

النمذجة المكانية لأخطار المياه الجوفية على المواقع الأثرية بمحافظة الفيوم
دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية
إعداد

١/ أحمد أحمد جابر عبد المقصود

٢/د/ عبد الرازق بسيوني الكومي

الاستاذ المساعد في الجغرافيا الطبيعية كلية الآداب _ جامعة طنطا

٣/د/ ممدوح ناصف المصري

أستاذ الآثار اليونانية والرومانية وعميد كلية الآداب _ جامعة طنطا

❖ **المستخلص:**

تم تناول المياه الجوفية بواسطة نمذجة إحصائية توأجدها وتوزيع نطاقاتها، ثم دراسة خصائصها الهيدروكيميائية وحصر المواقع الأكثر تضرراً بالمياه الجوفية ورصد مظاهر التلف، ليفسر ارتفاع منسوبها نتيجة للتصريف المركزي بالمنخفض بجانب التوسع الزراعي بهوامش منطقة الدراسة مما أدى لارتفاع نسبة تركيز الأملاح بها مما أثر على المواقع الأثرية؛ لترتفع المياه الجوفية بمناطق جنوب وشمال شرق بحيرة قارون بموازية خط الساحل ومع إمتداد الأودية الجافة المتقاطعة مع إمتداد وإنتشار الإنكسارات كما هو الحال بشمال وغرب منطقة الدراسة ذات التكوينات الإرسابية، مما يؤثر على المناطق الأثرية الواقعة بنطاقاتها.

أما على صعيد كيميائية المياه الجوفية فنجد بأن تركيز الأملاح الكلية الذائبة بلغ معدله حوالي ٤١٢٥ ملليجرام / لتر؛ لتتراوح نسب الأملاح الكلية الذائبة بالمياه الجوفية ما بين ٤١٠ – ٤٥٦٧٥ ملليجرام / لتر، مع إزديادها صوب أطراف المنخفض الجنوبية وصوب الغرب الشمال، ليرتفع تركيز الأملاح الكلية الذائبة بشمال خشمة الديب وشرق قارة الخشمة لتتراوح ما بين ٢٢٠٠٠ – ٣٠٠٠٠ ملليجرام / لتر، بينما تراوحت ما بين ٤١٠ – ٣٦٠٠ ملليجرام / لتر بوسط المنخفض، مع إزديادها صوب أطراف المنخفض. وبالنسبة لتركيز كاتيون الكالسيوم فنجده يتراوح ما بين ٢.٦ – ٦٠٢.٤ ملليمكافئ / لتر بما يعادل ٢٦ – ٨٩٥٠ ملليجرام / لتر، في حين يصل المعدل العام لتركيز الكالسيوم حوالي ١٠.٢ ملليمكافئ / لتر بما يعادل ١٩١.٦ ملليجرام / لتر مع إزدياد تركيزه بالإتجاه صوب الشمال وجنوب منطقة قصر الباسل وغرب الغرق السلطاني والجزء الغربي وجنوب بحيرة قارون. أما على صعيد تركيز الماغنسيوم فيتتركز بقيم تراوحت ما بين ١.٩٨ – ٦١.٨١ ملليمكافئ / لتر، بما يعادل ٢٤ – ٧٥١ ملليجرام / لتر، ليصل المعدل العام حوالي ٩.٥٣ ملليمكافئ / لتر، مع تركيز الماغنسيوم بشكل كبير بشمال قارة الرصاص بحوالي ٦١.٨١ ملليمكافئ / لتر، في حين جاء تركيز الصوديوم بحوالي ٥٥.٠٣ ملليمكافئ / لتر بما يعادل ١٢٦٥.١ ملليجرام / لتر، وتتراوح درجة تركيزه ما بين ٤٥ – ١٥٣٠٠ ملليجرام / لتر، أما بالنسبة لتركيز بيكربونات الكالسيوم فتتراوحت ما بين ٠.٠٤ – ١٢٢.٩ ملليمكافئ / لتر بما يعادل ٢٣ – ٨٦١.٨ ملليجرام / لتر، كما يأتي تركيز الكبريتات ما بين ١.٠٧ – ١٣٦.٦ ملليمكافئ / لتر.

وجاءت نتائج نمذجة خطورة كيميائية المياه الجوفية بإرتفاعها بنطاق وجنوب غرب بحيرة قارون إضافة لنطاق مدخل الفيوم حيث آثار هرمى هواره واللاهون وآثار غراب، كما يمتد شرق هواره عدلان.

لتتعدد مظاهر التدهور بالمواقع الأثرية ما بين التآكسد وعمليات الإذابة وعمليات التبلور الملحي والبقع الميكروبيولوجية لتنتشر هذه المظاهر بآثار هرم اللاهون وهواره وآثار أم البريجات ومسجد قايتباي وعلى الروبي وآثار كيما فارس.

الكلمات الإفتاحية: المواقع الأثرية، مياه جوفية، الخصائص الكيميائية، نمذجة مكانية.

^١ أخصائي بحوث وإستشارات التنمية جامعة الفيوم

باحث دكتوراة بقسم الجغرافيا كلية الآداب جامعة طنطا.

^٢ استاذ الجغرافيا الطبيعية المساعد ورئيس قسم الجغرافيا كلية الآداب جامعة طنطا.

^٣ استاذ الآثار اليونانية الرومانية وعميد كلية الآداب جامعة طنطا.

٣- إنشاء قواعد بيانات جغرافية للمواقع الأثرية تعتمد على حصر هذه المواقع والأخطار الجيومورفولوجية التي تتعرض لها.

٤- إنشاء خريطة رقمية لدرجات الخطورة للمياه الجوفية التي تتعرض لها المنطقة.
أهمية الدراسة:

تزخر منطقة الدراسة بالمواقع الأثرية والتي تتسم بالقيمة التاريخية والحضارية لما تعكسه لتلك الحضارات التي تعاقبت على منطقة الدراسة، ووفقاً للعمر الزمني لهذه المواقع الأثرية فقد تعددت عوامل تعرضها للتلف الناجم عن ارتفاع منسوب الماء الجوفي بجانب ارتفاع المحتوي المائي بطبقات سطح الأرض كنتيجة لعمليات الري الدائم والتصريف الداخلي للمنخفض مما يعمل على تضافر هذه العوامل ونشاط عمليات التجوية المختلفة وضياع وتلف المواقع الأثرية، ووفقاً لأهميتها الثقافية والحضارية فقد لزم دراسة أخطارها وحصرها مكانياً من خلال تطوير تقنيات الجيوماتيكنس في التحليل المكاني ونمذجة درجات الخطورة وإحتمالية توزيع وتواجد المياه الجوفية.

ثالثاً- منهجية الدراسة:

تمثلت منهجية الدراسة في تطبيق المنهج التاريخي والمنهج التطبيقي هذا بجانب الأسلوب التحليلي والكارتوجرافي؛ وذلك لحصر السمات الخاصة بالمياه الجوفية وتأثيرها على المواقع الأثرية، وإمكانية التنبؤ بمعدلات إنتشار التلف الناجم عنها ، ليقودنا للتنبؤ بأكثر المواقع تضرراً، وبجانب ما سبق فقد تم الإعتماد على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية في إتمام عمليات التحليل المكاني الخاصة بالمياه الجوفية ونمذجتها وتوزيع أنماطها مكانياً.

ثالثاً- أسباب إختيار الموضوع:

تعددت الأسباب لإختيار موضوع الدراسة ومنها:

- ١- ندرة الدراسات التي تناولت تأثير المياه الجوفية على آثار منطقة الدراسة.
- ٢- القيمة التاريخية والأهمية الثقافية والحضارية المرتبطة بتلك المواقع الأثرية .
- ٣- تعدد الأخطار الجيومورفولوجية التي تتعرض لها المواقع الأثرية وخاصة الناجمة عن المياه الجوفية .

٤- توافر العديد من مصادر الدراسة كتوافر المرئيات الفضائية والخرائط الطبوغرافية والجيولوجية ونماذج السطح الرقمية مما يساهم في تحليل خصائص منطقة الدراسة ونمذجة الأخطار بها.

