



## EXTERNAL THERMAL COMFORT TO ENHANCE ENVIRONMENTAL PERFORMANCE USING THE ENVI-MET SIMULATION: APPLIED TO MANIAL EL-RAWDA AREA IN CAIRO

Maha M. Elsayed<sup>1,\*</sup>, Wessam Mostafa Emam Mohammed<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Urban design Department, Faculty of Urban and Regional Planning, Cairo University, Giza 12613, Egypt

<sup>2</sup> Environmental Planning and Infrastructure Department, Faculty of Urban and Regional Planning, Cairo University, Giza 12613, Egypt

\*Correspondence: [maha.ezz@cu.edu.eg](mailto:maha.ezz@cu.edu.eg)

### Citation:

M. M. Elsayed and W. M. Mohammed, " External Thermal Comfort to Enhance Environmental Performance Using the Envi-Met Simulation: Applied to Manial El-Rawda area In Cairo", Journal of Al-Azhar University Engineering Sector, vol. 19, pp. 383-402, 2024.

Received: 1 September 2023

Revised: 17 October 2023

Accepted: 29 October 2023

DOI:10.21608/aucej.2023.240118.1436

Copyright © 2024 by the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International Public License (CC BY-SA 4.0)

### ABSTRACT

Climate change is one of the biggest environmental risks that the world is currently facing, which causes a rise in future temperatures worldwide and increases environmental pressures and health problems for the population. Improving urban thermal comfort in urban design is an important step to adapting to climate change. From this point of view, the research focuses on using the PMV thermal comfort index and using the environmental simulation program ENVI-met v5.5 and applying it to a residential area in Manial El-Rawda to evaluate four environmental climate variables in June 2023 and determine thermal comfort in the area, linking the simulation results to the main urban form elements, and finally developing appropriate roads that Through which it is possible to improve the thermal comfort of the study area and then reach recommendations for design considerations for the urban formation of residential groups in the existing areas.

**KEYWORDS:** Urban Form, ENVI-met Simulation Tool, Thermal Comfort Indices PMV, Climate Change, Environmental Performance.

### قياس الراحة الحرارية الخارجية لتحسين الاداء البيئي بمنطقة سكنية باستخدام برنامج ENVI-met بالتطبيق على منطقة منيل الروضة بالقاهرة

مها محمد عز الدين حنفي السيد<sup>١\*</sup>، وسام مصطفى إمام محمد<sup>٢</sup>

<sup>١</sup> قسم التصميم العمراني، كلية التخطيط العمراني والإقليمي، جامعة القاهرة، الجيزة ١٢٦١٣، مصر

<sup>٢</sup> قسم التخطيط البيئي والبنية التحتية، كلية التخطيط العمراني والإقليمي، جامعة القاهرة، الجيزة ١٢٦١٣، مصر

\*البريد الإلكتروني للباحث المراسل: [maha.ezz@cu.edu.eg](mailto:maha.ezz@cu.edu.eg)

### الملخص

تعتبر التغيرات المناخية من أكثر المخاطر البيئية التي يواجهها العالم حالياً والتي تسبب في ارتفاع درجات الحرارة في المستقبل وسيكون التأثير الأكثر خطورة في المدن الحارة والجافة وخاصة بالبلدان النامية لما لها من تأثيرات سلبية تهدد الصحة العامة وجودة الحياة، فيمكن أن تسبب حرارة الصيف المستمرة للاعتماد المفرط داخل المباني على التبريد الميكانيكي والذي يؤدي الى ارتفاع انبعاثات غازات الدفيئة بالإضافة الى زيادة معدل استهلاك الكهرباء مما يتسبب في أعباء بيئية ومشاكل صحية لسكان الحضر، ومن هذا المنطلق يجب ان تكون القضية المناخية هي المحرك الأساسي في عملية اتخاذ القرارات على مستوى التصميم العمراني لتحسين البيئة الحرارية الحضرية كأحد الخطوات المهمة في المستقبل القريب للتعامل مع تغير المناخ، مما أصبح من الضروري مراعاة البعد البيئي وخاصة المناخ في التشكيل العمراني بالمناطق السكنية الذي يؤثر على تحسين الاداء الحراري للمساحات الخارجية، مما يشجع المواطنين على إجراء أنشطة اجتماعية مع بيئة مريحة في أي وقت. وبناء عليه يهتم البحث باستخدام مؤشر الراحة الحرارية PMV وبالاستعانة

برنامج المحاكاة البيئية ENVI-met v5.5 وبالتطبيق على منطقة سكنية بأحد المناطق بمنيل الروضة لتقييم أربع متغيرات بيئية وهم درجة حرارة الهواء، الرطوبة النسبية، متوسط درجة الإشعاع الشمسي، حركة الهواء وتم أخذ القياسات في شهر يونيو ٢٠٢٣ وتحديد الراحة الحرارية بالمنطقة، كما يركز البحث على ربط نتائج المحاكاة بعناصر الشكل الحضري الرئيسية للحالة والتي تم فحصها وهي نسبة الارتفاع (H/W) واتجاهات الشوارع وحجم وزاوية والكثافة البنائية للمباني والأسطح الخارجية لحوائط المباني ومواد تشطيب الارضيات والاشجار، ومن ثم الوصول الى التوصيات للاعتبارات التصميمية للتشكيل العمراني للمجموعات السكنية بالمناطق القائمة.

**الكلمات المفتاحية:** التشكيل العمراني ، اداه المحاكاة ENVI-MET ، مؤشر الراحة الحرارية PMV ، التغيرات المناخية، الاداء البيئي

## ١. المقدمة

أدى ارتفاع معدل التحضر إلى ارتفاع درجات الحرارة في العديد من المدن بسبب التغيير في توازن الطاقة الذي بدوره أدى إلى الازدياد في آثار تغير المناخ. ومن هذا المنطلق فإن درجات الحرارة المحيطة بالعديد من المدن الكبرى في العالم تتزايد باستمرار مما يؤدي إلى موجات حر شديدة وزيادة Urban Heat Island (UHI). فالتزايد المستمر للعمران يؤدي إلى حدوث ظاهرة بيئية تعرف باسم "ظاهرة الجزر الحرارية" [١]، وهذه الظاهرة ترجع إلى انبعاث الحرارة إلى الطبقة السفلى من الغلاف الجوي وتعكس الظاهرة التأثيرات السلبية على الصحة العامة للإنسان والحيوان والنبات، وتؤثر الجزر الحرارية الحضرية بشكل مباشر على جودة الهواء الخارجي، حيث تساهم في انتشار الملوثات وتشكيل الضباب الدخاني حيث يتشكل الضباب الدخاني تحت التأثير المشترك من أشعة الشمس والحرارة والملوثات المختلفة ولحد من التأثيرات السلبية لظاهرة الجزر الحرارية لابد من معرفة العناصر التي تؤدي إلى حدوث تلك الظاهرة، حيث يمكن أن تنشأ الجزر الحرارية بالمدن للأسباب التالية:

- زيادة الإشعاع الحراري الذي تكتسبه المباني والطرق في المدينة والملوثات المنتشرة في الغلاف الجوي لها.
- انخفاض صافي الإشعاع الحراري الأرضي المفقود من شوارع وطرق المدينة بسبب ضيق الشوارع وارتفاع المباني ونقص المساحة المكشوفة للسماء بين المباني.
- انخفاض نسبة الألبينو (الانعكاسية) داخل المدينة.
- ارتفاع التخزين الحراري النهاري الذي تكتسبه حوائط المباني والطرق المرصوفة بالأسفلت وانخفاضه أثناء الليل.
- انبعاث الحرارة من خلال استهلاك الطاقة بالمنزل ومحركات السيارات على الطرق ومحركات الوقود بالمصانع والورش ومولدات الطاقة الكهربائية بالمدينة مما يستدعي الاتجاه للنقل الجماعي واستخدام نظام رش الرذاذ لتحسين الراحة الحرارية [٢].
- انخفاض فقد الحرارة الكامنة للهواء بسبب انخفاض سرعة الرياح في شوارع المدينة.

وترتبط الجزر الحرارية بتغير المناخ حيث يتأثر المستوى المتزايد للاحتباس الحراري والتلوث والإشعاع الشمسي بالنمو السريع للأعمال البشرية مثل إنشاء المباني، وأرصعة الإسفلت وانخفاض المساحات الخضراء ويؤثر التغيير في المناخ المحلي سلباً على الأنظمة البشرية والطبيعية وتختلف هذه التغييرات حسب العلاقات بين النسيج الحضري مثل مواد البناء المستخدمة والمباني (نسبة السد والفراغ ونسب وحجم المباني)، والتمثيل الغذائي الحضري (الملوثات والمياه والحرارة الناتجة عن النشاط البشري) والغطاء الأرضي (الأرصعة وعناصر المياه والمساحات الخضراء) [٣].

ومن أجل التخفيف من ظاهرة الجزر الحرارية لابد من معرفة مستوى الراحة الحرارية الملائمة لذا لابد من دراسة العلاقة التبادلية بين التشكيل العمراني والمناخ وهذا ما يقوم به برنامج ENVI-met، والذي يؤدي أداء جيد في نمذجة المستوطنات البشرية حيث يستند البرنامج إلى نموذج مناخي كلي ثلاثي الأبعاد يحاكي التفاعلات المناخية بين الأسطح والنباتات والغلاف الجوي بالإضافة إلى توليد حسابات مناخية صغيرة بدقة تصل إلى م<sup>١</sup> وبالتالي يحلل ENVI-met أيضاً آثار إجراءات التخطيط على المناخ الحضري [٤].

تنفذ عمليات المحاكاة بدقة أفقية لا تتجاوز بضعة أمتار ولا تتجاوز الإطار الزمني عادة ما بين ٢٤ ساعة وبضعة أيام فهو يعتبر من أدوات التخطيط الحضري الذكية والتعاونية الضرورية للتخفيف من تأثير الجزر الحرارية وتغير المناخ في المدن حيث تتأثر الراحة الحرارية الخارجية في المناخات الحارة بعدة جوانب مختلفة مثل حجم البيئة المبنية وتنوع مواد سطح الأرض ومن خلال تحديد الراحة الحرارية الحالية بالمناطق في المدن المختلفة يمكن الوصول إلى تخطيط حضري ملائم للمناخ من أجل مدن قابلة للعيش في المستقبل حيث يعتبر تطوير البيئة الخارجية أمر مهم لتحقيق مناخ محلي متوازن وخلق مساحة مفتوحة مستدامة، ومن هذا المنطلق يهدف البحث إلى دراسة التغير المناخي والراحة الحرارية الخارجية وعلاقتها بالتشكيل العمراني من خلال تطبيق برنامج Envi-met على إحدى المناطق السكنية بمنيل الروضة وقياس الراحة الحرارية للوصول إلى التوصيات الملائمة والتي تحسن من الراحة الحرارية والأداء البيئي للمناطق وبالتالي تعزيز التنمية الحضرية المستدامة.

## ٢. منهجية البحث

تبدأ منهجية البحث بالتعرف أولاً على التغيرات المنهجية وظاهرة الجزر الحرارية والراحة الحرارية الخارجية وإيجاد العلاقة بينها وبين التشكيل العمراني للمناطق وتحديد مميزات برنامج المحاكاة البيئية ENVI-met لاستخدامه في التطبيق على منطقة سكنية بمنيل الروضة بمحافظة القاهرة لاستنتاج وتصنيف المناطق والطرق التي بها راحة حرارية عالية وراحة حرارية متوسطة وراحة حرارية منخفضة وتحليل تلك النتائج في إطار التشكيل العمراني بالمنطقة ومن ثم الخروج بمجموعة من التوصيات الملائمة التي يمكن من خلالها تحسين الأداء البيئي والراحة الحرارية بالمناطق القائمة وبالتالي تحقيق التكيف مع التغيرات المناخية والوصول إلى التنمية المستدامة ويوضح الشكل (١) منهجية البحث.



