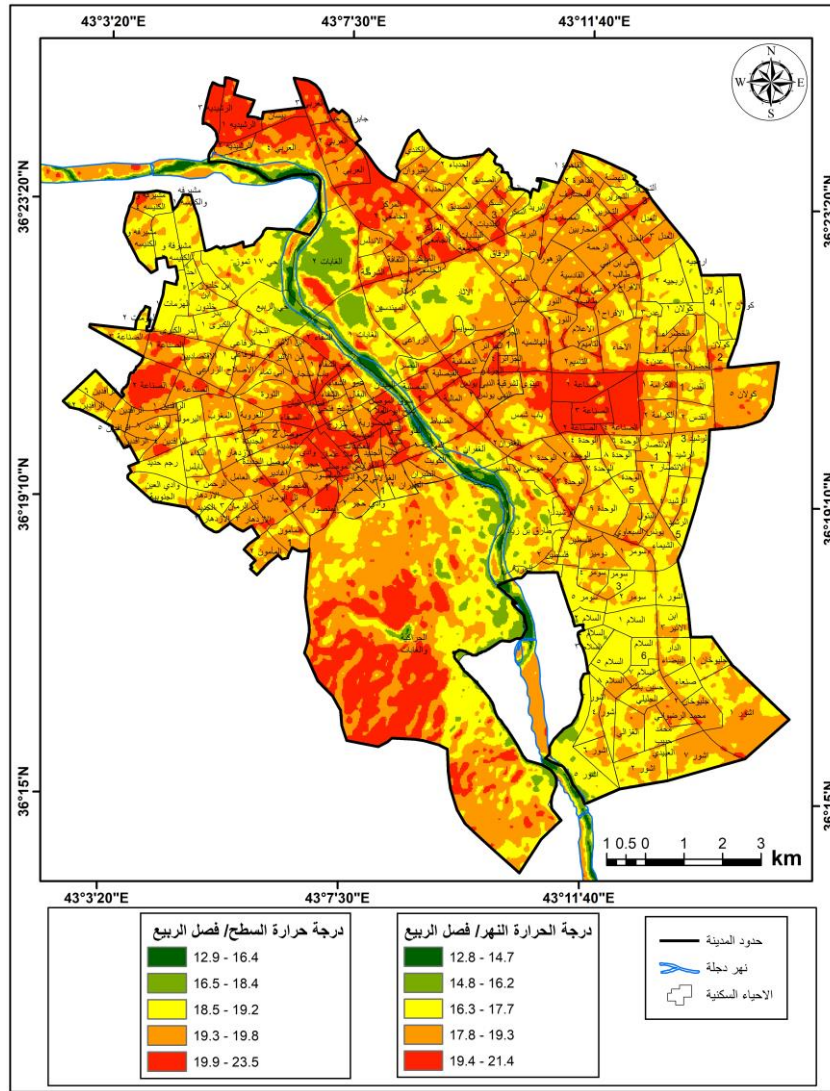
المصدر: بالاعتماد على المرئيات الفضائية لاندسات-8 (2017) لمدينة الموصل

اما في فصل الربيع يلحظ من خلال الخريطة الحرارية أن الالوان الساخنة الثلاث (الاحمر الداكن، البرتقالي، الاصفر) شغلت غالبية مساحة مدينة الموصل، حيث اشتمل الاول منها (الاحمر الداكن) على مساحة بلغت (37.294) م² وبدرجة حرارة تراوحت ما بين (19.9,23.5°) تشغل بذلك الاجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية من منطقة الدراسة وعلى طول امتداد طريق (موصل - بغداد)، فضلا عن اجزاء محدودة المساحة من الجنوب الشرقي والتي تظهر على شكل بقع حمراء فضلا عن تغطيته لعدد من الاحياء منها (صناعة التاميم، المركز الجامعي 3، الرشيدية 2، الصناعة 2، النبي يونس)، اما الثاني (البرتقالي) فقد شغل اكبر النسب من حيث المساحة والبالغ قدرها (91.367) م² وبحرارة تتفاوت بين (19.3,19.8°) تشكل الاجزاء الجنوبية الشرقية والجنوبية وغرب الجنوب الغربي مساحة واسعة منها الى جانب ضمها للعديد من احياء ومناطق منطقة الدراسة نذكر منها (حي العامل، الرافدين، العروبة، الاعلام، الاخاء، القادسية)، على حين شغل الثالث (اللون الاصفر) مساحة (65.907) م² وبدرجة حرارة تراوحت بين (18.5,19.2°) غطت قي نطاقها الاجزاء الجنوبية الشرقية والجنوبية فضلا ع الاجزاء الشمالية الغربية وشرق الشمال الشرقي، اضافة الى عدد من الاحياء المنتشرة على جانبي المدينة، وعلى الجانب الاخر شغلت الالوان الباردة التي تتمثل باللونين (الاخضر الداكن والفاتح) مساحة كبيرة، اذ بلغت في الاول (5.730) م² وبحرارة تتباين بين (12.9,16.4°) تمثلت في بعض الاراضي المجاورة وغير المجاورة للنهر كما هو ملاحظ في البقع التي يعكسها هذا اللون في الخريطة الحرارية، بينما شغل الثاني على مساحة (1.933) م² ودرجة حرارة تتراوح بين

(16.5,18.4°) مقتصرة على بقع صغيرة جدا موزعة بشكل متناثر على الخريطة لا سيما منطقة (الغابات 2) التي تمثل الجزء الاكبر من هذا اللون، وعلى مستوى النهر فسجل تباينا في درجة الحرارة حيث شغلت الالوان الساخنة (الاحمر الداكن، البرتقالي، الاصفر) مساحات متباينة، سجلت في الاول (1.395) م² ودرجة حرارة تتفاوت بين (19.4,21.4°) تركز الجزء الاكبر منها في الاجزاء العليا من المجرى النهري، اما الثاني بلغ مساحة قدرها (2.954) م² وحرارة تتباين ما بين (17.8,19.3°) موزعة على امتداد النهر لا سيما الاجزاء الجنوبية منه، بينما اشتمل الثالث على مساحة (2.580) م² ودرجة حرارة تتراوح بين (16.3,17.7°) ولا يختلف عن سابقه من حيث التوزيع الجغرافي اذ توزع على مختلف اجزاء النهر، وفي المقابل

شغل اللونين (الاخضر الفاتح والداكن) مساحة كبيرة بلغت في الاول (1.905) م² وبحرارة تفاوتت بين (14.8,16.2)° مثلت في غالبية مساحتها الاجزاء الوسطى ، في حين اشتملت في الثانية على مساحة (2.447) م² ودرجة حرارة تراوحت بين (12.8,14.7)° احتلت الاجزاء الشمالية والوسطى والدنيا من مجرى النهر المائي.

الخريطة (21) تبين درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الربيع

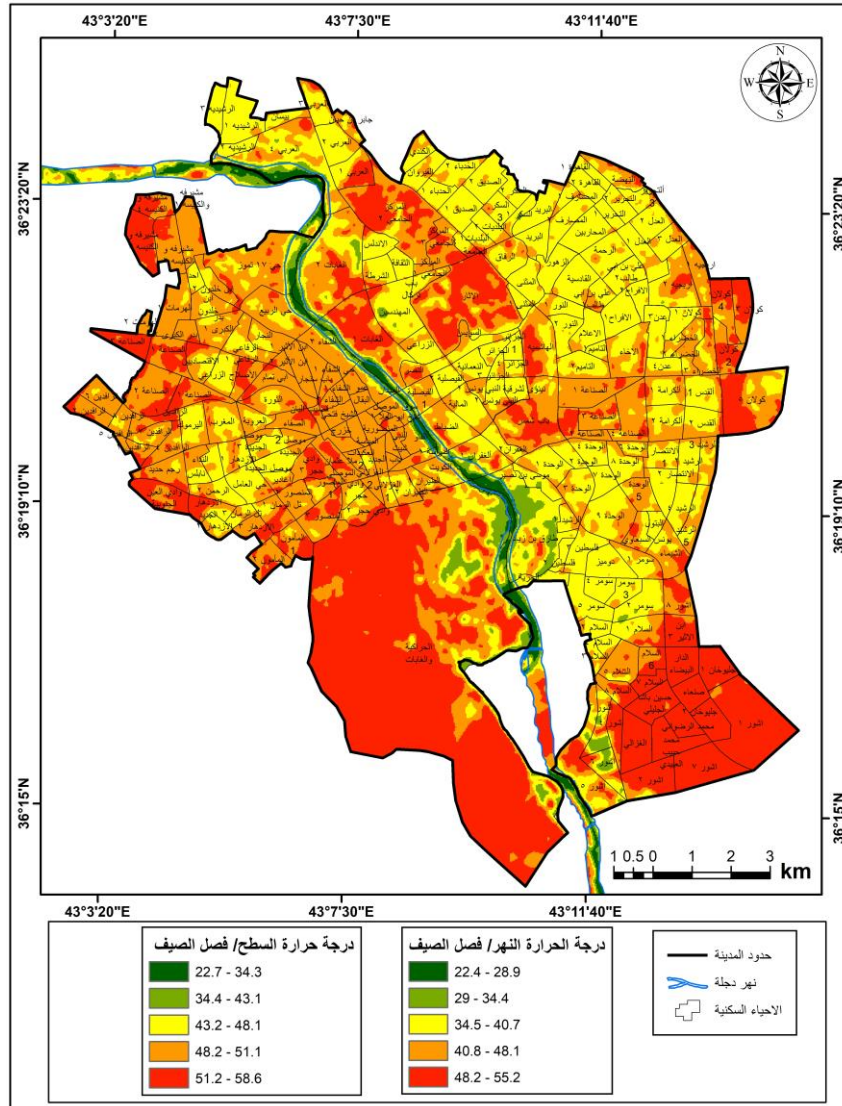


المصدر: بالاعتماد على المرئيات الفضائية لاندسات-8 (2017) لمدينة الموصل

اما في فصل الصيف فيلاحظ سيادة الجزيرة الحرارية في مختلف جهات منطقة الدراسة الجنوبية والغربية والشرقية، حيث يظهر من خلال الخريطة الحرارية زيادة المساحة التي تشغلها الالوان الساخنة (الاحمر الداكن ،البرتقالي، الاصفر)، اذ بلغ الاول مساحة قدرها (61.947) م² من اجمالي مساحة منطقة الدراسة وبحرارة تتراوح بين (51.2,58.6)° شكلت الاجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية والجنوبية الشرقية معظم هذه المساحة في حين توزعت المساحة المتبقية على

احياء المدينة كاحياء (الاصلاح الزراعي,الصناعة2, الغابات 1, الاثار , الجامعة, النبي يونس2)، اما الثاني (البرتقالي) فقد اشتمل هو الاخر على مساحة واسعة من منطقة الدراسة، اذ بلغت (70.428) م² وبدرجة حرارة تتفاوت بين (1.1,48.2°) تركزت معظمها في احياء جانب المدينة الايمن منها (باب سنجار, الشفاء, ابن الاثير, النبي شيت, خزرج, العكيدات)، بينما شغل الثالث (الاصفر) مساحة اشتملت على (62.462) م² وبحرارة تتباين ما بين (1.1,48.2°) ارتكز ثقلها في الجانب الايسر من احياء المدينة كاحياء (المصارف, المحاربين , الرفاق , النور , القادسية, الصديق, الحدياء) اضافة الى جانبها الايمن، وفي الجانب الاخر شغلت الالوان الباردة (اللونين الاخضر الداكن والفاتح)، اذ شغل الاول مساحة (4.739) م² وبدرجة حرارة تراوحت بين (22.7,34.3°) مقتصرة على على الاراضي المجاورة للنهر في الاجزاء الظاهرة على شكل بقع صغيرة جدا في الخريطة الحرارية، اما الثاني (الاخضر الفاتح) اشتمل على مساحة قدرها (2.693) م² وبحرارة تتباينت بين (1.1,43.4°) تتمثل هي الاخرى في الاجزاء المجاورة للمجرى النهري (جنوب جنوب الشرقي وجنوب جنوب الغربي) ، وعلى مستوى النهر فسجل تفاوتا حراريا ضمن مجراه المائي حيث شغلت الالوان الساخنة الثالث (الاحمر الداكن, البرتقالي, الاصفر) مساحات واسعة منه ، اذ بلغت في الاول (1.526) م² وبدرجة حرارة تتراوح بين (1.1,55.2°) شغلت الاجزاء الجنوبية والشمالية من النهر، بينما شغل الثاني (البرتقالي) مساحة بلغت (1.620) م² وحرارة تتباينت ما بين (1.1,40.8°) شغلت في غالبيتها الاجزاء العليا والدنيا من النهر، فضلا عن اجزائه الوسطى، اما الثالث (الاصفر) فقد اشتمل على مساحة (2.535) م² وبدرجة حرارة تتفاوت بين (7.7,34.5°) توزعت على كامل امتداد النهر ضمن حدود منطقة الدراسة الادراية والممثلة بالبقع الصفراء الظاهرة على الحيز المكاني للنهر ضمن الخريطة الحرارية، اما الالوان الباردة (اللونين الاخضر الفاتح والداكن) مثلت اجزاء واسعة من النهر، سجلت في الاول (الاخضر الفاتح) مساحة (2.908) م² وحرارة تتفاوت بين (4.4,29,34.4) شغلت الاجزاء الوسطى والشمالية من المجرى النهري، على حين سجل في الثاني (الاخضر الداكن) مساحة بلغت (2.743) وبدرجة حرارة تتباينت بين (9.9,22.4°) شملت في مساحتها كامل اجزاء النهر (العليا, الوسطى, الدنيا).

الخريطة (22) تبين درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الصيف

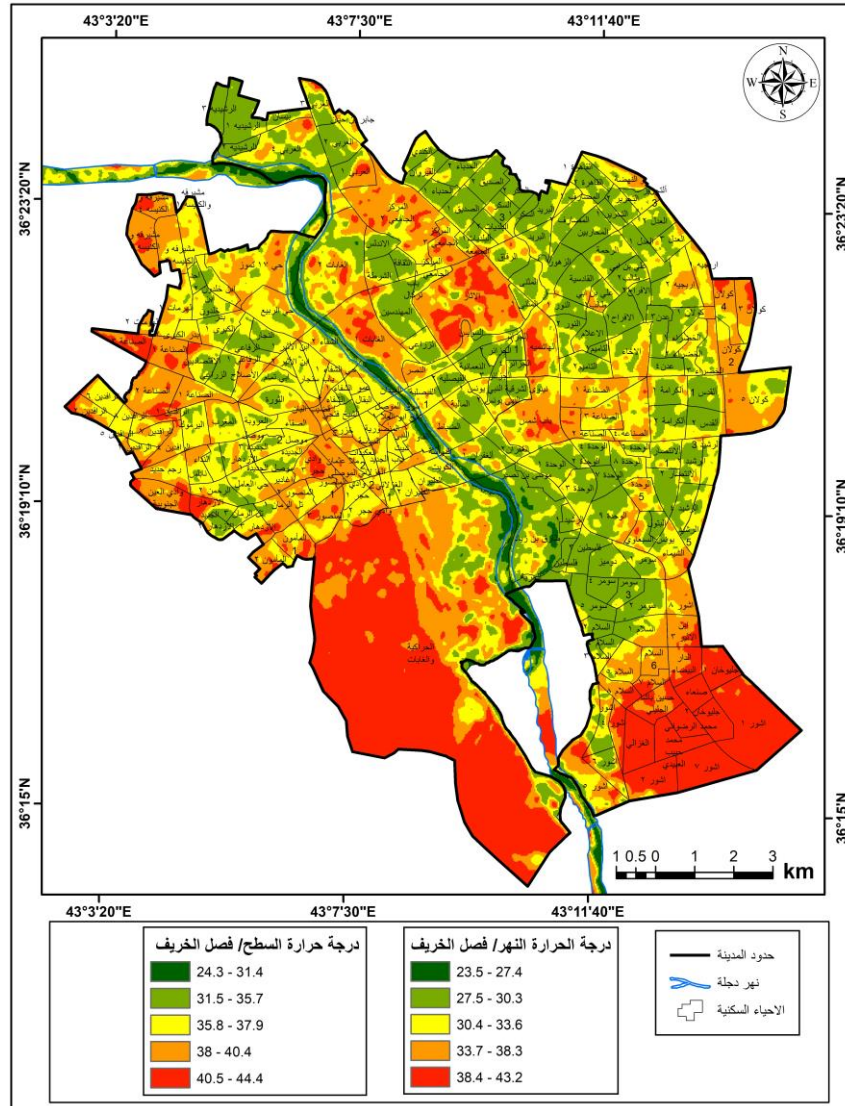


المصدر: بالاعتماد على المرئيات الفضائية لاندسات-8 (2017) لمدينة الموصل

اما في فصل الخريف فيظهر الانخفاض الملحوظ في نسب المساحة التي سجلتها الالوان الساخنة الثلاثة (الاحمر الداكن، البرتقالي، الاصفر)، حيث بلغت في الاول (44.001) م² وبدرجة حرارة تتراوح ما بين (40.5,44.4°) شغلت في معظمها الاجزاء الجنوبية الشرقية والجنوبية والجنوبية الغربية في حين اشتملت المساحة المتبقية على عدد من الاحياء نذكر منها (الصناعة 1، وادي حجر 3، الغابات 2، باب شمس، الاثار)، بينما اشتملت في الثاني (البرتقالي) على مساحة (48.586) م² وبحرارة تتباين ما بين (38,40.4°) مثلت جزءاً كبيراً منها الاجزاء الجنوبية الغربية والجنوبية الشرقية علاوة على تغطيتها لمجموعة كبيرة من الاحياء كما هو ظاهر على الخريطة كأحياء (الصناعة 2، كولان 2، تل الرمان 1، النصر، اشور 8)، في حين شغل الثالث (الأصفر) على مساحة (57.686) م² وبدرجة حرارة تتراوح ما بين (35.8,37.9°)

ضمت في نطاقها عدد من الاحياء مثل (الهرمات, اليرموك, موصل جديدة3, الشيماء, الاربجية1)، وفي المقابل شغل اللونان الباردان (اللون الاخضر الفاتح والداكن) مساحة (47.843) للون الاخضر الفاتح وبحرارة تتراوح ما بين (31.5,35.7 °) شغلت في نطاقها معظم الاحياء في الجانب الايسر من المدينة فضلا عن جانبها الايمن كاحياء (الازدهار, النجار, الرفاعي, الوحدة, التاميم2, المثني) ، وشغل اللون (الاخضر الداكن) مساحة (4.1350) م² وبدرجة حرارة تتفاوت بين (24.3,31.4 °) تركزت على الاراضي المجاورة للنهر والبقع الداكنة الصغيرة كما هو ملاحظ على الخريطة الحرارية للمساحات الخضراء الكثيفة، وعلى مستوى النهر ف سجل هو الاخر تباينا في درجة حرارة السطح الباردة (اللونين الاخضر الداكن والفاتح) اعلى النسب من حيث المساحة, اذ بلغت في الاول (الاخضر الداكن) (3.235) م² وبحرارة تراوحت بين (23.5, 27.4 °) شملت في معظمها الاجزاء الوسطى والشمالية من المجرى النهري، علي حين شغل الثاني (اللون الاخضر الفاتح) مساحة (3.226) م² وبدرجة حرارة تتباين ما بين (27.5,30.3 °) شغلت مساحات واسعة من مختلف اجزاء المجرى النهري لا سيما الوسطى والعليا منه، في المقابل اشتملت الالوان الساخنة الثلاثة (الاحمر الداكن, البرتقالي, الاصفر) على مساحات كبيرة شملت في الاول على مساحة قدرها (1.166) م² وبحرارة تتراوح بين (38.4,43.2 °) تركزت في الاجزاء الجنوبية والشمالية الغربية من النهر، في حين شغل الثاني (البرتقالي) مساحة (1.066) م² وبدرجة حرارة تتفاوت بين (33.7,38.3 °) شغلت معظمها الاجزاء الدنيا والعليا من المجرى المائي، اما الثالث (الاصفر) فقد شغل مساحة (2.594973) م² وحرارة تراوحت بين (30.4,33.6 °) توزعت في مساحتها على معظم الامتداد الطولي للنهر.

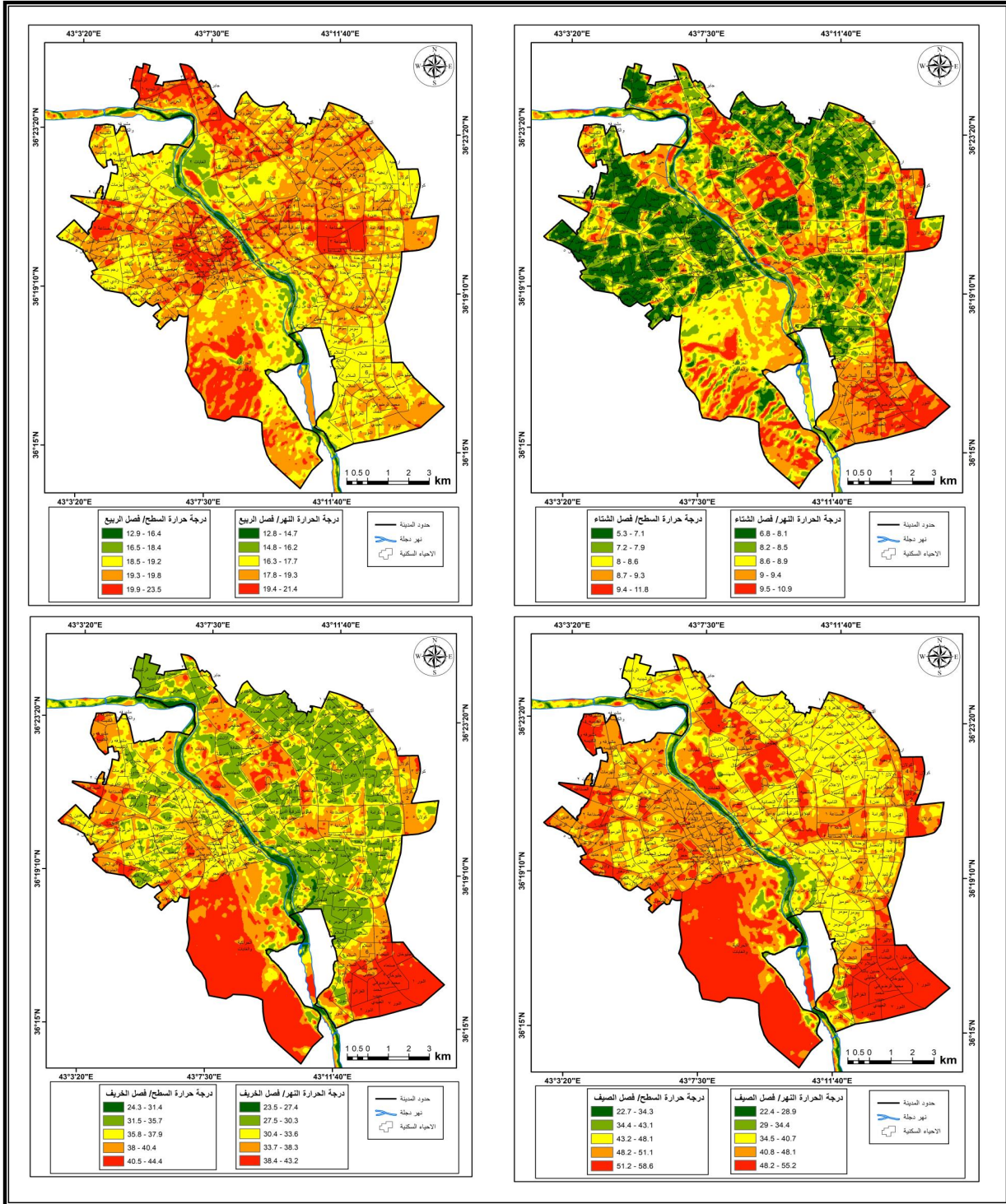
الخريطة (23) تبين درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الخريف



المصدر: بالاعتماد على المرئيات الفضائية لاندسات-8 (2017) لمدينة الموصل

وإجمالاً لما تقدم وعند المقارنة في قيم التصانيف الحرارية يظهر من خلال الخريطة (24)، أن فصل الصيف احتل المرتبة الأولى من حيث قوة الجزيرة الحرارية السطحية ، بينما شغل فصل الخريف المرتبة الثانية من حيث شدة الجزيرة الحرارية ، في حين يأتي فصل الربيع في المرتبة الثالثة من حيث قوة الجزيرة الحرارية السطحية ، أما فصل الشتاء فقد شغل المرتبة الأخيرة من فصول السنة من حيث شدة الجزيرة الحرارية في مدينة الموصل.

