Journal of Engineering Sciences
Assiut University
Faculty of Engineering
Vol. 48
No. 1
January 2020
PP. 154–168

تحسين البيئة الداخلية للفراغات المعمارية باستخدام التهوية الهجينة (دراسة حالة مستشفى التأمين الصحي بمدينة أسوان)

محمد عبد السميع عيد [1]، محمد حسان حسن [2]، أيمن رجب عبد الراضي [3]، إسراء سيد محمد عثمان [4] *

[1] قسم الهندسة المعمارية - كلية الهندسة - جامعة أسيوط
[2، 3] قسم الهندسة المعمارية - كلية الهندسة – جامعة أسوان
[4] مهندسة معمارية

Received 2 July 2019; Accepted 11 August 2019

الملخص

نشأت الحاجة إلى الاهتمام بالعناصر المناخية منذ القدم، والتي من ضمنها أنظمة التهوية المختلفة لما لها من تأثير قوي على جودة البيئة الداخلية وبالتالي فهي تؤثر على مستخدمي الفراغات ونشاطهم وإنتاجهم، وعليه فقد تجاوز تعريف البيئة الداخلية مفهوم مراعاة الأسس والمعايير التصميمية فقط إلى مفهوم أكثر تطوراً يسعى إلى دمج التصميم المعماري والعوامل البيئية. ومن هنا يهدف البحث إلى تقييم كفاءة التهوية الهجينة وتأثيرها على درجات الحرارة ومعدلات استهلاك الطاقة داخل غرف المرضى بمستشفى التأمين الصحي بمدينة أسوان، وذلك بهدف تحسين الأداء الحراري داخلياً لتحقيق الراحة الحرارية باعتبارها العنصر الأكثر فاعلية داخل الفراغات الصحية من بين عناصر البيئة الداخلية استناداً إلى نتائج استبيان قد أُجري على (308) فرد كعينة عشوائية شملت المرضى والزائرين والعاملين بمختلف المنشآت الصحية بمدينة أسوان. وقد جاءت المشكلات المتعلقة بأنظمة التهوية (الطبيعية والميكانيكية) في المرتبة الأولى، حيث صعوبة التحكم في درجة حرارة الهواء داخلياً وزيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون وكذلك استهلاك الطاقة. ولتحقيق أهداف الدراسة فقد تم استخدام برنامج المحاكاة (Design Builder) لقياس درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية ومعدلات استهلاك الطاقة ونسبة ثاني أكسيد الكربون ومعدل تغير الهواء بالغرفة لمختلف أنظمة التهوية بنموذج الدراسة. وقد أوضحت النتائج قدرة التهوية الهجينة في خفض درجة حرارة الهواء داخل الفراغ خاصة في فصل الصيف بفارق (3.5 كلفن) كحد أقصي عن التهوية الطبيعية، وتقليل معدل انبعاث ثاني أكسيد الكربون واستهلاك الطاقة بفارق (90 كجم/متر^2) و(290.9 كيلووات/متر^2) على التوالي. كما تضمنت الدراسة بعض المقترحات الخاصة بموضع ومساحة فتحات التهوية لتحقيق تهوية طبيعية وهجينة أفضل وأسفرت النتائج عن زيادة معدل تغير الهواء بشكل كبير وبالتالي زيادة حركة الهواء داخل الفراغ. وقد أنتهى البحث إلى ضرورة دراسة الوسائل واستراتيجيات التحكم بالتهوية الهجينة وذلك للإلمام بكافة التطورات المستجدة واستخدامها بشكل رئيسي داخل المنشآت الصحية.

الكلمات المفتاحية: التهوية - التهوية الهجينة - جودة البيئة الداخلية – المستشفيات

1. المقدمة

تلعب البيئة الداخلية دوراً هاماً في تحسين الفراغات المعمارية بالمستشفيات والتي تنعكس إما سلباً أو إيجاباً على مستخدمي هذه الفراغات وخاصة المرضى، لذلك فإن دور التصميم الوظيفي والبيئي للمستشفيات يختلف عن غيره في المنشآت الأخرى كالفنادق والمراكز التجارية وغيرها، فطبيعة المستشفيات تتطلب شروطاً ومواصفات ومقاييس يفترض العمل بموجبها لضمان مستوى الراحة للعاملين بالأبنية الصحية عامة وللمرضى بصفة خاصة[11].

* Corresponding author.
E- mail address: *archesraa.othman166@gmail.com*

وعلى صعيد العملية التصميمية، فإن العمارة المعاصرة قد استفادت من تعدد أنظمة التهوية واختلاف أساليبها في الأبنية التقليدية، كما طورت المعالجات المعمارية لتبريد وتحريك الهواء داخل الفراغات بما يتناسب مع المبنى والمنطقة المناخية التابع لها، إلا أنه وعلى الرغم من ذلك نجد أن أنظمة التهوية قد انتجت عدداً من المشاكل المُمثلة في صعوبة التنبؤ بالأداء الحراري بالفراغ إلى جانب زيادة استهلاك الطاقة خاصة عند استخدام نظام التهوية الميكانيكي[14].

تلك المشاكل التي أثرت بدورها على جودة البيئة الداخلية وأدت إلى وجود عدد من الحالات المرضية كالصداع وصعوبة التنفس بالإضافة إلى انتشار العدوى داخل الأماكن المغلقة[19] ، مما أدى إلى ضرورة تطوير أنظمة التهوية سعياً لتحسين جودة البيئة الداخلية.

1.1. إشكالية الدراسة

تتعدد المشاكل الناتجة عن أنظمة التهوية (الطبيعية والميكانيكية) داخل مباني المستشفيات بشكل عام، بينما تزداد هذه المشكلات بمدينة أسوان بشكل خاص نظراً لطبيعة المناخ السائد بها مما يؤدي إلى عدد من الصعوبات التي تواجه مستخدمي الفراغات المعمارية بمباني المستشفيات والتي تتلخص في:

- صعوبة التنبؤ بالأداء الحراري داخل غرف المرضى بالمستشفى مما يشكل صعوبة في تحقيق الراحة الحرارية خاصة في فترة الصيف.
- ارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون المنبعثة من أجهزة التهوية الميكانيكية والتي تساعد على انتشار العدوى بين المرضى، بالإضافة إلى زيادة معدلات استهلاك الطاقة.

2.1. هدف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى تحسين البيئة الداخلية داخل غرف المرضى بمباني المستشفيات في مدينة أسوان، وذلك في ضوء اختلاف نظام التهوية المتبع بغرض تحقيق الراحة الحرارية، بالإضافة إلى تقييم معدلات استهلاك الطاقة والانبعاثات الكربونية، وتم اختيار مستشفى التأمين الصحي كدراسة حالة نظراً لكثرة المترددين عليها بشكل كبير طبقا لتقارير هيئة التأمين الصحي بأسوان.

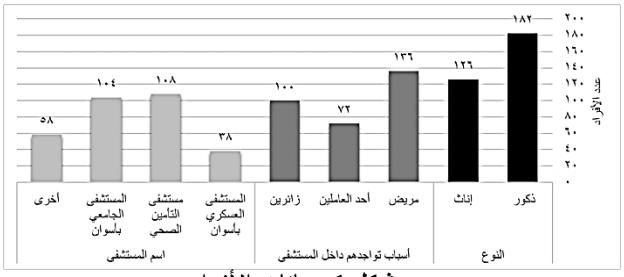
3.1. منهجية الدراسة

اشتمل البحث على الدراسة التحليلية النظرية والدراسة التطبيقية حيث تضمنت الاتي:

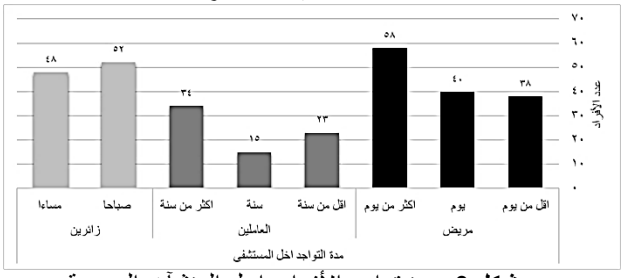
- المفاضلة بين عناصر جودة البيئة الداخلية.
- وصف مستشفى التأمين الصحي بمدينة أسوان بالإضافة إلى وصف تحليلي لنموذج غرف المرضى بها.
- وصف برنامج المحاكاة المستخدم في الدراسة (Design Builder).
- عرض نتائج القياسات المخرجة من برنامج المحاكاة والتي تتمثل في درجة حرارة الهواء، ومتوسط الاستهلاك الشهري للطاقة والانبعاثات الكربونية داخل الفراغ، وذلك بهدف تقييم الأداء الحراري ونطاق الراحة الحرارية للفراغ ورصد معدل استهلاك الطاقة والانبعاثات الكربونية خلال العام في ضوء اختلاف نظام التهوية المتبع.
- وضع بعض المقترحات لضمان تحقيق تهوية طبيعية أفضل وبالتالي تهوية هجينة أفضل.