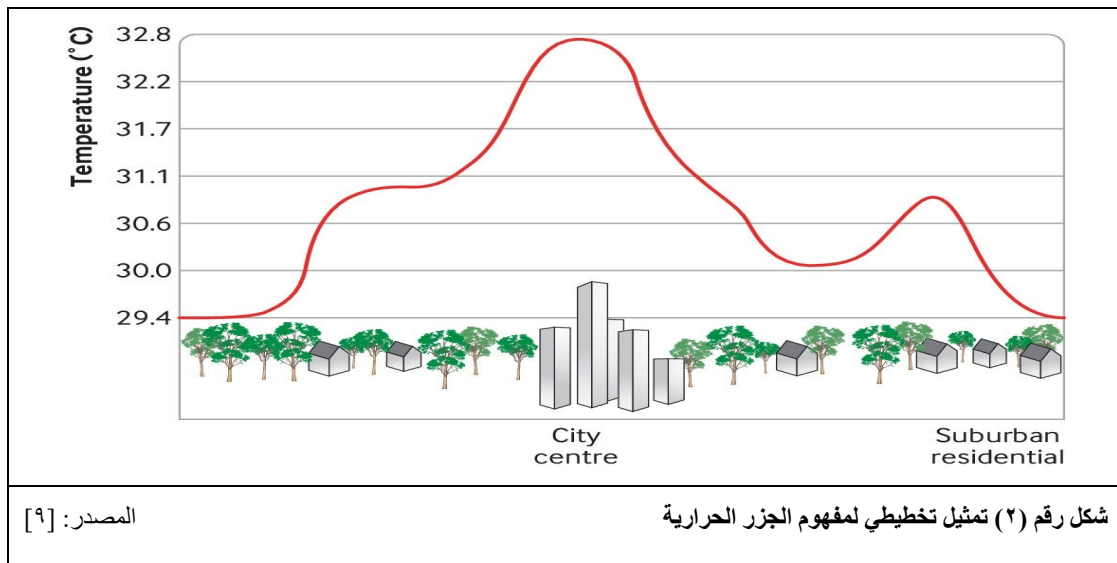
شكل رقم (١) منهجية البحث

### ٣. التغيرات المناخية وظاهرة الجزر الحرارية

في جميع المدن حول العالم، تزداد درجة حرارة سطح الأرض في المناطق الحضرية تدريجياً وتؤدي الزيادة الهائلة الى تغير المناخ مما يخلق تأثير جزيرة حرارية حضرية أكثر اتساعاً وخطورة (UHI) [٥].

#### ١.٣ مفهوم الجزر الحرارية Urban Heat Island

عادة ما يلاحظ ازدياد درجة الحرارة بمقدار ١ - ٣ م° فوق المتوسط خلال النهار في المناطق الحضرية ويطلق على ذلك الجزيرة الحرارية الحضرية ولا يحدث ذلك عادة في المناطق الريفية ويرتبط ذلك مع انعكاسات متعددة للإشعاع الشمسي وتبديد الطاقة في الغلاف الجوي [٦]، فالجزر الحرارية (UHI) Urban Heat Island مصطلح مناخي يطلق على ظاهرة ارتفاع درجة الحرارة في المدن الكبيرة والصناعية مقارنة بالمناطق المحيطة بها [٧]، وتشير UHI إلى درجة حرارة الهواء الزائدة في المظلة الحضرية بالنسبة للمناطق الريفية المحيطة كما هو موضح بالشكل (٢) فطبقة المظلة الحضرية هي طبقة الهواء الأقرب إلى السطح في المدن، وتمتد صعوداً إلى متوسط ارتفاع المبنى تقريباً [٨].



#### ٢.٣ علاقة الجزر الحرارية بالتغير المناخي

ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية (UHI) لها علاقة غير مباشرة بالتغير المناخي، فمن المتوقع أن تتفاقم بسبب الاحتباس العام المتوقع في إطار سيناريو تغير المناخ للنصف الثاني من القرن، ومن المرجح أن يرتفع متوسط درجة الحرارة بشكل عام [١٠]، حيث إنها ظاهرة مناخية دقيقة تحدث في البيئات الحضرية وتتألف من زيادة في درجة حرارة الهواء داخل المناطق الحضرية التي تكون بالتالي أكثر دفئاً بشكل عام من الأحياء الريفية المحيطة [١٠] [١١].

### ٣.٣. أسباب ظاهرة الجزر الحرارية

هناك عدة أسباب وراء تأثير ظاهرة UHI على المناطق الحضرية يتعلق السبب الرئيسي بالخصائص الفيزيائية للمواد المكونة للأسطح الحضرية التي تمتص الإشعاع الشمسي بدلاً من انعكاسه (الخرسانة والأسفلت وغيرها) بحيث يحدد فائض التسخين للأسطح انبعاث كمية كبيرة من الإشعاع طويل الموجة خاصة خلال الليل، بالإضافة إلى ذلك تحتوي المناطق الحضرية بشكل عام على أجزاء صغيرة من الأسطح الطبيعية (الغطاء النباتي في المتنزهات والحدائق) والتي يمكن أن تسهم في الحفاظ على توازن مستقر للطاقة، بالإضافة إلى وجود عامل آخر مرتبط بزيادة درجة الحرارة هو الحرارة المهذرة الناتجة عن استهلاك الطاقة (محطات التدفئة والتبريد، الأنشطة الصناعية، وسائل النقل، ... [١٠] [١١]).

### ٤. الراحة الحرارية Thermal Comfort

يعرف ASHRAE الراحة الحرارية بأنها "حالة عقلية التي تعبر عنها بالرضا عن البيئة الحرارية ويتم تقييمها بشكل شخصي" حيث إن الإحساس الحراري هو إحساس شخصي [١٢]، وعرفها [١٣] نقلاً عن ماركوس وأولجاي "الراحة الحرارية أو التعادل الحراري هي حالة لا يشعر معها الإنسان بالبرد أو بالحر، أو يشعر بأي مضايقة نتيجة لخلل في البيئة الحرارية".

#### ٤.١. العوامل التي تؤثر على الراحة الحرارية Factors impact on Thermal Comfort

هناك العديد من المتغيرات البيئية والعوامل الحضرية التي يمكن أن تؤثر على الراحة الحرارية لجسم الإنسان، بما في ذلك درجة حرارة الهواء، ومتوسط درجة الحرارة الإشعاع، والرطوبة النسبية، وحركة الهواء، والتشكيل العمراني وما تحويه من كتل وفراغات عمرانية، وهناك متغيرين شخصيين يؤثران على الراحة الحرارية (الملابس والأنشطة البشرية)، ويمكن أن تؤثر المشاعر النفسية أيضاً على إدراك الناس ومشاعرهم الشخصية تجاه البيئة [١٤] [١٥].

#### ٤.١.١. العوامل البيئية Environmental Factors

أ- درجة حرارة الهواء (Ta) °C Ambient air temperature

تعتبر درجة الحرارة الهواء أهم عامل في تحقيق الراحة الحرارية [١٦]، لأن إدراك جسم الإنسان لدرجة الحرارة المحيطة يكون أوضح من العوامل الأخرى، وبشكل عام قد يشعر الناس بعدم الارتياح والحرارة في بيئة تتجاوز فيها درجة الحرارة ٢٥°م وأثناء التواجد في بيئة تتجاوز فيها درجة الحرارة ٣٧°م سيُشعر الناس بعدم الارتياح الشديد والحرارة [١٥].

ب- متوسط درجة حرارة الإشعاع (Tmrt) °C Mean radiant temperature

ويأتي الإشعاع في المرتبة الثانية في درجة التأثير وتعتمد شدة تأثيرها على وضع الجسم بالنسبة للشمس [١٦]، يشعر الإنسان بالحرارة إذا تعرض لأشعة الشمس، وفي الشتاء رغم برودة الجو يعطى التعرض لأشعة الشمس شعوراً مباشراً بالراحة، ويجب التمييز بين نوعين من الإشعاع، الإشعاع ذو الموجات القصيرة (وهو الإشعاع الصادر من جسم ذو درجة حرارة مرتفعة مثل الشمس (٦٠٠٠م) ومعظمه يقع طوله الموجي في نطاق الضوء المرئي، والإشعاع ذو الموجات الطويلة (في نطاق الأشعة تحت الحمراء) وهو الصادر من المباني والأجسام البشرية في درجات حرارة منخفضة [١٣].

ج- الرطوبة النسبية (RH) Relative humidity

هي بخار الماء غير المرئي الموجود في الهواء ويصل إلى درجة التشبع ببخار الماء عندما لا يكون في مقدوره استيعاب أية كمية إضافية من الرطوبة، وتتوقف درجة التشبع على درجة حرارة الهواء فكلما ارتفعت زادت قدرة الهواء على استيعاب المزيد من الرطوبة، والرطوبة النسبية تعطى صورة مباشرة عن إمكانية البخر [١٦]، ويمكن تحقيق الراحة الحرارية عندما تكون الرطوبة النسبية بين ٢٠٪ و ٨٠٪ ونطاق معين من درجات الحرارة يمكن خلالها الحفاظ على الاتزان الحراري للجسم وهي ٢٠-٢٧°م في حالة حياض تأثير باقي المتغيرات [١٣].

د- حركة الهواء (v) Wind velocity

عندما يلجأ الجسم إلى العرق وتبخره للحفاظ على درجة حرارة الجسم وفي حالة عدم حركة للهواء يتوقف التبخر ويبدو تأثير الحرارة أعلى ولكن مع تحريكه تتجدد هذه الطبقة الدافئة والمشبعة ببخار الماء، ولذا تزداد أهمية حركة الهواء كلما زادت الرطوبة النسبية [١٣]، فسرعة الهواء هي عامل رئيسي يؤثر على حالة الراحة الحرارية [١٤]، ولذلك يلاحظ أن حركة الهواء غير مطلوبة في المناطق شديدة الحرارة حيث يزيد اكتساب الحرارة من الهواء عن معدل فقد الحرارة بسبب البخر عند سرعات الهواء العالية فسرعة حركة الرياح مشكلة في الظروف الباردة [١٣].

#### ٤.١.٢. عوامل شخصية Personal Factors

توجد عناصر أخرى تتعلق بشاغلي الفراغ من البشر تؤثر على شعورهم بالراحة وهما النشاط والملابس، يتغير شعور الإنسان بالراحة جذرياً تبعاً لنوع النشاط الذي يمارسه وحالته من السكون أو الحركة، فمثلاً عند ممارسة الرياضة يتقبل اللاعب قدراً من تبلل الجلد بالعرق لا يمكن قبوله أثناء ممارسه عمله المكتبي [١٣]، ويمكن للإنسان التحكم إلى حد كبير في التبادل الحراري بين جسمه وبين الجو المحيط وذلك بالاختيار الصحيح لملاسه، إذ تمثل الملابس حاجزاً أو مانعاً لانتقال الحرارة كما تقلل من إحساس الجسم بالاختلاف في سرعة ودرجة حرارة الهواء [١٦]، فالشخص الذي يتعرض للحرارة الشديدة لفترة طويلة وانتقل إلى مكان مظلل سيختبر إحساساً حرارياً مختلفاً عن الشخص الذي قضى فترة طويلة من الوقت في بيئة مظلمة [١٤].

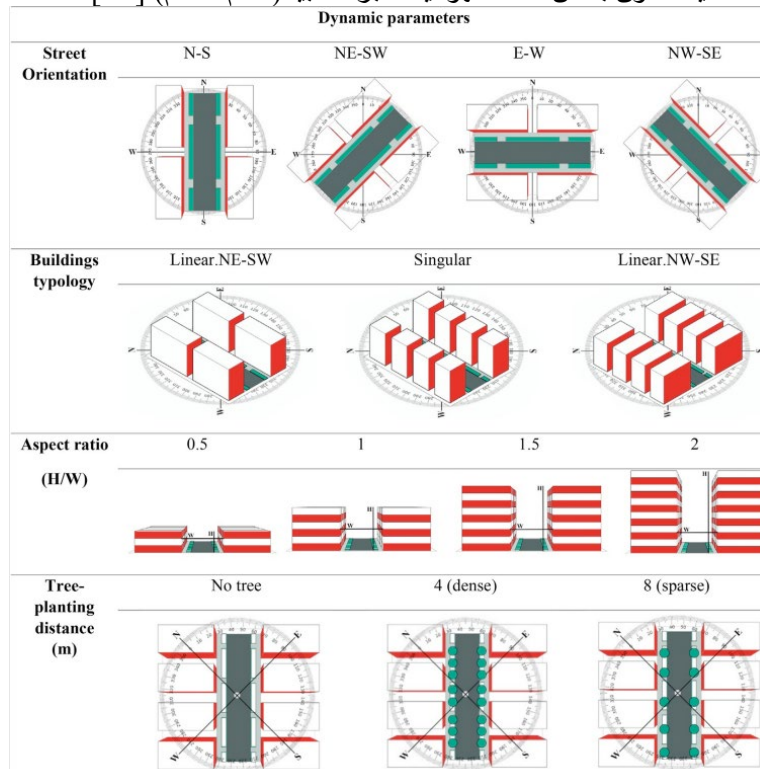
### ٤. ١. ٣. التشكيل العمراني Urban Form

التشكيل العمراني هو عمران مادي حيث يؤثر بشكل مباشر على البيئة الطبيعية وعلى تلوث الهواء و مساحة الأراضي الزراعية وتلوث التربة والتغيرات المناخية والضوضاء وغيرها من العناصر الأخرى التي تهدد البيئة الطبيعية [١٧]، فالتشكيل العمراني هو علم صياغة وفن العناصر المكونة للعمران مثل العناصر الطبيعية المتمثلة في (المسطحات المائية-الميل-الطبوغرافيا) والعناصر العمرانية المتمثلة في (الفراغات-المسارات-المباني) والعناصر الإنسانية (الانشطة-العادات-التقاليد) [١٨]، ويعد الشكل الحضري Urban Geometry امر بالغ الأهمية لإنشاء مساحات خارجية مفتوحة Void المتمثلة في المسارات والفراغات لتحسين الراحة الحرارية الخارجية (OTC) Outdoor Thermal Comfort في ظل التغيرات المناخية والمصاحبة بارتفاع درجات الحرارة، بعد تحقيق مستويات الراحة الحرارية المطلوباً للاستخدام الناجح للمساحات الخارجية الحضرية نظراً لتأثيرها الكبير على ادراك المستخدمين للإحساس الحراري [١٩].

