Comprehensive Journal of Science
Volume (11), Issue (42), (Sapt, 2026)
ISSN: 3104-6266

مجلة العلوم الشاملة
المجلد (11) العدد 42 سبتمبر 2026
ردمد: 3104-6266

أضرار الرطوبة على العناصر الإنشائية للمباني: دراسة وصفية تحليلية في الأسباب والتشخيص والمعالجة

إبراهيم سالم العوامه[1] حنان علي الخويلدي[2] و نجاة مسعود كرور[3]
المهعد العالي للعلوم و التقنية الزاوية[3.1] كلية الهندسة –جامعة الزاوية [2]

Moisture Damage to the Structural Elements of Buildings: A Descriptive-Analytical Study of Causes, Diagnosis and Treatment

Ibrahim Salem Al-Awamah[1], Hanan Ali Al-Khuwayldi[2], and Najat Masoud Karour[3]
Higher Institute of Science and Technology, Zawiya[1],[3]; Faculty of Engineering – University of Zawiya[2]
Najat75karor@gmail.com[3], h.alkhuwaylidi@zu.edu.ly[2] and ibrala21@yahoo.com[1]

تاريخ الاستلام: 2026/09/02 –تاريخ المراجعة:2026/09/08– تاريخ القبول: 2026/10/06– تاريخ للنشر: 2026 /11/05

الملخص

تُعدّ الرطوبة من أكثر المشكلات شيوعًا التي تهدد متانة المباني وسلامة شاغليها. تتناول هذه الورقة، بمنهج وصفي تحليلي، أضرار الرطوبة في أربعة عناصر إنشائية هي القواعد والسملات، والجدران، والأعمدة، والأسقف، من حيث مصادرها وأنواعها وآثارها في الخرسانة وحديد التسليح، وطرق تشخيصها، وأساليب علاجها والوقاية منها بالعزل المائي والمعالجات الكيميائية وتحسين الصرف والتهوية. وتخلص الورقة إلى أن غياب العزل المائي أو سوء تنفيذه من أبرز أسباب التدهور الإنشائي، وأن الوقاية أثناء التصميم والتنفيذ أقل كلفة وأكثر فاعلية من العلاج بعد ظهور الضرر، وتقدّم توصيات عملية للمهندسين والمنفذين.

الكلمات المفتاحية: الرطوبة؛ العزل المائي؛ تآكل حديد التسليح؛ المباني الخرسانية؛ تشخيص الرطوبة.

Abstract

Moisture is one of the most common problems threatening the durability of buildings and the health of their occupants. Using a descriptive-analytical approach, this paper examines moisture damage in four structural elements: foundations and tie beams, walls, columns, and roofs. It covers moisture sources and types, effects on concrete and reinforcing steel, diagnostic methods, and treatment and prevention measures such as waterproofing, chemical treatments, drainage and ventilation. The paper concludes that missing or poorly executed waterproofing is a leading cause of structural deterioration, and that prevention during design and construction is cheaper and more effective than repair after damage appears. Practical recommendations for engineers and contractors are given.

Keywords: moisture; waterproofing; reinforcement corrosion; concrete buildings; moisture diagnosis.

1. المقدمة

تُعدّ الرطوبة في المباني من المشكلات الشائعة التي تؤثر مباشرة في جودة المنشآت ودوامها، ولا سيما في الأساسات والأعمدة والجدران والأسقف. وقد تتسبب الرطوبة في تلف المواد الإنشائية وإضعاف الهيكل وتدهور المظهر الجمالي للمبنى، فضلًا عن أثرها الضار في صحة الساكنين. ولذلك فإن دراسة أسبابها وسبل التحكم بها في مكوّنات المبنى المختلفة ضرورة لكل مهندس أو مقاول يسعى إلى ضمان استدامة المباني وأمانها.

وتبدأ مشكلة الرطوبة في الأساسات غالبًا بتسرب المياه الجوفية أو تجمّع المياه حول قاعدة المبنى، فتنفذ عبر الفواصل أو طبقات العزل غير المحكمة وتسبب تلف الخرسانة وترسّب الأملاح وتآكل حديد التسليح. أما في الجدران فينتج عنها بقع رطبة وتقشر الدهانات والجص ونمو العفن والفطريات وانخفاض كفاءة العزل الحراري، وفي الأسقف تنتج عادة عن تسرب مياه الأمطار أو تسربات السباكة وأنظمة التكييف، وقد تصل إلى الأجزاء الحاملة.

1.1 مشكلة البحث

تتمثل مشكلة البحث في الانتشار الواسع لظاهرة الرطوبة في المنشآت العمرانية، فلم تعد مشكلة جمالية تقتصر على تلف الدهانات، بل أصبحت تهديدًا لعمر المبنى الافتراضي وسلامة قاطنيه. ويمكن تحديد أبعادها فيما يأتي:

- **التدهور الإنشائي:** قلة الوعي بآليات تسرب الرطوبة تؤدي إلى تآكل حديد التسليح وتفتت الخرسانة، وقد تسبب انهيارات جزئية أو كلية على المدى الطويل.
- **المخاطر الصحية:** توفّر الرطوبة بيئة مناسبة لنمو الفطريات والعفن المرتبطين بأمراض الجهاز التنفسي والحساسية.
- **القصور في العزل:** وجود فجوة في تطبيق المعايير الهندسية لأنظمة العزل المائي أثناء التنفيذ، أو استخدام مواد رديئة لا تناسب الظروف المناخية.
- **الهدر المالي:** الاعتماد على ترميمات سطحية لا تعالج أصل المشكلة.

