مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الهندسية المجلد (22) العدد (9) 2000
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (22) No (9) 2000

# العوامل الهيدروجيولوجية والهيدرولوجية المؤثرة على جودة مياه نبع السن

الـــــدكتور عـــــادل عـــــوض*
الـــــدكتور علـــــي الأســـــعد**
نعمـــــــــى شـــــــــريف***

(ورد إلى المجلة في 1999/11/14، قبل للنشر في 1999/12/12)

## ❐ الملخّص ❐

*يتضمن البحث إجراء تحاليل دورية فيزيائية – كيميائية للمياه من خمسة عشر موقعاً مائياً، موزعة في منطقة الحوض الصباب لمياه السن، ومياه بحيرة السن نفسها، ولمدة عام كامل، اعتباراً من حزيران عام 1998، حيث تم قياس (درجة الحرارة ، العكارة ،الناقلية الكهربائية)، و الشوارد السالبة ( $SO_4^{-2}$, $Cl^-$, $F^-$, $NO_2^-$ , $NO_3^-$ , $PO_4^{-3}$)، والشوارد الموجبة ($Ca^{++}$ , $Mg^{++}$ , $Na^+$, $k^+$, $NH_4^+$)، في مواقع الرصد. واعتماداً على نتائج تحليل هذه القياسات تم تحديد علاقة الشوارد المدروسة مع نوعية الطبقات الحاملة للمياه الجوفية، ومدى انحلالية الصخور في منطقة حوض السن، من خلال تسرب المياه عبر الشقوق والفراغات الكارستية الموجودة في صخور المنطقة، مع الأخذ بالاعتبار تأثير العوامل المناخية السائدة خلال أشهر السنة. حيث تبين ازدياد تركيز بعض الشوارد الكيميائية في المياه المدروسة، مع تزايد درجة حرارتها بشكل متشابه في كافة المواقع المدروسة، إذ تبلغ أكبر قيمة لها في أواخر فصل الصيف، باستثناء بعض المواقع المدروسة، والتي تخضع لظروف محلية، تتعلق بالبنية الجيولوجية، وبالخصائص الرشحية للصخور المنتشرة فيها. كما تم التوصل إلى استنتاجات هامة؛ وهي عدم صلاحية المياه في كافة المواقع المدروسة للشرب من الناحية الكيميائية، بسبب ارتفاع شوارد ($NH_4^+$و $NO_3^-$ و $NO_2^-$)، مقارنة بالقيم المسموحة التي حددتها المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب، وانخفاض تركيز شوارد الفلورايد ( $F^-$) عن القيم المسموحة.*

* أستاذ في قسم الهندسة البيئية– كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
** أستاذ في قسم الهندسة البيئية– كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
*** طالبة ماجستير في قسم الهندسة البيئية– كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين –اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (22) العدد (9) 2000
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (22) No (9) 2000

# Impact of Hydrogiological and Hydrological Factors on the Quality of Sin-Spring Water

**Dr. Adel AWAD***
**Ali AL ASAAD****
**Noama SHAREEF*****

**(Received 14/11/1999, Accepted 12/12/1999)**

## ❐ ABSTRACT ❐

*This research includes periodical physio-chemical analysis (temperature, electrical-conductivity, turbidity; Cation ions: Ca, Mg, Na, K, $NH_4$ and Anion ions: $SO_4$, Cl, F, $NO_2$, $NO_3$, $PO_4$) in fifteen sites divided between Al-sin watershed area and Al-sin water lake for one year (June 1998-May 1999). On the basis of the results of analysis these measurements, the relation between the studied ions and the kind of aquifer and the solubility range of the rocks, in the Al-Sin watershed area by water seepage through carestic cracks and gaps, was determined taking into consideration the climate conditions prevailing through the year. The most important results of the research are that all studied sites are, from the chemical point of view, not safe for drinking, because of the high level of ($NO_2$ ,$NO_3$,$NH_4$) ions in comparison with allowed values determined by Syrian Standards for Drinking Water, and the low allowed level of Floride (F) ion.*

* Professor at the Department of Environment Faculty of civil Engineering, Tishreen-University, Lattakia-Syria.
** Professor at the Department of Environment Faculty of civil Engineering, Tishreen-University, Lattakia-Syria.
*** Master Student at the Department of Environment Faculty of civil Engineering, Tishreen-University, Lattakia-Syria.

## 1- المقدمة:

تشكل منطقة حوض السن الجزء المركزي من حوض الساحل السوري، وتقع بين خطي عرض 6.35° و30. 23. 35° شمال خط الاستواء، وخطي طول 50. 45 .35° و10. 16. 36° شرق غرينتش، (الشكلان رقم 1و2). إن نبع السن واحد من أهم الينابيع في حوض البحر المتوسط، ويعد الثاني من حيث الغزارة في القطر العربي السوري بعد ينابيع رأس العين.

تمتاز بحيرة السن بأهمية كبرى بالنسبة للاقتصاد الوطني في الساحل السوري، فمنها تزود مدينتا اللاذقية وطرطوس بمياه الشرب، وتعد مصدراً رئيسياً لمياه مصفاة بانياس، كما يستفاد من مياهها لري الأراضي في سهل جبلة.

تتدفق مياه نبع السن عند أسفل السفح الغربي للسلسلة الجبلية الساحلية، على بعد 9 كم إلى الشمال من مدينة بانياس، تتجمع مياه ينابيع السن في بحيرة السد الصغيرة، وتفيض المياه الزائدة منها إلى مجرى نهر السن، الذي يصب في البحر المتوسط قرب قرية عرب الملك. يلتقي نهر السن مع عدة روافد مائية، منها وادي (أبو بعرة)، وساقية السلطان. يبلغ طول نهر السن 6 كم.

أجريت أول دراسة هيدروجيولوجية للمنطقة الغربية من الجمهورية العربية السورية من قبل الباحث الفرنسي "دوبرتريه" عام 1933 م، في كتابه حول المياه الجوفية [1]، درس فيه المناخ، الجريان السطحي، تجمع وهجرة المياه الجوفية، وتقويم المصادر المائية للاستفادة منها. وفي نهاية الأربعينات اهتمت مجموعة من الباحثين (أيوب، موصللي، مظلوم)، بالمسائل الهيدرولوجية المتنوعة في سورية [2]. قامت الشركة الفرنسية عام 1962-1963 بإجراء تحليلين كيميائيين لمياه بحيرة السن، دون التعرض لدراسة التلوث فيها. ابتدأت الدراسات بشكل منظم للمياه الجوفية في سورية، عملياً منذ عام 1952 تحت إشراف الدولة، وأحدث قسم للحفر في وزارة الأشغال العامة.

بحثت الدراسات التي تناولت بحيرة السن، وحوضها الساكب، طبيعة مياه بحيرة السن وتلوثها عام 1985م[3]. وهناك أبحاث أخرى أجريت على مياه بحيرة السن، قامت بها كلية العلوم بجامعة تشرين، منها دراسة بيئية وتصنيفية للنباتات الزهرية في مياه بحيرة السن عام 1995[4]، ودراسة بيئية للرخويات بطنيات القدم في مياه بحيرة السن عام 1996[5]، إضافة إلى دراسة تصنيفية للطحالب والنباتات المائية في بحيرة السن عام 1997[6]، لكن هذه الدراسات والبحوث تناولت الجانب الكيميائي أو البيولوجي لتلوث مياه بحيرة السن، غير أنها لم تبحث موضوع تشكل التركيب الكيميائي لمياه نبع السن ولمياه حوض السن. ولم تدرس موضوع درجات الجودة للمياه بالنسبة لنوعية الاستعمال وعلاقتها بالظروف الهيدروجيولوجية والمناخية السائدة في المنطقة.

إن دراسة هاتين المسألتين تقدم المعطيات الضرورية لتحديد درجات الجودة لمياه بحيرة نبع السن، وتحديد مصادر التلوث، لاتخاذ الإجراءات اللازمة لحماية مياه نبع السن من التلوث.

