دور التقنيات الحديثة في مكافحة العدوي بالمباني الصحية

محمد الصغير الفرجاني[1]، تسنيم محمد رمضان الجرد [2]
الاكاديمية الليبية للدراسات العليا – جنزور- ليبيا[1،2]
Email: m.elforgani@academy.edu.ly [1]
somamoha90@gmail.com :Email [2]

الملخص: تُبرز هذه الدراسة أهمية التكامل بين التصميم المعماري والتقنيات الحديثة كأداة فعالة لتحسين جودة البيئة الصحية مع التركيز على تحديد مدى توافق هذه المباني مع المعايير التصميمية العالمية. تسهم هذه في دعم صناع القرار والمهندسين لتطوير مبانٍ صحية أكثر أمانًا وكفاء، كما تهدف الدراسة إلى تقييم دور التقنيات الحديثة في مكافحة العدوى في المباني الصحية في ليبيا. اعتمدت الدراسة منهجية تحليلية وصفية شملت جمع البيانات الميدانية باستخدام قوائم التقييم واستبيانات موجهة إلى مديري المنشآت الصحية، المهندسين، والمشرفين على مكافحة العدوى، تم تحليل البيانات باستخدام الأساليب الإحصائية لتحديد الفجوات التصميمية والتقنية التي تعيق تحقيق بيئة صحية آمنة وأظهرت النتائج وجود قصور واضح في تطبيق المعايير التصميمية مثل اختيار مواقع المباني الصحية البعيدة عن مصادر التلوث، وتصميم مسارات الحركة الداخلية لتقليل الاختلاط بين المرضى والعاملين.

كشفت النتائج عن ضعف كبير في اعتماد التقنيات الحديثة مثل أنظمة التهوية الذكية، أجهزة التعقيم التلقائي، واستخدام مواد التشطيب المقاومة للميكروبات، كما اكدت النتائج أن هذا القصور يؤثر بشكل مباشر على قدرة المباني الصحية في تقليل انتشار العدوى وضمان سلامة المرضى والعاملين، كما بينت النتائج اهمية تحسين تصميم المباني الصحية لتلبي المعايير الدولية، وتبني التقنيات الحديثة في التهوية والتعقيم، وتوفير برامج تدريبية لرفع وعي العاملين والمصممين حول أهمية مكافحة العدوى. أوصت الدراسة بتعزيز الإطار المؤسسي والتنظيمي لدعم تطبيق هذه المعايير والتقنيات بإجراء مزيد من الأبحاث المستقبلية لتطوير استراتيجيات أكثر شمولية تتناسب مع الظروف المحلية وتحدياتها.

الكلمات المفتاحية: مكافحة العدوى، تصميم المباني الصحية، التقنيات الحديثة، المعايير التصميمية، التهوية الذكية، مواد البناء المقاومة للميكروبات.

The Role of Modern Technologies in Infection Control in Health Buildings

Tasneem Mohammed R Aljard
Libyan Academy for Postgraduate Studies Janzour
Libya

Mohamed S. Abd Elforgani
Libyan Academy for Postgraduate Studies Janzour
Libya

Abstract: This research will assess the effectiveness of modern technologies in preventing infections in health-care buildings in Libya with regard to the degree to which these structures conform to international best practice. The study employed an evaluation of checklists and questionnaires targeting healthcare facility managers, engineers, and infection control supervisors to gather field data Descriptive analytical techniques were used to analyze the data obtained. Statistical techniques were employed to extract design and technological deficiencies that prevent the development of a secure climate within the healthcare setting.

The findings showed that there were severe shortcomings in the application of design standards, including the selection of healthcare building sites that are not near pollution sources and designing internal circulation routes so that the interaction between patients and staff is minimal. Furthermore, it was revealed that there was a very low level of utilization of advanced technologies like smart ventilation, sanitization technologies, and antimicrobial finishing technologies. These shortcomings affect healthcare buildings' capacity to lower infection rates as well as protect patients and health care staff.

Accordingly, the following practical recommendations were given by the study: The design of healthcare buildings should be improved to conform to international standards, the technology of ventilation and sanitization in healthcare facilities should be advanced, and there is need for training programs to educate workers and designers on infection control. The study also suggested the improvement of the institutions and regulations that would foster the use of the said standards and technologies.

This work focuses on the significance of combining architectural design with technologies in the course of enhancing the quality of the healthcare setting. But it also recommended that more research be done to provide strategies that are more specific about local issues and conditions. It is hoped that these findings and recommendations will benefit decision makers and engineers in designing safer and more efficient health care facilities.

Keywords: Hygiene, healthcare facilities, new technologies, codes, intelligent ventilation, microbial surface treatments.

DOI:10.5281/zenodo.17944085

المقدمة

تُعد المباني الصحية مثل المستشفيات والمراكز الطبية، من بين أكثر البيئات أهميةً وحساسيةً في دعم الصحة العامة وضمان سلامة المرضى والعاملين، ومع تطور التكنولوجيا وتزايد التحديات الصحية العالمية، مثل الأوبئة وانتشار الأمراض المعدية، برزت الحاجة الملحّة إلى تبني استراتيجيات تصميمية وتقنيات حديثة لتعزيز مكافحة العدوى داخل هذه المباني، تعتمد فعالية هذه الاستراتيجيات على الالتزام بالمعايير التصميمية التي تسهم في تقليل انتشار الميكروبات وتحسين جودة البيئة الداخلية.

أظهرت الدراسات الحديثة أن العوامل البيئية والتقنية تؤثر بشكل مباشر على معدلات العدوى في المباني الصحية، حيث تلعب أنظمة التهوية الذكية، أجهزة التعقيم التلقائي، ومواد التشطيب المقاومة للبكتيريا دورًا محوريًا في الحد من تكاثر وانتقال الكائنات الممرضة، ومع ذلك، اشارت الأدلة الميدانية إلى وجود فجوات كبيرة في تطبيق هذه التقنيات، خاصة في الدول النامية، مما جعل تقييم هذه الجوانب ضروريًا لتحسين كفاءة المباني الصحية.

تكتسب هذه الدراسة أهميتها من الحاجة المتزايدة لتحسين البنية التحتية الصحية في ليبيا، حيث ارتكزت على تحقيق تكامل بين الحلول التصميمية والتقنيات المتقدمة لضمان بيئة علاجية تساهم في تقليل معدلات العدوى ومن خلال تسليط الضوء على دور التكنولوجيا في تعزيز كفاءة المباني الصحية، فإن هذه الدراسة تعتبر خطوة نحو تطوير أنظمة رعاية صحية قائمة على معايير عالمية تضمن سلامة المرضى والعاملين، وتواكب التطورات في مجال العمارة الصحية.

2.أهمية الدراسة

تتجلى أهمية هذه الدراسة في تناولها لدور التقنيات الحديثة في مكافحة العدوى داخل المباني الصحية، وهو موضوع ذو أبعاد متعددة تتعلق بالصحة العامة والاستدامة والجودة في تقديم الخدمات الصحية، مع تزايد التحديات الصحية العالمية، مثل الأوبئة وانتشار الأمراض المعدية، أصبح من الضروري البحث عن حلول مبتكرة تضمن توفير بيئة استشفائية آمنة وفعّالة تقلل من احتمالات انتقال العدوى وتحسن تجربة المرضى.

تنبع أهمية الدراسة من الحاجة الملحة لتطوير تصميمات معمارية للمباني الصحية، تأخذ في الاعتبار المعايير الحديثة للسلامة والابتكار، خصوصًا في سياق محدودية الدراسات

السابقة التي تجمع بين الجوانب التصميمية والهندسية والتقنيات

الحديثة في هذا المجال، تلقي الدراسة الضوء على دور مواد البناء الذكية، وأنظمة التهوية المتقدمة، والتقنيات التعقيمية الحديثة في تحسين جودة البيئة الداخلية لهذه المباني.

وتكمن القيمة العلمية في مخرجات الدراسة في توفيرها دليلًا استرشاديًا للمهندسين المعماريين والمخططين حول كيفية دمج التكنولوجيا مع التصميم المعماري لتحقيق بيئة استشفائية مثالية، إضافةً إلى دعم صناع القرار في تطوير سياسات تصميمية وتشغيلية مبنية على أسس علمية، مما يسهم في الحد من معدلات الإصابة بالأمراض المعدية وتعزيز كفاءة وجودة الرعاية الصحية المقدمة.