1.2 أهداف البحث

- تحديد مصادر الرطوبة في المنشآت، الخارجية منها (الأمطار والمياه الجوفية) والداخلية (التمديدات الصحية والتكثف).
- بيان أثر الرطوبة في الخواص الميكانيكية لمواد البناء، وخاصة صدأ حديد التسليح وضعف الخرسانة.
- الإشارة إلى العلاقة بين الرطوبة ونمو العفن وأثره في جودة الهواء الداخلي وصحة المستخدمين.
- عرض طرق التشخيص والعلاج والوقاية، وتقديم توصيات تقنية لأفضل الممارسات الهندسية والمواد المستخدمة في العزل المائي (Waterproofing) للمباني القائمة والمستقبلية.

1.3 منهجية البحث وحدوده

يعتمد البحث المنهج الوصفي التحليلي القائم على مراجعة المصادر الفنية المتاحة وتنظيم محتواها بحسب العنصر الإنشائي: القواعد والسملات، فالجدران، فالأعمدة، فالأسقف. ولا يتضمن البحث قياسات ميدانية أو اختبارات مخبرية أو بيانات تجريبية، ويُعدّ ذلك من حدوده؛ كما أن الأمثلة التطبيقية الواردة في القسم 4 أمثلة وصفية لا تستند إلى نتائج قياس موثّقة.

2. الرطوبة في القواعد والسملات

2.1 مفهوم الرطوبة وخصائص القواعد والسملات

الرطوبة هي وجود بخار الماء أو السوائل في مكان معين، وتشير في المباني إلى وجود الماء بكمية قد تؤثر في مواد البناء. وتقاس بنسبة مئوية تُعرف بالرطوبة النسبية، وهي نسبة بخار الماء الموجود في الهواء إلى أقصى ما يستطيع حمله عند درجة حرارة معينة. والقواعد والسملات عناصر أساسية تصل الهيكل العلوي بالتربة، وتنقل الأحمال الناتجة عن الهيكل والأعمدة إلى التربة بصورة آمنة تتجنب الهبوط غير المتساوي والانهيار. ومن أنواع القواعد:

- **القواعد المنفصلة (Isolated Footings):** تدعم عمودًا منفردًا، وتكون مربعة أو مستطيلة.

- **القواعد المشتركة (Combined Footings):** تدعم أكثر من عمود، وتُستخدم عند قرب الأعمدة من حدود الأرض أو تداخل القواعد المنفصلة.
- **القواعد الشريطية (Strip Footings):** تُستخدم تحت الجدران الحاملة أو صفوف الأعمدة وتوزع الأحمال على مساحة أكبر.
- **اللبشة الكاملة (Raft Foundation):** قاعدة واحدة تغطي مساحة المبنى، وتُستخدم عند ضعف التربة أو كبر الأحمال لتقليل الهبوط التفاضلي.

أما السملات (الكمرات الأرضية) فهي كمرات خرسانية تربط بين القواعد والأعمدة، وتسهم في توزيع الأحمال وتقليل الانحرافات، وتعزز استقرار الهيكل عند اختلاف أحجام القواعد أو عدم اتزانها. وهذه العناصر تتحمل أيضًا آثار التمدد والانكماش والرطوبة الناتجة عن تغيرات الطقس.

2.2 مصادر وأسباب الرطوبة

يلخّص الجدول (1) مصادر الرطوبة في القواعد والسملات.

الجدول (1): مصادر الرطوبة في القواعد والسملات

التصنيف	المصدر	التوضيح
خارجية	رطوبة التربة	تحتوي التربة على ماء من الأمطار أو المياه الجوفية، وتنتقل إلى الخرسانة المسامية خاصة عند غياب العزل الفعّال.
خارجية	مياه الأمطار	تتسرب عند ضعف العزل أو تلفه أو عدم اكتمال طبقاته.
خارجية	سوء التصريف	غياب نظم التصريف حول المبنى يؤدي إلى تراكم المياه عند الأساسات.
داخلية	تسربات السباكة	تسرب أنابيب المياه أو الصرف تحت الأرض أو داخل المبنى.
داخلية	رطوبة البناء	ماء زائد في مواد البناء لم يجف، فيستمر انبعاث الرطوبة حتى مراحل التشطيب.
داخلية	التكثف	تفاوت درجات الحرارة يكثّف بخار الماء داخل المبنى، وقد يصل أثره إلى القواعد.
أخرى	غياب العزل أو تلفه، ومواد مسامية، والمناخ	رداءة معالجة الخرسانة تزيد امتصاصها للماء، والمناطق عالية الرطوبة النسبية أكثر عرضة لتراكم الرطوبة.

2.3 تأثير الرطوبة في الخرسانة وحديد التسليح

الخرسانة مادة قوية، لكن تعرضها المستمر للرطوبة يغيّر خواصها الكيميائية والميكانيكية، ولا سيما في القواعد والسملات المتصلة بالتربة والمياه الجوفية. ومن مظاهر ذلك في الخرسانة:

- **التمدد الداخلي:** يزيد امتصاص الماء حجم الخرسانة قليلًا، فتنتج شروخ دقيقة تؤثر في التماسك.
- **التشققات:** الرطوبة الدائمة أو المتكررة تضعف الروابط بين مكونات الخرسانة وتسرّع ظهور الشقوق.
- **التآكل الكيميائي:** تسرب الأملاح والمياه الحمضية يؤدي إلى تدهور الأسمنت تدريجيًا.
- **تراجع مقاومة الانضغاط:** خاصة عند وجود أملاح ضارة.

وفي حديد التسليح تصل الرطوبة عبر مسام الخرسانة أو شقوقها فتبدأ عملية الأكسدة (الصدأ) التي تزيد حجم الحديد وتضعف قدرته على تحمل قوى الشد، ويؤدي تمدد الصدأ إلى تشققات إضافية وتلف الغطاء الخرساني (الشكل 1). كما قد تنمو الفطريات في الأنظمة المعرضة لرطوبة عالية مستمرة، وتتلف الرطوبة طبقات العزل المائي فتفقد العناصر حمايتها.