## 2--الخصائص الطبيعية والمناخية لحوض السن

يسود منطقة حوض السن مناخ معتدل، يتميز بشتاء دافئ وماطر، وصيف معتدل جاف ، وتسيطر رياح غربية وجنوبية غربية عموماً. تتناقص درجات حرارة الهواء في المنطقة مع ازدياد الارتفاع عن سطح البحر. يبلغ المتوسط السنوي لدرجات حرارة الهواء في محطة السن 19.7 درجة مئوية، وتبلغ درجة الحرارة أعلى قيمها خلال تموز 26.1 درجة مئوية، وآب 26.8 درجة مئوية وسطياً، وتبلغ أدنى قيمها في

كانون الثاني 12.4 درجة مئوية ، وشباط 13.1 درجة مئوية وسطياً. تبلغ كميات الهطل الوسطية فوق حوض السن 871 مم/سنة في محطة السن، 1316 مم/سنة في محطة القدموس، 1335 مم/سنة في محطة صلنفه، وتتزايد من الغرب باتجاه الشرق، مع تزايد الارتفاع فوق سطح البحر.

يبدأ فصل الأمطار من أواخر أيلول حتى أوائل حزيران، وتبلغ الهطولات قيمها العظمى في شهر كانون الأول 167 مم، وكانون الثاني 204 مم [7]. تبقى الرطوبة النسبية للهواء ثابتة تقريباً على مدار السنة، ويبلغ المتوسط السنوي لها في محطة السن حوالي 68%، وتزداد قيمتها في شهري تموز وآب فتبلغ 73% في كل منهما [7]. يشمل حوض السن مجموعة أنهار موسمية الجريان: الزرود؛ الحويز؛ حريصون؛ السخابة ، ونهر السن ونهر بانياس دائمي الجريان.

يمثل حوض السن من الناحية التكتونية نجداً وحيد الميل، تميل طبقات الصخور عموماً باتجاه الجنوب الغربي، إضافة إلى وجود مجموعة كبيرة من الفوالق والشقوق باتجاه شمال – شرق ،جنوب – غرب، وقد أدت هذه الفوالق لحدوث رميات تتراوح بين (750–800) م [8].

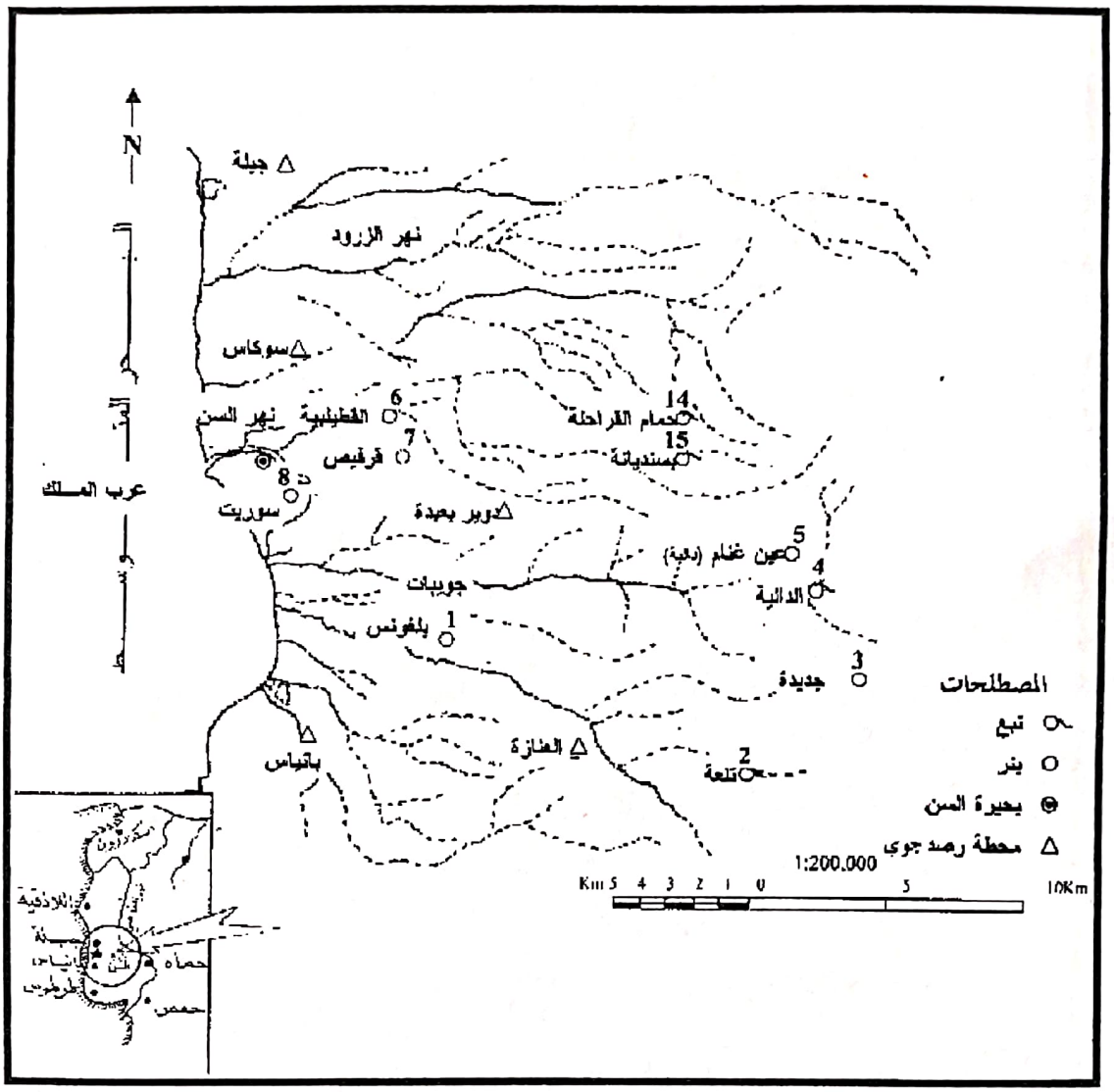
يتميز حوض نبع السن باحتوائه على عدة منظومات من الفوالق والشقوق المرافقة لها، تتمتع بأهمية كبيرة من الناحية الهيدروجيولوجية. يبدأ الفالق الرئيسي من نبع السن، ويمتد باتجاه شمال شرق، وتبلغ رميته عند نبع السن في الجزء الساحلي (700–800) م. تتناقص باتجاه الشمال الشرقي إلى أقل من 100م. اعتمادا على الخصائص الليتولوجية والستراتيغرافية يمكن تقسيم المنطقة إلى مجموعتين:

**المجموعة الأولى:** تتكون من صخور تعود إلى جملة الكريتاسي الجوراسي، وهي عبارة عن دولوميت وحجر كلسي ومارل، ويلاحظ في هذه المجموعة وجود مظاهر الحت الكارستي في الطبقات السطحية والعميقة، بما فيها الطبقتان الواقعتان تحت البحر المتوسط.

