

تقويم الظروف الهيدروجيولوجية لطبقة المياه الجوفية الحرة في المنطقة الواقعة بين نهري السن والروس في الساحل السوري

sharif.hayek@yahoo.com الدكتور شريف بدر حايك

ali.alasaad@tishreen.edu.sy الدكتور علي محمد الأسعد

eng.dimah.86@gmail.com ديمة محسن محمد

(تاريخ الإيداع 2 / 4 / 2018. قُبِلَ للنشر في 6 / 12 / 2018)

□ ملخص □

تقع منطقة البحث في الساحل السوري بين نهري السن والروس. ويهدف البحث إلى دراسة الخصائص الهيدروجيولوجية للطبقة الحاملة للمياه الجوفية الحرة في منطقة البحث، وتقويم ظروف توضعها، حيث اعتمد البحث على شبكة رصد تتألف من 36 بئراً للمراقبة تخترق الطبقة الحاملة الجوفية الحرة، واستمرت القياسات فيها خلال الفترة (تشرين الأول 2016 حتى أيلول 2017).

تتراوح أعماق المياه الجوفية الحرة في منطقة البحث بين 0.5-11.5 m، وتصل أحياناً خلال فترة الجفاف إلى 13.5m، بينما تكون قريبة من سطح الأرض شتاءً وتصل إلى 0.1m في بعض الآبار. كما تتراوح الناقلية الكهربائية للمياه الجوفية بين (3700-550) μs حيث تزداد كلما اتجهنا غرباً وتبلغ 9000 μs وأكثر في الآبار القريبة من البحر خلال فترة الجفاف. تتخفف مناسيب المياه الجوفية إلى مستوى أدنى من منسوب سطح البحر في الآبار القريبة من الشاطئ مما يحقق الشروط الهيدروديناميكية لاندساس مياه البحر ضمن الطبقة الحاملة للمياه الجوفية الحرة.

الكلمات المفتاحية: الطبقة الحاملة للمياه الجوفية الحرة، الخصائص الهيدروجيولوجية، الناقلية الكهربائية للمياه.

* أستاذ - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** أستاذ - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

*** طالبة دراسات عليا (دكتوراه) - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Evaluation The Hydrogeological Conditions of The Unconfined Aquifer in The Area Located Between The AL-Sin and AL-Rous Rivers in the Syrian Coast

Dr. Sharif B HAYEK * sharif.hayek@yahoo.com
Dr. Ali M. ALASAAD** ali.alasaad@tishreen.edu.sy
Dimah M. MOHAMMAD*** eng.dimah.86@gmail.com

(Received 2 / 4 / 2018. Accepted 6 / 12 / 2018)

□ ABSTRACT □

The research area is located in the Syrian coast between the Sin and Rous river. This research aims at studying the hydrogeological characteristics of the unconfined aquifer in the research area and evaluating the conditions of its placed. The research was based on a monitoring network consisting of 36 wells that penetrate the unconfined aquifer, and measurements continued during the period (October 2016 until September 2017).

The unconfined groundwater depths in the research area range between 0.5-11.5 m, and sometimes during the drought period reach to 13.5 m, while it is close to the surface in the winter and up to 0.1m in some wells. The electrical conductivity ranges between 550-3700 $\mu\text{s}/\text{cm}$, increasing as we go west and reaching 9,000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ and more in the wells near the sea during the dry period. Groundwater levels Lower in the dry period to below sea level in near-shore wells, achieves the hydrodynamic conditions of the seawater intrusion.

Keywords: Unconfined aquifer, hydrogeological conditions, electrical conductivity.

*Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

**professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

*** Postgraduate Student, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

مقدمة

إن التطبيق الجيد للطرائق الهيدرولوجية والهيدروجيولوجية هو أساس لتنمية وإدارة مصادر المياه والإفادة منها. وكننتيجة طبيعية لازدياد عدد سكان الكرة الأرضية فإن الطلب والضغط المتواصل على مصادر المياه في ازدياد دائم، وهو ما يستدعي دائماً التفكير في بحث وتحليل المسائل المتعلقة بالمياه، لمواجهة هذا التحدي الاستراتيجي الكبير [1]. يشير حجم الموارد المائية المتاحة في سورية إلى محدودية هذه الموارد، وتباين توزيعها على مستوى الأحواض الهيدرولوجية، حيث يرتبط بتأثير العوامل الجغرافية الطبيعية والبشرية والعوامل السياسية [2]. إن المشاريع الزراعية الواسعة في السهول الساحلية السورية، والاحتياجات البشرية المتزايدة في هذه المنطقة أدت إلى استثمار جائر لموارد المياه الجوفية بوساطة عدد كبير من الآبار [3]، الأمر الذي يسبب تغيراً في الظروف الهيدروليكية ضمن صخور هذه الطبقات، مما يتطلب دراسة الظروف الهيدروجيولوجية في منطقة المشروع، ووضع تصور لتغيرات أعماق المياه الجوفية ومناسبتها والناقلية الكهربائية لها وغيرها من خصائص الطبقات الحاملة للمياه الجوفية في المنطقة.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى دراسة الخصائص الهيدروجيولوجية للطبقة الحاملة للمياه الجوفية الحرة في منطقة البحث، وتقويم ظروف توزيعها. مما يسمح بوضع تنبؤات مستقبلية تساعد الإدارة في وضع خطط الاستثمار الرشيدة للموارد المائية المتاحة، وفي وضع الخطط الاقتصادية التنموية في المنطقة.

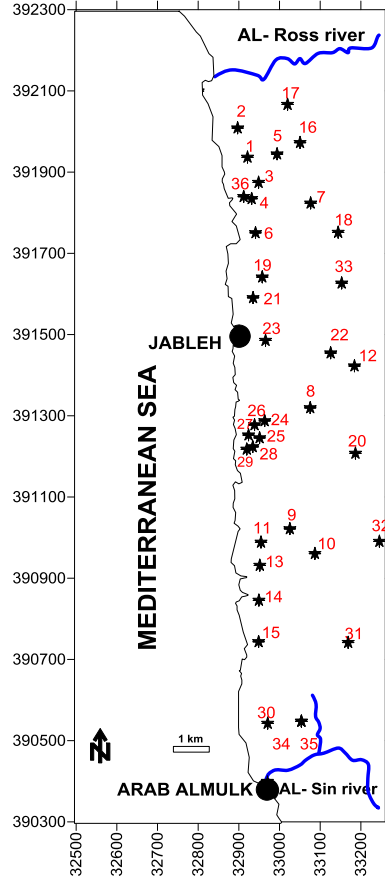
موقع منطقة البحث

تقع المنطقة المدروسة في الساحل السوري بين نهري السن والروس، يحدها البحر المتوسط من الغرب، وطريق عام اللاذقية - طرطوس من الشرق. ويبلغ عرضها حوالي 3 كم وطولها 18 كم تقريباً بمساحة 54 كم². (الشكل 1).

طرائق البحث ومواده

إن جمع المعلومات الطبوغرافية وتوصيفها مع بيانات الآبار التي يمكن الحصول عليها من خلال العينات المائية منها في منطقة محددة يؤمن معلومات هيدروجيولوجية مهمة [4]، حيث إن عمليات مراقبة منسوب المياه للطبقة الحاملة للمياه الجوفية تعتمد على شبكة من آبار المراقبة تتوزع في المنطقة كلها بما يتناسب مع الظروف الطبيعية والاستثمارية للمنطقة المدروسة [5، 6، 7].

اعتمد البحث على شبكة رصد موزعة في منطقة الدراسة تتألف من 36 بئراً، تخترق الطبقة الحاملة للمياه الجوفية الحرة، استمرت القياسات فيها خلال الفترة (تشرين الأول 2016 حتى أيلول 2017). (الشكل 1).