الشكل (1): تأثير الرطوبة في حديد التسليح داخل القواعد والسملات

2.4 تشخيص الرطوبة

يتطلب التشخيص الدقيق الجمع بين الفحص البصري والأجهزة المتخصصة والاختبارات المعملية، ويعتمد نجاحه كثيرًا على خبرة الفاحص وليس على الأدوات وحدها. ويقوم الفحص البصري على البحث عن التشققات وبقع الماء وتغير لون الخرسانة، والترسبات الملحية البيضاء، وصدأ الحديد الظاهر، وتراكم العفن. أما الأجهزة (الشكل 2) فتشمل:

- **مقاييس الرطوبة المقاومة:** تقيس المقاومة الكهربائية للمادة، وتقل المقاومة كلما زادت الرطوبة.
- **أجهزة القياس بالتردد:** ترسل إشارات كهربائية منخفضة التردد وتقيس التغير الناتج، فتعطي مؤشرًا نسبيًا لمحتوى الماء.
- **التصوير الحراري:** يكشف مناطق تجمع الرطوبة الخفية.
- **الفحص بالموجات فوق الصوتية:** يكشف تشققات دقيقة داخل الخرسانة قد يتجمع فيها الماء.



الشكل (2): جهاز قياس الرطوبة

وتشمل الاختبارات المعملية استخراج عينات خرسانية لتحليل محتواها المائي ونسبة الأملاح الضارة، واختبارات نفاذية الخرسانة ومقاومتها لتسرب المياه. ويساعد تحديد نوع الرطوبة (تكاثف، تسرب، صعود شعري) في اختيار العلاج المناسب.

2.5 العزل المائي وأنواعه

العزل المائي عملية تهدف إلى منع تسرب الماء والرطوبة إلى العناصر الحساسة كالقواعد والسملات، فيحمي الحديد من الصدأ، ويقلل تشقق الخرسانة الناتج عن التمدد الرطوبي، ويمنع تسرب المياه المسبب لهبوط التربة، ويطيل عمر الهيكل ويقلل تكاليف الصيانة. ومن أنواعه المستخدمة:

1. **الأغشية البيتومينية:** تُطلى على الأسطح أو تُلف على العناصر، وتتميز بالمرونة ومقاومة الماء وتحمل التغيرات الحرارية، ويشمل ذلك البيتومين المعدّل بالبوليمر.
2. **المواد الإسمنتية:** تُخلط بالماء وتُطبق عجينة تجف لتشكل طبقة صلبة مقاومة للماء، وهي سهلة التطبيق والصيانة وتتوافق مع الخرسانة.

3. **الأغشية البلاستيكية المعالجة حراريًا:** توضع بالتسخين لضمان الالتصاق، وتتمتع بمقاومة عالية للمواد الكيميائية والعوامل الجوية.
4. **المضافات الكيميائية للخرسانة:** تقلل نفاذية الماء عبر المسام وتحسن مقاومة الخرسانة للأملاح.
5. **الطلاءات السائلة (الإيبوكسي والبوليمرات):** طلاءات مرنة تغطي الأسطح وتصلح التشققات الصغيرة.

ويُشترط في العزل الجيد المتانة وتحمل الظروف المناخية، والمقاومة القوية لتسرب الماء، والمرونة لمجاراة حركة المبنى، وسهولة التطبيق والصيانة.

2.6 علاج الرطوبة

- **مانع الرطوبة:** أغشية توضع عند مستوى القواعد أو فوقها لمنع صعود الرطوبة من التربة، من مواد مثل اللباد القيري والإسفلت المصطكي والألواح البلاستيكية والمطاط الصناعي، وتُركّب أفقيًا ورأسيًا على كامل مساحة التماس بين التربة والخرسانة.
- **معالجة الأسطح المعرضة للماء:** بتطبيق البيتومين على البارد أو الساخن (الشكل 3) أو الطلاءات المائية والبوليمرات، بعد تنظيف السطح جيدًا لضمان الالتصاق.
- **الحقن:** حقن ملاط إسمنتي أو مواد كيميائية تحت الضغط في الفراغات والشقوق لسدها ومنع مرور الماء، وتقوية التربة المحيطة وتقليل نفاذيتها.
- **المضافات المقاومة للرطوبة:** كالسيليكات والمركبات الطاردة للماء والبوليمرات، لتقليل مسامية الخرسانة.
- **معالجة العيوب والتشققات:** بتنظيف القواعد وملء الشروخ بمواد إصلاح خاصة لإغلاق مسارات التسرب.
- **تحسين الصرف والتهوية:** بتصريف المياه السطحية والجوفية بعيدًا عن القواعد.

ويتميز البيتومين الساخن بثبات عالٍ على الخرسانة وطبقة عزل قوية، بينما يُستخدم البيتومين البارد حيث لا تسمح الظروف بالتسخين، وهو أسهل تطبيقًا وأقل متانة.



الشكل (3): العزل بالبيتومين للقواعد والسملات

2.7 الوقاية أثناء التصميم والتنفيذ

الوقاية من الرطوبة تبدأ قبل التنفيذ، وهي أقل كلفة وتعقيدًا من المعالجة بعد ظهور الضرر. وتشمل:

- **اختيار الموقع:** أرض مرتفعة ذات تربة جيدة التصريف.
- **تصميم القواعد والسملات:** اختيار نوع القاعدة المناسب للتربة مع طبقات حماية وعزل مائي تحت الأساسات.
- **نظام صرف فعّال:** قنوات لتصريف المياه السطحية والجوفية بعيدًا عن القواعد.