#### • مكونات الشكل الحضري Urban Geometry Components

#### أ- نسب الشارع والوديان العمرانية Urban Canyons/ Aspect Ratio

يلعب قطاع الشارع دور رئيسي في التحكم في كمية الإشعاع الشمسي التي تتلقاها المباني الحضرية ويعاد إشعاعها ، كما أنه متصل بشكل مباشر بأنشطة الأشخاص في الهواء الطلق وهو عنصر أساسي في مفاهيم التصميم العمراني [٢٠]، ومن أهم العوامل الحضرية ذات الصلة المسؤولة عن تغير المناخ المحلي على نطاق الوادي الحضري كما الموضح بالشكل (٣) هي نسبة العرض إلى الارتفاع (H/W) لأنها تؤثر بشكل مباشر على امتصاص وانبعث الإشعاع الشمسي والتهوية الحضرية وبالتالي الراحة الحرارية، ونقلا عن Shashua-Bar and Hoffman فإن التباعد الأوسع بين المباني يمكن أن يتسبب في زيادة درجة حرارة الهواء أثناء النهار [٢١]. علاوة على ذلك، يمكن أن يساعد التكوين المناسب للمباني في التخفيف من الآثار السلبية للمناخ المحلي، واتجاه الشارع فعندما تكون الشوارع موجهة بزاوية صغيرة (أو موازية) لاتجاه الرياح فإن هذا يخلق تهوية دون عائق، وعامل الانفتاح للسماء (SVF) Sky View Factor ، والمواد المستخدمة بالعمران وكذلك البياض للأسطح السطحية والألوان والانعكاس من العوامل الرئيسية التي أثرت على الراحة الحرارية [١٩]، واستخدام النباتات سواء كانت اشجار او الغطاء النباتي والنافورة او المسطحات المائية والتي يمكن ان تخفض من درجات الحرارة وذلك نتيجة عملية التبريد الناتجة عن تبخر المياه من الأوراق النباتات ومسطحات المياه لتكون بعض الكتل الهوائية الأبرد نسبياً (٥ م<sup>١٠</sup>م) [١٣].



شكل رقم (٣) العوامل المختلفة للتكوين الهندسي للوديان العمرانية المؤثرة على الراحة الحرارية الخارجية المصدر: [٢٢]

#### ب- تشكيل كتلة المبنى Building Form

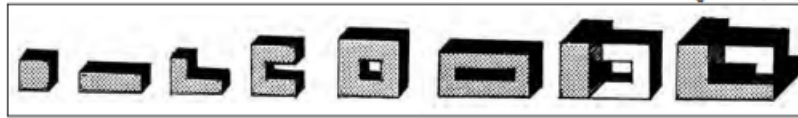
يعد عامل التظليل من اهم العوامل المؤثرة في تخفيف الحرارة المفرطة فيفضل الناس القيام بأنشطتهم في اماكن مظلمة في الصيف اما من خلال ان تقوم المباني بإلقاء الظل على المباني الأخرى او ظل المباني على في المساحات الخارجية سواء كانت الفراغات العمرانية او الشوارع او استخدام الاشجار الكثيفة، ويوضح الشكل (٤) اختلاف كمية الظل بين مباني ذات سطح مستوى ويلاحظ أن أقل نصيب من الظلال يخص المبنى المربع سواء من ناحية الواجهات والأسقف المظلمة وكمية الظل الساقطة على الارض،

ومن الواضح أن أكبر كمية ظلال تكون في المبنى متعدد الادوار ذي الحوش الداخلي، وتزداد كمية الظل كلما أصبح شكل المبنى أكثر تعقيداً [١٦].

توصل [٢٣] بعد اجراء دراسة ميدانية في اختبار الاختلافات في قياس درجات الحرارة نهاراً وليلاً لبعض المساحات الخارجية كالفراغات والمسارات الى انخفاض درجات الحرارة بالأجزاء المظللة بالأشجار مقارنة مع المناطق المعرضة للإشعاع الشمسي بما يعادل حوالي ٦م نهاراً، وذلك يتغير ليلاً حيث ان درجات الحرارة اسفل الأشجار تتميز بارتفاعها بالمقارنة مع الجزء الخالي من الأشجار، وهذا يدل على الارتباط بمؤشر هام وهو عامل الانفتاح للسماء (SVF) حيث صغر هذا العامل فلا يستطيع الفراغ التخلص من الحرارة المختزنة به اثناء النهار ليلاً بإشعاعه الي السماء مرة اخري، ومن ثم ترتفع درجات الحرارة بتلك الاجزاء ليلاً بالمقارنة مع نظيرتها الغير مظللة بالأشجار.

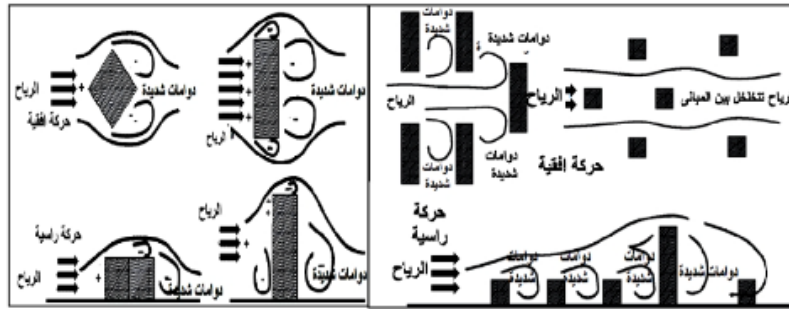
تعد ظاهرة الالبيدو (Albedo) من الظواهر الطبيعية التي تشير الى مدى قدرة الاسطح على عكس الاشعة الشمسية، وتعتبر من بين العوامل المسببة للجزر الحرارية وهي انخفاض الالبيدو بالمدن، فتمتص المباني أشعة الشمس مما يسبب ازدياد درجة حرارة الاسطح بالمقارنة مع درجة حرارة الهواء الملامس لها، وبالتالي ترتفع درجة حرارة الهواء مما يسبب عدم الراحة الحرارية، فتزداد استهلاك الطاقة للتبريد مما يزيد من سوء جودة الهواء وزيادة الانبعاثات الناتجة من استخدام الطاقة، حيث اذا تم زيادة الالبيدو علي سبيل المثال من خلال المسطحات الخضراء بالمدن والاستخدام الواسع لأسطح وحوائط المباني والارضيات فاتحة اللون ذات القدرة على عكس أشعة الشمس (Cool Colors) وذلك على النقيض فالأسطح داكنة اللون تمتص أشعة الشمس بصورة كبيرة، واستخدام المواد الباردة (Cool Materials) فإنه يوجد احتمالية لتقليل درجات الحرارة وتحسين جودة الهواء وتخفيض معدلات استهلاك الطاقة [٢٣].

يعد تدفق الهواء من اهم العوامل لإيجاد مستوى من الراحة الحرارية وترتبط ارتباطاً مباشراً مع عامل الرطوبة، حيث أن تدفق الهواء في البيئات الحارة يحث على التبريد بالبخر والتخلص من الحرارة الزائدة والتي تتراكم في جوف الشارع وان المباني ذات الكثافات العالية تعمل على خفض سرعة حركة الهواء، وعند اصطدام الرياح بحاجز عالي أو مبنى تتكون منطقة ضغط مرتفعة (+) في مواجهة الرياح ومنطقة ضغط منخفض (-) خلف المبنى فتكون فيها الرياح ساكنة، وبالتالي منع حركة الهواء بالنسبة لصفوف المباني الخلفية إذا لم تترك بينها مسافة تساوي ارتفاع المبنى ٦ مرات على الأقل، وفي هذه الحالة تنتج سرعة هواء شديدة ملامسة لكل المباني يمكن أن تستغل جيداً للتهوية وذلك بدراسة الفتحات في المبنى، ويوضح الشكل (٥) علاقة كتل المباني ببعضها البعض وتأثير ذلك على حركة الهواء، ويؤثر شكل المبنى وكتلته ووضعه بالنسبة لاتجاه الرياح في شكل انسياب الهواء فتحقق المباني المرصوفة بطريقة تبادلية Staggered انتظاماً أكبر في حركة الهواء وتقلل من مناطق السكون [١٦].



شكل رقم (٤) تأثير شكل المبنى على كمية الظلال الساقطة

المصدر: [١٦]



شكل رقم (٥) تأثير المباني على حركة الرياح وتكوين مناطق الضغوط الموجبة والسالبة

المصدر: [١٦]

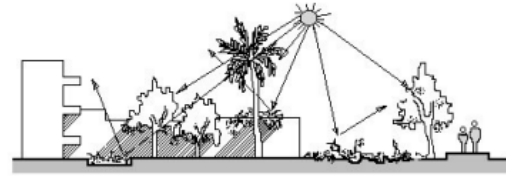
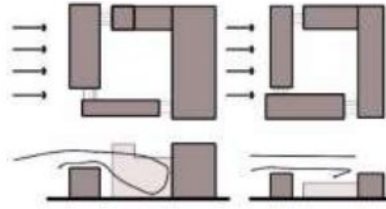
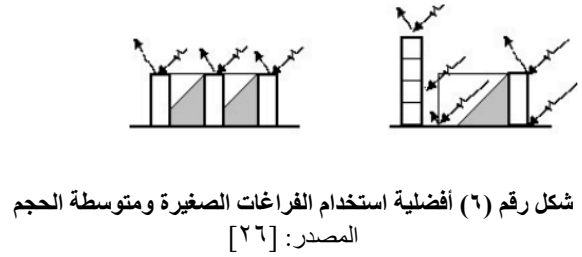
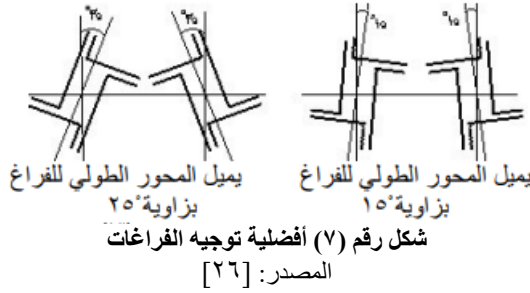
### ج- الفراغات العمرانية Urban Form

تعد العوامل البيئية أهم العوامل المؤثرة على خصائص الفراغ العمراني وراحة مستعمليه ويمكن التحكم في الإشعاع الشمسي داخل الفراغ العمراني من خلال تشكيل الفراغ [٢٤]، وتتركز أهم خصائص الفراغات العمرانية في المقياس والنسب ودرجة احتواء الفراغ ويتم ذلك من خلال:

#### • تشكيل الفراغ

يفضل استخدام الفراغات الصغيرة والمتوسطة الحجم، وذلك لأنه كلما قلت مساحة الفراغ قلت كمية الإشعاع المنبعثة من الأرضية وزادت المساحة الغير معرضة للإشعاع الشمسي المباشر فقل الحمل الحراري داخل الفراغ العمراني كما الموضح بالشكل (٦) [٢٥].

- توجيه الفراغ  
توجيه الفراغ يقلل مسطحات المباني المعرضة للإشعاعات الشمسية نهاراً (الحوائط) الجنوبية والغربية، وقد أثبتت الدراسات أن أفضلويات توجيه الفراغات العمرانية تتمثل في أن يتخذ محورها الطولي اتجاه شمال - جنوب، أو يميل بزوايا تتراوح فيما يميل المحور الطولي للفراغ بين ١٥:٢٥° شرق أو غرب الشمال كما الموضح بالشكل (٧) [٢٦].
- تظليل الفراغ  
يتم تظليل الفراغ اما من خلال التصميم المدمج وذلك بتقليل مساحة الفراغات البيئية وجعل المباني مترابطة فتظل بعضها البعض، أو التشجير ويفضل فيها استخدام الأشجار الموسمية والتي تسمح بمرور أشعة الشمس شتاءً بتساقط أوراقها، أو استخدام مسطحات خضراء في أراضي الفراغات كما الموضح بالشكل (٨) [٢٦].
- تهوية الفراغ  
تساعد ارتفاعات المباني في تهوية جيدة من خلال وضع المباني المرتفعة في الجهة الشرقية مما يساعد في تكوين ظلال تساعد على تحريك الهواء نتيجة فرق الضغط المتكون كما الموضح بالشكل (٩) [٢٦].



