ISSN: 1817-6798 (Print)
Journal of Tikrit University for Humanities
available online at: www.jtuh.org/

Spatial Variation of Salt Weathering and Its Impact on Urban Buildings in the Center of Al-Riyadh Sub-district, Hawija District, Kirkuk Governorate

Sundus Jumaa Hussein

University of Kirkuk, College of Education for Humanities

* *Corresponding author: E-mail* :
Sundasjumaa@uokirkuk.edu.iq
07725760793

***Keywords*:**
Salt weathering,
salt crystallization,
salt treatment,
building materials

A R T I C L E I N F O

Article history:

Received	2 Jan 2026
Received in revised form	14 Jan 2026
Accepted	16 Jan 2026
Final Proofreading	30 Mar 2026
Available online	31 Mar 2026

E-mail t-jtuh@tu.edu.iq

©THIS IS AN OPEN ACCESS ARTICLE UNDER THE CC BY LICENSE
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

A B S T R A C T

This research presents a detailed study of the impact of salt weathering on urban buildings in Al-Riyadh Sub-district, Hawija District, Kirkuk Governorate, focusing on the natural and environmental factors that contribute to the intensification of this phenomenon. It was observed that salt weathering in this area is a result of the interaction of several factors, including soil type and the region's specific climatic conditions, which significantly influence the geomorphological processes associated with weathering.

Climatic data for the study area indicate significant temperature variations and fluctuations in rainfall. These climatic factors primarily activate mechanical weathering processes, particularly salt weathering, which causes the decomposition and disintegration of building materials. Chemical analysis of samples taken from building materials and soil, based on electrical conductivity and the American Salinity Classification, revealed high salinity levels ranging from ١٢.٣٢to 79.5 millimhos/cm³. These levels indicate a significant accumulation of sodium chloride, the salt most potent in accelerating salt weathering.

These effects are exacerbated by the presence of permanent water sources within the study area, particularly the Tigris River, which plays a crucial role by providing continuous moisture. This moisture penetrates through cracks and fine fissures in building materials due to capillary action, allowing dissolved salts to migrate internally and crystallize within these spaces. This excessive crystallization leads to the formation of salt flakes that gradually peel away from the surfaces.

DOI: http://doi.org/10.25130/jtuh.33.3.1.2026.11

Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities

التباين المكاني للتجوية الملحية واثرها على المباني العمرانية في مركز ناحية الرياض قضاء الحويجة – محافظة كركوك

سندس جمعة حسين/ جامعة كركوك ،كلية التربية للعلوم الانسانية

الخلاصة:

يتناول هذا البحث دراسة تفصيلية لتأثير التجوية الملحية على المباني العمرانية في مركز ناحية الرياض بقضاء الحويجة بمحافظة كركوك، مع التركيز على العوامل الطبيعية والبيئية التي تسهم في زيادة المخاطر على المباني العمرانية. إذ تم رصد التجوية الملحية في منطقة الدراسة نتيجة تداخل عدة عوامل تشمل طبيعة التربة والظروف المناخية ، والتي تعتبر ذات تأثير بالغ في تسارع عمليات الجيومورفولوجية

المتصلة بالتجوية.
تشير البيانات المناخية في منطقة الدراسة إلى وجود تفاوت كبير في درجات الحرارة وكذلك تقلبات في كمية الأمطار، وهذه العوامل المناخية تعمل بشكل رئيسي على تنشيط عمليات التجوية الكيميائية،إذ ان التجوية الملحية تسبب في تحلل وتفتت مواد البناء. وأظهرت نتائج التحليل الكيميائي للعينات المأخوذة من مواد البناء والتربة، استنادًا إلى التوصيل الكهربائي ووفق التصنيف الأمريكي للملوحة، وجود نسب مرتفعة من الملوحة تتراوح قيمتها بين (١٢.٣٢ – ٧٩.٥) مليموز/سم. هذه النسب تدل على تراكم ملح كلوريد الصوديوم بكميات كبيرة، وهو الملح الأعلى تأثيرًا في تسريع التجوية الملحية.
يتبين من هذه التأثيرات وجود مصادر مائية دائمة في نطاق الدراسة، وخاصة نهر دجلة، الذي يلعب دوراً حاسمًا من خلال توفير الرطوبة المستمرة. تتغلغل هذه الرطوبة عبر الشقوق والفواصل الدقيقة في مواد البناء نتيجة لظاهرة الخاصية الشعرية، مما يتيح للأملاح الذائبة الانتقال الداخلي والتبلور بداخل هذه الفجوات، ليحدث تبلور مفرط يؤدي إلى تكوين رقائق ملحية تتقشر تدريجيًا عن الأسطح.
الكلمات المفتاحية:التجوية الملحية،التبلور الملحي،معالجة الاملاح ،مواد البناء.

مقدمة:

تُعد العمليات المورفومناخية من العوامل الجوهرية التي تسبب تغيرات فيزيائية وكيميائية على سطح الأرض، مما يؤدي إلى إعادة تشكيل المواد السطحية وتنشيط العمليات الجيومرفولوجية إذ تعد التجوية الكيميائية الملحية واحدة من هذه العمليات التي تلعب دورًا رئيسًا في تدهور وتحلل الصخور ومواد البناء، خاصة في البيئات القاحلة وشبه القاحلة التي تتميز بجفاف طويل الأمد وارتفاع درجات الحرارة. تنشأ التجوية الملحية عبر تسرب المياه المشبعة بالأملاح إلى داخل الشقوق والفجوات الموجودة في الصخور ومكونات البناء المختلفة(Piummer,2007,421). ويعود مصدر تلك المياه الأول مياه الأمطار التي تحمل الأملاح المذابة، والثاني المياه الجوفية التي ترتفع عبر ظاهرة الخاصية الشعرية، حيث تصعد عبر مسام وصخور التربة إلى السطح. في ظل الظروف المناخية الحارة والجافة، يحدث تبخر سريع لهذه المياه داخل الشقوق، ما يؤدي إلى تكوين بلورات ملحية تبدأ بالنمو والتوسع داخل هذه الفراغات. يسبب هذا النمو المتصاعد للبلورات زيادة ملحوظة في الضغط داخل الفواصل، وهو ضغط كافٍ لتفتيت الصخور وتكسير المواد اللاصقة بين أحجار البناء .النتيجة المباشرة لهذه العملية هي ضعف الروابط البنيوية بين مكونات البناء، حيث تؤدي زيادة الترسيبات الملحية إلى تراجع حدة التماسك الداخلي، ما يسمح بزيادة التصدعات وتشكل الفراغات داخل العمود البنائي. مع استمرار العملية وتكرار التبخر وتبلور الملح، تتفاقم حالات التفكك حتى تصل إلى تآكل واضح في الطابوق والبلوك إلى زوال الأغطية الإسمنتية والدهانات الواقية(السامرائي،2015, 324). هذه الحالات تؤدي إلى ظهور علامات تلف

ظاهرة مثل التشققات الكبيرة، فُقدان المسامية الأصلية، وتدمير مكونات البناء السطحية والداخلية، مما يحول دون قدرة المباني على مقاومة الضغوط الميكانيكية والبيئية(Plumer,2007,421) .

مشكلة الدراسة:

١.هل تبرز مشكلة التجوية الملحية كعامل رئيس في تدهور المباني العمرانية في مركز ناحية الرياض في قضاء الحويجة–كركوك؟

٢.ما مدى ارتباط تدهور مواد البناء (الطابوق،البلوك، اللبخ، الجص، الطلاءات) بارتفاع تراكيز الأملاح الذائبة ونمط تغذية الرطوبة من المياه السطحية والجوفية عبر الخاصية الشعرية؟

فرضية الدراسة:

١.يسهم تبلور الأملاح داخل الشقوق والفواصل في زيادة الضغط داخل بنية المواد البنيوية، مما يفسر تزايد التشققات والتفتت وتقليل التماسك، خاصة مع ارتفاع الحرارة وانخفاض الأمطار وتتابع الرطوبة من الخاصية الشعرية.