- **أثناء التنفيذ:** وضع طبقات العزل المائي عند مستوى القواعد، واستخدام خرسانة منخفضة النفاذية بتقليل نسبة الماء وإضافة مواد مقاومة للماء، وتطبيق العزل وفق المعايير الفنية على سطح نظيف وجاف.
- **الردم:** يُنفذ على طبقات متدرجة بسمك لا يزيد على 30 سم مع دمك جيد لتفادي الفراغات التي تجمع المياه.
- **العتبات والكورنيش:** لتوجيه مياه الأمطار بعيدًا عن الجدران والقواعد.
- **إجراءات عامة:** مراقبة مستوى الرطوبة قبل صب الخرسانة وبعد التنفيذ، وتدريب العمالة على تقنيات العزل، والتأكد من جودة المواد.

ويؤدي المهندس الإنشائي دورًا محوريًا في ذلك؛ إذ يدرس الموقع ويحلل ظروف التربة ومنسوب المياه الجوفية لتحديد الأساس الأمثل، ويختار مواد مقاومة للرطوبة كالخرسانة منخفضة النفاذية وحديد التسليح المطلي أو المعالج، ويضع تصميمًا متكاملًا للعزل ويشرف على جودة تنفيذه، ثم يجري الفحوص الدورية ويعالج المشكلات مبكرًا.

3. الرطوبة في الجدران

3.1 أنواع الرطوبة في الجدران

تُعدّ الرطوبة في الجدران من أكثر المشكلات التي تواجه المباني السكنية والتجارية، وتنشأ عادة من دخول الماء إلى الجدران أو تكثف بخار الماء داخل الفراغات. وفهم نوع الرطوبة هو الخطوة الأولى لعلاج فعّال (الجدول 2).

الجدول (2): أنواع الرطوبة في الجدران

النوع	الآلية	المظاهر
الناشئة عن تسرب المياه	دخول المياه من الأمطار أو المياه الجوفية أو الأنابيب بسبب عيوب العزل الخارجي أو التشققات.	بلل مناطق واسعة من الجدار.
الصاعدة	انتقال الماء من التربة عبر مسام الطوب أو الخرسانة دون تسرب خارجي ظاهر.	تظهر في الجدران السفلية، وتسبب تلونًا وتشققًا في الطلاء وتآكل المواد.
الناتجة عن التكثف	تكثف بخار الماء على الأسطح الباردة، شائعة مع ضعف التهوية أو المناخ الرطب أو كبر فرق الحرارة بين الداخل والخارج.	بقع مائية وعفن على الجدران الداخلية.
من مصادر أخرى	مشكلات التهوية، وتسرب مياه الصرف، والنباتات القريبة من الجدران، وسوء تصريف المياه.	تراكم المياه عند قاعدة الجدران.

3.2 أضرار الرطوبة في الجدران

عند التعرض المزمن للرطوبة تمتص مواد الجدران (الطوب والخرسانة والجص) الماء فتضعف وتتآكل، ويظهر ذلك في تآكل الملاط وتقشر الجص والطلاء وتفتت أجزاء من الجدار، مما يضعف الاستقرار البنائي (الأشكال 4–6). ومن أبرز الأضرار:

1. **التشقق وضعف التماسك:** تمدد المواد وتقلصها مع امتصاص الماء وجفافه يسبب تشققات تسمح بدخول مزيد من الماء.
2. **الفطريات والعفن:** توفر الرطوبة بيئة مثالية لنموها، فتظهر بقع داكنة ورائحة كريهة، وتصدر مستعمرات يمكن استنشاقها وتسبب مشكلات صحية خاصة لمن يعانون من الحساسية أو الربو.
3. **تدهور العزل الحراري والصوتي:** المواد المبللة تفقد خواصها العازلة، فيرتفع استهلاك الطاقة.
4. **المشكلات الجمالية:** بقع رطبة وتقشر وتغير لون الطلاء، ما يقلل القيمة العقارية ويزيد كلفة الصيانة.



الشكل (4): أضرار الرطوبة في الجدران



الشكل (5): ظهور العفن والفطريات



الشكل (6): تقشر الطلاء والسقوط الجزئي

3.3 تشخيص الرطوبة في الجدران

- **الملاحظة البصرية:** البقع الرطبة، وبقع العفن السوداء أو الرمادية أو الخضراء، وتشقق الجدران، وتقشر الطلاء وسقوطه.
- **أدوات القياس:** مقياس الرطوبة الكهربائي لتحديد النسبة وعمق الرطوبة، والكاشفات الحرارية لرصد اختلاف درجات الحرارة الدال على الرطوبة أو التسربات الخفية، والكواشف الكيميائية في بعض الحالات.
- **فحص التسربات والعيوب:** فحص أنابيب المياه والصرف داخل الجدران، وسلامة العزل الخارجي، ومراقبة التهوية والحرارة والرطوبة النسبية داخل المبنى.

3.4 خطوات علاج الرطوبة في الجدران

1. **تحديد المصدر الأساسي:** تسرب خارجي أو داخلي، رطوبة صاعدة أو تكثف.
2. **إصلاح التسربات والعيوب:** سد الشروخ، وإصلاح الأنابيب التالفة، ومعالجة العزل الخارجي المفقود أو التالف.
3. **معالجة الرطوبة الصاعدة:** بحاجز رطوبة يُفضّل تركيبه أثناء البناء، ويمكن إضافته لاحقًا بالحقن الكيميائي.

4. **تحسين التهوية:** بالمراوح أو النوافذ أو التهوية الميكانيكية لتقليل بخار الماء.
5. **تجفيف الجدران:** بالتهوية وأجهزة التجفيف، مع إزالة الطبقات المبللة من الطلاء أو الجص عند الحاجة.
6. **إعادة الطلاء:** بطلاءات مقاومة للرطوبة والعفن بعد التأكد من جفاف الجدار.
7. **الصيانة المستمرة:** لأنظمة الصرف والتهوية لضمان عدم عودة المشكلة.

