Journal of
Engineering Sciences
Faculty of Engineering
Assiut University
JES
مجلة
العلوم الهندسية
كلية الهندسة
جامعة أسيوط
journal homepage: http://jesaun.journals.ekb.eg

تأثير النمط العمراني بمناطق الامتدادات العمرانية الجديدة في التجمعات الصحراوية على الراحة الحرارية: دراسة حالة مدينة الفرافرة

Received 19 September 2023; Revised 26 October 2023; Accepted 30 October 2023

د. مها محمد عز الدين حنفي السيد[١]
د. وليد عامر عبد اللطيف محمد [٢]

الملخص

تختلف التنمية العمرانية تبعاً لاختلاف طبيعية البيئة المناخية بالمناطق الحارة الجافة حيث تفرض معطيات تنعكس على تشكيل النمط العمراني للموقع وتجاهل العوامل المناخية واستيراد تشكيلات عمرانية غير متوائمة مع المجتمعات الصحراوية يمكن ان تؤدى الى فشل المشروع، حيث لوحظ أن النمط العمراني بمناطق الامتدادات العمرانية لم يراعى المعايير البيئية للظروف المناخية الحارة الجافة بمدينة الفرافرة، مما يتطلب اختبار مدى توافق النمط العمراني من المنظور البيئي الحراري كفرصة لإمكانية التدخل حيث لم ينفذ المخطط بعد، شملت الدراسة التطبيقية اختبار كفاءة النمط العمراني من المنظور البيئي وتم اجراء المحاكاة للمتغيرات البيئية على ارتفاع ١,٥م، وقسمت منطقة الدراسة إلى عدة نطاقات لزيادة دقة التحليل وتمت محاكاتها على مجال شبكي بأحجام متفاوتة حسب خصائصها العمرانية المكانية وبحجم شبكي ٣,٥م على المحاور x,y,z في برنامج ENVI-met v4، وتم أخذ القياسات خلال فترة الذروة الحرارية يوم ٢٦ بشهر أغسطس ٢٠٢٣ من اجل الحصول على بيانات محاكاة دقيقة لمدة ٢٤ ساعة، وتوصلت المؤشرات الرقمية إلي وقوع منطقة الدراسة بشكل عام في نطاق الراحة الحرارية ماعدا الفترة من ٩ صباحاً الى ٦ مساءً في نطاق الاجهاد الحرارى حيث تتراوح مؤشر الراحة الحرارية (*PMV=2:3*) وتم تسجيل أعلى إجهاد حرارى في الفترة من ١١ صباحاً الى ٤ مساءً وتراوح (*PMV=3:4.5*) وهو خارج المدى الحراري مما يتضح ارتفاع مؤشر PMV في التوقيت الذى يتم فيه ممارسة الأنشطة والأعمال، وقد تم الوصول في نهاية البحث لمجموعة من التوصيات الخاصة بالتصميم والتخطيط بمناطق الامتدادات العمرانية للتجمعات الصحراوية الحارة الجافة.

الكلمات الرئيسية

النمط العمراني – المناخ الحار الجاف – التنمية العمرانية – الراحة الحرارية – التجمعات الصحراوية – مدينة الفرافرة

١. المقدمة

يتطلب التوسع العمراني بالمناطق الصحراوية الجافة بهدف استيعاب الزيادة السكانية الى دراسة السمات البيئية لإيجاد أنماط عمرانية تلائم البيئة الصحراوية، فالظروف المناخية في المدن الصحراوية قاسية معظم أوقات السنة حيث تؤثر على

[١] مدرس بقسم التصميم العمراني بكلية التخطيط الإقليمي والعمراني جامعة القاهرة (maha.ezz@cu.edu.eg)
[٢] مدرس بقسم التخطيط البيئي والبنية الأساسية بكلية التخطيط الإقليمي والعمراني جامعة القاهرة (walid_3amer@cu.edu.eg)

https://doi.org/10.21608/JESAUN.2023.237401.1262
This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

الأنشطة الاجتماعية للسكان خارج المسكن سواء للعمل أو للنزهة كما تؤثر على الصحة النفسية، كما أن نقص الغطاء النباتي يزيد من شدة الإشعاع الشمسي والعواصف الترابية بالإضافة إلى زيادة الشعور النفسي بالعزلة والملل، وتتميز المناطق الصحراوية بزيادة الفرق بين درجات الحرارة ليلاً ونهارًا أي اتساع المدى الحراري اليومي ولهذا يحدث عدم التكيف الفسيولوجي للسكان [١]، وتمثل البيئة الحارة الجافة الجزء الأكبر من عالمنا العربي فهي جزء من المنطقة المدارية، ومن خصائصها الوهج الشمسي الشديد وقلة الأمطار والاختلاف الكبير في درجات الحرارة بين الليل والنهار حيث تصل هذه الفروق إلى ١٥°م في اليوم الواحد، كما أن زوايا ميل الشمس في المناطق الحارة الجافة تكاد تكون متعامدة والشمس ذات ميل حاد [٢].

إذن فالتنمية العمرانية في المناطق الصحراوية لها اعتبارات شديدة الخصوصية حيث تفرض طبيعة البيئة الجافة العديد من الاعتبارات التنموية لضمان استدامة المشروعات بها وتنعكس على تشكيل النمط العمراني للموقع بما يحقق الراحة الحرارية المطلوبة في التجمعات الصحراوية، ويأتي هنا دور المصممين العمرانيين بإنشاء نمط عمراني مستدام يوفر للمستخدمين احتياجاتهم وسهولة الوصول للمرافق والتنقل داخل العمران بشكل مريح، فتضمين حلول التصميم السلبي في مستوى التصميم العمراني مثل زيادة مستوى التظليل يمكن أن يساعد في تحسين الظروف الحرارية في المناطق الخارجية [٣]، ويساهم في خلق بيئات مبنية مستدامة وصديقة للبيئة مما توفر ظروف حرارية جيدة مع استهلاك أقل للطاقة [٤]، ومن الملاحظ ان الأنماط العمرانية الحديثة للمدن الصحراوية تمتد بنمط يتسم بتشكيل الكتل العمرانية في الغالب من مباني منفصلة مع ترك مسافات كبيرة بين المباني وزيادة عروض الشوارع الاسفلتية، فهناك عدة عوامل تصميمية مشكلة للأنماط التجميعية في الظروف الحارة الصحراوية وهي التي تحكم عملية تحقيق الراحة الحرارية وتساعد على الحد من تعرض العناصر العمرانية المتمثلة في المباني والفراغات الخارجية المفتوحة والشوارع والممرات الى قدر كبير من المؤثرات الخارجية كالإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة الخارجية والرطوبة وحركة الهواء المحمل بالأتربة، وبالتحقيق في العلاقات بين التشكيل العمراني والراحة الحرارية للمناطق المناخية الحارة وجد ان النمط العمراني المدمج والطرق المتعرجة أكثر ملائمة [٥].

١.١. أهمية الدراسة البحثية

أصبحت عمليات محاكاة المناخ المحلي الخارجي جزء من عملية التنمية الحضرية المستدامة وذات أهمية كبيرة خاصة في حال اقتراح انماط عمرانية بالمناطق الصحراوية والتي تتسم بالمناخ الحار الجاف للوصول الى راحة حرارية أفضل، وبناء عليه يعد تطوير أدوات محاكاة المناخ المحلي أمراً بالغ الأهمية لمواكبة التقنيات المتطورة وإنشاء أنماط حضرية محسنة وفقاً لأدائها البيئي.

٢.١. الإشكالية البحثية

تكمن إشكالية البحث في عدم ملائمه النمط العمراني المقترح بمناطق الامتدادات العمرانية الجديدة بمدينة الفرافرة بالصحراء الغربية بمصر والمدرجة بالمخطط الاستراتيجي للمدينة مع خصائص البيئة الصحراوية وعدم مراعاة المعايير البيئية للظروف المناخية الحارة الجافة مما سيؤدى الى فشل المشروع ووقوعها داخل نطاق الاجهاد الحراري.

٣.١. هدف البحث

يهدف البحث الى اختبار مدى توافق النمط العمراني المقترح من المنظور البيئي الحراري كمؤشر لقياس الراحة الحرارية للتعرف على مدى تحقيق هذا النمط العمراني للراحة الحرارية داخل بيئة التجمعات الصحراوية لتوفير الأمان البيئي، وذلك كفرصة لإمكانية سرعة التدخل حيث ان مخطط النمط المقترح لم ينفذ بعد حتى وقتنا الحالي، واعتمد البحث على قياس مؤشر الراحة الحرارية PMV باستخدام برنامج ENVI-met v4 من خلال اجراء المحاكاة للمتغيرات البيئية الأربعة وهم (متوسط الاشعاع الشمسي والرطوبة النسبية ودرجة حرارة الهواء وسرعة الرياح) للنمط العمراني المقترح وقد اخذت القياسات خلال فترة الذروة الحرارية يوم ٢٦ بشهر أغسطس ٢٠٢٣ من اجل الحصول على بيانات محاكاة دقيقة لمدة ٢٤

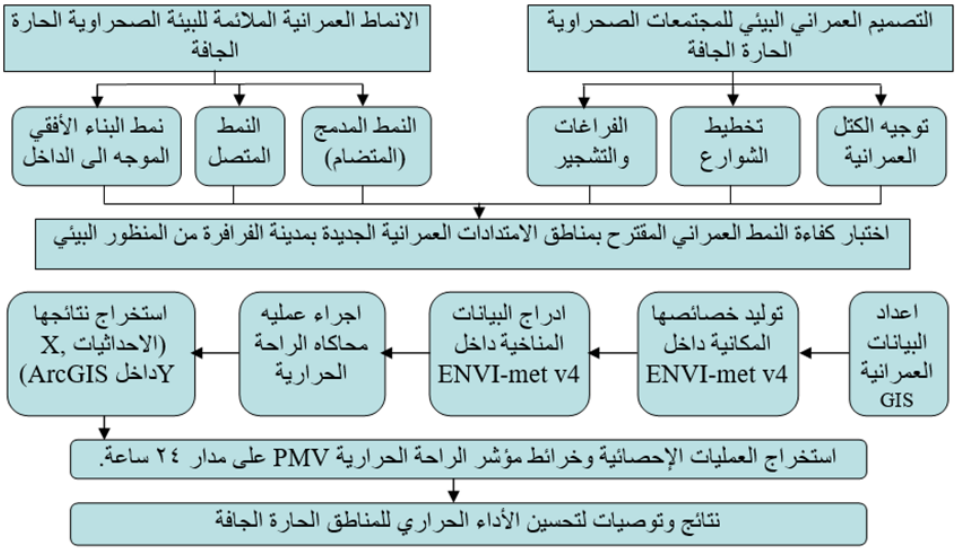
ساعة، ومن ثم الوصول في نهاية البحث لمجموعة من التوصيات الخاصة بالتصميم والتخطيط بمناطق الامتدادات العمرانية للتجمعات الصحراوية الحارة الجافة.

٤.١. فرضية البحث

يفترض البحث على عدم مراعاة المعايير البيئية للظروف المناخية بالبيئة الصحراوية بمناطق الامتدادات الجديدة بمدينة الفرافرة مما سيؤدى الى وقعها داخل نطاق الاجهاد الحراري (PMV: +3) ومع التغيرات المناخية فالمنطقة في المستقبل سيكون وضعها صعب للغاية وبالتالي سيتم اختبارها بقياس مؤشر الراحة الحرارية PMV باستخدام برنامج المحاكاة البيئية ENVI-met v4 للتعرف على مدى ملائمة التصميم المقترح قبل عملية تنفيذه على أرض الواقع.

٢. منهجية البحث

تم تناول البحث من خلال ثلاثة محاور للوصول للغرض الرئيسي كما الموضح بالشكل رقم (١) وهم كالتالي:



شكل ١: منهجية البحث. المصدر: الباحث

- المحور الأول: مراجعة الادبيات والإطار النظرية

دراسة اعتبارات التصميم العمراني البيئي للمجتمعات الصحراوية الحارة الجافة سواء من حيث توجيه الكتل العمرانية للبيئات الحارة الجافة أو تخطيط الشوارع والممرات المظللة (البواكي) والفراغات المفتوحة والتشجير ودراسة الانماط العمرانية الملائمة للبيئة الصحراوية الحارة الجافة سواء النمط المدمج، او المتضام، أو النمط المتصل، أو نمط البناء الأفقي الموجه الى الداخل.

- المحور الثاني: دراسة الحالة (مدينة الفرافرة)

إجراء اختبار كفاءة النمط العمراني التي اقترحها المخطط الاستراتيجي لمدينة الفرافرة بمناطق الامتدادات العمرانية الجديدة من المنظور البيئي وقد اخذت القياسات خلال فترة الذروة الحرارية يوم ٢٦ بشهر أغسطس ٢٠٢٣ من أجل الحصول على بيانات محاكاة دقيقة لمدة ٢٤ ساعة، حيث تم إعداد البيانات العمرانية والاشتراطات البنائية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS وإدراجها وتوليد خصائصها المكانية داخل برنامج المحاكاة البيئية ENVI-met v4 مع إدراج البيانات المناخية للمنطقة يوم ٢٦ بشهر أغسطس ٢٠٢٣ ثم إجراء عمليه محاكاه الراحة الحرارية

واستخراج نتائجها باستخدام الإحداثيات X, Y داخل ArcGIS واستخراج العمليات الإحصائية لها وخرائط مؤشر الراحة الحرارية PMV على مدار ٢٤ ساعة.