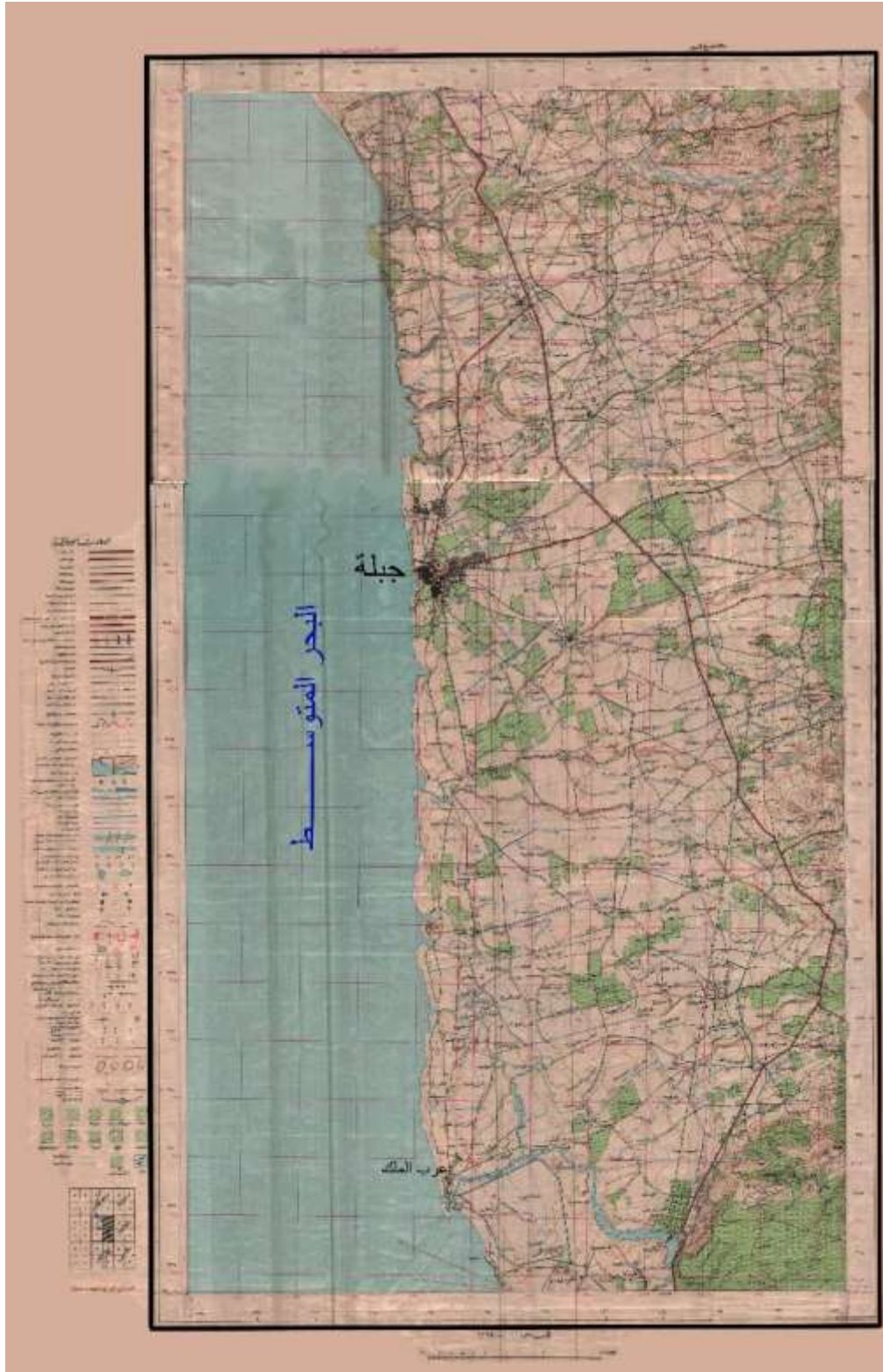


الشكل 1. مخطط منطقة البحث وتوزيع شبكة الرصد فيها.

شملت القياسات: العمق الكلي للآبار؛ العمق الستاتيكي لمستوى المياه فيها Static water depth؛ ودرجة الحرارة والناقلية الكهربائية Electrical conductivity لمياه الآبار باستخدام جهاز Solinst، وأجريت أيضاً تحاليل كيميائية لمياه بعض آبار شبكة الرصد. واعتمد تحليل البيانات ومعالجتها على برنامج Excel، وبرنامج Surfer.

الجيومورفولوجيا Geomorphology

تشمل منطقة الدراسة الجزء الغربي من سهل جبلة بين نهري السن والروس، حيث يشكل سهل جبلة أحد أهم المظاهر الجيومورفولوجية على الساحل، تحده من الشرق تلال ضيقة، يصل ارتفاعها إلى 200 م، ويحده من الغرب البحر المتوسط، ومن الشمال نهر الكبير الشمالي، ومن الجنوب والجنوب الشرقي يحده جرف كبير، يتراوح ارتفاعه بين 100-200 م. وتنتشر بعض التلال في أنحاء متفرقة من سهل جبلة، تتراوح ارتفاعاتها بين 20-30 متراً، ونادراً ما تزيد على 40 متراً. وتبلغ مناسيب سطح الأرض 2-20 متراً فوق سطح البحر (الشكل 2). ويميل سطح الأرض ميلاً خفيفاً من الشرق إلى الغرب عموماً، وتتراوح ميل سطح الأرض بين 0.007-0.036، كما توجد بعض الجروف في مجاري الأنهار (الكبير الشمالي؛ الصنوبر؛ المضيق؛ الروس؛ البرغل...) وعلى خط شاطئ البحر مباشرة، تصل ارتفاعاتها إلى أكثر من عشرة أمتار [8].



الشكل 2. الخارطة الطبوغرافية لمنطقة الدراسة [8].

تتجه بعض الأنهار دائمة الجريان وعدد كبير من المسيلات الموسمية الجريان تتجه من الشرق إلى الغرب عموماً، وتقطع سهل جبلة والتلال الواقعة على حدوده الشرقية. وتطورت المنطقة لتأخذ شكلها المورفولوجي الحالي في البلستوسين [9].

الخصائص الجيولوجية والهيدروجيولوجية

Geological and Hydrogeological properties

تتكشف في منطقة الدراسة مختلف الأعمار الجيولوجية بدءاً من الجوراسي حتى الرباعي. تتوضع رسوبيات الجوراسي في سحنات ساحلية، أما رسوبيات الكريتاسي والبالوجين فتوضعت في بيئة شاطئية قليلة العمق، في حين تميز عصر النيوجين بنشاط تكتوني وبركاني مع اندفاع صبات بازلتية، كوّنت أهم التشكيلات الجيولوجية المنتشرة في المنطقة (الشكل 3) [10].

توضعات الجوراسي Jurassic deposits

تتكشف توضعات الجوراسي في الجزء الشرقي لمنطقة الدراسة، وتمتد باتجاه الغرب ضمن بعض الأودية شرق نبع السن وبانياس، وتتألف هذه التوضعات من الحجر الكلسي سميك التطبق مع حجر كلسي غير واضح التطبق، يتخلله بعض المستويات المارلية الرقيقة والعدسات الصوانية بسماكة وسطية 600م. لقد أدت الحركات التكتونية إلى تفنيت الصخور، كما أسهمت نوعية التوضعات بانتشار التشققات وتطور الكارست، ومن ثم تشكل الوسط الملائم لتسرب وارتشاح مياه الأمطار لتغذية المياه الجوفية، التي يشكل نبع السن أكبر المصارف الطبيعية لها.

توضعات الكريتاسي Cretaceous deposits

تتكشف توضعات الكريتاسي في مناطق محدودة جنوب شرق مدينة جبلة، وتتألف هذه الرسوبيات من الحجر الكلسي والدولوميت والمارل الحواري، إضافة إلى صبات بازلتية. إن صخور الجوراسي والكريتاسي مقلعة بفوالق وشقوق كثيرة، وتعرضت لعمليات الانحلال والكارست، فازدادت نفوذيتها كثيراً، وتقدر كمية المياه المتسربة عبرها بـ 60 % من مياه الأمطار الهاطلة فوق مناطق انتشار هذه الصخور.

توضعات النيوجين Neogene deposits

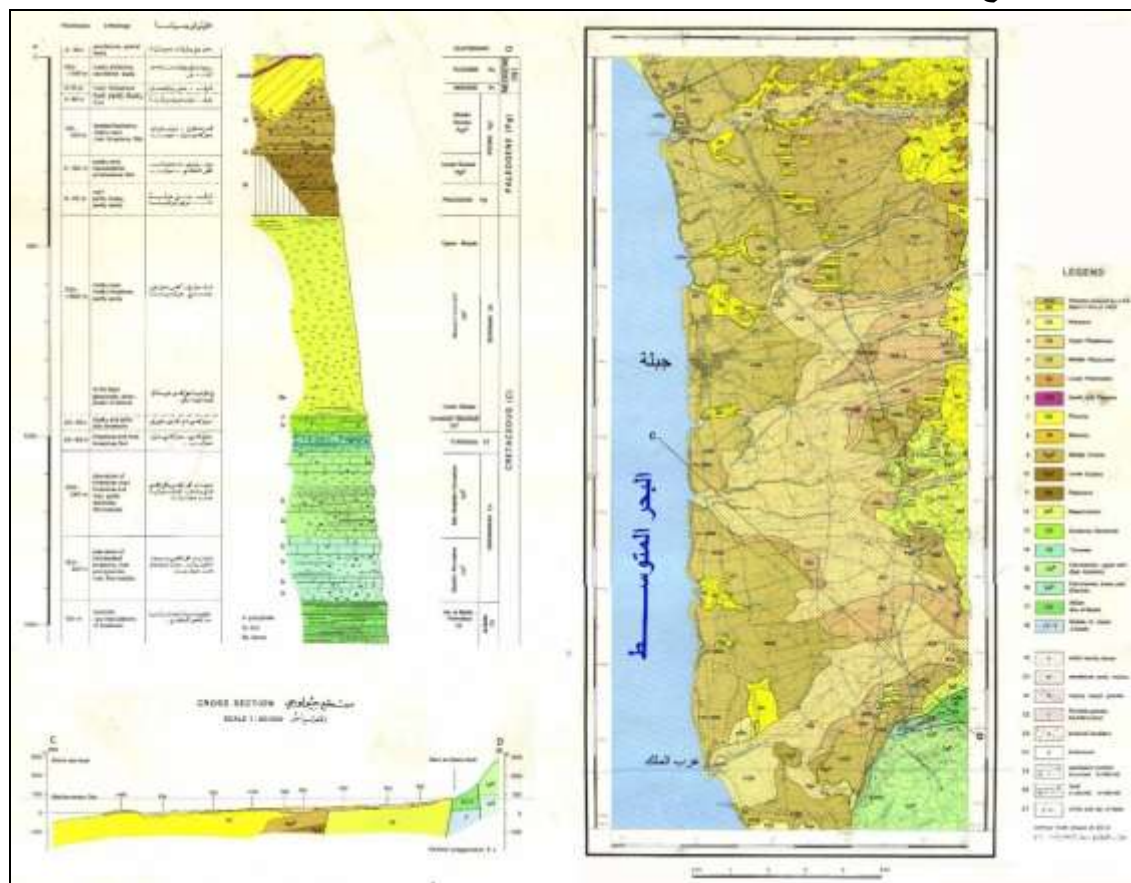
تتكشف توضعات النيوجين (البليوسين N2) في القسم الجنوبي الغربي، إضافة إلى بعض التكتشفات الصغيرة في الأقسام الشمالية الشرقية والجنوبية الغربية من نبع السن، أما في باقي مناطق السهل فإنها تتوضع تحت الرباعي، وتتألف من المارل أو الحجر الكلسي المارلي، والحجر الرملي والسيلت، وتتراوح السماكة الإجمالية لهذه التوضعات بين (100-200) م، ويبدو أن البنية الفراغية لهذه التشكيلة لا تؤهلها لتكوين حامل مائي أساسي في المنطقة.