٢. يؤدي تراكم الأملاح في التربة ومسام البناء إلى زيادة معدلات التقشر وفقدان الروابط اللاصقة في اللبخ والجص والطابوق والبلوك، مقارنة بمواد أكثر مقاومة للملوحة.

اهمية الدراسة :

١. يجيب البحث عن فجوة معرفية محلية في مركز ناحية الرياض حول آليات التجوية الملحية وتفاعلها مع العوامل المناخية ومواد البناء، ما يضيف إطارًا مفاهيميًا ونمذجيًا يمكن تطبيقه في مناطق قاحلة مماثلة.

٢. يوفر توجيهات عملية لاختيار مواد بنائية مقاومة للملوحة، وتحسينات في العزل والتصميم، وبرامج صيانة رصد مبكر، ما يساهم في إطالة عمر المباني وتقليل التكاليف على المدى الطويل.

٣. يعزز الفهم المورفومناخي للظاهرة سياسات إدارة المياه والتربة وتخفيض دخول الأملاح إلى المواقع الإنشائية.

هدف الدراسة :

١– تحديد مدى واتساع ظاهرة التجوية الملحية وتأثيرها على أنواع مواد البناء في مركز ناحية الرياض.

٢– ربط العوامل المناخية والمورفومناخية بمعدلات التدهور البنيوي وتبلور الأملاح داخل الشقوق.

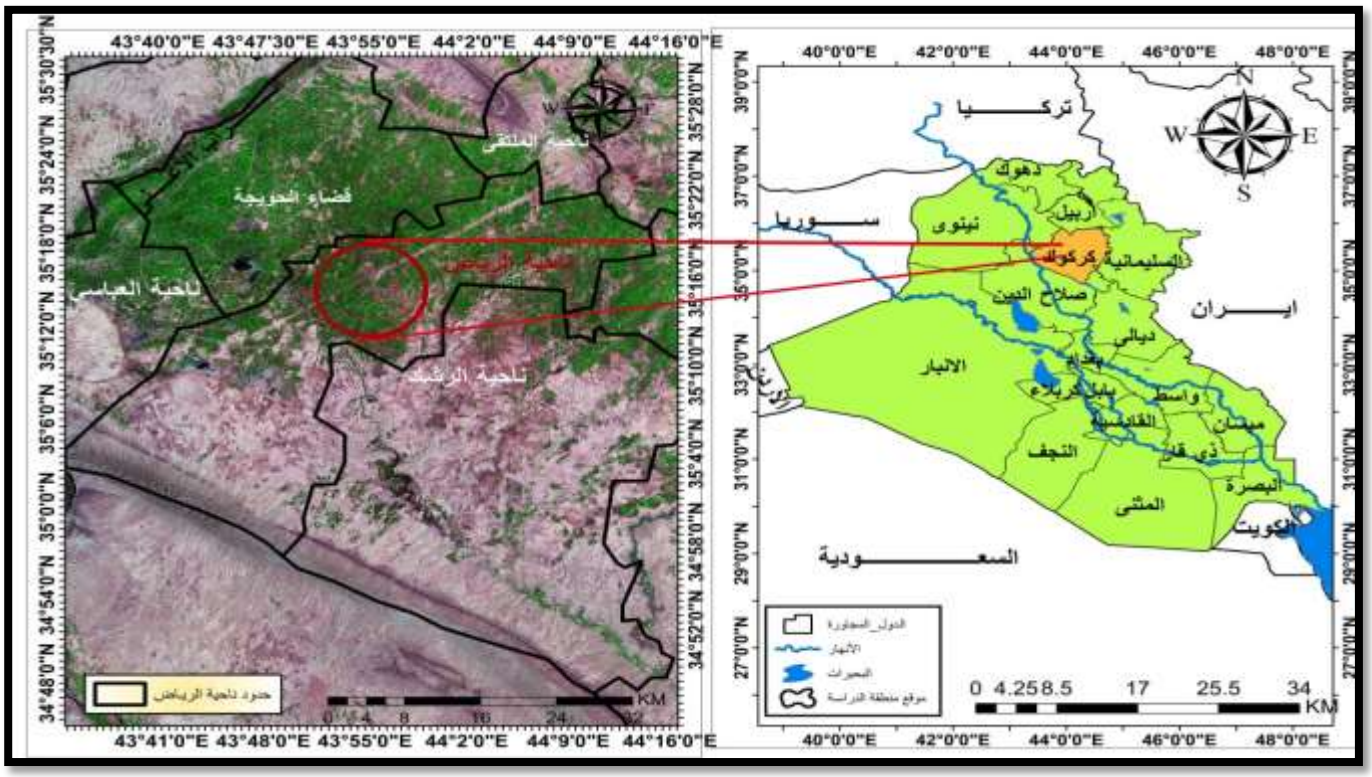
٣- تطوير نموذج تفسير يربط بين مستوى الملوحة، الرطوبة، والتآكل البنيوي، وتحديد نقاط التدخل الوقائي.

٤- اقتراح توصيات فنية وهندسية وادارية قابلة للتطبيق محليًا، بما في ذلك اختيار مواد مقاومة للملوحة، تقنيات عزل فعالة، وبرامج صيانة دورية .

موقع منطقة الدراسة :

يقع مركز ناحية الرياض فلكياً بين دائرتي عرض("٥٢ '٥٧ °٣٥ -"٤٠ '٢٢ °٣٥) شمالا وبين خطي طول ("٠٨'٠٠ °٤٤ -٤٠ ـ ٥٥.°٤٤) شرقا، وتقع جغرافيا ضمن قضاء الحويجة وتابعة اداريا لمحافظة كركوك الواقعة في الجزء الشرقي و الجنوب الشرقي من المحافظة و القضاء ،إذ يحدها من الشمال مركز القضاء وناحية يايجي وناحية الملتقى اما من جهة الشمال الغربي يحدها قضاء الحويجة ومن جهة الغرب ناحية العباسي ومن جهة الجنوب محافظة صلاح الدين ومن جهة الشرق ناحية تازة ومن جهة الجنوب الشرقي ناحية الرشاد ، واما من ناحية الغرب تحدها ناحية العباسي ،وتبلغ المساحة الكلية (٩٥١) كم^{٢} ، فضلا ان الخصائص الجغرافية والإدارية تمثل موقعاً تتفاعل فيه البيئة الجافة مع التربة الرسوبية والمياه الجوفية المالحة، الأمر الذي يجعل مركز ناحية الرياض نموذجاً مناسباً لدراسة آثار التجوية الملحية،كما في الخريطة (١).

خريطة (١)موقع منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على الهيئة العامة للمساحة، خريطة العراق الإدارية، مقياس ١/١٠٠٠٠٠٠. وخريطة محافظة كركوك، مقياس ١/٢٥٠٠٠٠. المرئية الفضائية (Quick bird) لعام ٢٠٢٤، ومخرجات برنامج (Arc Gis ١٠.٨).