- المحور الثالث: نتائج وتوصيات البحث

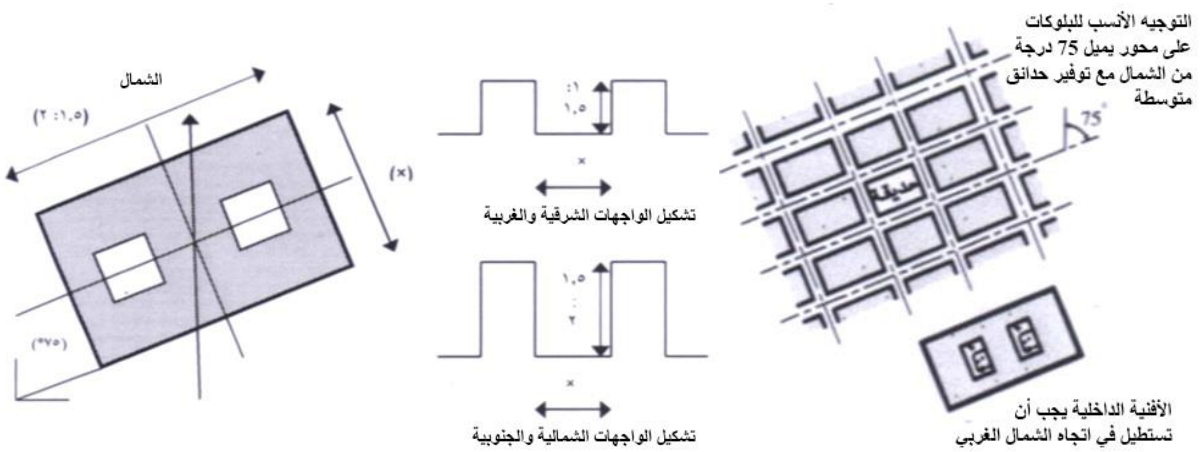
توصل البحث لمجموعة من النتائج والتوصيات لتحسين الأداء الحراري للمناطق الحارة الجافة.

٣. اعتبارات التصميم العمراني البيئي للمجتمعات الصحراوية الحارة الجافة

تتمثل الخصائص العمرانية بالصحاري الجافة في تضام الكتلة المتراكبة للحماية من الإشعاع الشمسي ومحدودية الفراغات العامة والشوارع الضيقة والمتعرجة لخفض حركة الهواء الساخن والمحمل بالأتربة والسماح باختزان طبقات الهواء البارد ليلا والفتحات الخارجية المحدودة والانفتاح على الداخل مع الاعتماد على التهوية الليلية لتبريد الفراغات من خلال الأفنية السماوية المركزية وتوظيف المزروعات لترشيح وترطيب الهواء المتخلل إلى الكتلة السكنية [٦]، وفي صعيد مصر (المناطق الجنوبية من مصر) فلا يأخذ في الاعتبار تأثير النمط العمراني على السلوك الحراري في المساحات الخارجية في تخطيط المجتمعات العمرانية الجديدة فيتجاوز عروض الشوارع أحيانا ٣٠م وتقيد ارتفاع المباني ١٢م مع فرض الردود للمباني من جميع الجهات مما ينعكس على ان غالبية مسطحات الشوارع تتعرض بشكل كبير للإشعاع الشمسي المباشر مما يؤدي إلى ظروف حرارة مرهقة لفترات طويلة خلال اليوم [٧]، فالتصميم السلبي يساهم في تحسين الظروف الحرارية وزيادة نطاقات التظليل فإن اتجاهات الشارع ونسبة الارتفاع إلى العرض هي ضمن العوامل الرئيسية لتقييم مستويات التظليل وتحدد ما إذا كان الموقع محميا أم لا [٤].

٣. ١. توجيه الكتل العمرانية للبيئات الحارة الجافة

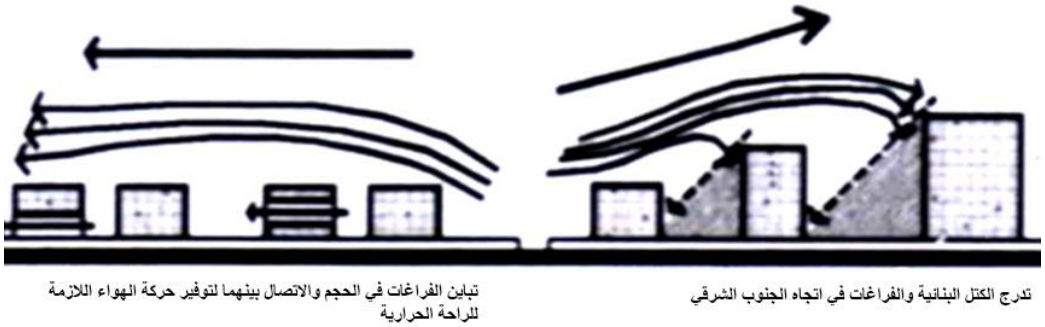
من أهم أساليب التحكم في البيئة المشيدة بالمناطق الحارة هو التظليل الخارجي والتهوية الطبيعية والعزل الحرارى ويتم ذلك عن طريق التوجيه المناسب للمباني وأنسجتها العمرانية بالإضافة إلى التحكم الإيجابي في التظليل الخارجي، التشكيل الهندسي الانسب للمسقط الأفقي للبلوكات التخطيطية بنسبة (١,٥:١)، (٢:١) والتوجيه الأساسي لها يكون في الاتجاه (الشمالي الشرقي - الجنوبي الغربي) ويميل محورها الطولي بزاوية مقدارها (٧٥°) من اتجاه الشمال إلى الشرق كما الموضح بالشكل رقم (٢) [٨]، اختيار النسيج العمراني الشريطي ذو الواجهات الشمالية والجنوبية لعمران المنطقة الحارة الجافة بسبب قلة الاكتساب الحراري للواجهات الشمالية والجنوبية، وزيادة معدلات الظلال على مدار العام مع توفير بروزات أفقية بالواجهات الجنوبية لتوفير أكبر قدر من الظلال [٩]، فالكتل المضغوطة في الجزء الجنوبي يساعد على خلق الظل بالنسبة لمسار الشمس [١٠].



شكل ٢: التشكيل الهندسي للمسقط الأفقي وتوجيه البلوكات التخطيطية للبيئات الحارة. المصدر: [٨]

نجد المسكن ذو الفناء الداخلي يقوم بتخزين الهواء البارد ليلاً لمواجهة الحرارة الشديدة نهاراً في المناخ الحار الجاف[١١]، فيقلل درجة حرارة هوائه من ٢م° إلى ٥٥م عن الهواء الخارجي خلال فترة ما قبل وبعد الظهيرة وكونه منظماً حرارياً نهاراً حيث يخزن الطاقة الحرارية أثناء النهار ويبثها ليلاً لتدفئة جو الفناء [١٢].

إن التظليل هو المتغير الأكثر تأثيراً لمعالجة الشكل العمراني لتقليل الإجهاد الحراري في ظل الظروف المناخية الحارة وبالتالي فإن زيادة الارتفاعات كان لها تأثير إيجابي فيما يتعلق بتقليل الإجهاد الحراري [١٣]، يفضل تدرج التشكيل العمراني في الارتفاع تجاه (الجنوبي الشرقي) كما الموضح بالشكل رقم (٣) [٨]، مع إعطاء الأفضلية للتوسع الراسي الأكثر ملائمة للمناطق الحارة الجافة [١٤]، فالتخطيط الذي يحتوي على تغير في ارتفاعات المباني يؤدى إلى انخفاض أكبر في درجة حرارة الهواء الخارجي [٣]، وتؤثر المباني العالية المبعثرة علي عدد من مجموعات المباني المنخفضة في توفير الظلال وتحويل مجري الهواء فوق المدينة إلي تحريك وحركة الهواء وتهوية الشوارع المجاورة [١٥].



شكل ٣: تدرج ارتفاعات المباني وتباينها لحقيق الراحة الحرارية. المصدر: [٨]

٣. ٢. تخطيط الشوارع

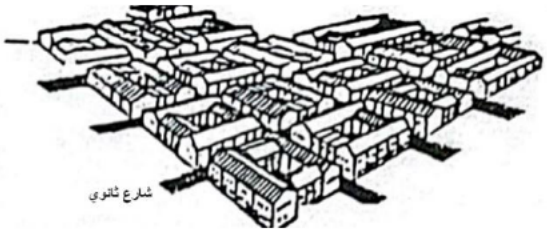
يعتبر تخطيط شبكة الشوارع من اهم العوامل المؤثرة على تحقيق الراحة الحرارية فمنها الشوارع المتعامدة والشوارع الضيقة المتعرجة مما ينعكس دورها على حركة الرياح داخل العمران.

أ ـ نسيج الشوارع متعامدة

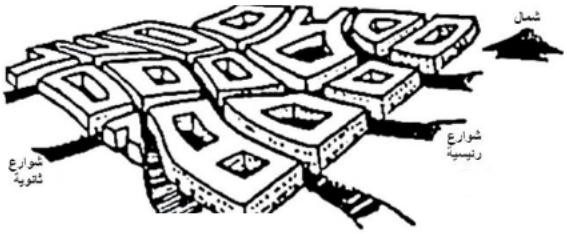
يحقق التخطيط الشبكي اتجاه (الشمال الشرقي–الجنوب الغربي) واتجاه (الجنوب الشرقي–الشمال الغربي) تبادل الظلال والإشعاع حول شبكة طرق المدينة في المجتمعات الصحراوية الشديدة الجفاف وتساعد الشوارع المستقيمة المتوازية والفراغات الواسعة المفتوحة علي حركة الرياح الباردة إلي داخل المدينة أثناء الليل والرياح الساخنة أثناء النهار [١٥]، يتيح التوجيه المائل للشوارع الرئيسية ٤٥° مع اتجاه الشرق والغرب في الحصول على كميات وفيرة من الهواء المرغوب من اتجاه الشمال والشمال الغربي وهي الرياح السائدة مما يخفض من درجات الحرارة كما الموضح بالشكل رقم (٤) [٢] لاختراقها إلى قلب التجمع العمراني ويتخللها أفنية مركزية وحدائق خاصة ويمكن تظليلها بالبواكي وبروز الأدوار العلوية للمباني على أحرف الطريق وزراعة الأشجار المعمرة [٦].

ب ـ نسيج الشوارع الضيقة المتعرجة

يعمل على استقبال أقل قدر من كمية الإشعاع ويقلل من تأثير حدوث رياح محملة بالأتربة ويزيد من كميات الظلال ويعمل على البرودة للطرقات والشوارع والمناطق المفتوحة بالنسيج العمراني لتحقيق الراحة الحرارية للإنسان في المناطق الحارة الجافة وهو من الحلول المناسبة للمناطق الصحراوية كما الموضح بالشكل رقم (٥) [٢].



شكل ٤: توجيه الشوارع ٤٥° على اتجاه الشرق والغرب. المصدر: [١٤] نقلا عن ريمشا (١٩٧٧)



شكل ٥: الشوارع الضيقة المتعرجة. المصدر: [١٤] نقلا عن ريمشا (١٩٧٧)

٣. ٣. الممرات المظللة (البواكي)

تعتبر البواكي مجموعة من الممرات الشريطية وتكون مغطاة بسطح المبني ومتصلة بالفراغ الخارجي [١٦]، حيث تعمل على تحسين الأجواء الصحراوية الحارة الجافة، فبروز خط القطاع الخارجي للأدوار المرتفعة بالمبنى يجعل تشكيل المبنى من الخارج الأمر الذي يساعد على تظليل جوانب المباني وزيادة الانتفاع بالفراغ العلوي للشارع [٢].

٣. ٤. الفراغات المفتوحة

تصميم وتوزيع الفراغات في غاية الأهمية حيث تندر المياه في المناطق الشديدة الجفاف واستخدام النباتات المحلية المقاومة للجفاف لتغطية أرضيات الفراغات أو الرصف لتجنب تولد العواصف الرملية المحلية بالإضافة إلي توفير الظلال لتقليل الاشعاع والحفاظ علي البرودة [١٥]، ويفضل أن تستطيل الفراغات العامة في اتجاه موازى للرياح السائدة (الشمال الغربي والجنوبي الشرقي) لتسمح بمرور الرياح خلالها [٨]، مع مراعاة عدم المبالغة في اتساعها حيث تمنع أشعة الشمس القوية استغلالها في ممارسة النشاطات المختلفة إلا إذا ظللت كلها أو أجزاء منها [١٧].

٣. ٥. التشجير

هناك فوائد صحية للمناطق الخضراء فهي تعمل على تنقية الهواء من الغبار والأبخرة والمخلفات العديدة العالقة به كما أن لها تأثير مباشر في تلطيف الجو وتحسين المناخ المحلى خاصة في المناطق الحارة، فقد ثبت أن الظل الكثيف حول المباني يخفض درجة الحرارة بحوالي ٦,٦٧°م ويمكن إيجاد ذلك بزراعة أشجار متساقطة الأوراق عالية التفرع قرب المباني فهي توفر الظل صيفا وتسمح بدخول الشمس شتاءً حيث تسقط أوراقها [١١]، وتواجد أشجار النخيل العالية بالجزيرة الوسطى لتحقيق نسبة إظلال وتخفيف تأثير مسطحات الأسفلت على تسخين الهواء المحيط دون إعاقة السريان الهواء وتصريف عوادم المركبات [٦].