توضعات الرباعي Quaternary

تغطي رسوبيات الرباعي المنطقة المدروسة كلها تقريباً، وهي تتألف من حجر رملي متطبق، وحجر رملي بحري، وكونغولوميرا نهريّة، وتوضعات ريفية، تصل سماكتها إلى 50 متراً في أسرة الأنهار (نهر الكبير الشمالي، نهر الصنوبر، مصب نهر السن، مصب نهر الروس).

تعود معظم التوضعات البحرية والنهرية التي تغطي سهل جبلة إلى عمر البلستوسين الأوسط Q₂، وتتألف من حصي ورمال مفككة، وكلس غضاري وحجر كلسي متطبق، بحرية - نهريّة المنشأ، تصل سماكتها حتى 8 م.

تشكل توضعات البليستوسين الأعلى Q₃ بعض مراوح الأنهار في وسط سهل جبلة، وتتألف من حصى غير مصنفة. يقتصر انتشار توضعات الهولوسين Q₄ على السهول الفيضية والخلجان، وعلى شاطئ البحر، وتتألف من حصى ورمال، تتناوب مع سلت ومارل.



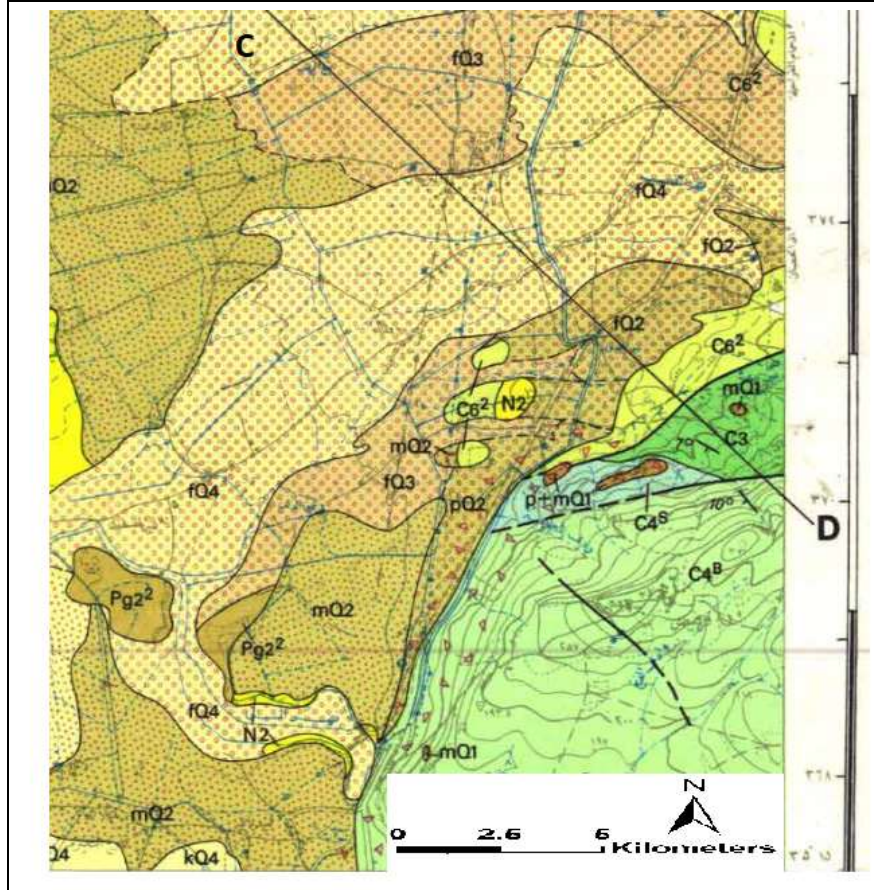
الشكل 3. الخارطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة [10].

تتكون المنطقة من بنية هيدروجيولوجية وحيدة الجانب تميل نحو الجهة الغربية، وتخضع هذه البنية إلى تغذية ورشح عبر التوضعات السطحية من الهطولات المطرية، وتتحرك المياه الجوفية بعد تجمعها فوق الطبقة الغضارية شبه الكتيمة بصعوبة نتيجة ضعف قيم عامل الرشح باتجاه الغرب ويميل هيدروليكي يتراوح بين $i = 0.02$ في الجهة الشرقية إلى $i = 0.005$ في الجهة الغربية ليحصل تفريغ جوفي ضمن التوضعات الرباعية، أو تتابع المياه الجوفية حركتها باتجاه البحر المتوسط [11].

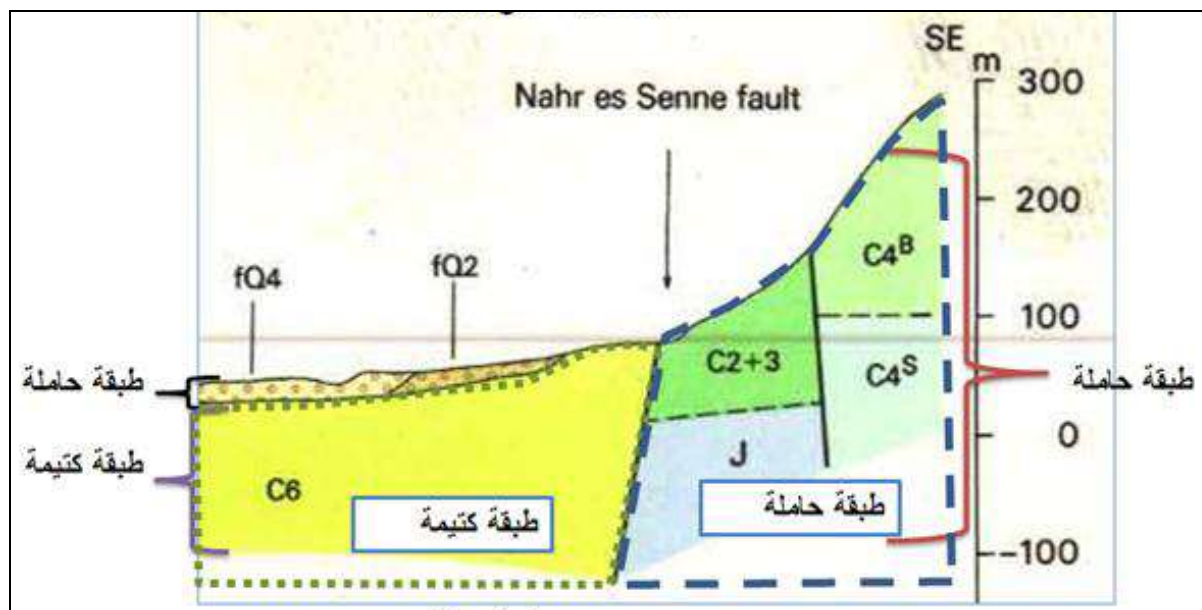
وفق معطيات المقطع الهيدروجيولوجي رقم III-III (الشكل 4) [9]، الذي يمر قريباً من منطقة نبع السن والمبين مساره (الشكل 5) يلاحظ وجود الطبقات الآتية:

- طبقة حاملة للمياه الجوفية تتألف من توضعات من عمر الرباعي والنيوجين، تتراوح سماكتها بين 15-50 m، حيث تعد المستويات الحصوية والرملية المختلفة التي تتوضع على أعماق بسيطة من سطح الأرض من الحوامل المائية الجيدة، حيث تكون مياهها محجوزة فوق التوضعات الغضارية والمارلية التابعة للتوضعات الأقدم، وتختلف خصائصها الهيدروجيولوجية من مكان لآخر، وتتغذى على حساب تسرب مياه الأمطار ومياه الري، وتنصرف على شكل ينابيع صغيرة، يجف بعضها في فصل الصيف، وتستثمر الطبقة المائية أيضاً عن طريق الآبار ذات الأعماق القليلة.