الخصائص المناخية لمنطقة الدراسة:

تُعدّ الخصائص المناخية عاملاً أساسياً في تنشيط عمليات التجوية الملحية ، بما يتسم به من حرارة مرتفعة وتذبذب الرطوبة وانخفاض ملحوظ في معدلات الأمطار، دوراً حاسماً في تنشيط عمليات التجوية الملحية التي تُعد من أكثر العوامل المؤثرة في تدهور المباني العمرانية في البيئات الجافة وشبه الجافة. فارتفاع درجات الحرارة وزيادة معدلات التبخر يؤدي إلى تراكم الأملاح على السطوح البنائية وفي المسام الدقيقة لمواد البناء، مثل الحجر والخرسانة والطابوق. ومع تكرار دورات الرطوبة والجفاف(فوث،١٩٧٨،٥٦)، تبدأ الأملاح بالتحرك صعوداً عبر الخاصية الشعرية، ثم تتبلور عندما ينخفض مستوى الرطوبة، مسببةً ضغوطاً داخلية كبيرة تؤدي إلى تفكك الحبيبات، وتشقق الأسطح، وتقشر الطبقات الخارجية للمباني. كما يفاقم التباين الحراري بين النهار والليل من هشاشة المواد البنائية، إذ تسهم عمليات التمدد والانكماش في تكوين مسارات جديدة لنفاذ الأملاح وتراكمها(فوث ،١٩٧٨،١٤١). وتزداد درجة الضرر على المباني الواقعة في مناطق سوء الصرف أو القريبة من الترب ذات الملوحة العالية، إذ تعمل هذه الظروف على استدامة الدورة الملحية وتعمّق تأثيراتها(رزوقي،١٩٨٦،١٤٢). ونتيجة لذلك، تتعرض المباني في ناحية الرياض لتدهور متسارع في متانتها، وتم الاعتماد على البيانات المناخية لمحطة كركوك كما في الجدول (١).

جدول (١) يبين العناصر المناخية لمحطة كركوك من سنة(١٩٩٥-٢٠٢٤)

العنصر المناخي	كانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	المعدل السنوي
الاشعاع الشمسي	٥.٦	٥.٨	٦.٧	٦.٩	٩.٥	١١.٨	١٢.٥	١٠.٥	٩.٦	٨.٤	٦.٨	٤.٨	8.55
درجة الحرارة العضمى /م°	١٥.٣	١٦.٥	٢١.٦	٣٠.٥	٤١.٦	٤٣.٩	٤٥.٦	٤٤.٥	٣٩.٦	٣٣.١	٢٥.٦	١٨.٥	32.52
درجة الحرارة الصغرى/م°	٥.٦	٧.٦	١٠.٩	١٣.٥	٢١.٥	٢٦.٨	٢٨.٥	٢٦.١	٢٢.٨	١٥.٦	١١.٨	٧.٨	17.33
الامطار/ملم	٦٨.٥	٥٢.٥	٥٠.٤	٣١.٢	١٤.٦	٠.١	٠.١	٠.٢	٠.٠٥	١١.٦	٤١.٥	٥٨.٦	329.35
الرطوبة النسبية%	٧٥.٦	٧٣.٨	٥٧.٩	٥١.٦	٣٣.٧	٢٤.٨	٢٣.٨	٢٥.٨	٢٩.٥	٤٠.٩	٦٥.٥	٦٩.٣	45.71
التبخر	٥٢.٦	٦٨.٢	٩٦.٢	١٥٥.٨	٢٤٥.١	٢٦٢.٨	٣٢٢.١	٣٥٧.٣	٢٧٨.١	١٩٥.٢	١٠٧.٦	٦٥.٣	194.63
الرياح	١.٥	١.٨	١.٧	١.٩	٢.٥	١.٨	١.٧	١.٥	١.٤	١.٣	١.٣	١.٢	1.673

المصدر: الهيئة العامة للأنواء الجوية العراقية ،قسم المناخ ،بيانات غير منشورة للمدة من ١٩٩٥-٢٠٢٤.

يتضح من الجدول اعلاه الحقائق الاتية:

١. تزداد ساعات السطوح الشمسي في فصل الصيف وتحديدا في شهر (حزيران ،تموز، اب) مما يكون له الاثر في زيادة معدلات تبخر الماء على أسطح المباني، ما يرفع تركيز الأملاح داخل المسام ويؤدي إلى تبلورها. هذا التبلور يولّد ضغوطاً داخلية تسبب تشقق السطوح وتقشر المواد، وبالتالي يسرّع تدهور المباني بفعل التجوية الملحية، في حين تقل ساعات السطوح الشمسي خلال اشهر الشتاء ويحدث العكس بالنسبة كميات التبخر و الرطوبة.

٢.تزداد درجة الحرارة العظمى في اشهر (حزيران – تموز – اب) اذ بلغت (٤٣.٩-٤٥.٦-٤٤.٥) درجة مئوية ،وتقل في اشهر الشتاء وتحديدا ضمن اشهر(كانون الاول – كانون الثاني – شباط) اذ بلغت بواقع (١٥.٣- ١٦.٥-١٨.٥)درجة مئوية على التوالي ،فضلا عن درجة الحرارة الصغرى فقد سجلت اعلى درجة في شهر تموز اذ بلغت (٢٨.٥)م° و ادناها في شهر كانون الثاني (٥.٦)م° حيث تُسهم الفروق بين درجات الحرارة العظمى والصغرى في تنشيط التجوية الملحية عبر تكرار عمليات التمدد والانكماش في المواد البنائية، مما يزيد من نفاذ الأملاح وتبلورها داخل المسام، وينتج عن ذلك ضغوط بلورية تؤدي إلى تشقق السطوح وضعف المباني.

٣. إن المجموع السنوي للأمطار البالغ (٣٢٩.٣٥) ملم يُعدّ كمية محدودة في بيئة شبه جافة، وله أثر مباشر في تعزيز التجوية الملحية وتدهورها على المباني. فهذه الكمية من الأمطار ليست كافية لغسل الأملاح أو تفتيتها، لكنها كافية لإذابة الأملاح الموجودة في التربة ومواد البناء، مما يسمح لها بالصعود عبر الخاصية الشعرية إلى أسطح الجدران. وبعد انتهاء الموسم المطري، تؤدي فترات الجفاف الطويلة إلى تبخر الماء بسرعة وتبلور الأملاح داخل المسام، محدثةً ضغوطاً بلورية تُسهم في تشقق السطوح وتقشر طبقات الإنشاء. وبالتالي، فإن محدودية الأمطار مع تكرار دورات الرطوبة والجفاف تجعل المباني أكثر عرضة للتلف بفعل التجوية الملحية(محسوب،١٩٩٦،١٦٢).

٤.ترتفع معدلات الرطوبة للأشهر (كانون الاول –كانون الثاني – شباط)حيث بلغت (٧٥.٦-٧٣.٨-٦٩.٣) % على التوالي فالرطوبة تُسهم مباشرة في بدء دورة الذوبان–التبلور التي تُعدّ جوهر التجوية الملحية.

٥.تتميز كميات التبخر بالتباين لتصل اقصى معدلاتها في اشهر تموز و اب (٣٢٢.١-٣٥٧.٣)ملم على التوالي .

٥. .ترتفع معدلات الرياح للأشهر (مايس – حزيران)حيث بلغت (١.٨- ٢.٥)م/ثا، واقل سرعة للرياح في شهري (كانون الاول – كانون الثاني) اذ بلغت (١.٢-١.٥) م/ثا على التوالي .

تقدير كمية الملوحة في مواد البناء واثارها على البناء العمراني:

تشهد الأبنية العمرانية في مركز ناحية الرياض تدهورًا واضحًا في مظهرها الخارجي ومتانتها الإنشائية نتيجة انتشار ظاهرة التجوية الملحية، التي تُعد من أبرز مظاهر التآكل البطيء في مواد البناء، ولا سيما في المناطق ذات المناخ الحار والجاف. وتتمثل هذه الظاهرة بظهور ترسبات ملحية بيضاء أو رمادية على جدران الأبنية، ناتجة عن تبلور الأملاح الذائبة داخل مسامات الطابوق واللبخ، مما يؤدي تدريجيًا إلى تفكك وتقشر الطبقات السطحية للجدران(التميمي،٢٠١٢، ٣٢٤).

ويُعزى السبب الرئيس لانتشار هذه الظاهرة إلى ارتفاع تركيز الأملاح، ولا سيما كلوريد الصوديوم، في التربة ومواد البناء المحلية، وبشكل خاص الطابوق المفخور، إذ أظهرت المشاهدات الميدانية والدراسات الأولية احتواء هذا النوع من الطابوق على نسب ملوحة مرتفعة، ما يؤدي إلى ظهور مظاهر التملح والتقشر خلال فترة زمنية قصيرة من استخدامه، خاصة في حال غياب المعالجات الفنية المناسبة أو ضعف أنظمة العزل الرطوبي.