٤. الانماط العمرانية الملائمة للبيئة الصحراوية الحارة الجافة

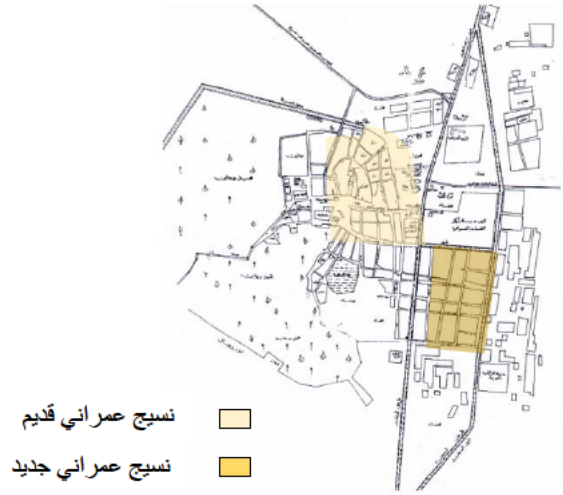
هناك عدة عوامل تصميمية للأنماط التجميعية في الظروف الصحراوية وهي التي تحكم عملية تحقيق الراحة الحرارية:

٤. ١. النمط المدمج او المتضام

تجميع المباني ووضع مجموعات المباني بعضها مع بعض أو حتى على مستوى الشكل العام للمدينة يقلل من تعرض الأسطح الخارجية لهذه المباني لأشعة الشمس الشديدة، كما أن اختلاف ارتفاعات المباني وطرق التجميع يؤدى إلى تظليل بعض المباني لما جاورها من مباني أخرى، ومن ثم تقل الطاقة الحرارية النافذة إلى داخل المبنى [١٧]، وتكون المباني مرتبة ترتيبا منمقاً مع مسافات صغيرة بينهم حيث يفضل استخدامها في المناخ الحار الجاف [١٨] كما الموضح بالشكل رقم (٦)، فالأفنية الداخلية المكشوفة والتي كانت القاسم المشترك بين هذه المباني قد وفرت أماكن مظللة بالصيف وقدر معقول من دخول الشمس أثناء الشتاء إلى جانب ما يوفره الفناء من خصوصية تامة لأهل المنزل ومكان آمن للعب الأطفال

[١١]، يتميز النسيج العمراني في مدينة قصر الفرافرة القديم كما الموضح بالشكل رقم (٧) بالتلاصق و التلاحم حيث يتضح لنا النسيج المدمج من الشوارع الضيقة حيث البيوت المتلاحمة ويتوسط هذا العمران ساحة واسعة هي في الأصل مكان القصر القديم، بينما نرى الامتداد العمراني الجديد على جانبي الطريق الرئيسي للفرافرة حيث التخطيط الشبكي والنسيج الشريطي والطرق المتسعة التي ضاعت معها ملامح الواحة [١٩].

شكل ٦: مدينة دمشق القديمة. المصدر: [٢٠]



شكل ٧: تخطيط واحة الفرافرة. المصدر [١٩]

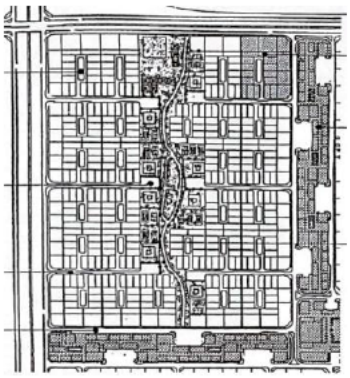
٤. ٢. النمط المتصل

النمط المتصل هو التصاق كتل المباني مع بعضها في صفوف متراصة من جهة أو جهتين مع المنازل المجاورة ويفضل أن تكون الجهات المتلاصقة ناحية الشرق والغرب مما يوفر حماية من الشمس على هاتين الواجهتين وعدم تعريض واجهات المباني للعوامل الجوية مع توفير الفراغ اللازم داخل الكتلة للتهوية والإضاءة (بالحوش) وينتج عن ذلك اتجاه الحياة للداخل حول الفناء وليس للخارج على البيئة الحارة كما الموضح بالشكل رقم (٨) [٢].

٤. ٣. نمط البناء الأفقي الموجه الى الداخل

نمط البناء الأفقي الموجه إلى الداخل هو النمط الأمثل لعمارة الصحراء فقد وجد أنه يحقق التوافق والتلاؤم مع المناخ، فانتشار المباني على المستوى الافقي بارتفاعات قليلة وموجهة إلى الداخل على أفنية تفتح عليها عناصر المسكن وهذا النوع يوفر بيئة اجتماعية أفضل كما يحقق هذا النمط إمكانية فصل حركة السيارات عن حركة المشاة ويحقق العزل ضد الضوضاء الخارجية والتحكم في الضوضاء الصادرة من الفناء ومنع انتشارها كما الموضح بالشكل رقم (٩) [٢١].

شكل ٨: المباني المتصلة بأحدي قرى الظهير الصحراوي بسوهاج. المصدر: [٢٢]



شكل ٩: البناء الأفقي الموجه الى الداخل بحي الحمراء بمدينة الرياض. المصدر: [٢٢]

٥. الحالة الدراسية (مدينة الفرافرة)

فيما يلي تعريف موجز لمنطقة الدراسة (مدينة الفرافرة) بالإضافة للتحليل المناخي لمدينة الفرافرة ومؤشر الراحة الحرارية Predicted Mean Vote (PMV) والمؤشرات الرقمية لنتائج تقييم كفاءة الأداء الحراري لمناطق الامتدادات العمرانية لمدينة الفرافرة باستخدام برنامج ENVI-met v4 وأخيرا التحقق من صحة نتائج برنامج ENVI-met.

٥. ١. التعريف بالمدينة:

تقع مدينة الفرافرة بواحة الفرافرة في شمال غرب محافظة الوادي الجديد حيث تقع في وسط واحة الفرافرة تقريباً، وتقع مدينة الفرافرة على تل مرتفع يرتفع عن المنسوب العام لواحة الفرافرة بنحو٢٦ متر تقريباً، تبلغ مساحة الفرافرة ١٠ آلاف كم٢ ويعتبر منخفض الفرافرة ثاني منخفضات الصحراء الغربية بعد منخفض القطارة حيث يصل اتساعه في الجنوب ١٥٥كم٢ ويمتد في الشمال إلى الجنوب ٧٩ كم٢ [١]، يبلغ حجم سكان مدينة الفرافرة ٦٨١٧ وفقا للتعداد العام للسكان لعام ٢٠١٧ [٢٣]، تأخذ المدينة شكل كتلة عمرانية ذات نسيج متضام تلتف حول قصر الفرافرة القديم مع امتدادات عمرانية على محاور الطرق الرئيسية طريق قروين وشارع جمال عبد الناصر بالإضافة الى المناطق الجديدة وهي مناطق التقسيم وتوجد شرق المدينة [١].

٥. ١. ١. مواد البناء وطرق الإنشاء

أظهرت الدراسة التحليلية للمسوحات العمرانية الخاصة بمواد البناء وطرق الإنشاء النتائج التالية [١]:

- المباني الخرسانية الهيكلية: تبلغ نسبة المباني الخرسانية الهيكلية حوالي ١١,٧٠ % من جملة الكتلة المبنية بمسطح حوالي ١٣,٧٣ فدان.
- المباني الحوائط الحاملة: تبلغ نسبة مباني الحوائط الحاملة ٤٩,٤٧ % من جملة مسطح الكتلة المبنية بمسطح حوالي ٥٨,٠٦ فدان.
- المباني الطوب اللبن: تبلغ نسبة المباني ٢٤,٦٨ % من جملة مسطح الكتلة المبنية بمسطح حوالي ٢٨,٩٧ فدان.
- المباني الأخرى: تبلغ نسبة المباني ١٤,١٦٪ من جملة مسطح الكتلة المبنية بمسطح حوالي ١٦,٦٢ فدان.

٥. ١. ٢. ارتفاعات المباني:

لوحظت الارتفاعات العالية في مسارات الحركة الرئيسية، كما تتميز المدينة بالارتفاعات المتوسطة في بعض المناطق ونلاحظ كذلك التطابق الي حد ما بين خرائط ارتفاعات المباني ومواد الانشاء وهو التطابق المنطقي للعلاقة ما بين ارتفاع المبني وحالته الانشائية وقد أظهرت الدراسات التحليلية لأعمال المسوحات العمرانية الخاصة بارتفاعات المباني بمدينة أن نسبة ٩٢,٢٧٪ من مساحات المباني عبارة عن دور واحد وهو الارتفاع الغالب في منطقة الدراسة [١].

٥. ١. ٣. الاشتراطات البنائية للمناطق السكنية المقترحة:

ورد في المخطط الاستراتيجي لمدينة الفرافرة لسنة الهدف ٢٠٢٧ بعض الاشتراطات البنائية للمناطق السكنية المقترحة وهي كالتالي:

- الاستعمال المقرر للمنطقة هو الاستعمال السكنى والسكنى التجاري.
- النسبة البنائية المقررة لا تزيد عن ٦٠ % من مسطح قطعة الارض ويبقى الوضع القائم على ما هو عليه.
- الارتفاع المسموح به هو (دور أرضي + أول وثاني علوي بارتفاع ١٠متر من منسوب سطح الطريق.
- تتراوح عروض الشوارع بمناطق الامتدادات العمرانية الجديدة ما بين (٨م، ١٠م، ١٥م، ٢٤م، ٣٠ م).
- التشطيبات الخارجية باللون الابيض والفتحات باللون الازرق.

٥. ١. ٤. موقف منطقة الامتدادات السكنية المقترحة من التنفيذ:

وفقا لأحدث صورة فضائية ببرنامج Google earth pro بتاريخ ٢٦-٨-٢٠٢٣ فإن منطقة الامتدادات السكنية المقترحة بالمخطط الاستراتيجي لم تنفذ حتى تاريخه، ويوضح الشكل (١٠) الصورة الفضائية لمدينة الفرافرة موضحا عليها حد منطقة الامتدادات السكنية المقترحة.

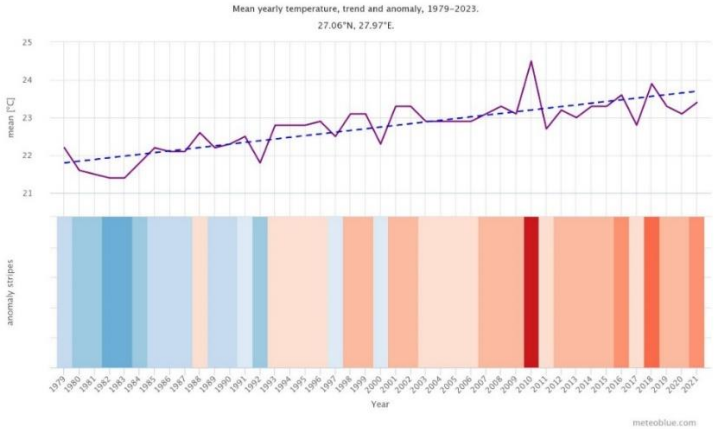
شكل ١٠: صورة فضائية موضح عليها منطقة الامتدادات السكنية المقترحة بالمخطط الاستراتيجي بمدينة الفرافرة

٥. ٢. التحليل المناخي لمدينة الفرافرة

يتم التعرف على الاتجاه العام السائد للمناخ المحلي بمدينة الفرافرة للتعرف على أكثر الشهور ذات ذروة حرارية.

٥. ٢. ١. المتوسط السنوي والاتجاه العام لدرجات الحرارة بمدينة الفرافرة

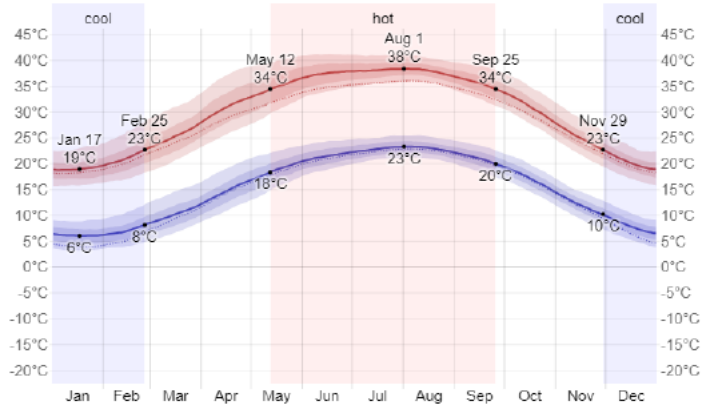
يوضح الشكل (١١) المتوسط السنوي والاتجاه العام لدرجات الحرارة بمدينة الفرافرة من عام ١٩٧٩ حتى عام ٢٠٢١ ويلاحظ من الشكل ارتفاع المتوسط السنوي لدرجات الحرارة بمدينة الفرافرة بمقدار ٢°م خلال ٤٢ عام بما يؤشر إلى استمرار زيادة درجات الحرارة بنفس المنوال خلال السنوات القادمة وبما يؤكد أيضا على ضرورة اتباع كافة الأساليب العلمية لزيادة الراحة الحرارية لمدينة الفرافرة واعتبار ذلك من أهم القضايا الأساسية بها [٢٤].



شكل ١١: المتوسط السنوي والاتجاه العام لدرجات الحرارة بمدينة الفرافرة من عام ١٩٧٩ حتى عام ٢٠٢١
المصدر: [٢٤]

٥. ٢. ٢. متوسط درجة الحرارة العظمى والصغرى خلال الأشهر لمدينة الفرافرة

يوضح الشكل (١٢) متوسط درجة الحرارة العظمى والصغرى خلال الأشهر لمدينة الفرافرة ويلاحظ من الشكل استمرار الموسم الحار لمدة أربعة أشهر ونصف تقريبا، من ١٢ مايو إلى ٢٥ سبتمبر، مع ارتفاع متوسط درجة الحرارة اليومية فوق ٣٨°م، يعتبر شهر أغسطس هو أكثر الشهور سخونة خلال العام حيث تبلغ درجات الحرارة العظمى ٣٨°م والصغرى ٢٣°م ويستمر الموسم البارد لمدة ثلاثة أشهر من ٢٩ نوفمبر إلى ٢٥ فبراير، مع متوسط درجة حرارة يومية مرتفعة أقل من ١٩°م وأبرد شهر هو شهر يناير ويبلغ متوسط درجات الحرارة الصغرى ٦ °م والعظمى ١٩ °م [٢٥].