الخريطة (24) تبين درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل عام (2017) في جميع الفصول



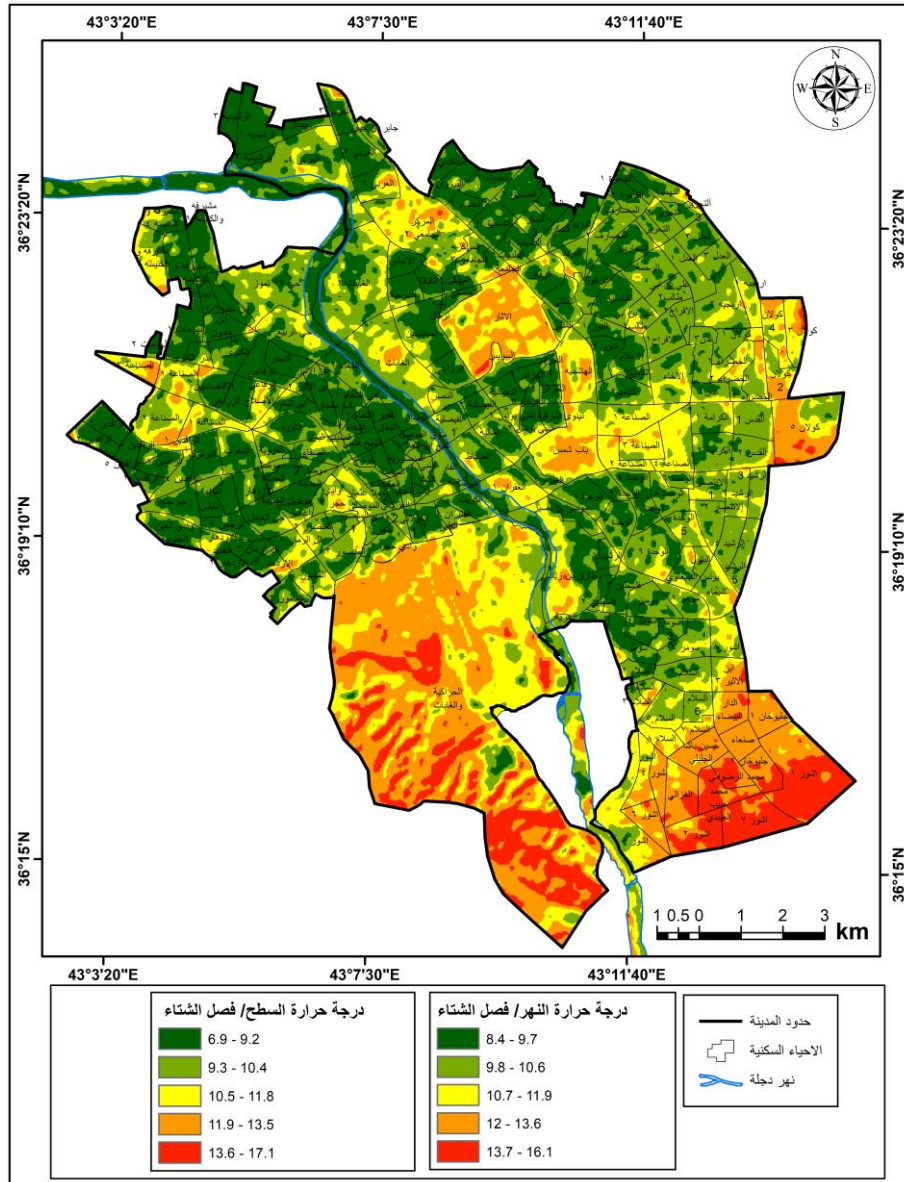
المصدر: بالاعتماد على المرئيات الفضائية لاندسات-8 (2017) لمدينة الموصل

3-4-1-3 الفترة (2023) :

يلاحظ من خلال الخريطة (25) ارتفاع نسبة المساحة التي تشغلها الألوان الباردة (اللونين الأخضر الداكن والفاتح) التي تشير الى درجة حرارة السطح المنخفضة خلال فصل الشتاء وهو ما لم نشاهده في الفترات السابقة، حيث بلغت في الاول مساحة (53.819) م² من اجمالي منطقة الدراسة وبدرجة حرارة تفاوتت ما بين (6.9,9.2)° غطت في نطاقها مجموعة كبيرة من احياء المدينة نذكر منها (مشيرة والكنيسة1, النجار, الرفاعي, المثني, النبي يونس2, الشرطة, الاندلس, العربي2) ، بينما شغل الثاني (الأخضر الفاتح) أكبر النسب من حيث المساحة والبالغة (59.030) م² وحرارة تتراوح بين (9.3,10.4)°، شمل الجزء الأكبر منها على عدد كبير من احياء الجانب الأيسر من المدينة مقارنة بالجانب الأيمن، ويعود سبب هذا الارتفاع الحاصل الى العوامل الطبيعية المتعلقة بعناصر الطقس والمناخ والتي أشرنا اليها مسبقا فضلا عن الزيادة الملحوظة في مساحات الغطاء الخضري في الونة الأخيرة التي بدأت تتولى اهتماما من الجهات الحكومة والمدنية ذات العلاقة، وفي المقابل شغلت الألوان الساخنة (الأحمر الداكن، البرتقالي، الأصفر) مساحات واسعة بلغت في الاول (13.924) م² وبحرارة تراوحت ما بين (13.6,17.1)° مثلت غالبية الأجزاء الجنوبية والجنوبية الشرقية والغربية من مساحة منطقة الدراسة، في حين شغل الثاني (البرتقالي) مساحة قدرها (33.905) م² وبدرجة حرارة تتباين ما بين (11.9,13.5)° ضمت في نطاقها الأجزاء الجنوبية الشرقية و غرب الجنوب الغربي من المدينة الى جانب شمولها عدد من الأحياء، بينما بلغت في الثالث (الأصفر) مساحة قدرها (33.905) م² وبدرجة حرارة تراوحت (10.5,11.8)° اشتملت على مجموعة من الأحياء من كلا جانبي المدينة مثل (وادي حجر, صناعة التاميم 3, الصناعة1, السلام8, تل الرمان2)، اما بالنسبة لنهر دجلة فقد شغل اللونان الباردان (اللونين الأخضر الداكن والفاتح) أعلى النسب من حيث المساحة حيث بلغت في الاول (4.227) م² وبحرارة تتفاوت بين (8.4,9.7)° ضمت في معظم نطاقها الأجزاء الشمالية والوسطى من النهر، في حين شغلت في الثاني (الأخضر الفاتح) مساحة (3.566) م² وبدرجة حرارة تتباين بين (9.8,10.6)° توزعت على طول امتداد المجرى المائي للنهر لاسيما في الأجزاء الدنيا منه، وعلى الجانب الآخر شغلت الألوان الساخنة (الأحمر الداكن، البرتقالي، الأصفر) مساحات محدودة تقدمها في النسب (اللون الأصفر) بمساحة (2.095) م² وبحرارة تتراوح ما بين

($10.7, 11.9$ °) احتلت غالبيتها الاجزاء الجنوبية فضلا عن البقع المحدودة من الاجزاء الشمالية للنهر، في حين شغل الثاني (البرتقالي) ثاني النسب على مساحة بلغت (0.956) م² ودرجة حرارة تتفاوت ما بين ($12, 13.6$ °) شغلت غالبيتها الاجزاء الدنيا من النهر، اما الثالث (الاحمر الداكن) شمل مساحة قدرها (0.450) م² ودرجة تتراوح بين ($13.7, 16.1$ °) مقتصرة بمساحتها على الاجزاء الجنوبية من المجرى المائي للنهر.

الخريطة (25) تبين درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الشتاء



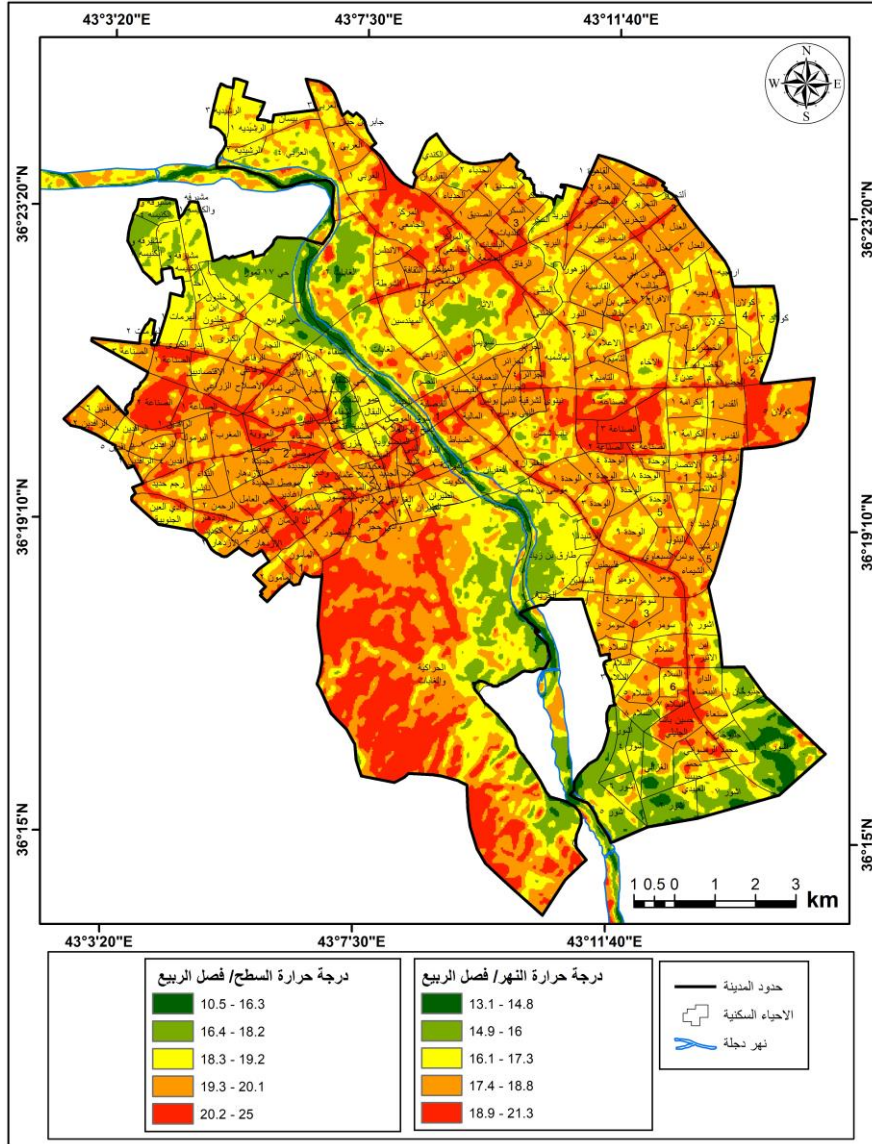
المصدر: بالاعتماد على المرئيات الفضائية لاندسات-8 (2023) لمدينة الموصل

اما في فصل الربيع فيلاحظ من خلال الخريطة الحرارية تراجع نسب مساحات الالوان الباردة (اللونين الاخضر الداكن والفاتح) بعد أن كانت مرتفعة خلال فصل الشتاء ، اذ شغل

الاول مساحة بلغت (3.047) م² وبحرارة تتراوح ما بين (10.5,16.3)° شغلت المسطحات الخضراء المجاورة لنهر دجلة اجزاء منها، علاوة عن الاجزاء الواقعة في الجنوب الشرقي من منطقة الدراسة، في حين شغل الثاني (الاخضر الفاتح) مساحة (16.018) م² وبدرجة حرارة تتباين بين (16.4,18.2)° اشتملت على الاجزاء الجنوبية الشرقية والجنوبية والجنوبية الغربية من المدينة الى جانب المساحات المحدودة كما هو ظاهر على الخريطة الحرارية، على حين ازدادت النسب المساحية التي تشغلها الالوان الساخنة (الاحمر الداكن، البرتقالي، الاصفر) شمل الاول منها على مساحة بلغت (40.476) م² وبحرارة تفاوتت بين (20.2,25)° ، تركز الجزء الاكبر منها في الاجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية والشرقية، بينما شغل الجزء المتبقي على احياء متعددة من المدينة نذكر منها (الصناعة2، العروبة، النبي شيت، صناعة التاميم3، الجامعة، الفيصلية)، اما الثاني (البرتقالي) فقد شغل الجزء الاكبر في مساحته بمقدار (88.703) م² وبدرجة حرارة تتراوح بين (19.3,20.1)° ضمت في نطاقها مجموعة كبيرة من الاحياء مثل (الاصلاح الزراعي، الرفاعي1، الرفادين، الوحدة1، القدس، التحرير، العدل، المصارف2)، بينما الثالث (الاصفر) اشتمل على مساحة بلغت (53.981) م² وبحرارة تتباين ما بين (18.3,19.2)° شغلت بذلك الاجزاء الجنوبية والجنوبية الشرقية والشمالية والشمالية الغربية من منطقة الدراسة علاوة عن البقع الموزعة على احياء المدينة ، كاحياء (الهاشمية، الزهور، المهندسين، الطيران، رجم حديد، الهرمات1)، وعلى مستوى النهر شغل اللونان الباردان (اللونين الاخضر الداكن والفاتح) مساحات واسعة بلغت في الاول منها (2.819) م² وحرارة تتراوح بين (13.1,14.8)° توزعت على طول امتداد المجرى المائي لا سيما في اجزاء الشمالية والوسطى، في حين الثاني (الاخضر الفاتح) اشتمل على مساحة (2.085) م² ودرجة حرارة تتفاوت ما بين (14.9,16)° شغلت في غالبيتها الاجزاء الجنوبية والوسطى والاجزاء الشمالية من اعلى المجرى النهري الى جانب بعض المساحات المحدودة من الاجزاء الشمالية للنهر، على حين شغلت الالوان الساخنة (الاحمر الداكن، البرتقالي، الاصفر) مساحات كبيرة حيث سجلت في الاول (0.662) م² ودرجة حرارة تتراوح بين (18.9,21.3)° شغلت غالبيتها الاجزاء الدنيا من النهر، في حين سجلت في الثاني (البرتقالي) مساحة (2.644) م² وحرارة تباينت بين (17.4,18.8)° اشتملت على الاجزاء الشمالية والجنوبية من النهر، اما الثالث والاخير (الاصفر) شغل اجزاء واسعة من بين النسب ليشمل مساحة (3.085) م² ودرجة حرارة تفاوتت

بين (16.1,17.3)° شملت في نطاقها الاجزاء الثلاثة للنهر (العليا, الوسطى, الدنيا) ضمن الحدود الادارية لمنطقة الدراسة.

الخريطة (26) تبين درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الربيع



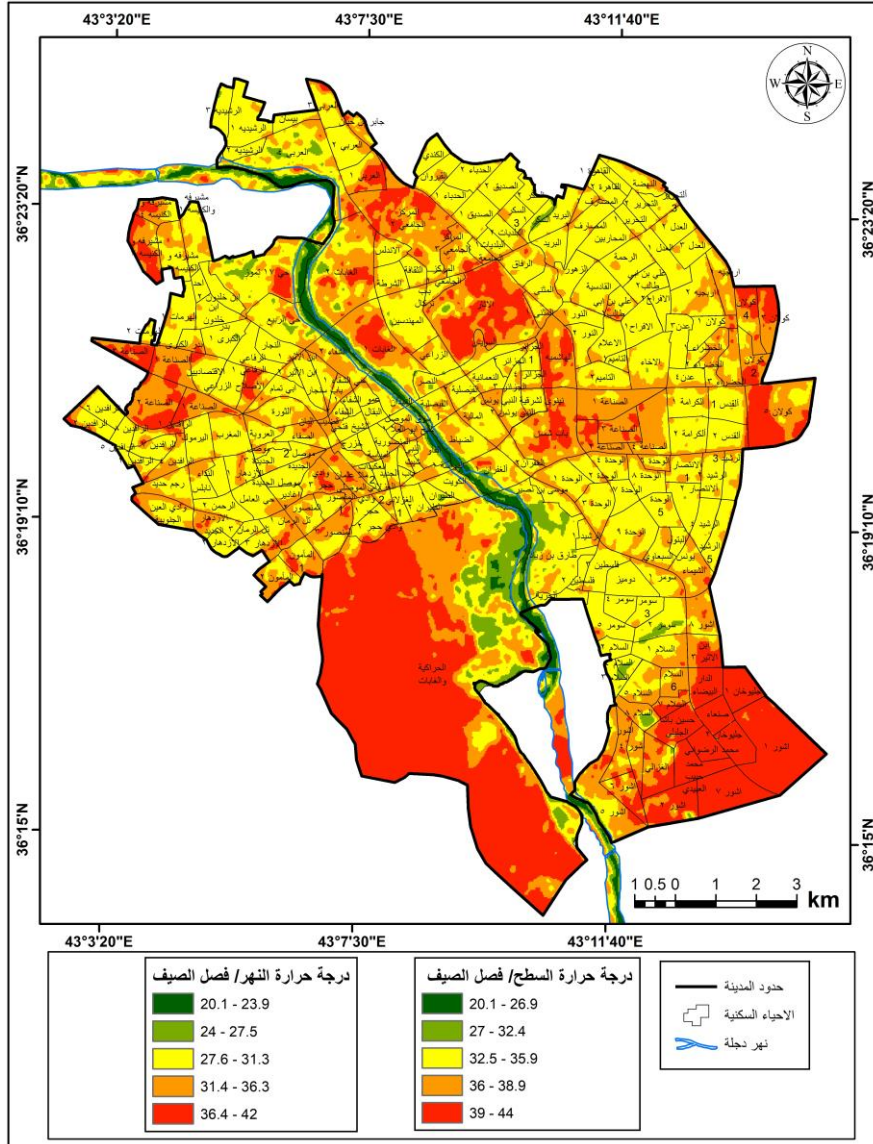
المصدر: بالاعتماد على المرئيات الفضائية لاندسات-8 (2023) لمدينة الموصل

اما في فصل الصيف فيلاحظ ازدياد المساحة التي تشغلها الالوان الساخنة (الاحمر الداكن, البرتقالي, الاصفر)، حيث شغل الاول منها (الاحمر الداكن) على مساحة (49.222) م² وبدرجة حرارة تتباين بين (36.4,42)° شملت على الاجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية والجنوبية الشرقية من المدينة فضلا عن تغطيتها لمجموعة من الاحياء كاحياء (الصناعة,2, الاثار, باب شمس، العربي,1), بينما اشتمل الثاني منها (البرتقالي) على مساحة بلغت (55.476) م² وحرارة تتفاوت ما بين (31.4,36.3)° ضمت في نطاقها مجموعة كبيرة من

الاحياء الموزعة على جانبي المدينة مثل احياء (موصل جديدة3, قضيب البان, صناعة, ارجية2, المركز الجامعي3, كولان5, النبي يونس1) ذات النشاط البيئي المتنوع المزدهم بالحركة ما بين النشاط الصناعي والتجاري, حيث الحركة المستمرة للمركبات على مدار اليوم وما ينتج عن تلك الحركة من غازات وملوثات تعمل على زيادة درجات الحرارة وتكوين الظاهرة المدروسة , ولا بد من الاشارة الى أنه سنتاول ذات الاحياء التي اشرنا اليها انفا في الجانب القادم من الفصل الذي يتناول قياسات ملوثات الهواء للعناصر المحددة اذ سجلت ذات المناطق في التصنيفين أنفا اعلى نسب في قياساتها كما سجلت الان اعلى المناطق حرارة, بينما سجل الثالث (الاصفر) درجة حرارة تتراوح بين (27.6,31.3°) ومساحة قدرها (88.713) م² غطت بذلك معظم احياء منطقة الدراسة اذ مثل الجانب الايسر من المدينة معظم هذه المساحة, اما الالوان الباردة (اللونين الاخضر الفاتح والداكن) فقد ارتفعت مساحتها عن ما كانت عليه في الفصل السابق اذ شغل الاول (الاخضر الفاتح) مساحة بلغت (5.946) م² وحرارة تتباين ما بين (24,27.5°) , تركز الجزء الاكبر منها في الاراضي المجاورة للاجزاء الدنيا من النهر الى جانب عدد من البقع التي يتم ملاحظتها على الخريطة الحرارية والتي تعبر عن المسطحات الخضراء ضمن منطقة الدراسة, اما اللون (الاخضر الداكن) شمل مساحة بلغت (2.895) م² وبدرجة حرارة تتفاوت بين (20.1,23.9°) مقتصرة على بقع صغيرة من منطقة الدراسة , ومن زاوية اخرى سجلت الالوان الباردة (الاصفر الداكن والفاتح) بالنسبة للنهر اعلى النسب اذ بلغت في الاول مساحة قدرت (3.3399) م² وبحرارة تتفاوت ما بين (20.1,26.9°) احتلت في معظمها الاجزاء الشمالية والوسطى من النهر, بينما شغلت في الثاني مساحة بلغت (2.3589) م² وبدرجة حرارة تتراوح بين (27,32.4°) اما من حيث تركزها فانها لا تختلف عن اللون (الاصفر الداكن) فقد توزعت على معظم امتداد المجرى المائي, في الجانب الاخر شغلت الالوان الساخنة (الاحمر الداكن ,البرتقالي, الاصفر) مساحات كبيرة سجلت في الاول (الاحمر الداكن) مساحة بلغت (1.2051) م² وبحرارة تتباينت بين (39,44°) تركز القسم الاكبر منها في الاجزاء الجنوبية من النهر فضلا عن مساحات محدودة عبرت عنها البقع الظاهرة على المجرى النهري في الاجزاء الشمالية, بينما شمل الثاني (البرتقالي) على مساحة (1.7199) م² وحرارة تفاوتت بين (36,38.9°) توزعت ما بين الاجزاء العليا والسفلى للمجرى المائي, اما الثالث (

الاصفر) شغل مساحة (2.7108) م² وبدرجة حرارة تتراوح بين (32.5,35.9)° غطت في ذلك اجزاء واسعة امتدت على معظم مجرى النهر, لاسيما العليا منه.

الخريطة (27) تبين درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الصيف



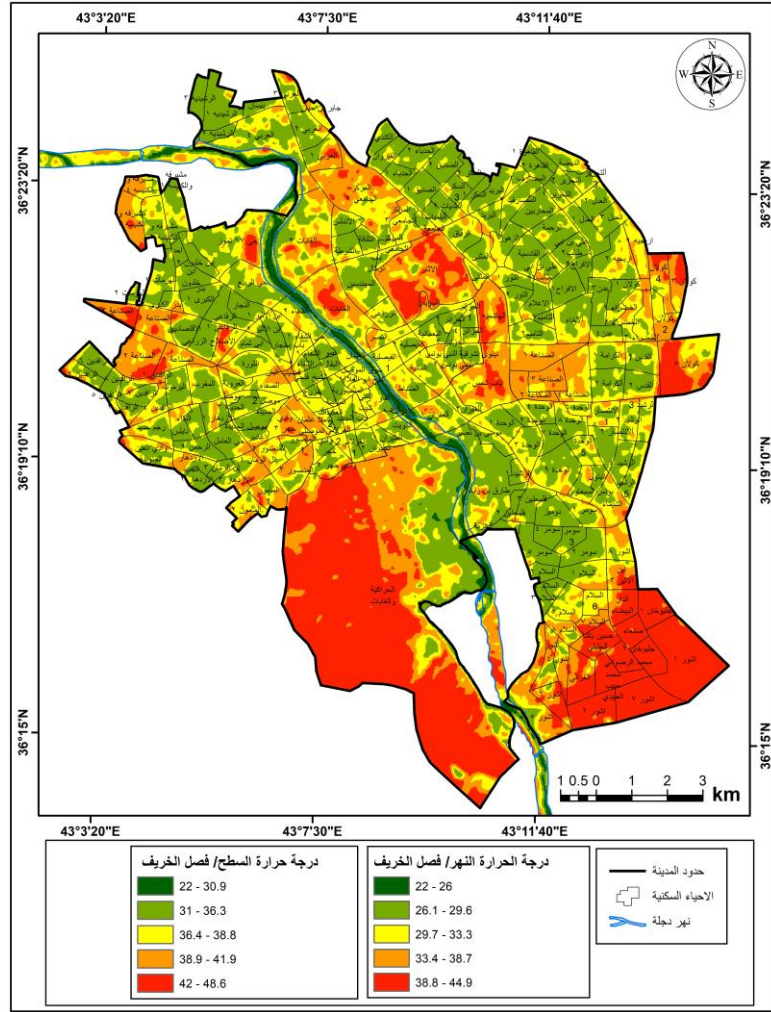
المصدر: بالاعتماد على المرئيات الفضائية لاندسات-8 (2023) لمدينة الموصل

اما في فصل الخريف فتظهر الخريطة الحرارية المستمدة من خلال تحليل المرئية الفضائية في اسوء حالاتها في الاجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية والشرقية التي يشغلها اللون (الاحمر الداكن) بمساحة (39.929) م² وحرارة تباينت بين (42,48.6)° علاوة عن تغطيته لعدد من الاحياء من كلا جانبي المدينة والمتمثلة بالبقع الحمراء الظاهرة على الخريطة الحرارية ، بينما جاء اللون (البرتقالي) في المرتبة الثانية من حيث الاجزاء التي يشغلها بوصفه ثاني اعلى تصنيف لحرارة السطح المرتفعة والذي يشغل مساحة تبلغ (37.808) م² وبدرجة حرارة تتراوح

بين (38.9,41.9)° توزعت على مساحة كبيرة نسبيا ضمن احياء المدينة، يليه بعد ذلك اللون (الاصفر) بمساحة اشتملت على (53.88) م²، وحرارة تتفاوت ما بين (36.4,38.8)° وكما هو واضح على الخريطة حيث غطت قسم كبير من احياء منطقة الدراسة مثل احياء (حي الشفاء2, الصفاء, الفيصلية, الصناعة4, المركز الجامعي2)، ومن جهة اخرى فقد شغلت اللونان الباردان (الاخضر الداكن والفتح) مساحات كبيرة نسبيا ، بلغت في الاول (3.318) م² وبدرجة حرارة تتراوح بين (22,30.9)° توزعت على اجزاء محدودة من الاراضي المجاورة للنهر، اما (الاخضر الفاتح) شغل مساحة (67.311) م² وحرارة تتباين ما بين (31,36.3)° شكل الجانب الايسر الجزء الاكبر منها مقارنة بالجانب الايمن، وعلى مستوى نهر دجلة شغلت الالوان الساخنة (الاحمر الداكن, البرتقالي, الاصفر) مساحات كبيرة سجلت في الاول (0.972234) م² وحرارة تراوحت

بين (38.8, 44.9)° انحصرت في الاجزاء الدنيا من النهر، في حين سجل الثاني مساحة (1.964) م² وبدرجة حرارة تتفاوت ما بين (33.4,38.7)° موزعة ما بين الاجزاء العليا والدنيا من النهر، في حين سجل الثالث (الاصفر) مساحة (2.768) م² وحرارة تتراوح بين (29.7,33.3)° مثلت الاجزاء الشمالية والجنوبية من النهر، اما اللونان الباردان (الاخضر الفاتح والداكن) فسجلا مساحات واسعة بلغت في الاول (2.191) م² وبدرجة حرارة تتباين بين (26.1,29.6)° اما الثاني (الاخضر الداكن) فقد بلغ (3.411) م² وبدرجة حرارة (22,26)° وتركز كلاهما في مختلف اجزاء النهر (الوسطى، العليا، السفلى).