3.5 تقنيات العزل المائي ومواده

تتنوع تقنيات العزل بحسب نمط المبنى وظروف الرطوبة:

- **العزل الخارجي:** طبقة عازلة على الجدران من الخارج، كالأغشية المطاطية (EPDM) والبيتومينية والإسمنتية المعدلة بالبوليمرات، وتتميز بمرونتها ومقاومتها للتمدد والانكماش والأشعة فوق البنفسجية، ويُستحسن معها تنفيذ نظام تصريف حول الأساسات.
- **العزل الداخلي:** حين يتعذر العزل من الخارج، بطلاءات مائية مقاومة للرطوبة أو ألواح عازلة وحواجز بخار، وغالبًا مع تهوية ميكانيكية لتقليل التكثف.
- **العزل بالحقن:** لعلاج الرطوبة الصاعدة بحقن مركبات هيدروفوبية أو راتنجات في الجدار تكوّن حاجزًا يمنع صعود الماء، ولا يتطلب إزالة الجص أو التشطيبات فتقل كلفة الإصلاح.

ومن المواد المقاومة للرطوبة: الطلاءات (الأكريليك والسيليكون والبوليمرية) التي تحتوي مكونات مضادة للعفن، ومواد السيليكون والبولي يوريثان المانعة للتسرب في الشقوق والفواصل، والأغشية العازلة (البيتومينية المعدلة بالبوليمر والبلاستيكية متعددة الطبقات المقواة بالألياف) التي تُستخدم تحت البلاط وفي الأساسات.

وعند اختيار التقنية والمادة يُراعى نوع المبنى والمناخ، والاستعانة بجهات متخصصة، والتكامل بين العزل والتهوية، والصيانة الدورية.

3.6 الوقاية من الرطوبة في الجدران

- **التصميم السليم:** نظام صرف فعّال حول المبنى بأنابيب متعددة الثقوب وخنادق تصريف، ورفع مستوى الأرضية حول المبنى أو إمالتها بعيدًا عن الجدران، وحاجز رطوبة (Damp Proof Course) بين الأرض والأساسات.
- **مواد مقاومة للرطوبة:** طوب وخرسانة عالية الكثافة قليلة الامتصاص، وطلاءات مضادة للعفن.
- **التهوية الجيدة:** فتحات أو مراوح شفط في الغرف ودورات المياه والمطابخ.
- **منع التسرب والصيانة الدورية:** صيانة السباكة، ومراجعة عزل النوافذ والأبواب، وفحص الجدران دوريًا، وصيانة أنظمة الصرف.
- **إبعاد النباتات والأشجار** عن المبنى لأن جذورها ترفع الرطوبة حول الأساسات والجدران.

4. الرطوبة في الأعمدة

4.1 أسباب الرطوبة وأضرارها

تتحمل الأعمدة الأحمال الرأسية وتوزعها على الأساسات، وتؤدي الرطوبة فيها إلى تغيرات كيميائية وفيزيائية في الخرسانة وحديد التسليح تخفض قدرتها على التحمل، وتزداد أهمية ذلك في المناخ الرطب أو عند ضعف العزل. ومن أسبابها:

- **تسرب المياه من الخارج:** أمطار غزيرة أو تسربات من شبكات المياه والأنظمة الصحية عبر طبقات الطلاء أو العزل.
- **الرطوبة الصاعدة من الأرض** عبر الأساسات والأعمدة عند غياب العوازل الفعّالة.
- **سوء العزل المائي** أو تلف الطبقات الموجودة.

ومن أبرز أضرارها: تآكل حديد التسليح (الشكل 7) إذ يزيد حجم الصدأ فيضغط على الخرسانة ويشققها، وتشقق الخرسانة (الشكل 8)، وتقليل صلابة الأعمدة ومتانتها، وظهور بقع وأملاح على السطح، ونمو الفطريات، وتقشر الخرسانة وسقوط أجزاء منها.



الشكل (7): تآكل حديد تسليح الأعمدة



الشكل (8): تشقق الخرسانة في الأعمدة

4.2 التشخيص والاختبار

- **أجهزة قياس الرطوبة** الكهربائية (المعتمدة على المقاومة أو التوصيل بين أقطاب) لتحديد مناطق تجمع الرطوبة.
- **الفحص البصري** للشروخ وتغيرات اللون والبقع الملحية.
- **اختبار الوزن الرطب والجاف** لعينات خرسانية: يعبّر فرق الوزن بعد التجفيف عن نسبة الرطوبة.
- **التصوير بالأشعة تحت الحمراء** لرصد درجة الحرارة والتغيرات السطحية المصاحبة للرطوبة.
- **اختبار الكربنة والقلوية** لقياس أثر الرطوبة في التركيب الكيميائي للخرسانة.
- **تحليل عينات الخرسانة والحديد واختبار مقاومة الضغط** لمعرفة مدى الضرر ودرجة تآكل التسليح.

4.3 العلاج والمواد المستخدمة

يتطلب علاج الرطوبة في الأعمدة خطوات متعددة لاستعادة المتانة ومنع تكرار المشكلة:

1. **العزل المائي** بطبقة أو أكثر من مواد بوليمرية أو إسمنتية معززة على سطح العمود.
2. **معالجة التشققات** بالحقن بالإيبوكسي أو الأسمنت الخاص (الشكل 9).
3. **تنظيف الحديد وإزالة الصدأ** ثم طلاؤه بمواد مانعة للصدأ قبل أي معالجة.
4. **تقوية الأعمدة** المتآكلة بألياف الكربون.
5. **إعادة صب الخرسانة** في الحالات المتقدمة بعد إزالة الأجزاء التالفة، بخرسانة مقاومة للرطوبة.
6. **تحسين نظام صرف المياه** حول الأعمدة.