شكل ١٢: متوسط درجة الحرارة العظمى والصغرى خلال الأشهر لمدينة الفرافرة. المصدر: [٢٥]

٥. ٣. مؤشر الراحة الحرارية Predicted Mean Vote (PMV)

تم تطوير مؤشر PMV داخل برنامج (ENVI-met)، وهو أحد أهم برامج المحاكاة والتحليل البيئي التي تم اختبار نتائجها وأثبتت دقتها والتي سيعتمد عليها البحث، ففي عام ١٩٧٠م قام Fagner بتطوير معادلة الاتزان الحراري لتتضمن العوامل البيئية الخارجية (متوسط الاشعاع الشمسي – درجة حرارة الهواء– الرطوبة النسبية – سرعة الرياح) حيث تم وضع مدى يعبر عن القيم التي يشعر بها الانسان من ٧ نقاط تبدأ من -٣ الى + ٣ [٢٦] كما هو موضح بالجدول (١).

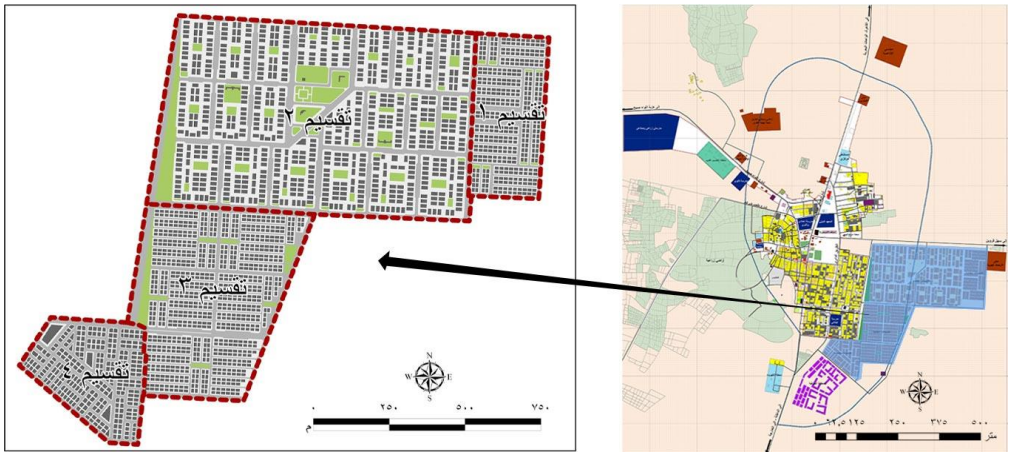
جدول ١: مقياس الراحة الحرارية PMV. المصدر: [٢٧]

مؤشر الراحة الحرارية (PMV)	الإدراك الحراري	درجة الإجهاد الفسيولوجي
٣<	ساخن جدا	إجهاد حراري شديد
٣	ساخن	إجهاد حراري قوي
٢	دافئ	إجهاد حراري معتدل
١	مائل إلى الدفيء	إجهاد حراري طفيف
٠	مريح	لا إجهاد حراري
١-	منعش قليلا	إجهاد بارد طفيف
٢-	منعش	إجهاد بارد معتدل
٣-	بارد	إجهاد بارد قوي
٣->	بارد جدا	إجهاد بارد شديد

٥. ٤. المؤشرات الرقمية لنتائج تقييم كفاءة الأداء الحراري لمناطق الامتدادات العمرانية لمدينة الفرافرة باستخدام برنامج ENVI-met v4

تم الاعتماد على الاشتراطات البنائية للمناطق السكنية المقترحة بالمخطط الاستراتيجي العام لمدينة الفرافرة (النسبة البنائية لا تزيد عن ٦٠٪ من مسطح قطعة الأرض والارتفاع المسموح به هو دور ارضي+ أول وثاني علوي بارتفاع ١٠ متر

من منسوب سطح الطريق)، وتم اختيار يوم ٢٦ من شهر أغسطس لعام ٢٠٢٣ لإجراء التحليل حيث سجل أعلى درجه حرارة اشعاع شمسي على مدار العام باستخدام برنامج المحاكاة البيئية ENVI-met v4، تمت المحاكاة على ارتفاع ١,٥ م من الارض وبدأت المحاكاة لمدة ٢٤ ساعة بداية يوم ٢٦ أغسطس من الساعة ٧صباحاً حتى يوم ٢٧ أغسطس الساعة ٧صباحاً وقسمت على ٥ فترات زمنيه في الصباح الباكر من ٧صباحاً الى ١٠صباحاً وفترة قبل الظهيرة من ١٠صباحاً الى ١ظهراً وفترة بعد الظهيرة من ا ظهراً الى ٤ عصراً وفترة قبل الغروب من ٤ عصراً الى ٧ مساءً وفترة ما بعد الغروب من ٧ مساءً الى صباح اليوم التالي ٧ صباحاً، وتم الاستعانة بالبيانات المناخية (درجة الحرارة والرطوبة وسرعة واتجاه الرياح) [٢٨] [٢٩] وتم الاعتماد في البرنامج في محاكاة الإشعاع الشمسي اعتمادا على الموقع والتاريخ والتوقيت.
نظرا لكبر مساحة منطقه الدراسة تم تقسيمها الى عده نطاقات بمساحات متفاوتة (٦١٤م×٦٧٦م ،٤٤٠م×٤٤٠م ،٤٥٠م×٦٤٧م ،٥١٠م×٧٠٠م ،٥٨٨م×٦٦٨م) م٢ مع مراعاة العناصر المكانية العمرانية بعمل نطاقات متداخلة وبحجم شبكيه ٣,٥ م في الابعاد X, Y, Z وتم تصنيف النتائج حسب التقسيمات المعتمدة كما الموضح بالشكل رقم (١٣).



شكل ١٣: النطاق الأشمل لمنطقة الدراسة وتقسيمها إلى نطاقات

تقسيم (١): تشكيل شريطي للبلوكات السكنية وتتوزع بشكل رأسي وأفقي بأطوال ١٤٠م × م٩٠م وتوجيه المباني يتفق مع توجيه البلوك فبعض واجهات المباني شمالية واخري شرقية وأبعاد المباني ١٣م ×٩,٥ م بنسبة (١:١,٥).

تقسيم (٢): يأخذ التشكيل الشبكي للبلوكات السكنية وتتوزع المناطق الخضراء بين المباني وبقلب المنطقة وتوجيه المباني يتفق مع توجيه البلوكات فاغلب واجهات المباني شمالية وأبعاد المباني ٢١م × ١١,٥م بنسبة (١:٢).

تقسيم (٣): تشكيل شريطي للبلوكات السكنية ويغلب عليها توزيع البلوكات بشكل افقي وتوجيه المباني يتفق مع توجيه البلوكات فاغلب واجهات المباني شمالية وأبعاد المباني ١٣م×٩م بنسبة (١:١,٥).

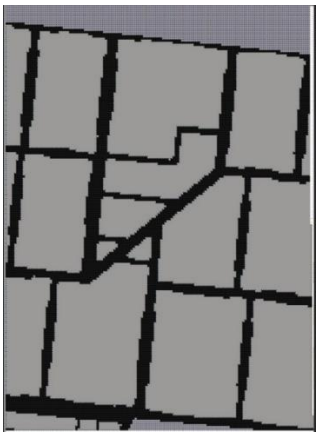
تقسيم (٤): تشكيل شريطي للبلوكات السكنية وتتوزع بشكل رأسي وأفقي ويغلب عليها الاتجاه بزاوية ٤٠ ° وتوجيه المباني يتفق مع توجيه البلوك فبعض واجهات المباني شمالية واخري شمالية غربية وتتنوع فيها أبعاد المباني وتغلب عليها الأبعاد ١٤م×١٢م بنسبة (١:١,١٥).

٥. ٥. التحقق من صحة نتائج برنامج ENVI-met والنموذج

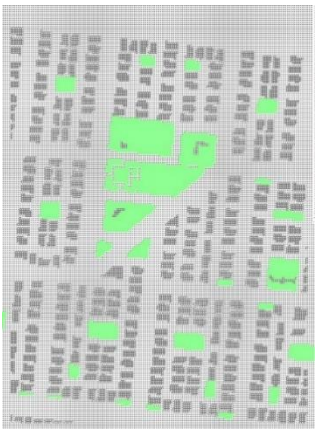
في الجزء التالي يتناول البحث التحقق من صحة نتائج برنامج ENVI-met وذلك عن طريق التحقق من صحة نمذجة عناصر البيئة المبنية المقترحة بمناطق الامتدادات العمرانية بمنطقة الدراسة والتحقق من صحة أداة المحاكاة البيئية ENVI-met بالإضافة إلى استعراض نتائج الأبحاث المشابهة للتحقق من مدي صحة مخرجات ENVI-met.

٥. ٥. ١. التحقق من صحة نمذجة عناصر البيئة المبنية المقترحة بمناطق الامتدادات العمرانية بمنطقة الدراسة

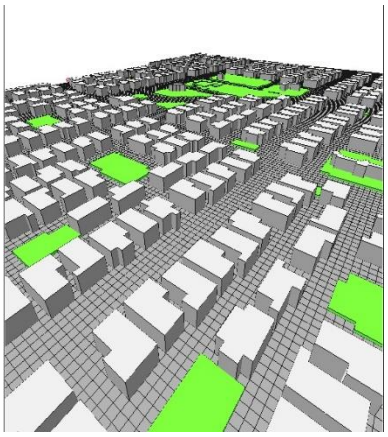
تم ربط نتائج المحاكاة بعناصر البيئة المشيدة للحالة الدراسية التي تم فحصها للمباني وهي حجم المباني وارتفاعاتها وكثافتها البنائية ومواد تشطيب الاسطح الخارجية لحوائط المباني وبالنسبة للشوارع تم فحص مواد تشطيب الارضيات واتجاهات الشوارع وعروضها وعلاقتها بارتفاعات المباني بالإضافة الى المسطحات الخضراء كما الموضح بالشكل (١٤) شبكة الشوارع وكما بالشكل (١٥) المباني والمناطق الخضراء والشكل (١٦) نموذج ثلاثي الابعاد.



شكل ١٤: شبكة الشوارع



شكل ١٥: المباني والمناطق الخضراء



شكل ١٦: نموذج ثلاثي الابعاد

٥. ٥. ٢. التحقق من صحة أداة المحاكاة البيئية ENVI-met

يقوم برنامج المحاكاة ENVI-met بعمل نمذجة فراغية من خلال بناء نموذج مصغر باستخدام الحاسب الألى لتصميم مقترح أو تصميم قائم على الطبيعة أو لحالة افتراضية أو مشكلة قائمة أو متوقعة، مما يسهل عملية دراسة كيفية عمل النظام المتحكم فيه أو القائم علية هذا الواقع أو الحالة الافتراضية أو المشكلة، وهذا النوع من المحاكاة شهد تطورا بالغا خلال العقود القليلة الماضية وهو السائد حاليا في مجالات البحث [٢٦]، ويتميز برنامج ENVI-met بدقة في النتائج حيث يتم استخدامه في العديد من الأبحاث فهو يعمل على محاكاه العوامل المناخية على مستوى المناخ المصغر وتوقع حركة الرياح والتدفقات الاشعاعية ودرجة حرارة الهواء والرطوبة مع تمثيل عناصر البيئة العمرانية كالمباني والشوارع والمناطق الخضراء وغيرها مع دقة زمنية عالية تصل الى ١٠ ثواني وشبكة مديولية بدقة ٠,٥م أفقيا لإعطاء نتائج دقيقه [٣٠]، ويذكر الباحث ان النمط العمراني المقترح بمناطق الامتدادات العمرانية الجديدة لمدينة الفرافرة والذي لم ينفذ بعد فلا توجد وسيلة للتحقق من نتائج صحة البرنامج ومقارنتها بالقياسات الحقلية لعدم توافر البيئة المشيدة للعمران حيث ان قطعة ارض المشروع شاغرة.

٥. ٥. ٣. الأبحاث المشابهة للتحقق من مدي صحة مخرجات ENVI-met

تم التحقق من صحة عمليات محاكاة ومخرجات ENVI-met من خلال العديد من الدراسات التي طبقتها والتحقق من صحة مخرجاتها، فهناك العديد من الدراسات المتعلقة باستخدام النماذج المناخية الدقيقة ENVI-met حيث ربطت العديد من نتائجها المتوقعة ببرنامج المحاكاة البيئية وتم التحقق من صحتها بالقياسات الحقلية، فعلى سبيل المثال لا الحصر، علوي واخرون [٣١] الذين تحققوا من صحة المناخ المحلي الخارجي في المناخات الحارة الجافة مقابل قياسات ENVI-met وأظهرت مقارنة القياسات ENVI-met والقياسات الميدانية وجود خطأ بسيط مع دقة دقيقة في النتائج تصل إلى ٩٠٪ تقريبًا، تحقق فهمى واخرون [٣٢] من صحة عمليات محاكاة ومخرجات ENVI-Met من كفاءة تطبيق الغطاء الأخضر وتأثيره على كفاءة الطاقة في الحاضر والمستقبل حيث تضمن البحث معايرة النمذجة وبلغت نسبة الخطأ في عمليات محاكاة الطاقة ٨,٨١٪ ، واستخدم النبوي واخرون [٣٣] القياسات الحقلية للتحقق من صحة نتائج ENVI-met التي أظهرت اتفاقًا شاملاً مع النتائج المرصودة على شارع المعز بالقاهرة الفاطمية لقياس الراحة الحرارية الخارجية من خلال مقارنة

مخرجات المحاكاة لمعلمات مختلفة (درجة الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح والإشعاع الشمسي) مع نتائج القياس في الموقع مما أدى إلى اتفاق عام مقبول لأداء النموذج.

٥. ٥. ٤. صعوبة القياسات الحقلية التي واجهت البحث

نظرا لصعوبة الظروف المناخية الحارة الجافة بمدينة الفرافرة والبعد المكاني بالإضافة إلى أن النمط العمراني المقترح بمناطق الامتدادات العمرانية الجديدة للمدينة والذي لم ينفذ بعد فلا توجد وسيلة للتحقق من نتائج صحة البرنامج، فارتكز الباحث على ما سبق تقديمه من الأبحاث السابق ذكرها والتي أكدت على صحة ودقة عملية محاكاة ومخرجات ENVI-met خاصه أن المشروع المقترح لمناطق الامتدادات العمرانية بالمدينة مازال في طور التنفيذ.