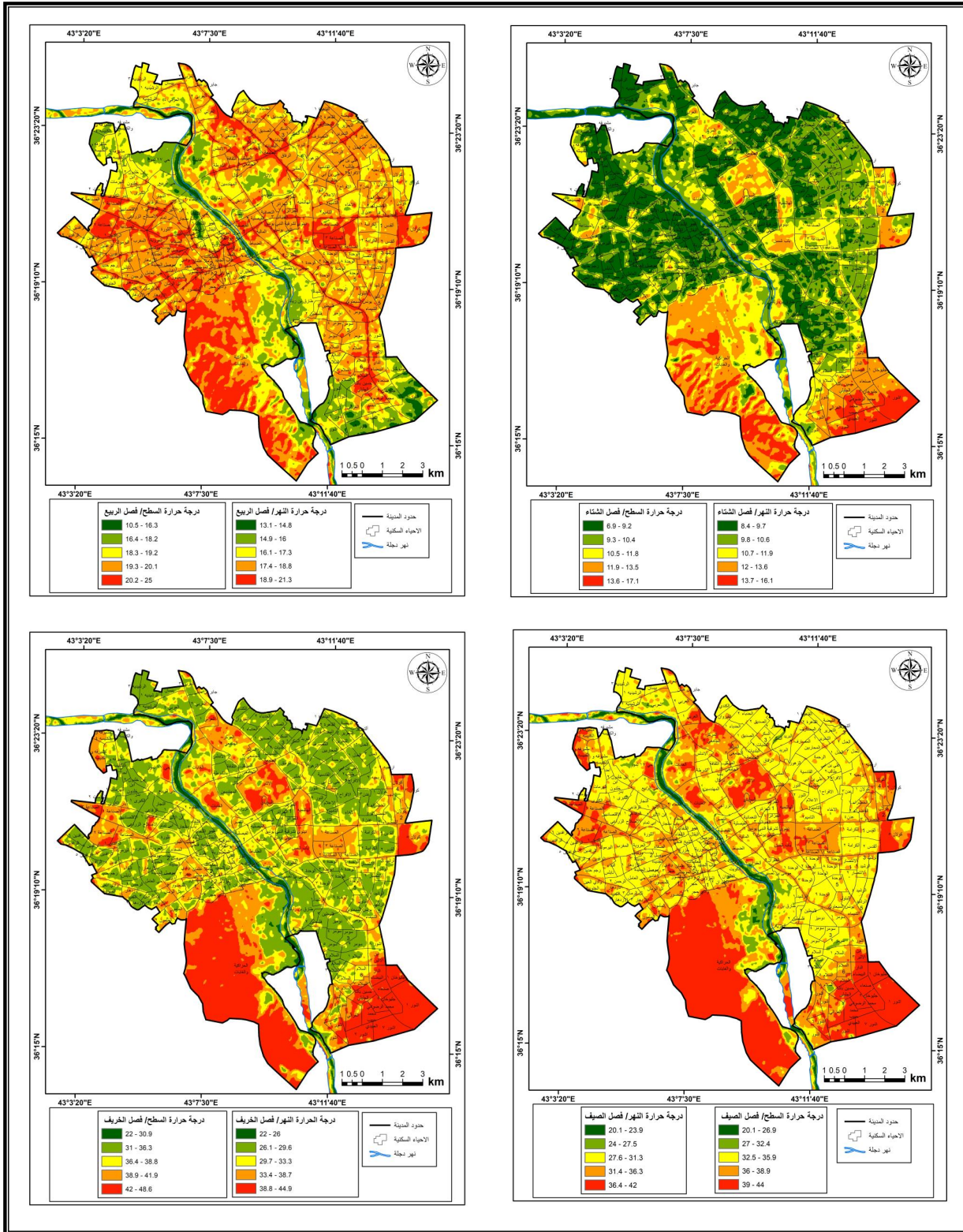
الخريطة (28) تبين درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل خلال فصل الخريف



المصدر: بالاعتماد على المرئيات الفضائية لاندسات-8 (2023) لمدينة الموصل

وإجمالاً لما تقدم، عند المقارنة في قيم التصانيف الحرارية يظهر من خلال الخريطة (29)، أن فصل الخريف يتقدم فصول السنة ويشغل المرتبة الأولى من حيث قوة الجزيرة الحرارية السطحية، على حين يشغل فصل الصيف المرتبة الثانية من حيث شدة الجزيرة الحرارية، في حين يلاحظ على فصل الربيع أنه يشغل المرتبة الثالثة من حيث قوة الجزيرة الحرارية السطحية أما فصل الشتاء فقد احتل المرتبة الثالثة من حيث شدة الجزيرة الحرارية.

الخريطة (29) درجة حرارة سطح الارض في مدينة الموصل عام (2023) في جميع الفصول



المصدر: بالاعتماد على المرئيات الفضائية لاندسات-8 (2023) لمدينة الموصل

2-3 التباين المكاني والزمني لتركيزات بعض الملوثات الهوائية في مواقع محددة من مدينة الموصل:

تمهيد:

تتفاوت ملوثات الهواء في مدينة الموصل ما بين ملوثات طبيعية وأخرى ناتجة عن الأنشطة البشرية، تتمثل الملوثات الطبيعية في ما تحمله الرياح من أتربة وجسيمات عالقة على حين تشمل الملوثات الصناعية الملوثات الناتجة عن الأنشطة البشرية والصناعية والاقتصادية، إذ تتسبب هذه الملوثات في تدهور جودة الهواء وسوف يتم التطرق الى اهم ملوثات الهواء في منطقة الدراسة وهي كل من غاز ثاني اوكسيد الكربون (CO_2) والجسيمات العالقة بمختلف احجامها (pm 1.0, pm2.5, pm 10) بوصفها إحدى انواع الملوثات التي تم قياسها في مدينة الموصل ميدانيا وحسب الاجهزة المتوفرة للقياس، اذ كشفت معدلات التلوث عن مدى خطورة الارتفاع الحاصل في نسب التلوث على الانسان والبيئة .

3-2-1 مواد وطرائق العمل:

3-2-1-1 مواقع القياس:

على المستوى الاجرائي تم من خلال العمل الميداني قياس ورصد الملوثات في اربعة وعشرون موقعا من مدينة الموصل موزعة بالتساوي على جانبي منطقة الدراسة والتي تم تحديدها على اساس تنوع النشاط البيئي وما ينتج عنه من ملوثات للعناصر الانفة الذكر.

حيث يوضح الجدول رقم (19) والخريطة رقم (14) المواقع التي تم اختيارها على اسس

التباين المكاني للمناطق الأكثر تلوثا من خلال الدراسة الميدانية وتتمثل بالشكل الآتي:

1. أخذ قياسات لنوعية الهواء في مواقع تتميز بارتفاع معدلات الكثافة السكانية فيها ضمن منطقة الدراسة كما هو الحال في مواقع محطات احياء سوق موصل جديدة (محطة رقم 5) بعدد سكان بلغ (33817 نسمة) وسوق حي الوحدة (محطة رقم 14) بعدد (17284 نسمة) وسوق حي الزهراء (محطة رقم 19) بعدد (31512 نسمة) والرشيديية (محطة رقم 22) بعدد (33817 نسمة) واخرى ذات كثافة قليلة كما في موقع محطة البورصة (المحطة رقم 11) بعدد (2655 نسمة) ومحطة القوسيات (المحطة رقم 24) بعدد (9163 نسمة)⁽¹⁾.

(1) جمهورية العراق، وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاء، مديرية احصاء نينوى، بيانات غير منشورة، 2022..

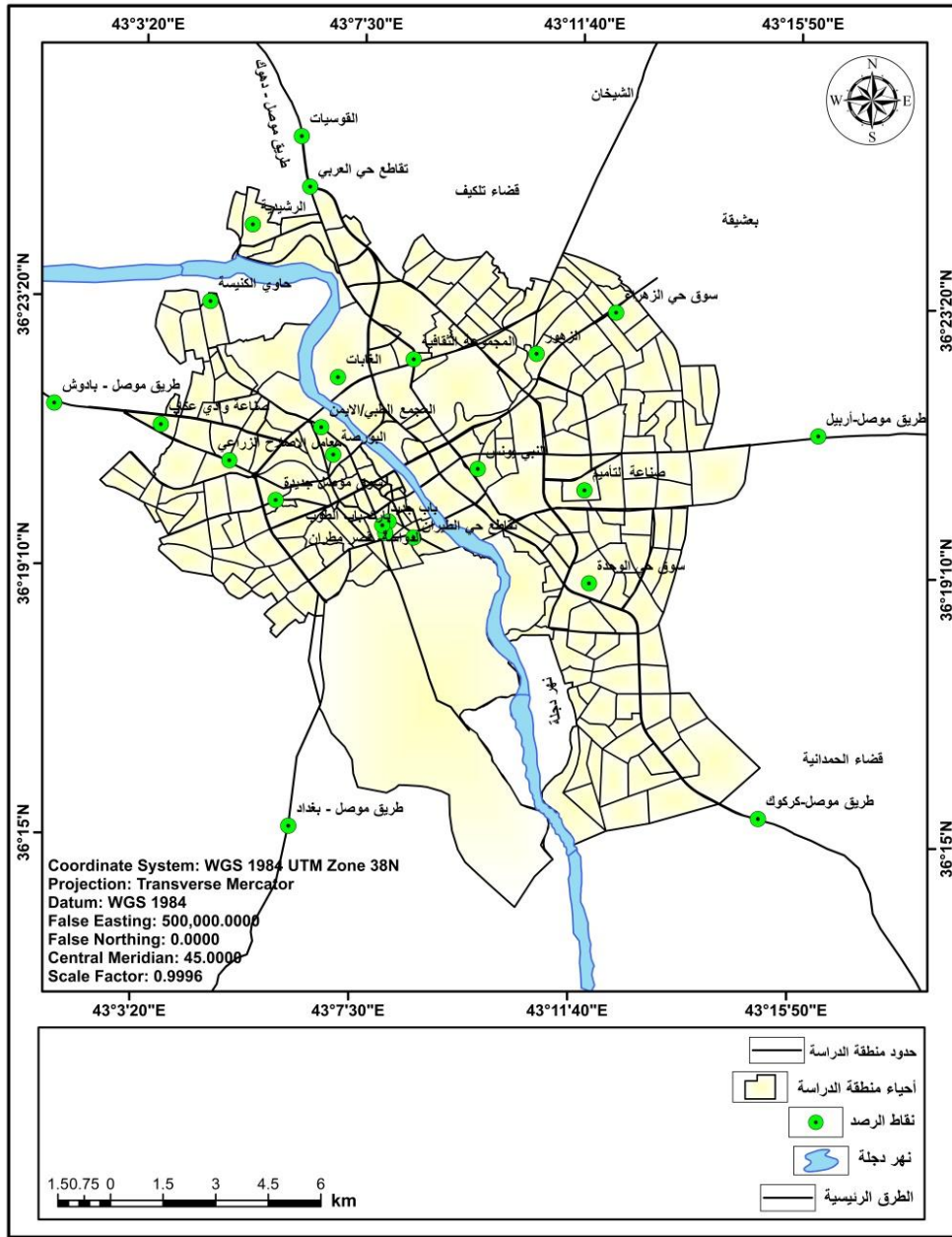
2. اخذ قياسات لنوعية الهواء في مواقع تقع على اطراف منطقة الدراسة واخرى في مركزها كما هو الحال في مواقع محطة طريق موصل بادوش (محطة رقم 2) ومحطة طريق موصل بغداد (محطة رقم 6) ومحطة طريق موصل اربيل (محطة رقم 17) ومحطة النبي يونس (محطة رقم 13) ومحطة المجموعة الثقافية (محطة رقم 20).
3. اخذ قياسات لنوعية الهواء من مواقع تتعدد فيها استعمالات الارض وتختلف عن بعضها كما هو الحال في مواقع محطة باب جديد (محطة رقم 10) ومحطة الزهور (محطة رقم 18)، حيث نمط استعمال الارض متداخل ما بين التجاري والسكني، فضلا عن موقع محطة غابات الموصل (محطة رقم 21) ذو الاستعمال التجاري السياحي.
4. اخذ قياسات لنوعية الهواء من موقع محطة حاوي الكنيسة (محطة رقم 1) موقعا مرجعيا لاجل المقارنة مع المواقع ذات الاستعمال الحضري كونه موقعا تكثر في البساتين والمساحات الزراعية إلى جانب قربه من النهر وهو ما دفعنا لإختياره لمعرفة مدى اثر كلا العاملين ودورهما في التخفيف من شدة هذه الملوثات.
5. اخذ قياسات لنوعية الهواء من موقع محطتي صناعة وادي عكاب و صناعة التأميم (المحطة رقم 3 والمحطة رقم 16) علاوة على موقع محطة معامل الاصلاح الزراعي (المحطة رقم 4) ذات الاستعمال الصناعي لمعرفة مدى مساهمتها في شدة التلوث الحاصل في منطقة الدراسة.
6. اخذ قياسات لنوعية الهواء من موقع محطتي تقاطع حي الطيران (المحطة رقم 7) وتقاطع حي العربي (المحطة رقم 23) لمعرفة مدى مساهمة وخطورة عوادم السيارات بوصفها مصدراً للتلوث الهوائي، والتي تعد من التقاطعات البارزة في المدينة لما تشهده من زخم مروري في معظم اوقاتها.

الجدول (19) يبين مواقع المحطات المعتمدة في الدراسة في جانبي مدينة الموصل

التسلسل	اسم محطة الرصد	دائرة عرض درجة (شمالاً)	اخط طول درجة (شرقاً)
1	حاوي الكنيسة	36.388	43.077
2	طريق موصل - بادوش	36.361	43.028
3	صناعة وادي عكاب	36.356	43.062
4	معامل الاصلاح الزراعي	36.347	43.084
5	سوق موصل جديدة	36.337	43.099
6	طريق موصل - بغداد	36.253	43.105
7	تقاطع حي الطبران	36.328	43.143
8	الدواسة - قصر مطران	36.332	43.135
9	بارك باب الطوب	36.329	43.134
10	باب جديد	36.331	43.133
11	البورصة	36.349	43.117
12	المجمع الطبي/الايمن	36.356	43.113
13	النبي يونس	36.346	43.163
14	سوق حي الوحدة	36.317	43.199
15	طريق موصل - كركوك	36.257	43.254
16	صناعة التأميم	36.341	43.197
17	طريق موصل - أربيل	36.356	43.271
18	الزهور	36.376	43.181
19	سوق حي الزهراء	36.387	43.206
20	المجموعة الثقافية	36.374	43.206
21	الغابات	36.369	43.118
22	الرشيدية	36.408	43.09
23	تقاطع حي العربي	36.418	43.108
24	القوسيات	36.431	43.105

المصدر: من عمل الباحث وفقاً لخطوات الدراسة

الخريطة (30) تبيين المواقع الجغرافية لمحطات مواقع الرصد المعتمدة في الدراسة



المصدر: بالاعتماد على جدول (13) وبرنامج AECGIS DESKTOP

3-2-1-2 الاجهزة المستخدمة

اشتملت الدراسة على استخدام الاجهزة المحمولة في اليد والمصنعة من مصادر مختلفة

لقياس ملوثات الهواء وهي كالآتي:

1- جهاز قياس الجسيمات العالقة والمركبات العضوية في الجو (HCHO TVOC)

وهو جهاز محمول وخفيف الوزن يتميز هذا الجهاز بالدقة العالية والقدرة على إعطاء

النتائج في وقت قصير جداً يستخدم لقياس الجسيمات العالقة والمركبات العضوية المتطايرة في

الهواء، اذ يقيس الجهاز الجسيمات العالقة بأحجام (1.0، 2.5، 10) ويبلغ وزنه 172 غراما، ويتراوح نطاق الكشف عن المركبات العضوية المتطايرة بين (0-9.99) مليغرام لكل متر مكعب، في حين يتراوح نطاق الكشف عن الجسيمات العالقة بين (0-999) ميكروغرام لكل متر مكعب، يمتد عمر بطارية الجهاز إلى ساعتين ويتم شحنها خلال أربع ساعات كما أن نطاق الكشف عن درجة الحرارة يتراوح بين (0-50) درجة مئوية، والجهاز صيني المنشأ كما هو موضح في الصورة (12).

الصورة (12) تبين جهاز قياس الجسيمات العالقة والمركبات العضوية المتطايرة في الهواء*



*المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 16 /3 /2024.

2- جهاز قياس ثاني اكسيد الكربون (Carbon Dioxide Mete)

وهو جهاز يستخدم لقياس ثاني أكسيد الكربون ودرجة الحرارة والرطوبة في الهواء يتميز بوزنه الخفيف الذي يبلغ 157 غرامًا وحجمه الصغير مما يجعله سهل الحمل ، يقيس تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون ضمن نطاق (0 - 2000 جزء في المليون) بدقة تصل إلى (1 جزء في المليون) وزمن استجابة نصف دقيقة فقط يعمل الجهاز في نطاق حراري من 0 إلى 50 درجة مئوية، وهو منتج صيني كما هو موضح في الصورة (13).

الصورة (13) تبيين جهاز قياس ثاني اكسيد الكربون (Carbon Dioxide Mete)*



*المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 2024/2/12

3-1-2-3 طريقة العمل

تم استخدام أجهزة محمولة حديثة لقياس الغازات والجسيمات العالقة والمركبات العضوية المتطايرة الناتجة عن الأنشطة البيئية المختلفة في المواقع المحددة على جانبي مدينة الموصل تمت هذه القياسات على فترات زمنية متعاقبة وفقاً للمنهجية الموضحة في الشكل (23) مما يتيح جمع بيانات دقيقة وشاملة حول تلوث الهواء في هذه المناطق وتحليلها لتحديد مدى تأثير هذه الأنشطة على جودة الهواء في المناطق المختارة.

الصورة (14) تبين موقع محطة رصد المجموعة الثقافية*



*المصدر: الدراسة الميدانية بتاريخ 2024/3/21

3-2-1-3 قياس تراكيز الغازات الملوثة للهواء

تم قياس غاز ثاني اكسيد الكربون لكونه يعد من الملوثات الرئيسية للهواء, الذي ينتج من مصادر متعددة، حيث يساهم بنسبة 50% في ظاهرة الاحتباس الحراري⁽¹⁾، اذ تمت عملية قياس الغاز على ارتفاع (2) متر وان عملية القياسات كانت لمدة 3 مرات في الشهر وعلى فترتين صباحا ومساء (اي 3 مرات في الصباح واخرى للمساء) لاجل التعرف عن مدى الاختلاف الحاصل في نسبة في ظل تواجد بعض المصادر أو غيابها التي ينتج عنها مع تكرار عملية القياس بمدد زمنية مختلفة ولمدة اربعة اشهر مختلفة بما يضمن تباين ظروف القياس في الاحوال الجوية، هيكلية العمل كما هو موضح في الشكل (22).

(1) Akshey Bhargav, op. cit., p.2.

3-2-1-2-3 قياس تراكيز المركبات العضوية المتطايرة والجسيمات العالقة

تم قياس تراكيز المركبات العضوية المتطايرة والدقائق العالقة (pm₁₀, 2.5, 1.0), اذ تم القياس بذات الية قياس الغازات وعلى المسافات التي اشرنا اليها سابقا ولمدة 3 مرات في الشهر مع تكرار القياس لمدة اربعة اشهر, حيث ابتدأت الرصدة الاولى في تاريخ 2024/1/3 وانتهت الرصدة الاخيرة بتاريخ 2024/4/5 وعلى فترتين صباحا ومساءً, هيكلية العمل كما هو مبين في الشكل (22).

الشكل (22) مخطط يبين هيكلية العمل الخاصة بالدراسة



المصدر: وفقا لخطوات الدراسة.