2. المفاضلة بين عناصر جودة البيئة الداخلية

في هذا البحث يتم دراسة الراحة الحرارية باعتبارها العنصر الأكثر تأثيراً على الأفراد داخل المنشآت الصحية من بين عناصر البيئة الداخلية، وجاء ذلك استناداً إلى استبيان أجري على (308) فرد تم اختيارهم بطريقة عشوائية متنوعة من حيث النوع (الذكور والإناث) باختلاف أسباب تواجدهم بالمنشآت الصحية (مرضى أو عاملين أو زائرين) ومدة بقائهم داخل المستشفى وذلك بعدد من مستشفيات مدينة أسوان (شكل 2,1).

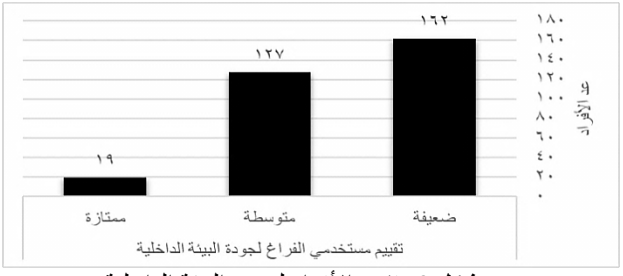


شكل 1: بيانات الأفراد



شكل 2: مدة تواجد الأفراد داخل المنشآت الصحية

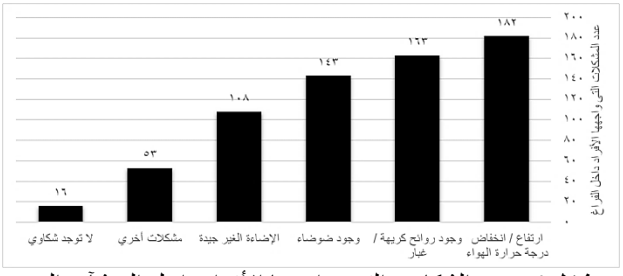
قد اشتمل هذا الاستبيان على عدة أسئلة تتعلق بتقييم جودة البيئة الداخلية من خلال ثلاث قيم (ضعيفة أو متوسطة أو ممتازة) (شكل 3) وتحديد عدد الشكاوى التي يواجهها الأفراد داخل الفراغ (جدول 1)، (شكل 4).



شكل 3: تقييم الأفراد لجودة البيئة الداخلية

جدول 1: عدد المشكلات التي واجهها الأفراد داخل المنشآت الصحية

المشكلات التي واجهها الافراد داخل المنشآت الصحية	التكرارات والنسب المئوية		الترتيب
	التكرار	النسبة المئوية	
ارتفاع / انخفاض درجة حرارة الهواء	182	%27.4	1
وجود روائح كريهة / غبار	163	%24.5	2
وجود ضوضاء	143	%21.5	3
الإضاءة غير الجيدة	108	%16.2	4
مشكلات أخري	53	%8	5
لا توجد شكاوي	16	%2.4	6
عدد المشكلات التي تم تحديدها	665	%100	



شكل 4: عدد الشكاوى التي يواجهها الأفراد داخل المنشآت الصحية

في (شكل 4) نلاحظ ان ارتفاع/انخفاض درجة حرارة الهواء من أكثر المشكلات التي تواجه الأفراد داخل المنشآت الصحية وتحول دون توفير الراحة للمرضى لذلك فقد تناول البحث دراسة الراحة الحرارية باعتبارها العنصر الأكثر تأثيراً على الأفراد داخل المنشآت الصحية.

ومن هنا فإن الراحة الحرارية تنتج من تفاعل الإنسان مع المناخ المحيط به، حيث تقوم الأجهزة المسئولة في جسم الإنسان بتنظيم الحرارة والمناخ المحيط للمحافظة على الاتزان الحرارى[15]، ومن ثم الاحتفاظ بدرجة حرارة الأنسجة الداخلية عند مستوى الاتزان الحرارى المطلوب وهو 37.2°، ولكن حالة الاتزان الحرارى وحده لا تكفى ليعبر عن الراحة الحرارية لجسم الإنسان، إلا إذا كان بأقل قدر ممكن من الإجهاد على أجهزة الجسم وخلاياه[7].

وتعرف الراحة الحرارية بأنها هي قدرة الإنسان على الاحتفاظ بدرجة حرارته الثابتة عن طريق سلسلة من التبادلات الحرارية من جسم الإنسان والظروف البيئية المحيطة، لذلك يعتبر الجسم البشري في حالة من حالات الاتزان الحراري بين حرارة منتجة وحرارة مفقودة[5]. وتتأثر الراحة الحرارية بعدة عوامل وهي درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية وحركة الهواء والاشعاع[8] ، وتتباين هذه العوامل باختلاف أنواع ومصادر التهوية.

3. أنواع التهوية داخل الفراغات المعمارية

1.3. التهوية الطبيعية

تعتبر التهوية الطبيعية من أقدم أنظمة التهوية التي يفضلها شاغلو الفراغات وتعرف بأنها عملية التخلص من الهواء الساخن الملوث واستبداله بهواء نقى من الخارج للحصول على أجواء صحية ومريحة، تحدث حركة الهواء داخل المبنى مع وجود فتحة لدخول الهواء (inlet) وفتحة لخروجه (outlet)[4] ، وتعتمد عملية دخول الهواء إلى الفراغ على قوة الدفع الطبيعية لسرعة الهواء وليس التدخل الميكانيكي، كما تعتمد حركة الهواء على عدة عوامل منها تخطيط الموقع وكتلة المبنى والفتحات الموجودة به لدخول وخروج الهواء وتوجيه فتحات المبنى[20].

2.3. التهوية الميكانيكية

تعرف التهوية الميكانيكية بأنها عملية تجديد الهواء في الأماكن المغلقة عن طريق تغذية المكان بكمية معينة من الهواء في وحدة زمن، وسحب كمية مماثلة لها للحصول على جو صحي خالٍ من الأتربة والهواء الفاسد بهدف تحقيق الراحة الحرارية وتحسين الهواء الداخلي، تستخدم أنظمة التهوية الميكانيكية عادة في المباني التي يصعب تحقيق التهوية الطبيعية فيها ويفضلها معظم شاغلو الفرغات لقدرتها على الاحتفاظ بمعدلات تهوية ودرجة حرارة ثابتتين طبقاً لمتطلباتهم، اعتماداً على المعدات الميكانيكية في نقل وحجم وحرارة الهواء الداخل للفراغ وبناء عليه فانه يحتاج إلى الكثير من التنسيق لدمج عناصره مع عناصر المبنى[10].