سابعاً- الصعوبات التي واجهت الدراسة:

تتمثل أهم الصعوبات التي واجهت الدراسة في الآتي:

- ١- إقتصار بعض المواقع الأثرية على البعثات الأجنبية وخاصة الفرنسية والألمانية مما تعذر دراسة تلك المواقع أثناء عمل هذه البعثات، مما إستوجب علينا الإنتظار حتى إنتهاء عملها.
- ٢- إنتشار المواقع الأثرية بشكل مشتت حول منخفض الفيوم ومدخلة مع تواجد لبعض الآثار بقلب المنخفض ومدخلة، وهو ماتطلب وقتاً وجهداً كبيرين لحصر ودراسة المواقع الأثرية.
- ٣- صعوبة الوصول لبعض المواقع الأثرية إما لموقعها المتطرف وعدم معرفة بعض مفتشي الآثار للوصول إليها، وأيضاً لحدوث بعض الظواهر الطبيعية كالهبوط الأرضي ببعض الطرق المؤدية للآثار.
- ٤- صعوبة الحصول على البيانات الهيدرولوجية الحديثة من الجهات الحكومية المعنية.

خامساً- مصادر البيانات:

تشمل مصادر الدراسة كلاً من الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية بالإضافة للمرئيات الفضائية والدراسات السابقة والدراسات الميدانية والتحليلات المعملية:

- ١- **الخرائط والمرئيات الفضائية:** وهي تمثل أحد الركائز الأساسية وأهم الوسائل التي تعتمد عليها الدراسة، ومن تلك الخرائط هي:

- ١.١- **أطلس المواقع الأثرية بمحافظة الفيوم**، مشروع نظام المعلومات الجغرافي للآثار، وزارة الثقافة، المجلس الأعلى للآثار، ١٩٩٤؛ والذي يوضح توزيع المواقع الأثرية مكانياً والجهات التابعة لها.
- ١.٢- **الخرائط الطبوغرافية بمقياس ١ / ٥٠,٠٠٠**، إصدار الهيئة المصرية للمساحة بالتعاون مع وكالة التعاون الدولي للولايات المتحدة الأمريكية " مشروع ١٣٢ - ٢٦٣" بإشراف شركة جيوتكس ضمن مشروع إدارة نظم الري للأشغال العامة والموارد المائية، الطبعة الأولى، ١٩٩٥، والمحدثة بأعوام ٢٠٠٨ - ٢٠١٠، والبالغ عددها ٧ لوحات.
- ١.٣- **الخريطة الطبوغرافية بمقياس ١ / ٥٠٠,٠٠٠**، إصدار هيئة الخرائط العسكرية وهندسة المحاصيل والقوات المسلحة الأمريكية، واشنطن، ١٩٥٣.
- ١.٤- **خريطة مصر الجيولوجية بمقياس ١ / ٥٠٠,٠٠٠**، لوحة بني سويف **NH36SW**، إنتاج الهيئة المصرية العامة للبترو، مشروع كونكو كورال، ١٩٨٧؛ وتم الإعتماد عليها في تحديد أنواع التكوينات الجيولوجية والتراكيب البنيوية بمنطقة الدراسة.
- ١.٥- **الملفات الرقمية (Shape file)** الخاصة بإستخدامات الأراضي الصادرة عن الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، ٢٠١٧.

٢- المرئيات الفضائية:

وتشمل المرئيات الآتية:

٢.١- مرئيات القمر الأوربي (Sentinel-2).

٢.٢- المرئيات والصور مفتوحة المصدر؛ كصور جوجل **Google earth- Google**

Maps، ومرئيات **Terra Incognita**، ومرئيات برنامج **SAS Plant**، هذا بالإضافة

لمرئيات **ArcGIS On line**.

٣- نماذج الإرتفاعات الرقمية:

نموذج الإرتفاع الرقمي من نوع الماسح الرادار الطبوغرافي **Shuttle Radar (SRTM)**

؛ بدقة ٣٠×٣٠ متر وتم الإعتماد عليه في التحليلات الطبوغرافية.

أولاً: نمذجة نطاقات احتمالية تواجد المياه الجوفية:

تعتمد عملية النمذجة في المقام الأول على تطويع العديد من إمكانيات التحليل المكاني **Spatial Analysis** مع تطبيق المعايير الموضوعية للخروج بالنتائج التي تشير للتنبؤ والاحتمالات الخاصة بتواجد المياه الجوفية وتوزيعها، ويذكر **(Magesh, et al, 2012, P.194)**، بأن تحديد نطاقات احتمالية المياه الجوفية تتم بواسطة تجميع الطبقات وترتيب أولويتها حسب عامل تأثير الأوزان المتعددة ليتم تحديد وتعيين نطاقات جديدة تعبر عن النطاقات المحتملة التي تستخلص بواسطة المطابقة الموزونة "المرجحة" **Weighted Overlay**، حيث يعتبر التساقط والجريان السطحي من الأمور الفعالة في تقدير ظروف التغذية والإنتاجية للمياه الجوفية **(Solomon & Quiel, 2006, P.737)**. وقد

١- الخصائص الجيولوجية:

١.١- التكوينات الجيولوجية:

يسود إنتشار تكوينات الزمن الثالث والرابع، وقد تم الإعتماد على هذه التكوينات في تحديد أكثر الطبقات التي تساعد على تواجد وإختزان المياه، لتمثل إرسابات البليستوسين والهولوسين بيئة مناسبة لتواجد المياه الجوفية، يعقبها من حيث الإحتمالية تكوينات البليوسين، بينما تكوينات الزمن الثالث الجيرية تمثل بيئات ضعيفة لإحتمالية تواجد المياه الجوفية، وتمثل التكوينات الجيولوجية قيمة معامل موزون حوالى ١٥% من قيم عناصر التطابق الموزون.

١.٢ - التراكيب الجيولوجية:

تعتبر التراكيب الجيولوجية بمثابة مفتاح يشير إلى تخزين المياه الجوفية وأيضاً كأدلة مهمة في إكتشافه (Sener, et al, 2005, P.828)، حيث تعمل زيادة إنتشارها وكثافتها المرتفعة على زيادة نفاذية السطح ورفع إمكانيات تواجد المياه الجوفية (Magesh, et al, 2012, P.193)، مع إعطاء قيم نسبية مرتفعة لتلك التراكيب المارة أسفل مصادر المياه وتلك تقترب منها، وقد بلغت القيمة النسبية حوالى ١٠ % من قيم التطابق الموزون.

٢- الخصائص السطحية:

تعد التضاريس ذات دور حيوى فى تدهور المواقع الأثرية، حيث تحدد التضاريس إتجاه تسرب المياه من خلال سطح الأرض وقطاعات التربة (Ahmed, 2009, P.168).

٢.١ - درجات الإنحدار Slope Degree:

تتراوح درجات الإنحدار بمنطقة الدراسة (٠ - ٣٦)، حيث تتسم الإنحدارات البسيطة والتي تتراوح ما بين (٠ - ١٠) بأنها ذات إتمالية مناسبة لتسرب المياه عبر السطح والذي تقل فاعليته مع شدة الإنحدار، لتمثل درجات الإنحدار حوالى ١٠ % من قيم العناصر بالتطابق الموزون.

٢.٢ - أشكال الإنحدارات (إنحناءات السطح) Curvature:

يظهر تحليل أشكال الإنحدار (إنحناءات السطح) Curvature أشكال الظاهرات السطحية كونها مقعرة أو محدبة، وبالنسبة لقيم منطقة الدراسة فتتسم بسيادة الظاهرات الحوضية والأسطح المستوية بالمنخفض والتي تتراوح ما بين (-١.٣١ : ٢.٥٦)، حيث تشير القيم السالبة لتلك الإنحدارات المقعرة والتي تتسم بسرعة الجريان وتجميع المياه وزيادة معامل إنتقاء المجارى المائية والأودية مما يزيد من إتمالية تواجد المياه الجوفية، والعكس بالإنحدارات المحدبة، لتمثل هذه الطبقة حوالى ١٠ % بالتطابق الموزون.

٢.٣ - إستخدامات الأراضي LandUse:

تنوع إستخدامات الأراضي LandUse بمنطقة الدراسة، حيث تم تصنيف عناصر إستخدامات الأراضي حسب أهمية كل عنصر مع إعطاء أولوية كبرى للعناصر الأكثر فعالية مثل الأودية الجافة والترع والمصارف والأراضي الزراعية، لتمثل هذه الطبقة حوالى ١٠ % من قيم التطابق الموزون.

٢.٤ - الظروف المناخية Climate Conditions:

تعد الخصائص المناخية أحد الضوابط والمعايير اللازمة للتعرف على المناطق التي تسودها معدلات التساقط المرتفعة وتلك التي ترتفع بها معدلات الفاقد بالتبخر.