- الطبقة الثانية تتألف من تناوب كلس غضاري مع مارل الماستريخت C_6^2 ، تعتبر طبقة كثيفة سماكتها تتراوح بين 15-200 m.
- الطبقة الثالثة تتألف من توضعات الجوراسي والكريتاسي - السينومان- تورون (C5 -C4 - J) وتشكل هذه التوضعات طبقة حاملة للمياه سماكتها 200-450 m، تتغذى على حساب تسرب مياه الأمطار، وتتصرف عن طريق الينابيع، خاصةً نهر السن.



الشكل 4. موقع المقطع الهيدروجيولوجي C-D على الخريطة الهيدروجيولوجية لحوض الساحل. [9].



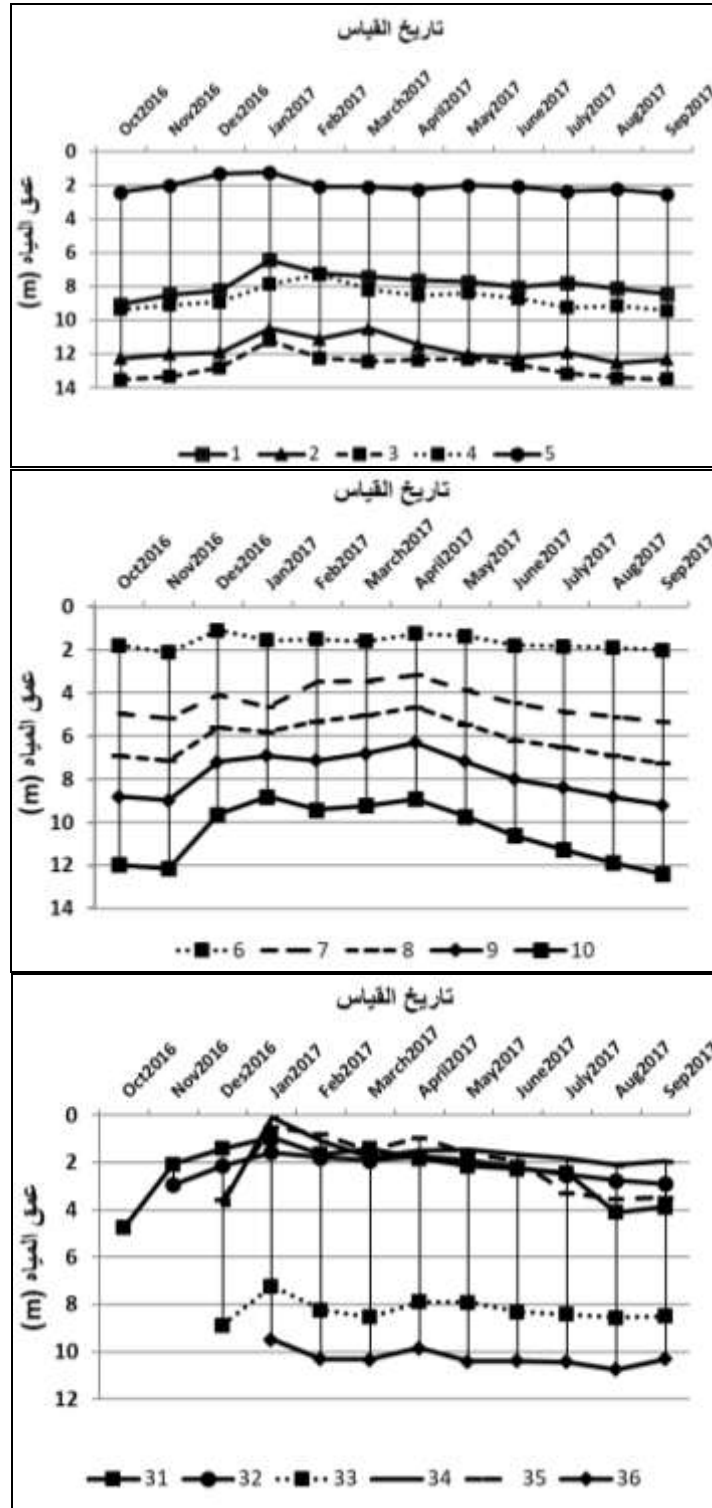
الشكل 5. التمثيل الهيدروجيولوجي للطبقات الحاملة للمياه الجوفية والكتيمة وفق معطيات المقطع (C-D) [9].

النتائج والمناقشة

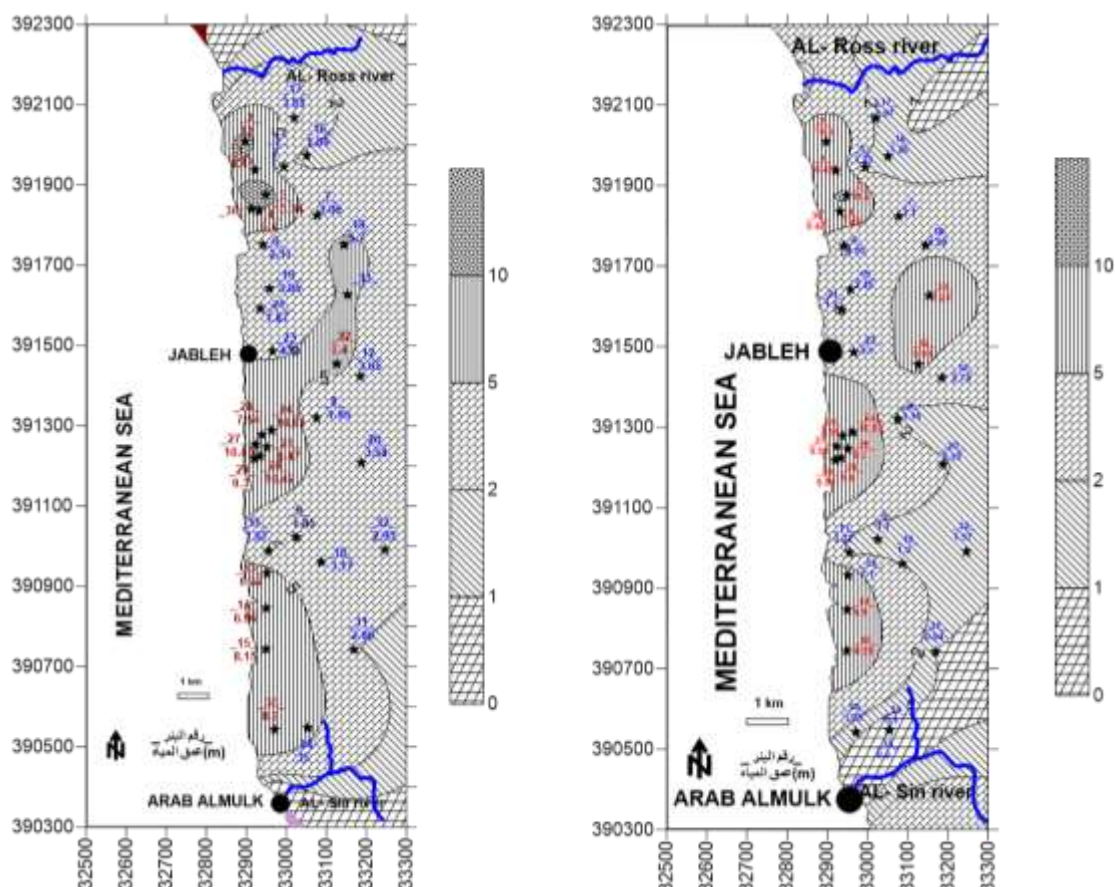
1. أعماق المياه الجوفية Groundwater depths

تشكل التوضعات الرباعية التي تتمتع بنفوذية عالية (1.5-50 m/day) غالباً أول طبقة حاملة للمياه، تتوضع فوق رسوبيات النيوجين التي تشكل طبقة كتيمة، وتلعب دور مستوى الأساس. الطبقة الحاملة للمياه الجوفية المدروسة هي طبقة حرة، حيث توجد المياه الجوفية على أعماق قليلة من سطح الأرض، وقد تراوحت أعماق المياه الجوفية في آبار الرصد خلال فترة القياسات بين 0.1-13.5 m (الشكل 6).