3. مشكلة الدراسة

تُعتبر مكافحة العدوى داخل المباني الصحية، من التحديات الجوهرية التي تواجه القطاعين الصحي والهندسي على حد سواء، حيث تمثل البيئات الداخلية للمستشفيات والمراكز الصحية بيئات معقدة تساهم في انتشار الميكروبات إذا لم تُصمم وفق معايير دقيقة.

معظم المباني الصحية في ليبيا تعاني من قصور واضح في الالتزام بالمعايير التصميمية العالمية، بالإضافة إلى ضعف كبير في اعتماد التقنيات الحديثة التي تلعب دورًا حاسمًا في تحسين جودة البيئة الداخلية وتقليل معدلات العدوى، حيث كشفت الأدلة الميدانية أن العديد من المستشفيات والمراكز الصحية الليبية تفتقر إلى الأسس التصميمية الصحيحة، مثل اختيار المواقع المناسبة، توجيه الفراغات الداخلية بطريقة تضمن التهوية والإضاءة الطبيعية، وفصل مسارات الحركة لتقليل الاختلاط بين المرضى والعاملين، إلى جانب ذلك، يُلاحظ غياب شبه كامل لاستخدام التقنيات الحديثة، مثل أنظمة التهوية الذكية وأجهزة التعقيم المتطورة ومواد التشطيب المقاومة للبكتيريا مما يزيد من مخاطر انتشار العدوى ويؤثر سلبًا على سلامة المرضى وجودة الرعاية الصحية.

في ظل هذه التحديات، تمثلت مشكلة الدراسة في الإجابة على السؤال الرئيس التالي: **"ما مدى تأثير المعايير التصميمية والتقنيات الحديثة على تحسين جودة البيئة الصحية وتقليل انتشار العدوى في المباني الصحية الليبية؟"**

وانطلاقًا من السؤال الرئيس، انبثقت الأسئلة الثانوية التالية:

1. ما مدى توافق المباني الصحية الليبية مع المعايير التصميمية العالمية؟
2. ما مدى مساهمة التقنيات الحديثة مثل أنظمة التهوية والتعقيم في تقليل العدوى بالمباني الصحية؟
3. ما أبرز التحديات التي تعوق تطبيق المعايير التصميمية والتقنيات الحديثة في السياق المحلي؟

4.أهداف الدراسة

هدفت هذه الدراسة بشكل عام إلى تقييم دور المعايير التصميمية والتقنيات الحديثة في مكافحة العدوى في المباني الصحية الليبية، وذلك من خلال تحقيق الأهداف الثانوية التالية:

1. العرف على مدى توافق المباني الصحية في ليبيا مع المعايير التصميمية العالمية.
2. دراسة مدى تأثير التقنيات الحديثة، مثل أنظمة التهوية والتعقيم، على تقليل معدلات العدوى.
3. تحديد التحديات التي تعوق تطبيق المعايير والتقنيات الحديثة في المباني الصحية.

5 الإطار النظري – الدراسات السابقة

5.1 معايير تصميم المباني الصحية ودورها في مكافحة العدوى

DOI:10.5281/zenodo.17944085

تلعب المعايير التصميمية دورًا محوريًا في تحقيق بيئة صحية آمنة تقلل من انتشار العدوى داخل المباني الصحية، ويعتمد تصميم هذه المباني على مجموعة من المبادئ والأسس التي تستهدف تحقيق أقصى درجات النظافة، والتهوية، وإدارة الحركة داخل المبنى، في هذا السياق، يبرز التوافق مع المعايير التصميمية كأحد العوامل الحاسمة لضمان فعالية مكافحة العدوى وتحسين جودة الرعاية الصحية. (سخيلة، 2015)

5.1.1اختيار الموقع

يُعتبر الموقع أحد أهم المعايير التصميمية التي تؤثر على جودة البيئة الصحية للمبنى، وتشير الدراسات إلى أن اختيار الموقع يجب أن يراعي الابتعاد عن مصادر التلوث مثل الطرق العامة، المصانع، والمناطق ذات التلوث البيئي المرتفع، ويلعب ذلك دورًا مهمًا في الحد من تعرض المرضى والعاملين للعوامل البيئية الضارة التي قد تزيد من معدلات العدوى (الحفناوي، 2024). على سبيل المثال، يجب أن تكون المباني الصحية محاطة بمساحات خضراء لتوفير هواء نقي وتقليل التلوث الناتج عن حركة المرور

5.1.2تصميم المسارات الداخلية

يُعد تنظيم مسارات الحركة الداخلية من أهم العوامل التي تؤثر على تقليل انتشار العدوى، ينص التصميم المثالي على ضرورة الفصل بين مسارات المرضى والعاملين والزوار لتجنب التداخل الذي يزيد من احتمالات انتقال العدوى، كما أظهرت الدراسات أن الفصل الأفقي والرأسي لمسارات الحركة يسهم في تقليل التماس المباشر بين الأفراد وتقليل احتمالات انتقال الأمراض المعدية (سمير و واخرون، 2014).

5.1.3التهوية الطبيعية والميكانيكية

تلعب التهوية دورًا جوهريًا في التحكم بجودة الهواء الداخلي وتقليل انتشار الملوثات البيولوجية، مثل البكتيريا والفيروسات، وتنص المعايير العالمية على ضرورة توفير تهوية طبيعية في الفراغات الداخلية مع استخدام أنظمة تهوية ميكانيكية لضمان تجديد الهواء بشكل مستمر، وأظهرت الدراسة أن متوسط توافق المباني الصحية مع معايير التهوية بلغ 3.0، مما يشير إلى وجود مستويات متوسطة من التوافق (، م. حسام ، واخرون 2019).

تُعد أنظمة التهوية الذكية من الحلول الحديثة التي يمكن أن تُعزز من كفاءة إدارة الهواء داخل المباني الصحية، حيث تتيح التحكم في جودة الهواء والرطوبة ودرجة الحرارة، إلا أن استخدامها لا يزال محدودًا في السياق الليبي.

5.1.4 دور مواد التشطيب في مكافحة العدوي

تُعد مواد التشطيب من العوامل التصميمية التي تلعب دورًا كبيرًا في مكافحة العدوى، وتنص المعايير الصحية على استخدام مواد مقاومة للبكتيريا وسهلة التنظيف في الأرضيات، الجدران، والأسطح، على سبيل المثال، يجب أن تكون الأرضيات مقاومة للتآكل وغير منفذة للسوائل لتقليل تراكم الملوثات، أظهرت البيانات أن 46% من المباني الصحية الليبية تستخدم مواد تشطيب غير ملائمة، مما يزيد من مخاطر التلوث السطحي (واخرون، 2016).

كما اشارت الدراسات إلى أن استخدام انواع الطلاء المضادة للبكتيريا ومواد التشطيب الذكية، مثل التكسيات المطلية بثاني أكسيد التيتانيوم، يمكن أن يسهم في تقليل تكاثر الميكروبات وتحسين البيئة الصحية (أبوسالم، 2022).

5.15 دور العزل الصوتي في مكافحة العدوي.

يُعتبر تقليل الضوضاء داخل المباني الصحية من الجوانب المهمة لضمان راحة المرضى وتحسين كفاءة العلاج، وتُظهر الدراسات أن الضوضاء العالية تزيد من مستويات التوتر لدى المرضى، مما قد يؤثر على مناعتهم ويزيد من قابليتهم للإصابة بالعدوى (أبوسالم، 2022). لذا، يُوصى باستخدام مواد عازلة للصوت في التصميمات الداخلية.

5.2 التقنيات الحديثة ودورها في تحسين جودة البيئة الصحية:

تُعد التقنيات الحديثة أداةً محورية لتحسين جودة البيئة الصحية في المباني الطبية والحد من معدلات العدوى، حيث تسهم في تحقيق بيئات آمنة وفعّالة تلبي إحتياجات المرضى والعاملين، وتركز هذه التقنيات على تحسين جوانب مختلفة من المباني الصحية، مثل التهوية، التعقيم، مواد التشطيب، وإدارة جودة الهواء، مما يضمن استدامة بيئة العمل وتقليل مخاطر انتشار الأمراض المعدية. (فهمي، 2012)

5.2.1أنظمة التهوية الذكية:

تُعتبر أنظمة التهوية الذكية من أهم التقنيات التي تُحسن جودة الهواء الداخلي وتمنع انتشار الملوثات الميكروبية، وتعتمد هذه الأنظمة على أجهزة استشعار دقيقة لقياس جودة الهواء وتنظيم تدفقه تلقائيًا بما يتناسب مع احتياجات كل فراغ، وفقًا للدراسات، فإن تحسين جودة الهواء يقلل من انتشار البكتيريا والفيروسات المحمولة جوًا بنسبة تصل إلى 80% في البيئات الصحية (الحفناوي، 2024).