الشكل (9): حقن الإيبوكسي والبوليمر في الأعمدة

ومن المواد المستخدمة: العوازل الإسمنتية المائية التي تشكل غشاءً مستمرًا يتحمل الضغط والرطوبة، والعزل البوليمري بالبولي يوريثان المرن الذي يقاوم التشققات الصغيرة ويشكل طبقة بلا وصلات، ورولات العزل البيتوميني المعدلة بألياف زجاجية أو بوليستر، ومواد حقن الإيبوكسي والبوليمر التي تعيد تماسك الخرسانة. أما المواد الكيميائية فتشمل مضادات الصدأ، وحقن البوليمرات والسيلوكسان للشقوق الدقيقة، والمضافات المقاومة للماء، ومركبات السيليكات التي تكوّن بلورات تسد المسام.

ويُطبَّق العزل الخارجي بعد تنظيف سطح العمود من الأتربة والدهانات القديمة ويُشترط جفافه قدر الإمكان لضمان الالتصاق، وتُحقن الشقوق العميقة عبر أنابيب مخصصة، وتُعاد الأجزاء الخرسانية التالفة بعد علاج التسليح.

4.4 الوقاية وأمثلة تطبيقية

- تنفيذ عزل مائي فعّال أثناء البناء، كأغشية DPC البيتومينية أو البوليمرية.
- ضمان تصريف المياه حول المبنى بعيدًا عن الأعمدة.
- استخدام خرسانة معدلة بمضافات مقاومة للماء، واستخدام مياه نقية خالية من الشوائب في الخلط.
- الحفاظ على التهوية الجيدة، والفحص الدوري للكشف المبكر عن الرطوبة أو الصدأ.

ويعرض المشروع مثالين تطبيقيين وصفيين: **الأول** علاج أعمدة مبنى سكني متآكلة بالرطوبة، بتحديد الأعمدة المتضررة بأجهزة القياس وفحص الشروخ، وإزالة الخرسانة التالفة، وتنظيف الحديد وإزالة الصدأ، وحقن الشروخ بالإيبوكسي، وإعادة صب طبقة خرسانية بمواد مقاومة للماء، وتطبيق عزل مائي خارجي. و**الثاني** مبنى تجاري يعاني رطوبة صاعدة وتأثير الأمطار، اعتُمد فيه غشاء بوليمري حول الأساسات والأعمدة، وحقن مواد كيميائية مضادة للرطوبة، وتقوية الأعمدة بألياف الكربون، وتركيب نظام صرف متكامل. ويُشار إلى أن المشروع لم يوثق قياسات كمية لنتائج المثالين.

5. الرطوبة في الأسقف

5.1 الأضرار الإنشائية وأسبابها

تبدأ آثار الرطوبة في الأسقف بظهور بقع رطبة أو عفن على السطح، لكن الخطر الأكبر في التأثيرات الإنشائية غير المرئية، إذ تفقد الخرسانة والحديد قوتها وقد تصل الحال في المراحل المتقدمة إلى انهيار أجزاء من السقف. ومن أهم الأضرار:

- **تآكل حديد التسليح:** يتفاعل الماء والأكسجين مع الحديد فيزداد حجمه ويتشقق الغطاء الخرساني وتنخفض قدرة السقف على تحمل الأحمال (الشكل 10).
- **تدهور الخرسانة:** الامتصاص المفرط يسبب تملحًا وتشققات وتقشرًا في السطح.
- **تساقط الطلاء والبياض الداخلي:** وهو دليل على تلف أعمق في البنية.
- **ضعف العزل الحراري:** تشبّع مواد العزل بالرطوبة يرفع استهلاك الطاقة وكلفة التشغيل.




الشكل (10): تآكل وتلف حديد التسليح (الصدأ) في الأسقف

وترتبط أسباب الرطوبة في الأسقف غالبًا بعدم كفاءة التصميم أو العزل أو الصيانة، وأبرزها: سوء العزل المائي أو غيابه، وتصميم غير فعّال لأنظمة التصريف (انسداد المزاريب أو تلفها)، وتسربات السباكة الداخلية التي تجعل اكتشاف المشكلة أصعب، واستخدام مواد مسامية غير معالجة، وضعف التهوية في الأماكن الرطبة كالمطابخ والحمامات.

5.2 العلاج والوقاية

1. **العزل المائي للأسقف:** بأغطية بيتومينية أو رولات بوليمرية أو طلاءات إيبوكسية، مع تركيب محكم بلا فراغات أو ثقوب.
2. **إغلاق الشقوق والثقوب** بمعاجين مانعة للتسرب (الشكل 11).
3. **تحسين تصريف المياه** بمزاريب مناسبة وصيانة دورية ومعالجة الانسداد.
4. **استخدام مواد مقاومة للرطوبة**، كخرسانة معالجة بمواد تزيد الكثافة وتقلل الامتصاص.
5. **زيادة التهوية** طبيعيًا أو ميكانيكيًا، مع مزيلات الرطوبة عند الحاجة.
6. **حماية حديد التسليح** بأنظمة طلاء واقية.
7. **الصيانة الدورية والفحص المستمر** وإصلاح أي تلف فور اكتشافه.