٢.٤ - معدل التساقط السنوى Rainfall:

يتراوح معدل التساقط السنوى بمنطقة الدراسة (٠.٥٣ - ٤.٤ ملم^٣/ سنوياً)، لتؤثر كميات التساقط على درجة إتمالية تواجد المياه الجوفية من عدمة، وتمثل هذه الطبقة حوالى ٥ % بالتطابق الموزون.

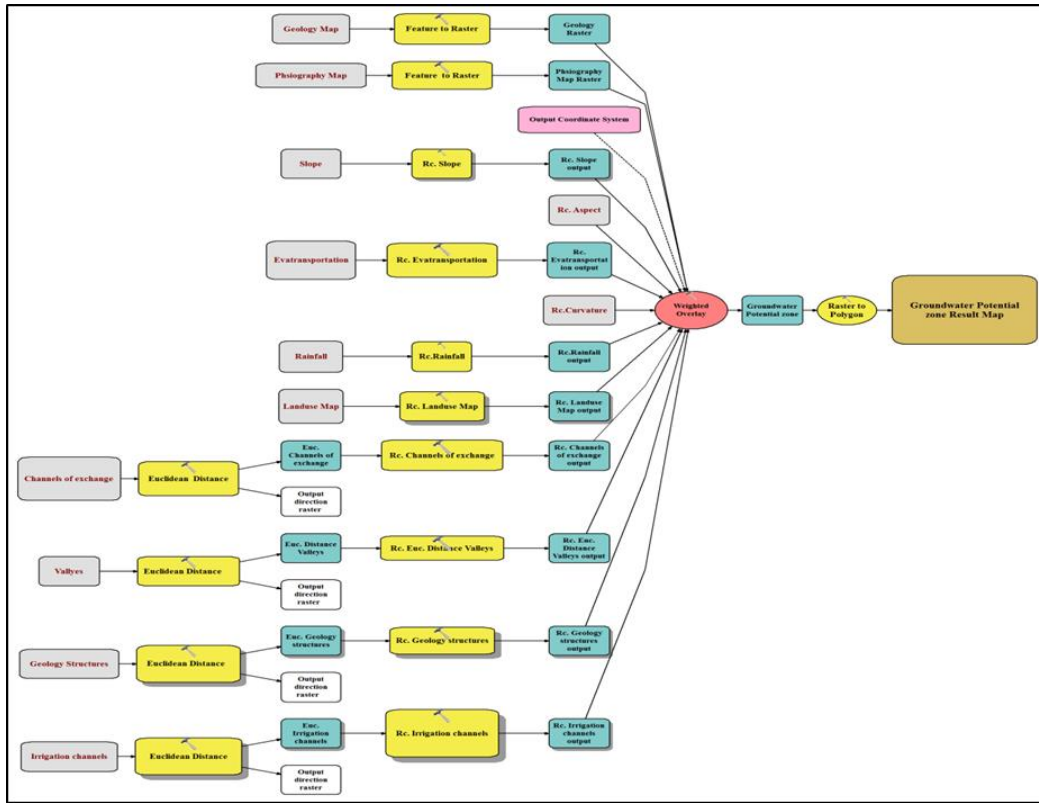
٢.٥ - معدل التبخر نتح السنوى Annual Evapotranspiration:

يتراوح المعدل السنوى للتبخر نتح فيما بين (٤.٣ - ٥.٩ ملم^٣/ سنوياً)، حيث ترتفع معدلاته صيفاً والعكس شتاءً، كما أنه يوجد علاقة عكسية بين إرتفاع نسبة التبخر نتح وبين كمية المياه والأمطار المتسربة للطبقات الصخرية، ليوثر ذلك من تحديد درجة إتمالية تواجد المياه الجوفية، وتمثل هذه الطبقة حوالى ٥ % من قيم العناصر بالتطابق الموزون.

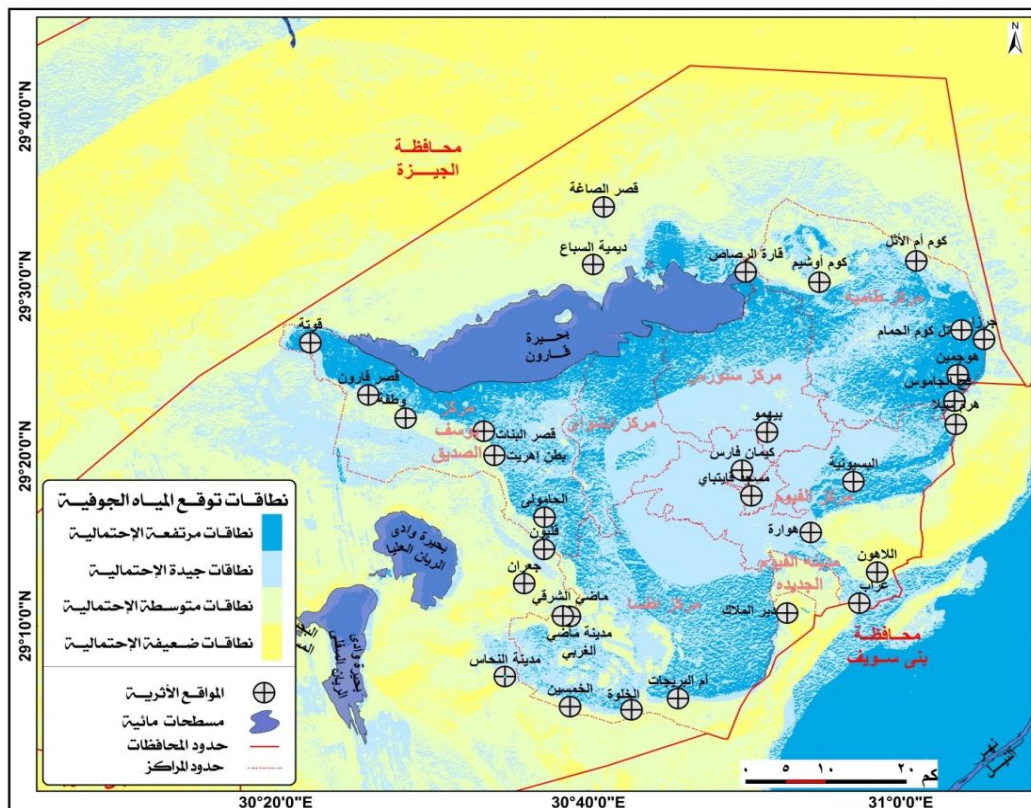
ويوضح الشكل رقم (٢)؛ مكونات ومراحل بناء النموذج الرقمى لنطاقات إتمالية تواجد المياه الجوفية، وتم تحديد مدخلات النموذج، ثم تحديد الأدوات الخاصة لتطبيق المعايير الخاصة بتقدير إتمالية تواجد المياه الجوفية، ومن هذه الأدوات الآتى:

- ☞ Feature To Raster.
- ☞ Copy Raster.
- ☞ Slope.
- ☞ Curvature.
- ☞ Reclassify.

- ☞ **Euclidean Distance.**
- ☞ **Weighted Overlay.**
- ☞ **Raster To polygon .**



المصدر/ عبد المقصود، ٢٠٢٠، ص ٢٦٥.
 شكل رقم (٢): نموذج تقدير نطاقات احتمالية تواجد المياه الجوفية بمنطقة الفيوم الأثرية.



المصدر/ عبد المقصود، ٢٠٢٠، ص ٢٦٧.

شكل رقم (٣): نطاقات احتمالية تواجد وتوزيع المياه الجوفية بمنطقة الفيوم الأثرية.