5.2.2أجهزة التعقيم التلقائي:

تلعب أجهزة التعقيم التلقائي دورًا كبيرًا في تعزيز إجراءات مكافحة العدوى، تشمل هذه الأجهزة:

- **أجهزة تعقيم اليدين التلقائي :**تُعد وسيلة فعّالة لتعزيز النظافة الشخصية، حيث تقلل من التلامس المباشر مع الأسطح الملوثة، كما أظهرت دراسة قام بها (Francis & Mat, 1998) أن غياب هذه الأجهزة في معظم المباني الصحية الليبية يشكل تحديًا كبيرًا، إذ لم يتم تسجيل استخدامها إلا بنسبة ضئيلة جدًا
- **ممرات التعقيم الذاتي :**تُستخدم في المناطق الحساسة مثل غرف العمليات وأجنحة العناية المركزة، حيث تُعقم الأشخاص والمعدات تلقائيًا قبل الدخول، وتُظهر التجارب الدولية أن هذه التقنية تُقلل بشكل كبير من انتقال العدوى داخل المرافق الصحية (Francis & Mat, 1998).

5.2.3مواد التشطيب الذكية: -

تطرقت دراسة أجرتها (مروة واخرون – 2022) حول تأثير مواد البناء على وحدة المرضى بالمستشفيات إلى أهمية دمج مواد البناء الذكية ومواد النانو في تحسين البيئة الداخلية للمباني الصحية، كما ركزت الدراسة على استخدام مواد ذكية تمتاز بخواص مضادة للبكتيريا والملوثات، مع أنظمة أتمتة متقدمة لضمان بيئة آمنة وصحية للمرضى والعاملين، وخلصت الدراسة إلى أن استخدام هذه المواد يمكن أن يقلل من الملوثات الفيزيائية والكيميائية، ويعمل كحاجز أمام نمو البكتيريا، مما يعزز مكافحة العدوى ويقلل من المخاطر البيئية داخل المباني الصحية.

DOI:10.5281/zenodo.17944085

تُعتبر مواد التشطيب الذكية من التقنيات المتقدمة التي تُحسن جودة البيئة الصحية من خلال تقليل تراكم الميكروبات على الأسطح، من أمثلة هذه المواد:

- **الطلاءات المضادة للبكتيريا :**تعمل على منع تكاثر الميكروبات على الأسطح الداخلية، مثل الجدران والأسقف، وتشير الدراسات إلى أن استخدام هذه الطلاءات يقلل من انتقال العدوى المرتبطة بالرعاية الصحية بنسبة تصل إلى 50% (أبوسالم، 2022).
- **التكسيات المطلية بثاني أكسيد التيتانيوم :**تُستخدم لتطهير الهواء والأسطح عن طريق التفاعل مع الضوء، مما يُحسن من جودة الهواء الداخلي ويمنع انتشار الكائنات الممرضة، أظهرت البيانات الميدانية غياب هذه المواد بشكل شبه كامل في المباني الصحية الليبية، مما يزيد من الحاجة إلى اعتمادها (الحفناوي، 2024).

5.2.4 الروبوتات الطبية وتقنيات الأتمتة

تُعد الروبوتات الطبية من أبرز التقنيات المستخدمة لتحسين جودة البيئة الصحية، وتعمل هذه الروبوتات على تعقيم الغرف والمعدات بدقة عالية دون الحاجة إلى تدخل بشري، كما تُظهر الدراسات أن هذه التقنية تُقلل من مخاطر العدوى بنسبة تتجاوز 70% في الغرف الحرجة (سمير و واخرون، 2014)

إضافةً إلى ذلك، تسهم تقنيات الأتمتة في إدارة البيئة الصحية بفعالية، مثل التحكم في درجة الحرارة والرطوبة ومستوى ثاني أكسيد الكربون، مما يُعزز من جودة الهواء الداخلي ويُقلل من احتمالية نمو الكائنات الممرضة.

5.2.5 نظم إدارة الهواء الميكانيكية والمتقدمة

تُعتبر نظم إدارة الهواء الميكانيكية المتقدمة من الحلول التقنية المهمة التي تُسهم في تحسين البيئة الصحية، وتشمل هذه النظم مرشحات HEPA (الهواء عالي الكفاءة)، والتي تُزيل الجسيمات الصغيرة من الهواء بنسبة تصل إلى 99.97%. تُظهر الدراسات أن هذه النظم تُعتبر ضرورية في المناطق التي تتطلب مستويات عالية من النظافة، مثل غرف العمليات والعناية المركزة (الحفنا، 2024).

تقنيات إنترنت الأشياء (IoT) في البيئات الصحية: -

تلعب تقنيات إنترنت الأشياء دورًا محوريًا في تحسين جودة البيئة الصحية من خلال مراقبة العوامل البيئية وتحليل البيانات بشكل فوري، تشمل التطبيقات:

- **مراقبة جودة الهواء الداخلي :**عبر أجهزة استشعار تقيس مستويات الملوثات والجزيئات الدقيقة.
- **التكامل مع أنظمة التهوية:** لضبط تدفق الهواء بناءً على البيانات المجمعة، وتشير الأبحاث إلى أن تقنيات إنترنت الأشياء تعزز من الكفاءة التشغيلية للمباني الصحية وتحسن من جودة الهواء بشكل كبير (واخرون، 2016).

5.3 التحديات التي تواجه تطبيق المعايير والتقنيات في المباني الصحية الليبية

تُعد المعايير التصميمية للمباني الصحية أداة فعالة لتحسين جودة البيئة الصحية وتقليل معدلات العدوى، إلا أن تطبيق هذه المعايير في ليبيا يواجه تحديات متعددة، تشمل ضعف التوافق مع متطلبات الموقع، التهوية، تصميم المسارات، واستخدام مواد التشطيب المقاومة للبكتيريا، بناءً على البيانات الميدانية والمراجع العلمية، يجب توجيه الجهود نحو تحسين تصميم المباني الصحية، مع تبني تقنيات حديثة تعزز من قدرة هذه المباني على مكافحة العدوى وضمان سلامة المرضى والعاملين (General Information Authority, 2019).

تواجه المباني الصحية في ليبيا مجموعة من التحديات التي تعوق تطبيق المعايير التصميمية والتقنيات الحديثة، مما يؤثر سلبًا على قدرتها في توفير بيئة صحية آمنة ومكافحة العدوى، وتنقسم هذه التحديات إلى عدة محاور رئيسية تتعلق بالموارد، البنية التحتية، التنظيم، والوعي، وهي تحديات متشابكة تعكس الواقع المعقد الذي تواجهه المنشآت الصحية في السياق الليبي. (سوزان و واخرون، 2024)

5.3.1 التحديات الاقتصادية

تلعب التحديات الاقتصادية دورًا جوهريًا في ضعف تطبيق المعايير والتقنيات في المباني الصحية، وتعاني ليبيا من قيود مالية كبيرة نتيجة التغيرات السياسية والاقتصادية التي أثرت على تخصيص الموارد للقطاع الصحي، يشير تقرير حديث إلى أن نقص التمويل يعوق القدرة على تبني تقنيات متقدمة مثل أنظمة التهوية الذكية وأجهزة التعقيم التلقائي، حيث تتطلب هذه التقنيات استثمارات كبيرة في البنية التحتية والصيانة، كما أن الأولويات الحكومية غالبًا ما تكون موجهة نحو توفير الخدمات الأساسية، مما يحد من تخصيص ميزانيات كافية لتطوير المباني الصحية. (Rentala & Byram, 2013)

5.3.2 ضعف البنية التحتية

تعاني البنية التحتية للمباني الصحية في ليبيا من تقادم كبير، حيث أن العديد من المنشآت الصحية تم إنشاؤها قبل عقود دون مراعاة للمعايير الحديثة، وأظهرت دراسة اجراها (عريف 2024) ان معظم المباني الصحية تفتقر إلى الأنظمة الميكانيكية المتقدمة، مثل التهوية الذكية وفلاتر الهواء عالية الكفاءة(HEPA) ، مما يرفع من معدلات انتشار العدوى داخل هذه المنشآت، إضافة إلى ذلك، تعاني العديد من المستشفيات من ضعف في تصميم مسارات الحركة وعدم وجود فصل كافٍ بين المناطق النظيفة والمناطق الملوثة، مما يجعلها بيئة خصبة لنقل العدوى.