3.3. التهوية الهجينة [14]

تكمن أهمية التهوية بشكل أساسي في تحقيق الراحة الحرارية وجودة البيئة الداخلية المناسبة لشاغلي الفراغات داخل الأماكن المغلفة، ويمكن وصف التهوية الهجينة بالنظام القائم على فكرة المزج بين مميزات كل من أنظمة التهوية الطبيعية والميكانيكية لتوفير بيئة داخلية مريحة، فهو نظام ثنائي الوضع ويختلف وضع التشغيل وفقاً للاختلاف على مدار اليوم أو اختلاف المواسم خلال السنة، وبالتالي فإن الوضع النشط يعكس البيئة الخارجية كما يستفيد إلى أقصى حد من الظروف المحيطة في أي وقت من الأوقات، كما أن الفرق الرئيسي بين أنظمة التهوية التقليدية ونظام التهوية الهجينة هو أن هذا الأخير لديه نظام تحكم ذكي يمكنه التبديل تلقائياً بين الأوضاع الطبيعية والميكانيكية بهدف تقليل استهلاك الطاقة، ومن مميزات التهوية الهجينة[16]:

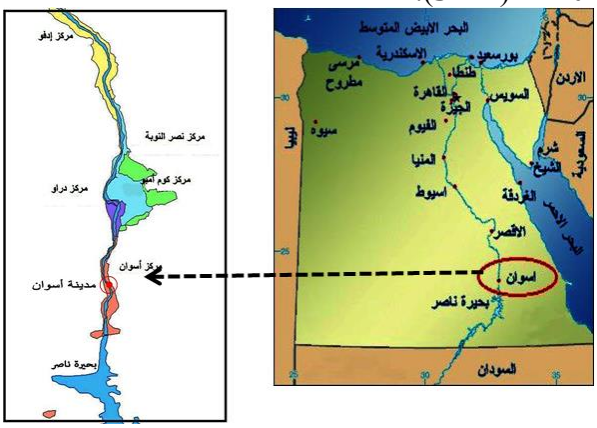
- دمج أنظمة التهوية: تسعى إلى دمج كل من أنظمة التهوية والاستفادة منها كمحاولة لخلق فرصة جديدة لتحسين جودة البيئة الداخلية بصفة خاصة وتحسين الجودة الشاملة للتهوية بصفة عامة.
- تحسين الأداء الحراري داخل الفراغات: تُلبي تكنولوجيا التهوية الهجينة المتقدمة المتطلبات العليا للأداء البيئي الداخلي والحاجة المتزايدة لتوفير الطاقة والتنمية المستدامة من خلال تحقيق التوازن بين جودة الهواء الداخلي، الراحة الحرارية واستخدام الطاقة وبين تأثير ذلك بيئياً.

- السيطرة الفردية لمستخدمي الفراغ: تنال التهوية الهجينة رضا شاغلي الفراغ وذلك نظراً لعدة أسباب منها استخدام التهوية الطبيعية كأحد العناصر، درجة عالية من السيطرة الفردية على المناخ الداخلي في الأماكن المغلقة (بما في ذلك إمكانية تغيير المناخ الداخلي– قدرة التحكم في سرعة الهواء المهيأة للراحة)، كما تمتاز أيضاً بسرعة الاستجابة المباشرة والمرئية لمدخلات المستخدم.

4. الدراسة العملية

1.4. وصف نطاق الدراسة

أ - الموقع الجغرافي لمدينة أسوان: تقع محافظة أسوان أقصى جنوب جمهورية مصر العربية على جانبي النيل بين عند دائرة عرض `24°02 شمالاً وخط طول `32°52 شرقاً[3]، وتحدها شمالاً محافظة الأقصر ومحافظة البحر الأحمر شرقاً ومحافظة الوادي الجديد غرباً وتمتد جنوباً إلى حدود دولة السودان، تبلغ مساحة المحافظة حوالي 62726 كم^2 أي 14.9 مليون فدان تقريباً تمثل (6.2%) من جملة مساحة الجمهورية، يصل تعداد سكانها إلى حوالي 1.48 مليون نسمة يمثلون حوالي (1.6%) من جملة سكان الجمهورية عام 2016[13] (شكل 5).



شكل 5: الموقع الجغرافي لمدينة أسوان[6]،[3]

ب - مناخ مدينة أسوان: يعد مناخ مدينة أسوان مناخ صحراوي حار، ويصل متوسط درجات الحرارة الكبرى أعلى من 37 درجة مئوية بدءً من شهر يونية حتى شهر سبتمبر، بينما يصل متوسط درجات الحرارة الصغرى أعلى من 27 درجة مئوية، وبالنسبة للرطوبة النسبية السنوية في مدينة أسوان فهي تتراوح من (26%) إلى (57%)[6]، ويوضح (جدول 2) المتوسط الشهري لدرجات الحرارة في مدينة أسوان، كما يوضح (جدول 3) المتوسط الشهري للرطوبة النسبية في مدينة أسوان خلال السبع سنوات الأخيرة.

جدول 2: المتوسط الشهري لدرجات الحرارة في مدينة أسوان[22]

شهور السنة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونية	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
درجات الحرارة (درجة مئوية)	16	18	22	27	31	33	33	33	31	28	22	17

جدول 3: المتوسط الشهري للرطوبة النسبية في مدينة أسوان[22]

شهور السنة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونية	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
نهاراً	57	45	38	30	26	26	27	31	34	40	51	57
ليلاً	29	22	15	13	12	11	12	14	14	18	26	32

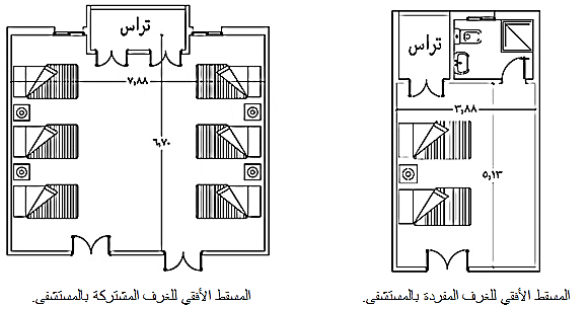
ج - مستشفى التأمين الصحي بمدينة أسوان: تقع مستشفى التأمين الصحي في الجزء الجنوبي لمدينة أسوان على مساحة أرض حوالي 5200م^2، ويتم الدخول إليها من الشارع الرئيسي (طريق السادات)

للمشاة والسيارات ومن الشارع الجانبي (الجنوبي) للمشاة فقط، يتكون مبنى المستشفى من بدروم ودور أرضي وثلاثة طوابق، ويوضح (شكل 6) المسقط الأفقي للطابق الثاني بمبنى المستشفى، بالإضافة إلى الرسومات التنفيذية لغرف المرضى بالمستشفى المشار إليها في (شكل 7).

د - نموذج الدراسة: تم اختيار غرف المرضى بمستشفى التأمين الصحي لتكون عينة الدراسة، لعدة أسباب من أهمها اعتبار غرف المرضى ضمن نطاق ما يعرف بالجزء الأخضر (green zone) والذي فيه يُسمح بالتعامل مع البيئة بشكل مباشر ومحاكاة فراغاته مع الطبيعة بالإضافة إلى إمكانية حدوث اختلاف في نظام التهوية المتبع بداخله مع المحافظة على دواعي الرعاية الصحية للمريض، بالإضافة إلى أن تعامل الفراغات مع الطبيعة بشكل مباشر يسمح بتوفير (30%) من استهلاك الطاقة داخل الأبنية الصحية[9].

يحتوي مبنى المستشفى على عدد (28) غرفة إقامة للمرضى في كل من الطابقين الثاني والثالث مقسمة على ثلاثة محاور، فالجزء الشمالي يحتوي على (11) غرفة والجزء الجنوبي على (9) غرف أما الجزء الشرقي فيحتوي على (8) غرف، تبلغ مساحة الغرفة المفردة 20 م^2 والغرف المشتركة 52.8 م^2 (شكل 7,6)

شكل 6: المسقط الأفقي للطابق الثاني.



المسقط الأفقي للغرف المفردة بالمستشفى. المسقط الأفقي للغرف المشتركة بالمستشفى.

شكل 7: الرسومات التنفيذية لغرف المرضى.