كما تسهم الخصائص المناخية السائدة في المنطقة في تسريع عمليات التجوية الملحية، إذ يتميز المناخ بارتفاع درجات الحرارة صيفًا وتذبذب معدلات الرطوبة خلال العام، مما يهيئ ظروفًا ملائمة لدورات الامتصاص والتبخر المتكررة. فعند امتصاص الجدران للرطوبة المحمّلة بالأملاح من التربة، تترسب هذه الأملاح داخل المسامات مع تبخر الماء، وتؤدي زيادة حجم البلورات الملحية الناتجة عن تكرار هذه العملية إلى توليد ضغوط داخلية تُسهم في تفكك المادة الإسمنتية وتآكل مواد البناء تدريجيًا(الدراجي ،٢٠٠٦، ٥١).

وتظهر التجوية الملحية في مراحلها المتقدمة على شكل قشور ورقائق ملحية صلبة، يعقبها تساقط أجزاء من الطبقة الإسمنتية وظهور تشققات وتفتت في مواد البناء، مما يسبب ضعفًا في متانة الجدران وتشوهًا في الواجهات المعمارية. ولا تتوقف هذه العملية ما دامت الظروف البيئية الملائمة قائمة، والمتمثلة بتوفر الرطوبة وتكرار فترات الجفاف وارتفاع درجات الحرارة (الكسندر،١٩٨٢، ٣٤٥).

وتتجاوز آثار التجوية الملحية الجانب الجمالي لتشمل أبعادًا إنشائية خطيرة، إذ تؤدي مع مرور الوقت إلى انخفاض مقاومة الجدران للإجهادات المختلفة وزيادة نفاذية المياه داخلها، الأمر الذي يسرّع من تدهور الأبنية. وتُعد المباني القديمة والواقعة في المناطق المنخفضة أو القريبة من مجاري المياه والأراضي الزراعية الأكثر عرضة لهذه الظاهرة، نتيجة تشبع التربة المحيطة بالأملاح وارتفاع معدلات الرطوبة الأرضية(Mass,1977,63).

التملح الأرضي وأثره على خواص التربة والمنشآت العمرانية:

ان ملوحة التربة ترجع إلى مصدرين رئيسيين هما التملح الأولي والتملح الثانوي، ويختلف تأثير كل منهما في الخصائص الهندسية للتربة وفي سلامة المباني والمنشآت المقامة عليها، ولا سيّما في المناطق الجافة وشبه الجافة.

١.التملح الأولي :

يمثل التملح الأولي عملية تطور طبيعي للتربة في ظل وجود محتوى مرتفع من الأملاح في المادة الأم، ويختلف هذا التطور تبعاً لطبيعة عمليات تكوين التربة. وتُعد الترب المتأثرة بالملوحة الطبيعية جزءاً من العمليات الجيوكيميائية المستمرة ، إذ يُعد تجوية المعادن الأولية في الصخور المصدر الأساس للأملاح الذائبة في التربة، لاسيما في البيئات التي تتوافر فيها كميات محدودة من الأمطار غير الكافية لغسل الأملاح ونقلها إلى أعماق أكبر (الخزاعي ،٢٠٠٥، ٦٥).

ويؤدي ارتفاع المحتوى الملحي للصخور الأم، ولا سيّما الصخور الغنية بسيليكات الصوديوم، إلى تراكم الأملاح على سطح الأرض أو ضمن آفاق التربة المختلفة. كما تسهم الذرات والأتربة الملحية المنقولة بالرياح في زيادة تركيز الأملاح، خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة. وتبقى هذه الأملاح متراكمة موضعياً نتيجة شدة التبخر وقلة الغسل بالمياه (بقادي،١٩٩١، ١٤٨).

وتنتج ملوحة بعض الترب عن وفرة أملاح الكلوريدات، ولا سيّما كلوريد الصوديوم وكلوريدات الكالسيوم والمغنيسيوم، إذ تُكسب هذه الأملاح التربة ألواناً مميزة، مثل اللون الداكن في الترب السبخية واللون الأبيض في الترب الغنية بكلوريد الصوديوم. وعلى الرغم من قابلية بعض هذه الأملاح على الذوبان والغسل، إلا أن تراكيزها العالية، التي قد تصل في بعض مناطق السهل الرسوبي إلى نحو ٦% عند عمق مترين، تُعد ذات تأثير سلبي كبير في خصائص التربة الحاملة للأساسات(جيمز،١٩٨٧، ١٩٤)، يؤدي التملح الأولي إلى تكوين ترب ذات فعالية كيميائية عالية تجاه مواد البناء، مما يسبب ضعف تماسك التربة، وزيادة قابلية الصعود الشعري للأملاح، وتسارع تلف الأساسات الخرسانية والجدران(احمد ،٢٠٢٣، ٤٤).

٢.التملح الثانوي:

ينشأ التملح الثانوي نتيجة عوامل غير طبيعية ترتبط أساساً بارتفاع منسوب المياه الجوفية المالحة، أو بطبيعة التضاريس التي تسهم في تجمع الأملاح وانتقالها نحو الطبقات السطحية للتربة. وتؤدي الخاصية الشعرية دوراً مهماً في نقل الأملاح من الأعماق إلى سطح التربة، حيث تترسب بعد تبخر الماء(بقادي،١٩٩١، ١٤٨).

ويسهم الإنسان بصورة مباشرة في تفاقم هذه الظاهرة، خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة، من خلال ممارسات الري غير المنتظمة وضعف شبكات البزل. إذ يؤدي الري المستمر إلى رفع منسوب المياه الجوفية المالحة، ومع ارتفاع درجات الحرارة وقلة الأمطار يزداد التبخر، فتتراكم الأملاح في التربة السطحية(امين،١٩٩٠،١٢٧).كما تنتقل الأملاح مباشرة عبر مياه الري والأسمدة والمحاليل ذات التراكيز الملحية العالية، أو نتيجة التلوث الصناعي، في حين يتم الانتقال غير المباشر للأملاح من الطبقات العميقة والمياه الأرضية بواسطة الخاصية الشعرية. وتختلف تراكيز الأملاح في مياه الري من مصدر إلى آخر، إلا أن جميعها تحتوي على أيونات ذائبة تترسب تدريجياً في التربة مع تكرار عمليات الري(بقادي،١٩٩١،١٤٨).

أظهرت الدراسات أن ري الأراضي بعمق يقارب ٣٠ سم باستخدام مياه تحتوي على نحو ٤٠٠ جزء بالمليون من الأملاح، وهو تركيز قريب من محتوى مياه نهر دجلة، يؤدي إلى إضافة ما يقارب ٣٠٠ كغم من الأملاح سنوياً في الدونم الواحد(داود،١٩٩٠،١٣٠). وفي ظل غياب أو ضعف أنظمة البزل في منطقة الدراسة، تتراكم هذه الأملاح داخل التربة وتتزايد بمرور الوقت، مما يؤثر مباشرة على المباني الواقعة في المنطقة.

ويتبين التأثير على **المباني السكنية والخدمية والتعليمية** .ففي المباني السكنية، تسبب الملوحة ظهور تشققات في الجدران، وتقشر الطلاء ، وظهور التقشر الملحي، مما يقلل من جمالية المباني وقيمتها العمرانية. أما المباني الخدمية مثل المراكز الصحية والمرافق العامة، فيؤدي تراكم الأملاح إلى ضعف الأساسات وتسريع تآكل الخرسانة وحديد التسليح، مما يهدد السلامة الإنشائية. وبالنسبة للمباني التعليمية، فإن الرطوبة والصعود الملحي قد يسبب تلف الأرضيات والجدران، ويؤثر على البيئة الداخلية للمدارس والمرافق التعليمية، ما يقلل من كفاءتها الوظيفية(احمد،٢٠٢٣،٣٩٣).ويُعد التملح الثانوي في هذه المنطقة من أخطر العوامل المؤثرة في العمر الخدمي للمنشآت، نظراً لارتباطه المباشر بالنشاط البشري وسوء إدارة الري والبزل، الأمر الذي يزيد من كلفة الصيانة ويستدعي وضع استراتيجيات فعّالة للتحكم في تراكم الأملاح وحماية المباني المختلفة.