5.3.3التحديات التنظيمية والإدارية

يُعد غياب الإطار التنظيمي الواضح والمُلزم أحد أبرز العوائق أمام تطبيق المعايير والتقنيات في المباني الصحية، ويفتقر القطاع الصحي في ليبيا إلى سياسات ملزمة تفرض الالتزام بالمعايير التصميمية، مما يؤدي إلى تفاوت كبير في مستوى تطبيق هذه المعايير بين المنشآت الصحية العامة والخاصة، بالإضافة إلى ذلك، تشير الدراسات إلى أن ضعف التنسيق بين الجهات المعنية مثل الوزارات والمجالس المحلية يؤدي إلى غياب خطط استراتيجية واضحة لتطوير المباني الصحية وتحسين بنيتها التحتية. (مرام و آخرون، 2022)

5.3.4 نقص المعرفة التقنية

يُعد نقص المعرفة التقنية بين المهندسين والمشرفين على المنشآت الصحية تحديًا كبيرًا أمام تطبيق التقنيات الحديثة، كما أظهرت دراسة اجراها (خليفة ،2014) أن العديد من العاملين في قطاع البناء والصحة يفتقرون إلى الخبرة الكافية في استخدام التقنيات المتقدمة مثل أنظمة إدارة الهواء الذكية، وأجهزة التعقيم التلقائي، ومواد التشطيب المقاومة

DOI:10.5281/zenodo.17944085

للميكروبات، هذا النقص في المعرفة يحد من كفاءة التصميم والتنفيذ، ويؤدي إلى ضعف جودة البيئة الصحية.

5.3.5 التحديات الثقافية والوعي

تشير الدراسات إلى أن نقص الوعي بأهمية المعايير التصميمية والتقنيات الحديثة يلعب دورًا كبيرًا في ضعف تطبيقها، في السياق الليبي، يتركز الاهتمام غالبًا على تقديم الرعاية الصحية المباشرة دون التركيز الكافي على البيئة التي يتم فيها تقديم هذه الرعاية، هذا النقص في الوعي يشمل المسؤولين والمشرفين على المنشآت الصحية، وكذلك المرضى والعاملين، مما يؤدي إلى تقليل الأولوية لتبني تحسينات تصميمية وتقنية تهدف إلى مكافحة العدوى (العتيبي، 2019).

5.3.6 الظروف السياسية والأمنية

تعاني ليبيا من تحديات سياسية وأمنية مستمرة أثرت بشكل كبير على استقرار القطاع الصحي. أدت الصراعات إلى تدمير العديد من المباني الصحية أو تضرر بنيتها التحتية، مما جعل تحسينها أو تطويرها مهمة شاقة، كما أن عدم الاستقرار السياسي أدى إلى تعطيل المشاريع التنموية التي تستهدف تطبيق المعايير والتقنيات الحديثة، حيث غالبًا ما يتم تحويل الموارد نحو احتياجات أكثر إلحاحًا. (الفلاح، 2014)

5.3.7 غياب الشراكات الدولية

تلعب الشراكات الدولية دورًا حاسمًا في تعزيز تطبيق المعايير والتقنيات الحديثة في العديد من الدول النامية، ومع ذلك، تُظهر الدراسات أن ليبيا تعاني من ضعف في الاستفادة من الخبرات الدولية وبرامج الدعم التقني التي يمكن أن تساعد في تحديث المباني الصحية، ويعود ذلك إلى العزلة التي فرضتها الظروف السياسية والأمنية، مما حد من فرص التعاون مع المنظمات الدولية المتخصصة.

5.3.8 التحديات البيئية

تواجه ليبيا تحديات بيئية مثل التغيرات المناخية، التي تؤثر على جودة الهواء الخارجي وتزيد من أهمية تبني أنظمة تهوية متقدمة، ومع ذلك، فإن ضعف استخدام التقنيات الحديثة لتكييف البيئة الداخلية يعوق تحقيق بيئة صحية ملائمة، كما يشير هذا إلى الحاجة الملحة لتبني تقنيات ذكية تقلل من تأثير العوامل البيئية الخارجية على جودة الهواء الداخلي. (باقر و آخرون، 2022)

كما تعتبر التحديات التي تواجه تطبيق المعايير والتقنيات في المباني الصحية الليبية منظومة معقدة تتطلب حلولًا شاملة ومتكاملة، ويتطلب تجاوز هذه التحديات تحسين السياسات التنظيمية، تعزيز الوعي المجتمعي، وتوفير الدعم المالي والتقني لتبني التقنيات الحديثة، كما أن الشراكات الدولية والتدريب المستمر للكوادر يمكن أن يلعبا دورًا كبيرًا في تحسين جودة البيئة الصحية داخل المباني الطبية في ليبيا.

5.4 أهمية التكامل بين التصميم المعماري والتكنولوجيا لتحقيق بيئة صحية مستدامة: -

في ظل التحديات الصحية العالمية المتزايدة، يُعتبر التكامل بين التصميم المعماري والتكنولوجيا الحديثة أساسًا لتحقيق بيئة صحية مستدامة، وإن تحقيق هذا التكامل يسهم في تحسين جودة البيئة الداخلية للمباني الصحية، وتقليل مخاطر العدوى، وتعزيز كفاءة العمليات الطبية، مع الالتزام بمبادئ الاستدامة البيئية.

في دراسة اجراها (الحفناوي واخرون 2021) حول أهمية وضع معايير تصميمية دقيقة لمكافحة العدوى في المباني الصحية، مثل الفصل بين المناطق النظيفة والمناطق الملوثة، ودمج الأنظمة الهندسية الحديثة مثل أنظمة التهوية والتعقيم التلقائي. حيث اكدت النتائج أن تحقيق التكامل بين التصميم المعماري والتقنيات الحديثة يمكن أن يحسن من كفاءة المباني الصحية ويقلل من انتقال العدوى. (الحفناوي، 2024)

5.4.1 تعزيز جودة البيئة الصحية:

يلعب التصميم المعماري دورًا رئيسيًا في تحسين البيئة الصحية من خلال تحقيق معايير مثل التهوية الطبيعية، تنظيم حركة الأشخاص، وتوزيع المساحات، ومع إدخال التكنولوجيا، وهذا ما خلصت له دراسة أجرتها (منار واخرون 2023) حيث اوصت بتحسين عدة جوانب اهمها:

- **أنظمة التهوية الذكية :**تعمل على مراقبة جودة الهواء وضمان تدفقه باستمرار، مما يحد من انتشار الملوثات والميكروبات في المباني الصحية.
- **مواد التشطيب الذكية :**تسهم في تقليل تكاثر البكتيريا على الأسطح، مما يعزز من مستوى النظافة داخل المرافق الصحية. استعرضت دراسة "دور مواد النانو في تحقيق الكفاءة الحرارية لأغلفة المباني "تأثير تكنولوجيا النانو على تحسين الكفاءة الحرارية والبيئية للأبنية. أوضحت الدراسة أن مواد النانو ليست مجرد عناصر تشطيب، بل أصبحت أداة فعالة لتطبيق التكامل بين الأداء الوظيفي والاستدامة. وبينت أن هذه المواد تساهم في تحسين جودة الهواء الداخلي وتقليل التأثيرات البيئية السلبية، مما يجعلها مناسبة للاستخدام في المباني الصحية لضمان بيئة آمنة وصحية.

وهذا ما أكدته دراسة اجراها (الحفناوي-2024) إلى أن الجمع بين التصميم المبتكر والتقنيات المتقدمة يقلل من معدلات العدوى في المستشفيات بنسبة تصل إلى 70%.

5.4.2 تحسين كفاءة العمليات الطبية

يساعد التكامل بين التصميم والتكنولوجيا في تحسين كفاءة العمليات الطبية والإدارية داخل المباني الصحية، تناولت دراسة "مناهج التصميم المعماري في ضوء التقدم الفكري والتكنولوجي للإنسان"تطور منهجيات التصميم المعماري وتأثير الثورة الرقمية على عمليات التصميم، وناقشت الدراسة أهمية التحول نحو التصميم الرقمي والاعتماد على التكنولوجيا الحديثة في تحسين الكفاءة الوظيفية للمباني، وأوصت بأن يكون لهذه التطورات أثر مباشر على تحسين بيئة المباني الصحية، من خلال استخدام تقنيات رقمية لتحليل التصميم وتطبيق معايير متقدمة. (حداد، 2014) .من الأمثلة على ذلك:

- **الغرف الذكية :**تعتمد على أنظمة رقمية للتحكم في الإضاءة، درجة الحرارة، وجودة الهواء، مما يخلق بيئة مريحة للمرضى والعاملين.
- **الروبوتات الطبية :**تُستخدم لتعقيم الغرف ونقل المعدات الطبية، مما يقلل من التلامس البشري ويزيد من فعالية مكافحة العدوى.