شكل رقم (٩) تأثير ارتفاعات المباني وتجميعها على حركة الهواء  
المصدر: [٢٤]

شكل رقم (٨) تظليل الفراغ للحماية من الاشعاع الشمسي  
المصدر: [٢٦]

## ٥. مؤشر الراحة الحرارية PMV Thermal Comfort Indices

طور مؤشر Predicted Mean Vote PMV من طرف Fanger 1970 وذلك نقلا عن HONJO 2009 هو يعتبر المؤشر الرئيسي الرسمي المعتمد من طرف هيئة ASHRAE وهو يتركز على ٦ عناصر مختلفة لتشمل العوامل البيئية الخارجية والشخصية باعتبارها مسؤولة عن إنتاج الحرارة الداخلية، جنبا إلى جنب مع درجة حرارة الإشعاع وسرعة الهواء ونسبة الرطوبة ودرجة حرارة الهواء بجانب النشاط البشري والملابس كما يستعمل معها عادة مؤشر Predicted Percentage Dissatisfied PPD والذي يعبر عن نسبة عدم الرضا الحراري [٢٧]، ويعبر عن قيمة PMV من خلال المعادلة ١ وهذا لمعرفة درجة الاحساس الحراري [٢٨]، ويقسم مقياس PMV الى سبع درجات من -٣ (بارد جدا) إلى +٣ (حار جدا) مرورا بدرجة الصفر والذي يعتبر العنصر الحيادي رياضيا والذي يعبر عن الراحة [٢٩] كما الموضح بالجدول (١).

$$PMV = [0.303 \exp(-0.036 M) + 0.028]L \quad (1)$$

Metabolic rate M قيم التمثيل الغذائي، Thermal load L الحمل الحراري يعرف بأنه الفرق بين إنتاج الحرارة الداخلية وفقدان الحرارة في البيئة الفعلية لشخص أفتراضى في قيم الراحة بالنسبة لدرجة حرارة الجلد وفقدان التبخر عن طريق التعرق على مستوى النشاط الفعلي [٣٠].

جدول رقم (١) مقياس الراحة الحرارية PMV. المصدر: [٣١]

PMV	Thermal perception	Grade of physiological stress
>3	Broiling hot	Extreme heat stress
3	Hot	Strong heat stress
2	Warm	Moderate heat stress
1	Slightly warm	Slight heat stress
0	Comfortable	No thermal stress
-1	Slightly cool	Slight cold stress
-2	Cool	Moderate cold stress
-3	Cold	Strong cold stress
<-3	Very cold	Extreme cold stress

## ٦. دراسة الراحة الحرارية لمنطقة منيل الروضة

### ٦.١. التعريف بمنطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة داخل حي منيل الروضة في الجانب الشرقي من النيل بمحافظة القاهرة بإبعاد ١٥٤م X ١٥٢م أي ما يعادل مساحة ٥,٦ فدان، وتم عمل زياره ميدانية لمنطقة الدراسة يوم الثلاثاء الموافق ٢٠٢٣/٦/١٣ وتم اعداد الرفع المساحي والتقاط صور فوتوغرافية لبعض العناصر المكونة للعمارة بمنطقة الدراسة والمتمثلة في ابعاد المباني وحجمها وارتفاعاتها ونسبتها الى عرض للشارع (H/W) وكذلك الاسطح الخارجية لحوائط المباني (الدهانات) واللوان المباني ومواد تشطيب الارضيات وامكن توزيع الاشجار كما الموضح بالخريطة (١) والاشكال من (شكل رقم ١٠ إلى شكل رقم ١٥) التي توضح نماذج من المباني بمنطقة الدراسة، وذلك لقياس الراحة الحرارية PMV وبلاستعانة ببرنامج المحاكاة البيئية ENVI-met v5.5، ويحاط بمنطقة الدراسة ثلاثة شوارع منهم شارع المنيل الرئيسي بعرض ٢٤ م وبإحداثيات (x=328816.63, y=3322065.39)، وشارع جانبي محمود ذو الفقار بعرض ١٢م وبإحداثيات (x=328945.44, y=3322045.89)، وشارع جانبي حنفي التري بعرض ١٢م وبإحداثيات (x=328816.63, y=3322065.39)، وشارع كرم عبدالهادي وهو يقع داخل المنطقة بعرض ١٢م وبإحداثيات (x=328806.73, y=3322000.02) كما الموضح بالخريطة (٢).

زيادة نسبة الاستخدام المختلط داخل منطقة الدراسة كما الموضح بالخريطة (٣) ليصل الى ٩٠٪ ما بين السكني والسكني التجاري مما يدل على كثرة الأنشطة اليومية في المنطقة وكثرة التردد اليومي علي شارع المنيل، ويوضح الجدول (٢) البيانات التي تم رفعها ميدانيا لمنطقة الدراسة، ويوضح الجدول (٣) خصائص شبكة الطرق والتي تم رفعها ميدانيا للشوارع المحيطة بمنطقة الدراسة وايضا الشوارع الداخلية ويوضح الخريطة (٤) زوايا توجيه الشوارع ونسب ارتفاعات المباني الى عروض الشوارع.







شكل رقم (١٢) مبني سكني في شارع محمود ذو الفقار يوم ١٣ يونيو



شكل رقم (١١) أول شارع المنيل يوم ١٣ يونيو



شكل رقم (١٠) آخر شارع المنيل يوم ١٣ يونيو



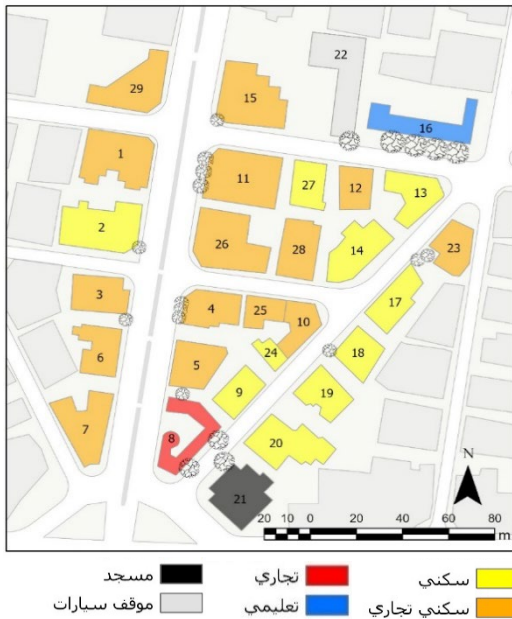
شكل رقم (١٥) تقاطع شارع المنيل مع شارع حنفي التريزي ليوم ١٣ يونيو



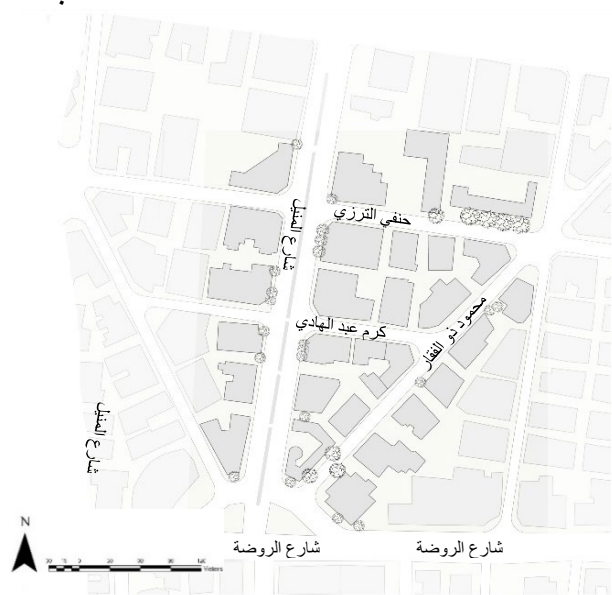
شكل رقم (١٤) مبني سكني تجاري على واجهة شارع المنيل ليوم ١٣ يونيو



شكل رقم (١٣) مبني سكني على ناصية شارع حنفي التريزي يوم ١٣ يونيو



خريطة رقم (٣) استعمالات الأراضي بمنطقة الدراسة



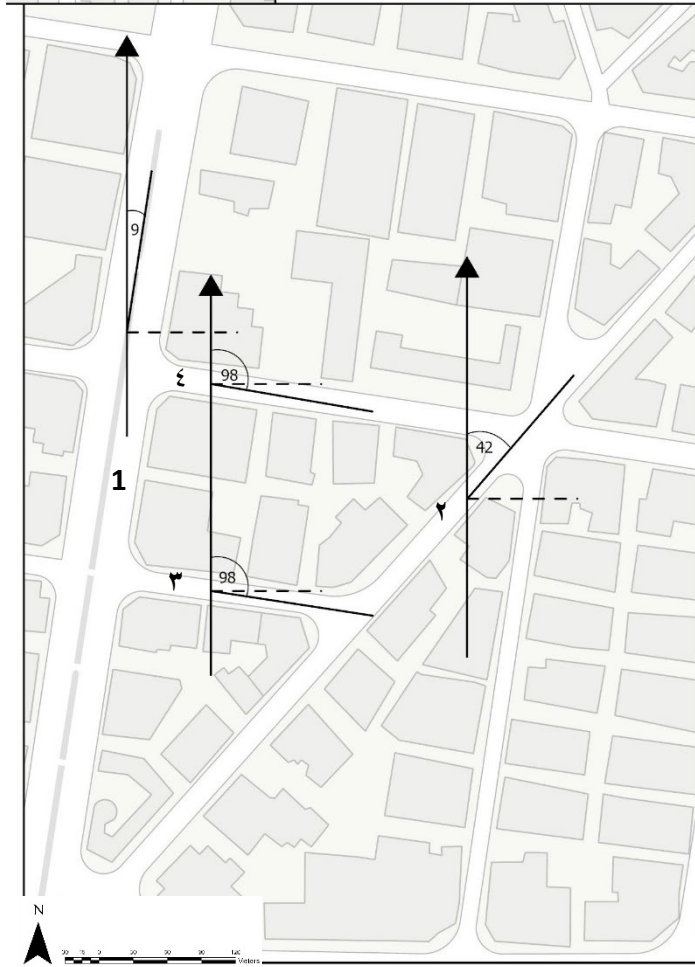
خريطة رقم (٢) حدود منطقة الدراسة

جدول رقم (٢) استعمالات الأراضي وخصائصها

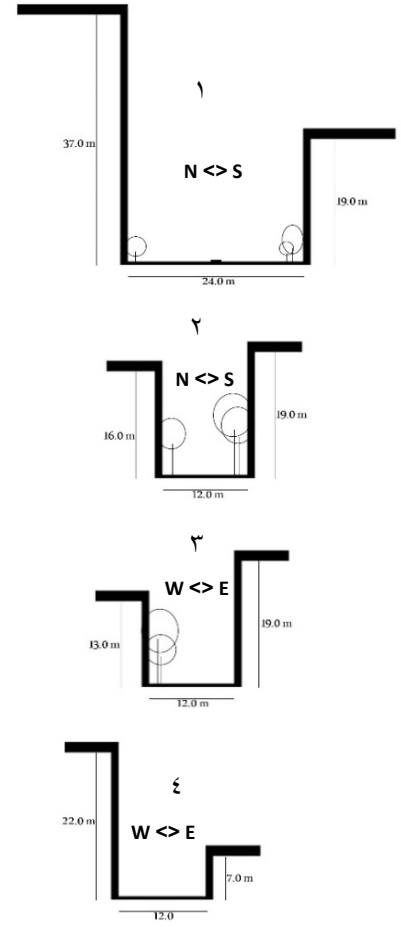
رقم المبنى	الاستعمال	الارتفاع (م)	عدد الادوار	خامة التشطيب	اللون	مساحة (م <sup>٢</sup> )	التوجيه (درجه)
١	سكني تجاري	٣٧	١٢	دهان	بيج	٦٥٢,٧	٢٦١
٢	سكني	٣٧	٩	دهان	بيج	٦٧٠,٦	٢٦١
٣	سكني تجاري	١٩	٦	دهان	بيج	٣٨٧,٥	٢٦١
٤	سكني تجاري	٣١	١٠	دهان	بيج	٣٧٦,٥	٨١
٥	سكني تجاري	٣١	١٠	دهان	ابيض	٤٠١,٦	٨١
٦	سكني تجاري	٣٧	١٢	دهان	بيج	٣٦١,٢	٢٦١
٧	سكني تجاري	١٩	٦	دهان	بيج	٥٣٥,١	٢٦١
٨	تجاري	٧	٢	دهان	ابيض	٣٩٢	١٣٢
٩	سكني	١٦	٥	دهان	بيج	٢٧٥,١	١٣٢
١٠	سكني تجاري	٧	٢	دهان	بيج	٢٨٥	١٣٢
١١	سكني تجاري	٤٠	١٣	دهان	بيج	٧٤١,٤	٨١
١٢	سكني تجاري	١٩	٦	دهان	بيج	٢٧٠,٣	٣٥٢
١٣	سكني	١٩	٦	دهان	بيج	٣٨٩,٣	١٣٢
١٤	سكني	٢٢	٧	دهان	بيج	٤٧١,٢	١٣٢
١٥	سكني تجاري	٣١	١٠	دهان	بيج	٦٨٨,٨	٨١
١٦	تعليمي	١٣	٤	دهان	بيج	٤٥٢,٨	١٧٢
١٧	سكني	١٦	٥	دهان	بيج	٣٥٩,٥	٤٨
١٨	سكني	١٦	٥	دهان	بيج	٣٠٠,٧	٤٨
١٩	سكني	١٣	٤	دهان	بيج	٣٣٦,٦	٤٨
٢٠	سكني	١٩	٦	دهان	بيج	٥٣٩,٤	٤٨
٢١	مسجد	١٠	٣	دهان	بيج	٥٢٠,٥	٤٨
٢٢	جراج	٤	١	دهان	بيج	٦٦٩,٩	١٧٢
٢٣	سكني تجاري	٣٧	١٢	دهان	بيج	٣٢٣,٩	٤٨
٢٤	سكني	١٦	٥	دهان	بيج	١١٤,٧	١٣٢
٢٥	سكني تجاري	٧	٢	دهان	بيج	٢١٤	٣٥٢
٢٦	سكني تجاري	١٩	٦	دهان	بيج	٧٠١,١	٨١
٢٧	سكني	١٩	٦	دهان	بيج	٢٩٧,٦	٣٥٢
٢٨	سكني تجاري	٢٢	٧	دهان	بيج	٤٢١,٨	١٧٢
٢٩	سكني تجاري	٧	٢	دهان	بيج	٥٥١,٨	٢٦١