3-1-2-3 التباين المكاني والزمني لتراكيز بعض الملوثات الهوائية في مواقع محددة من مدينة الموصل:

3-1-2-3-1 مستوى تلوث مناطق الدراسة في غاز ثاني اكسيد الكربون (CO2)

ويعرف على انه غاز شفاف عديم اللون والرائحة، اذ ينتج من عمليات الاحتراق الكامل حيث تمثل الحرائق وانبعاثات العمليات الصناعية وتنفس الكائنات الحية ونواتج البراكين اهم نواتجه الاساسية⁽¹⁾، وفي مدينة الموصل نجد ومن خلال الجدول (20) والخريطة (31) أن تركيز غاز ثاني اكسيد الكربون يتفاوت مكانيا ضمن المناطق المشمولة بالدراسة، حيث ينحصر اعلى معدل للقراءات النهارية طيلة فترة الرصد في ستة مواقع وهي كل من موقع محطة (المجموعة الثقافية، صناعة التاميم، النبي يونس، باب جديد، سوق موصل جديدة، والزهور)، اذ بلغ المعدل العام لتراكيز الغاز في كل منهما (769، 768.7، 767.8، 741.3، 736.5، 732) PPM على التوالي، اذ تعد هذه المواقع بمثابة محطات لانبعاثات غازية عالية مما اسهم ذلك في زيادة نسبة ثاني اكسيد الكربون في اجوائها ويرجع السبب في بلوغ هذه النسب المرتفعة في كل منها الى أن هذه المواقع تشهد اكتظاظا مستمرا بالسكان كونها تمثل مراكز تجارية كبيرة ومهمة واصبحت اسواقا رئيسية من اسواق المدينة، لا سيما الشعبية منها التي تبدا فيها الحركة منذ اوقات الصباح الباكر وحتى ما بعد غروب الشمس وفي جميع الايام فضلا عن الحركة المستمرة للسيارات والدراجات بمختلف انواعها وما تطلقه من غازات ناتجة عن عوادمها واحتوائها على العديد من الكازينوهات والمقاهي الى جانب احتوائها على العديد من المطاعم التي تساهم في رفع نسبة الانبعاثات من خلال حرق الفحم والغاز المستخدم ولا بد من الاشارة الى أن بعضها قد استمر في العمل حتى خلال شهر رمضان المبارك كالمطاعم الشعبية في موقع باب جديد والنبي يونس وصناعة التاميم من خلال الملاحظة الميدانية ولا مناص من القول أن الدوائر الرسمية كالمدارس والجامعات تعد العامل الابرز في بلوغ محطة المجموعة الثقافية صادرة المحطات في نسبة التلوث، فضلاً عن احتباس الانبعاثات الغازية الصادرة عن المولدات الكهربائية، في المقابل سجلت مواقع محطات (حاوي الكنيسة والغابات) ادنى التركيزات

(1) شكري ابراهيم الحسن، التلوث البيئي في مدينة البصرة، اطروحة دكتوراه، كلية الاداب، جامعة البصرة،

كمعدل عام ليبلغ (628، 475.5) PPM، حيث يعود سبب هذا الانخفاض الى قلة اعداد قاطنيها من السكان، فضلا عن قلة اعداد السيارات المارة ناهيك عن التأثير الملطف المتمثل بكثرة الاشجار والبساتين في كلا الموقعين، كما ويسجل تركيز الغاز ارتفاعا ملحوظا في تقاطعات الطرق كما هو الحال في مواقع محطات تقاطع (حي الطيران) بمعدل (721.3) PPM وتقاطع (حي العربي) بمعدل (730.4) PPM، نتيجة تبأطو حركة السيارة المارة ووقوفها حيث تزداد كمية الانبعاثات من عوادمها، اذ تمثل هذه التقاطعات معابر وملتقى لعدد من المناطق المحيطة والغير محيطة مما جعلها تشهد زخما في الحركة التي تكاد ان تكون مستمرة طوال اليوم لموقعها الجغرافي الذي جعل منها وجهة لأغلب سائقي المركبات حيث يقع تقاطع حي الطيران في الجانب الايمن من المدينة على مقربة من احد جسورها وهو ما يعرف بالجسر الرابع الذي يكون بمثابة المدخل والمخرج للتنقل من والى جانبي المدينة علاوة على ذلك تتواجد على مقربة منه بعض المناطق التجارية والتي تناولناها هي الاخرى كمواقع محطات لرصد ملوثات الهواء فيها وهي محطة (الدواسة - قصر مطران) التي يرتادها اصحاب العجلات وغالبا ما تكون مكتظة في الحركة خلال النهار، اذ تحوي المنطقة على العديد من محلات الزينة والورش الصناعية المختلفة، ولا نذهب بعيدا عن هذه المحطة فعلى مقربة منها حددنا موقع محطة (بارك باب الطوب) الذي كان يعد سابقا مركزا للمدينة فقد سجل معدل بلغ (660.1) PPM، ويعزى سبب ملاحظة بعض الشيء من الانخفاض في نسبة غاز ثاني اكسيد الكربون الى الحركة التي تكاد تكون معدومة خلال النهار ولا تقتصر اهمية اختياره على ذلك فقط بل لمعرفة التباين الذي يحدثه تاثير المساحات الخضراء المتواجدة في الموقع في نسب التلوث، كما يمكن ملاحظة ارتفاعات اخرى في معدل تركيز (CO₂) في مواقع المحطات التالية وهي كل من معامل الاصلاح الزراعي (715.2) PPM، والبورصة (710.3) PPM، المجمع الطبي (714.9) PPM، وسوق حي الزهراء (711.9) PPM، والرشيديية (693) PPM، و القوسيات (687.1) PPM، ويمكن ارجاع السبب في الارتفاع في كل من المواقع المذكورة الى النشاط السائد فيها حيث يسود النشاط الصناعي والانتاجي في موقع محطة معامل الاصلاح الزراعي، اذ تحتوي على العديد من المصانع الخاصة بإنتاج الاجباس والوانى البلاستيكية والفاون والاكياس النايلونية، فضلا عن معامل الاخشاب وصناعة غاز الاكسجين، على حين يسود النشاط التجاري في موقع محطة البورصة التي تعد من الاسواق المهمة لبيع

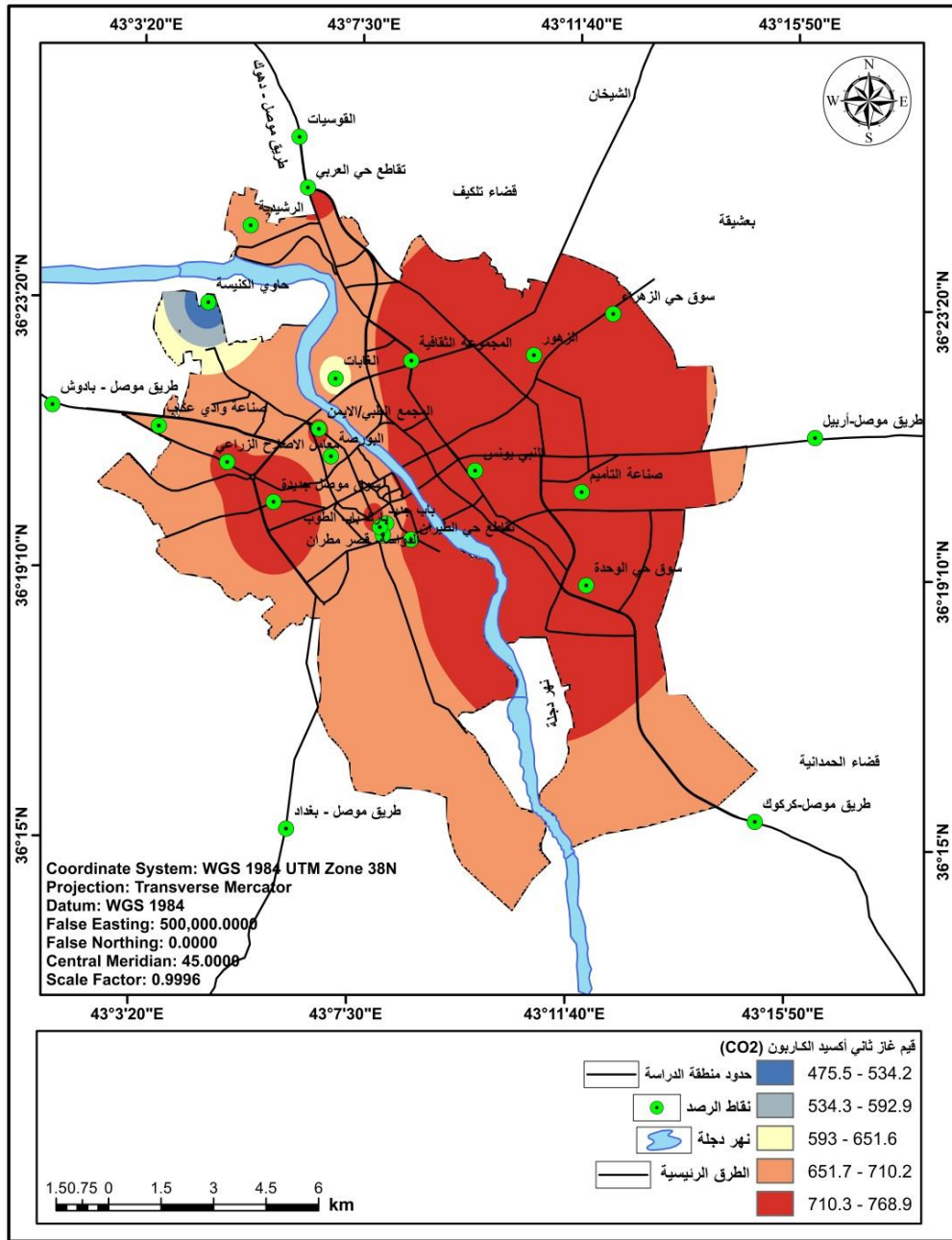
المواد الغذائية والاعلاف, فضلا عن موقعها الذي يجعل من محطة لحركة السيارات بشكل مستمر على مدار اليوم كونها تمثل نقطة وصل بين عدد من المناطق والشوارع الرئيسية المحيطة بها، اما موقع محطة (المجمع الطبي) فيعزو سبب الارتفاع فيها الى الزخم الحاصل من حركة المرضى والمراجعين فضلا عن الزائرين والمنتسبين وهي حركة مستمرة دون توقف جنبا الى جنب مع الحركة المستمرة للمركبات ولا يعول السبب على ذلك فقط بل ان الموقع يشهد نقطة مرور المركبات العابرة والقادمة من والى كلا الجانبين عن طريق جسر المدينة الثالث اضافة الى كونه يعد نقطة مرور السيارات باتجاه الجسر الخامس ومنطقة الموصل القديمة والمناطق الاخرى وعلى العكس باتجاه الجسر الثالث والاحياء الاخرى من جانب المدينة الايمن، بينما يعول على سبب ارتفاع نسبة غاز (CO₂) في موقع محطة (سوق حي الزهراء) الى ما اشرنا اليه انفا من الاسباب في كل من الاسواق التي تكلمنا عنها انفا، على حين يرجع سبب الارتفاع في موقع محطة (الرشيدية) الى ارتفاع عدد سكانها اذ تتكون المنطقة من ستة قطاعات متجاورة علاوة على تمركز بعض المنشآت الحكومية والاهلية مثل المعهد الزراعي والثروة الحيوانية ومعلمي انتاج الالبان والمشروبات الغازية فضلا عن مديرية زراعة نينوى ومحطة الموصل المناخية وسوقها الواقع في كلها عوامل تساهم مجتمعة فيما يصدر عنها من حركة وغازات وزخم سكاني ومروري في زيادة نسبة معدل ثاني اكسيد الكربون ، كما ويلحظ بوضوح ايضا ارتفاع تركيز (CO₂) عند مداخل المدينة الرئيسية كما هو الحال في مداخل طريق موصل بادوش (633.9) PPM ، ومدخل طريق موصل بغداد (669.1) PPM ، ومدخل طريق موصل كركوك (664.5) PPM، ومدخل طريق موصل اربيل (668.8) PPM ، اذ ان للحركة المستمرة للمركبات في المداخل جميعها تعد العامل الرئيسي في وصول نسبة ثاني أكسيد الكربون الى هذا الارتفاع فضلا عن ملاحظة الزحف العمراني على امتداد هذه المداخل، لا سيما الطرق واكتافها.

الجدول (20) يبين معدل تركيز غاز ثاني اكسيد الكربون (CO_2 / جزء بالمليون) في هواء مواقع مختلفة من مدينة الموصل نهارا

التسلسل	اسم موقع محطة الرصد	معدل التركيز نهارا
1	حاوي الكنيسة	475.5
2	طريق موصل - بادوش	633.9
3	صناعة وادي عكاب	698.4
4	معامل الاصلاح الزراعي	715.2
5	سوق موصل جديدة	736.5
6	طريق موصل - بغداد	669.1
7	تقاطع حي الطيران	721.3
8	الدواسة- قصر مطران	704.3
9	بارك باب الطوب	660.1
10	باب جديد	741.3
11	البورصة	710.3
12	المجمع الطبي/الايمن	714.9
13	النبي يونس	767.8
14	سوق حي الوحدة	720.1
15	طريق موصل- كركوك	664.5
16	صناعة التأميم	768.7
17	طريق موصل-أربيل	668.8
18	الزهور	732
19	سوق حي الزهراء	711.9
20	المجموعة الثقافية	769
21	الغابات	628
22	الرشيدية	693
23	تقاطع حي العربي	730.4
24	القوسيات	681.3

المصدر: بالاعتماد على الرصد الميداني باستخدام جهاز جهاز قياس ثاني اكسيد الكربون (Carbon Dioxide Meter)

الخريطة (32) تبيين تركيز غاز ثاني اكسيد الكربون (CO_2 / جزء بالمليون) في هواء مواقع مختلفة من مدينة الموصل نهارا



المصدر: بالاعتماد على جدول (20) وبرنامج (ARCGIS DESKTOP)

ولأجل استكمال العمل فقد تم اخذ القياسات ليلا للعناصر والمحطات نفسها، حيث يتبين لنا من خلال الجدول (21) والخريطة (33) حدوث تباين عكسي في قيم مواقع بعض المحطات عن معدلات القراءة النهارية، اذ يلاحظ ارتفاع معدل تركيز (CO_2) في قسم من مواقع المحطات المحددة ليلا بعدما كانت ذات قيم منخفضة فيما يظهر بوضوح ثبات الارتفاع في معدل غاز ثاني اكسيد الكربون في محطات اخرى، اذ سجلت كل من مواقع محطات

(المجموعة الثقافية، وباب جديد والزهور، ومعامل الاصلاح الزراعي، والغابات، والقوسيات، وطريق موصل بادوش، وحاوي الكنيسة) اعلى التركيزات، اذ بلغ المعدل العام في كل منها (760.3، 748.9، 735.7، 732.4، 728.8، 725.8، 677.4، 687.1، 677.4، 637.2) PPM على التوالي، وبطبيعة الحال لا تختلف الاسباب المشار اليها انفا خلال القراءة الصباحية في زيادة تراكيز معدل (CO_2) في موقع محطة المجموعة الثقافية ليلا، اما موقع محطة (باب جديد والزهور ومعامل الاصلاح الزراعي) فيمكن ملاحظة الفارق في تركيزات معدلها العام الذي اخذ بالارتفاع قياسا مع القراءات النهارية ويرجع السبب في ذلك الى جملة من العوامل، فموقع محطة باب جديد تأخذ الحركة فيه بالازدياد ليلا نتيجة الارتداد الكبير للمطاعم الشعبية المتواجدة فيه من قبل السكان وما ينتج عن ذلك الزخم من تولد لغاز ثاني اكسيد الكربون الناتج عن احتراق الفحم والغاز المستخدم في الطبخ كما تساهم الكازينوهات المتواجدة في الموقع الى جانب المحلات ذات البضائع المختلفة والتي تعد بمثابة سوق مصغر يقصده العشرات، فضلا عن الزخم الحاصل في حركة المركبات المؤدية الى زيادة هذه النسبة، في حين يمثل موقع محطة الزهور احد اهم واكبر المراكز التسويقية التي تشهد اكتضاضا في الحركة سواء للعربات ام الناس وعلى وجه الخصوص في الليل نظرا لما يحتويه هذا السوق من محلات تجارية ومولات ومطاعم ومحلات لبضائع اخرى مختلفة ومتعددة، فضلا عن تأثير المولدات الكهربائية التي تؤدي لاحتباس الغازات داخلية وخارجة كونه يشكل مكانا شبه مغلق، كما يعود سبب الارتفاع في معدل تركيز (CO_2) في موقع محطة معامل الاصلاح الزراعي الى كون ان هناك عدد من المعامل والمصانع تعمل بنظام اربع وعشرون ساعة وهذا ما تدعمه الملاحظة الميدانية، اذ أن هناك عدد غير قليل من العامل والمصانع المتواجدة في هذا الموقع تعمل ليلا ونهارا بنظام الاربعة وعشرون ساعة نذكر منها معامل اواني الفافون كما يعرف محليا ومعامل انتاج الطحين والاجباس والبلاستيك والنجارة التي تطلق كميات كبيرة من الانبعاثات المتولدة مما يؤدي بالنتيجة الى ارتفاع تراكيز ثاني اكسيد الكربون، بينما يتمثل الارتفاع الحاصل في نسب (CO_2) في موقع محطة (الغابات) في كونها تمثل المتنفس الاكبر لسكان المدينة ويكون الزخم البشري والمروري ليلا على اشده وفي غالبية ايام الاسبوع لا سيما ايام العطل منها و ليس ذلك فحسب بل يضاف له ما تحويه من منشآت عمرانية مختلفة تتعدد ما بين قاعات الاعراس والكازينوهات والحدائق العامة والمطاعم واماكن اللعب واللهو علاوة على

مجمعات السكن مما جعل منها موقعا يمتاز باكتظاظ الحركة بشكل مستمر مما انعكس ذلك بشكل مباشر في الزيادة لمعدل تراكيز غاز ثاني اكسيد الكربون، كما ويعزو سبب الارتفاع في معدل تركيز (CO_2) في موقع محطة (القوسيات) الى موقعها الجغرافي على الطريق الدولي الرابط بين محافظتي نينوى ودهوك، اذ تسود الحركة المستمرة للمركبات طوال الليل، لا سيما الكبيرة منها كمركبات الشحن والنقل، اذ تساهم هذه الحركة للمركبات في زيادة نسبة تركيز (CO_2) نتيجة الانبعاثات المتولدة عنها ، ويلاحظ ايضا ارتفاع معدل تراكيز (CO_2) في موقع محطة (حاوي الكنيسة)، اذ يعود ذلك الى زيادة حركة عدد السيارات المارة والتي تبلغ ذروتها من الساعة الرابعة عصرا حتى ما بعد غروب الشمس علاوة عن الانبعاثات التي تطلقها المولدات التي يستخدمها اصحاب الاراضي الزراعية لسقي محاصيلهم والتي تكون متهاكة في غالبيتها وهذا ما تدعمه الملاحظة الميدانية ونتيجة لذلك فانها تطلق كميات كبيرة من الانبعاثات اذ تسهم الاسباب المذكورة في ارتفاع المعدل ، وفي الصدد نفسه يرجع سبب الارتفاع في معدل تركيز (CO_2) في موقع محطة طريق موصل بادوش الى الحركة المستمرة للسيارات اثناء الليل باتجاه قضاء تلعفر وناحية ربيعة والعكس صحيح علاوة عن حركة العجلات الكبيرة القادمة من معمل سمنت بادوش فهي تسهم بشكل كبير في زيادة الانبعاثات وبالتالي ارتفاع معدل تركيز (CO_2)، يقابلها في الجانب الاخر مواقع محطات انخفضت فيها معدلات تراكيز (CO_2) عن معدلات التركيز التي تم تسجيلها اثناء فترة النهار وهي مواقع محطات سوق موصل جديدة (719.9) PPM، وتقاطع حي الطيران (698.7) PPM، والدواسة قصر مطران (687.6) PPM ، والبورصة (684.3) PPM ، والمجمع الطبي (692.8)، والنبي يونس (728.8) PPM ، وصناعة التأميم (700) PPM ، وسوق حي الزهراء (687.5) PPM ، وتقاطع حي العربي (708.6) PPM ، واجمالا لما اشرنا اليه بالإمكان أن نعول على سبب انخفاض معدل تراكيز ثاني اكسيد الكربون في المحطات التي تم ذكرها الى قلة عدد المركبات المارة في كل منها، اذ تعد العامل الرئيس في زيادة (CO_2) وانخفاضه الى جانب محدودية اثر النشاط البيئي الذي كان متوفرا خلال النهار، الذي يساهم بشكل فعال في رفع معدل ثاني اكسيد الكربون، ومن زاوية اخرى يلحظ بقاء معدلات تراكيز ثاني اكسيد الكربون مرتفعة في مواقع مختلفة يتصدرها موقع محطة صناعة وادي عكاب بمعدل (708.9) PPM نتيجة استمرار تاثير النشاط الصناعي الى ما بعد غروب الشمس، اذ تبدأ ذروته من الساعة الحادية عشر

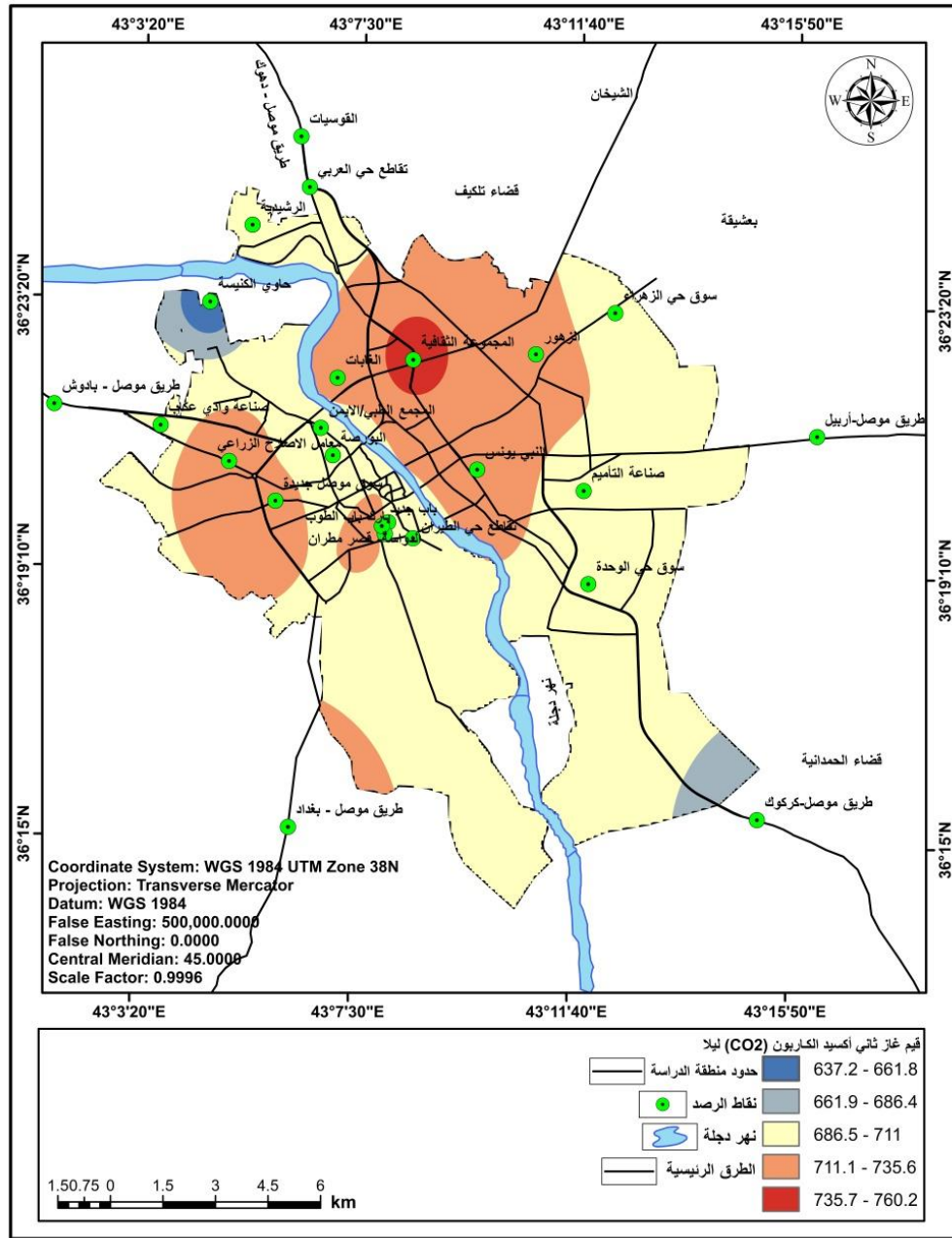
صباحاً ولغاية الساعة الرابعة والنصف مساءً خلال اشهر الشتاء والى ما بعد الساعة الخامسة خلال اشهر الربيع وهذا ما تدعمه الملاحظة الميدانية، ولا ينحصر السبب في ذلك فحسب بل ايضا الى حركة السيارات المستمرة ليلا التي تسلك الطرق الرئيسية التي يتضمنها الموقع (سايدين الصناعة) ذهاباً باتجاه مناطق اليرموك وحي الرافدين وايبا باتجاه طريق موصل ربيعة، يليه موقع محطة سوق حي الوحدة (708.9) PPM من حيث الارتفاع المستمر في الفترتين، اذ يعول ذلك الارتفاع الى استمرار الحركة السكانية والمرورية كونه يعد اكبر الاسواق التجارية في الجانب الايسر من المدينة من حيث الامتداد المساحي، فضلا عن التمرکز المكاني للمولدات الكهربائية على شارع الرئيس والتي تطلق كميات كبيرة من الانبعاثات التي تساهم هي الأخرى في ثبات الارتفاع في معدل غاز ثاني اكسيد الكربون، اما مواقع محطات سوق موصل جديدة (719) PPM والرشيديية (705.9) PPM وسوق حي الزهراء (687.5) PPM وطريق موصل كركوك (664.4) PPM وطريق موصل اربيل (676.2) PPM فيمكن اجمال الاسباب المؤدية الى ارتفاع معدل تراكيز (CO_2) في كلا منها الى الحركة المستمرة للمركبات على اختلاف انواعها لا سيما الكبيرة منها في كل من مداخل المدينة الرئيسية وهي مداخل طريق موصل كركوك وطريق موصل اربيل، فضلاً عن استمرار الحركة للأشخاص ليلا في سوقي موصل جديدة والزهراء علاوة عن تواجد عدد من الكازينوهات في موقع محطة الرشيديية بالقرب من النهر التي تزيد من كمية الانبعاثات مما تسهم بالنتيجة في زيادة معدل غاز ثاني اكسيد الكربون.