أصناف الترب الملحية وتأثيرها على استقرار المباني العمرانية

صنّف راسل (١٩٧٥) الترب الملحية في العراق(جيمز,١٩٨٧,٣٩٣)، وهو تصنيف لا يزال معتمداً حتى الوقت الحاضر، بالاعتماد على تسميات محلية إلى صنفين رئيسين، ويُعد هذا التصنيف مهماً في تقييم المخاطر الإنشائية التي تهدد المباني المقامة على هذه الترب .

١. ترب الشورة:

تُعد ترب الشورة من الترب الملحية الجافة نسبياً، وتتميز بوجود قشرة ملحية بيضاء على سطحها ناتجة عن تراكم كميات كبيرة من أملاح كلوريدات وكبريتات الصوديوم والمغنيسيوم المتميئة. وتتراوح قيم التوصيل الكهربائي (EC) لهذه الترب بين (١٣٢–٣٦٠) ديسمنز/م، في حين يقع الأس الهيدروجيني (pH) ضمن المجال القاعدي (٧.٨–٨.٢)(العامري،٢٠٠٥،٩٤).

ويغلب أيون الصوديوم على معظم الآفاق السطحية، إذ تصل نسبته إلى (٦٥–٩٧)% ويسهم هذا الارتفاع في الصوديوم في تدهور البنية الفيزيائية للتربة، وتقليل قدرتها على التحمل، مما يزيد من احتمالية الهبوط غير المنتظم للأساسات وظهور التشققات في المباني العمرانية(السامرائي،٢٠١٠،٥٤٤).

٢. ترب السبخة:

تتميز ترب السبخة بكونها تراباً ملحية عالية الرطوبة، تحتوي على تراكيز مرتفعة من أملاح كلوريد الكالسيوم وكلوريد المغنيسيوم، إضافة إلى كميات من كبريتات المغنيسيوم. ويكون سطح هذه الترب رطباً ولزجاً وداكن اللون، وغالباً ما تنتشر في المناطق التي يكون فيها منسوب المياه الأرضية قريباً من سطح الأرض.

وتتراوح قيم التوصيل الكهربائي (EC) فيها بين (٢٤٦–٤٦٠) ديسمنز/م، بينما يمتد مدى الأس الهيدروجيني (pH) من قليل الحامضية إلى القاعدية (٤.٥٦–٨.١٥)(الخليفة،٢٠٠٥،٥). وتسود أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم في الآفاق السطحية، في حين يزداد تأثير أيون الصوديوم في الآفاق السفلى. ويُعد هذا النوع من الترب من أكثر الأصناف خطورة على المباني، نظراً لارتفاع الرطوبة والملوحة، وما ينتج عنه من ضعف قدرة التحمل، وتسارع تآكل الخرسانة وحديد التسليح.

أما ترب منطقة الدراسة، فقد جرى تصنيف الترب الملحية فيها وفق لنظام الأمريكي إلى عدة أصناف اعتماداً على درجة التوصيل الكهربائي ، كما هو موضح في الجدول رقم (٢).

جدول (٢)التصنيف الامريكي لملوحة التربة درجة التوصيل الكهربائي EC

قيمة الملوحة	وصف الملوحة
٢–٤	قليلة الملوحة
٤–٨	متوسطة الملوحة
٨–١٥	عالية الملوحة
اكثر من ١٥	شديدة الملوحة

المصدر:- F.A.O Unesco, Irrigation Dranige and Salinitg, London , 1979, p.75

التطبيق الميداني للمباني المتضررة من التجوية الملحية في منطقة الدراسة:

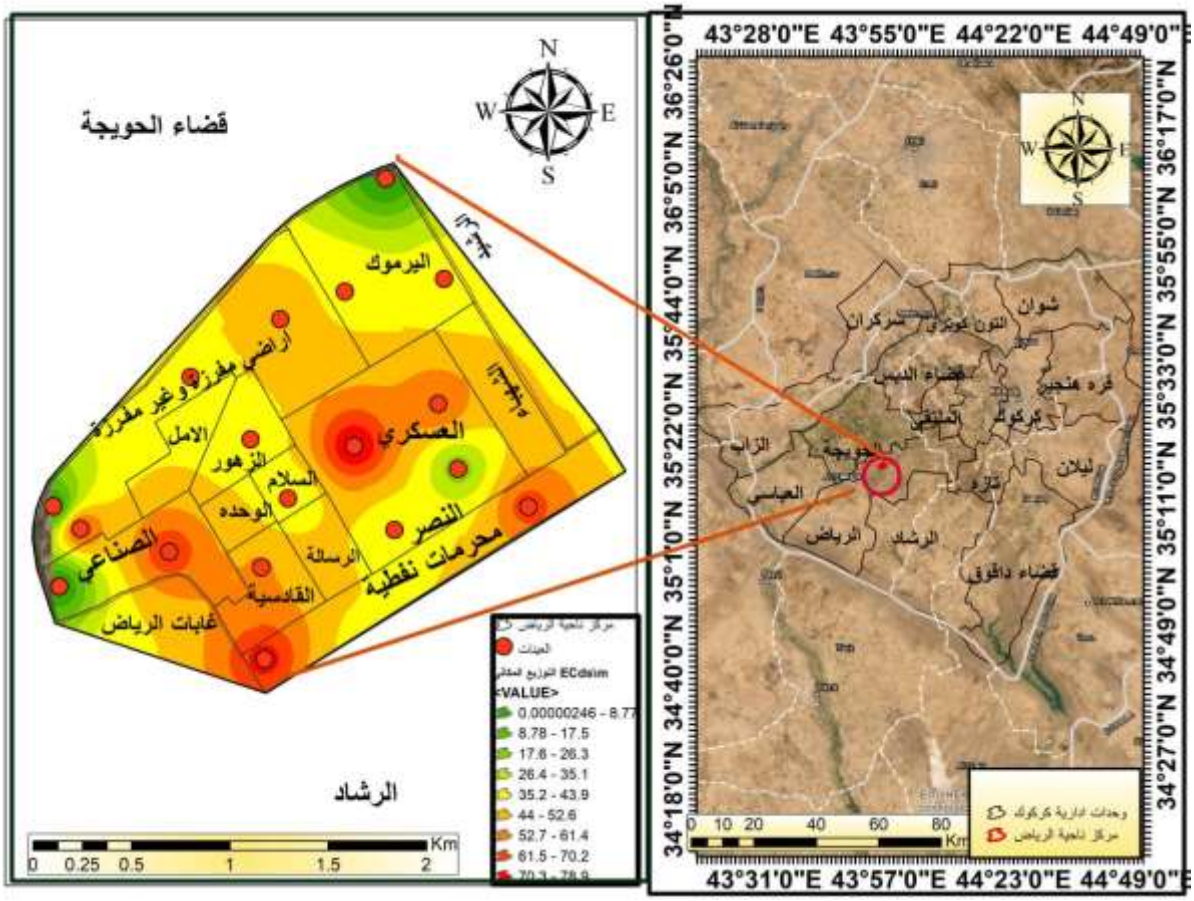
تُعد مرحلة التشخيص والتحليل من المراحل الأساسية في هذه الدراسة، إذ جرى اختيار مواقع ممثِّلة من منطقة الدراسة لأغراض التحليل الحقلي والمختبري. وقد تم جمع (١٨) عينة تربة من مواقع مبانٍ سكنية وتعليمية مشيّدة بالبلوك والطابوق، حيث وُضعت العينات في أكياس محكمة الإغلاق، وثُبّتت إحداثياتها الجغرافية بدقة لغرض ربط النتائج الميدانية بالتحليل المكاني. واعتمدت الدراسة على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد بوصفها أدوات فعّالة في إعداد خرائط تفصيلية لتوزيع الأملاح وتحديد مناطق تركزها في التربة، فضلًا عن تشخيص المباني الأكثر عرضة للتدهور. كما أُجري تحليل مختبري لعينات مأخوذة من الجدران والأساسات بهدف تحديد مستويات التملح وعمق انتشار الأملاح داخل المواد الإنشائية، الأمر الذي أسهم في بناء قاعدة بيانات علمية دقيقة داعمة للتحليل المكاني وتفسير النتائج، كما هو موضّح في جدول (٣).