جدول رقم (٣) خصائص شبكة الطرق

اسم الشارع	الطول	العرض	نوع الأرضية	توجيه الطرق	الاجمالي	نسب الشوارع	الكثافة البنائية
المنيل	٢٦,٣	٢٤	أسفلت + انترلوك	٩	١٠٧٢١,٧	١,١	١٥,٨
محمود ذو الفقار	١٥,٨	١٢	أسفلت + انترلوك	٤٢	٨٢١٩,٤	١,٣	٨,٣
حنفي التريزي	٢٠,٧	١٢	أسفلت + انترلوك	٩٨	٦٩٤٣,٦	١,٧	١٠,٥
كرم عبد الهادي	١٨	١٢	أسفلت + انترلوك	٩٨	٣٩٦٥	١,٦	١١,٢



خريطة رقم (٤) توجيه وقطاعات الطرق



## ٢.٦. الخصائص المناخية لمنطقة منيل الروضة

يتصف مناخ منيل الروضة بارتفاع درجة الحرارة خلال اشهر الصيف واعتدالها مع الميل إلى البرودة أحيانا خلال أشهر الشتاء حيث يتراوح المعدل اليومي في درجات الحرارة في شهر يونيو بين  $36^{\circ}\text{C}$  أعلى درجة حرارة و  $21^{\circ}\text{C}$  أدنى درجة حرارة في حين يتراوح المعدل اليومي خلال شهر يناير بين  $18^{\circ}\text{C}$  أعلى درجة حرارة و  $8^{\circ}\text{C}$  أدنى درجة حرارة.

### ١.٢.٦. درجات الحرارة

تختلف درجات الحرارة في منطقة منيل الروضة حسب فصول السنة وبشكل عام تتراوح درجات الحرارة في المنيل خلال شهر يونيو إلى سبتمبر (فصل الصيف) بين  $35-38^{\circ}\text{C}$  أثناء النهار، و  $16-21^{\circ}\text{C}$  أثناء الليل، أما خلال شهور الشتاء (من ديسمبر إلى فبراير) تتراوح درجات الحرارة بين  $21-22^{\circ}\text{C}$  نهاراً، و  $8-10^{\circ}\text{C}$  ليلاً كما الموضح بالشكل (١٦).

### ٢.٢.٦. الأشعاع الشمسي

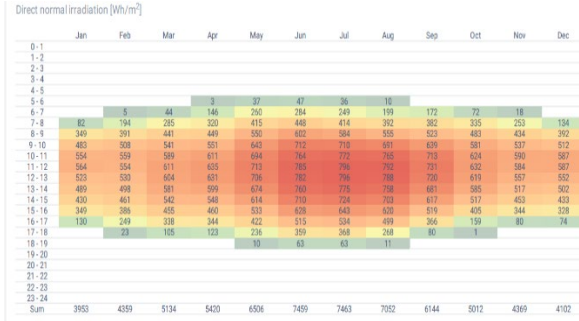
تتمتع منطقة منيل الروضة بمعدلات عالية من الإشعاع الشمسي حيث ترتفع قيم الإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر تحديداً في أشهر الصيف حيث تصل إلى أقصى قيمة متوسطة الإشعاع في شهر يوليو حيث تصل إلى  $7463\text{Wh/m}^2$  وياتى شهر يونيو في المركز الثاني حيث تصل إلى  $7459\text{Wh/m}^2$  ويليه شهر أغسطس حيث تصل إلى  $7052\text{Wh/m}^2$  بينما كان أقل متوسط في فصل الشتاء تحديداً في شهر يناير حيث بلغت  $3953\text{Wh/m}^2$  كما الموضح بالشكل (١٧).

### ٣.٢.٦. الرطوبة النسبية

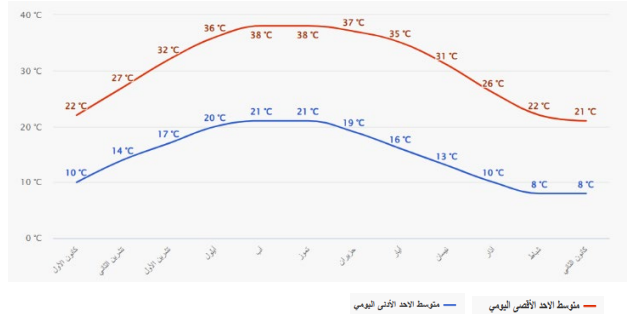
متوسط الرطوبة النسبية طوال العام في القاهرة  $56\%$  ويظهر أقل متوسط لنسبة الرطوبة في بداية فصل الصيف في شهر مايو حيث بلغت  $46\%$  ويليه شهر يونيو ليصل إلى  $50\%$ ، وأعلى متوسط نسبة رطوبة في فصل الصيف تحديداً في شهر أغسطس ليصل إلى  $61\%$  كما الموضح بالشكل (١٨).

## ٦.٢.٤. سرعة الرياح

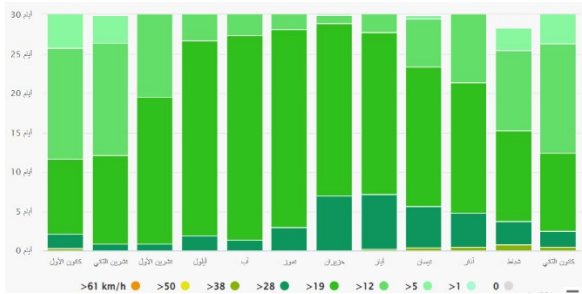
سرعة الرياح في منيل الروضة حسب فصل السنة، حيث تكون أعلى خلال فصلي الربيع والخريف، وتتراوح بين ١٠-٢٠ كيلومتر في الساعة، وقد تصل إلى ٣٠ كيلومتر في الساعة في بعض الأحيان. أما خلال فصل الصيف، فتكون سرعة الرياح أقل، وتتراوح بين ٥-١٢ كيلومتر في الساعة، حيث الرياح الموسمية تولد رياح قوية مستمرة من يناير إلى مايو، ورياح هادئة من يوليو إلى أكتوبر كما الموضح بالشكل (١٩).



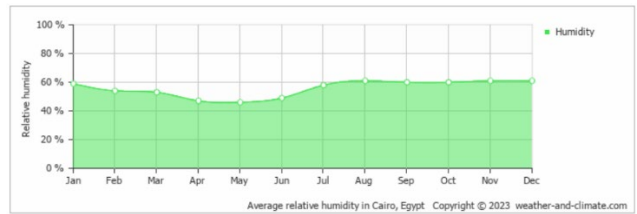
شكل رقم (١٧) الإشعاع الشمسي  
المصدر: [٣٣]



شكل رقم (١٦) درجات الحرارة  
المصدر: [٣٢]



شكل رقم (١٩) سرعة الرياح  
المصدر: [٣٢]



شكل رقم (١٨) متوسط الرطوبة النسبية  
المصدر: [٣٤]

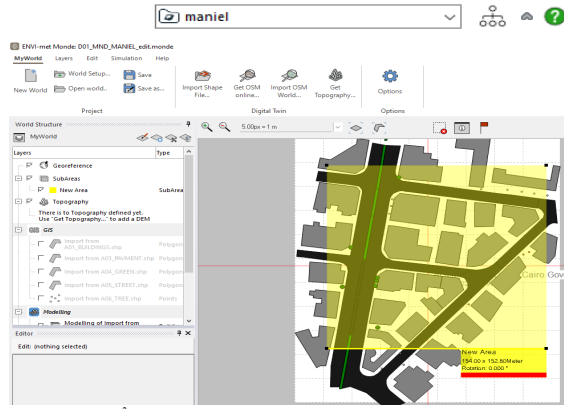
## ٦.٣. دراسة الراحة الحرارية لمنطقة الدراسة باستخدام ENVI-met v 5.5

أجريت قياسات المناخ المحلي في يوم ١٣ من شهر يونيو لعام ٢٠٢٣ لمنطقة منيل الروضة حيث بلغت أقصى قيمة لدرجة حرارة الهواء ٣٤ درجة سيليزية ونسبة الرطوبة ٤٦% ومتوسط سرعة الهواء هي ٤,٤٢ م/ث، وقد تم اختيار هذا اليوم للاختبارات داخل البرنامج تحت اصعب الظروف المناخية لتحديد افضل النتائج باقى أيام الصيف، وتم اجراء run بالبرنامج لبدء قياس مؤشر الراحة الحرارية PMV على مدار اليوم كما الموضح بالجدول (٤) من خلال خمس فترات بداية من ٦ صباحاً الى ١٠ مساءً وكل فترة تسجل ٣ ساعات بالإضافة إلى ساعة تسبقها حتى يتسنى للبرنامج قراءة النتائج بشكل سليم

جدول رقم (٤) البيانات المناخية لمنطقة الدراسة ليوم ١٣ يونيو ٢٠٢٣. المصدر: [٣٥]

Time	Av. Temperature	Humidity	Wind	Wind Speed	Time	Av. Temperature	Humidity	Wind	Wind Speed
00:00	26	54 %	N	8 mph	12:00	29	37 %	NNW	5 mph
01:00	25	54 %	N	7 mph	01:00	31	29 %	W	12 mph
02:00	25	54 %	NNE	6 mph	02:00	31	31 %	WNW	8 mph
03:00	25	54 %	N	3 mph	03:00	32	26 %	W	12 mph
04:00	24	57 %	E	3 mph	04:00	33	26 %	NW	10 mph
05:00	24	57 %	E	3 mph	05:00	34	24 %	W	10 mph
06:00	24	57 %	CALM	0 mph	06:00	33	26 %	NW	9 mph
07:00	23	57 %	NNW	6 mph	07:00	33	28 %	NW	10 mph
08:00	24	53 %	NE	3 mph	08:00	31	33 %	NNW	12 mph
09:00	26	47 %	CALM	0 mph	09:00	30	31 %	NNW	12 mph
10:00	27	39 %	NW	3 mph	10:00	29	35 %	N	8 mph
11:00	28	39 %	NNW	5 mph	11:00	28	42 %	N	10 mph

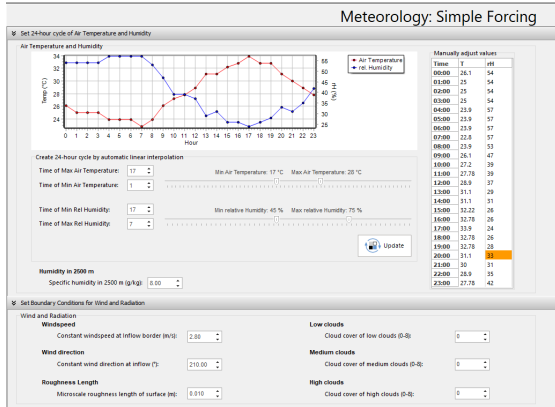
### ٦.٣.١. منهجية دراسة الراحة الحرارية باستخدام ENVI-met v 5.5



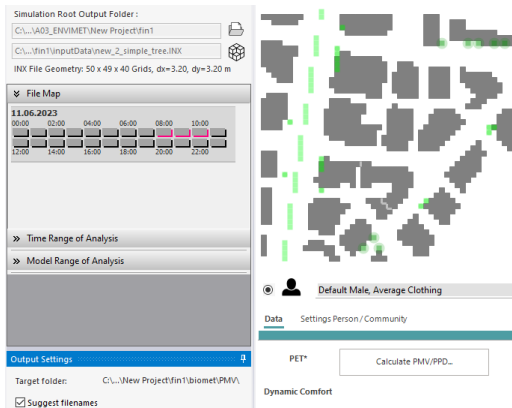
شكل رقم (٢٠) ادخال البيانات وتحويلها الى نموذج معلومات وفقاً لمكتبة البرنامج