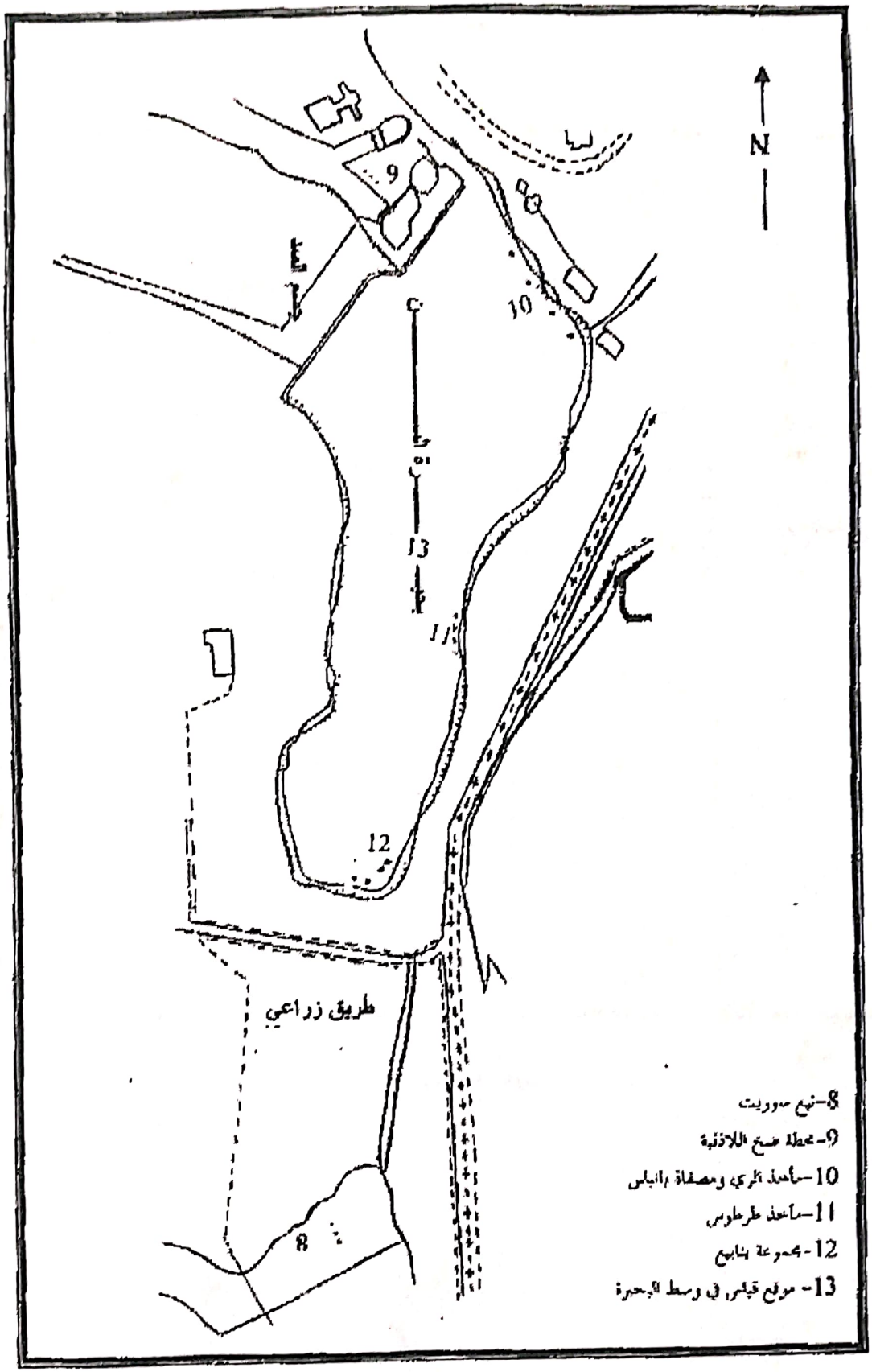
**المجموعة الثانية:** تتمثل بتوضعات جبلية تعود إلى طابق السينومانيان من جملة الكريتاسي، وتتألف من الحجر الكلسي الحواري، وتخضع بصعوبة لعملية تشكل الحت الكارستي. وتتألف توضعات الباليوجين والنيوجين من طبقات متناوبة من المارل والحوار والحجر الرملي والكلسي، بينما تتألف توضعات الرباعي من لحقيات نهرية وتوضعات بحرية قليلة التماسك، وذات سماكة (20–25)م. تتكشف توضعات الكريتاسي على مساحة كبيرة من الحوض، وتعتبر رسوبيات السينومانيان الكلسية والدولوميتية الكارستية، المتأثرة بمجموعة من الفوالق، منها فالق السن، بمثابة الحامل الرئيسي للمياه الجوفية في المنطقة. تتغذى المياه الجوفية على حساب تسرب مياه الأمطار عبر منظومات الفوالق والشقوق والفراغات الكارستية، فتصل كمية المياه المتسربة إلى 60% من كمية الهطل الإجمالية [8]. وتتصرف من خلال عدة ينابيع على اليابسة، ( السن، سوريت، بانياس،...)، وتحت سطح البحر من خلال الينابيع، وعبر قطاع تكشف الطبقة الحاملة للمياه.تشكل التوضعات الحصوية الرملية الرباعية المنتشرة في السهل الساحلي أول مستو حامل للمياه الجوفية، وهي لا تشارك عموماً في تغذية نبع السن. إن انتشار التصدعات التكتونية والفجوات الكارستية، يساهم في حدوث اتصال هيدروليكي بين الحاملين المائيين، من توضعات الجوراسي والكريتاسي الأعلى مشكلة وحدة هيدروديناميكية واحدة في معظم المواقع، رغم وجود المستويات الكتيمة من عمر الكريتاسي الأسفل بينهما؛ الأمر الذي يؤدي إلى زيادة سرعة الجريان ضمن النطاقات التكتونية، وزيادة تصاريف الينابيع.

تنتشر التوضعات الاندفاعية البازلتية في منطقة حوض السن، والحاوية على صخور من زمرة الغابرو والديوريت، حيث يحتوي الغابرو والديوريت على صفاح كلسي صودي، يبدأ من الأنورتيت، فاللابراودور، يضاف إليها بيروكسين (غابرو) وأمفيبول (ديوريت)، إن تركيب البيروكسين يتعقد في معظم

الأحيان لوجود ذرات ألومونيوم، حديد، كالسيوم، صوديوم، وتشمل فلزات البيروكسين، الديوبسيد $Ca\ Mg\ Si_2\ O_6$، والهيبرستين $(Mg\ Fe)_2\ Si_2\ O_6$ ،




**الشكل (1) المواقع المدروسة في حوض نبع السن.**




الشكل (2) بحيرة نبع السن ومواقع أخذ العينات منها.

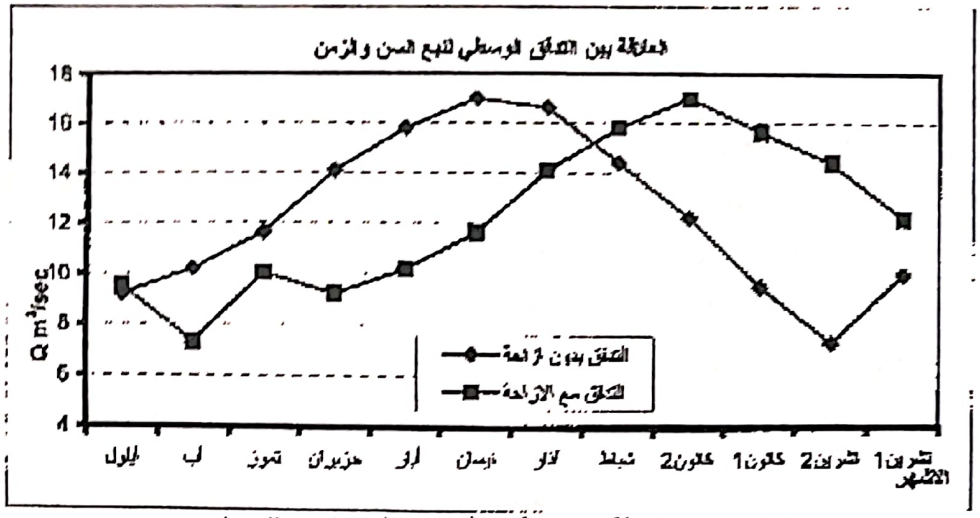
بينما تركيب الأمفيبول (حديد،مغنيزيوم، كالسيوم) وبعض مركباته، هي التريموليت $Ca_2 Mg_5 (Si_4 O_{11})_2 (OH)_2$ والاكتينوت $(Si_8O_{22})Ca_2(FeMg)_5(OH)_2$، أما شوارد الحديد، فتوجد ضمن الصخور الكلسية في منطقة الدراسة، على شكل شوائب ضمن مركبات تحوي على شوارد الحديد مثل ستورعتيد $(SiO_4)Al_2O+Fe(OH)_2$، [9] . تتأرجح مناسيب المياه الجوفية بشكل كبير، وتبلغ قيمتها العظمى في فصل الشتاء، شهري كانون الأول و الثاني، والدنيا في نهاية فصل الصيف،شهري تموز و آب، كما أن تصاريف الينابيع تتأرجح كثيراً، فمثلاً يتراوح تصريف نبع السن من $7.3 m^3/sec$ في شهر تشرين الثاني كحد أدنى إلى $17 m^3/sec$ في شهر نيسان كحد أعظمي، ويصل التدفق في بعض الأيام إلى $24 m^3/sec$ (الجدول رقم1 والشكل رقم 3) [8].