٣- نطاقات احتمالية تواجد المياه الجوفية *Groundwater Potential zone* :

تتخصر نطاقات المياه الجوفية بمنطقة الدراسة وفقاً لنتائج تطبيق النموذج كما بالشكل رقم (٣) بالفئات الآتية:

٣.١- نطاق مرتفع الإحتمالية:

تتوزع هذه الفئة بشكل منتظم جنوب وشمال شرق بحيرة قارون بموازاة خط الساحل، ويرجع سبب ارتفاع إحتمالية تواجدها إلى إستمرار الجريان السطحي بالترع والمصارف وإنتشار الأراضي الزراعية إضافة للتربة الطميية والمختلطة بالتربة البحرية ذات المسامية المرتفعة ودرجات الإنحدار الهينة ذات الإتجاه صوب الشمال والشمال الشرقي والغرب والشمال الغربي، وذات الطبيعة الحوضية حيث سيادة الطيات المقعرة والتي تمثل بيئات مناسبة لتكوين وتجمع المياه الجوفية من خلال التسرب وتغذيتها بشكل مستمر وخاصة مع إنتشار الفواصل والإنكسارات الرئيسية، ويتوافق هذا النطاق في إمتداده مع نطاق الأراضي الزراعية بشرق مركز طامية والتي تتسم بالتساقط المطري المرتفع نسبياً مقارنة بالنطاقات الجنوبية، إضافة لإنتشار الترع والمصارف الرئيسية مثل ترعة بحر وهبي، وكما تنتشر بذلك الحوض الغائر بجنوب وغرب مركز إطسا وإلى الشمال من دير الملاك، وشرق أم البريجات، وتبلغ مساحة هذه الفئة حوالي ١٥٤٤.٨ كم^٢، وتضم هذه الفئة آثار؛ قارة الرصاص، جزاء، كوم الحمام، هوجمين، فح الجاموس، الحامولي.

٣.٢- نطاق جيد الإحتمالية:

تتوزع هذه الفئة بشكل منتظم نسبياً لتتوافق مع إمتداد الأودية الجافة المتقاطعة مع إمتداد وإنتشار الإنكسارات كما هو الحال بشمال وغرب منطقة الدراسة ذات التكوينات الإرسابية التي ترجع للزمنين الرابع والثالث، حيث يمتد هذا النطاق في شكل شريط يمتد من آثار كوم الأثل حتى جنوب آثار كوم أو شيم ويستمر في إمتداده ليشمل دلتا وادي بحر يوسف، إضافة لبعض النطاقات الشريطية الإمتداد بمركز يوسف الصديق وغرب مركز إطسا والتي تتوافق مع مواضع إمتداد المصارف والمجاري المائية التي تمر عبر الإرسابات الطميية بنطاق المنخفض، كما تنتشر بموازاة مجاري الأودية الجافة وهي بيئات مناسبة لتكوين وإختزان المياه الجوفية، وينتشر هذا النطاق على مساحة حوالي ١٨٣٧.١ كم^٢، وتضم هذه الفئة آثار؛ هرمى هوارة واللاهون، أم البريجات، كوم أو شيم، قصر البنات وبطن إهرت.

٣.٣- نطاق متوسط الإحتمالية:

تتوزع هذه الفئة بشكل مستمر تارة ومنقطعاً تارة أخرى متخللاً للفئة الأولى في شكل جيوب محازية لإنتشار الأودية الجافة، وتقترب في شكل توزيعها من الشكل شبة الدائري حول منخفض الفيوم، ليتوافق هذا النطاق مع إمتداد السهول التحاتية وبعض أجزاء من السفوح التحاتية بالحافة الشمالية، وترجع أسباب حصر تلك الجهات بإحتمالية متوسطة إلى توافر بعض مقومات دون الأخرى والتي تساعد على إحتمالية تواجد المياه وهنا نجد إنتشاراً للفواصل والصدوع والأودية الجافة، إضافة لتلك الإرسابات الهوائية وقربها النسبي من المسطحات المائية مثل بحيرة قارون وبحيرات الريان، لتتغل مساحة حوالي ٣٤٠٣.٤ كم^٢، وتضم هذه الفئة آثار؛ ديمية السباع، قصر الصاغة، دير الملاك، الخلوة، الخمسين، مدينة النحاس، جعران، قليون، هرم سيلا، فح الجاموس.

٣.٤- نطاق ضعيف الإحتمال:

تتوزع هذه الفئة بشكل متوافق مع النطاقات المرتفعة بالحافة الشمالية والنطاق الشرقي المتوافق مع جبل الروس وسدمنت وجبل النعلون، إضافة لتلك القارات والتلال المنعزلة المنتشرة بمحيط غرب منخفض الفيوم ونطاق الريان والتي تمثل بيئات غير مناسبة لتكوين المياه الجوفية حيث الإنحدار الشديد بجوانبها وطبيعتها الصخرية، وتبلغ مساحتها حوالي ٢٦٢٦.٦ كم^٢، وتخلو هذه الفئة من أية مواقع أثرية.

ثالثاً- الخصائص الهيدروكيميائية للمياه الجوفية بمنطقة الدراسة:

متر بمحاذاة بحيرة قارون، بينما وصل المنسوب بعزبة أحمد يوسف حوالى -٤٢.٦ متراً وهو منسوب يقارب منسوب الماء السطحي ببحيرة قارون البالغ حوالى -٤٣.٣ متر، وبالتالي تصبح مناسبتها أقرب لسطح الأرض

ث. بلغ المنسوب بعزبة رحيل ما بين -٣٨.١ : -٤٣.٤ متراً، بينما وصل بقرية شكشوك حوالى -٤٢.٧ متر وهي أيضاً قريبة من منسوب المياه السطحية، وذلك كنتيجة لإرتفاع معدلات تغذية تلك الطبقات الحاملة للمياه بواسطة الترعرع والمصارف التي تخدم تلك الأراضي الزراعية المنتشرة بقاع منخفض الفيوم وتلك المستصلحة بهوامش المنخفض إضافة لبحيرات وادى الريان وبحيرة قارون، وقد ارتفع المنسوب كنتيجة لإنشاء السد العالى وسيادة الرى الدائم مع سوء الصرف ببعض النطاقات مثل الغرق السلطاني ومركزية التصريف بمنطقة الدراسة، كلها عوامل ساعدت على التسرب بالطبقات الصخرية ورفع منسوب المياه بها وكذلك الأملاح بها كنتيجة لعملية غسيل الأملاح بالتربة والصخور، وتظهر المياه الباطنية على السطح متمثلة في العيون والسبخات والأراضي الغدقة بهوامش بحيرات الريان وقارون، وإن ظهرت على السطح ببعض المواقع الأثرية .

٣. الخصائص الكيميائية للمياه الجوفية.

تصعد المياه الأرضية والجوفية من أسفل لأعلى بفعل الخاصية الشعرية حاملة معها العديد من الأملاح أشهرها؛ الصوديوم **Na**، البوتاسيوم **K**، الكالسيوم **Ca**، والمغنسيوم **Mg**، والكبريتات **So4**، والنترات **No3**. وهي الأنيونات والكاتيونات التي تحتويها المياه بشكل أساسى (**Abd El Hady, 1995, P117**)، والتي تعتبر مؤشر لإعادة شحن وتغذية المياه الجوفية وحركة التصريف وظروف التخزين إضافة لنشأة الخزانات الجوفية وتاريخها (**الشبلاق وعمار عبد المطلب، ١٩٩٨، ص ٥٨١**). وتتفاعل الأملاح الموجودة بالمياه بمواد البناء الأثرى والتي تتسبب في تجوية وتدهور الآثار وتغيير خصائصها الصخرية بواسطة إنتقال الأملاح من المياه الجوفية إلى التربة الحاملة للآثار ثم صخور المواقع الأثرية (**محمد عبد المعتمد، ٢٠١١، ص ١٢١**)، وتذكر (**ميرفت صليب، ٢٠٠٨**) بأن أملاح؛ كلوريد الصوديوم وكبريتات الصوديوم، نترات الصوديوم، كربونات الصوديوم، وهي أخطر الأملاح تأثيراً على المواقع الأثرية (**ميرفت صليب، ٢٠٠٨، ص ١١٤**).

٣.١- الأملاح الكلية الذائبة **TDS**:

تتعدد مصادر الأملاح بالمياه الجوفية ولعل المياه السطحية هي أحد أهم مصادر تلك الأملاح حيث تمر بالتربة السطحية والتي تعمل على غسيل المواد الملحية بالتربة خلال تسربها بين طبقات التربة والتكوينات الصخرية لتستقر بخزانات المياه الجوفية (**مى جبريل، ٢٠١٤، ص ١٨١**)، إضافة لمياه الصرف الصحى والصناعى (**أكرم الحلاق، ٢٠٠٢، ص ٢٤٢**)، وتقدر الأملاح كنسبة مئوية أو كجزء بالمليون (**عبدالله الأمين بدر، ١٩٩٠، ص ٢٣٦**). ويتراوح معدل الأملاح الذائبة ما بين ٤١٠ - ٨٩٥٠ جزء في المليون بمنطقة الدراسة، وإن تباينت ملوحة المياه بالطبقات الرباعية من المياه العذبة إلى المالحة قليلاً، كما تتباين في طبقة المياه الأيوسينية ما بين المياه ذات الملوحة المعتدلة إلى شديدة الملوحة لتتراوح الأملاح الكلية الذائبة بين ٣٣٢٧ - ٢٢٣٠٣ جزء في المليون مع إزديادها بإتجاه البحيرات (**Mourad, 2017, P.39**)، وهناك تصنيفات لدرجات الملوحة يتم على أساسها تحديد نوعيتها ومدى خطورتها على المواقع الأثرية بمنطقة الدراسة، ولعل من أشهر تلك التصنيفات التصنيف الأمريكى للأملاح الكلية الذائبة كما بالجدول رقم (١) .