جدول (٣) العينات مواد البناء لقياس درجة الملوحة وتأثير التجوية الملحية

ت	نوع المنشأ العمراني	نوع مادة البناء المستخدمة	تركيز نسبة الملوحة DS/M
١	منزل	طابوق	٦٨.٥
٢	مدرسة	بلوك	٣٦.٦
٣	منزل	طابوق	٤٦.٨
٤	منزل	بلوك	٥٢.٧
٥	منزل	طابوق	٦٥.٥
٦	منزل	بلوك	٧٩.٥
٧	مدرسة	بلوك	٢٣.٢٥
٨	مدرسة	بلوك	٥٣.٤٥
٩	منزل	طابوق	٣٥.٢٢
١٠	منزل	بلوك	٤٥.٤٦
١١	منزل	طابوق	٢٠.٣
١٢	منزل	بلوك	١٥.٣٤
١٣	منزل	بلوك	٢٥.١٥
١٤	منزل	بلوك	٦٤.٣٢
١٥	منزل	طابوق	٣٢.١٢
١٦	منزل	بلوك	٥٤.٦٥
١٧	منزل	طابوق	١٢.٣٢
١٨	منزل	بلوك	٤٣.١٢

المصدر :بالاعتماد على نتائج التحليلات المختبرية في مديرية الزراعة كركوك .

الخريطة (٢) تبين التوزيع المكاني لدرجة التوصيل الكهربائي EC في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحثة قسم مديرية بلدية الرياض, خريطة التصميم الاساسي لقصبة ناحية الرياض لعام ٢٠٠٠ بمقياس ١:٢٥٠٠٠٠, والمرئية الفضائية (Quick bird) لعام ٢٠٢٤، وعينات تركيز الاملاح ومخرجات برنامج (Arc Gis ١٠.٧).

تُظهر الخريطة المكانية لتوزيع تركيز الأملاح في تربة مركز ناحية الرياض وجود تباين مكاني واضح في مستويات الملوحة، استنادًا إلى القياسات الحقلية الممثلة باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وأساليب الاستيفاء المكاني. وتبيّن نتائج التحليل أن المناطق الوسطى تسجّل أعلى تراكيز للأملاح، ضمن نطاقات ملوحة مرتفعة إلى مرتفعة جدًا، ويُعزى ذلك إلى ارتفاع منسوب المياه الجوفية وضعف كفاءة أنظمة الصرف، إضافة إلى تأثير التوسع العمراني غير المخطط وتسرب المياه من شبكات البنى التحتية. في المقابل، تنخفض مستويات الملوحة نسبيًا في الأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية نتيجة تحسن الخصائص الهيدرولوجية للتربة وانخفاض الكثافة العمرانية، بينما تتسم المناطق الجنوبية والغربية بدرجات ملوحة متوسطة إلى مرتفعة تعكس تباين الخصائص الجيولوجية واستخدامات الأرض. وتؤثر هذه الأنماط المكانية سلبًا في المباني والمنشآت، إذ تؤدي الملوحة المرتفعة إلى تبلور الأملاح داخل مسامات مواد البناء وحدوث التقشر الملحي(الخليفة،٢٠٠٥،ص٦)، فضلًا عن تسريع عمليات التآكل الكيميائي لحديد التسليح، مما يضعف كفاءة الأساسات الإنشائية.

أنواع الأملاح وتأثيرها على المباني العمرانية:

تُصنَّف الأملاح الموجودة في التربة اعتماداً على نوع الأيون المكوِّن لها إلى عدة أنواع(السامرائي،٢٠١٢،٢٢٣)، ويختلف تأثير كل منها في استقرار التربة وسلامة المباني العمرانية، ولا سيّما في المناطق المتأثرة بالملوحة وارتفاع المياه الجوفية .

١. أملاح الكربونات والبيكربونات:

وتشمل كربونات وبيكربونات الكالسيوم والصوديوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم. وتؤدي هذه الأملاح، ولا سيّما أملاح الصوديوم، إلى زيادة قلوية التربة وضعف تماسكها، مما يسبب فقدان قدرتها على التحمل وزيادة قابلية الانتفاخ والانكماش. وينعكس ذلك سلباً على استقرار الأساسات وحدوث التشققات في المباني.

٢. أملاح الكبريتات:

تتكون نتيجة اتحاد أيونات الكبريتات مع الكاتيونات القلوية والقلوية الأرضية مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم. وتُعد كبريتات الكالسيوم (الجبس) وكبريتات الصوديوم والمغنيسيوم من أكثرها شيوعاً. وتمثل أملاح الكبريتات خطراً إنشائياً كبيراً، إذ تتفاعل مع مكونات الإسمنت محدثة تمدداً وتفتتاً في الخرسانة، مما يؤدي إلى تدهور الأساسات والجدران مع مرور الزمن.

٣. أملاح الكلوريدات:

وتشمل كلوريد الصوديوم وكلوريد المغنيسيوم وكلوريد الكالسيوم، وتمتاز بارتفاع قابليتها على الذوبان وسهولة انتقالها مع المياه الجوفية. وتؤدي هذه الأملاح إلى تسريع تآكل حديد التسليح داخل الخرسانة، فضلاً عن زيادة الرطوبة والصعود الشعري في الجدران، الأمر الذي يضعف العناصر الإنشائية ويقلل من العمر الخدمي للمباني

٤. أملاح النترات:

تُعد من الأملاح سريعة الذوبان وتوجد في الترب الملحية بكميات متفاوتة. وعلى الرغم من كونها غير سامة للنبات، إلا أن قابليتها العالية على الذوبان تسهم في نقل الرطوبة والأملاح إلى داخل مواد البناء، مما يؤدي إلى ظهور التزهير الملحي (Efflorescence) وتدهور الطلاء والمواد السطحية للجدران.

٥. أملاح البورات:

يتراكم البورون في التربة على هيئة بورات، وتُعد هذه الأملاح من العوامل المؤثرة في الخصائص الكيميائية للتربة. وعلى الصعيد العمراني، فإن وجودها بتراكيز مرتفعة يسهم في زيادة العدوانية الكيميائية للتربة والمياه الجوفية تجاه مواد البناء، ما يسرّع من عمليات التلف خاصة في الأساسات الخرسانية.

ادارة المباني العمرانية ومراقبة الأملاح في منطقة الدراسة:

يُعد التنبؤ بمشكلة الملوحة ومراقبتها من المعالجات الأساسية في إدارة الأراضي وحماية المنشآت العمرانية، ولا سيّما في المناطق التي تعاني من ارتفاع مناسيب المياه الجوفية وسوء أنظمة البزل، كما هو الحال في مركز ناحية الرياض إذ تؤدي زيادة تركيز الأملاح في التربة والمياه إلى إضعاف الأسس الإنشائية للمباني وتسريع تدهور مواد البناء نتيجة التبلور الملحي والرطوبة الصاعدة. وتوجد مجموعة من العوامل الرئيسة التي ينبغي أخذها بنظر الاعتبار عند دراسة التنبؤ ومراقبة الأملاح، من أبرزها ما يأتي:

١. مصادر الأملاح الذائبة:

وتشمل الأملاح الموجودة أو المتوقع وجودها في المياه الجوفية والمياه الأرضية، وكذلك مياه الأنهار، إضافة إلى الرشح المتسرب من القنوات والخزانات المائية. وتحديد كميات هذه الأملاح ومصادرها يُعد خطوة أساسية لفهم طبيعة الملوحة وتأثيرها المباشر في التربة الواقعة تحت المباني والمنشآت العمرانية(يوحنا،١٩٨٢،٨)في مركز ناحية الرياض.