٥. ٦. منهجية إجراء الدراسة التطبيقية

تم اعداد منهجية العمل ببرنامج المحاكاة البيئية ENVI-met v4 كما الموضح بالشكل رقم (١٧) على النحو التالي:

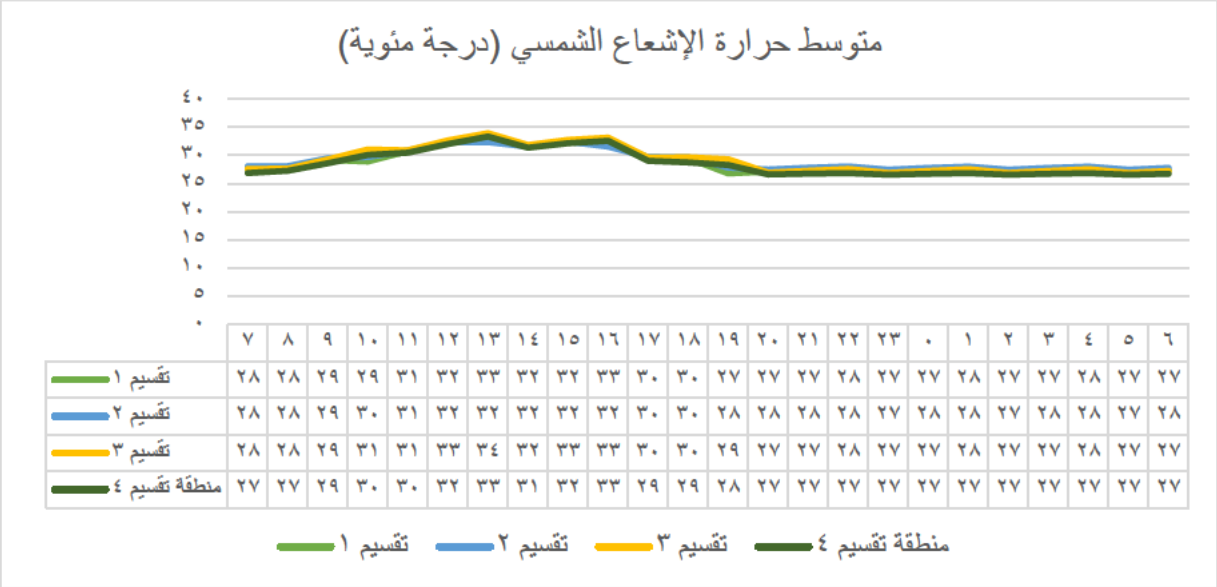
١. إعداد البيانات العمرانية عن طريق بيانات نظم المعلومات الجغرافية والاشتراطات البنائية لمنطقة الدراسة.
٢. إعداد المشروع ببرنامج المحاكاة البيئية ENVI-met v4.
٣. إدراج البيانات المكانية في صورة shp إلى ENVI-monde من برنامج ENVI-Met V4.4.
٤. توليد البيانات المكانية وإدراج خصائصها.
٥. تقسيم المنطقة إلى نطاقات عمرانية متداخلة لزيادة كفاءة عملية المعالجة.
٦. إدراج البيانات الهندسية في صوره INX باستخدام ENVI monde>
٧. إدراج البيانات المناخية باستخدام فيConfig Wizard واستخراج SIM.
٨. مراجعة وتشغيل عمليه المحاكاة للعناصر للمناخية المحلية.
٩. إجراء عمليه محاكاه الراحة الحرارية باستخدام Biomet .
١٠. استخراج نتائج التحليل عن طريق ليوناردو من DataStudio &Data.
١١. تجميع النتائج باستخدام Excel وحساب متوسطات التغيرات المناخية للفترات وادراجها باستخدام الاحداثيات X, Y في ArcGIS .
١٢. عرض البيانات واجراء العمليات الإحصائية عليها.

شكل ١٧: منهجية اجراء الدراسة التطبيقية

٥. ٧. نتائج الدراسة التطبيقية

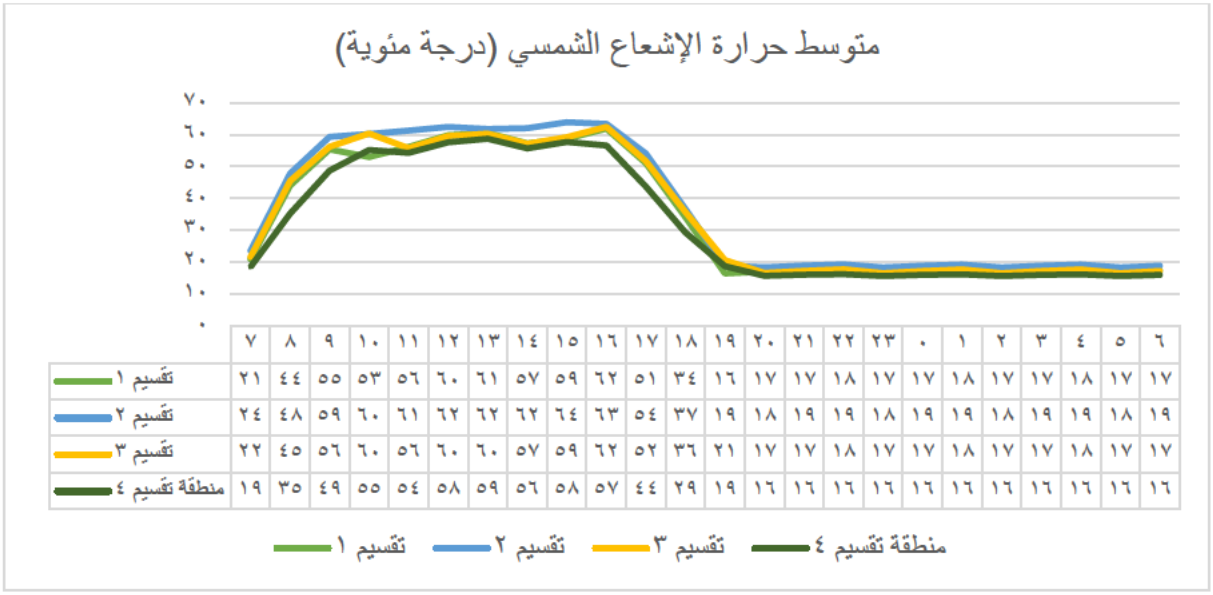
تم استخراج بيانات المناخ المحلي للتقسيمات الأربعة من متوسط درجة الحرارة كما موضح في شكل (١٨) ومتوسط درجة حرارة الإشعاع الشمسي كما بالشكل (١٩) ودرجة الرطوبة كما الموضح بالشكل (٢٠) وسرعة الرياح كما بالشكل (٢١) ومؤشر الراحة الحرارية PMV كما بالشكل (٢٢).

جميع درجات الحرارة المدرجة في البحث (بالدرجة المئوية) وللتحويل إلى وحدة (الكلفن) يتم إضافة ٢٧٣,١٥.



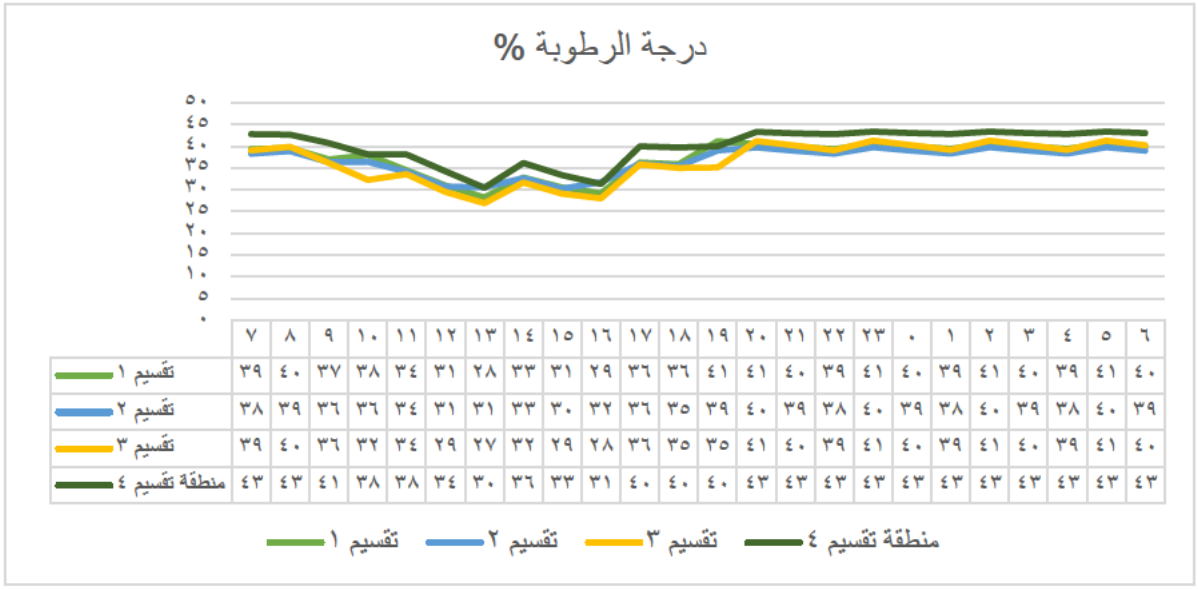
	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	١٩	٢٠	٢١	٢٢	٢٣	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦
تقسيم ١	٢٨	٢٨	٢٩	٢٩	٣١	٣٢	٣٣	٣٢	٣٢	٣٣	٣٠	٣٠	٢٧	٢٧	٢٧	٢٨	٢٧	٢٧	٢٨	٢٧	٢٧	٢٨	٢٧	٢٧
تقسيم ٢	٢٨	٢٨	٢٩	٣٠	٣١	٣٢	٣٢	٣٢	٣٢	٣٢	٣٠	٣٠	٢٨	٢٨	٢٨	٢٨	٢٧	٢٨	٢٨	٢٧	٢٨	٢٨	٢٧	٢٨
تقسيم ٣	٢٨	٢٨	٢٩	٣١	٣١	٣٣	٣٤	٣٢	٣٣	٣٣	٣٠	٣٠	٢٩	٢٧	٢٧	٢٨	٢٧	٢٧	٢٨	٢٧	٢٧	٢٨	٢٧	٢٧
منطقة تقسيم ٤	٢٧	٢٧	٢٩	٣٠	٣٠	٣٢	٣٣	٣١	٣٢	٣٣	٢٩	٢٩	٢٨	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧

شكل ١٨: متوسط درجة الحرارة لمناطق التقسيم في الفترات الزمنية المختلفة

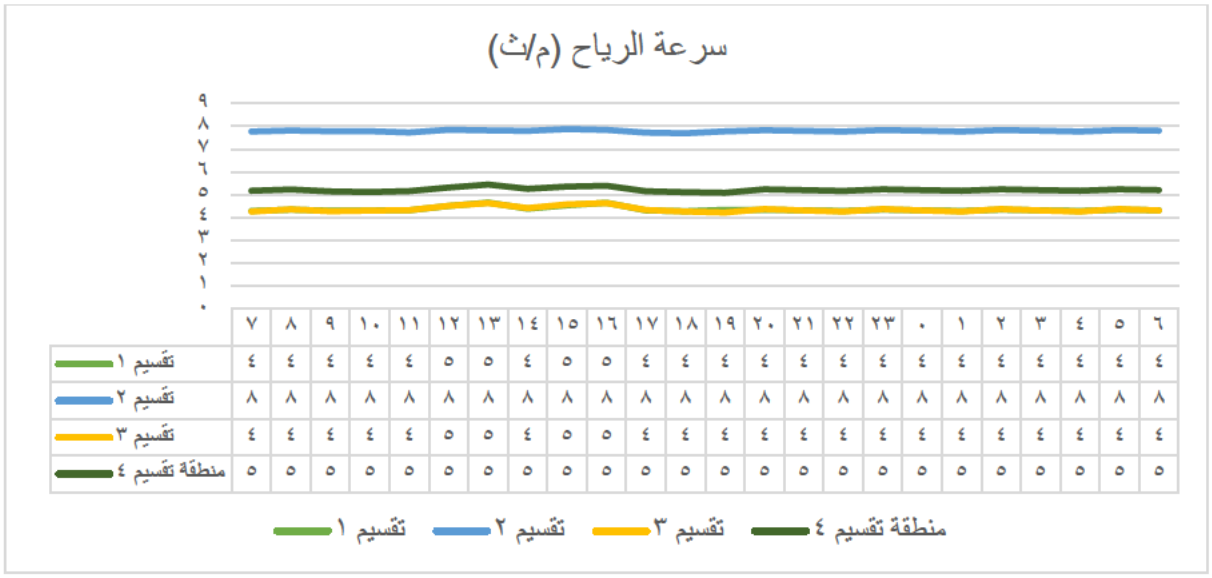


	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	١٩	٢٠	٢١	٢٢	٢٣	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦
تقسيم ١	٢١	٤٤	٥٥	٥٣	٥٦	٦٠	٦١	٥٧	٥٩	٦٢	٥١	٣٤	١٦	١٧	١٧	١٨	١٧	١٧	١٨	١٧	١٧	١٨	١٧	١٧
تقسيم ٢	٢٤	٤٨	٥٩	٦٠	٦١	٦٢	٦٢	٦٢	٦٤	٦٣	٥٤	٣٧	١٩	١٨	١٩	١٩	١٨	١٩	١٩	١٨	١٩	١٩	١٨	١٩
تقسيم ٣	٢٢	٤٥	٥٦	٦٠	٥٦	٦٠	٦٠	٥٧	٥٩	٦٢	٥٢	٣٦	٢١	١٧	١٧	١٨	١٧	١٧	١٨	١٧	١٧	١٨	١٧	١٧
منطقة تقسيم ٤	١٩	٣٥	٤٩	٥٥	٥٤	٥٨	٥٩	٥٦	٥٨	٥٧	٤٤	٢٩	١٩	١٦	١٦	١٦	١٦	١٦	١٦	١٦	١٦	١٦	١٦	١٦