جدول رقم (١): التصنيف الأمريكى للأملاح الكلية الذائبة (**TDS / PPM**).

الرتبة (التصنيف)	TDS / PPM
درجة ملوحة قليلة	صفر - ١٥٩
درجة ملوحة متوسطة	١٦٠ - ٤٧٩
درجة ملوحة شديدة	٤٨٠ - ١٤٣٩

درجة ملوحة شديدة جداً

١٤٤٠ - ٣٢٠٠

المصدر/ شيماء خلف، ٢٠١٥، ص ٤١.

جدول رقم (٢): بعض الخصائص الكيميائية بمواقع عينات المياه الجوفية بالفيوم.

الأيونات Anions			الكاتيونات Cations			وحدات القياس	الإملاح الكلية الذائبة	رقم العينة
الكبريتات	البيكربونات	البوتاسيوم	الصوديوم	الماغنسيوم	الكالسيوم			
SO4-	HCO3-	K+	Na+	Mg++	Ca++	PPM	TDS	
٨٥٩.٦	٣١٥.٩	٢٢.٩	٥٦٥.١	٨٤.٨	١١٠.٥	PPM	٢٧٦٧	١
١٧.٩	٥.١٨	٠.٥٩	٢٤.٥٨	٦.٩٨	٥.٥١	EPM		
٨٧	٢٣	٤	٤٥	٢٤	١٥٤	PPM	٤١٠	٢
١.٨١	٠.٣٨	٠.١	١.٩٦	١.٩٨	٧.٦٨	EPM		
٤٠٧.١	١٩٩.٤	٢٧.٣	٨٢٩.١	١٣٢.٣٦	١٨٦.٢	PPM	٣٣٢٧	٣
٨.٤٨	٣.٢٧	٠.٧	٣٦.٠٦	١٠.٨٩	٩.٢٩	EPM		
١٨٧.٧	٢٣٣.٤	١٣.٨	١٢٧	٦٧.٧	٨٤.٩	PPM	٨٢٥	٤
٣.٩١	٣.٨٣	٠.٣٥	٥.٥٢	٥.٥٧	٤.٢٤	EPM		
٩٥٢.٥	٥٦٩	٩.٨٧	٩٤٨.٨	١١٨	١٤٨.٥	PPM	٣٦٣٩	٥
١٩.٣٨	٩.٣٣	٠.٢٥	٤١.٢٧	٩.٧١	٧.٤١	EPM		
٣١٧	٦١٣.٥	٣.٢	٢٧٦	١٣١.٥	١٢١.٥	PPM	١٧٧٦	٦
٦.٦	١٠.٠٦	٠.٠٨	١٢.٠١	١٠.٨٢	٦.٠٦	EPM		
٥١٢.٧	٣٢٣.٤	٢٣.٩	٤٩٣.٨	٦٠.٨	١٤٦.٩	PPM	٢١٧١	٧
١٠.٦٧	٥.٣	٠.٦١	٢١.٤٨	٥	٧.٣٣	EPM		
٧٩٤.٤	٣٤٦.٦	١٩.٨	٥٧٥.٨	٥٧.٨	٢٣٨.٥	PPM	٢٦٠.٦	٨
١٦.٥٤	٥.٦٨	٠.٥١	٢٥.٠٥	٤.٧٦	١١.٩	EPM		
٥٩.٥	٢٦٠.٢	١٢.٨	٤١٧.٨	٦٠.٩	٢٠٦.٢	PPM	١٠.٨٥	٩
١.٢٤	٤.٢٧	٠.٣٣	١٨.١٧	٥.٠١	١٠.٢٩	EPM		
٥١.٦	٢٣	٣٦.٤	٥٧٦.٨	١٠.٤.٩	١٥٦.٤	PPM	١٠٠.٦	١٠
١.٠٧	٠.٠٤	٠.٩٣	٢٥.٠٩	٨.٦٣	٧.٨	EPM		
٦٥٦١.٣	٦١٦.٢	٢١٣	١٥٣٠.٠	٧٥١	٤٨٥	PPM	٤٥٦٧	١١
١٣٦.٦١	١٠.١	٥.٤٦	٦٦٥.٥١	٦١.٨١	٢٤.١٩	EPM	٥	
٦٢٦	٧٨٧	٢١.٥	٨٩٠	١١٧.٥	١٠.٦	PPM	٣١٣٠	١٥
١٣.٠٣	١٢٢.٩	٠.٥٥	٣٨.٧١	٩.٦٧	٥.٢٨	EPM		
١٩٦	٨٦١.٨	٩	٣١٦.٥	١٤٧.٥	٨٧.٨	PPM	١٩٤٧	١٦
٤.٠٨	١٤.١٣	٠.٢٣	١٣.٧٧	١٢.١٤	٤.٣٨	EPM		
١٣٢.٢	٣١٥.٤	٣٦.٤	٤٦٩.٦	٥٦.٣	١٠.٨	PPM	١٢١٢	١٧

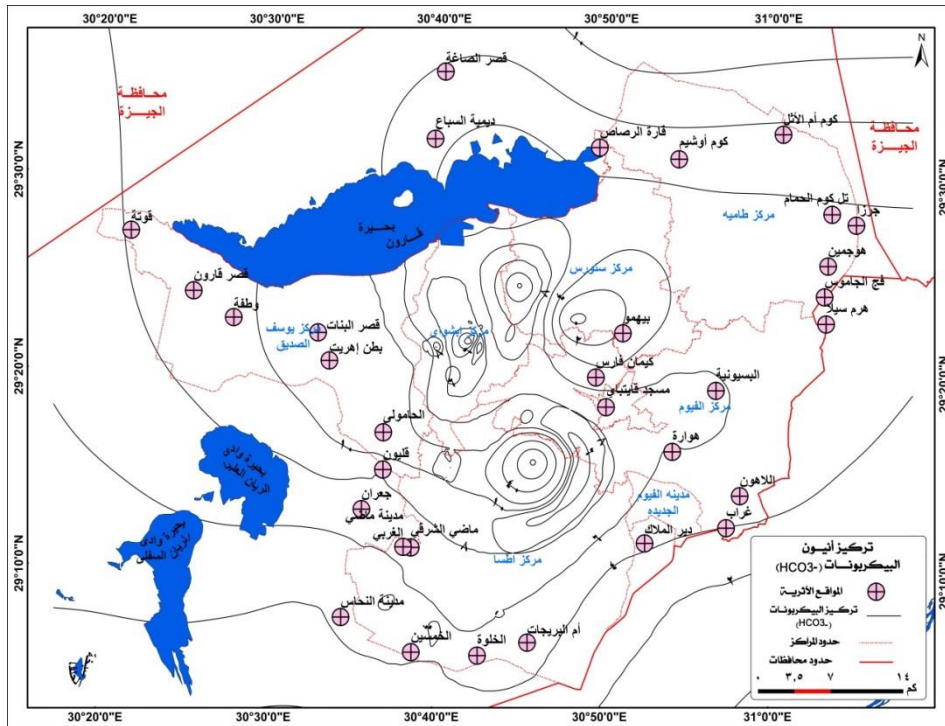
Source/ Mourad, 2017, PP.34 -35).

ويتراوح المعدل العام للأملاح الكلية الذائبة بمنطقة الدراسة بحوالي ٤١٢٥ ملليجرام / لتر؛ حيث تراوحت نسبة الأملاح الكلية الذائبة في المياه الجوفية بين ٤١٠ - ٤٥٦٧٥ ملليجرام / لتر، ويتضح من الشكل رقم (١٠٥)؛ بأن توزيع الأملاح الكلية يتضح بالنطاق الممتد من وسط المنخفض إلى منطقة كوم الأتيل الأثرية وجنوب هرم سيلا لتتراوح درجات الملوحة بهذا النطاق ما بين ٤١٠ - ٣٦٠٠ ملليجرام / لتر، مع إزديادها صوب أطراف المنخفض الجنوبية وصوب الغرب حيث بحيرات الريان وشمالاً صوب

هي أيونات سالبة متمثلة في؛ الكلوريدات، الكبريتات، البيكربونات، الكربونات، وفيما يلي تناول لأهم عناصرها المؤثرة على المواقع الأثرية بمنطقة الدراسة.