٢. النظام الملحي العام للتربة:

ويقصد به دراسة التوزيع العمودي والأفقي للأملاح داخل التربة، والتغيرات الموسمية التي تطرأ عليها، فضلاً عن حركة المواد الذائبة في الطبقات المشبعة وغير المشبعة. كما تشمل هذه الدراسة عمليات الانتشار والتفاعلات الكيميائية بين المحاليل والأجزاء الصلبة للتربة، مثل تبادل الأيونات والترسيب، والتي تسهم بشكل مباشر في إضعاف خصائص التربة الحاملة للأساسات.

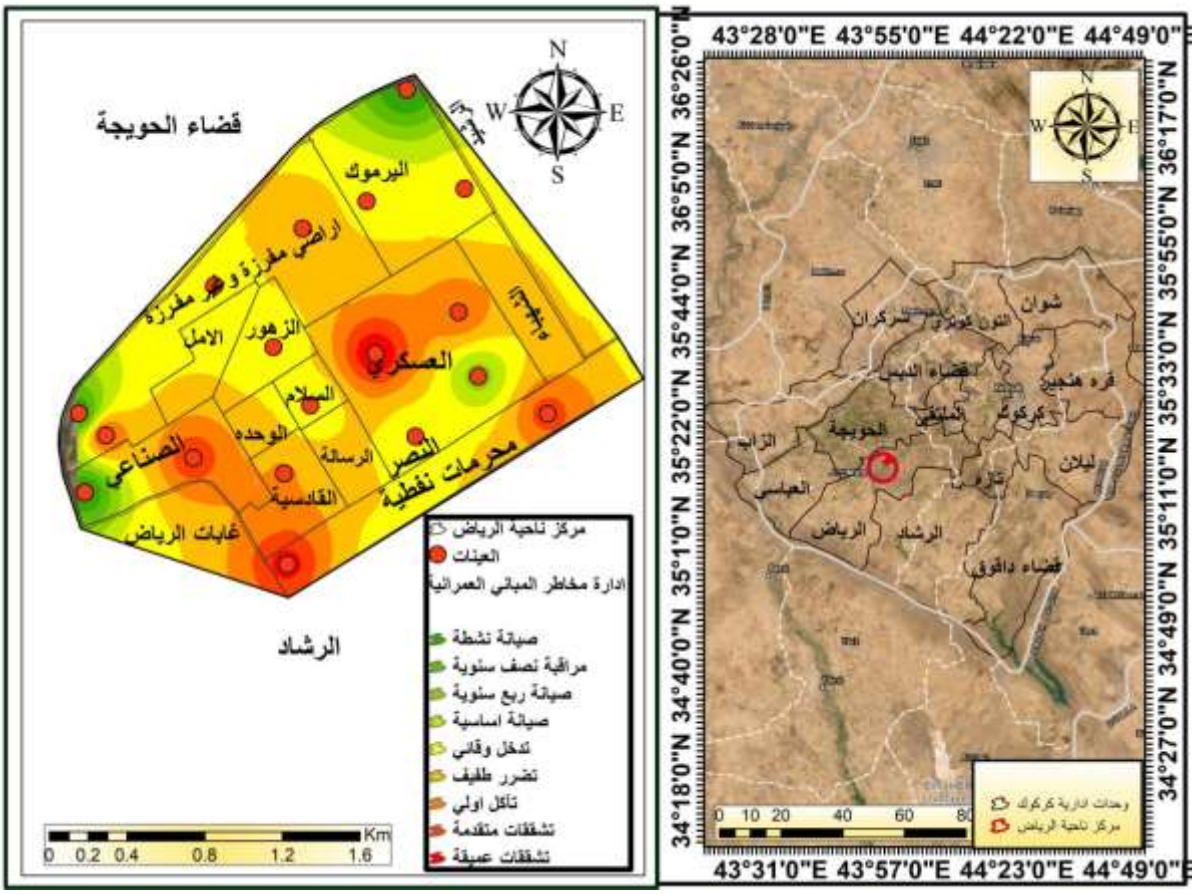
٣. البيئة والعوامل الطبيعية المؤثرة:

وتتضمن العوامل المناخية، والخصائص الجغرافية والجيولوجية والهيدرولوجية والجيوكيميائية، فضلا عن الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة. وتكتسب هذه العوامل أهمية خاصة في مركز ناحية الرياض، حيث يسهم المناخ الجاف وشبه الجاف وارتفاع معدلات التبخر في تركّز الأملاح وصعودها نحو السطح، مما يزيد من مخاطرها على المباني.

٤. تأثير النشاط البشري:

يتمثل بأساليب استغلال الأراضي وعمليات الري غير المنتظمة، وضعف شبكات البزل، فضلاً عن التلوث والتعرية. وتُعد هذه الأنشطة من الأسباب الرئيسة التي تسهم في تفاقم مشكلة الملوحة بصورة مباشرة أو غير مباشرة، وما يترتب عليها من أضرار إنشائية في الأبنية السكنية والخدمية.

الخريطة (٣) تبين ادارة مخاطر المباني العمرانية في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحثة قسم مديرية بلدية الرياض, خريطة التصميم الاساسي لقصبة ناحية الرياض لعام ٢٠٠٠ بمقياس ١:٢٥٠٠٠٠, والمرئية الفضائية (Quick bird) لعام ٢٠٢٤، وعينات تركيز الاملاح ومخرجات برنامج (Arc Gis ١٠.٧).

يتبين من الخريطة (٣) في كونها تمثل أداة تحليلية لاتخاذ القرار، إذ تتيح تحديد المناطق الأكثر عرضة للمخاطر الإنشائية الناتجة عن الملوحة، وتوفر أساسًا علميًا لوضع خطط معالجة وتشمل هذه الخطط تحسين شبكات الصرف الأرضي، وخفض منسوب المياه الجوفية، واستخدام مواد بناء مقاومة للأملاح، فضلًا عن اعتماد معالجات عزل مناسبة للأساسات في المناطق ذات الخطورة العالية ان هنالك تباينًا واضحًا في تركيز نسب الاملاح اذ يتم تقسيمها الى اربع مستويات على اساس ادارتها ومعالجتها:

١. اللون الأخضر (ملوحة منخفضة):

تظهر في تدرجات اللون الاخضر انها تربة مستقرة نسبيًا ولا تمثل خطورة كبيرة على المباني، إذ يكون تأثير الأملاح محدودًا ولا يؤدي إلى تلف في مواد البناء أو الأساسات ،وتكمن مراقبتها بشكل صيانة دورية سنويا.

٢. اللون الأصفر (ملوحة متوسطة):

يبدأ تأثير الأملاح بالظهور على الجدران والأساسات، متمثلًا بظهور القشور الملحية وتقشر الطبقات السطحية، مما يستدعي تدخل وقائي باعتماد مواد بناء وعزل مقاومة للأملاح.

٣. اللون البرتقالي (ملوحة مرتفعة):

تمثل هذه المناطق خطورة إنشائية متوسطة إلى عالية، إذ تؤدي الملوحة إلى تدهور واضح في مواد البناء و الخرسانة الاسمنتية، وتسريع تآكل حديد التسليح، وتقليل العمر الافتراضي للمباني.

٤.اللون الأحمر (ملوحة مرتفعة جدًا):

تُعد مناطق شديدة الخطورة على المباني، حيث تتسبب الأملاح بضعف الأساسات، وتشققات الجدران، و الضغط الهيدروستاتيكي وانفصال الطبقات الإنشائية ويزيد من احتمالية ظهور التشققات والهبوطات غير المنتظمة ، مما يتطلب معالجات هندسية خاصة أو تقييد التوسع العمراني.