تتغذى المياه الجوفية على حساب تسرب مياه الري ومياه الأمطار [12، 13]، ما يفسر توافق تغيرات أعماق سطح المياه الجوفية مع تغيرات كميات الهطل المطرية، فتكون الأعماق قريبة من سطح الأرض شتاءً بسبب توقف الضخ من الآبار تقريباً والرشح من مياه الأمطار، حيث تراوحت أعماق المياه الجوفية في منطقة البحث خلال شهر كانون الثاني من عام 2017 بين 0.1-11m، بينما كانت الأعماق في شهر تشرين الثاني من عام 2016 تتراوح بين 2-13.5 m حيث ازدادت أعماق المياه الجوفية في الفترة الجافة نتيجة انحباس الأمطار وازدياد معدل الري على حساب الضخ من المياه الجوفية (الشكل 7). ويلاحظ توسع النطاق (أقل من 2.0 متر) في شهر كانون الثاني أكثر منه في شهر تشرين الثاني، حيث تبلغ المساحة التي تكون فيها الأعماق أقل من 2m في شهر كانون الثاني حوالي 36 km² بينما تبلغ 12 km² تقريباً في شهر تشرين الثاني، وهي مناطق تحتاج إلى صرف للمياه الجوفية الزائدة.



الشكل 6. تغيرات أعماق المياه الجوفية الحرة في آبار المراقبة خلال فترة الرصد.



الشكل 7. خارطة أعماق المياه الجوفية الحرة خلال فترتين رطبة (كانون الثاني 2017) وجافة (تشرين الثاني لعام 2016).

2. مناسيب المياه الجوفية Groundwater levels

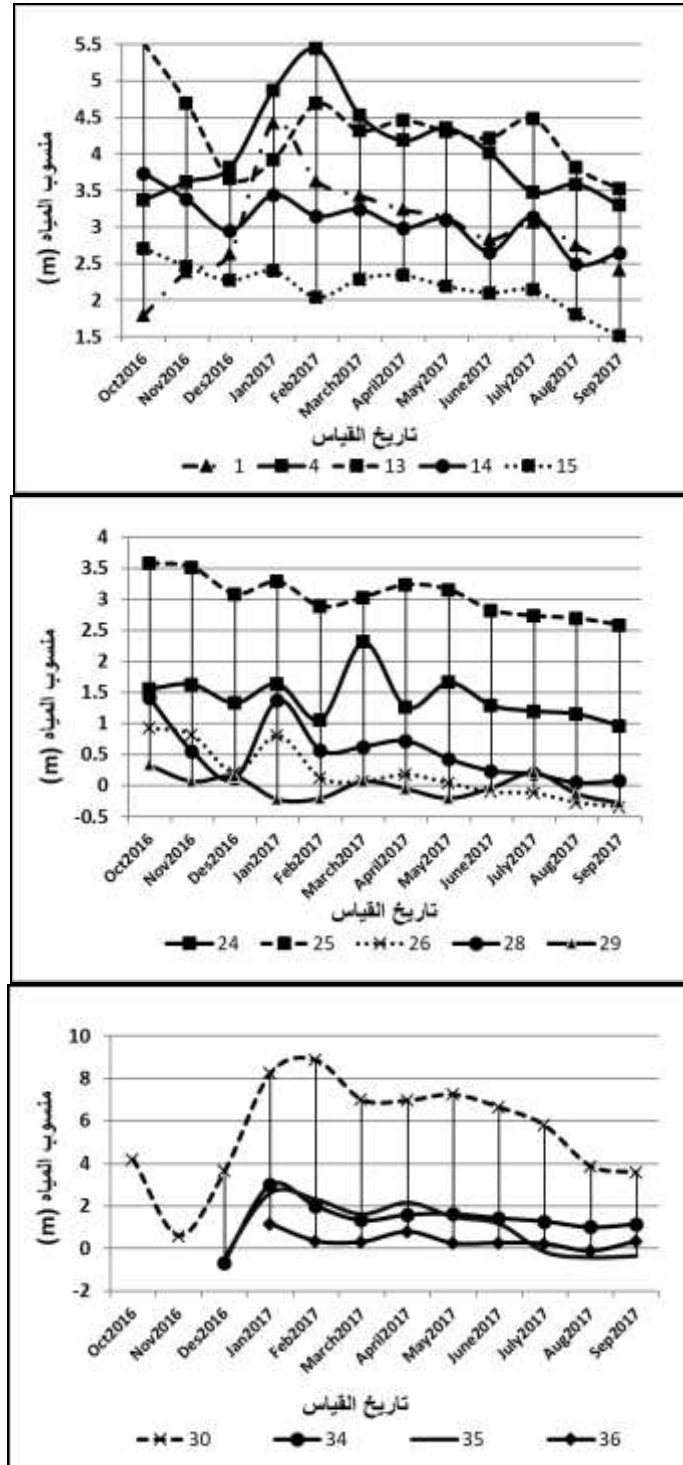
بعد تحديد مناسيب المياه الجوفية من خلال شبكة آبار المراقبة في منطقة الدراسة، تشير البيانات المتاحة إلى أن التذبذب في مناسيب المياه الجوفية يتراوح بين 1-2 m (الشكل 8)، وبما أن التغير في مناسيب المياه الجوفية يعبر عن التغير في معدل السحب أو التغذية للخزان الجوفي من خلال المعادلة التالية:

$$GF_{in} + GR - GF_{out} = \Delta S$$

حيث:

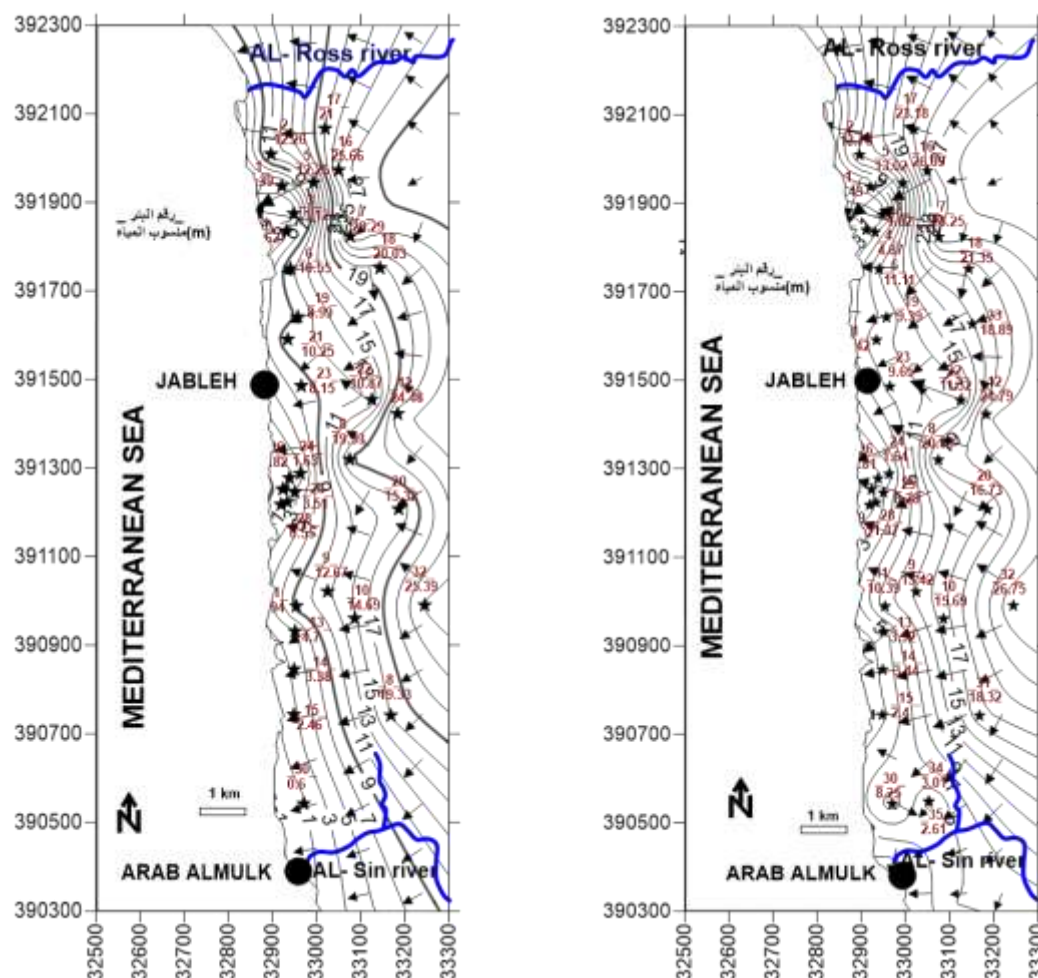
ΔS التغير في المخزون المائي الجوفي، و GF_{in} الجريان الجوفي الداخل إلى المنظومة، و GF_{out} الجريان الجوفي الخارج من المنظومة، و GR الرش إلى المياه الجوفية.

إن السحب الجائر من الآبار خلال الصيف والخريف يسبب هبوط مناسيب المياه الجوفية عدة أمتار، وانعكاس الميل الهيدروليكي باتجاه اليابسة قرب شاطئ البحر. ثم تتناقص كميات الضخ من الآبار مع نهاية موسم الري وهطل الأمطار. ويتسرب جزء مهم منها لتغذية المياه الجوفية فترتفع مناسيبها من جديد. إن حراثة الأراضي والميول القليلة لسطح الأرض يسمح بزيادة تغذية المياه الجوفية. وبالتالي يمكن وصف التذبذب المستقر في مناسيب المياه الجوفية بأنه يمثل حالة استقرار ديناميكي للخزان الجوفي، وأن الخزان الجوفي له قدرة على استعاضة ما يفقده نتيجة السحب.