2.4. وصف برنامج المحاكاة

أ - وصف برنامج (Design Builder):[21] هي أداة برمجة مستندة إلى (Energy plus)* تستخدم لقياس الراحة والطاقة والكربون والإضاءة وذلك لتسهيل عملية المحاكاة للمبنى مناخياً بطريقة سريعة واقتصادية ووضع تصور مبدئي لموقع المبنى واتجاهه، تم تطويره ليستخدم من قبل مجموعة واسعة من العاملين في مجال الهندسة المعمارية ومستشاري الطاقة حيث يتم استخدامه فيما يلي:

* هو برنامج محاكاة الطاقة الأكثر شمولاً، تم تطويره من قبل وزارة الطاقة الأمريكية لحساب الطاقة من تدفئة المباني والتبريد والإضاءة والتهوية.

أولاً: تقييم خيارات الواجهة من حيث ارتفاع درجة الحرارة واستهلاك الطاقة والتظليل.
ثانياً: المحاكاة الحرارية للفراغات الداخلية للمباني.
ثالثاً: استخدام (HVAC)* لتحديد قدرة معدات التدفئة والتبريد.

ويقوم البرنامج بتصفية البيانات وعرضها في شكل رسوم بيانية كما يمكن تصديرها في شكل جدول ليتم استخدامها في التطبيقات الأخرى.

ب - إدخال بيانات الدراسة: تم إدخال الرسومات المعمارية لعينة الدراسة (غرف المرضى) لكل من الطابقين الثاني والثالث بمستشفى التأمين الصحي بأسوان للواجهات الثلاث (الشمالية، الجنوبية والشرقية) كل على حدة، وقد أجريت القياسات على مدار يوم خلال موسم الصيف لقياس كل من درجة الحرارة والرطوبة النسبية وعلى مدار عام كامل لقياس معدلات استهلاك الطاقة وثاني أكسيد الكربون، كما يوضح (جدول 4) البيانات الخاصة بالحالة الدراسية.

جدول 4: البيانات المستخدمة بالدراسة

البند	الخصائص
الاستخدام	مبنى صحي (مستشفى التأمين الصحي)
الموقع	مدينة أسوان
مسطح غرف المرضى المفردة	3.88 م * 5.13 م
مسطح غرف المرضى المشتركة	6.70 م * 7.88 م
مسطح الفتحات بغرف المرضى المفردة	1 م * 2.20 م
مسطح الفتحات بغرف المرضى المشتركة	2 م * 2.20 م
التوجيه	شمالي / شرقي / جنوبي
الإشغال	عدد (2 – 6) أفراد

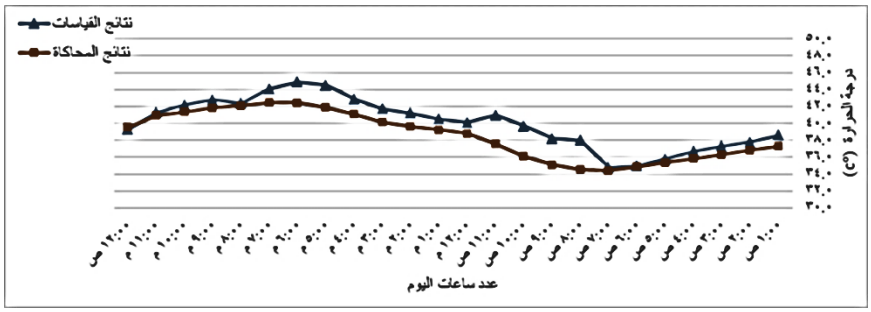
ج - معايرة نموذج الدراسة: تتم معايرة برنامج المحاكاة لاستنتاج نسبة الخطأ والتي يتم من خلالها التأكد من صحة نتائج برنامج المحاكاة ومدى تطابقها مع نتائج القياسات الميدانية، وكلما قلت تلك النسبة كلما زادت دقة النتائج المُستخرجة بواسطة برنامج المحاكاة[15].

وقد تم إجراء معايرة برنامج المحاكاة (Design Builder) مع نتائج القياسات الميدانية لقيم درجات الحرارة على مدار يوم كامل والتي تم رصدها بواسطة جهاز (HOBO U12) الموضح في (شكل 8)، وقد أُجريت هذه القياسات على ارتفاع 1.6 متر داخل إحدى غرف المرضى المطلة على الواجهة الشمالية بمستشفى التأمين الصحي بمدينة أسوان ومقارنتها بدرجات الحرارة المُستخرجة من برنامج المحاكاة لنفس الغرفة.

ويشير (شكل 9) إلى تشابه منحنى درجات الحرارة المسجلة بواسطة جهاز القياس (HOBO U12) مع درجات الحرارة المُستخرجة بواسطة برنامج المحاكاة، مع عدم تطابقهما حيث بلغت نسبة الخطأ لمتوسط قيم القياسات الميدانية والقيم المُستخرجة بواسطة برنامج المحاكاة حوالي (3.6%)، وبالتالي فإن نسبة الخطأ تسمح باستخدام برنامج المحاكاة للأغراض العلمية.

شكل 8: جهاز (HOBO U12) المستخدم لرصد نتائج القياسات الميدانية

* Heating, Ventilating & Air Conditioning



شكل 9: مقارنة بين النتائج المستخلصة لدرجات الحرارة بواسطة القياسات الميدانية وبرنامج المحاكاة

5. النتائج

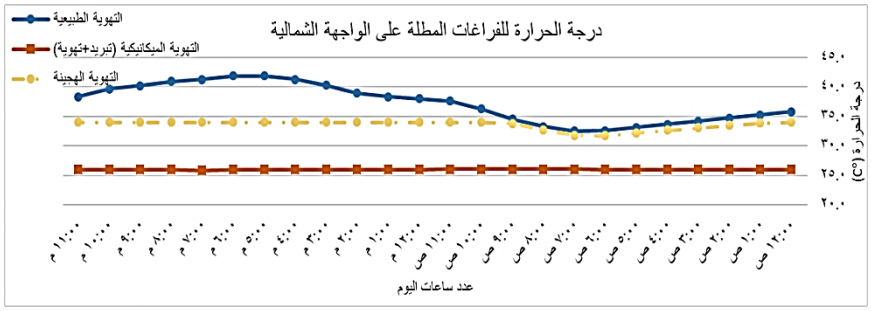
1.5. تقييم جودة البيئة الداخلية

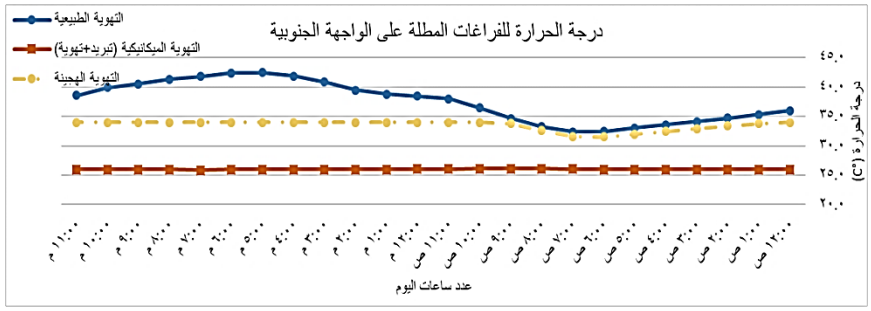
أ - تقييم درجات الحرارة: تشير النتائج إلى ارتفاع درجة الحرارة خاصة خلال فترة النهار صيفا لتكون (37°م) ورطوبة نسبية (16%) اعتماداً على التهوية الطبيعية كنظام أساسي للتهوية داخل الفراغ، بينما جاءت درجة الحرارة أقل باستخدام التهوية الميكانيكية لتصل إلى (26°م) ورطوبة نسبية (33%)، أما في حالة التهوية الهجينة فقد بلغت درجة الحرارة (33.5°م) ورطوبة نسبية (26%)، (شكل 10).