**الجدول1-كمية الهطل الشهرية الوسطية P وتدفق نبع السن Q.**

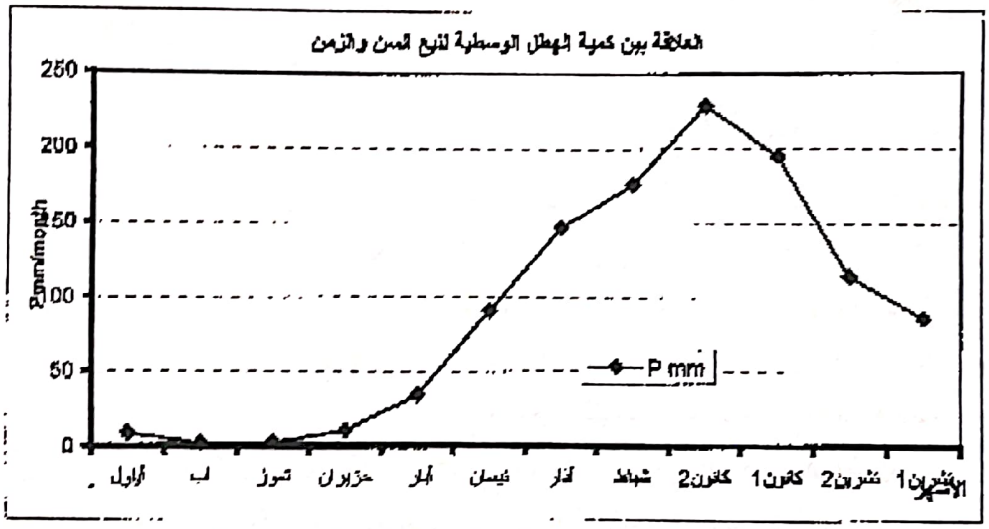
| الأشهر | كانون2 | شباط | آذار | نيسان | أيار | حزيران | تموز | آب | أيلول | تشرين1 | تشرين2 | كانون1 | فترة الرصد |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| p[mm] | 229 | 176 | 147 | 91 | 34 | 10 | 2 | 1.5 | 8.5 | 86 | 114 | 195 | 1995-1955 |
| Q[$m^3$/sec] | 12.2 | 14.4 | 15.62 | 17 | 15.8 | 14.1 | 11.6 | 10.15 | 9.2 | 10 | 7.3 | 9.5 | |

تتناسب قيم تدفق نبع السن مع كميات الهطل فوق حوضه، إلا أن القيم الأعظمية للتدفق تتأخر حوالي ثلاثة أشهر وسطياً عن القيم الأعظمية للهطل (الشكل رقم3- a)و(الشكل رقم3- b)، وترتبط قيم التدفق Q مع قيم الهطل P بالعلاقة (الشكل رقم4)؛ أي أن مياه الأمطار المتسربة تتحرك ضمن فراغات الصخور من منطقة التغذية إلى منطقة الصرف خلال فترة قصيرة نسبياً، كما أن هذه الفترة الزمنية القصيرة لا تسمح بحل كمية كبيرة من الأملاح و المركبات الكيميائية في الصخور الكلسية والمارلية والدولوميتية ذات الانحلالية القليلة في الماء، وبالتالي تبقى المياه الجوفية عند خروجها إلى سطح الأرض على شكل ينابيع (السن، سوريت...)، ومن الآبار تبقى ذات محتوى قليل من الشوارد والمركبات الكيميائية (الشكل رقم6).

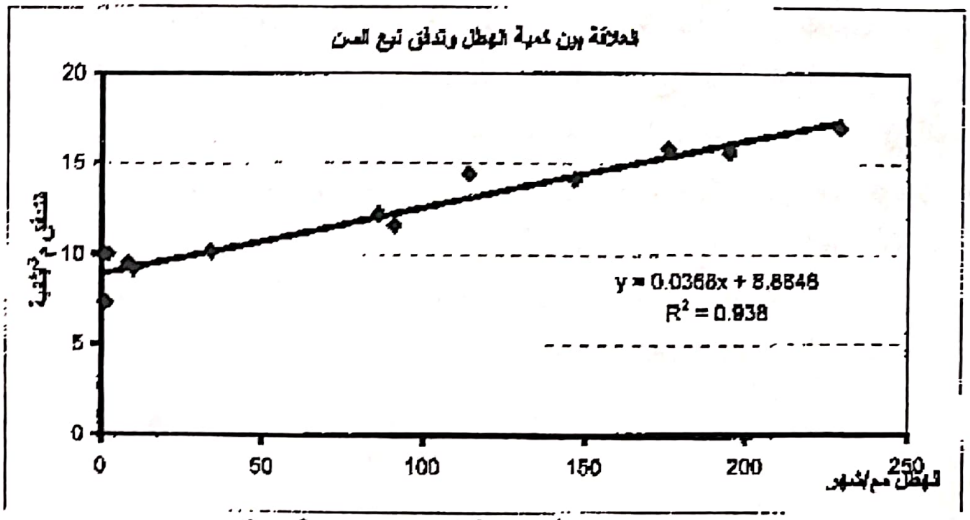
تطلب تنفيذ خطة البحث إنشاء شبكة رصد تتألف من خمس عشرة نقطة مائية، موزعة في حوض نبع السن على الشكل التالي: خمس منها موزعة ضمن مياه بحيرة السن وعلى محيطها المائي ( مأخذ اللاذقية، مأخذ طرطوس، مأخذ الري والمصفاة، وسط البحيرة، وينابيع جنوب البحيرة)، (الشكل رقم 2)، وعشرة مواقع في حوض نبع السن موزعة على محورين، المحور الأول يشمل المواقع: بئر بلغونس، نبع تلعة، بئر جديدة الجرد، نبع الدالية، بئر الدالية. والمحور الثاني، يشمل المواقع: نبع سوريت، بئر القطيلبية، بئر قرفيص، نبع بسنديانة، نبع حمام القراحلة، (الشكل رقم 1)، أخذت منها عينات المياه للتحليل الفيزيائي والكيميائي مرة واحدة شهرياً وبشكل دوري. حيث تم اختيار أربعة مواقع ممثلة لكامل الحوض على الشكل التالي: تم اختيار موقع بئر جديدة الجرد من المحور الأول. وبئر قرفيص ونبع بسنديانة من المحور الثاني، ومأخذ طرطوس من البحيرة.




الشكل(3-a) العلاقة بين كمية التدفق الوسطي والزمن لنبع السن




الشكل(3-b) العلاقة بين كمية الهطل الوسطي والزمن لنبع السن




الشكل(4) العلاقة بين تدفق نبع السن وكمية الهطل

**3- طرائق البحث والمواد المستخدمة:**

تنوعت مشكلات التلوث، وازدادت تعقيداً، فتطلب كشفها وإيجاد الحلول لها استنباط طرائق علمية متطورة، تعتمد على التطور التقني العلمي الذي أحرزه الإنسان في القرن الأخير.

حددت الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات المياه، وفق الطرائق المعتمدة عالمياً لتحليل المياه [10،11]، لمدة عام كامل، اعتباراً من حزيران 1998، وأجريت التحاليل باستخدام أجهزة قياس تقليدية ومتطورة في المؤسسة العامة لمياه الشرب والصرف الصحي باللاذقية، وفي مخبرمديرية مكافحة التلوث، ومخابر جامعة تشرين. وشملت القياسات الحقلية (درجة الحرارة على جهاز حساس بدقة 0.01± درجة مئوية، والناقلية الكهربائية على جهاز Jenway 4070 كما قيست درجة pH على جهاز 410 A ORION ، وحدد الأكسجين المنحل DO على جهاز إلكتروني من شركة Hach تبعاً لدرجات الحرارة). أما كميات الشوارد $NO_2^-$ و $NO_3^-$ و $F^-$ و $SO_4^{--}$ ، فقيست بواسطة جهاز المطياف الضوئي DR 2000، و $NH_4^+$، و $Fe^{+3}$ ، على جهاز ميرك. أما شوارد الكالسيوم والمغنيزيوم والقساوة الكلية والقساوة المؤقتة، إضافة إلى القلوية العامة والقلوية بالفينول، و شوارد الكلورايد، فقد حددت تراكيزها بطرائق معايرة ، كما أجريت قياسات لبعض العناصر الثقيلة والسامة التالية: الزرنيخ، الزئبق، الرصاص، النحاس، القصدير، في عينات المياه من مختلف المواقع باستخدام جهاز الامتصاص الذري الذي يحلل عناصر الأثر (ذات التراكيز القليلة).