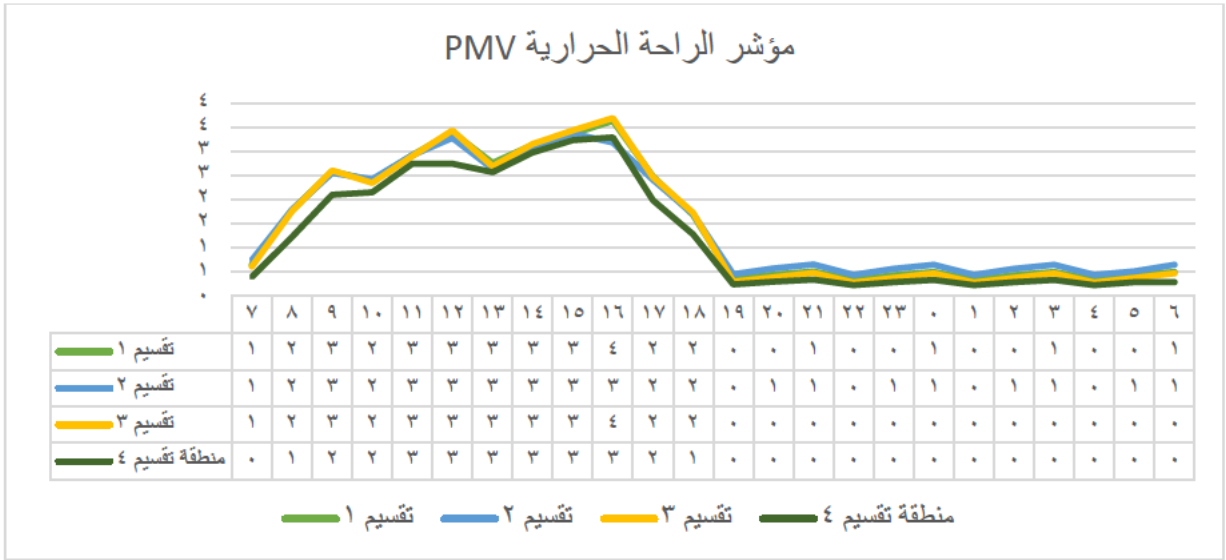
شكل ١٩: متوسط حرارة الإشعاع الشمسي لمناطق التقسيم في الفترات الزمنية المختلفة



شكل ٢٠: متوسط درجة الرطوبة لمناطق التقسيم في الفترات الزمنية المختلفة



شكل ٢١: متوسط سرعة الرياح لمناطق التقسيم في الفترات الزمنية المختلفة



شكل ٢٢: متوسط مؤشر الراحة الحرارية PMV لمناطق التقسيم في الفترات الزمنية المختلفة

- **نتائج دراسة مؤشرات المناخ المحلي والراحة الحرارية بفترة الصباح الباكر من ٧ صباحاً الى ١٠ صباحاً**

تقع منطقة الدراسة في مدى الراحة الحرارية في الصباح الباكر وسجل مؤشر الراحة الحرارية PMV للبلوكات الرأسية ذات الاتجاه شمال جنوب ويتراوح ما بين (٢:٠,٥) تعبيراً عن الإحساس بالحرارة طفيف، فاتجاه الشمس من الشرق مما يجعل تظليل المباني على الشوارع الموازية لها، بينما سجل مؤشر الراحة الحرارية PMV للبلوكات الافقية ذات اتجاه شرق غرب ويتراوح ما بين (٣:٢) براحة حرارية دافئة ومرتفعة فلا يوجد ظلال في هذه الفترة ويتفق اتجاهها مع اتجاه الشمس بالإضافة إلى الانخفاض النسبي لسرعة الرياح فيها لأن البلوكات عمودية على اتجاهها وضيق عروض الشوارع الموازية لاتجاه الرياح المحببة (الشمالية والشمالية الغربية)، وتراوح مؤشر الراحة الحرارية لمنطقة تقسيم ٢ ما بين (٣:٢) على الرغم من سرعة الرياح الكبيرة فيها وذلك لعدم وجود أي ظلال فيها ولزيادة المساحات المفتوحة فيصبح كمية الاشعاع الشمسي عالية ، بينما منطقة تقسيم ٤ يتراوح المؤشر فيها (١,٥:٠,٥) تعبيراً عن الحرارة الطفيفة وذلك تتجه أغلب شوارعها باتجاه الشمال الغربي بزاوية ٥٤٠، كما تضيق الشوارع نسبياً حيث تصل بنسبة (١:١ – ١,٤:١) والذي يحد من ارتفاع درجة حرارة الإشعاع الشمسي في الشوارع كما هو موضح بالشكل رقم (٢٣).

- **نتائج دراسة مؤشرات المناخ المحلي والراحة الحرارية بالفترة قبل الظهيرة من ١٠ صباحاً الى ١ ظهراً**

ترتفع درجه حرارة الاشعاع الشمسي لتصل إلى (٦٠:٧٠°م) حيث ترتفع زاوية ميل الشمس الرأسية مما يجعل الإشعاع الشمسي يغطي أغلب الشوارع الرأسية والأفقية، وبسبب انخفاض ارتفاعات المباني (١٠م) فإن زاوية ميل الشوارع تأثيرها أقل من عرض الشوارع وبفعل اتجاه الشمس من الجنوب الشرقي فيتراوح مؤشر الراحة الحرارية للشوارع ذات الاتجاه شرق غرب ما بين (٣:٤,٥) تعبيراً عن الإحساس بشدة الحرارة وهو خارج نطاق الراحة الحرارية بينما الشوارع الرأسية ذات الاتجاه شمال جنوب فيسجل المؤشر ما بين (٣:٢,٥) مما يعطي إحساس براحة حرارية مرتفعة وذلك بسبب التأثير الحراري للرياح السائدة من الشمال كما ساهمت مع المسطحات الخضراء في فراغ تقسيم ٢ في انخفاض PMV (٣:٢,٥) رغم عدم وجود الظلال فيها وانخفض مؤشر PMV في تقسيم ٤ عن بقية المناطق (٢,٥:١,٥) نتج عنه الإحساس بالدفء وذلك لضيق عرض الشوارع وزوايا ميلها كما هو موضح بالشكل رقم (٢٤).

- **نتائج دراسة مؤشرات المناخ المحلي والراحة الحرارية بفترة الظهيرة من ١ ظهراً الى ٤ عصراً**

يسجل مؤشر الراحة الحرارية PMV (٣:٤,٥) بمنطقة الدراسة وهو مؤشر لشدة الحرارة وخارج نطاق الراحة الحرارية ويصل حرارة الاشعاع الشمسي في الشوارع كلها إلي (٦٠:٧٠°م) ماعدا منطقة تقسيم رقم (٤)، وبفعل اتجاه الشمس في الجنوب بزوايا رأسيه كبيرة وانخفاض ارتفاع المباني (١٠م) فإن زاوية ميل الشوارع تأثيرها أقل من عرض الشوارع مما يزيد من PMV ويجعل الحرارة شديدة خاصة في الشوارع الأفقية بينما الشوارع الرأسية يقل فيها PMV عن الأفقية، وذلك لموازاتها مع اتجاه الرياح مما يزيد سرعتها ويحسن الراحة الحرارية ويظهر ذلك بشكل واضح في تقسيم رقم (٢) حيث اتساع عروض الشوارع الرأسية وتباعد المسافات بين المباني في الاتجاه الأفقي بينما في منطقة تقسيم رقم (٣) فالشوارع كلها شديدة الحرارة لضيق عروض الشوارع الرأسية وبالتالي انخفاض سرعة الرياح كما هو موضح بالشكل رقم (٢٥).

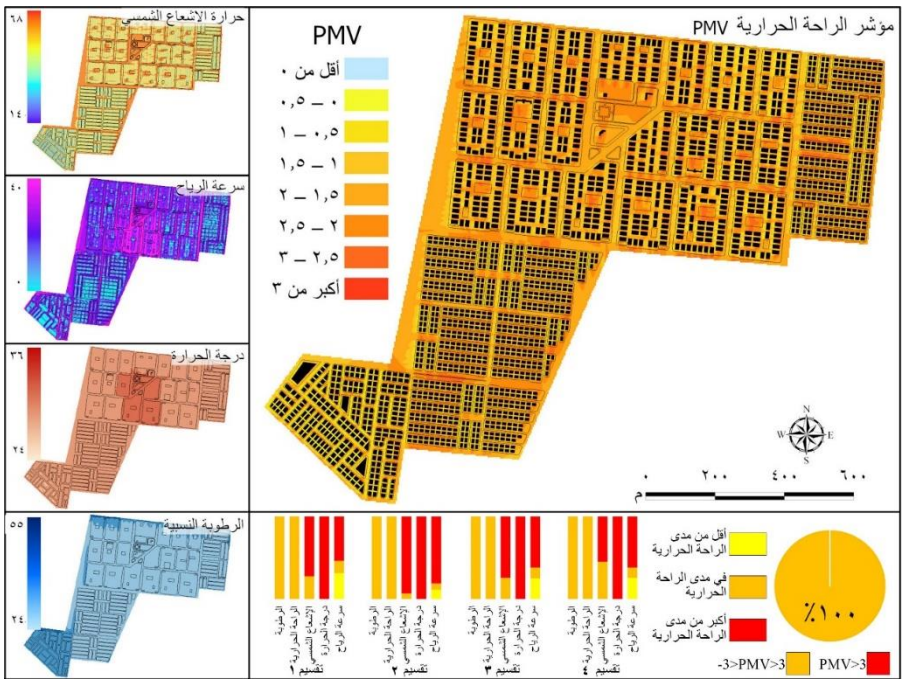
- **نتائج دراسة مؤشرات المناخ المحلي والراحة الحرارية بفترة قبل الغروب ٤عصراً الى ٧ مساءً**

يقل بشكل عام متوسط مؤشر الراحة الحرارية بالمنطقة فتصل نسبة المساحة المغطاة بالراحة الحرارية الى ٨٠٪ وذلك يرجع لانخفاض زاوية ميل الشمس الرأسية والذي يقلل من درجة حرارة الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة بالمنطقة، فتقل الراحة الحرارية في الشوارع الأفقية لاتجاه الشمس الغربي مما يجعلها عمودية عليها وتقل أيضا في الفراغات العمرانية ذات المساحات الضيقة كما موضح بمنطقة تقسيم رقم (٢) وتقل في المسافات البينية للمباني لانخفاض زوايا ميل الشمس الرأسية وتقل أيضا في الفراغات الواسعة ذات المسطحات الخضراء وبسبب زيادة سرعة الرياح، وبالنسبة لمنطقة تقسيم رقم (٤) تحققت فيها الراحة الحرارية بنسبه ٩٠٪ حيث ساعدت زاوية ميل الشوارع والتي تضاعف تأثيرها مع انخفاض زاوية ميل الشمس الرأسية وضيق شوارعها في الحد من الاشعاع الشمسي بالمنطقة كما هو موضح بالشكل رقم (٢٦).

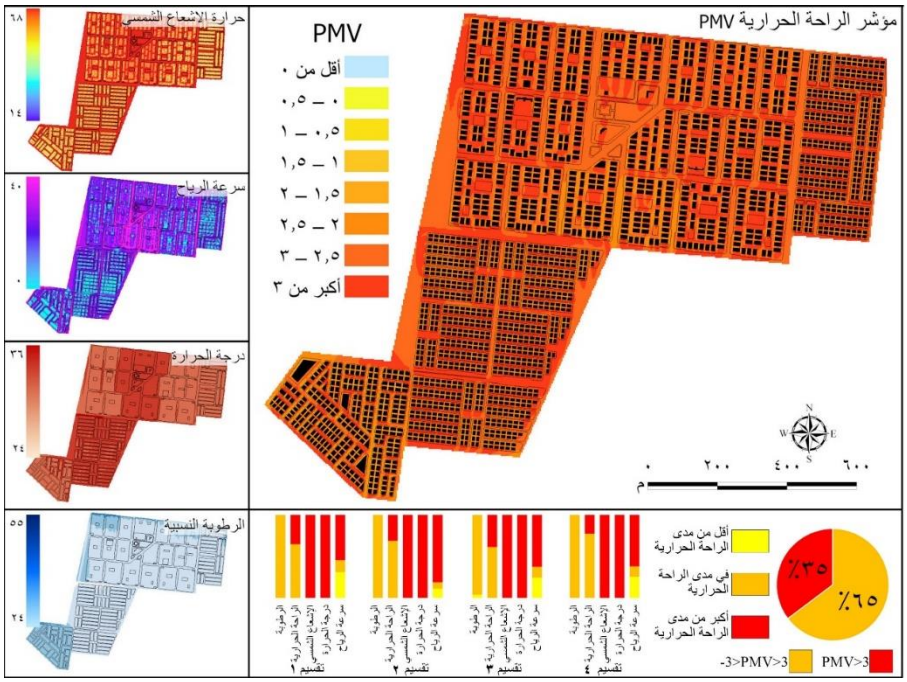
- **نتائج دراسة مؤشرات المناخ المحلي والراحة الحرارية بالفترة المساء ٧مساءً الى ٧ صباحاً لليوم التالي**

تشابهت نتائج هذه الفترة فهي أطول فترة زمنية وذلك لتشابه نتائجها لغياب عامل الشمس من التأثير فتتحقق الراحة الحرارية في المساء حيث يتراوح مؤشر PMV (١:٠,٥) على الرغم من ارتفاع درجة الحرارة عن المدى الحراري المولد للراحة الحرارية وذلك لمعادلة سرعة الرياح الكبيرة بالمنطقة لها واعتدال معدل الرطوبة النسبية ونلاحظ أن التفاوتات بين مناطق التقسيم المختلفة في مؤشر الراحة الحرارية PMV تكاد تنعدم وذلك لغياب دور الشمس والظلال كما هو موضح في شكل (٢٧).