- تركيز بيكربونات الكالسيوم HCO_3^- :

تؤثر عملية تجوية الصخور على زيادة أملاح الكربونات والبيكربونات حيث يعتبر ذوبان المواد الكربونية بواسطة أكسيد الكربون الجوي مصدراً رئيساً للكربونات والبيكربونات الموجودة في المياه الجوفية، ويرتبط مقدار الكربونات والبيكربونات على مقدار ثاني أكسيد الكربون وكذلك يعتمد على أيون الهيدروجين (هويدا/ توفيق، ٢٠٠٩، ص ١٤٨)، ويتراوح المعدل العام لتركيز بيكربونات الكالسيوم بمنطقة الدراسة حوالي ١٠.١٦ ملليمكافئ / لتر بما يعادل حوالي ٤٠٤.٣٧ ملليجرام / لتر، ليتراوح المعدل بشكل عام ما بين ٠.٠٤ – ١٢٢.٩ ملليمكافئ/ لتر بما يعادل ٢٣ – ٨٦١.٨ ملليجرام / لتر، لتسجل العينة رقم (١٦) أعلى نسبة تركيز حوالي ١٢٢.٩ ملليمكافئ / لتر، يليها العينة رقم (٢٦) ثم عينتي (١، ١٩)، لتبلغ نسبة التركيز ١٤.١٣، ١٢.٦٤، ١٢.٦٤ ملليمكافئ / لتر وهو ما يتضح من الشكل رقم (٩).



شكل رقم (٩): توزيع بيكربونات الكالسيوم بمنطقة الفيوم الأثرية.

- درجة تركيز الكبريتات So_4 :

تتكون الكبريتات من ناكسد البيريت إضافة للكبريتات المنتشرة بالصخور النارية والرسوبية المتمثلة في رواسب الجبس والإنهيدريت وكبريتات الصوديوم ورواسب المتبخرات (خليفة درادكة، ١٩٨٨، ص ٤٠٨)، كما يعكس التركيز العالي للكبريتات ذلك التلوث الناتج عن الأنشطة الزراعية ومياه الصرف الصحي المنزلية والصناعية، كما ترتفع قيم تركيزها بالمياه الموجودة بصخور الأيوسين (Mourad, 2017, P.48)، وتنتقل تلك الكبريتات عند غسل الأجزاء العلوية من التربة بالأمكان الجافة ثم تتركز بالمياه الجوفية (الشبلاق وعمار عبد المطلب، ١٩٩٨، ص ٦٠١)، وبمنطقة الدراسة يتراوح المعدل العام لتركيز الكبريتات بالمياه الجوفية حوالي ١٩.١ ملليمكافئ/ لتر بما يعادل ٩١٨.٢٥ ملليجرام/ لتر، موزعة بمنطقة الدراسة بقيم تتراوح بين ١.٠٧ – ١٣٦.٦ ملليمكافئ / لتر، مع إزدياد عام لتركيز الكبريتات صوب بحيرة قارون، وتبلغ أعلى قيمة لتركيزه بالعينة رقم (١١) حوالي ١٣٦.٦ ملليمكافئ / لتر، يعقبها في قيم التركيز عينات ٢٨، ٣٢، ٣٣ لتتراوح ؛ ٧٠.٧١، ٦٤.٥٤، ٥٢.٠٥ ملليمكافئ / لتر على الترتيب، مع انخفاضها بقلب منخفض الفيوم والأطراف الشرقية كما بالشكل رقم (١٠).

الحديدية لتظهر بعض البقع الحمراء على السطح (Pinińska & Hemdan, 2008, P.128)، وتتسم المعادن المؤكسدة بضعفها وقلة مقاومة معادنها مما يجعل هذه العملية ذات أهمية كبيرة في نشاط التجوية وتفتت الصخور (محمد صبرى محسوب، ١٩٩٧، ص ٩٧)، كما بالصورة رقم (١).



صورة رقم (١): تأكسد الأحجار الجيرية بمدخل هرم هواره.



صورة رقم (٢): تأثير إرتفاع المياه بمدخل هرم هواره. صورة رقم (٣): تأثير إرتفاع المياه بمسجد على الروبي.



صورة رقم (٥) تآكل بعض أساسات حوائط

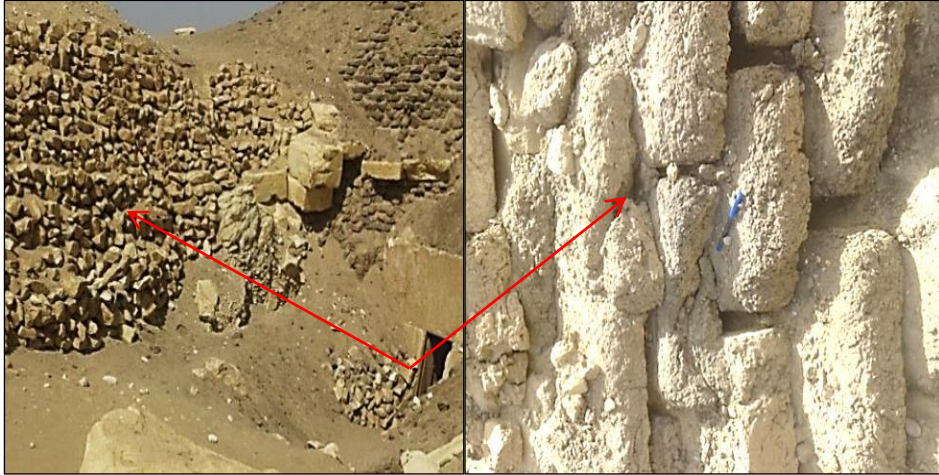
صورة رقم (٤) تآكل جدران مسجد قايتباي

قصر قارون بسبب النشع الأرضي

بفعل الرطوبة الأرضية.

٤.٢- عمليات الإذابة:

تتمثل عملية الإذابة في تساقط الملاط بين صخور الحجر الجيري والمؤلف من الجبس إضافة لتساقط الملاط الطيني (هويدا توفيق، ٢٠١٨، ص ٦٠)، وذلك كنتيجة لتأثير المياه الأرضية وما تحتويه من أملاح على المواقع الأثرية (سعد معاذ حب النبي، ٢٠١٨، ص ١١٢)، كما بالصور (٢، ٣، ٤، ٥، ٦، ٧، ٨).



صورة رقم (٦): إذابة المواد اللاصقة بين مواد البناء بمنطقة هرم هواره.



صورة رقم (٧): إذابة وتآكل بقايا جدران آثار كيمان فارس.



صورة رقم (٨): إذابة وتآكل بقايا جدران آثار كوم الآثل.

٤.٣ - التميؤ Hydration:

ينتج عن قدرة المعادن على الإتحاد بالماء تكوين ما يعرف بالمعادن المائية والتي تتسم بتغير حجمها مسببة إجهادات فيزيائية تؤدي لتفكك ميكانيكي للصخور ويتضح ذلك من تحول معادن كبريتات الكالسيوم (الإنهيدريت) إلى كبريتات كالسيوم متموء (جبس)، وبالنسبة للزيادة في حجم المعادن فقد تصل إلى ٨٨% من الحجم الأصلي وبالتالي تتمدد الفشرة الخارجية للصخر ومع تكرار هذه العملية تنفصل عن الصخر الأساسى بالجدار (فتحى عبد العزيز أبو راضى، ١٩٩٨، ص ٢٧٣) كما بالصورة رقم (٩).



لوحة رقم (٩): بعض ظاهرات التميؤ بالمواقع الأثرية.

٤.٤ - التبلور الملحي:

تتبلور الأملاح بداخل مسامات الصخور، وعلى طول المفاصل الصخرية مما يؤدي إلى حدوث إجهادات على الصخور (محمد صبرى محسوب، ١٩٩٧، ص ١٤)، وتتأثر منطقة الدراسة بالتبلور الملحي على أسطح بنياتها كمدخل هرم هواره، كما بالصورة رقم (١٠، ١١).