**4-النتائج والمناقشة**

**4-1- درجة الحرارة**

تتغير درجة حرارة المياه الجوفية في حوض السن، ضمن مجال واسع نسبياً، خلال العام الواحد. وهي تزداد مع ازدياد درجة حرارة الهواء، لتبلغ أعلى قيمها في نهاية فصل الصيف (22-16) درجة مئوية، وتتناقص خلال فصل الشتاء، فتبلغ أدنى قيمها خلال كانون الثاني وشباط (17-12) درجة مئوية (الشكل رقم5). إن تغير درجة حرارة المياه في كل المواقع التابعة لحوض السن والمواقع ضمن بحيرة السن متشابهة، ما عدا نبع بسنديانة (الشكل رقم5)، والتي تتأثر بشكل محسوس بتغيرات درجة حرارة الهواء، بسبب توضع الطبقة الحاملة للمياه الجوفية على عمق قليل من سطح الأرض.

**4-2- الناقلية الكهربائية**

تتناسب قيمة الناقلية الكهربائية للمياه في كافة المواقع المدروسة مع تراكيز المواد المنحلة فيها. تبلغ قيمة الناقلية الكهربائية للمياه الجوفية في منطقة الدراسة (مياه الآبار والينابيع المدروسة في منطقة حوض السن ) 400µs/cm في فصل الشتاء، بسبب ازدياد التغذية بمياه الأمطار ذات التراكيز الملحية المنخفضة، وتزداد قيمة الناقلية الكهربائية للمياه الجوفية في المنطقة المدروسة مع تناقص كمية الأمطار، ومع ازدياد تركيز المواد المنحلة في المياه الجوفية نتيجة ذوبان الأملاح وزيادة كمية الشوارد فيها، فتبلغ µ s/cm (630-500) في أواخر الصيف، (الشكل رقم6).

إن تغير الناقلية الكهربائية لمياه نبع بسنديانة (الشكل رقم6)، بشكل مغاير لتغيرها في المواقع الأخرى، يعود إلى سرعة وصول مياه الأمطار المتسربة ضمن شقوق الصخور الكلسية الحاملة للمياه إلى مخرج النبع، وهي محملة بشوارد البيكربونات.

### 4-3- العكارة

تزداد عكارة مياه ينابيع السن مع ازدياد كمية مياه الأمطار والمياه السطحية المتسربة إلى سطح المياه الجوفية عبر الشقوق والفراغات الكارستية. وتتأثر العكارة بسرعة بتغير كمية المياه المتسربة، خاصة في المناطق القريبة من نبع السن، (الشكل رقم7). فهي تزداد لتبلغ أعلى قيمة لها في شهري كانون الأول وكانون الثاني؛ لأن المياه العكرة المتسربة في المناطق القريبة عبر الشقوق والفراغات الكارستية الكبيرة، لا تتخلص من عكارتها؛ لأن سرعة الجريان الجوفي كبيرة، ومخرج المياه الجوفية من النبع قريب نسبياً. أما العكارة الناتجة عن تسرب المياه في الأجزاء البعيدة من منطقة التغذية، فإنها تتناقص كلما اقتربت من موقع النبع، بسبب العوامل الفيزيائية والكيميائية التي تأخذ دورها في تنقية المياه خلال فترة جريان المياه الجوفية(عدة أشهر).

### 4-4- الكبريتات $SO^{-}_{4}$

إن محتوى المياه الجوفية من شوارد $SO^{-}_{4}$ منخفض نسبيا بسبب قلة انتشار التوضعات الكبريتاتية (الجص، الباريت...)، في منطقة حوض السن، وانتشار صخور الدولوميت ضعيفة الانحلال في الماء. تختلف تراكيز شاردة الكبريتات ضمن مجال محدود mg/l (26-16) وسطياً، ما عدا بئر الدالية، وبئر القطيلبية، (الجدول رقم2). بسبب استخدام تقنيات حفر خاصة في بئر الدالية (عمق البئر m 650)، واختراقها لطبقات صخرية تحتوي مركبات كبريتاتية، كالجص. تتغير تراكيز الكبريتات mg/l (13-14) خلال فصل الشتاء، وتزداد إلى mg/l (25-30) في أواخر الصيف (الشكل رقم8). يتغير تركيز $SO^{-}_{4}$ في كافة المواقع المدروسة بشكل متشابه، مع ملاحظة ارتفاع التراكيز نسبياً بعد هطل الأمطار، تسبب زيادة انحلال مركبات الكبريتات في الصخور إضافة إلى أن الكبريتات تدخل في تركيب الأسمدة الزراعية، مثل سماد كبريتات الأمونيوم والمبيدات الحشرية مثل كبريتات النحاس، وهذا أيضاً يساهم في زيادة تركيز الكبريتات في المياه الجوفية. كما أنها تنتج من تفسخ البروتين، حيث يدل وجودها على تلوث عضوي[12].

### 4-5-الكلور الشاردي (الكلورايد $Cl^{-}$)

يزداد تركيز شوارد الكلور في المواقع المدروسة في فصل الصيف، وسجلت أعلى قيمة لها في موقع بئر الجديدة mg/l 53.2 في شهر آب، (الشكل رقم9). وانخفضت تراكيز الكلورايد في معظم المواقع في فترة الشتاء وبداية الربيع، فبلغت أدنى قيمة في مأخذ طرطوس mg/l 12 في شهر آذار، (الشكل رقم9).

إن تغيرات تراكيز الكلورايد في المياه في كل المواقع متشابهة، حيث ينخفض التركيز خلال فصل الشتاء وبعد هطل الأمطار، ويعود ليزداد في فصل الصيف ونهاية الربيع. إن وجود شوارد الكلور، يعود بشكل رئيسي إلى التلوث الناجم عن مياه الصرف الصحي المتسربة من الحفر الفنية والأنهار الملوثة، التي تصب فيها مجاري التجمعات السكنية الموجودة في المنطقة.

### 4-6-شوارد الكالسيوم $Ca^{++}$

من الواضح أن التباين قليل في تراكيز الكالسيوم بين المواقع المدروسة في حوض نبع السن والبحيرة، (الجدول رقم2). سجلت أدنى القيم في نبع بسنديانة في شهر تشرين الثاني mg/l 40، وتراوحت القيم في هذه المواقع ما بين mg/l (40-48)، (الشكل رقم10)، بينما لم تتغير كثيراً تراكيز الكالسيوم في بئر

قرفيص، بل كانت تتذبذب في المجال mg/l (78–88)، أما في بئر الجديدة فقد انخفض تركيز الكالسيوم في فصل الشتاء mg/l (40–48)، (الشكل رقم10). ثم يرتفع من جديد في نهاية الربيع وبداية فصل الصيف. إن مياه الأمطار المتسربة تتحرك ضمن فراغات الصخور، من منطقة التغذية إلى منطقة الصرف، خلال فترة قصيرة نسبياً، لا تسمح بحل كمية كبيرة من أملاح الكالسيوم والمغنيزيوم في الصخور الكلسية والمارلية والدولوميتية ذات الانحلالية القليلة في الماء.

### 4-7-شوارد المغنيزيوم $Mg^{++}$

تغيرت تراكيز المغنيزيوم ضمن مجال صغير، مع وجود بعض القيم التي تشذ عن باقي القيم في موقع بئر الجديدة، حيث سجلت أعلى قيمة mg/l 29 في شهر آب، (شكل رقم11)، بينما المواقع الأخرى تتذبذب في مجال mg/l (7.5–24)، ومعظم القيم كانت ضمن المجال mg/l (12–22)، (الشكل رقم11). مع ملاحظة أن شوارد المغنيزيوم هي أقل بكثير من شوارد الكالسيوم، ويفسر ذلك بالانحلالية المنخفضة لصخور الدولوميت وقلة انتشارها، بالمقارنة مع الصخور الكلسية ذات الانحلالية الأعلى والانتشار الواسع في منطقة الدراسة.