الشكل 8. تغيرات مناسيب المياه الجوفية في آبار المراقبة خلال فترة الرصد.

يتشكل في منطقة الدراسة جريان جوفي قادم من الشرق يتغذى من تسرب مياه الري ومياه الأمطار، حيث ينخفض منسوب المياه الجوفية صيفاً (الفترة الجافة) بسبب انحباس الأمطار من 25m في الجزء الشرقي من المنطقة لتصل إلى مستوى أدنى من مستوى سطح البحر عند البئر 3 والبئر 27، وترتفع شتاءً (الفترة الرطبة) في موسم هطول الأمطار، وتتراوح بين 28m – 3 (الشكل 9).

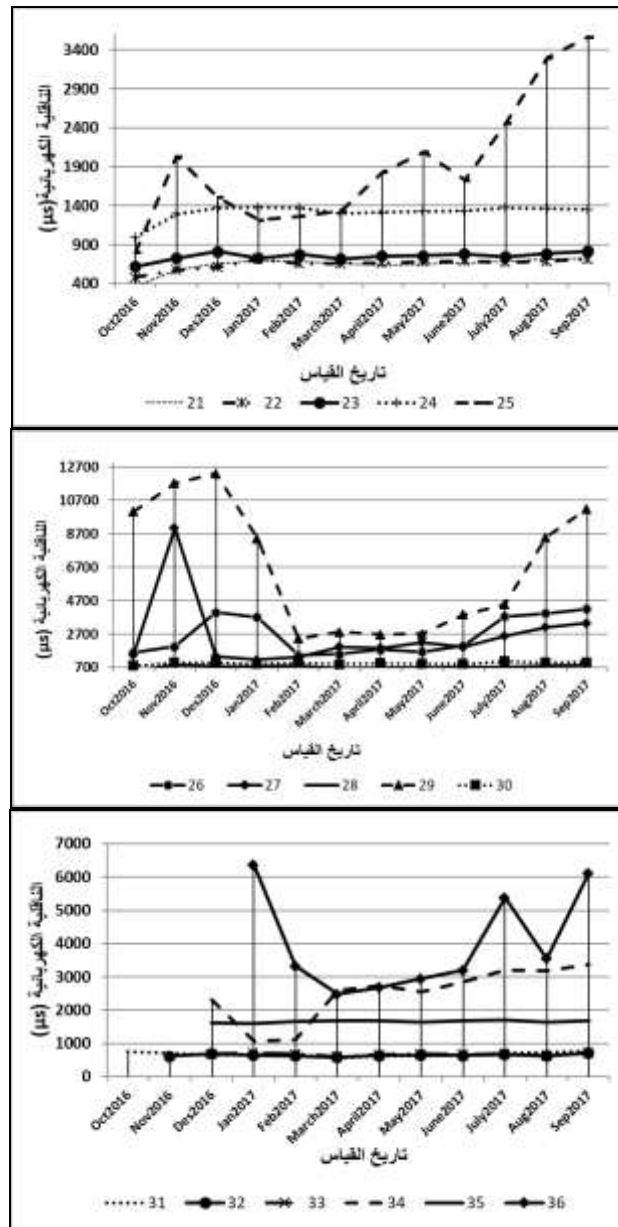


الشكل 9. الشبكة الهيدروديناميكية للمياه الجوفية الحرة خلال فترتين رطبة (كانون الثاني) وجافة (تشرين الثاني) لعام 2017.

إن الحركة العامة للجريان الجوفي في منطقة البحث هي من الشرق نحو الغرب، أما درجة الميل الهيدروليكي فتتغير من الشرق نحو الغرب، حيث يصل متوسط الميل الهيدروليكي في الكتلة الشرقية إلى $i = 0.2$ أما في الأجزاء الغربية حتى شاطئ البحر المتوسط فإن درجة الميل العامة هي بحدود $i=0.005$ ، ويعزى السبب الرئيسي لتغير الميل الهيدروليكي في الكتلة الغربية إلى البنية الفراغية والنفوذية الجيدة للتوضعات الرباعية، حيث تشير الحركة العامة للجريان من جهة الشرق (توضعات أقدم) نحو الغرب (التوضعات الرباعية الأحدث) إلى عدم وجود ممانعة واضحة لحركة الجريان حيث تتابع المياه الجوفية حركتها لتتصرف في قاع البحر على امتداد الشاطئ.

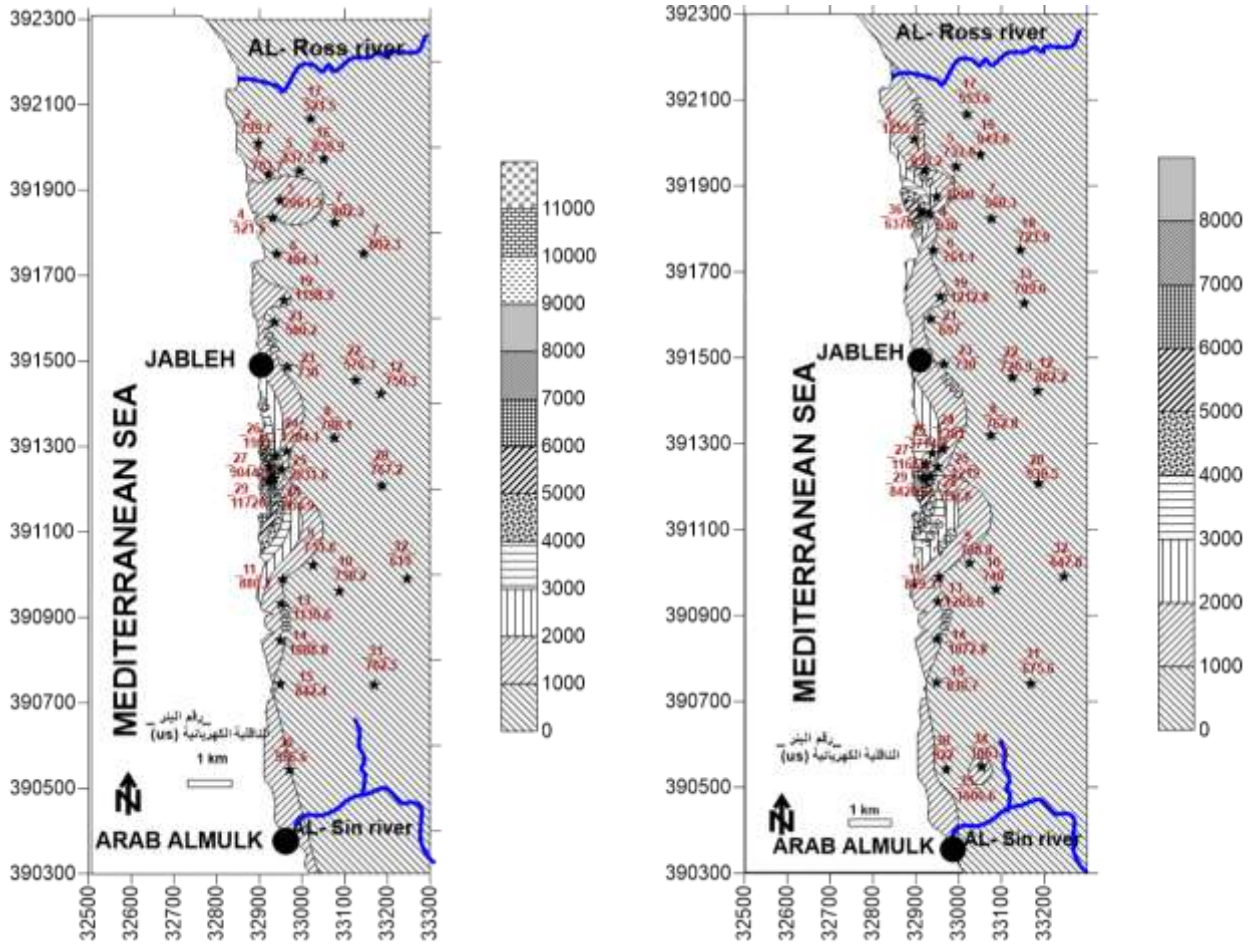
3. الناقلية الكهربائية للمياه الجوفية Groundwater electrical conductivity

تتأثر تغيرات قيم الناقلية الكهربائية للمياه بمعدلات التغذية من تسرب مياه الأمطار ومياه الري وبملوحة المياه المتسربة، ويتصاريق آبار استثمار المياه الجوفية، حيث يتسرب جزء مهم 12-45% من مياه الري، يغذي المياه الجوفية، فيرتفع منسوبها، ويتغير تركيبها الكيميائي تدريجياً، مما يؤدي إلى تغير الظروف الهيدروجيولوجية والبيئية في المنطقة [14، 15، 16]. يبين (الشكل 10) تغيرات الناقلية الكهربائية للمياه الجوفية في آبار المراقبة في منطقة الدراسة.



الشكل 10. تغيرات الناقلية الكهربائية للمياه الجوفية في آبار المراقبة خلال فترة الرصد.