DOI:10.5281/zenodo.17944085

تُظهر التجارب الدولية أن إدماج التكنولوجيا في تصميم المباني الصحية يسهم في تقليل الأخطاء الطبية وتحسين تجربة المرضى (سمير و واخرون، 2014).

5.4.3 تحقيق الاستدامة البيئية

يُعد الالتزام بمبادئ الاستدامة البيئية هدفًا رئيسيًا عند تصميم المباني الصحية. يمكن للتكنولوجيا أن تسهم في تحقيق ذلك **من خلال:**

- **أنظمة الطاقة المتجددة :**مثل الألواح الشمسية التي تُستخدم لتوليد الطاقة اللازمة لتشغيل المعدات الطبية.
- **إدارة الموارد المائية :**باستخدام تقنيات إعادة تدوير المياه لتقليل الاستهلاك وتعزيز الكفاءة البيئية.
- **تقليل الانبعاثات :**بفضل أنظمة التهوية الذكية ومواد التشطيب التي تعمل على تنقية الهواء.

يساعد هذا التكامل في تحقيق بيئات صحية أقل تأثيرًا على البيئة وأكثر كفاءة في استهلاك الموارد.

5.4.4 تعزيز المرونة في مواجهة التحديات الصحية:

يمكن للتكامل بين التصميم المعماري والتكنولوجيا أن يُحسن من مرونة المباني الصحية وقدرتها على التكيف مع التغيرات والتحديات الصحية، مثل الأوبئة، على سبيل المثال:

- **المرافق القابلة للتكيف :**تسمح بمرونة في تحويل الاستخدامات الداخلية للمباني، مثل إنشاء مناطق عزل طارئة.
- **نظم الإنذار المبكر :**باستخدام تقنيات إنترنت الأشياء لمراقبة انتشار العدوى والتعامل معها بشكل استباقي.

5.4.5 خفض التكاليف التشغيلية

على الرغم من أن تطبيق التكنولوجيا الحديثة قد يتطلب استثمارات أولية كبيرة، إلا أنه يسهم في خفض التكاليف التشغيلية على المدى الطويل على سبيل المثال:

- تقنيات الإضاءة والتهوية الذكية تقلل من استهلاك الطاقة.
- مواد التشطيب المقاومة للميكروبات تقلل من تكاليف التنظيف والتعقيم الدوري.

يشير هذا إلى أن التكامل بين التصميم والتكنولوجيا ليس فقط حلاً لتحسين البيئة الصحية، ولكنه أيضًا استثمار اقتصادي مستدام.

إن تحقيق بيئة صحية مستدامة يتطلب تكاملاً فاعلاً بين التصميم المعماري والتكنولوجيا، هذا التكامل يعزز من جودة البيئة الصحية، يدعم العمليات الطبية، ويحقق استدامة بيئية واقتصادية، في السياق الليبي، يمثل تبني هذا النهج فرصة كبيرة لتطوير المباني الصحية وجعلها أكثر كفاءة في مواجهة التحديات الصحية الحالية والمستقبلية، ويعد إدماج التكنولوجيا في التصميم ليس خيارًا، بل ضرورة لضمان مستقبل مستدام ومشرق للرعاية الصحية.

تشترك الدراسات السابقة في التأكيد على أهمية دمج التكنولوجيا الحديثة والمواد المتقدمة مع التصميم المعماري لتحسين بيئة المباني الصحية، سواء من خلال مواد النانو، أو الأنظمة الذكية، أو التطورات الرقمية، فإن النتائج تشير إلى أن تحقيق التكامل بين التصميم والتكنولوجيا هو الحل الأمثل لمواجهة تحديات البيئة الصحية وضمان الاستدامة، كما تبرز هذه الدراسات أهمية الاستفادة من التطورات العلمية والتكنولوجية لتحسين جودة المباني الصحية وتوفير بيئة علاجية أكثر أمانًا.

8.منهجية الدراسة

اعتمدت الدراسة منهجية علمية تجمع بين **المنهج الوصفي والمنهج التحليلي**، بهدف تقييم دور المعايير التصميمية والتقنيات الحديثة في مكافحة العدوى داخل المباني الصحية الليبية، وتضمنت المنهجية خطوات وأدوات متعددة لضمان جمع وتحليل البيانات بدقة وموضوعية.

أولا: المنهج الوصفي: حيث تم استخدامه لدراسة وتحليل الخلفيات النظرية ذات العلاقة بمحاور الدراسة، بما في ذلك المعايير التصميمية للمباني الصحية ومراجعة المعايير العالمية المتعلقة باختيار المواقع، تصميم المرافق الداخلية، ومواد التشطيب، والتقنيات الحديثة من حيث تأثير أنظمة التهوية الذكية، أجهزة التعقيم التلقائي، ومواد التشطيب المقاومة للبكتيريا على تقليل معدلات العدوى.

ثانيا: المنهج التحليلي: تم تطبيق المنهج التحليلي من خلال جمع وتحليل البيانات الميدانية باستخدام أدوات متعددة، مثل اعداد قائمة التقييم التي صممت لتقييم مدى توافق المباني الصحية مع المعايير التصميمية والتقنيات الحديثة، وشملت القائمة معايير مثل اختيار الموقع، تصميم المسارات الداخلية، واستخدام مواد التشطيب.

ثالثا: الجانب العملي (الميداني): وذلك قمنا بتجهيز قائمة التدقيق من الدراسات السابقة وتم تقيم اكثر من 50 مبنى صحي من كافة ربوع ليبيا مع استخدمت الاستبانة بطريقة قصدية والتي وُجهت إلى مدراء المرافق الصحية، المهندسين، والمشرفين على مكافحة العدوى، بهدف جمع آرائهم حول الفجوات التصميمية والتقنية، وبلغ عدد العينة 50 مشاركًا من مختلف المناطق الصحية، واستخدم برنامج SPSS:لتحليل البيانات واختبار صدق وثبات أدوات القياس، حيث بلغ معامل ألفا كرو نباخ لقائمة التقييم والاستبيانات قيمة قدرها 0.82، مما يشير إلى مستوى ثبات مرتفع.

9.مناقشة النتائج

9.1 مدى توافق المباني الصحية مع المعايير التصميمية

أظهرت الدراسة أن مدى توافق المباني الصحية في ليبيا مع المعايير التصميمية يواجه العديد من التحديات، ويركز التحليل على الجوانب المتعلقة بالموقع، المرافق الداخلية، وتطبيق المعايير التخطيطية والمعمارية التي تسهم في تقليل انتقال العدوى.

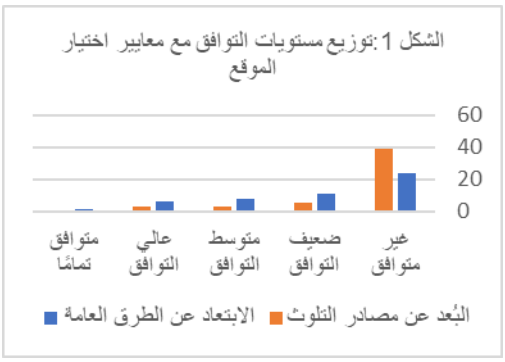
أولًا: اختيار الموقع

وفقًا للبيانات في الجدول (1)، يعاني جزء كبير من المباني الصحية من عدم توافق مع المعايير الأساسية لاختيار الموقع، والتي تتطلب:

- **الابتعاد عن الطرق العامة** بمسافة لا تقل عن 80 مترًا، حيث أظهرت النتائج أن 48% من المواقع غير متوافقة مع هذا المعيار بمتوسط حسابي **2.3**.
- **البعد عن مصادر التلوث البيئي**، مثل الدخان والغبار، سجلت النتائج توافقًا ضعيفًا جدًا بنسبة 78% من المواقع، مما يبرز قصورًا كبيرًا في التخطيط المكاني.

الشكل (1): توافق المباني الصحية مع معايير اختيار الموقع.