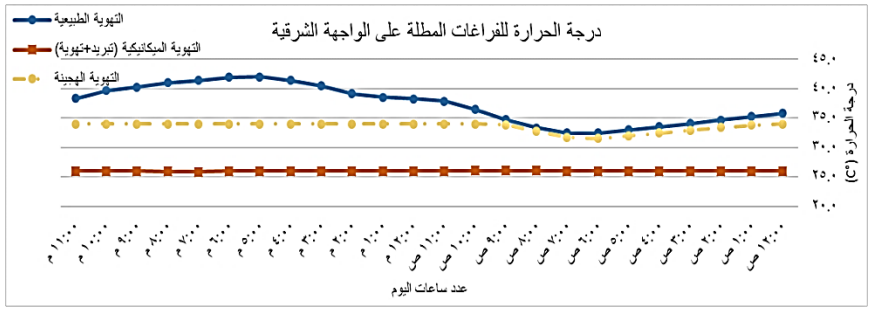
ويُلاحظ انخفاض درجة الحرارة خلال ساعات الصباح الأولى لتصل إلى أقل قيمة (32°م) ورطوبة نسبية (23%) في الساعة (6 صباحاً)، بينما تصل إلى أعلى قيمة (41°م) ورطوبة نسبية (12%) وذلك عند الساعة (5 مساءً) في حالة التهوية الطبيعية أي أن متوسط التغيير يزداد بفارق (3.5 كلفن) عن درجة حرارة الفراغ بالتهوية الهجينة، كما نلاحظ زيادة درجة حرارة الفراغات المطلة على الواجهة الجنوبية بفارق (3.5 كلفن) عن تلك المطلة على الواجهة الشمالية صيفاً.

ب - تقييم الراحة الحرارية بنموذج الدراسة: يتم تقييم الراحة الحرارية بنموذج الدراسة استناداً على مخطط الراحة الحرارية لفكتور أولجاى الذي يشتمل على محور رأسي لدرجات الحرارة وآخر أفقي للرطوبة النسبية، وتم تحديد منطقة الراحة الحرارية المثلي بين درجة حرارة 21.1 م و26.6 م ورطوبة نسبية بين (30%) إلى (65%) ويمكن أن تمتد من (18%) إلى (77%)[1] ، جدير بالذكر أن الحد الأقصى للرطوبة النسبية داخل غرف المرضي هي (60%)[17]، وقد تم تقييم درجات الحرارة والرطوبة في حالة التهوية الهجينة من خلال النتائج المستخرجة من برنامج المحاكاة خلال يوم 10 يونية باعتباره أحد أيام الأسبوع المعتاد خلال فترة الصيف طبقاً للبيانات المناخية المُدخلة لبرنامج المحاكاة، ويشير (شكل 11) إلى قيم الراحة الحرارية في حالة التهوية الهجينة لغرف المرضى المطلة على الواجهة الشمالية خلال ساعات النهار والليل ليوم 10 يونية.

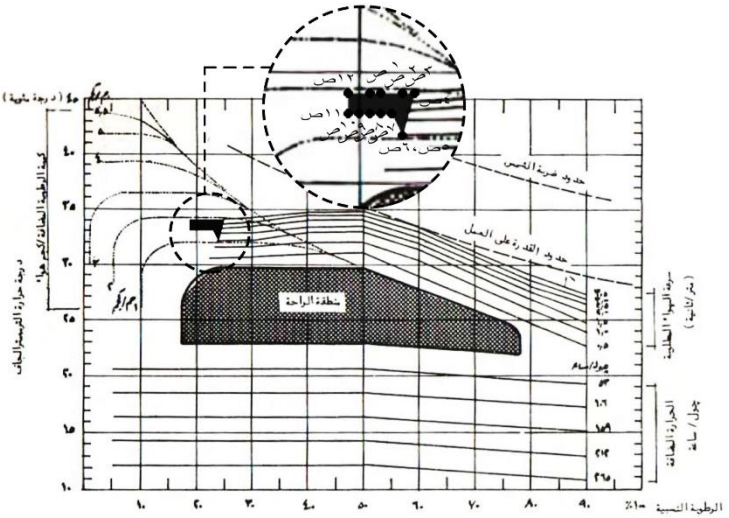
ج - تقييم معدلات ثاني أكسيد الكربون المنبعث: تشير النتائج إلى ارتفاع ثاني أكسيد الكربون خاصة في شهور الصيف لتصل إلى أعلى قيمة وهي (205732.9 كجم) باستخدام التهوية الميكانيكية، بينما نلاحظ انخفاض في هذه القيمة للتهوية الطبيعية والتي بلغت (43091.6 كجم)، للتهوية الهجينة بلغت (63723 كجم) (شكل 12)، أما في (شكل 13) فإنه يشير إلى ارتفاع معدل ثاني أكسيد الكربون بالتهوية الميكانيكية لتصل إلى (288.6 كجم /متر2) عنها بالتهوية الهجينة التي بلغت (90 كجم/متر2)، أي انخفضت بفارق (198.6 كجم/متر2).



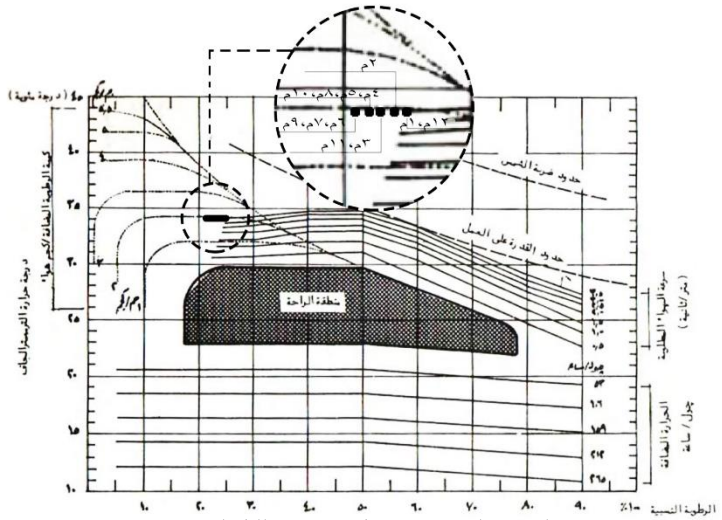




شكل 10: درجات الحرارة خلال يوم 10يونيه

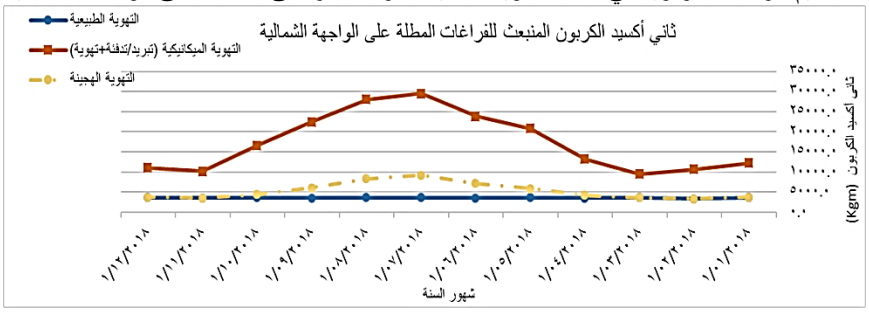


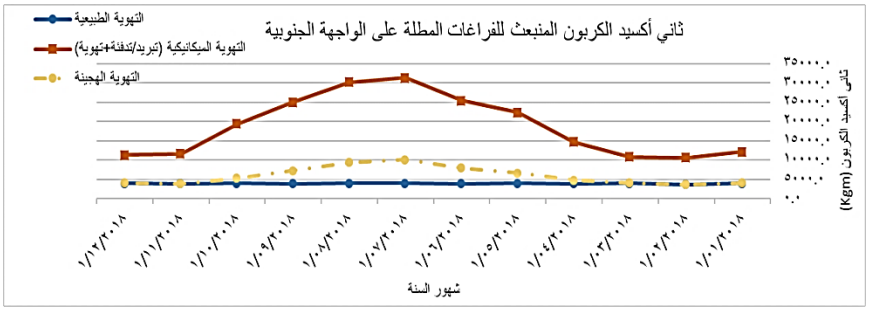
قيم الراحة الحرارية خلال ساعات النهار ليوم 10 يونية