صورة رقم (١٠): التبلور الملحي بمدخل هرم هواره.



صورة رقم (١١): تزهو الأملاح ببعض المواضع بأثار أم البريجات.

٤.٤- البقع الميكروبيولوجية:

تتواجد بالأمكان القريبة من الأساسات والتي يرتفع بها مستوى الماء الأرضي، وغالباً ما تكون تلك البقع والتجمعات العضوية مكونة من الطحالب والفطريات والأشنيات الضارة التي تنمو على المياه بشكل مباشر (Reddy, et at, 1985, P.518)، كما بالصورة رقم (٨).



صورة رقم (٨): نمو الطحالب بالمياه بمدخل هرم هواره.

❖ النتائج:

- تتعدد مصادر المياه الجوفية المتمثلة في شبكات الترغ والمصارف والبحيرات والمياه المتسربة من الأراضي الزراعية ونسب المطر المتساقطة بفصل الشتاء، إضافة لتوافر العوامل التي تساهم في عمليات التسرب كمسامية الصخور وانتشار الفواصل والإنكسارات، مما يؤدي إلى تغذية الخزانات الجوفية وإرتفاع منسوبها.
- تشير نتائج عمليات النمذجة لمواضع نطاقات احتمالية تواجد المياه الجوفية والتي تم مراجعتها بالتحقق الميداني من خلال تنفيذ أكثر من ٥٣ جسة أرضية موزعة على ٣١ موقعاً بمنخفض الفيوم، إلى تطابق نتائج بشكل كبير مع نتائج نموذج تحديد نطاقات تواجد المياه الجوفية.
- تتباين مناسيب المياه الجوفية ما بين +٢١ متر بجنوب شرق المنخفض، ومنسوب -٤١ متر بالأراضي المجاورة لبحيرة قارون والتي تكمن بصخور الزمن الرابع الحديثة، مع إتجاه تحركها وفقاً لميول السطح العامة صوب الشمال والشمال الشرقي والغرب .

- وتتسم المياه الجوفية في كيميائيتها بأنها تتسم بالملوحة المتوسطة إلى الملوحة المرتفعة، لترتفع تركيزتها بالقرب من بحيرة قارون وتلك الواقعة بالصخور الجيرية الأيوسينية.
- تشير نتائج نمذجة خطورة المياه الجوفية بأن منطقة الفيوم تتسم بارتفاع معدلات العناصر الكيميائية بالمياه الجوفية من نطاق لآخر، لتمثل آثار؛ هرمى اللاهون وهوارة، غراب، قصر الصاغة، ديمية السباع، كوم أو شيم، قارة الرصاص، قصر قارون بكونها الأكثر تضرراً من ارتفاع تركيز الأملاح بالمياه الجوفية بمنطقة الدراسة، وإن إتضح ذلك جالياً بهرم هوارة.
- وبتناول هرمى اللاهون وهوارة يتضح تأثير فعل المياه الجوفية، ونشاط عمليات التجوية المختلفة جراء ارتفاع منسوب المياه الجوفية وارتفاع تركيزات الأملاح بها.
- تتمثل أبرز مظاهر التدهور بهرمى اللاهون وهوارة في نشاط عمليات الأكسدة والتبلور الملحي وتحلل الملاط المستخدم في ربط وتماسك البنيات الصخرية.
- تشير نتائج نمذجة وخطورة الأملاح وعناصرها الكيميائية بهرمى اللاهون وهوارة بأن الأخير هو الأكثر تضرراً من بين المواقع الأثرية.
- أما بالنسبة للتركيب المعدني والكيميائي للصخور المشيدة فإنها تتكون من الحجر الجيري والطوب اللين وكلاهما يسهل تأثره بالعوامل الجوية والمياه الجوفية مما يؤدي لإنتشار مظاهر التلف وتدهورها.
- للحفاظ على تلك المواقع الأثرية وحمايتها لابد من وضع سياسة حماية لموقعى هرم اللاهون وهوارة عن طريق إمداد المنطقة بقنوات سحب وطرد للحد من ارتفاع منسوب المياه الجوفية، إضافة إلى وجود مراقبة دورية لمناسيب المياه الجوفية وخصائصها الكيميائية للحد إنتشار مظاهر التدهور والتلف التي تؤثر سلباً على المواقع الأثرية.

❖ التوصيات:

مع تعدد أخطار المياه الجوفية على آثار منطقة الدراسة وتعدد مظاهر التلف الناجمة عنها وجب علينا إقتراح بعضاً من التوصيات للحد من خطورة المياه الجوفية كما يلي:

- تحويل قناة بحر صالح قبل هرم هوارة إلى قناة مقترحة بطول ١.٧٥ كم، ويهدف من إنشائها التخلص من التسرب المائي في ظل إنتشار الشروخ والتصدعات بالصخور الحاملة للهرم.
- تحديث أساليب الري التقليدية إلى الري الحديث عن طريق الري بالرش أو التنقيط لتقليل المتسرب من التربة للمياه الجوفية، مع حفر ترع صرف عميقة لسحب المياه الباطنية بالتربة.
- إنشاء قناة رئيسة حول محيط هرمى اللاهون وهوارة لصرف المياه، تتعامد عليها بعض ترع وقنوات السحب لتفريغ المياه ومنع تجمعها بالمناطق الأثرية بواسطة محطة طرد مركزية عند نهاية تلك القناة لرفع وتصريف المياه بعيداً عن محيط المواقع الأثرية.
- إنشاء حائط خرساني عميق على طول ترعة بحر وهى لمنع تسرب المياه منها إلى المواقع الأثرية المحيطة بها، ومع إنشاء حوائط أخرى حول الهرم لمنع تسرب المياه من الأراضي المجاورة.
- تفعيل مشروعات الصرف الصحي التي تعمل على تخفيض منسوب المياه الجوفية بقري ومراكز محافظة الفيوم.
- وضع حرم للمناطق الأثرية يمنع استخدام الأراضي الملاصقة لها بالزراعة أو أى استخدام بشري وخاصة تلك الأراضي الهامشية التي تستخدم بالإستصلاح الزراعي.
- الترميم الدوري للمواقع الأثرية المتضررة من المياه الجوفية كهرمى اللاهون وهوارة ومسجدي قايتباي والروبي ومعظم آثار مركز يوسف الصديق بجانب آثار أم الأثل.
- إنشاء قاعدة بيانات جغرافية لمواقع الأثرية وتوزيعها ودرجات الخطورة التي تتعرض لها والمواقع التي تحتاج لترميم بدرجة ملحّة.
- ضرورة التعاون بين العديد من الجهات لإدارة المواقع الأثرية ودراستها للحفاظ عليها.

❖ المصادر والمراجع:

أولاً- المصادر:

- ❖ **أطلس المواقع الأثرية لمحافظة الفيوم**، مشروع نظام المعلومات الجغرافي للآثار، وزارة الثقافة، المجلس الأعلى للآثار، ١٩٩٤؛ والذي يوضح توزيع المواقع الأثرية مكانياً والجهات التابعة لها.
- ❖ **الخريطة الجيولوجية بمقياس ١/ ٥٠٠٠٠٠٠**، لوحة بني سويف **NH36SW**، إنتاج الهيئة المصرية العامة للبتترول، مشروع كونكو كورال، ١٩٨٧؛ وتم الإعتماد عليها في تحديد أنواع التكوينات الجيولوجية والتراكيب البنيوية بمنطقة الدراسة.
- ❖ **الخرائط الطبوغرافية بمقياس ١/ ٥٠٠٠٠٠**، إصدار الهيئة المصرية للمساحة بالتعاون مع وكالة التعاون الدولي للولايات المتحدة الأمريكية " مشروع ١٣٢ - ٢٦٣" بإشراف شركة جيوتكس ضمن مشروع إدارة نظم الري للأشغال العامة والموارد المائية، الطبعة الأولى، ١٩٩٥، والمحدثة بأعوام ٢٠٠٨ - ٢٠١٠، والبالغ عددها ٧ لوحات.
- ❖ **معجم المصطلحات الجغرافية**، مجمع اللغة العربية- القاهرة، الطبعة الأولى ٢٠١٠.
- ❖ **نماذج الإرتفاعات الرقمية**؛ من نوع الماسح الرادار الطبوغرافي (**Shuttle Radar (SRTM) Topography Mission**)، بدقة ٣٠ متر، ونموذج الإرتفاع الرقمي للقمر الراداري الياباني بدقة مكانية ١٢.٥ متر.