### 4-9-شوارد الصوديوم $Na^{+}$

يرتبط تغير تراكيز شوارد الصوديوم في المياه الجوفية لمنطقة حوض السن، خلال العام الواحد، بشوارد الكلورايد والكبريتات وغيرها. ومن الشكل (12)، نلاحظ التشابه الكبير في تغير تراكيز الصوديوم في المواقع المدروسة خلال أشهر العام، حيث انخفضت تراكيزها في فصل الشتاء وبداية فصل الربيع، لترتفع في نهاية فصل الربيع وفصل الصيف في معظم المواقع، حيث سجلت أخفض قيمة لها في بئر جديدة الجرد في شهر نيسان mg/L 7 ، (الشكل رقم12). أما القيم العظمى فقد سجلت في فصل الصيف mg/l 53 ، (الشكل رقم12).

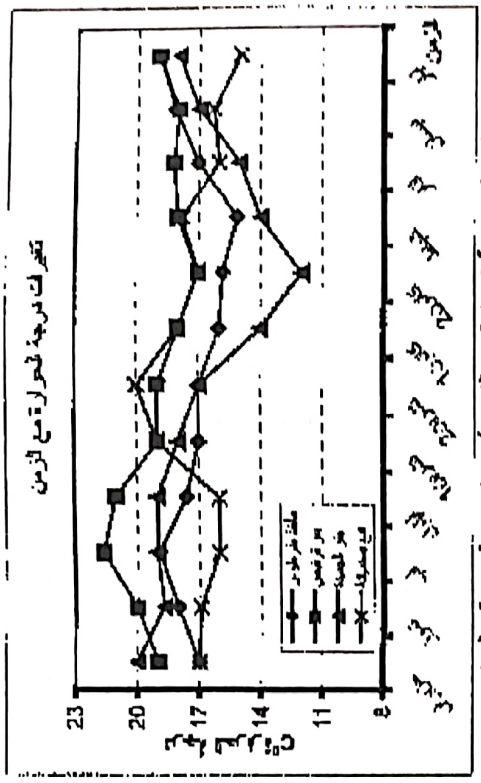
### 4-10-شوارد البوتاسيوم $k^{+}$

تركيز شوارد البوتاسيوم أقل بكثير من تركيز شوارد الصوديوم، بسبب قلة انتشار مركبات الصوديوم في صخور المنطقة. لقد كانت تغيرات تراكيز البوتاسيوم قليلة خلال عام الدراسة. وسجلت أدنى القيم mg/l (0.19–0.2) في شهري كانون الثاني وشباط في موقع بئر الجديدة، (الشكل رقم13). أما القيم العظمى فقد سجلت mg/l (1.8) في شهر آب، وبشكل عام في فصل الصيف، في موقع بئر قرفيص، (الشكل رقم13). كما أن الصخور الغضارية تدمص شوارد البوتاسيوم، مما يقلل تركيزها في المياه الجوفية، إضافة إلى ذلك توجد شوارد البوتاسيوم في الأسمدة الزراعية [12].

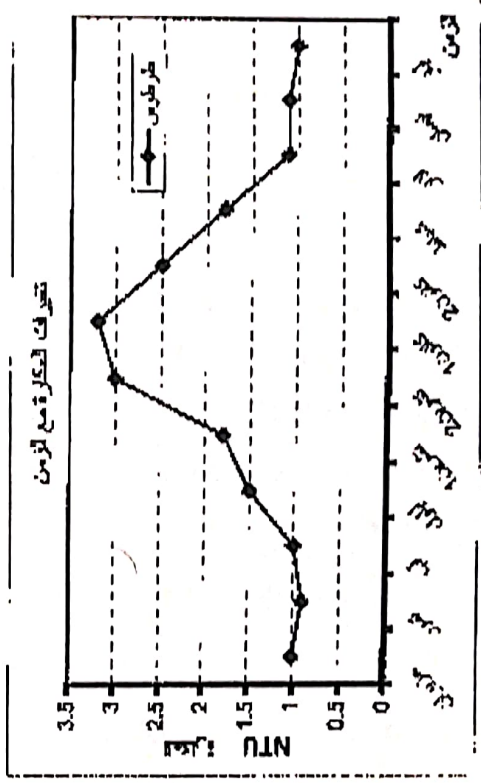
### 4-11-شوارد الأمونيوم $NH_4^{+}$

لا تزيد تراكيز شوارد الأمونيوم على mg/l 0.1 عموماً (الجدول رقم2)، وتتغير ضمن مجال محدود على مدار السنة. وترتفع تراكيز الأمونيوم في بئر بلغونس، ونبع بسنديانة، وبئر القطيلبية، ونبع سوريت، بسبب تسرب مياه الصرف الصحي من الحفر الفنية، عبر الشقوق والفراغات الكارستية المتطورة

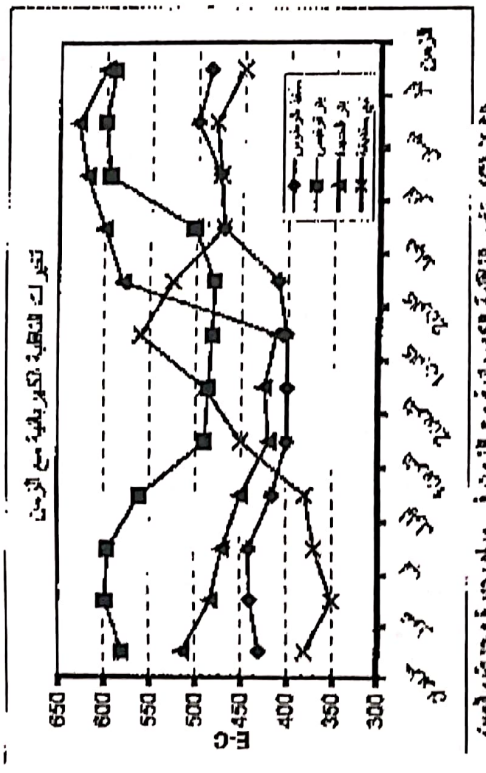
في الصخور الكلسية والدولوميتية. ومما يؤكد ذلك وجود التراكيز الاعظمية في المواقع التابعـــة لمنـــاطق لا تحوي شبكات للصرف الصحي، حيث تتسرب الملوثات من الحفر الفنية باتجاه المياه الجوفية.