شكل رقم (٢١) إعداد البيانات وإدخال العناصر وإدخال الارتفاعات



شكل رقم (٢٢) إدخال اتجاه وسرعة الرياح وكمية الرطوبة



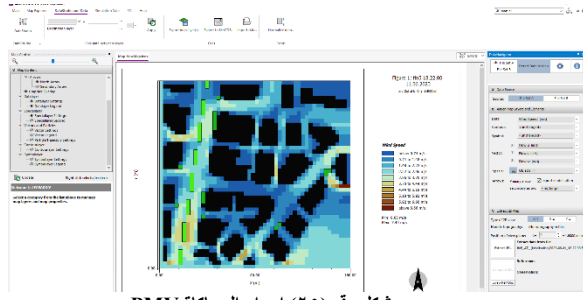
شكل رقم (٢٤): تحديد ملف مخرجات المحاكاة

- مرحلة إعداد البيانات
  ١. مسح المنطقة واستخراج البيانات الوصفية
  ٢. نمذجة العناصر العمرانية معلوماتياً عن طريق القمر الصناعي والمسح الميداني في بيئة نظم المعلومات الجغرافية
  ٣. تصدير البيانات في صورة SHP
- إعداد المشروع في ENVI (شكل ٢٠)
  ١. من workspace and sitting
  ٢. تحديد موقع المشروع على الحاسب الآلي
  ٣. إنشاء مشروع جديد وتسميته ووصفه
  ٤. Done
- النمذجة الهندسية في بيئة ENVI-met (شكل ٢١، شكل ٢٢)
  ١. من Monde تحديد النطاق الجغرافي والزمني للمنطقة
  ٢. إدخال الطبقات بصيغة shp File إليه
  ٣. تحويل الطبقات لنماذج معلومات وفقاً لمكتبة بيانات البرنامج
  ٤. تحديد المساحة المطلوب تحليلها
  ٥. تحديد حجم الخلية (الأفقية والرأسية) ومحاكاة النموذج وتحويله إلى صيغة INX
- إدراج البيانات الجوية في بيئة ENVI-met (شكل ٢٣)
  ١. تحديد يوم المحاكاه وزمن إجرائها
  ٢. تحديد ملف البيانات الهندسية INX وتحديد مكان تصدير المخرج SIMX
  ٣. تحديد نوع المحاكاه إضافة درجات الحرارة ونسب الرطوبة لكل ساعة لليوم المطلوب محاكاته
  ٤. إدخال اتجاه وسرعة الرياح وكمية الرطوبة
  ٥. تصدير البيانات في صورة SIMX



شكل رقم (٢٣) منطقة الدراسة ثلاثية الابعاد

- إجراء عملية المحاكاة
  ١. من Envi core تحديد المشروع وتحديد المساحة المطلوب تحليلها
  ٢. تحديد ملف SIMX
  ٣. إجراء المحاكاة
- إجراء عملية المحاكاة للراحة الحرارية (شكل ٢٤)
  ١. من Biomet تحديد ملف مخرجات المحاكاه
  ٢. تحديد ملف زمن المحاكاه
  ٣. إجراء المحاكاة PMV



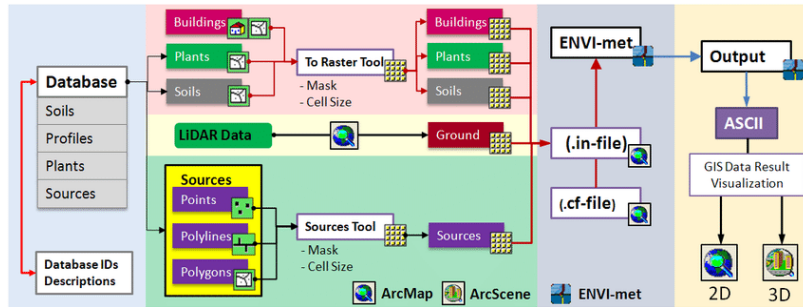
شكل رقم (٢٥) إجراء المحاكاة PMV

- استخراج النتائج (شكل ٢٥)
- ١. من Leonardo تحديد ملف مخرجات المحاكاة
- ٢. تحديد ساعات المحاكاة
- ٣. تحديد البيان المطلوب اخراجه
- ٤. تحديد منسوب اجراء الدراسة
- ٥. تحديد ملف زمن المحاكاه
- ٦. إجراء المحاكاة PMV
- ٧. تصدير البيانات في صورة جدول من data studio and data/export map layer

### ٦.٣.٢. ٢. ٣. ٦. ENVI-met

يعتبر برنامج ENVI-met واحداً من أفضل البرامج المستخدمة في محاكاة البيئة الحضرية ويتميز بعدة مميزات تجعله مفيداً للعديد من التطبيقات، وفيما يلي سنوضح بعض المميزات التفصيلية لهذا البرنامج:

١. دقة النتائج: يعتمد البرنامج على نموذج رياضي يمكنه تحليل العوامل البيئية المختلفة في المناطق الحضرية بدقة عالية مثل درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح ونسبة الغازات الضارة.
٢. سهولة الاستخدام: يتيح البرنامج واجهة مستخدم سهلة الاستخدام ويمكن للمستخدمين الجدد تعلم استخدامه بسهولة، كما يوفر البرنامج مجموعة واسعة من المكونات الأساسية التي يمكن استخدامها لإنشاء النماذج البيئية.
٣. توفير الوقت والجهد: يعتبر البرنامج أداة فعالة لتحليل العوامل البيئية المختلفة بسرعة وكفاءة ويوفر الوقت والجهد المطلوبين لتحليل هذه العوامل بشكل يدوي.
٤. التصور الثلاثي الأبعاد: يتيح البرنامج إنشاء تصور ثلاثي الأبعاد للبيئة الحضرية المحاكاة مما يساعد على فهم وتحليل تأثير العوامل البيئية بشكل أفضل.
٥. التنبؤ بالتغيرات المستقبلية: يمكن لبرنامج Envi-met التنبؤ بالتغيرات المستقبلية في العوامل البيئية والتي يمكن أن تساعد في تحديد الخطط المستقبلية لتحسين البيئة الحضرية مما يساعد على تحسين جودة الحياة في المدن، وتوفير بيئة صحية ومستدامة، ويمكن أن يستخدم البرنامج في العديد من التطبيقات البيئية مثل تحليل تأثير المباني والمنشآت على البيئة الحضرية وتحليل تأثير الطقس والتغيرات المناخية على البيئة الحضرية وتحليل تأثير النباتات والأشجار على جودة الهواء والمناخ في المدن.
٦. يقبل العديد من الصيغ ويتعامل مع أنواع عديدة من قواعد البيانات اي يتعامل مع العديد من البرامج المختلفه مثل جي ابي اس و برنامج اسكتش اب ويتكامل معهم لعمل اجزاء معينه مثل رسم مساحي المنطقه وادخالها للبرنامج كما الموضح بالشكل (٢٦).



شكل رقم (٢٦) تكامل البرنامج مع GIS

### ٦.٣.٣. ٣. ٣. ٦. محدثات برنامج ENVI-met الاصدار المجاني

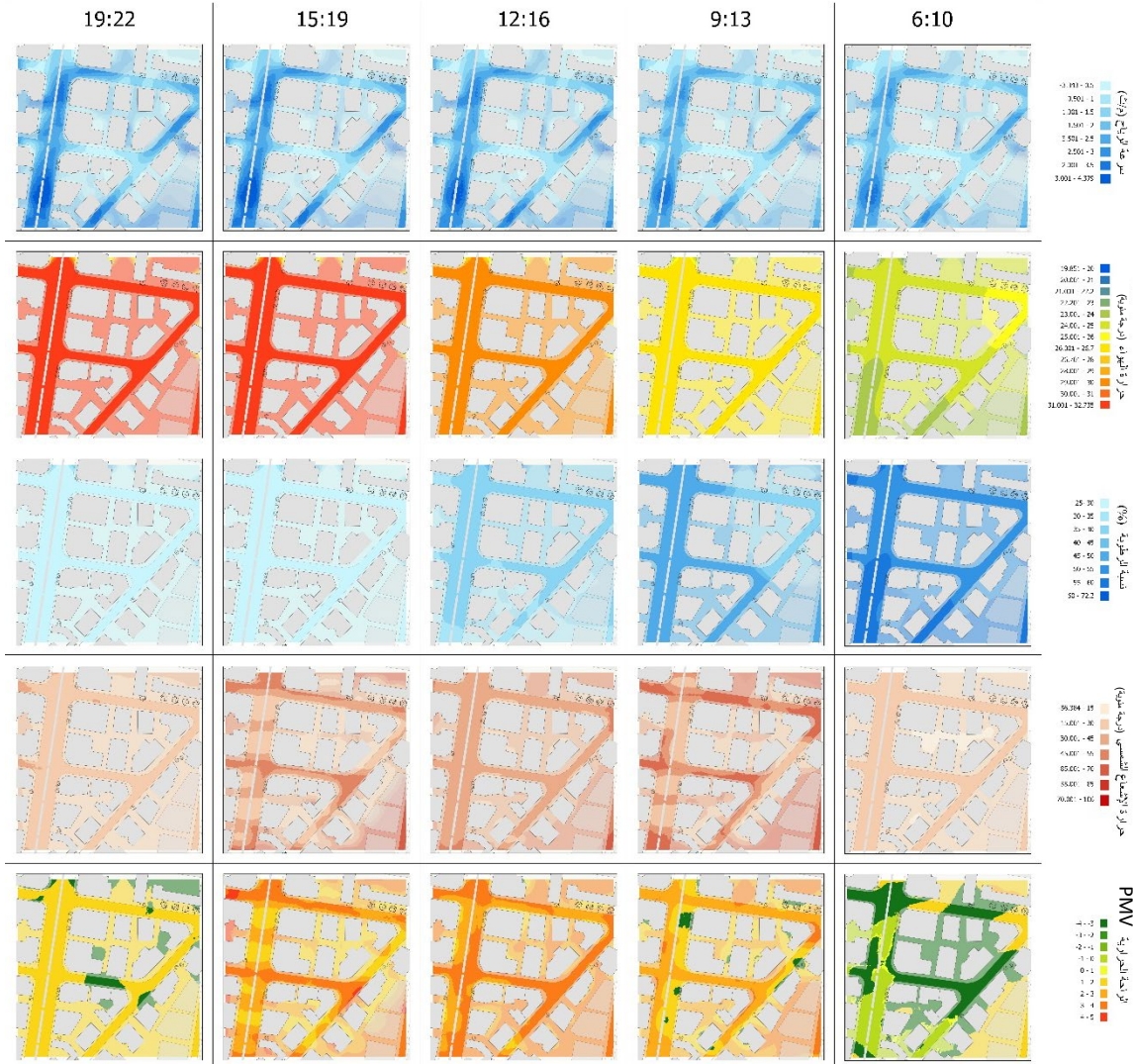
تتضمن المحدوديات التي توجد في الإصدار المجاني من Envi-met عدداً من القيود الأساسية التي يجب على المستخدمين أخذها في الاعتبار عند استخدام البرنامج والتي يمكن أن تؤثر على دقة وجودة النمذجة الجوية التي يتم إنشاؤها. ويمكن للمستخدمين التفكير في شراء الإصدار المدفوع إذا كانت هذه المحدوديات تشكل عائقاً لمتطلباتهم في النمذجة الجوية ومن بين هذه المحدوديات كما يلي:

١. حجم النموذج: يتم تحديد حجم النموذج الذي يمكن إنشاؤه في الإصدار المجاني بحد أقصى ١٥٠x١٥٠x١٠٠ متر. وهذا يعني أن المستخدمين لا يستطيعون إنشاء نماذج أكبر من هذا الحجم مما يقلل من الدقة والتفصيلية الخاصة بنمذجة الظروف الجوية.
٢. النطاقات المسموح بها في الإصدار المجاني: يمكن للمستخدمين إنشاء عدد محدود من النطاقات على نفس المساحة ولكن لا يمكن تخصيصها بشكل كامل، وهذا يعني أن المستخدم لن يتمكن من تفصيل التحكم في بيئة النموذج بشكل كامل.
٣. عد توافر الميزات المتقدمة في الاصدار المجاني: يوفر الإصدار المدفوع ميزات إضافية مثل محاكاة الضوضاء والإشعاع الحراري والتعريف بالمستخدم (User-defined functions)، وهذا يعني أن المستخدم لن يتمكن من استخدام هذه الميزات لنمذجة بيانات معينة بشكل مفصل.