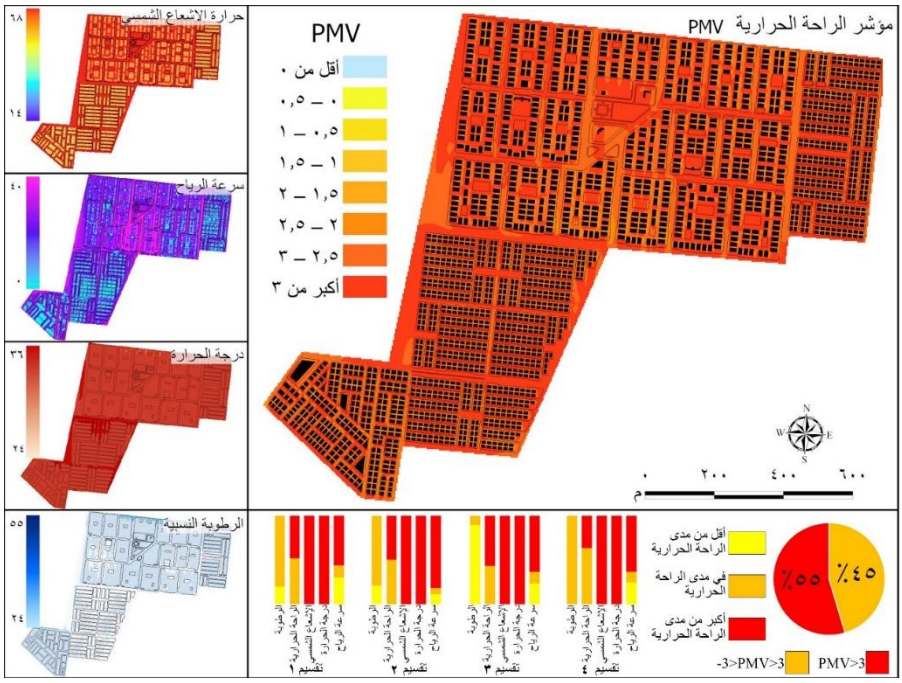
تم توليد أقصى راحة حرارية في المنطقة في الفترة المسائية (٧م:٧ص) حيث وصلت نسبة المساحة المغطاة بالراحة الحرارية إلى ١٠٠٪ (-٣>PMV>٣) بينما أقل راحة حرارية في فترة الظهيرة (١١ص:٤م) حيث وصلت نسبة المساحة المغطاة بالراحة الحرارية إلى ٤٥٪ (-٣>PMV>٣) وحققت منطقة تقسيم رقم (٤) أفضل راحة حرارية عن المناطق الأخرى خلال فترات اليوم المختلفة حيث كان متوسط مؤشر PMV لها في المدى (٣,٣:٠,٣) بينما منطقة تقسيم رقم (٢) حققت الراحة الحرارية الأقل حيث كان متوسط مؤشر PMV لها في المدى (٣,٧:٠,٣).



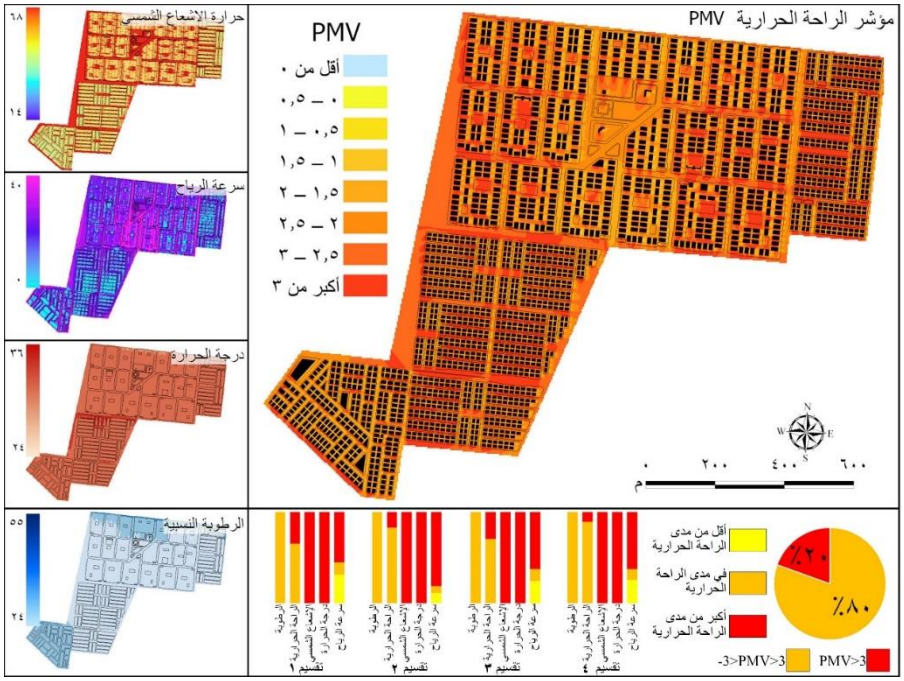
شكل ٢٣: نتائج دراسة مؤشرات المناخ المحلي والراحة الحرارية بفترة الصباح الباكر ٧ص: ١٠ ص



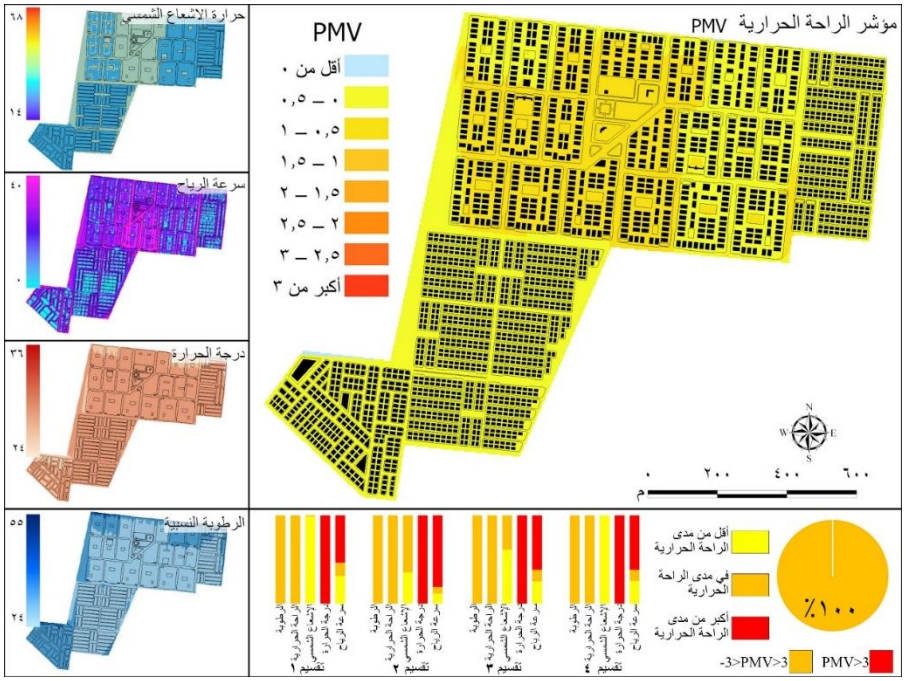
شكل ٢٤: نتائج دراسة مؤشرات المناخ المحلي والراحة الحرارية بالفترة قبل الظهيرة ١٠ص: ١ظ



شكل ٢٥: نتائج دراسة مؤشرات المناخ المحلي والراحة الحرارية بفترة الظهيرة ١ظ: ٤ع



شكل ٢٦: نتائج دراسة مؤشرات المناخ المحلي والراحة الحرارية بفترة قبل الغروب ٤ع: ٧م



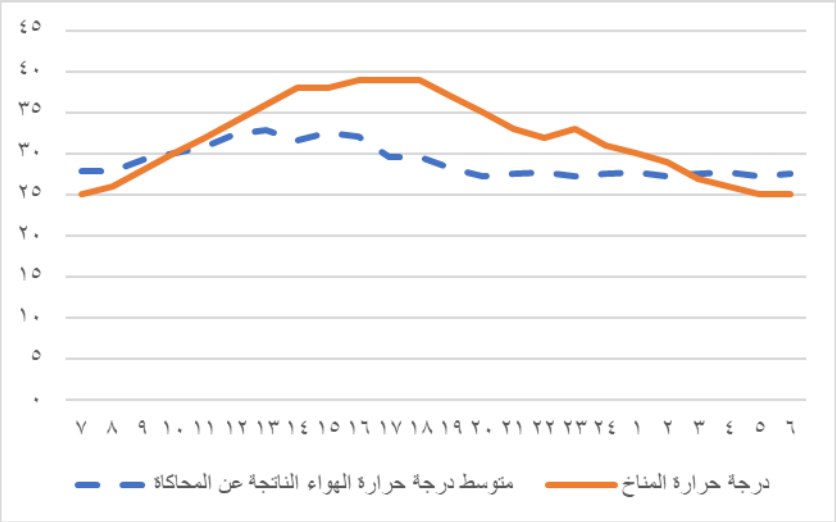
شكل ٢٧: نتائج دراسة مؤشرات المناخ المحلي والراحة الحرارية بفترة المساء ٧م: ٧ص لليوم التالي

٦. نتائج البحث

لخص البحث مجموعة من النتائج من خلال الدراسة التطبيقية بمناطق الامتدادات العمرانية الجديدة بمدينة الفرافرة وهي اختبار مدى توافق النمط العمراني من المنظور البيئي الحراري فيما يلي:

- عدم كفاية المعرفة حول المناخ المحلى للمناطق الصحراوية التي تتسم بالمناخ الحار الجاف مما يؤدى الى اقتراح أنماط عمرانية من قبل المخططين العمرانيين غير ملائمة للظروف المناخية مما ينعكس ذلك بعدم الإحساس بالراحة الحرارية المطلوبة ومن اجل التغلب على هذه المشكلة لابد من وضع مبادئ توجيهيه لعملية التصميم العمراني قابلة للتطبيق لتحسين الأداء الحراري الخارجي.

- اتسم النمط العمراني المقترح بمناطق الامتدادات العمرانية بمدينة الفرافرة باستخدام البلوكات الشريطية مقسمة الى قطع أراضي مع وضع المباني بمنتصف قطعة الأرض فأصبحت المباني منفصلة عن بعضها مع ترك مسافات بينية كبيرة بينهم ومع تقييد ارتفاعات المباني الى ١٠م واتساع عروض الشوارع الاسفلتية مما يعطي مؤشر على شدة الحرارة ووقوع المنطقة خارج نطاق الراحة الحرارية ويعطي إحساس بالإجهاد الحرارى، فالتوسع الراسي للمباني وتدرج ارتفاعاتها تعتبر أكثر ملائمة للمناطق الحارة الجافة حيث توفر التظليل الخارجي سواء كانت على اسطح الفراغات العمرانية الخارجية المتمثلة في الشوارع والفراغات العمرانية او توفير الظل على اسطح المباني المجاورة لها مما يساعد أيضا على تحريك الهواء بسبب الفرق ما بين الضغط المنخفض والمرتفع مما يصبح لها تأثير قوى للتقليل من الاجهاد الحراري وتحقيق الراحة الحرارية المطلوبة.
- تم رصد نتائج عامة للمحاكاة البيئية لمنطقة الدراسة وهم كالتالي:
  - تتعرض الشوارع الأفقية ذات الاتجاه شرق غرب على مدار اليوم للإشعاع الشمسي ففي الصباح الباكر وقبل الغروب تصبح اقل راحة حرارية وفي فترة الظهيرة ترتفع زاوية الشمس الرأسية فتغطي أغلب مساحتها وبالتالي الإحساس بشدة الحرارة.
  - تعتبر الشوارع الرأسية ذات الاتجاه شمال جنوب هي الأقل تعرضا للإشعاع الشمسي حيث تغطيها الظلال في الصباح الباكر وقبل الغروب والأكثر تعرضا للرياح بسرعات كبيرة حيث توازي اتجاهها.
  - حددت قيود ارتفاعات المباني (١٠ متر) وعلاقتها بعروض الشوارع الاسفلتية الواسعة خاصة في فترة الظهيرة بالإحساس بشدة الحرارة وذلك بسبب انخفاض مسطح الظل على الفراغات والشوارع ذات الاتجاه شرق غرب.
  - تعتبر منطقة تقسيم رقم (٤) هي الأقل في الإشعاع الشمسي وذلك لتقارب المباني وضيق الشوارع ولكثرة عدد الشوارع الرأسية ذات الاتجاه شمال جنوب مما يزيد سرعة الرياح وبالتالي تتولد الراحة الحرارية.
- بمقارنة نتائج البيانات المناخية المحلية لمنطقة الدراسة المدخلة لدرجة الحرارة كأرض شاغرة قبل عملية المحاكاة ونتائج عملية المحاكاة بعد إضافة البيئية العمرانية المشيدة كما الموضح بالشكل رقم (٢٨) حيث نلاحظ ان تزداد درجة حرارة الناتجة عن المحاكاة (بعد) عن درجة حرارة المناخ (قبل) في الفترة ٣ص حتى ١٠ص بمتوسط فرق ٢°م بينما تقل درجة حرارة عن المحاكاة (بعد) عن درجة حرارة المناخ (قبل) في الفترات الأخرى بمتوسط فرق ٥°م ومتوسط درجة حرارة من ٢٧°م -٣٣°م وهذا مؤشر على ان اهم عامل في تحقيق الراحة الحرارية تجاوز درجة الحرارة ٢٥°م فيشعر الانسان بعدم الارتياح والحرارة [٣٤] وبالتالي فالنمط العمراني المقترح لا يحقق الراحة الحرارية المطلوبة.