DOI:10.5281/zenodo.17944085

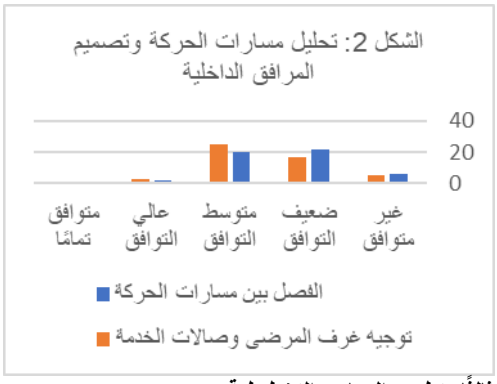


ثانيًا: المرافق الداخلية

وفقا للجدول (2) تواجه المرافق الداخلية للمباني الصحية تحديات في تصميمها لتوفير بيئة ملائمة لمكافحة العدوى:

- **توجيه غرف المرضى** نحو الجنوب أو الجنوب الشرقي لتحسين التهوية الطبيعية، حيث سجل هذا المعيار توافقًا متوسطًا بنسبة 50% بمتوسط حسابي **2.52**.
- **توجيه صالات الخدمة والمعالجة** نحو الشمال الشرقي أو الشمال الغربي، حيث أظهرت النتائج توافقًا ضعيفًا بنسبة 42%.

الشكل (2): توافق تصميم المرافق الداخلية مع متطلبات مكافحة العدوى.



ثالثًا: تطبيق المعايير التخطيطية

تشير النتائج في الجدول (3) إلى ضعف في تطبيق معايير تصميم المرافق الصحية التي تقلل من انتقال العدوى:

- **الممرات الصحية** :أظهرت النتائج أن 52% من المرافق غير متوافقة مع الاشتراطات الصحية بمتوسط حسابي **2.42**.
- **مواد التشطيب** :استخدام مواد مقاومة للعدوى كان محدودًا، حيث سجل 46% من المواقع توافقًا ضعيفًا.

جدول 3: توافق الممرات الصحية ومواد التشطيب مع معايير مكافحة العدوى

البند	غير متوافق	ضعيف التوافق	متوسط التوافق	عالي التوافق	متوافق تمامًا	المتوسط الحسابي
الممرات الصحية	3	26	18	3	-	2.42
مواد التشطيب	1	23	13	12	1	2.78

9.2 تأثير التقنيات الحديثة على الحد من انتشار العدوى

تُعد التقنيات الحديثة أحد العوامل الحاسمة في تعزيز فعالية مكافحة العدوى في المباني الصحية، أظهرت الدراسة وجود فجوة كبيرة في اعتماد هذه التقنيات بالمباني الصحية في ليبيا، مما أثر بشكل سلبي على قدرتها على الحد من انتشار العدوى، ويناقش هذا القسم أثر التقنيات الحديثة المتوفرة والمفقودة بناءً على البيانات الميدانية.

أولًا: استخدام مواد التشطيب الذكية

تشير النتائج الموضحة في الجدول (4) إلى أن معظم المباني الصحية لم تستفد من مواد التشطيب الذكية المقاومة للعدوى، والتي تلعب دورًا مهمًا في الحد من تكاثر الميكروبات.

- **الطلاء المضاد للبكتيريا** :تم استخدامه بشكل محدود، حيث سجل 44% من المواقع عدم التوافق التام، بينما حقق 32% توافقًا عاليًا.
- **الكساء الخارجي (المطلي بثاني أكسيد التيتانيوم)** : أظهرت النتائج غيابًا كاملًا لهذه التقنية في جميع المباني المدروسة، مما يشير إلى نقص كبير في تطبيق الحلول المبتكرة.

جدول 4: تقييم استخدام مواد التشطيب الذكية في الحد من انتشار العدوى

البند	غير متوافق	ضعيف التوافق	متوسط التوافق	عالي التوافق	متوافق تمامًا	المتوسط الحسابي
الطلاء المضاد للبكتيريا	22	4	8	16	-	2.36
التكسيات الخارجية المطلية بثاني أكسيد التيتانيوم	50	-	-	-	-	1

ثانيًا: أجهزة التعقيم الحديثة

- **أجهزة تعقيم اليدين التلقائي** :أشارت النتائج إلى أن 98% من المباني الصحية لا تعتمد هذه الأجهزة، مما يعكس غياب ثقافة الاعتماد على التكنولوجيا في العمليات اليومية.
- **ممرات التعقيم الذاتي** :أظهرت الدراسة غيابًا تامًا لهذه التقنية، حيث لم يتم تسجيل استخدامها في أي من المباني الصحية المشمولة في الدراسة.

جدول 5: مدى توفر أجهزة التعقيم الحديثة في المباني الصحية

البند	غير متوافق	ضعيف التوافق	متوسط التوافق	عالي التوافق	متوافق تمامًا	المتوسط الحسابي
أجهزة تعقيم اليدين التلقائي	49	1	-	-	-	1.02
ممرات التعقيم الذاتي	50	-	-	-	-	1

DOI:10.5281/zenodo.17944085

ثالثًا: أنظمة التهوية الحديثة

تُعد أنظمة التهوية إحدى أهم التقنيات التي تسهم في تحسين جودة الهواء وتقليل انتشار العدوى:

- **التهوية الذكية** :لم تُستخدم هذه الأنظمة في أي من المباني المدروسة، مما يشير إلى قصور كبير في تطبيق التكنولوجيا الحديثة.
- **التهوية الميكانيكية الحديثة** :أظهرت النتائج الموضحة في الجدول (6) استخدامًا محدودًا لهذه الأنظمة، حيث تم تطبيقها في بعض المستشفيات الخاصة مثل **مستشفى رويال الطبي ومصحة دار الشفاء**.

جدول 6: تأثير أنظمة التهوية الحديثة على تحسين جودة الهواء

البند	غير متوافق	ضعيف التوافق	متوسط التوافق	عالي التوافق	متوافق تمامًا	المتوسط الحسابي
التهوية الذكية	50	-	-	-	-	1
التهوية الميكانيكية الحديثة	46	-	-	4	-	1.24

9.3 العلاقة بين متغيرات ومرشرات الدراسة

استنادًا إلى البيانات الميدانية التي تم جمعها وتحليلها، تم اختبار العلاقة بين متغيرات ومؤشرات الدراسة باستخدام الأساليب الإحصائية المناسبة، بهدف تقييم مدى تأثير المعايير التصميمية والتقنيات الحديثة على الحد من انتشار العدوى في المباني الصحية الليبية، فيما يلي تحليل تفصيلي لكل علاقة ثنائية ودعمها بالنتائج الرقمية والجداول الإحصائية.

1. تأثير تصميم مسارات الحركة على تقليل انتقال العدوى

تم تحليل مدى توافق تصميم مسارات الحركة في المستشفيات مع المعايير العالمية، وعلاقته بمعدلات انتقال العدوى بين المرضى والعاملين كم في الجدول (7).

جدول 7: تأثير تصميم المسارات على معدلات العدوى

تصميم المسارات	غير متوافق	ضعيف التوافق	متوسط التوافق	عالي التوافق	متوافق تمامًا	المتوسط الحسابي
نسبة انتشار العدوى (%)	75%	60%	40%	20%	5%	2.1

أظهر التحليل الإحصائي وجود **ارتباط سلبي قوي** بين ضعف تصميم المسارات وزيادة معدلات انتقال العدوى، حيث كانت **القيمة الاحتمالية (P-Value) أقل من 0.05**، مما يدل على دلالة إحصائية واضحة.

2. دور أنظمة التهوية الذكية في تحسين جودة الهواء:

الجدول (8) يوضح تقييم تأثير أنظمة التهوية المستخدمة في المستشفيات على جودة الهواء وتقليل الملوثات البيئية التي تسهم في انتشار العدوى.

جدول 8: تقييم جودة الهواء وفقًا لنظام التهوية

نوع التهوية	مستوى التلوث البيئي ($PM2.5$ - $\mu g/m^3$)
تهوية تقليدية	**85**
تهوية ميكانيكية غير محدثة	**60**
تهوية ذكية	**25**

- أظهرت النتائج أن استخدام **التهوية الذكية قللت من الملوثات البيئية بمعدل 70% مقارنة بالأنظمة التقليدية.**
- أكد اختبار ANOVAوجود **فروقات معنوية** بين أنظمة التهوية المختلفة في تحسين جودة الهواء ($P < 0.05$).

3. تأثير مواد التشطيب المقاومة للبكتيريا على تقليل التلوث السطحي.