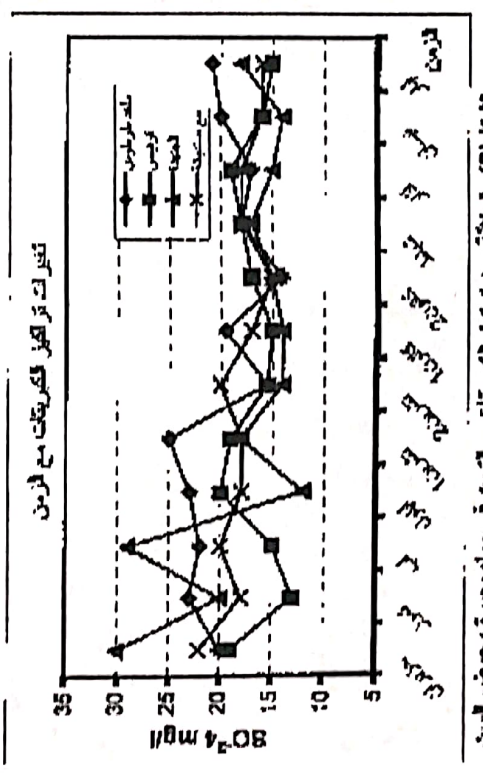

شكل(5) - تغير درجة الحرارة مع الزمن في مياه بحيرة وحوض المن



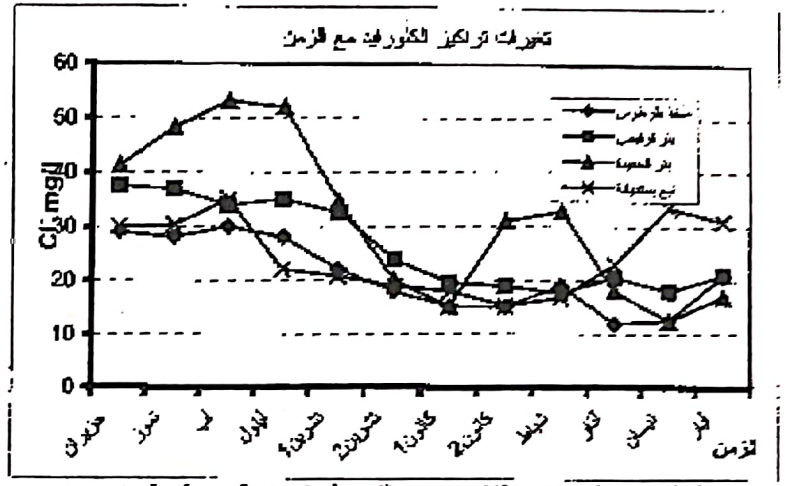

شكل (7)- تغير العكارة مع الزمن لمناهل طرطوس



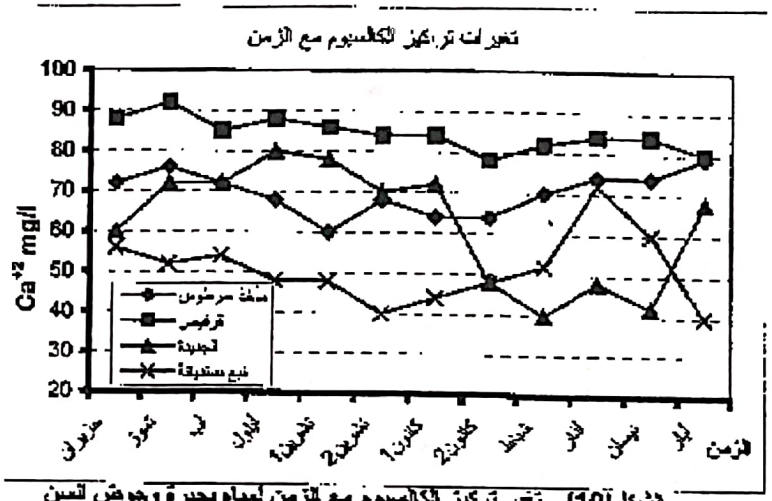

شكل(6)- تغير الناقلية الكهربائية مع الزمن في مياه بحيرة وحوض المن



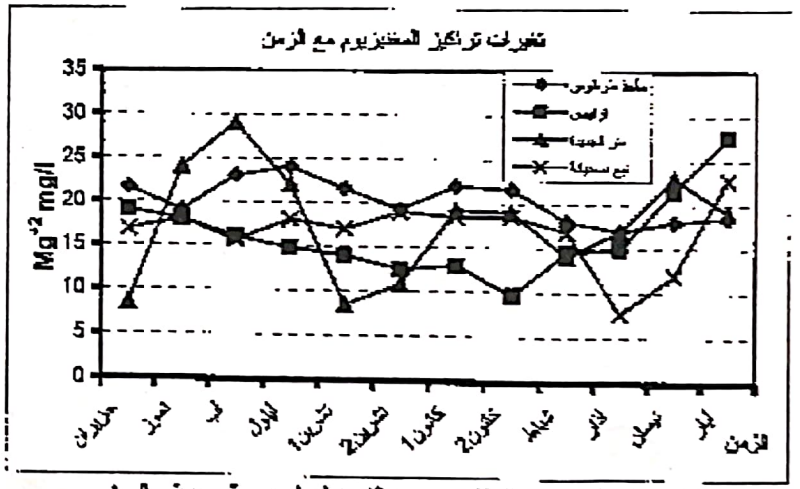

شكل(8)- العلاقة بين تركيز الكبريتات و الزمن في مياه بحيرة وحوض المن



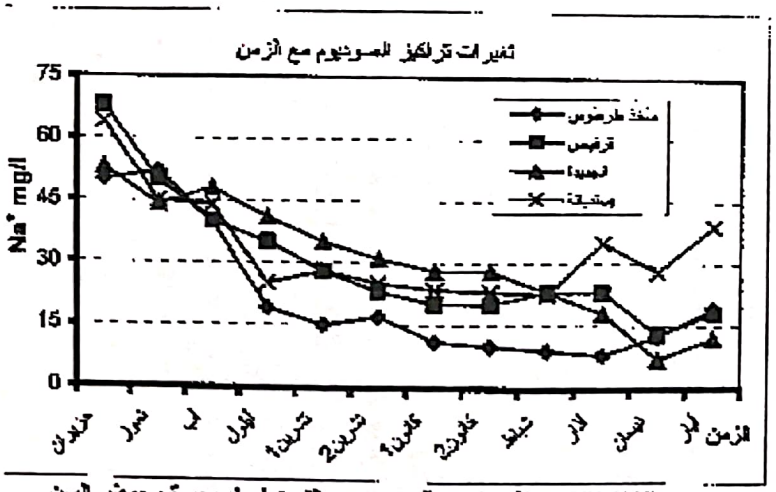

الشكل(9)- تغير تركيز الكلوريد مع الزمن لمياه بحيرة وحوض السن




الشكل(10)- تغير تركيز الكالسيوم مع الزمن لمياه بحيرة وحوض السن




الشكل(11)- تغير تركيز المغنيزيوم مع الزمن لمياه بحيرة وحوض السن




الشكل(12)- تغير تركيز الصوديوم و الزمن لمياه بحيرة وحوض السن

### 4-12 - النترات $NO^-_3$

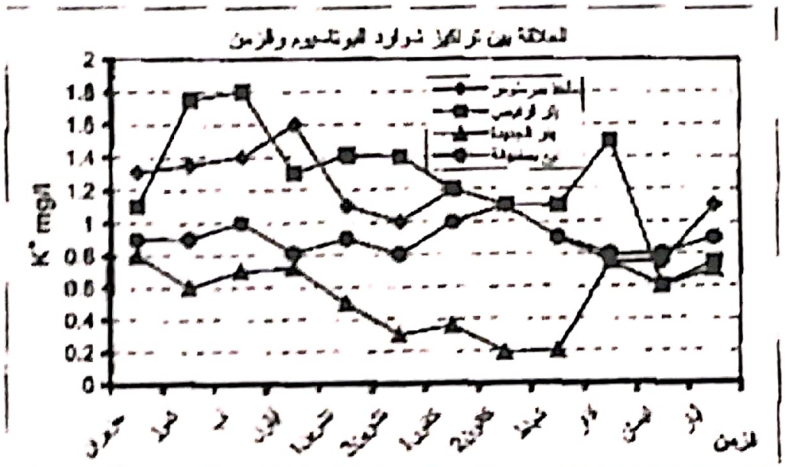
تتغير تراكيز النترات في كل من المياه الجوفية والسطحية في المواقع المدروسة ضمن مجال واسع نسبياً، خلال العام الواحد. فبلغت تراكيز النترات في المياه الجوفية أعلى قيمة لها في موقع بئر بلغونس، 41.3 mg/l في شهر تشرين الثاني، وانخفضت هذه القيمة إلى 21.3 mg/l في شهر نيسان 1999م، وبلغت قيمة شوارد النترات في موقع بئر جديدة الجرد 25 mg/l كقيمة أعظمية في شهر كانون الثاني ، (الشكل رقم14). أما في بئر قرفيص فقد تراوحت تراكيز النترات في مجال mg/l (14-22)، (الشكل رقم14)، ويلاحظ ارتفاع ملحوظ لتراكيز النترات، لتبلغ القيم العظمى لها في فصل الشتاء وبداية الربيع، أي بعد وأثناء هطل الأمطار، ما عدا نبع بسنديانة الذي سجلت القيمة العظمى لتركيز النترات في مياهه 39.5 mg/l في شهر تموز.و14 mg/l في شهر كانون الثاني كقيمة صغرى، (الشكل رقم14).