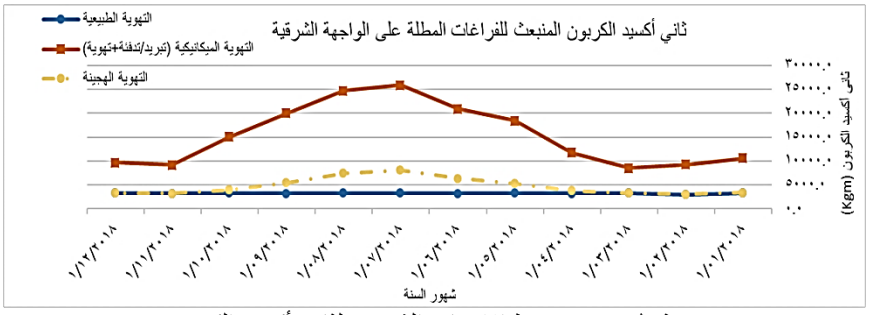


قيم الراحة الحرارية خلال ساعات الليل ليوم 10 يونية

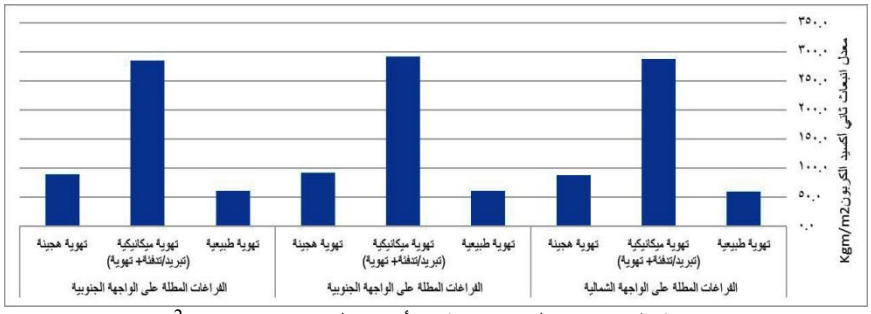
شكل 11: قيم الراحة الحرارية في حالة التهوية الهجينة لغرف المرضى المطلة على الواجهة الشمالية (الباحث)





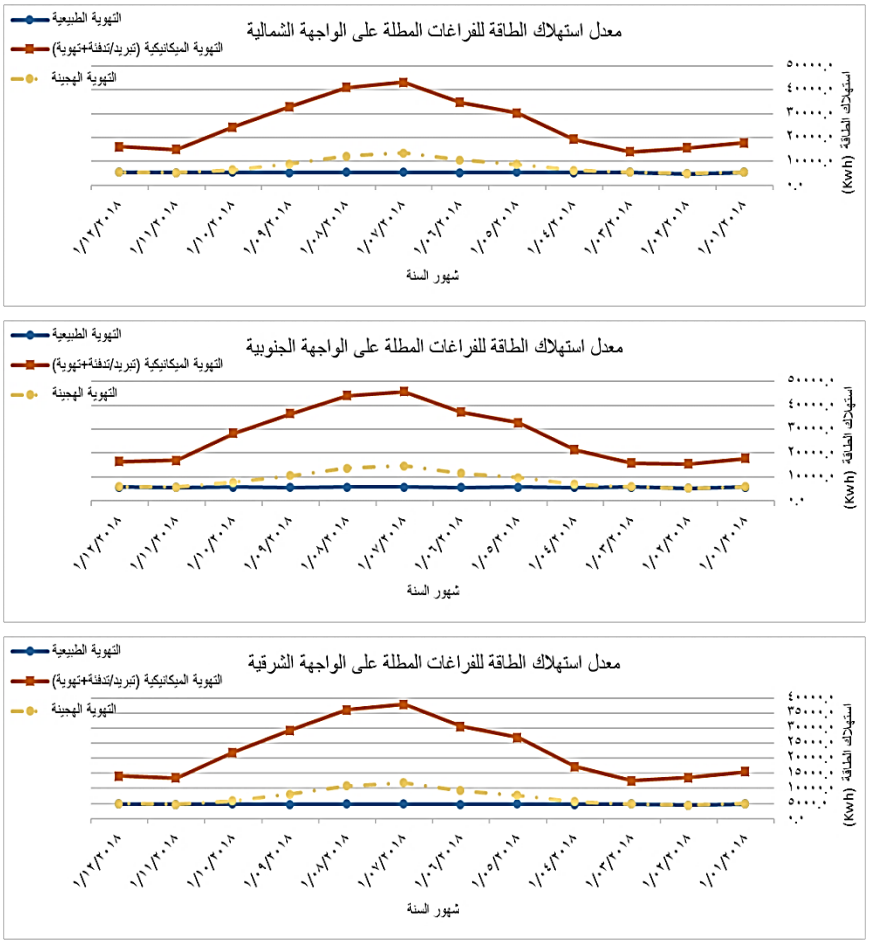


شكل 12: متوسط الانبعاث الشهري لثاني أكسيد الكربون

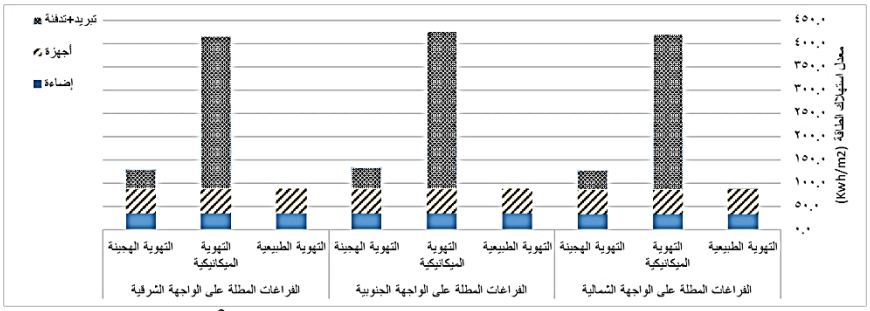


شكل 13: معدل انبعاث ثاني أكسيد الكربون (كجم/متر^2)

د - تقييم معدلات استهلاك الطاقة: يرتفع استهلاك الطاقة داخل الفراغ خاصة في شهور الصيف ليصل إلى أعلى معدلاته (300340 كيلو وات) وذلك باستخدام التهوية الميكانيكية، بينما ينخفض باستخدام التهوية الطبيعية ليصل إلى (62907.7 كيلو وات)، وعند استخدام التهوية الهجينة لُوحظ وصول استهلاك الطاقة إلى (93026.5 كيلو وات) (شكل 14)، أما عن استهلاك الطاقة داخل الفراغ للمعدات والإضاءة وأجهزة التبريد والتدفئة الآلية والمشار إليه. في (شكل 15) فإنه يرتفع في حالة استخدام التهوية الميكانيكية ليصل إلى (420.9 كيلو وات /متر2)، بينما يصل إلى (130 كيلو وات/متر2) في حالة استخدام التهوية الهجينة، أي أن قيمة الاستهلاك قد انخفضت بفارق (290.9 كيلو وات/متر2).