الشكل (11): إغلاق الشقوق والثقوب بمعجون مانع للتسرب

5.3 مواد العزل المائي وخطوات التنفيذ

من أكثر المواد شيوعًا الطبقات البيتومينية بالرش أو الرولات (الشكل 12) لمقاومتها الماء ومرونتها مع تغيرات الحرارة، والطلاءات الإيبوكسية والبوليمرية التي تكوّن طبقة متماسكة غير منفذة، وأغشية البولي إيثيلين والألواح العازلة التي تفيد في العزل الوقائي إذا أُحكم تداخلها. وتتم خطوات التنفيذ كما يأتي:

1. تنظيف السطح من الشوائب والمواد المتحللة.
2. سد الشقوق والثقوب السطحية بمعاجين مانعة للماء للحصول على سطح مستوٍ.
3. تطبيق طبقة الأساس (البرايمر) لتحسين الالتصاق.
4. وضع طبقات العزل بالتساوي مع ترك فترة جفاف مناسبة بين الطبقات.
5. اختبار العزل بضغط المياه أو بطرق أخرى للتأكد من عدم وجود تسرب.




الشكل (12): الطبقات البيتومينية بالرولات والدهان

5.4 معاجين التسرب وحماية حديد التسليح

تُعدّ معاجين التسرب حلًّا فعّالًا لعلاج الشقوق والثقوب التي تمثل مسارات رئيسية لتسرب الرطوبة، ومنها: المعاجين الإسمنتية المائية للشقوق الصغيرة والمتوسطة، والبوليمرية الأكثر مرونة للشقوق المعرضة لحركة حرارية، والإيبوكسية المناسبة للشقوق الكبيرة. وخطوات استخدامها: تنظيف الشق من الأتربة والزيوت، وتوسيعه قليلًا، وخلط المعجون وفق تعليمات المصنّع، وملء الشق، وتركه ليجف دون تعريضه للرطوبة. وتوقف هذه المعاجين تسرب المياه وتقلل نمو العفن وتحمي الخرسانة والحديد وتحفظ البياض والطلاء.

ويتآكل حديد التسليح عند وصول الماء والأكسجين إليه عبر المسام أو الشقوق، ومن طرق حمايته: أنظمة الطلاء الواقية (كالإيبوكسي والبوليمر)، والحديد المجلفن أو المعالج كيميائيًا، ومثبطات التآكل المضافة إلى الخلطة، وزيادة سمك الغطاء الخرساني، والفحص الدوري بتقنيات قياس الأكسدة.

5.5 التقنيات الحديثة والصيانة الدورية

- **الأغشية الحديثة:** ذاتية الالتصاق سهلة التركيب، وأغشية البوليمر عالية الأداء المرنة.
- **الطلاءات الكريستالية النافذة:** تتفاعل كيميائيًا مع مكونات الخرسانة فتملأ مساماتها الدقيقة وتقلل نفاذيتها.
- **الفوم الرغوي:** يُرش على السقف ليملأ الفراغات ويوفر عزلًا مائيًا وحراريًا معًا.
- **الأنظمة متعددة الطبقات:** تجمع الأغشية البيتومينية والطبقات الكريستالية والعوازل الرغوية.
- **المعالجات الكيميائية للخرسانة:** تقلل مساميتها وتزيد مقاومتها للماء.

أما الصيانة الدورية فتشمل الفحص الشامل للأسقف بحثًا عن الشقوق والبقع الرطبة وعلامات الصدأ والعفن، وتنظيف المزاريب وأنظمة التصريف، وإصلاح العزل المتضرر فورًا، ومراقبة معدلات الرطوبة بالأجهزة، ومعالجة العفن بمواد مضادة للفطريات. ومن النصائح الهندسية: مراعاة انحدار السقف لتصريف المياه بسرعة، واختيار مواد تناسب المناخ المحلي، وتنفيذ عزل متكامل مع اختبار الغلاف العازل قبل صب السقف، ومعالجة الشقوق فورًا، وتغطية الحديد بطبقة خرسانية كافية.

6. مناقشة ومقارنة

يوضح الجدول (3) تلخيصًا للأضرار الرئيسة وأبرز المعالجات والوقاية بحسب العنصر الإنشائي، ويوضح الجدول (4) مقارنة بين أهم مواد العزل المائي المذكورة في البحث. ويتبين أن آلية الضرر الأساسية واحدة في العناصر الأربعة: نفاذ الماء عبر مسام

الخرسانة أو شقوقها إلى حديد التسليح، ثم تمدد الصدأ وتشقق الغطاء الخرساني فدخول مزيد من الماء، وهي حلقة تتفاقم ذاتيًا ما لم تُكسر بعزل فعّال وصرف جيد.

الجدول (3): ملخص أضرار الرطوبة ومعالجتها بحسب العنصر الإنشائي

العنصر	أبرز الأضرار	أبرز العلاجات والوقاية
القواعد والسملات	تآكل التسليح، وضعف التماسك والتشققات، وتراجع قدرة التحمل.	مانع الرطوبة، والبيتومين، والحقن، والمضافات المقاومة للماء، وتحسين الصرف، والردم المدموك على طبقات.
الجدران	تدهور المواد، وتشققات، وعفن وفطريات، وانخفاض العزل الحراري، وتلف التشطيبات.	تحديد نوع الرطوبة، والعزل الخارجي أو الداخلي أو بالحقن، والتهوية، والطلاءات المقاومة للرطوبة.
الأعمدة	تآكل التسليح، وتشقق الخرسانة وتقشرها، وانخفاض الصلابة والمتانة.	العزل المائي، وحقن الشروخ، وإزالة الصدأ، وتقوية بألياف الكربون، وإعادة الصب عند الضرورة.
الأسقف	صدأ التسليح، وتدهور الخرسانة، وتساقط البياض، وضعف العزل الحراري.	العزل المائي، ومعاجين التسرب، وتحسين التصريف والتهوية، وحماية التسليح، والصيانة الدورية.