الجدول (21) يبين معدل تركيز غاز ثاني اكسيد الكربون (CO_2 / جزء بالمليون) في هواء مواقع مختلفة من مدينة الموصل ليلا

التسلسل	اسم موقع محطة الرصد	معدل التركيز ليلا
1	حاوي الكنيسة	637.2
2	طريق موصل - بادوش	677.4
3	صناعة وادي عكاب	708.9
4	معامل الاصلاح الزراعي	732.4
5	سوق موصل جديدة	719.9
6	طريق موصل - بغداد	721.5
7	تقاطع حي الطيران	698.7
8	الدواسة- قصر مطران	687.6
9	بارك باب الطوب	701.7
10	باب جديد	748.9
11	البورصة	684.3
12	المجمع الطبي/الايمن	692.8
13	النبي يونس	728.8
14	سوق حي الوحدة	708.9
15	طريق موصل - كركوك	664.4
16	صناعة التأميم	700
17	طريق موصل-أربيل	676.2
18	الزهور	735.7
19	سوق حي الزهراء	687.5
20	المجموعة الثقافية	760.3
21	الغابات	725.8
22	الرشيدية	705.9
23	تقاطع حي العربي	708.6
24	القوسيات	687.1

المصدر: بالاعتماد على الرصد الميداني باستخدام جهاز قياس ثاني اكسيد الكربون (Carbon Dioxide) (Mete)

الخريطة (34) تبيين تركيز غاز ثاني اكسيد الكربون (CO_2 / جزء بالمليون) في هواء مواقع مختلفة من مدينة الموصل ليلا



المصدر: بالاعتماد على جدول (21) وبرنامج (ARCGIS DESKTOP)

3-2-1-2-3 مستوى تلوث مناطق الدراسة بالدقائق العالقة والمركبات العضوية المتطايرة:

3-2-3-1-2-3-1 الجسيمات العالقة:

هي تلك الجزيئات الدقيقة التي تعود إلى سطح الأرض بفعل الجاذبية بعد أن تنطلق من مصادرها ويطلق عليها أيضا بالغبار الساقط، يتجاوز قطر هذه الجسيمات عادة (10) ميكرومتر وتُعرف باسم (PM10) تؤثر هذه الجسيمات على العيون والجهاز التنفسي للإنسان، كما أن لها تأثير على المنشآت الصناعية والمباني والممتلكات⁽¹⁾، ويتبين من خلال الجدول (22) معدل تركيز كمية الجسيمات العالقة (PM10) (نهارا) والخريطة (35) لذات المعدل، ان اعلى معدل في نسبة التلوث بالجسيمات العالقة في موقع محطة (باب جديد ، ومعامل الاصلاح الزراعي ، وسوق موصل جديدة ، وصناعة التاميم ، والنبي يونس ، والمجموعة الثقافية ، وسوق حي الوحدة ، والمجمع الطبي/الايمن) فقد بلغ ما بين (22.1 الى 30.1) ميكروغرام /م³، في حين اقل مواقع المحطات تلوثا بالجسيمات الدقيقة فكانت من نصيب كل من موقع محطة (حاوي الكنيسة ، وبارك باب الطوب ، وطريق موصل بادوش ، وطريق موصل اربيل) اذ بلغت قيمة التلوث معدل يتراوح بين (10.2 - 15.9) ميكروغرام /م³ بالترتيب ، اما في القياسات التي اجريت ليلا يوضح الجدول نفسه معدل تركيز كمية الدقائق العالقة (PM10) ليلا) والخريطة (35) للمعدل نفسه، كما أن القياسات الاعلى سجلت في مواقع محطات (معامل الاصلاح الزراعي ، وباب جديد ، والنبي يونس ، وسوق موصل جديدة)، على حين سجلت مواقع محطات (حاوي الكنيسة ، وبارك باب الطوب ، والدواسة - قصر مطران ، والطيران ، وسوق حي الزهراء وطريق موصل - بغداد ، وصناعة وادي عكاب) المعدلات الادنى بالتتالي حيث تراوحت ما بين (10.4 - 16.6) ميكروغرام /م³ ، ولعله من الضروري ان نؤكد على ان الاسباب التي اشرنا اليها مسبقا والمساهمة في رفع معدلات نسبة غاز ثاني اكسيد الكربون أو خفضها لا تختلف عن تلك الاسباب المؤدية الى ارتفاع وانخفاض الجسيمات العالقة سواءً كانت الدقائق (PM10) او الدقائق الاخرى بمختلف احجامها.

(1) اسراء عادل رسول العلاللي، تقييم نوعية هواء محافظة البصرة، مجلة كلية التربية للبنات، العدد (3)،

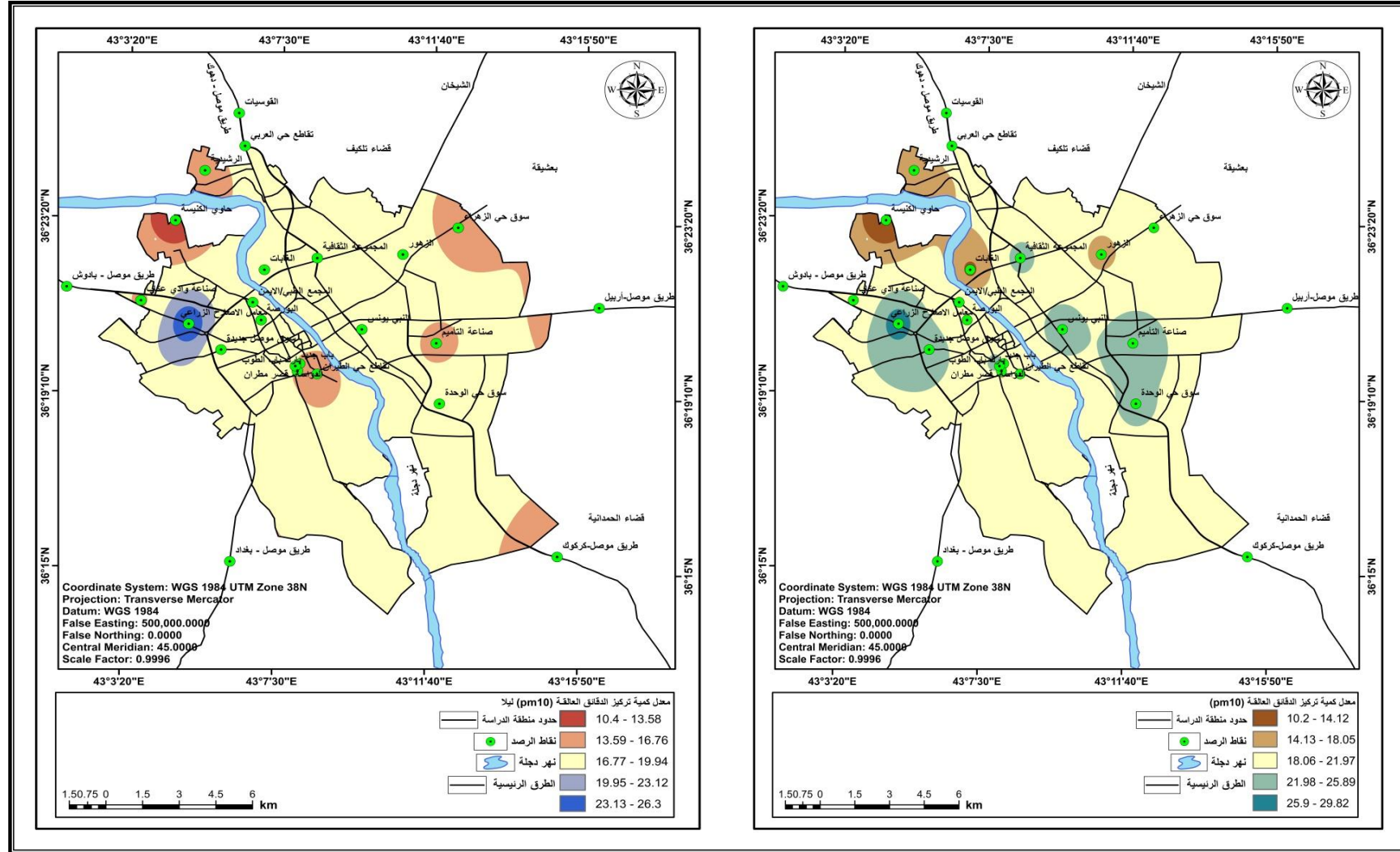
المجلد(2) . 2016 ، ص 971.

الجدول (22) يبين معدل تركيز كمية الجسيمات العالقة (PM10) ميكروغرام /م³

معدل تركيز كمية الجسيمات العالقة (PM 10) ليلا	معدل تركيز كمية الجسيمات العالقة (PM 10) نهارا	اسم موقع محطة الرصد	التسلسل
10.4	10.2	حاوي الكنيسة	1
15.5	14.7	طريق موصل - بادوش	2
16.6	19.1	صناعة وادي عكاب	3
26.3	28.2	معامل الاصلاح الزراعي	4
18.3	24.7	سوق موصل جديدة	5
15.5	17.2	طريق موصل - بغداد	6
15.2	19.4	تقاطع حي الطيران	7
14.8	17.9	الدواسة - قصر مطران	8
14.6	14	بارك باب الطوب	9
22.3	30.1	باب جديد	10
17.1	18	البورصة	11
17.7	22.1	المجمع الطبي/ الايمن	12
19.8	23.8	النبي يونس	13
17.7	22.3	سوق حي الوحدة	14
16.2	19.4	طريق موصل - كركوك	15
16.3	24.2	صناعة التاميم	16
15.3	15.9	طريق موصل - اربيل	17
19.4	17.3	الزهور	18
15.3	18.8	سوق حي الزهراء	19
20	23	المجموعة الثقافية	20
19.6	13.2	الغابات	21
16.4	17.1	الرشيدية	22
17.3	18.9	تقاطع حي العربي	23
16.4	15.7	القوسيات	24

المصدر: بالاعتماد على الرصد الميداني باستخدام جهاز قياس الجسيمات العالقة والمركبات العضوية في الجو (HCHO TVOC)

الخريطة (35) تبين معدل تركيز كمية الجسيمات العالقة (pm10) / (نهاراً، ليلاً)



المصدر: بالاعتماد على جدول (22) وبرنامج (ARCGIS DESKTOP)

3-1-2-3-1-2-3-2-1-2-3 الجسيمات العالقة: هي أحد أبرز ملوثات الهواء عالمياً، وتُعدُّ من أخطرهما بسبب حجمها الذي يصل إلى 2.5 ميكرومتر، والمعروفة باسم (PM2.5)، تبقى هذه الجسيمات معلقة في الهواء لفترات طويلة كما تتأثر سرعة ترسيبها بالظروف المناخية كالرطوبة ودرجة الحرارة واتجاه الرياح ونظراً لصغر حجمها، فإن هذه الجسيمات يمكن أن تدخل الجهاز التنفسي بسهولة عبر الأنف، إذ يمكنها أن تدخل الجسم وتصل إلى الرئتين⁽¹⁾. ونلاحظ من خلال الجدول (23) معدل تركيز كمية الجسيمات العالقة (pm 2.5) /تهار) والخريطة (36) للدقائق نفسها، فإن أعلى تركيز لهذه الجسيمات تم تسجيله في مواقع محطات (باب جديد، ومعامل الإصلاح الزراعي، وصناعة التاميم، يليها سوق موصل جديدة، والمجموعة الثقافية، والنبي يونس، والمجمع الطبي/ الايمن، وايضا سوق حي الوحدة، علاوة على تقاطع حي الطيران)، إذ سجلت معدل بقيم تتراوح بين (27.9 - 18.2) ميكروغرام /م³، أما المحطات الأقل تلوثاً فكانت في مواقع (حاوي الكنيسة، والغابات، وبارك باب الطوب، وطريق موصل - بادوش، وطريق موصل - اربيل) حيث تراوحت نسبة تركيزها بين (9.5 - 14.1) ميكروغرام /م³، في حين يظهر بوضوح ومن خلال الجدول ذاته معدل تركيز كمية الدقائق العالقة (pm 2.5) /ليلا) والخريطة (36) للمعدل نفسه، ان أعلى معدل قيم تركيزات فقد سجلت في موقع معامل الإصلاح الزراعي، ومحطة باب جديد، والنبي يونس على التوالي، إذ بلغت نسبة تتراوح بين (23.2 - 17.5) ميكروغرام /م³، تقابلها ادنى القيم التي سجلتها المحطات (حاوي الكنيسة وبارك باب الطوب والدواسة - قصر مطران وطريق موصل - بادوش) حيث تتفاوت معدلاتها بين (9.2 - 13.8) ميكروغرام /م³.

(1) إسراء طالب جاسم حمود الربيعي، تحليل مكاني لتراكيز ملوثات الهواء في مدينة المسيب وتأثيراته الصحية،

مصدر سابق، ص 48.

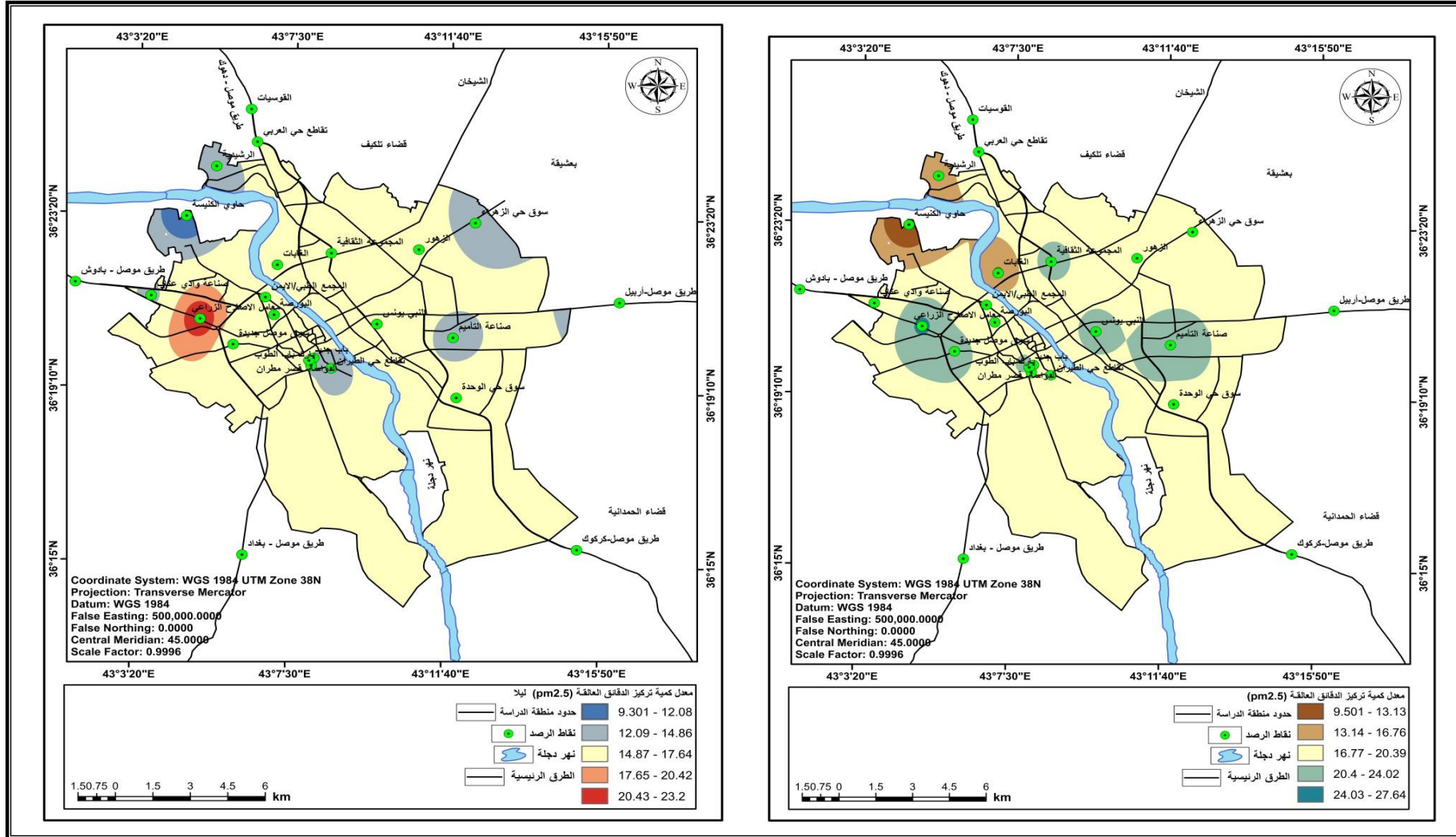
الجدول (23) يبين معدل تركيز كمية الجسيمات العالقة (pm 2.5) ميكروغرام /م³

معدل تركيز كمية الجسيمات العالقة (pm2.5)/ليلا	معدل تركيز كمية الجسيمات العالقة (pm2.5) /نهارا	اسم موقع محطة الرصد	التسلسل
9.3	9.5	حاوي الكنيسة	1
13.8	13.4	طريق موصل - بادوش	2
14.6	17.2	صناعة وادي عكاب	3
23.2	24.8	معامل الاصلاح الزراعي	4
16.3	22.1	سوق موصل جديدة	5
13.8	15.6	طريق موصل - بغداد	6
13.5	18.2	تقاطع حي الطيران	7
13.2	17.1	الدواسة - قصر مطران	8
13.1	13.2	بارك باب الطوب	9
20.5	27.9	باب جديد	10
15.1	16.6	البورصة	11
15.7	20.5	المجمع الطبي/الايمن	12
17.5	21.6	النبي يونس	13
15.6	19.8	سوق حي الوحدة	14
15.2	17.8	طريق موصل - كركوك	15
14.2	23.2	صناعة التاميم	16
13.9	14.1	طريق موصل - اربيل	17
17.2	16.8	الزهور	18
13.5	17.8	سوق حي الزهراء	19
17.7	21.8	المجموعة الثقافية	20
17.4	12.6	الغابات	21
14.5	16.3	الرشيدية	22
15.4	19.3	تقاطع حي العربي	23
14.5	15.6	القوسيات	24

المصدر: بالاعتماد على الرصد الميداني باستخدام جهاز قياس الجسيمات العالقة والمركبات العضوية في

الجو (HCHO TVOC)

الخريطة (36) تبين معدل تركيز كمية الجسيمات العالقة (pm2.5) / (نهاراً، ليلاً)



المصدر: بالاعتماد على جدول (23) وبرنامج (ARCGIS DESTOP)

3-1-2-3-1-2-3 الجسيمات الصلبة او السائلة: وهي جسيمات بحجم صغير جداً يقل قطرها عن (0.1) ميكرون تستطيع الوصول بسهولة إلى الرئتين دون أن تشكل خطراً كبيراً على صحة الإنسان، إذ تنقسم هذه الجسيمات إلى فئتين: الدقائق الخشنة مثل الرماد المتطاير والغبار والسخام، والدقائق الصغيرة مثل الدخان والهباء الجوي بينما الأبخرة والضباب والأيروسول هي عوالق في الهواء على شكل قطرات صغيرة أو رذاذ وتشكل مجموعة واسعة من ملوثات الهواء. تبقى هذه الجسيمات معلقة في الهواء وتتنوع في تركيبها الكيميائي وتأثيراتها الصحية، وتعتمد حركتها وبقائها في الهواء وعمق اختراقها في الجهاز التنفسي على حجم الجسيمة أو القطرة العالقة سواء كانت أليفاً متناهية الدقة أو قطيرات ضبابية أو بكتيريا أو فيروسات أو حبيبات لقاح الأزهار أو غبار صناعي أو طبيعي وأشكال أخرى⁽¹⁾. ويظهر بوضوح من خلال الدراسة من خلال الجدول (24) معدل تركيز كمية الجسيمات العالقة (pm 1.0 /نهاراً) ومن الخريطة (37) إن أعلى نسبة تركيز لهذه الجسيمات قد ظهرت في مواقع محطات (باب جديد، ومعامل الاصلاح الزراعي، وصناعة التاميم، وسوق موصل جديدة) إذ تراوح المعدل ما بين (20.1 - 16.3) ميكروغرام /م³، أما المواقع التي كان نصيبها المعدل الأدنى فهي كلا من (حاوي الكنيسة، وبارك باب الطوب، وطريق موصل- بادوش، وطريق موصل- اربيل) حيث يلاحظ ان المعدل يتراوح بين (6.7 - 9.7) ميكروغرام/م³، في الجانب المقابل يتبين من خلال الجدول (24) معدل تركيز كمية الدقائق العالقة (pm 1.0 /ليلاً) ومن الخريطة نفسها أن نسبة التركيز الأعلى كانت في مواقع (معامل الاصلاح الزراعي، و باب جديد، والمجموعة الثقافية، والغابات) فقد سجلت معدلاً يتراوح بين (12.7 - 17.2) ميكروغرام /م³، لتسجل المواقع الأخرى معدلات منخفضة وهي مواقع محطات (حاوي الكنيسة وبارك باب الطوب والدواسة قطر مطران وتقاطع حي الطيران وسوق حي الزهراء) بين معدلات تتراوح ما بين (6.5 - 9.7) ميكروغرام /م³.

(1) إسراء طالب جاسم حمود الربيعي، تحليل مكاني لتراكيز ملوثات الهواء في مدينة المسيب وتأثيراته الصحية، المصدر السابق، ص49.

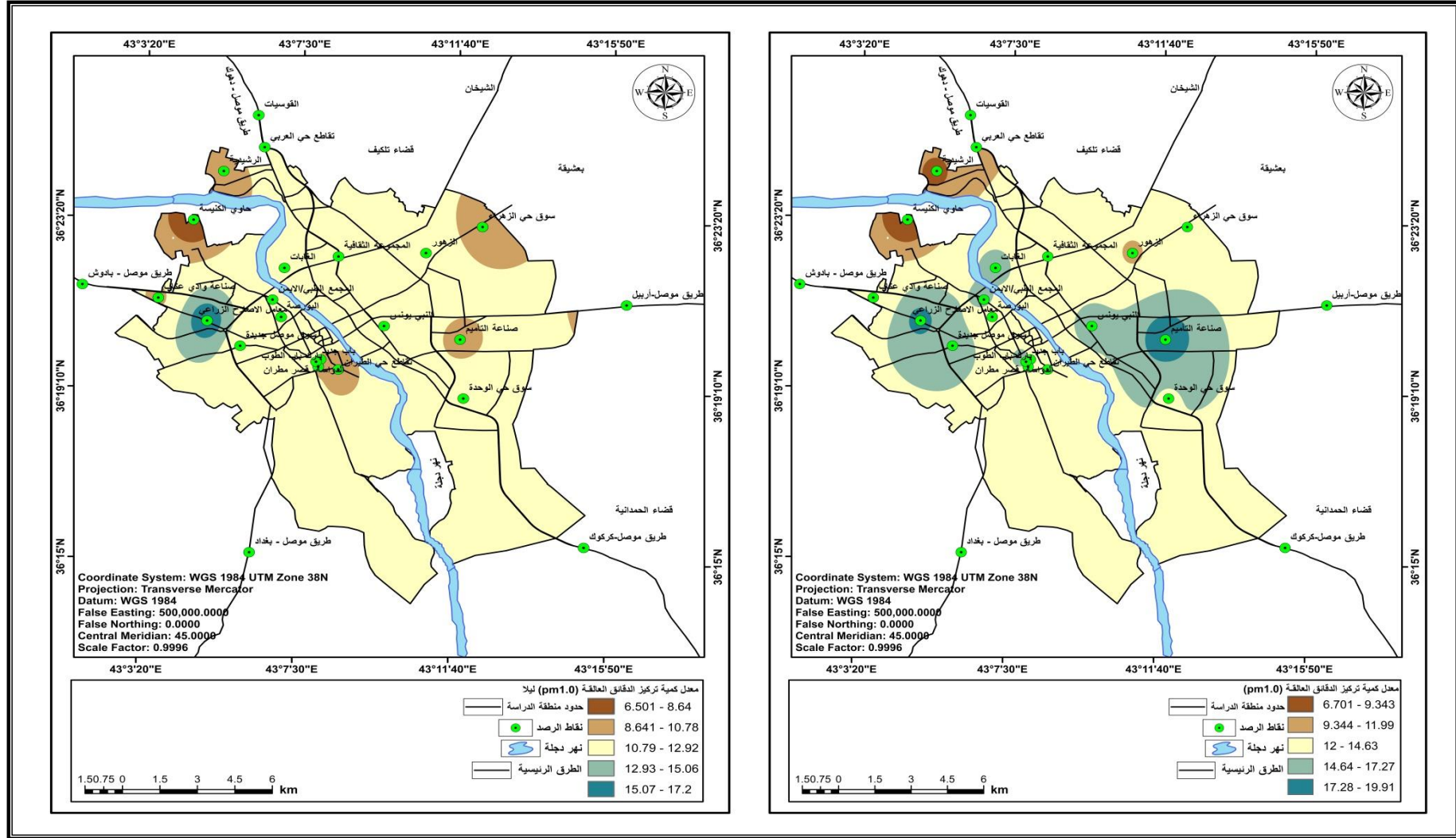
الجدول (24) يبين معدل تركيز كمية الجسيمات العالقة (pm 1.0) ميكروغرام /م³

معدل تركيز كمية الجسيمات العالقة (1.0) /ليلا	معدل تركيز كمية الجسيمات العالقة (1.0) /نهارا	اسم موقع محطة الرصد	التسلسل
6.5	6.7	حاوي الكنيسة	1
10.1	9.7	طريق موصل - بادوش	2
10.6	12.8	صناعة وادي عكاب	3
17.2	18.4	معامل الاصلاح الزراعي	4
11.9	16.3	سوق موصل جديدة	5
10.2	10.9	طريق موصل - بغداد	6
9.8	12.5	تقاطع حي الطيران	7
9.5	12.1	الدواسة - قصر مطران	8
9.4	9.4	بارك باب الطوب	9
15	20.1	باب جديد	10
11	11.9	البورصة	11
11.4	15.4	المجمع الطبي /الايمن	12
12.9	15.5	النبي يونس	13
11.6	14.5	سوق حي الوحدة	14
11.1	12.7	طريق موصل - كركوك	15
10.4	19.6	صناعة التاميم	16
10.1	9.7	طريق موصل - اربيل	17
12.7	11.7	الزهور	18
9.7	12.6	سوق حي الزهراء	19
12.9	12.6	المجموعة الثقافية	20
12.7	15.5	الغابات	21
10.4	8.7	الرشيدية	22
11.3	11.3	تقاطع حي العربي	23
10.5	13.1	القوسيات	24