شكل 14: متوسط الاستهلاك الشهري للطاقة

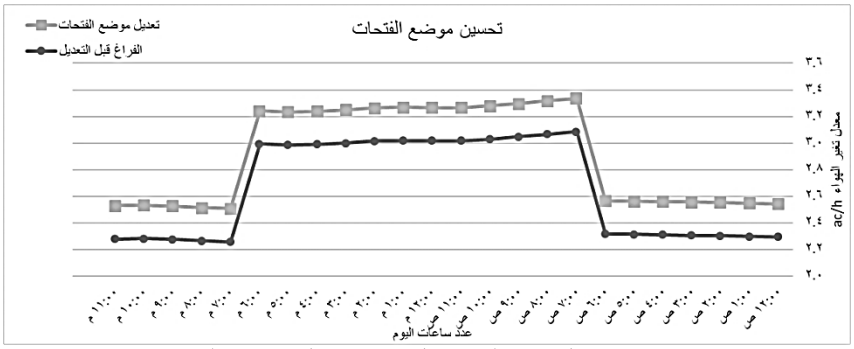


شكل 15: معدل استهلاك الطاقة (كيلو وات /متر^2)

2.5. تحسين جودة البيئة الداخلية

يتحرك الهواء في الفراغ نتيجة للتباين في قوة ضغط الرياح أو بفعل الفرق في درجات حرارة الهواء أو لتواجد القوتين معا[18]، لذا كان من الضروري تواجد الفتحات (الأبواب والشبابيك) وتحديد موضعها ومساحتها للتحكم في معدل تغير الهواء للوصول إلى انسب الأوضاع للتهوية الطبيعية، وبالحديث عن غرف المرضى داخل مستشفى التأمين الصحي يُلاحظ ان فتحة خروج الهواء هي باب الغرفة، إلا انه وفي معظم الأحيان يفضل المرضى اغلاق باب الغرفة لدواعي الراحة والهدوء والخصوصية خاصة في الغرف المفردة مما يعوق ذلك حركة الهواء وبالتالي زيادة درجة حرارة الفراغ، لذلك فقد قامت الدراسة بعمل بعض المقترحات لضمان تحقيق تهوية طبيعية أفضل وبالتالي تهوية هجينة أفضل.

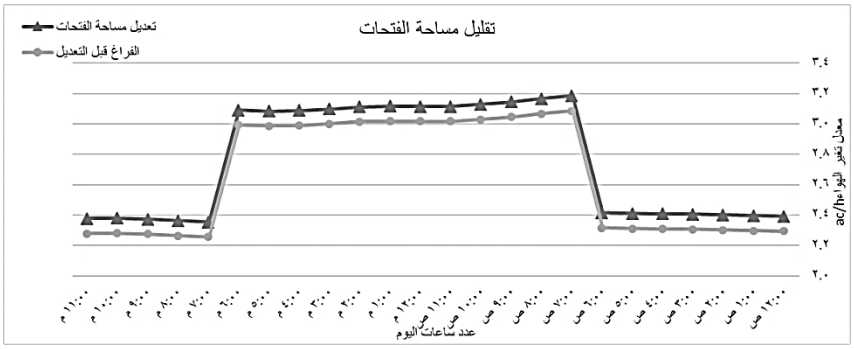
أ - إضافة فتحة علوية لخروج الهواء: تزداد كفاءة التهوية الطبيعية بوجود مدخل ومخرج للهواء لذا فقد تمت محاكاة الفراغ بنموذج الدراسة باقتراح وجود فتحة علوية لخروج الهواء (بالجهة المقابلة لممرات الحركة داخل المستشفى) بمساحة 0.7 متر^2 على ارتفاع 2.20 متر من منسوب أرضية الفراغ وذلك لزيادة حركة الهواء، ويوضح (شكل 16) معدل تغير الهواء داخل الفراغ قبل وبعد عمل التعديلات بإضافة فتحة خروج الهواء المُقترحة، وتشير النتائج إلى زيادة معدلات تغير الهواء بالغرفة في حالة وجود فتحة علوية لخروج الهواء، حيث يصل الفارق في معدل تغير الهواء بين الحالة الأساسية والتعديلات المقترحة إلى ما يقارب (0.3 ac/h) وذلك خلال فترتي الليل والنهار في حين تزداد معدلات تغير الهواء خلال فترة النهار مقارنةً بفترات الليل ويظهر ذلك في ارتفاع قيم معدل تغير الهواء والذي يصل إلى ما يقارب (3.4 ac/h) نهاراً، في حين تنخفض خلال فترات الليل لتصل إلى ما يقارب (2.6 ac/h) وذلك بسبب اختلاف الضغط الجوي بين فترتي الليل و النهار.



شكل 16: معدل تغير الهواء قبل و بعد تعديل موضع الفتحات

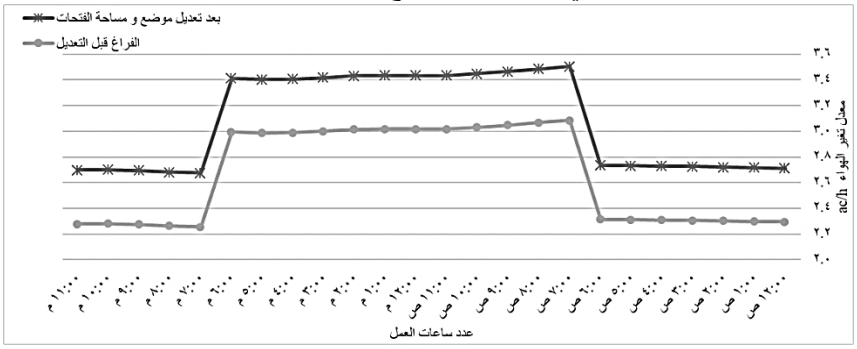
ب - تقليل مسطح فتحات دخول الهواء: تزداد سرعة الهواء عندما تكون مساحة فتحة خروج الهواء أكبر من فتحة دخول الهواء[2] ، وبالنظر إلى نموذج الدراسة نجد ان فتحة خروج الهواء (باب الغرفة) عادةً ما تكون مغلقة، ولذلك فقد تم محاكاة الفراغ بنموذج الدراسة باقتراح تقليل مساحة فتحة دخول الهواء من 2.2 متر^2 إلى 1.8 متر^2 وذلك لزيادة حركة الهواء، ويوضح (شكل17) معدل تغير الهواء داخل الفراغ قبل وبعد تعديل مساحة فتحة دخول الهواء، و تشير النتائج على وجود ارتفاع طفيف في معدل تغير

الهواء بالغرفة ليصل إلى (0.1 ac/h) خلال فترتي الليل و النهار، مما يعني أن المقترح الأول بالإضافة فتحة لخروج الهواء كان أكثر فاعلية من المقترح الثاني الخاص بتقليل مسطح فتحات دخول الهواء.



شكل 17: معدل تغير الهواء قبل وبعد تعديل مساحة فتحة دخول الهواء

وبعد دمج المقترحين السابقين ازدادت قيم معدل تغير الهواء بالغرفة كما ازداد الفارق بينها وبين الحالة الأساسية ليصل الفارق إلى ما يقارب (0.5 ac/h) خلاص فترتي الليل والنهار، كما يوضح (شكل 18) ارتفاع معدل تغيير الهواء بشكل كبير في حالة تطبيق جميع الاقتراحات السابقة.



شكل 18: معدل تغير الهواء قبل وبعد دمج المقترحين السابقين

6. الخلاصة

ونتيجة لما سبق نستخلص ان التهوية الهجينة هي تلك الفكرة القائمة على المزج بين مميزات كل من أنظمة التهوية الطبيعية والتهوية الميكانيكية لتوفر بيئة داخلية مريحة، لذا فهو نظام ثنائي الوضع ويختلف وضع التشغيل وفقاً للاختلاف على مدار اليوم أو اختلاف المواسم خلال السنة، ولقد أوضحت القياسات تحسين جودة البيئة الداخلية بتحقيق الراحة الحرارية من خلال نظام التهوية الهجينة خاصة في شهور الصيف حيث انخفضت درجة حرارة الفراغ بفارق (3.5 كلفن) كحد أقصى عنها بالتهوية الطبيعية.