الجدول (4): مقارنة بين أهم مواد العزل المائي

المادة	الخصائص	مجالات الاستخدام
الأغشية والطبقات البيتومينية	مرونة ومقاومة للماء وتحمل التغيرات الحرارية؛ البيتومين الساخن أمتن من البارد.	القواعد والسملات والأعمدة والأسقف والجدران.
المواد الإسمنتية	سهلة التطبيق والصيانة وتلتصق جيدًا بالخرسانة وتتحمل الضغط.	الأسطح الخرسانية والأعمدة والخزانات.
البولي يوريثان والبوليمرات	مرنة، تقاوم التشققات الصغيرة، وتشكل طبقة مستمرة بلا وصلات.	الجدران والأعمدة والمناطق عالية الرطوبة.
الإيبوكسي	قوية التماسك وتقاوم التآكل، وتصلح للشقوق الكبيرة.	حقن الشروخ والطلاءات والمعاجين.
الطلاءات الكريستالية	تتفاعل مع الخرسانة وتسد مساماتها الدقيقة.	الأسطح الخرسانية والأسقف.
الأغشية البلاستيكية	مقاومة للمواد الكيميائية والعوامل الجوية.	الأسطح المسطحة وتحت البلاط وفي الأساسات.

7. الاستنتاجات

1. تُعدّ الرطوبة من أبرز مسببات التدهور الإنشائي للمباني، وتؤثر في الأساسات والجدران والأعمدة والأسقف بتلف المواد وضعف الالتصاق وتآكل حديد التسليح.
2. تشمل مصادر الرطوبة المياه الجوفية، وسوء العزل، والتكثف الداخلي، وتسرب مياه الأمطار والسباكة.
3. غياب العزل المائي أو سوء تنفيذه يؤدي إلى تسلل الرطوبة وتفاقم التشققات وتقشر الطلاء ونمو الفطريات.

4. الأساسات أكثر عرضة للرطوبة الصاعدة، خاصة عند ارتفاع منسوب المياه الجوفية أو في التربة الطينية المشبعة، ويمتد أثر ذلك إلى الأعمدة والجدران.
5. يرتبط التعرض المزمن للعفن الناتج عن الرطوبة بأمراض الجهاز التنفسي والحساسية، خصوصًا لدى الأطفال وكبار السن.
6. الوقاية أثناء التصميم والتنفيذ أقل كلفة وأكثر فاعلية من العلاج بعد ظهور الضرر، ويتطلب نجاح العلاج تشخيصًا دقيقًا لنوع الرطوبة ومصدرها.

8. التوصيات

1. دمج اعتبارات مقاومة الرطوبة في التصميم والتنفيذ لضمان استدامة المباني.
2. استخدام مواد عالية الجودة مقاومة للرطوبة، تشمل خرسانة منخفضة النفاذية بإضافات كيميائية، وطبقات عزل أفقية ورأسية، وطلاءات حماية للحديد.
3. تطبيق أنظمة عزل مائي متعددة الطبقات تغطي جميع عناصر المبنى، خاصة القواعد والسملات والأساسات والجدران.
4. الالتزام بمعايير جودة تنفيذ العزل (النظافة والجفاف والتجانس)، وإجراء فحوص دورية لقياس الرطوبة والتدخل السريع عند ظهور أي علامة.
5. إجراء دراسة جيولوجية وهيدرولوجية قبل تنفيذ الأساسات لتحديد منسوب المياه الجوفية ونوع التربة، واختيار الأساس المناسب وتحديد الحاجة إلى نظام تصريف أو عزل خاص.
6. تحسين نظم التهوية الداخلية (فتحات أو مراوح شفط، خاصة في المطابخ والحمامات) وصرف المياه، والتأكد من خلو الموقع من تجمع المياه.
7. الصيانة الدورية للمبنى بفحص الأنابيب والمزاريب ونقاط الالتقاء بين الجدران والسقف.
8. مراقبة الرطوبة بعد التنفيذ بأجهزة القياس أو الكاميرات الحرارية لتحديد النقاط الحرجة والتدخل المبكر.
9. إجراء دراسات ميدانية ومخبرية مستقبلية تقيس فعالية مواد العزل المختلفة في الظروف المناخية الليبية.

9.المراجع

[1] Airthings. «كيف تضر الرطوبة بمنزلك – وكيفية مكافحتها».
[2] Alnaqeeb.me. «طرق لمنع الرطوبة في المباني ومعالجة الرطوبة». 2021.
[3] BREGROUP Insights. «تشخيص أسباب الرطوبة في المباني».
[4] DPI. «مشاكل الكربنة والتآكل في الهياكل الخرسانية المسلحة». 2025.
[5] ejaba.com. «ما هو تأثير الرطوبة على خرسانة المباني».
[6] Handasa.xyz. «الرطوبة في المباني – آثار ومصادر وطرق منع الرطوبة». 2021.
[7] Handsaxyz. «كيفية حماية أسياخ التسليح من الصدأ والتآكل». 2020.
[8] Injarch. «الرطوبة في المباني: الأسباب، الآثار والحلول». 2024.
[9] IOSR. «أسباب الرطوبة والوقاية منها وعلاجها في المباني».
[10] mrajhi.com.sa. «تأثير الرطوبة ودرجات الحرارة العالية على مواد البناء». 2024.
[11] Misuratau.edu.ly. «مراقبة وتقييم التغيرات البيئية للمناطق الرطبة الساحلية». 2023.
[12] Salehmcc.com. «دليل شامل: أنواع العزل المائي وكيفية تعزيز الحماية». 2023.
[13] ScienceDirect. «تأكل حديد التسليح – نظرة عامة». 2025.
[14] store.zamilco.com. «العزل المائي والحراري للأسطح باستخدام مواد البولي يوريثان».
[15] UCL. «العلاجات الكارهة للماء وتطبيقها مع عزل الجدران الداخلية». 2024.