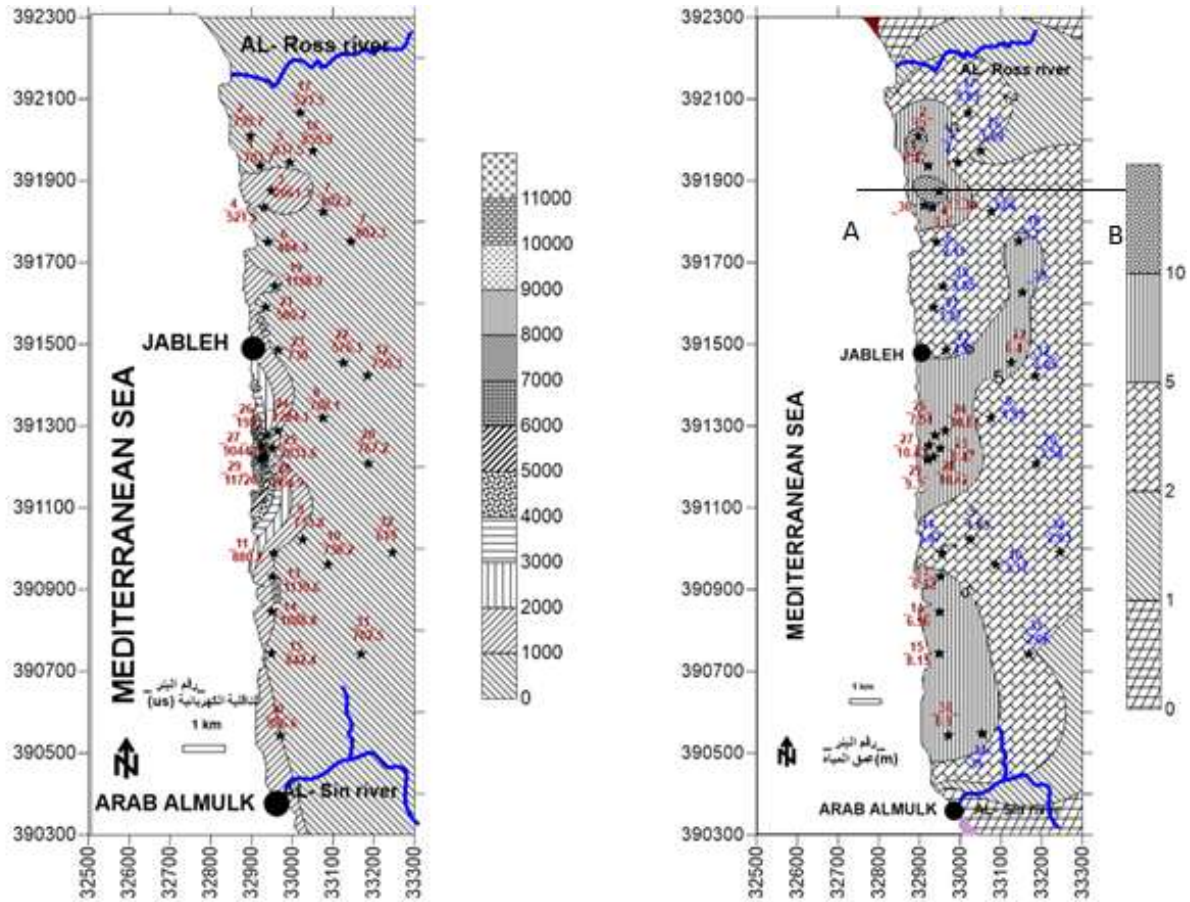
تتناقص الناقلية الكهربائية للمياه الجوفية في منطقة الدراسة خلال الشتاء بسبب توقف الضخ تقريباً وتسرب مياه الأمطار حيث تبلغ $(550 - 3700) \mu S/cm$ في الفترة الرطبة (شهر كانون الثاني)، مع ملاحظة أن قيم الناقلية قد تزيد عن ذلك في بعض الآبار شتاءً، بسبب استثمارها لفترات محدودة (البئرين 29 و 36)، وتصل إلى قيمها العظمى أواخر فصل الجفاف (تشرين الثاني) فتبلغ $9000 \mu S/cm$ وأكثر في البئرين (27، 29)، (الشكل 11).



الشكل 11. خارطة الناقلية الكهربائية للمياه الجوفية الحرة خلال فترتين رطبة (كانون الثاني 2017) وجافة (تشرين الثاني 2016)

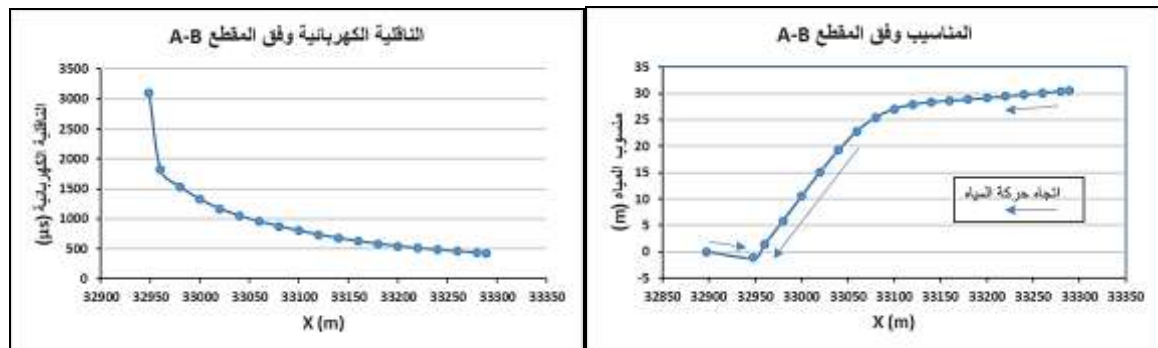
إن الظروف الجيو- هيدروجيولوجية المناسبة للتبادل المائي بين المياه المالحة والعذبة متوفرة في منطقة البحث. وهي تسمح بتقدم أسفين مياه البحر، كما أن منسوب مستوى الأساس يقع تحت منسوب سطح البحر، مما يسمح بصرف المياه الجوفية تحت سطح البحر في مناطق تكشف الطبقة الحاملة للمياه عندما يكون الميل الهيدروليكي لسطح المياه الجوفية باتجاه البحر. الأمر الذي يهدد نوعية المياه الجوفية العذبة في المنطقة، ويستوجب دراسته دراسةً شاملة ودقيقة، مع تحليل كافٍ للعوامل المؤثرة كلها، وبناء النماذج الرياضية لفهم ديناميكية حركة المياه الجوفية، وطرح الحل المناسب للتخفيف من ظاهرة التداخل في المستقبل.

تترافق القيم العظمى للناقلية الكهربائية في آبار شبكة الرصد خلال فترة الجفاف مع تزايد أعماق المياه الجوفية الحرة، ومن ثمَّ انخفاض مناسيب المياه الجوفية (الشكل 12)، بينما تتناقص قيم أعماق المياه الجوفية في الفترة الرطبة؛ أي يرتفع منسوب المياه الجوفية (1-28 m) نتيجة التسرب من مياه الأمطار، ويترافق ذلك مع قيم دنيا للناقلية الكهربائية في آبار المراقبة خلال فترة الرصد (الشكل 14).