كما أن الفرق الرئيسي بين أنظمة التهوية التقليدية ونظام التهوية الهجينة هو أن هذا الأخير لديه نظام تحكم ذكي يمكنه التبديل تلقائياً بين الأوضاع الطبيعية والميكانيكية بهدف تقليل استهلاك الطاقة. وقد اشارت القياسات انخفاض في معدلات استهلاك الطاقة في شهور الصيف باستخدام التهوية الهجينة بفارق (290.9 كيلو وات/متر^2) بالإضافة إلى انخفاض في ثاني أكسيد الكربون المنبعث بفارق (90 كجم/متر^2).

الاعتماد على نظام التهوية الهجينة خلال شهور الصيف كنظام أساسي للتبريد معظم ساعات اليوم لتصل درجة حرارة الفراغ إلى (33.5°) واستخدام نظام التهوية الميكانيكية خلال ساعات العمل كنظام ثانوي لتصل درجة حرارة الفراغ إلى (25°)، وذلك لتحسين الأداء الحراري وتقليل استهلاك الطاقة وثاني أكسيد الكربون.

بالإضافة إلى تأثير الفتحات على معدل تغير وحركة الهواء إما باختلاف مساحة الفتحات أو بإضافة فتحات علوية لخروج الهواء، وتشير نتائج التعديلات المقترحة إلى ارتفاع قيم معدل تغير الهواء في حالة إضافة فتحة علوية لخروج الهواء، في حين

لُوحظ وجود ارتفاع طفيف في قيم معدل تغير الهواء عند تقليل مساحة فتحة دخول الهواء، وعند دمج المقترحين السابقين ازدادت قيم معدل تغير الهواء بالغرفة مما يساعد في تحقيق تهوية طبيعية أفضل وبالتالي تهوية هجينة أفضل.

ويمكن تحسين عملية التهوية للفراغات المطلة على الواجهة الجنوبية والشرقية بإضافة مجموعة من ملاقف الهواء لاستقبال الهواء من جهة الشمال على ارتفاع أعلى من ارتفاع المبنى ومن ثم توجيهها إلى الفراغات المطلة على الواجهة الجنوبية والشرقية.

7. التوصيات

- ضرورة الاهتمام بتحسين جودة البيئة الداخلية داخل المنشآت الصحية بجمهورية مصر العربية من خلال تحقيق الراحة الحرارية داخل فراغاتها والعمل على تقليل انتاج ثاني أكسيد الكربون للحد من انتشار العدوى.
- يجب الاهتمام بدراسة الوسائل واستراتيجيات التحكم بالتهوية الهجينة من قبل المصمم المعماري وضرورة الإلمام بكافة التطورات المستجدة واستخدامها بشكل رئيسي داخل المنشآت الصحية بجمهورية مصر العربية.
- حث الجامعات المصرية على ضرورة القيام بالمزيد من الدراسات في مجال تحسين جودة البيئة الداخلية للاستفادة منها وإبراز أهميتها خاصة بالمنشآت الصحية والمستشفيات لخلق التصميم الموفر للراحة التامة للمريض.
- وجوب استخدام برامج المحاكاة من قبل المصممين في المراحل الأولى للتصميم المعماري وذلك لتقييم الأداء المناخي واستهلاك الطاقة والتي تساهم في وضع تصور مبدئي لفكرة التصميم.

المراجع

[1] شفق العوضي الوكيل، محمد سراج: المناخ وعمارة المناطق الحارة، دار عالم الكتب للطباعة، 1989.
[2] سعيد ابن عوف: العناصر المناخية والتصميم المعماري، جامعة الملك سعود للطباعة، 1997.
[3] مركز المعلومات بمحافظة أسوان: كتاب أسوان، 1998.
[4] آمال الدبركى: التهوية الطبيعية مدخل تصميمي في العمارة السالبة، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة عين شمس، 1999.
[5] خالد سليم فجال: العمارة والبيئة في المناطق الصحراوية الحارة، الدار الثقافية للنشر،2002.
[6] وحدة إدارة شئون البيئة (محافظة أسوان): تقرير عن التوصيف البيئي لمحافظة أسوان، 2003.
[7] رانيا رجب عبد المقصود: أثر التهوية الطبيعية على التشكيل المعماري، رسالة دكتوراه، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، 2009.
[8] عبد الحق الدميني: معايير الراحة الحرارية للأبنية السكنية في عدد من المدن اليمنية، رسالة دكتوراه، جامعة دمشق، 2009.
[9] إبراهيم محمد حبوش: أسس التصميم الأخضر في المستشفيات، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، 2013.
[10] محمد كريم أبو الليل: التهوية المستدامة نحو إطار عمل لتحقيق التكامل بين التهوية الطبيعية والصناعية، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، 2013.
[11] وسام على أحمد العوض: البيئة الداخلية للمستشفيات محفزاً على الشفاء (دراسة حالة مستشفى أم درمان للأطفال ومستشفى ابن سينا بالخرطوم)، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، 2016.
[12] الشركة المصرية القابضة للغازات الطبيعية: دراسة تقييم التأثيرات البيئية والاجتماعية لمشروع توصيل الغاز الطبيعي،2016.
[13] وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية: الرؤية المستقبلية و المشروعات الداعمة لتنمية محافظة أسوان، 2017.
[14] Per Heiselberg: Principles of hybrid ventilation, Alborg University, 2006.
[15] Andreas Matzarakis: Seasonal effects of urban street shading on long-term outdoor thermal comfort, Building and Environment, 2010.
[16] Peter Engel, Remco Kemperman, Heleen Doolaard: Natural and hybrid ventilation principles based on buoyancy, sun and wind, Rehva Journal, 2012.
[17] ASHRAE, ANSI/ASHRAE standard 170-2013: Ventilation of air-conditioning engineers, Inc., Atlanta, 2013.
[18] Wang H, Karavap, Chen Q.: Development of simple semi empirical models for calculating airflow through hopper, awning, and casement windows for single-sided natural ventilation, Energy and building, 2015.
[19] Kanji Kajiwara: Bed-integrated local exhaust ventilation system combined with air cleaning for improved IAQ in hospital patient rooms, Building and Environment, 2016.
[20] Wentao Wn, Ali Malkawi: Realizing natural ventilation potential through window control (The impact of occupant behaviour), International conference on applied energy (ICAE), 2019.
[21] https://designbuilder.co.uk.
[22] https://www.weatherbase.com.

JES, Assiut University, Faculty of Engineering, Vol. 48, No. 1, January 2020, pp. 154–168

EVALUATION OF HYBRID VENTILATION EFFICIENCY TO IMPROVE THE INDOOR AIR QUALITY FOR PATIENTS' ROOMS IN HOSPITALS OF ASWAN CITY

ABSTRACT

Paying attention to climate elements that are mainly represented in the variation of ventilation systems is due to its impact on the indoor environmental quality and therefore its effect on the occupants and their activities. Consequently, the definition of the indoor environmental quality has extended beyond the concept of recognized design standards to include the mixing of architectural design with various environmental factors. The aim of this study is to assess the efficiency of hybrid ventilation and its effect on the indoor temperature and energy consumption rates in ward patient rooms in the Aswan Insurance Hospital. In order to improve the thermal performance to achieve thermal comfort as the most effective element within the health spaces of the elements of the indoor environmental quality based on a questionnaire conducted on 308 individuals, including patients, visitors and health care providers within the health facilities in Aswan. The related problems of ventilation systems (natural and mechanical) are the root case, as it is difficult to control indoor air temperature and increase the percentage of carbon dioxide as well as energy consumption. For achieving the aim of this study, the simulation program (design builder) was utilized to measure room temperature, relative humidity, co2 production and energy consumption in different ventilation conditions. The results of the study showed the ability of hybrid ventilation to reduce the room temperature, especially in summer to reach (3.5 K) .Carbon dioxide and energy consumption were fallen by a margin (90 Kg/m^2), (290.9 Kwh/m^2) respectively. The study also included some suggestions for the location and area of the ventilation outlet to achieve both of better natural ventilation and hybrid ventilation, which resulted in a higher rate of air change and thus increase the movement of air in the vacuum. It recommended that control strategies for hybrid ventilation should be studied in order to be familiar with all developments and to be used mainly within health facilities.