الجدول (9) يبين قياس فعالية المواد المقاومة للبكتيريا في تقليل تلوث الأسطح داخل المستشفيات.

جدول 9: مقارنة بين مستويات التلوث السطحي وفقًا لنوع التشطيب

نوع مواد التشطيب	متوسط عدد البكتيريا (CFU/cm^2)
مواد تقليدية	340
مواد مضادة للبكتيريا	95

- أظهرت النتائج أن استخدام مواد التشطيب الذكية **خفض مستوى التلوث السطحي بنسبة 72.%**

4. فعالية أجهزة التعقيم التلقائي في تقليل انتقال الميكروبات.

الجدول (10) يوضح تحليل مدى تأثير أجهزة التعقيم التلقائي على تقليل نسبة التلوث البكتيري على اليدين والأسطح داخل المرافق الصحية.

جدول 10: تأثير أجهزة التعقيم التلقائي على معدلات التلوث.

وجود أجهزة التعقيم	متوسط التلوث البكتيري (CFU/cm^2)
غير متوفرة	**220**
متوفرة جزئيًا	**130**
متوفرة بالكامل	**40**

- أظهرت النتائج انخفاضًا كبيرًا في التلوث عند توفر أجهزة التعقيم بنسبة **82%.**
- أكد اختبار T**للعينة المستقلة** أن الفروقات بين المجموعات كانت **ذات دلالة إحصائية عالية** ($P < 0.05$).

5. التحديات الاقتصادية والإدارية كعائق أمام تطبيق التقنيات الحديثة

الجدول (11) يظهر تحليل أثر التحديات الاقتصادية والإدارية على قدرة المستشفيات في تطبيق التقنيات الحديثة لمكافحة العدوى.

جدول 11: أثر التحديات على تطبيق المعايير والتقنيات الحديثة

DOI:10.5281/zenodo.17944085

العائق الرئيسي	نسبة التأثير(%)
نقص التمويل	**85**
ضعف المعرفة التقنية	**60**
غياب القوانين المنظمة	**75**

- أظهرت البيانات أن **85 % من المستشفيات تعاني من نقص التمويل، مما يشكل العائق الأكبر أمام تطبيق التقنيات الحديثة.**
- أكد التحليل الإحصائي وجود **علاقة قوية** بين هذه العوامل وضعف تطبيق معايير مكافحة العدوى.

تظهر نتائج الدراسة وجود تحديات كبيرة تواجه المباني الصحية في ليبيا فيما يتعلق بتطبيق المعايير التصميمية واستخدام التقنيات الحديثة لمكافحة العدوى، وتستعرض هذه المناقشة النقاط الرئيسة المستخلصة من النتائج، مع تحليلها في سياق الأبحاث السابقة والتحديات العملية التي تواجهها البيئة المحلية.

أولًا: المعايير التصميمية

كشفت النتائج عن ضعف ملحوظ في التزام المباني الصحية بالمعايير التصميمية الأساسية:

1. اختيار الموقع :أظهرت الدراسة أن 48% من المباني الصحية لا تلتزم بمسافة الأمان الموصي بها عن الطرق العامة، مما يزيد من التعرض للتلوث والضوضاء، هذا يتماشى مع دراسات سابقة أكدت أهمية الموقع كعنصر حاسم في توفير بيئة صحية.
2. تصميم المرافق الداخلية :توجيه غرف المرضى وصالات الخدمة كان متوافقًا بدرجة متوسطة، مما يعكس قصورًا في الالتزام بمعايير تصميمية تسهم في تحسين تدفق الهواء الطبيعي وتقليل فرص انتشار العدوى، ويشير ذلك إلى الحاجة لتطوير عمليات التصميم لتلبية الاشتراطات الصحية.

ثانيًا: انتقال العدوى وطرق الوقاية:

أظهرت الدراسة فجوات تصميمية تؤثر على مكافحة العدوى:

1. **مسارات الحركة :**ضعف التوافق مع متطلبات فصل مسارات الحركة الأفقية والرأسية يعكس إهمالًا للتصميم يمنع تداخل المرضى المعدين وغير المعدين، وتشير هذه النتائج إلى قصور في فهم أهمية التخطيط الوظيفي كوسيلة لتقليل العدوى.
2. **مواد التشطيب :**النتائج أوضحت استخدام مواد تشطيب غير متوافقة مع معايير الصحة والسلامة، مما يزيد من مخاطر تكاثر الميكروبات، هذا التحدي يعزز الدعوة لاعتماد مواد مقاومة للعدوى وفق المعايير العالمية.

ثالثًا: استخدام التقنيات الحديثة:

أظهرت النتائج غيابًا شبه كامل للتقنيات الحديثة في المباني الصحية الليبية:

1. **مواد التشطيب الذكية :**لم يتم استخدام مواد مثل التكسيات المطلية بثاني أكسيد التيتانيوم أو الطلاءات المضادة للبكتيريا، مما يقلل من فعالية البيئة العلاجية في مكافحة الميكروبات.
2. **أجهزة التعقيم وأنظمة التهوية الذكية :**أشارت البيانات إلى غياب شبه تام لهذه الأنظمة، حيث تُعتبر تقنية التهوية الذكية وأجهزة التعقيم الحديثة من أهم الوسائل التي أثبتت كفاءتها عالميًا في تقليل انتشار العدوى.

رابعًا: العوامل المؤثرة على التطبيق:

1. **التزام الملاك وفريق التصميم :**أظهرت النتائج أن مستوى التزام الملاك بتوفير التمويل للتقنيات الحديثة مرتفع نسبيًا، لكن غياب وعيهم الكامل بأهمية هذه التقنيات أثر على تطبيقها، كما أن فريق التصميم أظهر كفاءة جيدة، لكن هناك حاجة لتعزيز معرفتهم بالتقنيات الحديثة وتنفيذها.
2. **التحديات البيئية والتنظيمية :**تفتقر البيئة المحلية إلى نظم الرصد البيئي الفعّال الذي يساعد في تحديد المخاطر البيئية المحيطة بالمباني الصحية، مما يضعف من قدرة هذه المباني على توفير بيئة آمنة.

وتشير نتائج الدراسة إلى أن هناك فجوات كبيرة في الالتزام بالمعايير التصميمية واستخدام التقنيات الحديثة في المباني الصحية الليبية، مما يؤثر بشكل مباشر على قدرتها في مكافحة العدوى، كما يتطلب الأمر تحركًا استراتيجيًا يشمل تحسين عمليات التصميم، وتبني التكنولوجيا الحديثة، وتعزيز الوعي بين الملاك وفريق التصميم لضمان توفير بيئة صحية آمنة ومستدامة.

11.التوصيات

استنادًا إلى نتائج الدراسة وتحليل البيانات الميدانية، تم صياغة مجموعة من التوصيات العلمية التي تهدف إلى تحسين كفاءة المباني الصحية في مكافحة العدوى وضمان بيئة صحية آمنة ومستدامة، وتركز هذه التوصيات على المحاور الرئيسة للدراسة، وهي المعايير التصميمية، التقنيات الحديثة، القدرات البشرية، والدعم المؤسسي.

أولا: تحسين المعايير التصميمية للمباني الصحية

عند اختيار الموقع يجب الالتزام بالمعايير الدولية المتعلقة بموقع المباني الصحية، بما في ذلك الابتعاد عن مصادر التلوث مثل الطرق العامة والمناطق الصناعية. كذلك يجب توفير مساحات كافية حول المباني لدعم التهوية الطبيعية والحد من تأثير التلوث الخارجي.

عند تصميم الفراغات الداخلية يجب مراعاة تصميم مسارات الحركة داخل المباني بفصل مسارات المرضى عن العاملين والزوار، بما يقلل من فرص انتقال العدوى. كما يجب توجيه غرف المرضى والمرافق الخدمية لضمان أقصى استفادة من التهوية الطبيعية والإضاءة.

عند اختيار مواد التشطيب يجب اختيار مواد مقاومة للبكتيريا وسهلة التنظيف، خاصة في المناطق ذات الاستخدام المكثف، مثل غرف العمليات والعناية المركزة. اضافة الى تعزيز استخدام الطلاءات المضادة للميكروبات التكسيات الخارجية التي تسهم في تنقية الهواء.

ثانيا: تبني التقنيات الحديثة في المباني الصحية

DOI:10.5281/zenodo.17944085

مراعاة تطبيق أنظمة تهوية ذكية تتحكم في جودة الهواء الداخلي وتحد من تراكم الملوثات الميكروبية. والانتباه الى تحسين كفاءة التهوية الميكانيكية في المساحات الحرجة مثل غرف العزل وصالات العمليات.