شكل ٢٨: مقارنة نتائج بيانات درجات الحرارة المدخلة (قبل) ونتائجها من المحاكاة (بعد)

٧. التوصيات

استعرض البحث اختبار مدى توافق النمط العمراني المقترح للحالة الدراسية بمدينة الفرافرة من المنظور البيئي الحراري مع الاستعانة ببرنامج المحاكاة البيئية ENVI-met واستخلص البحث مجموعة من التوصيات كما يلي:

- يعد دور المخطط العمراني في تحقيق التنمية العمرانية المستدامة للمجتمعات الجديدة دوراً هاماً للوصول للراحة الحرارية وخاصة بالبيئة الصحراوية الحارة الجافة فمع إهمال العوامل البيئية لم تتمكن من الوصول إلى الراحة الحرارية المطلوبة ويعود ذلك الى انخفاض نسبة ارتفاع المبنى الى عرض الشارع (H/W) وزيادة المساحات الخارجية المفتوحة مما يسمح بتعرض مسطح كبير من الموقع الى الاشعاع الشمسي على مدار اليوم وانخفاض المسطحات الخضراء، لذلك من المهم بناء نموذج مصغر باستخدام برنامج المحاكاة ENVI-met للتصميم المقترح لاختبار مدي كفاءة الأداء الحراري به حتى يتسنى عمل تعديلات بالتصميم العمراني لتحسين الأداء الحرارى.
- بعد اجراء اختبارللحالة الدراسية نوصي ببعض المبادئ التوجيهية لعملية التصميم العمراني قابلة للتطبيق لتحسين الأداء الحراري الخارجي للبيئة الصحراوية الحارة الجافة وهي كالتالي:

- إعادة النظر في الأنماط العمرانية المقترحة وملائمتها للظروف المناخية الحارة الجافة بالبيئة الصحراوية مع اقتراح النمط المتضام او النمط القائم على تجميع المباني بفناء من الداخل وذلك لحماية الفراغات الخارجية من الحرارة القاسية والعواصف المحملة بالأتربة.
- زيادة نسبة الفراغات البينية للمباني المشكلة لفراغات مفتوحة لصالح المساحات الخضراء واستخدام المسطحات المائية في الفراغات العامة والحدائق والتي يمكن ان تخفض درجات الحرارة نتيجة عملية التبريد لتكوين كتل هوائية أبرد نسبياً.
- أفضلية توجيه الشوارع الرئيسية ذات الاتجاه شمال جنوب وزيادة عروضها (الموازية لاتجاه الرياح) لتجنب الإشعاع المباشر للشمس أغلب ساعات اليوم والعمل على وتوفير مسافات أفقية بين المباني لتساعد على تخلل الرياح في الكتلة العمرانية.
- العمل على تضييق عروض الشوارع الأفقية ذات الاتجاه شرق غرب لزيادة نسبة الظل فيها في ساعات اليوم المختلفة للحد من حرارة الإشعاع الشمسي فيها.
- استخدام خامات عاكسة للضوء كالأسفلت الأبيض في الشوارع للحد من امتصاصها لحرارة الإشعاع الشمسي.

المراجع

[١] الهيئة العامة للتخطيط العمراني، "*تقرير المخطط الاستراتيجي العام لمدينة الفرافرة*،" وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية، القاهرة، ٢٠١٦.

[٢] أبو العنين، نجوى ابراهيم محمود. "أسس ومعايير التصميم والتخطيط لتحقيق التنمية العمرانية للأقاليم الصحراوية،" *التنمية العمرانية في المناطق الصحراوية ومشكلات البناء فيها*، الرياض - المملكة العربية السعودية، ٢٠٠٣.

[3] M. Salameh, A. Elkhazindar, and B. Touqan, "The effect of building height on thermal properties and comfort of a housing project in the hot arid climate of the UAE," Front. Built Environ., vol. 9, no. May 2023, doi: 10.3389/fbuil.2023.1174147.

[4] M. Salameh and B. Touqan, "Traditional Passive Design Solutions as a Key Factor for Sustainable Modern Urban Designs in the Hot, Arid Climate of the United Arab Emirates," Buildings, vol. 12, no. 11, 2022, doi: 10.3390/buildings12111811.

[5] A. Elkhazindar, S. N. Kharrufa, and M. S. Arar, "The Effect of Urban Form on the Heat Island Phenomenon and Human Thermal Comfort: A Comparative Study of UAE Residential Sites," Energies, vol. 15, no. 15, 2022, doi: 10.3390/en15155471.

[٦] الدبركي، أمال عبد الحليم. "الخصائص العمرانية وأثرها على المناخ العمراني بالبيئة الصحراوية الجافة،" *ندوة التنمية العمرانية في المناطق الصحراوية ومشكلات البناء فيها*، الرياض، المملكة العربية السعودية، ٢٠٠٣.

[7] O. M. Galal, D. J. Sailor, and H. Mahmoud, "The impact of urban form on outdoor thermal comfort in hot arid environments during daylight hours, case study: New Aswan," Build. Environ., vol. 184, no. August, p. 107222, 2020, Doi: 10.1016/j.buildenv.2020.107222.

[٨] إبراهيم، أسامة سعد خليل. "المباني المتوافقة بيئيا مع الأقاليم الصحراوية في مصر (تطوير نموذج نظري ضمن خط عرض ٣٠ شمالا)،" *النشرة العلمية لبحوث العمران*، المجلد ٦، ص٢١-٥١، ٢٠٠٦.

[٩] فجال، خالد سليم. عبد السلام، بسمة يحيى. "توظيف مبادئ العمارة الخضراء في تصميم الفراغات العمرانية في المناطق الحارة الجافة - دراسة حالة مدينة المنيا الجديدة،" *المجلة العلمية لكلية الهندسة - جامعة المنيا*، رقم ٣٧، ص٣١-٥٣، ٢٠١٨.

[10] M. Salameh and B. Touqan, "From Heritage to Sustainability: The Future of the Past in the Hot Arid Climate of the UAE," Buildings, vol. 13, no. 2, 2023, Doi: 10.3390/buildings13020418.

[١١] وزيري، يحيى. *التصميم المعماري الصديق للبيئة - نحو عمارة خضراء*، القاهرة: مكتبة مدبولي، ٢٠٠٣.

[١٢] جميل، سميرة جمال. "المناخ والعمارة،" *مجلة العلوم والتكنولوجي*، المجلد ١٤، رقم ١، ص٣٧-٤٨، ٢٠٠٩.

[13] O. M. Galal, H. Mahmoud and D. Sailor, *"Impact of evolving building morphology on microclimate in a hot arid climate,"* Sustain. cities soc., 2020.

[١٤] عويس، حازم محمد حامد. أبو عوف، طارق فاروق عبد السلام. "اختيار المواقع الملائمة للعمران في البيئة الصحراوية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية،" *ندوة التنمية العمرانية في البيئة الصحراوية ومشكلات البناء فيها*، الرياض - المملكة العربية السعودية، ٢٠٠٣.

[١٥] بشندي، سعاد يوسف حسنين. العادلي، خالد زكريا. "مدخل التصميم العمراني المستدام وتشكيل عمران المجتمعات الصحراوية: دراسة حالة مجتمعات الواحات التقليدية بصحراء مصر الغربية،" *ندوة التنمية العمرانية في المناطق الصحراوية ومشكلات البناء فيها*، الرياض - المملكة العربية السعودية، ٢٠٠٣.

[١٦] عبد الحليم، سالي أحمد نبيل. "صياغة نموذج منهجي للتصميم العمراني البيئي للقرى الجديدة في الإقليم الصحراوي،" رسالة ماجستير غير منشورة، *كلية التخطيط الإقليمي والعمراني، جامعة القاهرة*، الجيزة، ٢٠١٥.

[١٧] الوكيل، شفق العوضي. سراج، محمد عبد الله. "*المناخ وعمارة المناطق الحارة*،" دار نشر عالم الكتب، القاهرة، ١٩٨٩.

[١٨] عبد الرحمن، محمود محمد محمد علي. "*دور تقنيات محاكاة الرياح في الاستدامة البيئية للعمارة والعمران (دراسة حالة على المدن المتوسطة)*،" رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الهندسة، جامعة المنصورة، المنصورة، ٢٠١٧.

[١٩] يوسف، نيفين يوسف عزمي. "*تخطيط وتصميم التجمعات العمرانية بالصحراء المصرية*،" رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الهندسة، جامعة طنطا، طنطا، ٢٠٠٤.

[20] H. Fathy, "N*atural energy and vernacular architecture: principles and examples with reference to hot arid climates*," published for United Nations University by University of Chicago press, Chicago, 1986.

[٢١] محمد، أحمد هلال. "نمط البناء الأفقي الموجه إلى الداخل النموذج الأمثل لعمارة الصحراء،" *ندوة التنمية العمرانية في المناطق الصحراوية ومشكلات البناء فيها*، الرياض - المملكة العربية السعودية، ٢٠٠٣.

[٢٢] العزب، إسراء محمد محمد ، "*نحو معايير تصميمية متوافقة بيئيا لعمارة المستقبل بصحراء مصر*،" رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الهندسة، جامعة المنصورة، المنصورة، ٢٠١٥.

[٢٣] الجهاز المركزي للتعبية العامة والإحصاء، "التعداد العام للسكان،" *الجهاز المركزي للتعبية العامة والإحصاء*، القاهرة، ٢٠١٧.

[24] meteoblue, "Weather Qaşr al Farāfirah," 16 6 2023. [Online]. Available: https://www.meteoblue.com.

[25] Weather Spark, "*The Weather Year-Round Anywhere on Earth*," 16 9 2023. [Online]. Available: source: WeatherSpark.com.

[٢٦] محمد، محمد عطية. القاضي، أحمد. عبد العزيز، محمد. (٢٠٢١). تطبيق البرمجيات البارامترية لقياس الراحة الحرارية للفراغات العمرانية لتحسين مؤشر جودة الحياة البيئية. *مجلة القطاع الهندسي بجامعة الازهر*، ١٦(٦٠)، ٩٧٢-٩٨٤.

[27] P. O. Fanger, *Thermal comfort: Analysis and applications in environmental engineering*. New York: McGraw Hill, 1972.

[28] underground, "*Worldwide weather forecasts and climate information, "Al Wahat Al Khargah, Egypt,"* 2023. [Online]. Available: https://www.wunderground.com/history/daily/eg/al-wahat-al-khargah/HEAT/date/2023-8-26. [Accessed 26 8 2023].

[29] NASA, *"NASA prediction of worldwide energy resources*," 2023. [Online]. Available: https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer. [Accessed 26 8 2023].

[٣٠] شافعي، أحمد محمد. "*التشكيل العمراني لتحقيق الراحة الحرارية بالتطبيق على القاهرة الجديدة*," كلية التخطيط الإقليمي والعمراني، جامعة القاهرة، رسالة ماجستير غير منشورة, ٢٠١٦.

[31] I. Elwy, Y. Ibrahim, M. Fahmy, and M. Mahdy, "*Outdoor microclimatic validation for hybrid simulation workflow in hot arid climates against ENVI-met and field measurements*," Energy Procedia, vol. 153, pp. 29–34, 2018, Doi: 10.1016/j.egypro.2018.10.009.

[32] M. Fahmy, H. El-Hady, M. Mahdy, and M. F. Abdelalim, "*On the green adaptation of urban developments in Egypt; predicting community future energy efficiency using coupled outdoor-indoor simulations*," Energy Build., vol. 153, pp. 241–261, 2017, Doi: 10.1016/j.enbuild.2017.08.008.

[33] M. H. Elnabawi, N. Hamza, and S. Dudek, *"Numerical modelling evaluation for the microclimate of an outdoor urban form in Cairo, Egypt,"* HBRC J., vol. 11, no. 2, pp. 246–251, 2015, Doi: 10.1016/j.hbrcj.2014.03.004.

[34] M. Zou and H. Zhang, *"Cooling strategies for thermal comfort in cities: a review of key methods in landscape design,"* Environ. Sci. Pollut. Res., vol. 28, no. 44, pp. 62640–62650, 2021, Doi: 10.1007/s11356-021-15172-y.

The effect of urban pattern in new urban expansion areas in desert communities on thermal comfort: a case study of the city of Farafra

In hot arid areas, urban development is influenced by the climatic environment, as it imposes an objective standard that is reflected in the urban pattern that occupies the site, ignoring climate variables and importing urban patterns that are incompatible with desert communities, which could lead to project failure, as it was observed that the urban pattern in urban expansion areas did not take environmental requirements into account. Although the plan has not yet been implemented, the hot arid climate conditions in Farafra necessitate investigating the compatibility of the built environment from a thermal environmental aspect as a prospective intervention opportunity. The applied research focuses on evaluating the efficiency of the urban pattern from an environmental aspect at a height of 1.5 m. To improve the accuracy of the analysis, the study area was divided into several domains, and it was simulated on a grid domain of varying sizes based on its spatial urban characteristics, with a grid size of 3.5 m on the x, y, and z axes in the ENVI-met v4 program, and measurements were taken during the peak thermal period on August 26, 2023. To get reliable simulation data for a 24-hour period, the digital indicators revealed that the research region typically fell into the thermal comfort range, apart from the time from 9 a.m. to 6 p.m. in the thermal heat stress range, when the thermal comfort index ranges (PMV = 2:3). It was documented. The largest thermal extreme heat stress occurs between 11 a.m. and 4 p.m., and it ranges (PMV = 3:4.5), which is beyond the thermal range, indicating a high PMV index during the time when activities and work are performed. At the conclusion of the study, a set of recommendations for design and planning in urban growth zones in hot, dry desert cities was developed.

Keywords: Urban Pattern, Hot Arid Climate, Urban Development, Thermal Comfort, Desert Communities, Farafra City.