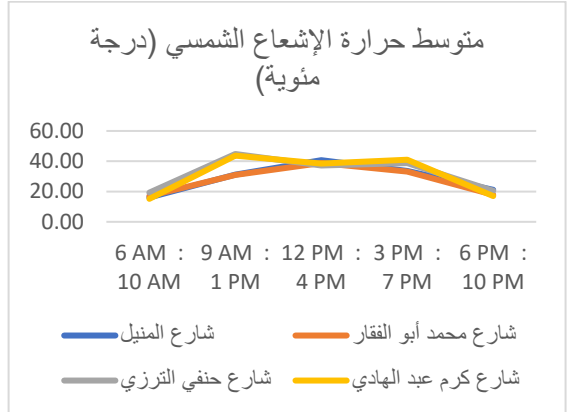
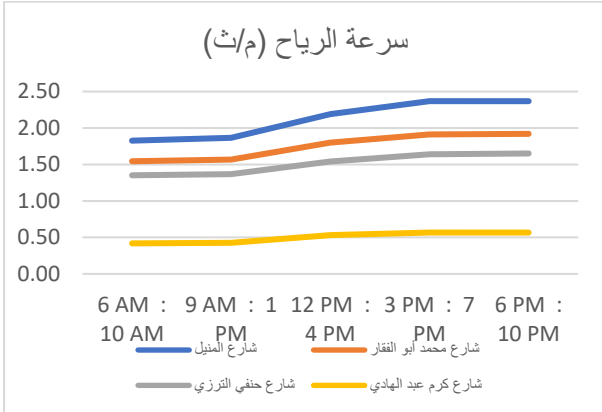
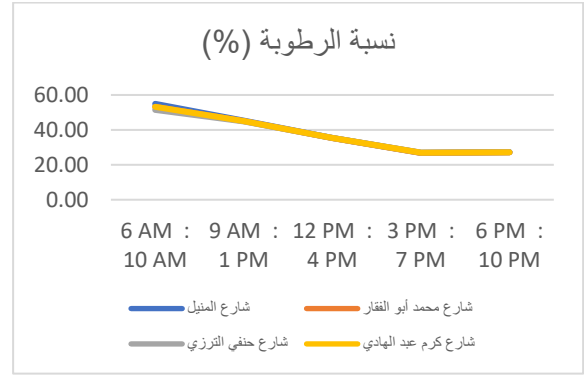
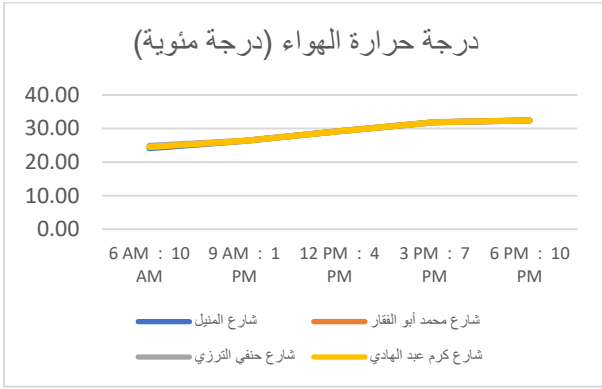
٤. الدعم الفني: يتم تقديم الدعم الفني للمستخدمين في الإصدار المدفوع، وليس في الإصدار المجاني وهذا يعني أن المستخدمين لن يتمكنوا من الحصول على دعم فني مخصص في الإصدار المجاني.
٥. عدد العناصر في النموذج: يتم تحديد عدد العناصر في النموذج في الإصدار المجاني، والذي يصل إلى ٨ مليون عنصر، وهذا يعني أنه لن يمكن للمستخدمين إنشاء نماذج أكبر من هذا الحجم.
٦. الحد الأقصى لوقت التشغيل: يتم تحديد الحد الأقصى للوقت التشغيل في الإصدار المجاني والذي يصل إلى ٨ ساعات. وهذا يعني أن المستخدمين لن يتمكنوا من تشغيل النماذج التي تستغرق وقتاً أطول من ذلك.
٧. عدد الإدخالات: يتم تحديد عدد الإدخالات في الإصدار المجاني والذي يصل إلى ٣٠ إدخالاً وهذا يعني أن المستخدمين لن يتمكنوا من إضافة العديد من المداخل لنماذجهم.

### ٤.٣.٦. مرحلة عمل المحاكاة لمنطقة الدراسة بالإصدار المجاني ENVI-met v 5.5

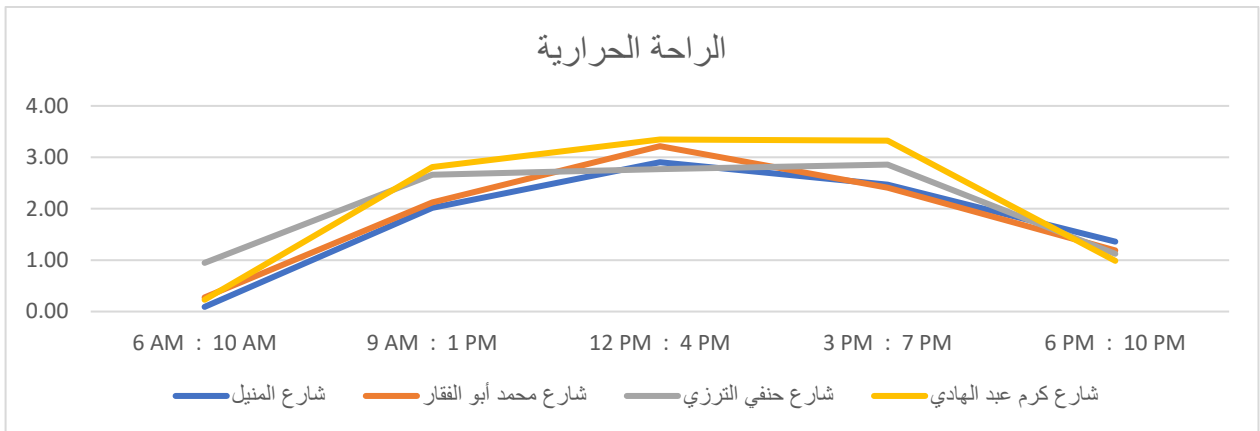
تم إجراء اختبار المحاكاة لبدء قياس مؤشر الراحة الحرارية PMV، وتم قياس درجات الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح ومتوسط درجة الإشعاع الشمسي على مدار اليوم من خلال خمس فترات من (٦ صباحاً إلى ١٠ صباحاً) و من (٩ صباحاً إلى ١ ظهراً) ومن (١٢ ظهراً إلى ٤ عصرًا) ومن (٣ عصرًا إلى ٧ مساءً) و من (٦ مساءً إلى ١٠ مساءً) لقياس الراحة الحرارية كما الموضح بالشكل (٢٧)، حيث تتطلب قياس المؤشرات المناخية لعدد الساعات المطلوبة (٣ ساعات) بالإضافة إلى ساعة تسبقها حتى يتسنى للبرنامج قراءة النتائج بشكل سليم ولذلك تم مراعاتها في الفترات الزمنية في الفترة ٦ صباحاً إلى ١٠ صباحاً تظهر نتيجة الراحة الحرارية للساعات من ٧ صباحاً إلى ١٠ صباحاً ويتم تكرار ذلك على الفترات الأخرى كما الموضح بالشكل (٢٨) والشكل (٢٩) والجدول (٥) لنتائج الأربعة المؤشرات البيئية على الأربعة شوارع بمنطقة منيل الروضة.



شكل رقم (٢٧) دراسة الأربعة المؤشرات البيئية لقياس الراحة الحرارية PMV



شكل رقم (٢٨) نتائج الاربعة المؤشرات البيئية على الأربعة شوارع



شكل رقم (٢٩) نتائج مؤشر الراحة الحرارية على الأربعة شوارع



جدول رقم (٥): نتائج الاربعة المؤشرات البيئية على الأربعة شوارع ليوم ١٣ يونيو

المؤشر	اسم الشارع			
	شارع المنيل	شارع محمد أبو الفقار	شارع حنفي الترنزي	شارع كرم عبد الهادي
درجة حرارة الهواء (درجة مئوية)	٦ صباحاً: ١٠ صباحاً	٢٤,١٣	٢٤,٥٠	٢٤,٨٦
	٩ صباحاً: ١ ظهراً	٢٦,٣٠	٢٦,٣٤	٢٦,٣٤
	١٢ ظهراً: ٤ عصراً	٢٩,٢٢	٢٩,٢٤	٢٩,٢١
	٣ عصراً: ٧ مساءً	٣١,٨٩	٣١,٩٤	٣١,٨٦
	٦ مساءً: ١٠ مساءً	٣٢,٤١	٣٢,٤٥	٣٢,٤٢
	٦ صباحاً: ١٠ صباحاً	١٦,٠٩	١٧,٠٧	١٩,٢٩
متوسط حرارة الإشعاع الشمسي (درجة مئوية)	٦ صباحاً: ١٠ صباحاً	٣١,١٩	٣١,٠٠	٤٤,٧٩
	٩ صباحاً: ١ ظهراً	٤٠,٧٠	٣٨,٨٤	٣٧,٢١
	١٢ ظهراً: ٤ عصراً	٣٣,٥٦	٣٣,١٨	٣٨,٨١
	٣ عصراً: ٧ مساءً	٢١,١٤	١٧,٨٤	٢٠,٤٧
	٦ مساءً: ١٠ مساءً	٥٤,٩٢	٥٣,١٩	٥١,٤٦
	٦ صباحاً: ١٠ صباحاً	٤٥,٢٧	٤٥,٠٠	٤٤,٨٩
نسبة الرطوبة (%)	٩ صباحاً: ١ ظهراً	٣٥,٣٦	٣٥,٣٠	٣٥,٤٠
	١٢ ظهراً: ٤ عصراً	٢٦,٨٦	٢٦,٧٨	٢٦,٩٩
	٣ عصراً: ٧ مساءً	٢٧,٢٢	٢٧,١٢	٢٧,٢٠
	٦ مساءً: ١٠ مساءً	١,٨٣	١,٥٤	١,٣٥
	٦ صباحاً: ١٠ صباحاً	١,٨٧	١,٥٧	١,٣٧
	٩ صباحاً: ١ ظهراً	٢,١٩	١,٨٠	١,٥٤
سرعة الرياح (م/ث)	١٢ ظهراً: ٤ عصراً	٢,٣٧	١,٩١	١,٦٤
	٣ عصراً: ٧ مساءً	٢,٣٧	١,٩٢	١,٦٥
	٦ مساءً: ١٠ مساءً	٠,٠٩	٠,٢٧	٠,٩٥
	٦ صباحاً: ١٠ صباحاً	٢,٠٢	٢,١٢	٢,٦٦
	٩ صباحاً: ١ ظهراً	٢,٩٠	٣,٢٢	٢,٧٧
	١٢ ظهراً: ٤ عصراً	٢,٤٧	٢,٤١	٢,٨٦
مؤشر الراحة الحرارية PMV	٦ مساءً: ١٠ مساءً	١,٣٦	١,١٩	١,١٢

#### ٤.٦. نتائج الدراسة

كيفية تأثير الإشعاع الشمسي مع اتجاهات الشوارع والمباني على الراحة الحرارية بالمنطقة كما الموضح بالشكل (٣٠) كالآتي:-

- يتجه شارع المنيل وشارع محمود ذو الفقار باتجاه شمال جنوب مع وجود مباني على الجانبين أدى الى تكون ظلال في الفترة بعد الشروق وقبل الغروب مما أدى الى انخفاض درجة حراره الإشعاع الشمسي وبالتالي تحسين مؤشر الراحة الحرارية بينما تتعامد الشمس عليهم في الظهيرة مما يزيد من متوسط حرارة الإشعاع الشمسي ويقلل من الراحة الحرارية.
- شارع محمود ذو الفقار توجيه الشارع والمباني مختلف أدى إلى التعرض للإشعاع الشمسي بصورة أقل من بقية الشوارع حيث لا تتعامد عليه الشمس لمدة زمنية طويلة إلى جانب ضيق الشارع مما أدى لانخفاض حجم الإشعاع المستقبل فيه.
- يتجه شارع حنفي الترنزي باتجاه شرق غرب أدى إلى تعامد الإشعاع الشمسي المباشر عليه بعد الشروق وقبل الغروب وفي فترة الظهيرة مع ارتفاعات المباني جنوب الشارع لم تساهم بالحد من الإشعاع الشمسي بشكل كبير بينما قبل الغروب ساعدت زاوية الميل الراسي للشمس وارتفاع المبنى جنوب غرب الشارع في توفير الظلال وبالتالي تحسين الراحة الحرارية.
- يتجه شارع كرم عبد الهادي باتجاه شرق غرب أدى إلى تعامد الإشعاع الشمسي المباشر عليه بعد الشروق وقبل الغروب ولكن قصر الشارع ونهايته بتقاطع ثلاثي أدى الى انخفاض كمي الاشعه الساقطة عليه مما يقلل من حراره الاشعاع الشمسي فيه.