❖ ثانياً- المراجع:

- ١- إبراهيم حسن حميدة (١٩٩٢): الهيدرولوجيا والمياه الجوفية، التعليم المفتوح ، جامعة القاهرة.
- ٢- أكرم حسن أحمد الحلاق (٢٠٠٢): إستنزاف مصادر المياه الجوفية في قطاع غزة، أسبابه وأثاره، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية البنات، جامعة عين شمس.
- ٣- خليفة درادكة (١٩٨٨): هيدرولوجية المياه الجوفية ، الشركة الدولية للطباعة والنشر ، عُمان.
- ٤- سعد معاذ محمد حب النبي (٢٠١٨): الأخطار الجيومورفولوجية على المواقع الأثرية بمحافظة الأقصر - دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة أسيوط.
- ٥- عبد الله الأمين بدر (١٩٩٠): هندسة الري والصرف ، الجزء الأول : الري ، مطبعة الكلمة ، الجيزة.
- ٦- عمرو محمد صبري محسوب سليم (٢٠١٤): الأشكال الجيومورفولوجية المرتبطة بتغيرات منسوب سطح البحر على امتداد الساحل الشمالي الغربي لمصر باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بعد، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عين شمس.
- ٧- محمد عبد المعتمد عبد الرسول عبد اللاه (٢٠١١): الأخطار الجيومورفولوجية على المناطق الأثرية بمحافظة سوهاج - دراسة باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة كفر الشيخ.
- ٨- محمد منصور الشبلاق وعمار عبد المطلب عمار (١٩٩٨): الهيدرولوجيا التطبيقية، دار الكتب الوطنية ، بنغازي.
- ٩- مي فتح الله إبراهيم جبريل (٢٠١٤): نظام المعلومات الجغرافي لعيون المياه في صحراء مصر الغربية دراسة في الجغرافية الطبيعية التطبيقية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة القاهرة.
- ١٠- ميرفت ثابت صليب (٢٠٠٨): تأثير المياه الجوفية على المباني الأثرية، الدار العالمية.
- ١١- هويدا توفيق أحمد حسن (٢٠٠٩): المياه الجوفية في منخفض الواحات البحرية - دراسة في الجغرافية الطبيعية، رسالة ماجستير غير منشورة ، قسم الجغرافيا، كلية التربية، جامعة عين شمس.
- ١٢- _____ (٢٠١٨): أخطار التجوية على هرمي هواره واللاهون بمنخفض الفيوم - دراسة في الجيومورفولوجية التطبيقية ، سلسلة بحوث جغرافية، العدد المائة وعشرة، الجمعية الجغرافية المصرية.

13- **Abd El-Hady, M. (1995). Ground Water and the Deterioration of Islamic Building in Egypt. In The Conference of the Restoration and Conservation of Islamic Monuments in Egypt, AUC (Vol. 118).**

- 14- **Ahmed, A. A. (2009).** Land use change and deterioration of Pharaonic monuments in Upper Egypt. *Journal of Engineering Sciences, Assiut University*, 37(1), 161-177.
- 15- **Dahab, K.A.A. (1988).** Geological and Hydrogeological studies of the Faiyum depression and its vicinities. (M.Sc. Geology of department. Faculty of Science. Menoufia Univ).
- 16- **Hassan, D. S. (2006).** Review of methods used for lowering groundwater levels at archeological sites, Egypt.
- 17- **Khalifa, R. M. (2006).** Study of groundwater resources management in El-Bahariya Oasis (Doctoral dissertation, Ph. D. Thesis, Fac. Sci. Alexandria Univ).
- 18- **Maqesh, N. S., Chandrasekar, N., & Soundranayagam, J. P. (2012).** Delineation of groundwater potential zones in Theni district, Tamil Nadu, using remote sensing, GIS and MIF techniques. *Geoscience frontiers*, 3(2), 189-196.
- 19- **Mourad, M.G. A. (2017).** HydroGeophysical Studies For Exploring Groundwater Aquifer Around EL-Fayoum Depression. EGYPT. (Unpublished M. SC. Thesis Thesis, faculty of science. fayoum Univ).
- 20- **Pinińska, J., & Hemdan, E. M. (2008).** Geomechanical study of building materials of the Hawara pyramid (fayoum, Egypt). *Geologija*.
- 21- **Reddy, M. M., Sherwood, S., & Doe, B. (1985, September).** Limestone and marble. Dissolution by acid rain. In *Ve congres international sur l'alteration et la conservation de la pierre. Actes. Vth international congress on deterioration and conservation of stone. Proceedings, lausanne, 25-27-9, 1985* (pp. 517-526).
- 22- **Sener, E., Davraz, A., & Ozcelik, M. (2005).** An integration of GIS and remote sensing in groundwater investigations: a case study in Burdur, Turkey. *Hydrogeology Journal*, 13(5-6), 826-834.
- 23- **Solomon, S., & Quiel, F. (2006).** Groundwater study using remote sensing and geographic information systems (GIS) in the central highlands of Eritrea. *Hydrogeology Journal*, 14(6), 1029-1041.



Spatial modeling of groundwater hazards on archaeological sites in Fayoum Governorate

A study in applied geomorphology using GIS

By

Mr. Ahmed Ahmed Gaber Abdel Maqsoud

Prof. Dr. Abdel Razek Bassiouni El-Koumy

Assistant Professor of Physical Geography, Faculty of Arts_ Tanta university

Prof. Mamdouh Nassef Al-Masry

Professor of Greak and Archeology and Dean of the Faculty of Arts _Tanta University

Abstract:

Groundwater was dealt with by modeling its probability of its presence and the distribution of its ranges, then studying its hydrochemical characteristics and inventorying the sites most affected by groundwater and monitoring the manifestations of damage, to explain the rise in its level as a result of the central drainage in the depression next to the agricultural expansion in the margins of the study area, which led to a high percentage of salt concentration, which affected the archaeological sites ; To rise in the areas south and north-east of Lake Qarun, parallel to the coastline and with the extension of intersecting dry valleys with the extension and spread of fractures, as is the case in the north and west of the study area with sedimentary formations, which affects the archaeological areas located within their ranges.

As for the chemistry of groundwater, we find that the concentration of total dissolved salts averaged about 4125 mg / liter; The percentages of total dissolved salts in groundwater ranged between 410-45675 milligrams / liter, with an increase towards the outskirts of the southern depression and towards the west to the north, bringing the concentration of total dissolved salts in the north of Khashmeh El-Deeb and east of the Khashmeh continent to range between 22000-30000 milligrams / liter, while it ranged between 410 - 3600 mg / liter in the middle of the depression, with an increase towards the edges of the depression. As for the calcium cation concentration, it ranges between 2.6 - 602.4 milliequivalents / liter, equivalent to 26 - 8950 milligrams / liter, while the general rate of calcium concentration is about 10.2 milligrams / liter, equivalent to 191.6 milligrams / liter, with an increase in its concentration

towards the north and south of the Qasr Al-Basel area And west of the Sultanate Drowning and the western part and south of Lake Qarun. As for the concentration of magnesium, it is concentrated in values that ranged between 1.98 - 61.81 milliequivalents / liter, equivalent to 24 - 751 milligrams / liter, bringing the general rate to about 9.53 milliequivalents / liter, with the concentration of magnesium significantly in the north of the lead continent of about 61.81 milliequivalents / liter , while the concentration of sodium was about 55.03 milliequivalents/perhaps equivalent to 1265.1 milligrams/liter, and its concentration ranged between 45-15300 milligrams/liter, and as for the concentration of calcium bicarbonate, it ranged between 0.04-122.9 milliequivalents/liter, equivalent to 23-861.8 milligrams/liter, as follows The sulfate concentration ranged between 1.07 - 136.6 milliequivalents / liter.

The results of modeling the chemical gravity of the groundwater came in its height in the range and southwest of Lake Qarun, in addition to the scope of the entrance to Fayoum, where the effects of the Hawara and Lahoun pyramids and the effects of Ghorab, as well as extending east of Hawara Adlan. There are many manifestations of deterioration in archaeological sites between oxidation, dissolution processes, salt crystallization processes, and microbiological spots. These manifestations spread through the ruins of the Lahoun and Hawara pyramids, the monuments of Umm al-Braijat, the Qaitbay Mosque, on al-Rubi and the monuments of Cayman Fars.

Key words: archaeological sites, ground water, chemical properties, spatial modelling.