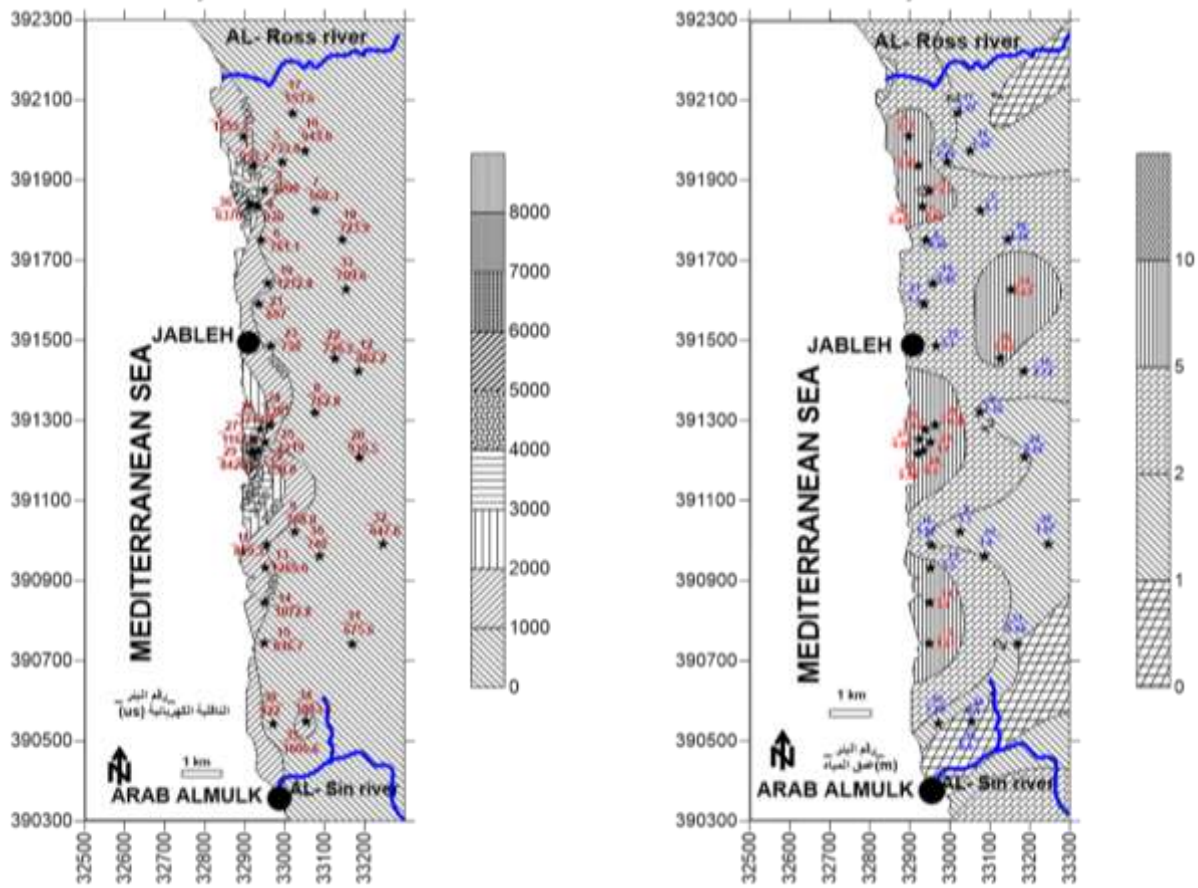


الشكل 12. خارطتا الأعماق والناقلية الكهربائية للمياه الجوفية الحرة خلال شهر تشرين الثاني 2016.

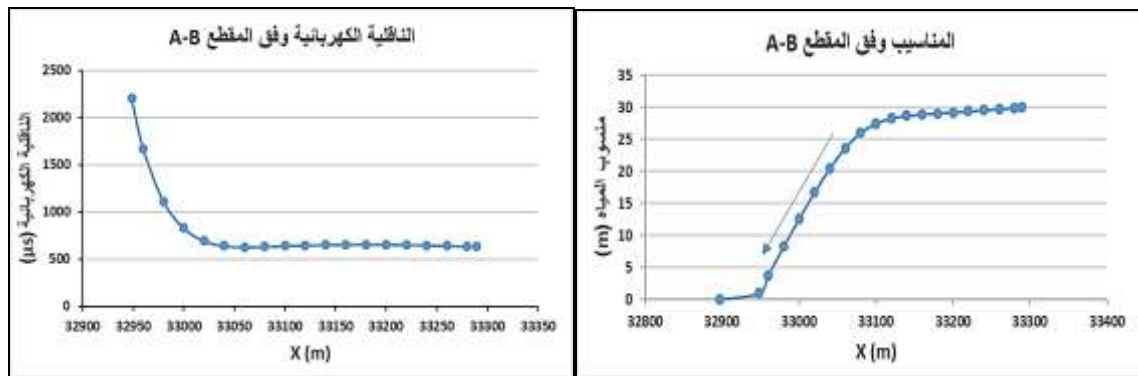
ينخفض منسوب المياه الجوفية في الفترة الجافة، ويتناقص الميل الهيدروليكي باتجاه البحر. وينعكس أحياناً، مما يؤدي إلى تشكل مخاريط الانخفاض، وبميل سطح المياه الجوفية الحرة باتجاه اليابسة، مما يسمح بزيادة اندساس مياه البحر داخل الطبقة الحاملة للمياه. كما أن الناقلية الكهربائية تتزايد باتجاه البحر (الشكل 13). بينما يرتفع منسوب المياه الجوفية في الفترة الرطبة، ويزداد الميل الهيدروليكي باتجاه البحر، مع تناقص لقيم الناقلية الكهربائية بسبب تسرب مياه الأمطار وتوقف الضخ تقريباً من الآبار (الشكل 15).



الشكل 13. مناسيب المياه الجوفية الحرة وناقليتها الكهربائية وفق المقطع A-B خلال شهر تشرين الثاني 2016.



الشكل 14. خارطتا الأعماق والناقلية الكهربائية للمياه الجوفية الحرة خلال شهر كانون الثاني 2017.



الشكل 15. مناسيب المياه الجوفية الحرة وناقليتها الكهربائية وفق المقطع A-B خلال شهر كانون الثاني 2016.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات

1. تتوضع المياه الجوفية الحرة على عمق 0.5-11.5 m وتزيد عن ذلك أحياناً خلال فترة الجفاف 13.5 m، بينما تكون قريبة من سطح الأرض شتاءً وتصل إلى 0.1m في بعض الآبار.

2. تتخضع مناسيب المياه الجوفية صيفاً من 25m من الجهة الشرقية في منطقة الدراسة لتصل إلى 1.12m تحت سطح البحر في إحدى الآبار القريبة من البحر، مما يحقق الشروط الهيدروديناميكية لاندساس مياه البحر ضمن الطبقة الحاملة للمياه الجوفية الحرة، أما شتاءً فتتراوح المناسيب بين 3-28 m. والميل الهيدروليكي موجب.
3. تتراوح الناقلية الكهربائية للمياه الجوفية الحرة بين (3700 – 550 μ s) في الفترة الرطبة، وتترافق مع ارتفاع مناسيب المياه الجوفية، بينما تصل الناقلية الكهربائية إلى قيمها العظمى أواخر فصل الجفاف (تشرين الثاني) فتبلغ 9000 μ s، وتزيد على ذلك في بعض الآبار مع انخفاض مناسيب المياه الجوفية.

التوصيات

1. دراسة تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية العذبة في المنطقة الساحلية. وبناء نموذج رياضي يمثل الظروف الهيدروجيولوجية.
2. وضع خطة متكاملة لإدارة الموارد المائية في منطقة الدراسة، تتضمن سيناريوهات لتخفيض معدلات الضخ من الطبقة الحاملة للمياه الجوفية من أجل الحفاظ على ميل هيدروليكي موجب باتجاه البحر.

المراجع

- 1- WORLD BANK. *Making the most of scarcity accounting for better water management in Middle East and North Africa. MENA development report on water*, 2007.
- 2- عيسى، مريم جمعة. *الموازنة المائية في سورية وآفاقها المستقبلية من عام 1992-1993-2008-2009 لغاية 2024-2025 م*. مجلة جامعة دمشق. المجلد 29، العدد 4+3، 2013، 551-585.
- 3- الأسعد، علي محمد؛ ابراهيم، عدنان محمد. *تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية العذبة بين مدينتي بانياس واللاذقية*. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية، سلسلة العلوم الهندسية. المجلد 4، العدد 18، 1996، 9-20.
- 4- SUSAN, S. H.; YORAM, R. *Hydrogeological parameter estimation using geophysical data: a review of selected techniques*. Journal of Contaminant Hydrology. 45, 2000, 3-34.
- 5- DELLEUR, J. W. *The Handbook of Groundwater Engineering*. CRC press, U.S.A, 2007, 1348.
- 6- CHARLES, J. T.; WILLIAM, M. A. *Ground-Water-Level Monitoring and the Importance of Long-Term Water-Level Data*. USGS. Reston, Virginia, 2001, 68.
- 7- BRASSINGTON, R. *Field Hydrogeology*. 3rd Ed. John Wily & Sons, Ltd. England, 2007, 279.

- 8- المؤسسة العامة للمساحة. الخارطة الطبوغرافية لسورية. رقعتا جبلة (2، 4) مقياس 1:25000. دمشق 1972.
- 9- التحريات الهيدروولوجية والهيدروجيولوجية في الأحواض الأربعة (سورية - حوض الساحل) أربعة مجلدات، غروزغبيروفودخوز. تبيليسي. 1979.
- 10- المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية. الخارطة الجيولوجية لسورية رقعة جبلة مقياس 1:50000 مع المنكرة الإيضاحية. 1978.
- 11- مشروع دراسة تطور وتحديث شبكات الري والصرف في سهل السن لمساحة 7500 هكتار 2005.
- 12- الأسعد، علي محمد؛ عبد الرحمن، عباس؛ حايك، شريف بدر. موارد المياه الجوفية في سهل عكار. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية، سلسلة العلوم الهندسية. المجلد 26، العدد 1، 2004؛ 133-154.
- 13- الأسعد، علي محمد؛ حايك، شريف بدر؛ سيد علي، لمى. الظروف الجيولوجية والهيدروجيولوجية لمنطقة برج إسلام. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية، سلسلة العلوم الهندسية. المجلد 32، العدد 4، 2010؛ 109-128.
- 14- HARTLEY, J.; HOLDSWORTH, R. E.; MORTON, A. C.; STOKER, M. S. *Groundwater in the Celtic Regions: Studies in Hard Rock and Quaternary Hydrogeology*. London, 2000, 282.
- 15- SEN, Z. *Applied Hydrogeology for Scientists & Engineers*. CRC press. Inc, U.S.A, 1995, 464.
- 16- HOLMEN, L.G.; STIGSSON, M. *Modelling of future hydrogeological conditions at SFR*. Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co., Stockholm (Sweden). 32, 2001, 12-40.