اضافة الى توفير أجهزة تعقيم اليدين التلقائي في جميع المداخل والممرات الرئيسية. وتركيب اجهزة التعقيم الذاتي عند المداخل وغرف العمليات لضمان أقصى درجات النظافة.

إدماج أنظمة الغرف الذكية التي تتحكم في درجة الحرارة والرطوبة وجودة الهواء بما يتناسب مع معايير مكافحة العدوى كما يوصى باستخدام تقنيات التعقيم المتقدمة مثل الروبوتات المخصصة لتعقيم المساحات الكبيرة.

الخاتمة

أن تحقيق بيئة صحية آمنة ومستدامة في المباني الصحية يعتمد على الالتزام بالمعايير التصميمية الحديثة وتوظيف التقنيات المتقدمة في مكافحة العدوى، وقد أظهرت نتائج البحث وجود فجوات واضحة في تصميم المرافق الصحية في ليبيا، لا سيما فيما يتعلق باختيار المواقع، تنظيم المسارات الداخلية، وتطبيق نظم التهوية والتعقيم الفعالة، كما كشفت الدراسة عن قصور في استخدام المواد المقاومة للبكتيريا، مما يؤثر سلبًا على مستوى السلامة داخل هذه المنشآت.

كما اظهرت النتائج أن هناك علاقة مباشرة بين جودة التصميم المعماري وتوظيف التكنولوجيا الحديثة من جهة، ومستوى انتشار العدوى من جهة أخرى، وأن غياب أنظمة التهوية الذكية وأجهزة التعقيم الحديثة، بالإضافة إلى عدم توافق مواد التشطيب مع معايير مكافحة العدوى، يساهم بشكل كبير في زيادة المخاطر الصحية داخل المرافق الطبية، كما أوضحت الدراسة أن التحديات الاقتصادية والإدارية تمثل عائقًا رئيسيًا أمام تبني الحلول المبتكرة، مما يستدعي تطوير استراتيجيات أكثر تكاملًا لدعم تنفيذ المعايير الصحية والتقنية الحديثة.

بناءً على هذه النتائج، توصي الدراسة بإعادة النظر في السياسات التخطيطية الخاصة بالمباني الصحية، وتعزيز تطبيق الأنظمة الذكية في مجالات التهوية والتعقيم، واستخدام مواد البناء المقاومة للبكتيريا للحد من انتشار الأمراض، كما تشدد على أهمية تأهيل الكوادر الهندسية والصحية من خلال برامج تدريبية متخصصة، وزيادة الاستثمار في البحث العلمي والتطوير التقني لضمان تبني أفضل الممارسات العالمية في تصميم وتشغيل المنشآت الصحية.

ختامًا، تؤكد الدراسة أن تحسين جودة البيئة الصحية في المستشفيات والمرافق الطبية هو مسؤولية متعددة الأطراف تتطلب تكامل الجهود بين المؤسسات الحكومية، القطاع الخاص، والمجتمع الأكاديمي. كما أن تحقيق بيئة علاجية آمنة ومستدامة يستلزم تبني حلول مبتكرة تأخذ في الاعتبار التحديات الاقتصادية والبيئية، مع الالتزام بالمعايير الدولية لضمان تقديم رعاية صحية ذات جودة عالية.

المراجع:

المراجع العربية:

1. أحمد التميمي، و فهد العتيبي. (2019). التحديات الثقافية والوعي في تطبيق المعايير الصحية في المستشفيات. *مجلة علوم الصحة والإدارة الصحية*، 45-57.
2. إسماعيل عبد الرحمن أبو سخيلة. (2015). *أثر التقنيات الحديثة على تصميم الغلاف الخارجي للمباني*. غزة: الجامعة الإسلامية غزة.
3. الحفناوي & ,محمد حلمي المرسى .(2024) . *درجات أهمية معايير التصميم المعماري والهندسي لمكافحة انتقال العدوى في المستشفيات من منظور آراء المتخصصين* . JES. Journal of Engineering Sciences.
4. أماني عريف. (2024). تطوير البنية التحتية للرعاية الصحية في المملكة العربية السعودية باستخدام التقنيات الذكية: التحديات والفرص. *الإتصالات والشبكات*، 51-73.
5. باقر، نور سعد، و وآخرون. (2022). تطوير تقنية إنترنت الأشياء الحسية لضمان جودة الهواء الداخلي المناسبة في مرافق المستشفيات: تحليل التصنيف والتحديات والدوافع والقضايا المفتوحة والحل الموصى به. *القياس*، 110920.
6. س. إ.، تشودري، م. س & ,.وشوباديب .(2024) . "التحديات في تطبيق التكنولوجيا في نظام إدارة المستشفيات الفعّال: دراسة كمية ."*مجلة تعليم وبحوث المعلوماتية*.135-123 ,
7. سمير إبراهيم محمد، مرسى الدسوقي الشامي، و سمحاء. (2014). إدراك ذوي الاحتياجات الحركية من طلاب الجامعة للمعوقات المعمارية والسلوكية التي يواجهونها وعلاقته بإدارة الوقت. *مجلة بحوث التربية النوعية*، 1-43.
8. علي شطة، شريف أحمد، و وائل صدقي مصطفى. (2016). التصميم القائم على الأدلة البحثية لغرف المرضى بمباني الرعاية الصحية (حالات دراسية عالمية ومحلية). *مجلة بحوث الهندسة*.
9. غادة سالم أبوسالم. (2022). انتشار والتحقيقات في تلوث البكتيريا في بيئة الرعاية الصحية السنية. *مجلة جامعة الملك سعود - العلوم*، 102153.
10. م. أحمد طالب حميد حداد. (2014). منهجية التصميم المعماري وفقاً لتقدم العقل البشري والتكنولوجيا. *المجلة التكنولوجية لعلوم الإنسان*.
11. م. حسام سعيد محمود، و أ.م.د. ريهام الدسوقي حامد. (2019). جدلية التهوية الطبيعية والعدوى بالمستشفيات. *كلية التخطيط العمراني والإقليمي، جامعة القاهرة*، 65.
12. محمد الفلاح. (2014). *رسالة دكتوراه تطوير النظام الصحي الليبي لتحسين جودة الخدمات الصحية*. مانشستر: مكتبة جامعة مانشستر متروبوليتان.
13. محمد حلمي الحفنا. (2024). منهجية مقترحة لتحقيق التكامل بين الأنظمة الهندسية الخدمية وبين العناصر المعمارية والإنشائية في مباني المستشفيات. *Journal of Engineering Sciences*.
14. محمد خليفة. (2014). التحديات التقنية والبشرية لتطبيق أنظمة معلومات المستشفيات في المملكة

DOI:10.5281/zenodo.17944085

العربية السعودية. *مجلة المعلوماتية الصحية في البلدان النامية*.

15. مرام جمال كطو & ,وآخرون .(2022) .تطوير النظام الصحي في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا: التحديات، الجهود، والفرص المستقبلية . *الحدود في الصحة العامة*.
16. مروة قمر، نوال ناصر شبكة، و مي وهية مدكور. (2022). مواد البناء الذكية نحو مباني بيئية صحية – (دراسة حالة: وحدة المرضى بالمستشفيات). *Journal of Engineering Research*، 231-247.
17. منار حسين محمد، إيناس صبور، و سيد ناجي. (2023). دراسة تحليلية لدور مواد النانو في تحقيق الكفاءة الحرارية لأغلفة المباني. *Journal of Engineering Research*، 146-159.
18. هدى محمد سالم فهمي. (2012). *تأثير التقنيات الحديثة في تطوير الأقسام الإكلينيكية في المستشفيات المصرية*. القاهرة: مكتبة جامعة القاهرة.

المراجع الإنجليزية:

1. Francis Allard, & Mat Santamouris. (1998). *Natural ventilation in buildings - a design handbook.*
2. Rentala, Satyanarayana, & Byram Anand. (2013). Healthcare Infrastructure and Health Indicators: Issues, Challenges and Opportunities. *RVS Journal of Management*, 1-9.
3. General Information Authority. (2019). *Factors affecting the level of green building design in Libya.* International Conference on Sustainable Technology. Retrieved from https://icts2019.tve.gov.ly/2019/PDF/PDFAC/AC4016.pdf

DOI:10.5281/zenodo.17944085