المصدر: بالاعتماد على الرصد الميداني باستخدام جهاز قياس الجسيمات العالقة والمركبات العضوية في

الجو (HCHO TVOC)

الخريطة (37) تبين معدل تركيز كمية الدقائق العالقة (pm 1.0) / (نهاراً، ليلاً)



المصدر: بالاعتماد على جدول (24) وبرنامج (ARCGIS DESKTOP)

3-3 التمثيل الثلاثي الابعاد للجزيرة الحرارية في مدينة الموصل:

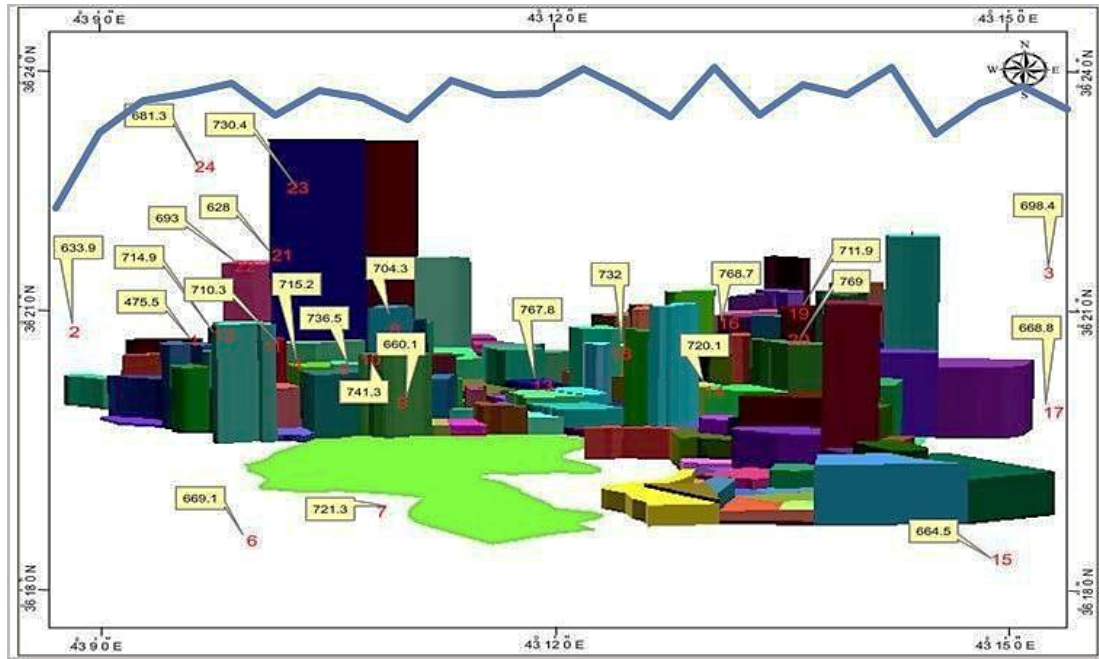
يعد التمثيل الثلاثي الابعاد احد الطرق العلمية في إعطاء صورة بصرية مدركة لشكل الجزيرة الحرارية في المدينة لأجل ذلك تم التطرق الى تمثيل المدينة بشكل مجسم بعد أن تناولنا في الفصول السابقة الاطار النظري للجزر الحرارية الحضرية والتلوث البيئي فضلا عن التطرق الى العناصر المناخية في مدينة الموصل بشكل مفصل، ثم اتبعناها بعد ذلك بإيجاد العلاقة المكانية بين الجزيرة الحرارية و العناصر الملوثة التي تم قياسها في منطقة الدراسة بناءً على الاجهزة المتوفرة لدينا ثم بينا بعد ذلك تركيز تلك العناصر في مواقع المحطات المختارة على شكل خرائط توضح هذا التركيز، نهدف في هذا الجانب من الفصل الى ايجاد العلاقة بين السكان وعناصر التلوث المقاسة التي تساهم في الارتفاع الحاصل في درجات الحرارة وتشكيل ظاهرة الجزيرة الحرارية وتمثيلها باستخدام البعد الثالث (3 Dimantion)، اذ تقوم هذه الطريقة على رفع الاحياء السكنية لمنطقة الدراسة بالاعتماد على الكثافة السكانية لكل حي من احياء المدينة، ليتم بالنتيجة عمل خرائط ثلاثية الابعاد والتي نستطيع من خلالها بيان طبيعة العلاقة ما بين السكان ونسب التلوث المقاسة سواء كانت طردية ام عكسية.

3-3-1 العلاقة بين كثافة السكان وتركيزات غاز ثاني اكسيد الكربون (CO_2)

يعد السكان العنصر الأساسي في تكوين الجزيرة الحرارية، حيث نستطيع أن نلاحظ أن المناطق ذات الكثافة السكانية العالية قد سجلت اعلى معدل للقراءات النهارية من غاز ثاني اكسيد الكربون (CO_2) طوال مدة الرصد كما هو موضح من خلال الخريطة (38) والقيم المسجلة على الخريطة، ويظهر ذلك بشكل واضح في مناطق (سوق موصل جديدة، سوق حي الوحدة، سوق حي الزهراء، الرشيدية)، اذ تراوح عدد السكان في كل منها (33817، 17284، 30335، 33817) نسمة بالترتيب على التوالي، بينما يلاحظ ان المناطق ذات التركيز السكاني المتوسط قد سجلت معدلات تراكيز (CO_2) اقل نسبيا من المناطق ذات الكثافة السكانية المتوسطة مثل (الزهور، باب جديد، القوسيات، البورصة، المجمع الطبي/ الايمن، المجموعة الثقافية) اذ بلغ عدد السكان في كل منها (8876، 8750، 9163، 6120، 9280، 5419) نسمة، اما المعدلات الاقل تركيزا في غاز (CO_2) فتم تسجيلها في المناطق ذات الكثافة السكانية المنخفضة كمناطق (حاوي الكنيسة، الغابات، الدواسة) حيث سجلت (738,3338،

2169 نسمة ، وعلى الجانب الاخر من المدينة سجلت مناطق اخرى ارتفاعا في نسب تراكيز (CO₂) نتيجة الحركة السكانية الكبيرة فيها لما تحويه من أنشطة بيئية مختلفة منها (المجمع الطبي /الايمن, صناعة وادي عكاب, معامل الاصلاح الزراعي, تقاطع حي الطيران, الدواسة- قصر مطران, النبي يونس, صناعة التاميم, تقاطع حي العربي)، وبذلك استطعنا وبشكل مباشر من التوصل الى أن هناك علاقة طردية بين كل من المتغيرين والتي تشير الى ان كلما زاد احمدها بمقدار معين يزيد الاخر والعكس صحيح وهو ما يعمل بالنتيجة على رفع درجة الحرارة او خفضها، وانطلاقا مما سبق، يمكننا القول ان كل من المناطق (صناعة وادي عكاب, معامل الاصلاح الزراعي, سوق موصل جديدة, تقاطع حي الطيران, باب الجديد, البورصة, المجمع الطبي/ الايمن, النبي يونس, سوق حي الوحدة, صناعة التاميم, الزهور, سوق حي الزهراء, المجموعة الثقافية, تقاطع حي العربي) تمثل جزرا حرارية حضرية لما سجلته من ارتفاع في درجة حرارتها عن ما يجاورها من المناطق.

الخريطة (38) تبين العلاقة بين كثافة السكان وتراكيز غاز ثاني اكسيد الكربون (CO₂) نهارا

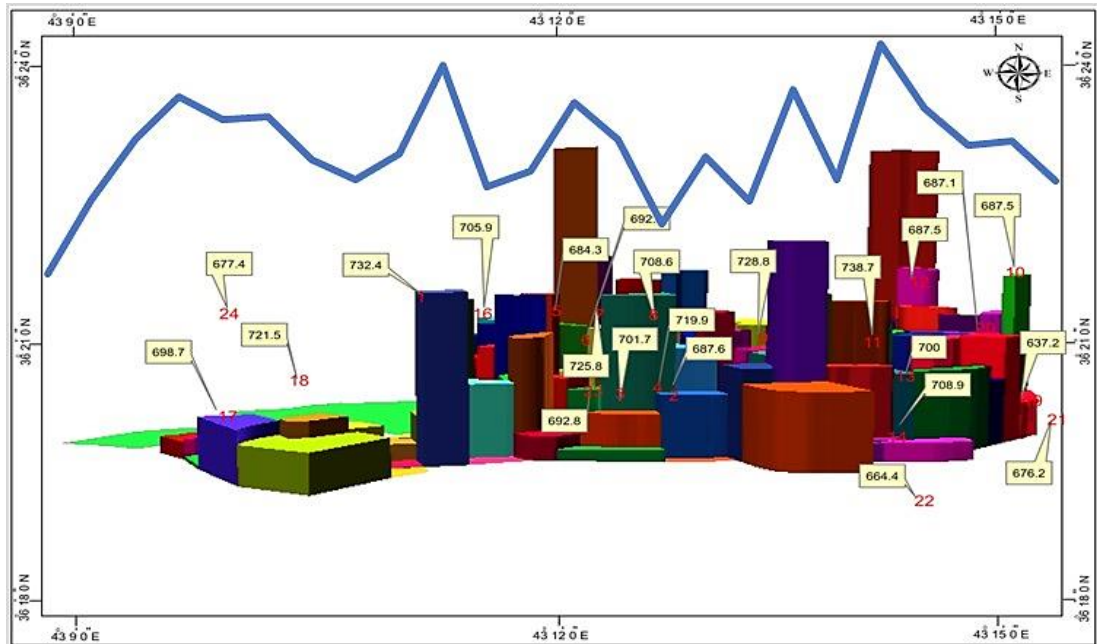


المصدر: بالاعتماد على برنامج ARC SCENE ضمن بيئة برنامج ARC GIS 10.8 بالاعتماد على بيانات ملحق (1)

اما الخريطة (39) والتي تناولنا فيها منطقة الدراسة من زاوية اخرى لأجل اظهار بعض المحطات التي لم تكن ظاهرة في الخريطة السابقة، حيث تعبر هذه الخريطة عن القراءة الليلية

طيلة فترة الرصد الميداني للدراسة، والتي يتبين من خلالها الانخفاض النسبي لتراكيز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في عدد من المناطق بعدما شهدته من نسب مرتفعة نتيجة الانخفاض الكبير في الحركة السكانية لتعاود درجات الحرارة الى وضعها الطبيعي، في حين يقابلها ارتفاعا نسبيا في مناطق اخرى لما تشهده من حركة سكانية عالية ليلا، وبهذا ترتفع درجات الحرارة مشكلة بذلك جزرا حرارية كما هو عليه الحال في مناطق (صناعة وادي عكاب، معامل الاصلاح الزراعي، سوق موصل جديدة، طريق موصل بغداد، بارك باب الطوب، باب جديد، النبي يونس، سوق حي الوحدة، صناعة التاميم، الزهور، المجموعة الثقافية، الغابات، الرشيدية، تقاطع حي العربي).

الخريطة (39) تبين العلاقة بين كثافة السكان وتراكيز غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) ليلا



المصدر: بالاعتماد على برنامج ARC SCENE ضمن بيئة برنامج ARC GIS 10.8 بالاعتماد على بيانات ملحق (1)

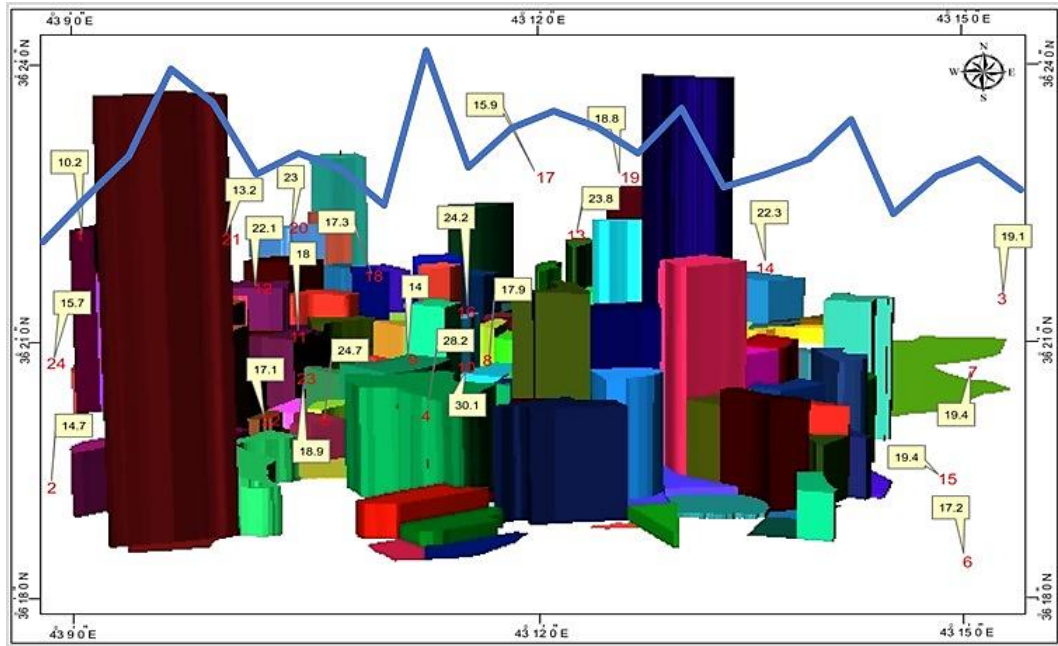
3-3-2 العلاقة بين كثافة السكان وتركيزات الجسيمات العالقة (PM_{10} , $PM_{2.5}$, $PM_{1.0}$)

يتبين من خلال الخرائط (40) و (41) و (42) أن هناك علاقة ما بين الجسيمات العالقة بأحجامها المختلفة وكثافة السكان والجزر الحرارية في منطقة الدراسة، إذ أن لمناطق ذات الكثافة السكانية المرتفعة تنتج كميات كبيرة من الجسيمات العالقة والمسجلة قيمها على الخريطة نتيجة لزيادة الأنشطة البشرية فيها، إذ سجلت المناطق ذات الكثافة السكانية العالية أعلى معدل للقراءات لكل من (PM_{10} , $PM_{2.5}$, $PM_{1.0}$) طيلة المدة الزمنية للرصد

الميداني خلال النهار ويظهر ذلك بوضوح في مناطق (سوق موصل جديدة، سوق حي الوحدة، سوق حي الزهراء، الرشيدية) التي تراوحت معدلات تراكيز الدقائق العالقة (PM10) فيها ما بين (17.1-24.7) ميكرو غرام/م³، في حين تباينت معدلات تراكيز الدقائق العالقة (PM) 2.5 ما بين (16.3-22.1) ميكرو غرام/م³، اما معدلات تراكيز (PM1.0) فقد تفاوتت بين (8.7-16.3) ميكرو غرام/م³، على حين قد سجلت معدلات تراكيز اقل نسبيا في الاحياء ذات التركيز السكاني المتوسط نذكر منها (الزهور، باب جديد، القوسيات، البورصة، المجمع الطبي/الايمن، المجموعة الثقافية) اذ بلغت معدلات تراكيز الدقائق العالقة (PM10) فيها ما بين (15.7-30.1) ميكرو غرام/م³، اما معدلات تراكيز الدقائق العالقة (PM 2.5) فقد تباينت بين (15.6-27.9) ميكرو غرام/م³، بينما تتراوح معدلات تراكيز (PM1.0) ما بين (11.7-20.1) ميكرو غرام/م³، في حين سجلت الاحياء الاقل كثافة (حاوي الكنيسة، الغابات، الدواسة) المعدلات الاقل تركيزا من تراكيز الدقائق العالقة (PM10) والتي تفاوتت بين (10.2-17.9) ميكرو غرام/م³، بينما تراوحت معدلات تراكيز الدقائق العالقة (PM 2.5) بين (9.5-17.1) ميكرو غرام/م³، اما معدلات تراكيز (PM1.0) تباينت بين (6.7-15.5) ميكرو غرام/م³، في المقابل سجلت عدد من احياء المدينة ارتفاعا كبيرا في نسب معدلات تراكيز الجسيمات العالقة نتيجة الحركة السكانية الكبيرة التي تسودها لما تحويه من الانشطة البيئية المتباينة منها (الصناعية والتجارية)، وهي لا تختلف عن ذات المناطق التي شغل فيها غاز ثاني اكسيد الكربون ارتفاعا في نسب تراكيزه وهي كل من (المجمع الطبي/الايمن، صناعة وادي عكاب، معامل الاصلاح الزراعي، تقاطع حي الطيران، باب جديد، الدواسة -قصر مطران، النبي يونس، سوق حي الوحدة، صناعة التاميم، الزهور، سوق حي الزهراء، المجموعة الثقافية، تقاطع حي العربي) اذ سجلت تراكيز الدقائق العالقة (PM10) معدلات تتراوح بين (17.3-30.1) ميكرو غرام/م³، في حين تتفاوت معدلات تراكيز الدقائق العالقة (PM 2.5) ما بين (11.3-27.9) ميكرو غرام/م³، اما معدلات تراكيز (PM1.0) فقد تراوحت بين (11.3-20.1)، واجمالا لما سبق إن دراسة العلاقة ما بين السكان والجسيمات العالقة والجزر الحرارية والتأثير المتبادل بينها يعد من المواضيع الهامة في دراسة البيئة الحضرية حيث أن كل متغير منها يؤثر على الآخر بطرق متعددة، فالجسيمات العالقة لها دورها في التأثير على المناخ المحلي من خلال امتصاصها او عكسها لاشعة الشمس فهي تزيد من من تأثير الجزر الحرارية

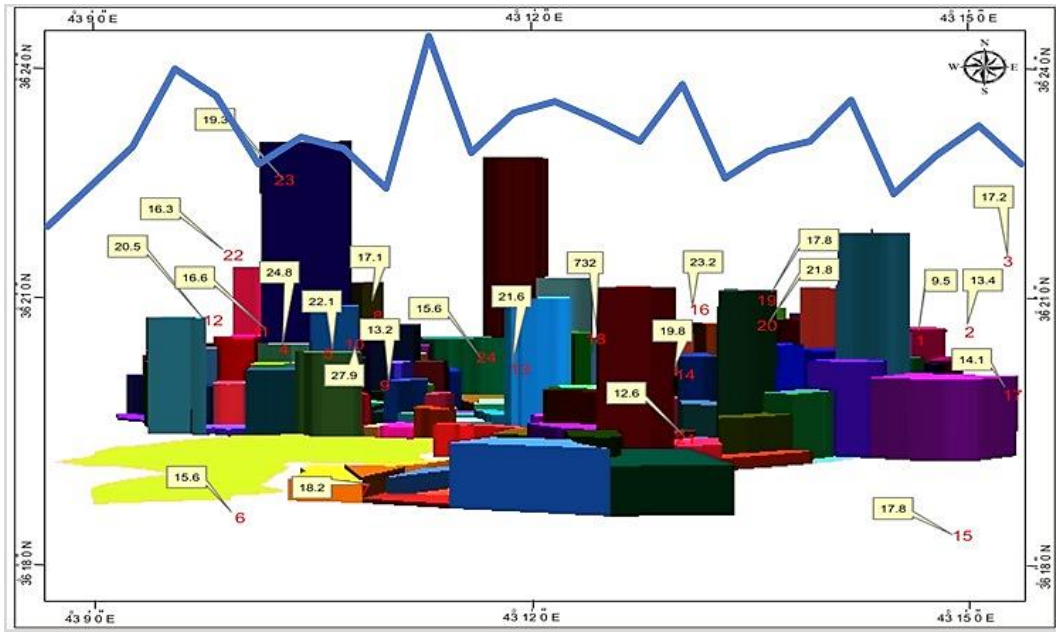
عن طريق امتصاص الإشعاع الشمسي وتعزيز الاحتباس الحراري المحلي، ومن زاوية أخرى تمثل الأنشطة البشرية مثل الانبعاثات الصناعية وعوادم المركبات ومواد البناء وحرق الوقود الاحفوري بالإضافة إلى المصادر الطبيعية مثل العواصف الترابية وغيرها المصادر الرئيسة للجسيمات العالقة، فكلما تزايد عدد السكان يزيد ذلك من الأنشطة البشرية مما يؤدي إلى زيادة انبعاثات الجسيمات العالقة والعكس صحيح.

الخريطة (40) تبين العلاقة بين كثافة السكان وتركزات الجسيمات العالقة (PM 10) نهارا



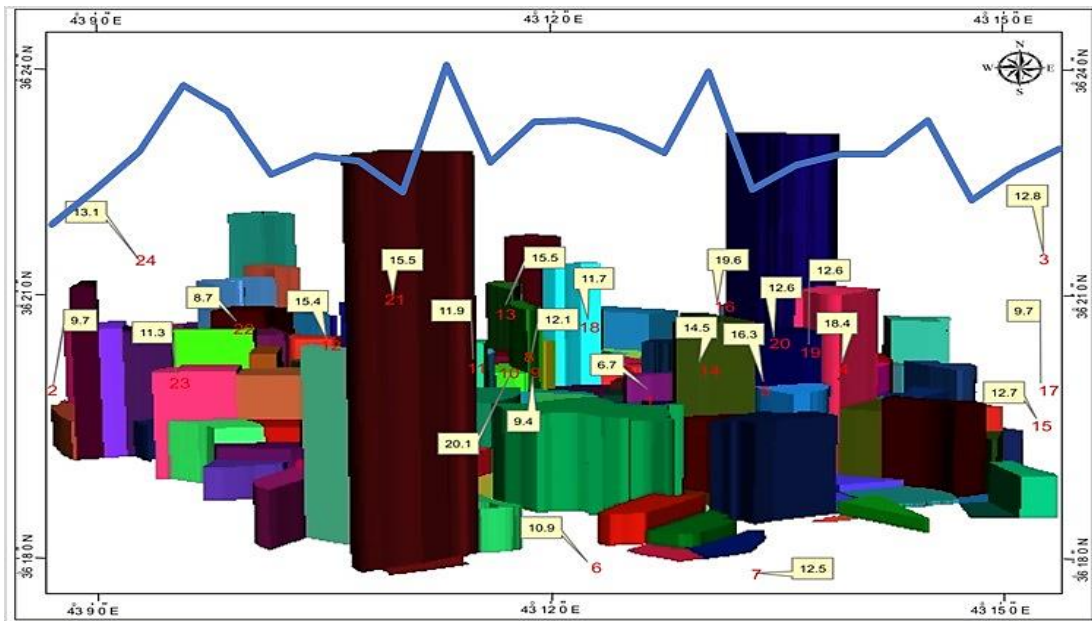
المصدر: بالاعتماد على برنامج ARC SCENE ضمن بيئة برنامج 10.8 ARC GIS بالاعتماد على بيانات ملحق (1)

الخريطة (41) تبين العلاقة بين كثافة السكان وتركيزات الجسيمات العالقة (PM 2.5) نهارا



المصدر: بالاعتماد على برنامج ARC SCENE ضمن بيئة برنامج 10.8 ARC GIS بالاعتماد على بيانات ملحق (1)

الخريطة (42) تبين العلاقة بين كثافة السكان وتركيزات الجسيمات العالقة (PM 1.0) نهارا



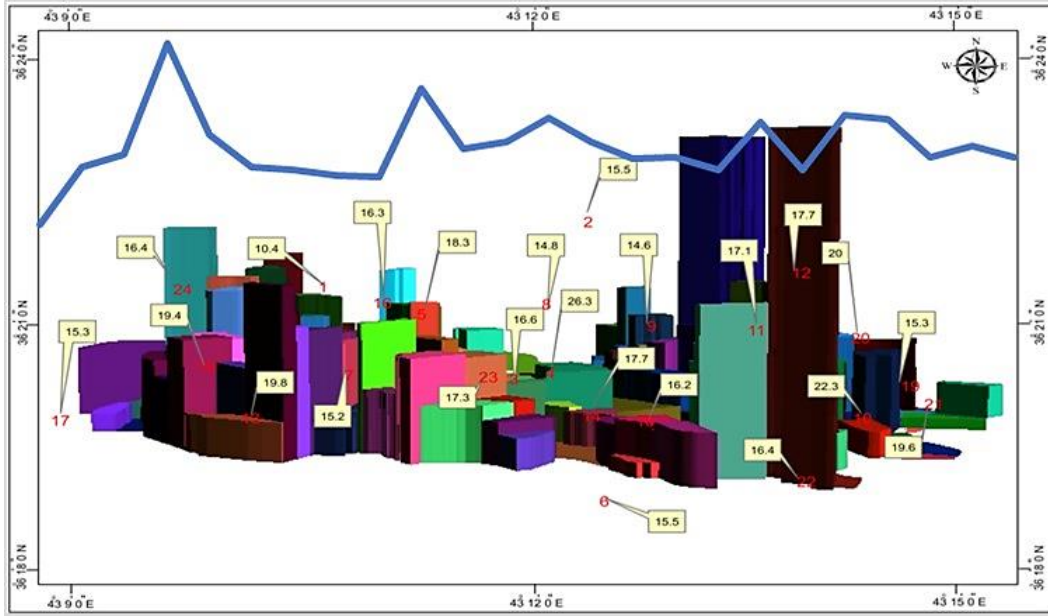
المصدر: بالاعتماد على برنامج ARC SCENE ضمن بيئة برنامج 10.8 ARC GIS بالاعتماد على بيانات ملحق (1)