الاستنتاجات :

١. تظهر البيانات المناخية في منطقة الدراسة إلى وجود تفاوت كبير في درجات الحرارة وكذلك تقلبات في كمية الأمطار، وهذه العوامل المناخية تعمل بشكل رئيسي على تنشيط عمليات التجوية الميكانيكية، خصوصًا التجوية الملحية التي تتسبب في تحلل وتفتت مواد البناء.

٢. أظهرت نتائج التحليل الكيميائي للعينات المأخوذة من مواد البناء، استنادًا إلى التوصيل الكهربائي ووفق التصنيف الأمريكي للملوحة، وجود نسب مرتفعة من الملوحة تتراوح قيمتها بين (١٢.٣٢ – ٧٩.٥) مليموز/سم. هذه النسب تدل على تراكم ملح كلوريد الصوديوم بكميات كبيرة.

٣. تدهور الخصائص الميكانيكية للبلوك حيث تتجمع الأملاح القابلة للذوبان داخل مسام البلوك، وعند تبلورها نتيجة عمليات الرطوبة والجفاف تتولد ضغوط داخلية تؤدي إلى تشقق وتفتت المادة البنائية.

٤. تقشير الطبقات السطحية للبلوك وظهور القشور الملحية حيث تظهر الأملاح على السطح على شكل بقع بيضاء أو رمادية اذ ان استمرار التجوية الملحية يؤثر سلبًا على الجمالية ويزيد تعرض المبنى للعوامل البيئية.

٥. تدهور رابطة الاسمنت والخرسانة اذ تتفاعل الأملاح مع الإسمنت داخل البلوك مسببة تدهور الروابط الكيميائية والميكانيكية ينتج عن ذلك ضعف التماسك بين البلوك وتقليل مقاومة الجدار للضغوط الرأسية والأفقية.

٦. المباني الواقعة في مناطق ذات ملوحة عالية في التربة أو المياه الجوفية معرضة لتجوية ملحية بشكل أسرع.

توصيات:

١. استخدام مواد بناء خاصة ذات خصائص مقاومة للبلورة والتبلور الملحي، مثل الخرسانة المقاومة للكلوريدات، المعالجة بمواد كيميائية مضادة لتغلغل الأملاح. كما يُفضل استخدام أنواع الطوب والحجر التي لها مسامية منخفضة لتقليل امتصاص الأملاح.

٢. اعتماد أنظمة عزل فعالة عند تأسيس المباني، تشمل استخدام طبقات عازلة تحت الأساسات وجدران المباني الخارجية، والحرص على سد الشقوق والفواصل بمواد مانعة لتسرب المياه والأملاح، للحد من انتقال المياه الحاملة للأملاح عبر خاصية الشعرية.

٣. مراقبة جودة المياه السطحية والجوفية المستخدمة في البناء والري التي تتأثر بوجود نهر دجلة، والتحكم في نسب الملوحة بها من خلال إجراءات ترشيح ومعالجة المياه لمنع نقل الأملاح إلى مواقع المنشآت العمرانية.

٤. يُنصح بتعديل التصميمات الهندسية للمباني بحيث تقلل من تراكم الأملاح، كزيادة الميل في الأسطح والجدران الخارجية لتسهيل التخلص من مياه الأمطار وتقليل بقاء المياه على الأسطح، واستخدام مواد الطلاء الواقي التي تمنع ترسيب الأملاح على الأسطح.

٥. إجراء فحوص دورية للعينات من مواد البناء والجدران باستخدام تقنيات قياس التوصيل الكهربائي والملوحة لضبط مستويات التلوث الملحي وتشخيص بداية ظهور التجوية الملحية، ما يساعد في التدخل المبكر لمنع تدهور الهيكل البنائي.

٦. تطوير شبكات تصريف مياه الأمطار والمياه الجوفية حول الأبنية لتقليل تشبع التربة بالماء.

٧. تنمية مهارات الفرق الفنية والهندسية المكلفة بصيانة المباني، عبر التدريب على طرق الكشف المبكر عن علامات التجوية الملحية واستخدام تقنيات الإصلاح المناسبة، مع جدولة صيانة منتظمة تشمل إزالة الرواسب الملحية وتنظيف الأسطح والتشققات.

References

1. Ahmed Khair Al-Din Abdul Salam Al-Khalifa, A Study of Some Physical Properties of Saline-Affected Soil in the Rabi'a Area/Nineveh Governorate, Unpublished Master's Thesis, College of Agriculture and Forestry, University of Mosul, Mosul, 2005.

2. Azad Muhammad Amin and Taghleb Jirjis Dawood, Geography of Natural Resources, Dar Al-Hikma Publishing, Baghdad, 1990.

3. Ismail Dawood Suleiman Al-Amiri, Physical Properties of Soil in the Bahraz and Bani Saad Areas, Unpublished Master's Thesis, College of Education - Ibn Rushd, University of Baghdad, Baghdad, 2005.

4. Augustine Yuhanna, Sources of Salinization in Saline Soils and How to Predict Them, Symposium on Post-Reclamation Problems, Agricultural Research and Water Resources Center, November 20-23, Baghdad, 1982.

5. Turk Foth, translated by Saleh Mahmoud Demirji and Abdullah Najm Al-Ani, Fundamentals of Soil Science, Fifth Edition, Baghdad, 1978.

7. Al-Daraji Dabbash, Physical Environments in Arid Regions Facing Desertification: Towards a New Strategy to Combat It - A Case Study of the Bitam and Dokan Regions, Unpublished Master's Thesis, Faculty of Science, University of Al-Murqab, Algeria, 2006.

8. Riyadh Abdul Latif Ahmed, Water in Plant Life, National Library Directorate, First Edition, University of Mosul, Mosul. 11. Abdul-Ilah Razouqi Karbal and Majid Al-Sayed Wali, Weather and Climatology, Volume 1, Faculty of Arts, University of Basra, 1986.

9. Kahraman Hussein Habib Al-Khazai, The Effect of Variations in Soil Quality and Salinity Levels on Gypsum Solubleness in Soil, Unpublished Master's Thesis, College of Agriculture, University of Baghdad, 2005.

10. Martin Alexander, John Wiley & Sons, Introduction to Soil Microbiology, Second Edition, New York, 1982.

11. Muhammad Sabri Mahsoub, Physical Geography: Foundations and Modern Concepts, Dar Al-Fikr Al-Arabi, Cairo, 1996. 12. Nadeem Mikha Ishaq Baqadi and Anwar Yousef Hanna Batata, Reclamation of Poor Quality, Waterlogged, and Saline Soils, College of Agriculture, University of Baghdad, Baghdad, 1991.

13. Yasser Mohammed Abdul-Tamimi, The Effect of Erosion and Weathering Processes on Shaping Surface Topography in the Southern Hamrin Fold, North of Mansouriya, Iraq, Unpublished Master's Thesis, College of Education for Human Sciences, University of Diyala, 2012.

14. Mona Yousef Ahmed and Dali Khalaf Hamid, Spatial Analysis of Soil Characteristics in the Tigris Irrigation Project Area, Tikrit University Journal of Human Sciences, Vol. 30, No. 5, Part 2, 2023.

15. Sahab Khalifa Al-Samarrai, Sabah Mahmoud Ghaffar, and Omar Muzahim Hasib, Soil Salinity and its Causes in the Rasasi Irrigation Project, Tikrit University Journal of Human Sciences, Vol. 17, No. 9, Tikrit, 2010. 16Mass, E.V. and G.J. Hoffman, Crop salt tolerance - current assessment, J, Irrig. Drain, June, 1977.

17. Plummer and Carlson and McGeary, 2007, Physical Geology, 1led, Mc Graw Hill, US.Thompson and Turk, Introduction to Physical Geology, Saunders Golden Sunburst..