الساعة ٣ عصراً

الساعة ١٢ ظهراً

الساعة ٩ صباحاً

شكل رقم (٣٠) تغطية الظلال لمنطقة الدراسة بمنيل الروضة بأوقات مختلفة ليوم ١٣ يونيو

كيفية تأثير الرياح مع اتجاهات الشوارع والمباني على الراحة الحرارية بالمنطقة كما الموضح بالشكل (٣١) كالآتي:-

- اتجاه الرياح السائد في منطقة الدراسة هو الشمال الشرقي للجنوب الغربي بزاوية ٢١٠ مما أدى إلى سرعه الرياح في شارع المنيل ومحمد ذو الفقار لموازاتهم اتجاه الرياح .
- محمد ذو الفقار زاويته تقترب من زاوية اتجاه الريح مما يزيد سرعتها في التقاطع الشمالي الشرقي وتقل عند التقاطع مع كرم عبد الهادي حيث تنتشبت الرياح بزيادة المساحة .
- يليهم شارع محمد الترتزي حيث ساهم التقاطع الرباعي ووجود جراج باتجاه الرياح لتدفع الرياح اليه .
- انخفضت سرعه الرياح لشارع كرم عبد الهادي نتيجة لكونه عمودي على اتجاه الريح وعدم وجود فراغات حوله وجود مبنى يعيق الرياح من جهة التقاطع الثلاثي.



من ١ ظهراً الى ٤ عصراً



من ١٠ صباحاً الى ١ ظهراً



من ٧ مساءً الى ١٠ صباحاً



من ٤ عصراً الى ٧ مساءً

شكل رقم (٣١) مؤشر الراحة الحرارية PMV لمنطقة الدراسة بمنيل الروضة بأوقات مختلفة ليوم ١٣ يونيو

## التوصيات

يعتبر تحسين الراحة الحرارية الخارجية أحد أهم طرق التكيف مع التغير المناخي في المدن الحضرية المصرية ومن خلال نتائج التطبيق على المنطقة السكنية بمنيل الروضة وتحليلها قد خلص البحث إلى مجموعة من التوصيات الرئيسية التي تساعد على تحسين الراحة الحرارية الخارجية في المناطق القائمة وتتمثل تلك التوصيات في الآتي :-

- تحسين عناصر اللاندسكيب من زراعة الأشجار والنباتات: يمكن زراعة الأشجار والنباتات في المدن والمناطق الحضرية لتقليل درجة الحرارة في الجو المحيط وتحسين جودة الهواء.
- تحسين تصميم البنية التحتية: يمكن تحسين تصميم البنية التحتية للمدن عن طريق استخدام مواد خفيفة اللون للأسطح الصلبة وتوسيع المساحات الخضراء في المنطقة.
- استخدام تقنيات التبريد والتهوية المناسبة لتحسين جودة الهواء وتخفيف درجة الحرارة في البيئة المحيطة مثل رشاشات الرذاذ في الهواء والتي تعمل على تخفيض درجة حرارة الهواء وتنقيته وأجهزة التظليل والأسطح الخضراء على الحوائط والأسطح التي تقلل من الإشعاع الشمسي واكتساب الحرارة على الأسطح الخارجية .
- تعديل الأرضيات والأسطح: حيث يمكن تعديل الأرضيات والأسطح المفتوحة لتحسين الراحة الحرارية وتقليل نسبة انعكاس الإشعاع الشمسي كالأسفلت الأبيض والحوائط مثل الألواح الشمسية والألواح المعدنية والألواح الزجاجية المعالجة، والتي تساعد في تقليل امتصاص الحرارة من قبل الحائط وبالتالي تقليل درجة حرارته كما يمكن استخدام مواد عازلة للحرارة مثل العزل الحراري المصنوع من الألياف الزجاجية أو البوليسترين الموسع.

وبالنسبة للتصميمات المستقبلية يمكن استخدام المواد المنشطة للتبريد مثل الخرسانة الخضراء والأسطح الملونة وتحسين توزيع الظلال والتهوية، بالإضافة إلى أنه يفضل أن المسافات بين المباني والمنشآت (١:٣) لتحسين الراحة الحرارية.

كما يوصى باستخدام Envi-met بتحليل وتقييم الراحة الحرارية في المناطق الحضرية وتحديد الحلول الأكثر فعالية والملائمة للمناطق القائمة والظروف المحيطة به.

## تضارب المنفعة

المؤلفون ليس لديهم أي تضارب في المنفعة فيما يتعلق بمحتوى هذه المقالة.

## المراجع

- [٢] م. ف. الزهراء، "تفسير ظاهرة ارتفاع درجة الحرارة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد \_ حالة مدينة تبسة"، معهد تسيير التقنيات الحضرية، جامعة العربي بن مهيدي ام البواقي، رسالة ماجستير منشورة، ٢٠٢٠.
- [١٣] ع. م. الزعفراني، "التصميم المناخي للمباني"، كلية التخطيط الاقليمي والعمراني، جامعة القاهرة، رسالة دكتوراه منشورة، ٢٠٠٠.
- [١٦] ش. ا. الوكيل، م. ع. سراج، المناخ و عمارة المناطق الحارة. القاهرة: دار نشر عالم الكتب، ١٩٨٩.
- [١٧] م. م. السيد، "خريطة الاستدامة العمرانية للمجاورات السكنية (بالتطبيق على المدن الجديدة بمصر باستخدام نظم المعلومات الجغرافية)"، كلية التخطيط الاقليمي والعمراني، جامعة القاهرة، رسالة دكتوراه غير منشورة، ٢٠١٨.
- [٢٣] أ. عبد الفتاح، "تأثير التشكيل العمراني على ظاهرة الجزيرة الحرارية (تطبيقاً على مدينة القاهرة)"، كلية التخطيط الاقليمي والعمراني، جامعة القاهرة، رسالة ماجستير غير منشورة، ٢٠١٣.
- [٢٤] ن. ي. عزمي، و. أ. ا. مهنا، و. أ. ا. مهنا، "تأثير التشكيل العمراني على الأبعاد البيئية لجودة الحياة الحضري"، مجلة كلية التخطيط العمراني، عدد ١، مجلد ٢٦، صفحات ٩٦-١١٣، ٢٠١٧.
- [٢٥] ن. ي. عزمي، "الإشعاع الشمسي والنسيج العمراني مدخل لتشكيل شبكات طرق متوافقة مع الإشعاع الشمسي"، رسالة دكتوراه منشورة، كلية الهندسة جامعة طنطا، ٢٠٠٩.
- [٢٦] م. أ. ع. اللطيف، ع. ع. ا. أ. قرين، ع. ع. ا. محمد، أ. ن. ع. الحافظ، "خصائص النسيج العمراني الملائم للتجمعات العمرانية بالصحاري المصرية"، المجلة العلمية لكلية الهندسة، جامعة المنيا، عدد ١، مجلد ٢٤، ٢٠٠٥.
- [٢٧] ع. أحرز، الراحة الحرارية الخارجية: مفاهيم ونظريات. لندن: دار إي-كتب، ٢٠١٨.
- [٣٠] أ. م. شافعي، "التشكيل العمراني لتحقيق الراحة الحرارية بالتطبيق على القاهرة الجديدة"، كلية التخطيط الاقليمي والعمراني، جامعة القاهرة، رسالة ماجستير غير منشورة، ٢٠١٦.

[1] I. H. EL-Gamily, N. S. Donia, H. A. Effat, "Monitoring the Urban Heat Island Phenomenon Using Thermal Infrared Bands of Lands at Images from 1998 To 2018, El-Senbellaween City, Egypt," Journal of Environmental Science, vol. 50, no. 8, pp. 287–323, 2021, doi: 10.21608/jes.2021.223394.

[3] R. N. Faragallah, R. A. Ragheb, "Evaluation of thermal comfort and urban heat island through cool paving materials using ENVI-Met," Ain Shams Engineering Journal, vol. 13, no. 3, p. 1-13, 2022, doi: 10.1016/j.asej.2021.10.004.

[4] Technical Model Webpage ENVI-MET, "ENVI-met. A holistic Microclimate Modelling System [A holistic microclimate model]," 2021. <https://envi-met.info/doku.php?id=root:start#> (accessed Jun. 27, 2023).

[5] N. Singh, S. Singh, R.K. Mall, 'Urban ecology and human health: implications of urban heat island, air pollution and climate change nexus,' P. Verma, P. Singh, R. Singh, and A. S. B. T.-U. E. Raghubanshi, Eds. Elsevier, 2020, pp. 317–334.

- [6] Maricopa County Department of Public Health .Climate And Health Strategic Plan For Maricopa County (2016-2021)
- [7] E. Shafiee, M. Faizi, S.-A. Yazdanfar, and M.-A. Khanmohammadi, "Assessment of the effect of living wall systems on the improvement of the urban heat island phenomenon," *Building and Environment Journal*, vol. 181, p. 1-12, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106923>.
- [8] J. Qi, L. Ding, and S. Lim, "Ontology-based knowledge representation of urban heat island mitigation strategies," *Sustainable Cities and Society Journal*, vol. 52, p. 101875, 2020.
- [9] S. Tong, J. Prior, G. McGregor, X. Shi, P. Kinney, "Urban heat: An increasing threat to global health," *BMJ*, vol. 375, pp. 1–5, 2021, doi: [10.1136/bmj.n2467](https://doi.org/10.1136/bmj.n2467).
- [10] S. Vujovic, B. Haddad, H. Karaky, N. Sebaibi, and M. Boutouil, "Urban Heat Island: Causes, Consequences, and Mitigation Measures with Emphasis on Reflective and Permeable Pavements," *CivilEng*, vol. 2, no. 2, pp. 459–484, 2021, doi: [10.3390/CIVILENG2020026](https://doi.org/10.3390/CIVILENG2020026).
- [11] Y. Li, Y. Sun, J. Li, and C. Gao, "Socioeconomic drivers of urban heat island effect: Empirical evidence from major Chinese cities," *Sustainable Cities and Society*, vol. 63, p. 102425, 2020.
- [12] ASHRAE Standard, "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy 55-2004," American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., vol. 2004, no. ANSI/ASHRAE Standard 55-2004, pp. 1–34, 2004.
- [14] E. Johansson, "Urban design and outdoor thermal comfort in warm climates – studies in Fez and Colombo," Doctoral Thesis, . Hous. develop. & manag Dept., LUND University, Sweden, 2006.
- [15] M. Zou, H. Zhang, "Cooling strategies for thermal comfort in cities: a review of key methods in landscape design," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 28, no. 44, pp. 62640–62650, 2021.
- [18] E. B. Abo El-Enyen, M. H. Atwa, N. M. Abo Samra, "Features of the Urban Form for Waterfront Zones Case Study: the Urban Form Along Suez Canal," *JES. Journal of Engineering Sciences*, vol. 36, no. 2, pp. 549–567, 2008, doi: [10.21608/jesaun.2008.116016](https://doi.org/10.21608/jesaun.2008.116016).
- [19] R. Abd Elraouf, A. Elmokadem, N. Megahed, O. Abo Eleinen, S. Eltarabily, "The impact of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot-humid climate," *Building and Environment Journal*, vol. 225, no. 1, p. 1-16, 2022, doi: [10.1016/j.buildenv.2022.109632](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109632).
- [20] A. Shalaby, A. Shafey, "Optimizing the Thermal Performance of Street Canyons in New Cairo , Egypt , Using ENVI-met," *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, vol. 5, no. 4, 2018.
- [21] N. Coast, S. Soheir, K. S. Al-hagla, and Z. T. El-sayad, "Using simulation methods to investigate the impact of urban form on human comfort . Case study : Coast," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 58, no. 1, pp. 273–282, 2019, doi: [10.1016/j.aej.2019.02.002](https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.02.002).
- [22] N. Abdollahzadeh, N. Bioria, "Outdoor thermal comfort: Analyzing the impact of urban configurations on the thermal performance of street canyons in the humid subtropical climate of Sydney," *Frontiers of Architectural Research*, vol. 10, no. 2, pp. 394–409, 2021, doi: [10.1016/j.foar.2020.11.006](https://doi.org/10.1016/j.foar.2020.11.006).
- [28] Y. H. Yau, B. T. Chew, B. Serv, E. N. G. Res, O. Version, "Building Services Engineering Research and Technology," *Building Services Engineering Research Technology*, vol. 35, no. 1, 2012.
- [29] F. A. Toudert, "Dependence of Outdoor Thermal Comfort on Street Design in Hot and Dry Climate," *Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg*, 2005.
- [31] P. O. Fanger, *Thermal comfort: Analysis and applications in environmental engineering*. New York: McGraw Hill, 1972.
- [32] meteoblue, "محاكاة بيانات المناخ والطقس التاريخية للمنيل," 2023. [https://www.meteoblue.com/ar/weather/historyclimate/climatemodelled/٤٢٩٠٠٨\\_منيل\\_مصر](https://www.meteoblue.com/ar/weather/historyclimate/climatemodelled/٤٢٩٠٠٨_منيل_مصر) (accessed Jun. 26, 2023).
- [33] World Bank Group, "Global Solar Atlas\_ cairo," 2023. <https://globalsolaratlas.info/detail?c=29.988839,31.231384,11&s=29.992289,31.233516&m=site> (accessed Jun. 26, 2023).
- [34] Weather& Climate, "Average monthly humidity in Cairo (Cairo Governate), Egypt," 2023. <https://weather-and-climate.com/average-monthly-Humidity-perc,Cairo,Egypt> (accessed Jun. 26, 2023).
- [35] NASA Earth Science's, "POWER | Data Access Viewer," 2021. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (accessed Jun. 27, 2023).