اما الخرائط (43) و (44) و (45) والتي تعبر عن القراءات الليلية للرصد الميداني في مدينة الموصل للجسيمات العالقة فيتبين من خلالها الانخفاض النسبي عن القراءات النهارية من خلال ما تمثله القيم المسجلة على كل من الخرائط المشار لها انفا، حيث يعود سبب ذلك الى

انخفاض الحركة السكانية خلال الليل كما هو عليه الحال في مناطق (سوق موصل جديدة، سوق حي الوحدة، سوق حي الزهراء، الرشيدية) التي سجلت انخفاضا نسبيا على الرغم من الحركة المستمرة ليلا يتراوح ما بين (17.3-18.3) ميكرو غرام/ م³ ، في معدل تراكيز جسيمات (PM 10) وانخفاضا في (PM 2.5) بمعدل تفاوت ما بين -16.3 (14.5) ميكروغرام/ م³ ومعدل تراوح بين (10.4 - 11.6) ميكرو غرام/ م³ لتراكيز الدقائق العالقة (PM 1.0) ميكروغرام/ م³، اما المناطق التي شغلت تركزا سكانيا يصنف بالمتوسط من حيث الكثافة المرتفعه فيها مثل (الزهور، باب جديد، القوسيات، البورصة، المجمع الطبي/الايمن، المجموعة الثقافية) فقد سجلت ايضا انخفاضا في معدلات تراكيز الدقائق العالقة (PM 10) يتراوح بين (16.4 - 22.3) ميكرو غرام/ م³، وسجلت تراكيز الدقائق العالقة (PM 2.5) معدلات تباينت ما بين (14.5-20.5) ميكرو غرام/ م³، اما الدقائق العالقة (PM 1.0) فسجلت معدل تفاوت ما بين (10.5-15) ميكرو غرام/ م³، على حين سجلت الاحياء الاقل كثافة في السكان (حاوي الكنيسة، الغابات، الدواسة) المعدلات الاقل تركيزا من تراكيز الدقائق العالقة باستثناء مناطق (الغابات ، والدواسة) التي سجلت بعض الارتفاع لما تشهده من تحرك سكاني كبير في ارجائها فقد تراوحت تراكيز الدقائق العالقة (PM 10) بين (10.4-15.2-19.6) ميكرو غرام/ م³ بالترتيب، في حين بلغت معدلات تراكيز الدقائق العالقة (PM 2.5) بلغت (9.3-13.2-17.4) ميكرو غرام/ م³ على التوالي، اما معدلات الدقائق العالقة (PM 1.0) فسجلت معدل بقيم (6.5 - 9.5-12.7) ميكرو غرام/ م³، ومن جهة اخرى نلاحظ الارتفاع الحاصل في تراكيز الجسيمات العالقة ليلا في عدد من المناطق نتيجة الحركة المستمرة للسكان فيها على مدار اليوم كمناطق (النبي يونس، تقاطع حي الطيران، تقاطع حي العربي) اذ تراوح معدل تراكيز الدقائق العالقة (PM 10) فيها ما بين (15.2-17.7) ميكرو غرام/ م³ ، بينما تتفاوت معدلات تراكيز الدقائق العالقة (PM 2.5) بين (13.5-17.5) ميكرو غرام/ م³، اما معدلات الدقائق العالقة (PM 1.0) فسجلت معدلات تباينت بين (9.8-12.9) ميكرو غرام/ م³، واستخلاصا لما تقدم إن للكثافة السكانية المنخفضة دوراً في أن تساهم في الحد من تأثير الجزر الحرارية وتقليل مستويات الجسيمات العالقة في الهواء حيث تكون مصادر تلوث الهواء أقل عدداً وكثافة مثل حركة السيارات والصناعات التي تصدر حرارة اذ يقلل ذلك من

الانبعاثات الحرارية ومن ثم يقلل من تأثير الجزر الحرارية، وعليه تكون الجزر الحرارية أقل وضوحاً أو غير موجودة مقارنة بالمناطق ذات الكثافة السكانية العالية.

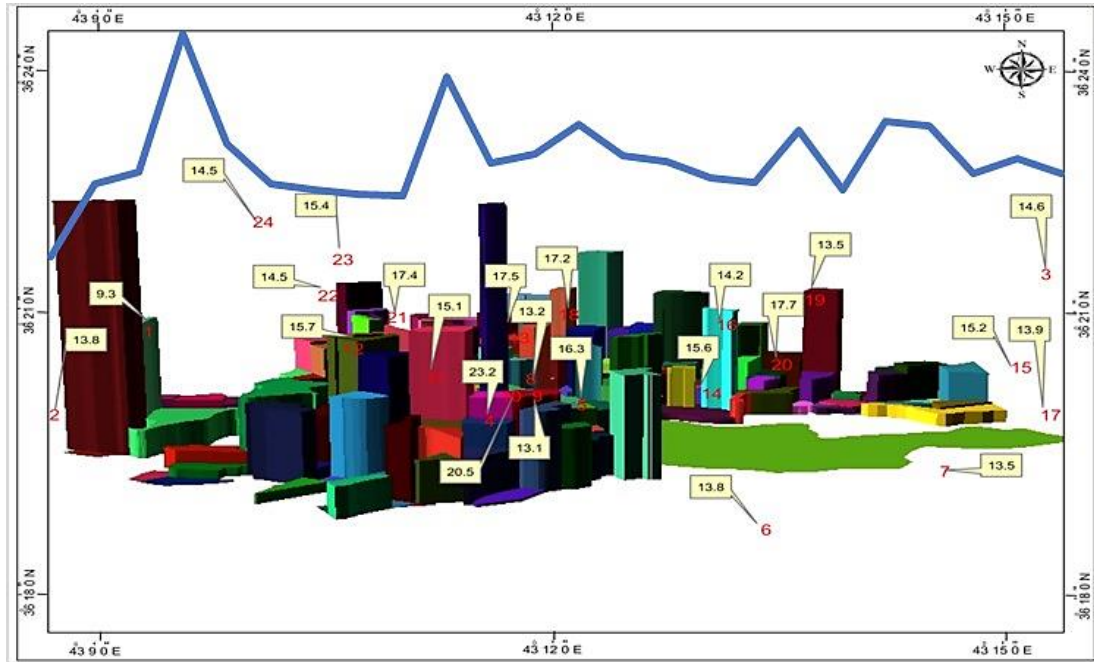
الخريطة (43) تبين العلاقة بين كثافة السكان وتركيزات الجسيمات العالقة (PM 10) ليلا



المصدر: بالاعتماد على برنامج ARC SCENE ضمن بيئة برنامج 10.8 ARC GIS بالاعتماد على

بيانات ملحق (1)

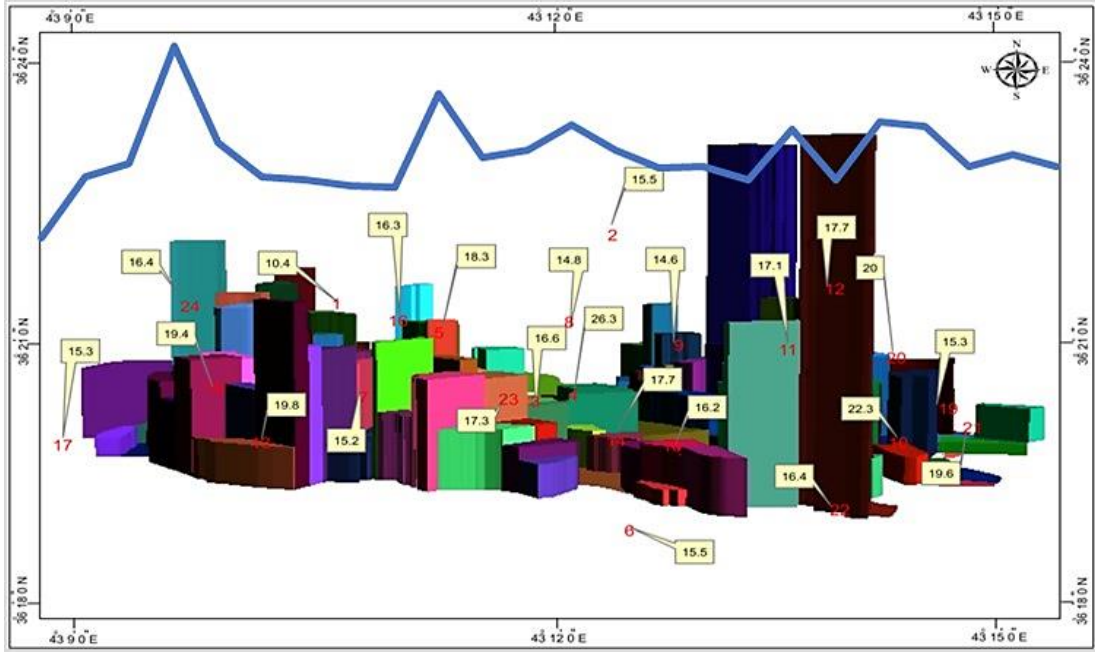
الخريطة (44) تبين العلاقة بين كثافة السكان وتركيزات الجسيمات العالقة (PM 2.5) ليلا



المصدر: بالاعتماد على برنامج ARC SCENE ضمن بيئة برنامج 10.8 ARC GIS بالاعتماد على

بيانات ملحق (1)

الخريطة (45) تبين العلاقة بين كثافة السكان وتركيزات الجسيمات العالقة (PM 1.0) ليلا



المصدر: بالاعتماد على برنامج ARC SCENE ضمن بيئة برنامج 10.8 ARC GIS بالاعتماد على

بيانات ملحق (1)



الاستنتاجات والمقترحات



الاستنتاجات والمقترحات

أولاً: الاستنتاجات

- 1- تبين من خلال المتغيرات المكانية المؤثرة علي درجة الحرارة وهي (الاستخدامات الحضرية، المسطحات الخضراء) ما يأتي:
 - أ- تباينت مساهمة الاستخدامات الحضرية المختلفة ضمن الإطار المكاني للمدينة في إضافة كميات من الطاقة الحرارية إلى هوائها مما ساهم في تشكيل بيئة مناخية محلية تختلف عن غيرها، فالاستعمال السكني مثل نسبة كبيرة من إجمالي مساحة المدينة، اذ قدرت عدد الوحدات السكنية في منطقة الدراسة (221919) وحدة سكنية، كما وانها توزعت على مساحة سجلت (219685) كم² ، والذي كان له أثر واضح في رفع درجة حرارة المدينة.
 - ب- ان الارتفاع الحاصل في درجات الحرارة في منطقة الدراسة يعود بالدرجة الاساس الى قلة المسطحات الخضراء والتي بلغ قدرها (195) هكتار، وهي نسبة محدودة جدا يمثلها الغطاء النباتي مقابل ما تشغله المناطق العمرانية من مساحة، فكلما قلت المساحات الخضراء انخفضت الرطوبة النسبية التي كلما زادت نسبتها يقابلها انخفاض ملحوظا في درجات الحرارة والعكس صحيح.
- 2- اتضح من خلال دراسة العناصر المناخية لمدينة الموصل ما يلي:
 - أ- تعد درجة الحرارة أحد العناصر المناخية الأساسية التي تؤثر بشكل مباشر على باقي عناصر المناخ مثل الرطوبة النسبية وسرعة الرياح واتجاهها، حيث يؤدي التغير في درجات الحرارة سواء بالارتفاع أو الانخفاض إلى تغيير الخصائص المناخية للمدينة مما يؤثر على المناخ المحلي ويخلق فروقات ملموسة بين المناطق الحضرية والمناطق المحيطة بها، حيث سجل شهر (تموز) اعلى شهور السنة حرارة بمعدل شهري بلغ (35.28) م°، بينما سجل شهر (كانون الثاني) ادنى شهور السنة حرارة بمعدل شهري (6.10) م°.
 - ب- تزداد عدد ساعات سقوط الاشعاع الشمسي على منطقة الدراسة في أشهر الصيف نتيجة لقلة الغيوم وانعدام المنخفضات الجوية المارة على المدينة، فضلا عن طول النهار وقصر الليل، اذ سجل اعلى معدل شهري في شهر حزيران حيث بلغ (8.2) م².يوم، وعلى العكس تقل فترات سقوط الاشعاع الشمسي في فصل الشتاء نتيجة مرور المنخفضات الجوية التي

ترافقها كميات كبيرة من السحب التي تحجب أشعة الشمس، فضلاً عن قصر النهار وطول الليل، إذ سجل أدنى معدل شهري بلغ (2.31) م². يوم خلال شهر كانون الأول، إذ يؤثر ذلك على امتصاص الحرارة وتخزينها في المباني والطرق مما يخلق تباينات في درجات الحرارة بين المناطق الحضرية والريفية.

ت- من خلال تحليل المعدلات الشهرية للأمطار اتضح أن هناك تبايناً بين معدلات الفصل البارد والحرار في عموم أرجاء منطقة الدراسة، حيث تزداد كمية الأمطار خلال فصل الشتاء وتقل في فصلي الربيع والخريف وتتعدم في فصل الصيف، وتقل بالإتجاه من الغرب إلى الشرق ومن الشمال إلى الجنوب.

ث- أظهرت النماذج الخرائطية لمعدلات سرعة الرياح وعلى ارتفاع (10) م، بأن النطاق الممتد من شرق الشمال الشرقي منطقة الدراسة باتجاه جنوبها هو الأعلى بالوارد الريحي لانبساط السطح ووجود الممرات الطبوغرافية، فضلاً عن تأثير المنظومات الضغطية إذ ينحصر معدل السرعة الشهري يتراوح بين (3.5-3.31) م/ثا.

ج- تعد الرياح الغربية هي الأكثر سيادة بين الاتجاهات الأخرى فوق سطح منطقة الدراسة من خلال معدلاتها الشهرية، إذ حققت نسبة تكرار (33%) على ارتفاع (10) م وهي بالمرتبة الأولى و (32%) للرياح الشرقية، و (14%) للرياح الشمالية الشرقية، و (9%) للرياح الشمالية الغربية، و (7%) للرياح الشمالية، و (3%) للرياح الجنوبية الشرقية، و (1%) للرياح الجنوبية الغربية، و (0%) للرياح الجنوبية.

3- يتبين من التركيب الحراري من مدينة الموصل ما يأتي:

أ- إن درجة حرارة سطح الأرض تتوزع في مدينة الموصل بشكل غير متجانس نتيجة لتنوع تضاريس المنطقة، فترتفع درجات حرارة سطح الأرض في الأجزاء الجنوبية والجنوبية الشرقية والغربية بصفة خاصة من مدينة الموصل وهذه المناطق، هي مناطق خالية من الغطاء النباتي بشكل شبه تام ومواجهة للشمس، فضلاً عن الطرق الرئيسية المارة بها، في حين تنخفض درجة حرارة سطح الأرض في المناطق المجاورة لنهر دجلة نتيجة تأثيرها بالمؤثرات القادمة منه.

ب- إن العلاقة بين درجة حرارة سطح الأرض ومؤشر الغطاء النباتي (NDVI) هي علاقة عكسية، إذ أن المناطق ذات الغطاء النباتي الكثيف لها القدرة على التقليل من الفارق

الحراري ، فالفرق الحراري لدرجات الحرارة السطحية ما بين المناطق الصحراوية والجرداء ومناطق الغطاء النباتي يتراوح ما بين (1-3) درجة مئوية في مدينة الموصل.

ت- نتيجة لتنوع الغطاء الارضي في منطقة الدراسة، فإنه لا يظهر النمط الواحد من الجزر الحرارية متصلا عبر مساحات واسعة بل يظهر على شكل متقطع بأنماط اخرى من الجزر الحرارية نتيجة لتفاوت النشاط البيئي فضلا عن التباين السكاني والعمراني.

4- تبين من خلال الدراسة ان هناك علاقة طردية ما بين اعداد السكان والزحف العمراني الحاصل في المدينة مع زيادة مستويات التلوث للعناصر المقاسة وهذا ما أوضحته الدراسة الميدانية ومراحل التوسع العمراني التي عبرت عنها المرئيات الفضائية وبين الاحصائيات السكانية.

5- تتنوع مصادر التلوث في منطقة الدراسة من خلال معطيات الدراسة فهناك ملوثات حضرية وصناعية وسياحية وتجارية وزراعية، فضلا عن ما تساهم به المركبات والمحطات الكهربائية من زيادة في مستويات انبعاثات العناصر الملوثة.

6- شكلت المناطق ذات الكثافة السكانية المرتفعة والمناطق الصناعية، فضلا عن المناطق ذات النشاط التجاري والسياحي والطرق الرئيسية لمدخل المدينة، فضلا عن تقاطعات الشوارع المزدهمة بشكل مستمر داخل المدينة النسب الاعلى من حيث ارتفاع نسب العناصر الملوثة ودرجات الحرارة المرتفعة.

ثانياً: المقترحات

1- العمل على التخفيف من التركيز السكاني داخل المدينة من خلال استحداث احياء جديدة من محاور المدينة المختلفة لتكون بمثابة مراكز جذب سكاني من شأنها واقطاب أن تعمل على توزيع السكان بشكل مثالي على كامل احياء المدينة، فضلا عن مساهمة ذلك في تماثل التركزات السكانية.

2- وضع الخطط من الجهات ذات العلاقة التي من شأنها أن تمارس دورها في فرض القوانين والعمل على ايقاف ومنع التجاوز على المسطحات الخضراء وايقاف الامتداد العمراني على حساب الاراضي الزراعية لما لذلك من تأثير كبير على النظام المناخي والعمراني والصحي في المدينة.

- 3- التقليل من حدة تأثير الجزيرة الحرارية لمواجهة المشاكل الناتجة عنها، مثل الإجهاد الحراري وزيادة استهلاك الطاقة من خلال التوسع في انشاء المتنزهات وزراعة الأشجار وزيادة المسطحات الخضراء في انحاء المدينة كافة (من قبل بلدية الموصل)، الى جانب التقليل من المساحات المعبدة لا سيما في الجزرات الوسطية للطرق وعلى جانبي الشوارع العريضة من خلال زراعة الأشجار التي تلعب دوراً كبيراً في العمل على التقليل من درجات الحرارة المنبعثة من الاسفلت.
- 4- محاولة العمل على انشاء الاحزمة الخضراء في مختلف الاطراف المدينة، لا سيما اجزائها الجنوبية والجنوبية الشرقية والغربية لما تشكله هذه الاجزاء من اثر في ارتفاع شدة الجزر الحرارية التي من شأنها أن تعمل على تلطيف مناخ المدينة من خلال دورها في زيادة الرطوبة النسبية لا سيما في الأشهر الحارة .
- 5- توجيه الاهتمام نحو نشر الوعي في الاخذ بالظروف والاعتبارات المناخية عند تشييد المنازل والاحياء الجديدة في محاولة للتخفيف من قوة الجزيرة الحرارية الحضرية.
- 6- نشر الوعي بين سكان المدينة تجاه استخدام مواد البناء ذات القدرة الانبعاثية المنخفضة لما لها من دور فعال في التقليل من الطاقة الحرارية المخزنة مما يعمل في النهاية على التقليل من حجم الطاقة الحرارية المخزونة، بالإضافة الى استخدام الالوان الفاتحة عند البناء التي تعمل على رفع معدلات الالبيدو، فضلاً عن حثهم وتشجيعهم على حملات التشجير .
- 7- عند إنشاء أي صناعة من الضروري التخطيط العملي الرشيد مع مراعاة المناخ والتضاريس من الضروري تجنب بناء المنشآت الصناعية داخل المدن أو بالقرب منها.
- 8- انشاء شبكة نقل جماعي حديثة وسريعة , اذ يساهم ذلك بشكل كبير في تقليل الانبعاثات الكربونية والجسيمات العالقة وغيرها من الملوثات التي تعمل على رفع درجة الحرارة و الناجمة عن استخدام السيارات الخاصة مما يحد ذلك من التلوث والاختناقات المرورية .
- 9- التخطيط العلمي والعملي لتنفيذ حملات توعية بيئية شاملة لنشر الوعي البيئي بين سكان المدينة وحثهم على المشاركة في الحفاظ على بيئتهم وتحذيرهم من مخاطره التلوث وأن لا يقتصر ذلك بالملصقات الجدارية بل عن طريق تفعيل دور المؤسسات الحكومية ذات العلاقة كمديرية بيئة نينوى وجامعة الموصل عن طريق إقامة المحاضرات العلمية إلى جانب تفعيل

نظام الدعاوي القضائية على المتسببين بالتلوث استنادا إلى احكام الفصلين الثامن والتاسع من قانون حماية البيئة لعام 2009.



المصادر والمراجع



المصادر والمراجع

أولاً: القرآن الكريم

1- سورة الأعراف، الآية: 74.

ثانياً: المصادر العربية

أ- الوثائق الحكومية المنشورة وغير المنشورة:

1- جمهورية العراق ، وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاء ، مديرية احصاء نينوى، بيانات غير منشورة، 2022.

2- جمهورية العراق، وزارة البلديات والاشغال العامة، مديرية بلدية الموصل، شعبة نظم المعلومات الجغرافية، 2023.

ب- الرسائل والأطاريح الجامعية

1. الشريفى, روى محمد حسن محمود ، التقييم الجيوكيميائي والبيئي للعناصر الثقيلة في الاجزاء العليا لانواع مختلفة من الترب السطحية والغبار المتجمع على اوراق اليوكالبتوس في مناطق مختارة من مدينة الموصل شمالي العراق، اطروحة دكتوراه، كلية العلوم، جامعة الموصل، 2023،

2. الطائي, سحر سعيد قاسم، انموذج جغرافي بالمنطق المضرب للغطاء النباتي لمنطقة جبل سنجار ، اطروحة دكتوراه، كلية التربية ، جامعة الموصل، 2008.

3. النجماوي, سرى بدر حسين علاوي ، دراسة مناخ محافظة نينوى، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية التربية ، جامعة الموصل، 2001.

4. البخيت, عبد العزيز عبد الكريم ، الجزيرة الحرارية لمدينة دمشق، اطروحة دكتوراه، جامعة دمشق، دمشق، 2017.

5. الحسن, شكري ابراهيم ، التلوث البيئي في مدينة البصرة، اطروحة دكتوراه، كلية الاداب، جامعة البصرة، 2011.

6. الموفي, لطفي راشد ، دراسة واقع ومستقبل استخدامات الأرض لحوضي وادي عربة والبحر الأحمر في ظل الموارد الطبيعية والملاءمة البيئية باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، اطروحة دكتوراه، كلية التربية - ابن رشد، جامعة بغداد، 2004.
7. الشاعر, هديل عبد المجيد عباس ، علاقة الاشعاع الشمسي والاشعاع الارضي بدرجة الحرارة في العراق، رسالة ماجستير، جامعة الكوفة، كلية التربية للبنات، 2009.
8. العكيدي, محمد بشار حميد، تحديد اقاليم الراحة في قضاء تلعفر، رسالة ماجستير، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة الموصل، 2023
9. بندر, قصي كاظم عليوي ، اثر تباين سمك المستوى 500-1000 هيكتو باسكال في بعض عناصر وظواهر مناخ العراق، رسالة ماجستير، كلية التربية، الجامعة المستنصرية، 2021.
10. حسان, وليد عباس عبد الراضي ، الحرارة في مجمع القاهرة الحضري دراسة باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، اطروحة دكتوراه، كلية الآداب، جامعة عين الشمس، 2013
11. خلف, احمد دخيل موسى ، النمذجة الخرائطية لتغير عصري الحرارة والامطار في محافظة صلاح الدين للفترة (2013-1980)، رسالة ماجستير، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة تكريت، 2018.
12. ساجت, فاطمة راضي ، الجزيرة الحرارية والراحة البايومناخية لمدينة السماوة، رسالة ماجستير، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة البصرة، 2013.
13. شرف, محمد إبراهيم محمد ، المناخ والزراعة في شمال مصر، دراسة في الجغرافية التطبيقية، رسالة دكتوراه (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.
14. عبدالله, عبد الكريم هاوتا ، مشكلات تمثيل التضاريس لمنطقة راوندوز باستخدام المرئيات الفضائية ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير (غير منشورة) ، كلية الاداب، جامعة صلاح الدين، 2003.
15. عبدالله, أنعام حميد جودة ، أثر العناصر المناخية في الانتاج الزراعي (النباتي) في محافظة بغداد، رسالة ماجستير، كلية التربية للبنات، جامعة بغداد، 2022.

16. كاظم, عبير شهد ، النمذجة الكاربتوكرافية لظاهرة الجزر الحرارية في مدينة بغداد باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS، رسالة ماجستير، كلية التربية ابن رشد، جامعة بغداد، 2017.
17. مرعي, احمد محمود محمد ، دراسة التغيرات الحرارية لاراضي الضفة الغربية وفلسطين ، باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية بين عامي 1985-2017، رسالة ماجستير، كلية الدراسات العليا ، جامعة النجاح الوطنية، 2018.
18. محمد, عبد القادر عساج ، المناخ المحلي لمدينة صنعاء دراسة في جغرافية المناخ التطبيقي،، اطروحة دكتوراه، كلية التربية ابن رشد، جامعة بغداد، 2000.
19. مكي, غازي عبد لطيف ،استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في التصنيف والتحليل المكاني لاستعمالات الأرض في قضاء الأعظمية (دراسة كاربتوكرافية تحليلية)، اطروحة دكتوراه، كلية التربية ابن رشد،جامعة بغداد، ، 2006.
20. نافع, خالد رافع ، تأثير العناصر المناخية على السياحة في محافظتي نينوى والبصرة، رسالة ماجستير، كلية التربية الاساسية، الجامعة المستنصرية،2022.
21. هراط, إسماعيل عباس ، تباين اتجاه ونوعية الرياح في العراق وإمكانية استثمارها، اطروحة دكتوراه، كلية التربية ، الجامعة المستنصرية، 2006.
22. نايل, محمد محمود سليمان ، التحليل الجغرافي لدرجات الحرارة في العراق وارتباطها بعناصر المناخ الاخرى، اطروحة دكتوراه، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة الانبار، 2015.

ج- البحوث والدوريات والمجلات

- 1- العاللي, اسراء عادل رسول ، تقييم نوعية هواء محافظة البصرة، مجلة كلية التربية للبنات، العدد (3)، المجلد(2)، 2016.
- 2- ابراهيم , محمد محمد عبد العال ، الاتجاهات الحديثة في دراسة الجزر الحرارية في بعض الدوريات العالمية خلال الفترة (1995-2018) ، قسم الدراسات الاجتماعية، كلية التربية، جامعة المنصورة ، 2018.

- 3- الجنابي, صلاح الدين ، الخصائص الجغرافية الموضعية لمدينة الموصل، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، بغداد، العدد 32، 1996، ص96.
- 4- المحي, عبد الحليم علي ، حساب درجة حرارة سطح الارض من درجة حرارة التربة المرصودة في العمق ، مجلة الجامعي ، جامعة الفتح، العدد 14، 2007.
- 5- العزاوي, عزيز ابراهيم علي واخرون، النمذجة الخرائطية لتوزيع الضغط الجوي في العراق للمدة 1985-2015، مجلة فنون الفرائض، العدد31، 2017.
- 6- حميد, علوان رحاب ، التحسس النائي في استخدامات الارض، مجلة العلوم، العدد 19، 1986.
- 7- حسن, أحمد سامي ، سارة علي مطر، تباين درجات الحرارة اليومية العظمى والصغرى في فصل الصيف في مدينة بغداد، مجلة علوم المستنصرية، المجلد 27، العدد 1، 2016.
- 8- شحاذة, نعمان ، فصيلة الامطار في الحوض الشرقي للبحر المتوسط، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد 89 ، 1986.
- 9- محمد, اسماعيل علي اسماعيل ، تباين درجة حرارة سطح الارض ومدى تاثير بعض المتغيرات بمدينة القاهرة، المجلة الجغرافية العربية، العدد (181)، مصر، 2023.
- 10- هاني, سعيد محمد ، الجزر الحرارية في مدينة اسيوط وعلاقتها براحة الانسان، مجلة اسيوط للدراسات البيئية ، العدد 43، 2016.

د - الكتب والمراجع

- 1- الراوي, عادل سعيد ، قصي عبد المجيد السامرائي، المناخ التطبيقي، دار الكتب للطباعة والنشر، بغداد، 1990.
- 2- الموسوي, علي صاحب ، عبد الحسن مدفون ابو رحيل، مناخ العراق، مطبعة الميزان، النجف الاشرف، ط1، 2013
- 3- الوائلي, علي عبد الزهرة كاظم ، اسس ومبادئ في علم الطقس والمناخ، جامعة بغداد، كلية التربية، قسم الجغرافيا، 2005.
- 4- الخفاف, علي عبد ، ثعبان كاظم خضير، المناخ والانسان، دار المسيرة، حلب، ط1، 2007.

- 5- الوائلي, علي عبد الزهرة ، اسس ومبادئ في علم الطقس والمناخ، دار الكتب والوثائق، بغداد، 2006.
- 6- السامرائي, قصي عبد المجيد ، الجغرافية الطبيعية الحديثة، ط1، مكتب دليير للطباعة، بغداد، 2019.
- 7- الحساني, مصطفى فلاح ، مناخ العراق (اسس وتطبيقات)، دار مسامير للطباعة والنشر، 2020.
- 8- الجوهري, يسرى ، الجغرافية المناخية، كلية الآداب، جامعة المنيا، ط 1، 1987.
- 9- حديد، أحمد ، فاضل الحسني، علم المناخ، مطبعة جامعة بغداد، بغداد، ط1، 1984.
- 10- خضر, سالار علي ، مناخ العراق القديم والمعاصر، منشورات بغداد عاصمة الثقافة العربية، بغداد، 2011.
- 11- سالار علي خضر، مناخ العراق القديم والمعاصر، منشورات بغداد عاصمة الثقافة العربية، بغداد، 2011.
- 12- شريف, إبراهيم ابراهيم ، موسوعة علم الطقس والمناخ والظواهر الطبيعية، مكتبة الانجلو المصرية، الطبعة الثانية ، القاهرة-مصر، 2000.
- 13- شحادة, نعمان ، علم المناخ، ط1، دار صفاء للطباعة والنشر، عمان، 2009.
- 14- غانم, علي احمد ، الجغرافية المناخية، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان، 2011.
- 15- نوفل, رشا صابر عبد القوي ، المرثيات الفضائية حكاية نهضة علمية حديثة، كلية الاداب، جامعة المنوفية، 2018.

هـ - شبكة المعلومات الدولية:

- 1- <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>
- 2- <https://www.usgs.gov>
- 3- http://landsat.gsfc.nasa.gov/?page_id=5377

ثانياً: المصادر الاجنبية

- 1- Abdelnasser, M., Environmental pollution and the immune system, Al-Azhar Medical Journal, VOL 51, NUM(4),2022.
- 2- Acharya, T. D., & Yang, I., Exploring landsat 8. International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research (IJIEASR), 4(4), 2015.
- 3- Aflaki, et al. "Urban heat island mitigation strategies: A state-of-the-art review on Kuala Lumpur, Singapore and Hong Kong." Cities, NUM 62, 2017.
- 4- Akshey Bhargav, Air Pollution-Sources and Classification, Op Acc J Bio Sci & Res, Vol (1), NUM(1), 2020.
- 5- Ashwani Sharma, Types of Air Pollutants, Department of Environmental Studies, University of Delhi, 2020.
- 6- Babazadeh, Mina, and Parvendra Kumar, Estimation of the urban heat island in local climate change and vulnerability assessment for air quality in Delhi, European Scientific Journal, 2015.
- 7- Beaudoin Lea, Laurie Maude Drapeau Melanie, and Vandycke Manon Brunstein, URBAN HEAT ISLAND MITIGATION STRATEGIES 2021 UPDATE, Institut national de sante publique du Quebec, 2021.
- 8- Beranova, R., and R. Huth. "Long-term changes in the heat island of Prague under different synoptic conditions." Theoretical and Applied Climatology, NUM 82, 2005.
- 9- Dash,p., Cottsche., & fischer, h., Retrieval of land surface Temperature and emissivity from satellite data: physics, theoretical limitations and current., journal of the indian society of remote sensing, 29(1)., 2001.
- 10- Dos Santos, et al. Spatial and temporal distribution of urban heat islands, Science of the Total Environment, Num 605, 2017.

- 11-Fallmann Joachim, Numerical simulations to assess the effect of urban heat island mitigation strategies on regional air quality, PhD diss, University zu Koln, 2014.
- 12-Gartland, Lisa Mummery., Heat islands: understanding and mitigating heat in urban areas, Routledge, 2012.
- 13-Hara Kumar Varma, Urban planning characteristic to mitigate Climate change in context of urban heat Island effect, The Energy and Resources Institute,2017.
- 14-Horace Robert., B, central Meteorology Mcgraww-Hill- Book company, New York, 1974.
- 15-Ilham Al-Obaidi, et al . Assessing the Impact of Wind Conditions on Urban Heat Islands in large Australian cities , Journal of Ecological Engineering, NUM11, 2021.
- 16-ILham, et al. Application of Geographic Information Systems-Effects of Population Density & Land Management on the Intensity of Urban Heat Islands: A Case Study on the City of Kuala Lumpur, Malaysia,Intech,2012.
- 17-Imran, et al., Causes, modeling and mitigation of Urban Heat Island: a review, Earth Sciences 10,Num. 6 ,2021.
- 18-Karimipour, N, Implications of Urban Design Strategies for Urban Heat Islands" An Investigation of the UHI Effect in Downtown Austin", Master Thesis, the Faculty of the Graduate School of, The University of Texas, 2017.
- 19-Lain, D ., Gerald, M., A Guidebook the Urban Heat Island,Elsevier,2021.
- 20-Lindsay, et al. Urban Heat Island Project Report University of Central Florida, 2010.

- 21-Loana Herbel, Urban heat island-Assessment techniques, Mitigation and applications in a post-socialist city, PhD, Presa Universitara Clujeana,2020.
- 22-Mark Nieuwenhuijsen, Haneen Khreis, Integrating Human Health into Urban and Transport, Springer,2019.
- 23-Megan Rupard , Urban Heat Islands: Causes & Impacts & Mitigation, University San Luis Obispo, B.S. City & Regional Planning, 2019.
- 24-Mills, G., Luke Howard and The Climate of London, Weather, Num 63(6), 2008.
- 25-Mohajerani, et al., The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete, Journal of environmental management, NUM. 197,2017.
- 26-Nuruzzaman, Md. "Urban heat island: causes, effects and mitigation measures-a review." International Journal of Environmental Monitoring and Analysis 3, Num . 2 , 2015.
- 27-Oke, T.R., Hannell, f., The Form of the Urban Heat Island in Hamilton, , Canada, WMO Technical Note, NUM 108, 1970.
- 28-ozkara Arzu, and Dilek AKYIL, Environmental Pollution and the Effects of the Pollutants on the Ecosystem, vol.11, NUM(2), 2018.
- 29-Prince O. Ukaogo, Ugochukwu Ewuzie, and Chibuzo V., Environmental pollution: causes, effects, and the remedies, Microorganisms for sustainable environment and health, Elsevier,2020.
- 30-Richard, J. U., & Abah, I. A., Derivation of land surface temperature (LST) from Landsat 7 & 8 imageries and its relationship with two vegetation indices (NDVI and GNDVI), Int J Res Granthaalayah, NUM7(2),2019.

- 31-Rizwan, et al., A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island, Journal of environmental sciences 20,Num. 1,2008.
- 32-Satsita S., and Maryam A., Environmental pollution and implementation of sustainable development goals, BIO Web of Conferences, EDP Sciences, vol. 82,2024.
- 33-Sharma, Divya, and Alka Bharat. Urban Heat Island Effect-Causes, Impacts, Methods of Measurement and Mitigation Options. Institute of Town Planners India 6,NUM. 2,2009.
- 34-Smith, j., the facts on file dictionary of weather and climate market house books ltd, aylesbury., 2006.
- 35-Soltanifard, H., & Aliabadi, K. Impact of urban spatial configuration on land surface temperature and urban heat islands: A case study of Mashhad, Iran. Theoretical and applied climatology,Num. 137, 2019.
- 36-Steeneveld, .Quantifying urban heat island effects and human comfort for cities of variable size and urban morphology in the Netherlands. Journal of Geophysical Research: Atmospheres 116,NUM. 20,2011.
- 37-Suaad Hadi Hassan, Environmental pollution causes-types-effects, AIP Conference Proceedings, vol. 2398, NUM(1), 2022.
- 38-Tang, et al . Impacts of land use and socioeconomic patterns on urban heat Island International Journal of Remote Sensing 38,Num. 11, 2017.
- 39-Tesfamariam, et al. Spatio-temporal analysis of urban heat island (UHI) and its effect on urban ecology: The case of Mekelle city, Northern Ethiopia, Num.9, 2023.
- 40-Tomlinson, c.,et al., remote sensing land surface temperature for meteorology and climatology: A review. Meteorological applications., 18(3), 2011.

- 41- valiente, j., et al, analysis of differences between air-land surface temperatures to estimate land surface air temperature from msg data, 2010.
- 42- Vujovic, et al., Urban heat island: Causes, consequences, and mitigation measures with emphasis on reflective and permeable pavements, CivilEng ,NUM. 2, 2021.
- 43- Waleed A.M, and Suaad H. H., Pollution and its Impact on Sustainable Development, In IOP Conference Series, Earth and Environmental Science, vol. 790, NUM(1), 2021.
- 44- Wenchao Han, et al., The mechanisms and seasonal differences of the impact of aerosols on daytime surface urban heat island effect, Atmospheric Chemistry and Physics 20, NUM 11, 2020.
- 45- Xie, Luozijie. Urban Heat Islands as Opportunities to Extend the Use of Open Spaces. PhD diss., University of Guelph, 2018.
- 46- Zuzana Poorova, Zuzana Vranayova, Green Roofs and Water Retention in Kosice-Slovakia, Springer Nature Switzerland, 2020.



الملاحق



الملاحق

الملحق رقم (1)

التوزيع السكاني لأحياء الموصل عام (2022)

ت	الحي	السكان	ت	الحي	السكان	ت	الحي	السكان
1	الشرطة	5648	36	الشيخ فتحي	15950	71	التاميم 2	12403
2	الثقافة	5419	37	عمو البقال	7620	72	الصناعة	53
3	الاندلس	5315	38	الخاتونية_عبد خوب	6650	73	الكرامة	22764
4	المركز الجامعي	390	39	الغزلاني 2	3461	74	المصارف	7348
5	الجامعة	5187	40	باب الجديد	8750	75	القاهرة	14948
6	العربي 1	5637	41	شيخ ابو العلا 3	1290	76	التحرير	13562
7	العربي 2	5549	42	المهندسين	8718	77	القدس	22643
8	العربي 3	5271	43	النعمانية	16943	78	النهضة	3622
9	البلديات	11808	44	الجزائر	20455	79	الوحدة 1	17284
10	الصديق	10784	45	نينوى الشرقية	13540	80	الوحدة 2	12764
11	السكر	11722	46	النبي يونس	1360	81	الوحدة 3	11864
12	الحدباء	15274	47	السويس	6650	82	الوحدة 7	10946
13	القيروان	2630	48	النصر	1250	83	الوحدة 9	18761
14	الكندي	1190	49	الفيصلية	1360	84	الوحدة 4	9235
15	جابر بن حيان	1350	50	الزراعي	3650	85	فلسطين	9275
16	البريد	5587	51	الضباط	5573	86	الوحدة 6	9937
17	الغابات 2	158	52	المالية	6008	87	الوحدة 8	10564
18	العربي 4	3834	53	باب نركال	1150	88	الوحدة 5	17634
19	الفاو	2271	54	الغفران	3372	89	الانتصار 1	11345
20	شيخ ابو العلا 1	2270	55	الغابات 1	168	90	سومر	20584
21	النبي شيت	4418	56	الرفاق	9235	91	السلام	5578
22	الدواسة	4678	57	النور	9231	92	موسى بن نصير	2382
23	شيخ ابو العلا 2	3487	58	الاعلام	12751	93	الرشيد	10034

3445	الحرية	94	10754	التأميم 1	59	7945	المنصورية	24
2311	طارق بن زياد	95	11215	الافراح 1	60	5734	خزرج	25
16943	الانتصار 2	96	2630	علي بن ابي طالب	61	9007	المياسة	26
7531	دوميز	97	11537	القادسية	62	4682	الكويت	27
5944	الرشيد 2	98	12468	الرحمة	63	4678	الطيران	28
2673	البتول	99	13751	المحاربين	64	5083	باب البيض	29
4315	يونس السبعواوي	100	8876	الزهور	65	17947	العكيدات	30
9280	حي الشفاء	101	6410	البريد	66	1675	سوق الموصل	31
9307	باب سنجان	102	10057	الافراح 2	67	4367	الغزلاني	32
17081	ابن الاثير 1	103	15824	عدن 3	68	4307	الميدان	33
11650	أبي تمام	104	8572	الاخاء	69	2274	قضيبة البان	34
11394	الرفاعي 1	105	16875	عدن 4	70	6120	الشفاء	35

السكان	الحي	ت	السكان	الحي	ت
4368	الدار البيضاء	141	7990	الثورة	106
4367	صنعاء	142	9207	العروبة	107
5642	جليوخان 2	143	11780	المغرب	108
16944	بيسان	144	7460	اليرموك	109
33817	الرشيدية	145	264	الصناعة 1	110
9234	الهرمات	146	9070	الاصلاح الزراعي	111
1262	باب شمس	147	12004	الرفاعي	112
593	الهاشمية	148	6910	بدر الكبرى	113
8125	كولان	149	7950	النجان	114
16830	الخضراء	150	1950	حي الربيع	115
22649	العدل	151	14358	ابن خلدون	116
8835	الأرجية	152	10835	حاوي الكنيسة	117
63	الصناعة 2	153	170	الصناعة	118
9617	الاقتصاديين	154	1820	احد	119

13642	المثنى	155	16943	الرافدين	120
359	حي آشور	156	4280	الصفاء	121
2532	الشيماء	157	33817	موصل جديدة	122
5831	الفلاح الثانية	158	10610	الازدهار 1	123
6945	السادة	159	8761	النداء	124
6946	التعليم	160	7200	نابلس	125
5068	الملايين	161	17584	الرحمن 2	126
9163	القوسيات	162	2410	أغادير	127
5538	كوكجلي 1	163	23670	وادي حجر	128
4837	كوكجلي 2	164	16944	المنصور	129
5537	ملا عثمان الموصلية	165	12622	تل الرمان 1	130
19936	وادي حجر 2	166	15943	المأمون	131
7459	الازدهار 2	167	9953	الازدهار الجديد	132
7971	العدل 3	168	9364	تل الرمان 3	133
7510	المنصور 2	169	18642	العكيدات 1	134
9242	وادي حجر 2	170	10460	حي العامل	135
211	وادي حجر 3	171	5391	الطيران	136
2359	المصارف 2	172	17642	أبن الاثير 1	137
5234	التضامن	173	7765	مشيرفة	138
5461	النور 2	174	5178	رجم حديد	139
6780	السكر 2	175	2587	وادي العين الجنوبية	140

المصدر: جمهورية العراق، وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاء، مديرية إحصاء نينوى، بيانات غير منشورة، 2022.

الملحق رقم (2)

عدد الأحياء والوحدات السكنية ومساحتها في مدينة الموصل عام (2023)

ت	اسم القطاع	عدد الأحياء	عدد الوحدات السكنية	عدد النفوس	عدد الوحدات التابعة لكل قطاع	مساحة القطاع /كم ²
1.	الحدباء	29	23720	270000	4	23436
2.	التحرير	22	19481	120000	2	11420
3.	الزهور	28	33150	227000	3	30667
4.	النركال	24	11800	166000	2	21738
5.	السلام	56	51276	272500	2	43868
	المجموع	159	139427	1055500	13	131129

ت	اسم القطاع	عدد الأحياء	عدد الوحدات السكنية	عدد النفوس	عدد الوحدات التابعة لكل قطاع	مساحة القطاع /كم ²
6.	الربيع	40	41519	282500	4	27484
7.	المدينة القديمة	14	12000	70000	1	3288
8.	الغزلاني	14	4573	37000	1	43451
9.	موصل الجديدة	26	24400	162000	2	14333
	المجموع	94	82492	551500	8	88556
	المجموع الكلي لكافة القطاعات	253	221919	1607000	21	219685

المصدر: جمهورية العراق، وزارة البلدان والأشغال العامة، مديرية بلدية الموصل، شعبة نظم المعلومات الجغرافية بيانات غير منشورة 2003.

Abstract:

The phenomenon of Urban Heat Islands (UHI) is defined as the rise in temperatures at the city center and its core compared to its surrounding areas and suburbs. This phenomenon forms as a result of the diversity of activities (in residential, industrial, commercial, educational areas, as well as green spaces, traffic, and other land uses), and the thermal emissions and pollutants that all these activities produce, which affect the climate characteristics within cities.

The study problem originated from a main question: Does the presence of pollutants and economic, industrial, and other activities play a role in the formation of the urban heat island within the city of Mosul? In light of this, the study hypothesis was formulated as: There is a relationship between environmental pollutants resulting from human activities and the formation and variability of the urban heat island. Thus, the study aims to identify the factors that led to the formation of the UHI phenomenon and those that contributed to its concentration in specific areas within Mosul. It also seeks to understand the impact of climatic elements on shaping the studied phenomenon by analyzing and interpreting climatic factors (solar radiation, temperature, precipitation, clouds, relative humidity, wind speed, and direction) over a 20-year microclimatic cycle from 2003 to 2023. Additionally, the study includes the possibility of processing and analyzing satellite imagery to create files that highlight the spatial thermal variability of the study area at the administrative unit level (neighborhoods and regions) during the same period, relying on modern geographical technologies. The study also seeks to establish the relationship between the heat island and the pollutant elements measured using available instruments within the study area.

To achieve its objectives, the study selected seven virtual climate stations in Mosul, which is located in the northwestern part of Iraq, within the middle basin of the Tigris River (northern Iraq), between latitudes ($36^{\circ}14'40''\text{N}$) and ($36^{\circ}24'10''\text{N}$) and longitudes ($43^{\circ}05'30''\text{E}$) and ($43^{\circ}18'10''\text{E}$). These stations were positioned between the city and its outskirts to understand the impact of the various factors and activities conducted by humans within the city compared to its surroundings. The study relied on data provided by NASA for the required research inputs.

The study also relied on fieldwork to monitor the pollutant elements. The city was divided into two axes, with each axis representing one side of the city (right and left). Each axis included several monitoring points, with a total of 12 monitoring points. The monitoring was conducted using devices that measure carbon dioxide (CO_2) gas and suspended particles of three sizes (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, and $\text{PM}_{1.0}$). The measurement period lasted four months, covering the winter and spring seasons, with an average of three observations per month for each element, conducted in both morning and evening sessions

To comprehensively address the subject of the study, it was divided into three chapters. The first chapter discussed the theoretical and conceptual framework of the urban heat island and environmental pollution. The second chapter focused on studying the climatic factors affecting the heat island in the city of Mosul and the role they play in the emergence or mitigation of the urban heat island phenomenon. Finally, the third chapter concentrated on the spatial representation of the heat island. The results showed that the average surface temperature of the earth experienced a noticeable increase during the study period. The barren areas recorded the highest surface temperature throughout the

study period. This chapter also examined the spatial and temporal variation in concentrations of some air pollutants at specific sites within the study area. The findings revealed that pollutant concentration values varied from one location to another, depending on the type of redominant environmental activity in the selected sites. The chapter concluded with a three-dimensional representation of the effect of the heat island in Mosul, based on statistics related to the population of the study area ighborhoods and their regions. The results indicated a direct relationship between the population and areas experiencing elevated temperatures and pollutant levels.

The study then presented a set of recommendations, the most important of which was to reduce population density within Mosul. It also called for the development of plans by relevant authorities to enforce laws and prevent encroachments on green spaces and halt urban expansion at the expense of agricultural lands, as this has an impact on the city's climate system. Additionally, the study emphasized the need to increase green spaces in the study area.

Determining the amount of change in the thermal island of the city of Mosul and its relationship to environmental pollution is a study using geographic information systems and remote sensing

Submitted By

Waleed Khalid Mohammed Shabeeb

AL-Mtiwoti

To

**The Council of the College of Education for Humanities/
University of Mosul, in partial fulfillment of the
requirement for Master Degree in
Humanities/ Natural Geography**

Supervised by

Professor. Dr. Kossay kamal Al-deen al-ahmady

Assistant. Professor. Dr. Sahar Saeed Qassim al-tae

2024 A.D

1446 A.H

**University of Mosul
College of Education for Humanities
Department of Geography**



**Determining the amount of change in the
thermal island of the city of Mosul and
its relationship to environmental
pollution is a study using geographic
information systems and remote sensing**

Waleed Khalid Mohammed Shabeeb

**Master Thesis
Geography / Natural Geography**

Supervised by

Professor. Dr. Kossay kamal Al-deen al-ahmady

Assistant. Professor. Dr. Sahar Saeed Qassim al-tae

2024 A.D

1446 A.H