أما في بحيرة السن، فقد تغير فيها تركيز النترات خلال فصول السنة بشكل كبير نسبيا، حيث لاحظنا ارتفاعاً نسبياً لها في فصلي الشتاء والربيع، فكانت تراكيز النترات تتراوح في مجال mg/l (14-20.8)، كما سجلت أخفض القيم في مأخذ طرطوس 6.9 mg/ في شهر تشرين الثاني كقيمة صغرى، و11.6 mg/l في شهر نيسان كقيمة عظمى، (الشكل رقم14). يعود وجود النترات إلى بعض الصخور الاندفاعية المنتشرة في منطقة الحوض، والتي تحتوي على توضعات عضوية حاوية الآزوت، أما التغير الكبير في تراكيز النترات لمعظم المواقع المدروسة، فهو عائد إلى غسل التربة، ولاسيما في الأراضي الزراعية أثناء موسم الأمطار، وتعد النترات من أهم المواد المغذية التي تسبب النمو الزائد للطحالب ونباتات البحيرة، وهذا ما يؤدي إلى استهلاك الأوكسجين المنحل في المياه، إضافة إلى إعاقة استخدامات المصدر المائي لأغراض الشرب والأغراض الأخرى؛ لأن توفر الأوكسجين يؤكسد الأمونيوم والنتريت إلى نترات.

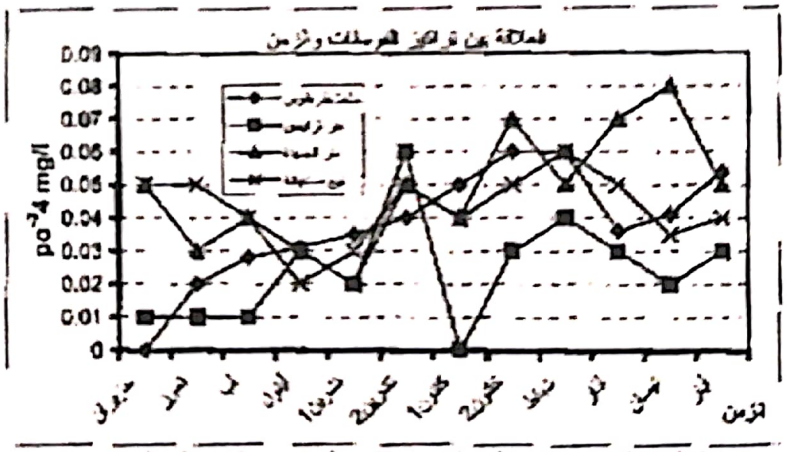
مع الإشارة إلى أن ارتفاع تراكيز شوارد النترات والآزوت عائد، وبدرجة كبيرة، إلى التلوث الناجم عن تسرب مياه الصرف الصحي. إذ لا توجد شبكات للصرف الصحي في بعض المواقع من حوض التغذية، إضافة إلى صب مياه المجاري في المسيلات المائية دون أية معالجة.

### 4-13-شوارد الفوسفات $PO^{-3}_4$

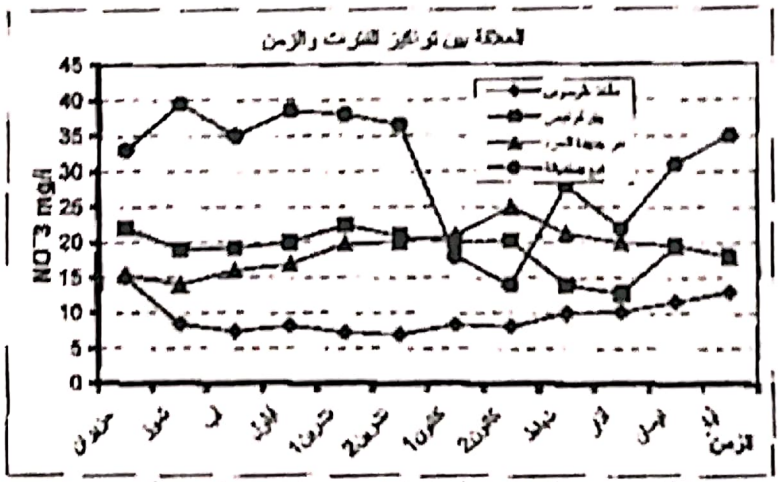
تبدي تراكيز شوارد الفوسفات تغيرا نسبياً خلال فترة الدراسة، حيث يبلغ تركيزها في موقع بئر جديدة الجرد 0.08 mg/l، (الشكل رقم15) في شهر نيسان كقيمة عظمى وكانت القيم الصغرى في فصل الصيف. وسجلت القيمة0.1 mg/l في موقع وسط البحيرة في كانون الثاني وآذار كقيمة عظمى، أما في مأخذ طرطوس فكانت 0.06 mg/l في شهر كانون الثاني كقيمة عظمى، (الشكل رقم15) إن وجود شوارد الفوسفات عائد إلى انحلال بعض فلزات التوضعات الاندفاعية التي تحوي الفوسفات، والموجودة في منطقة الدراسة. ومن الملاحظ أن قيم تراكيز النترات تزداد بعد هطل الأمطار، وهذا عائد إلى غسل التربة من الأسمدة الزراعية التي تحتوي على الفوسفات، إضافة إلى وجود المنظفات الكيميائية التي تطرح مع مياه الصرف الصحي، والتي تتسرب إلى المياه الجوفية والسطحية في منطقة الدراسة.



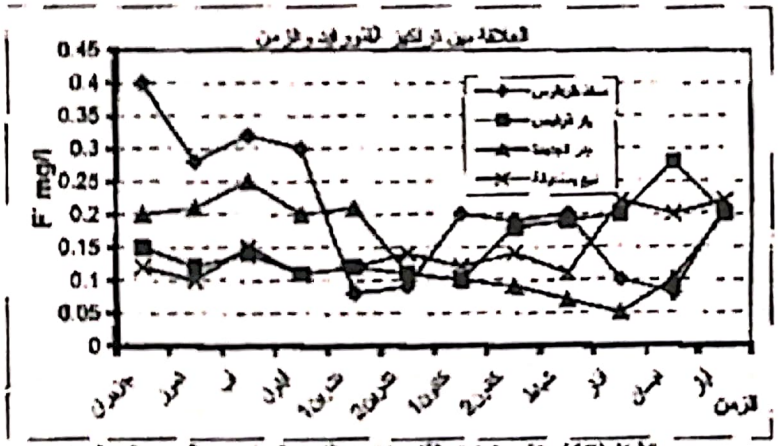

الشكل(13) متغير تركيز شوارد البوتاسيوم مع الزمن لمياه بحيرة وحوض السن




الشكل(15)متغير تركيز الفوسفات مع الزمن لمياه بحيرة وحوض السن




الشكل (14)- تغير تركيز شوارد النترات مع الزمن لمياه بحيرة وحوض السن




الشكل(16)- تغير تركيز الفلوريد مع الزمن لمياه بحيرة وحوض السن

### 4-14-الفلوراید $F^-$

كانت تراكيز الفلوراید بشكل عام في كافة المواقع أقل من القيمة المسموح بها، فقد تراوحت تراكيز الفلور في بئر قرفيص ضمن مجال mg/l(0.09-0.01)، (الشكل رقم16). وكانت قيم تراكيز الفلوراید في موقع حمام القراحلة mg/l (0.36-0.11).

أما بالنسبة لبحيرة السن، فكانت قيم الفلوراید في مأخذ اللاذقية ضمن مجال mg/l (0.42-0.1)، وسجلت أعلى قيمة في وسط البحيرة mg/l 0.43 في شهر شباط. أما في مأخذ طرطوس فكانت تراكيز الفلوراید mg/l 0.4 في شهر حزيران كقيمة عظمى و mg/l 0.08 في نيسان وتشرين الأول كقيمة صغرى، (الشكل رقم16). إن وجود شوارد الفلور عائد إلى الصخور الاندفاعية الموجودة في منطقة الدراسة، والحاوية فلزات الميكا السوداء (كالبيوتيت $KMg_3Si_3Al_{10}O(OH\text{-}F)_2$).

ومن الملاحظ انخفاض تراكيز شوارد الفلور بشكل ملحوظ في كافة المواقع المدروسة، والتي تقل كثيراً عن القيم mg/l (1.5-0.7)، التي سمحت بها المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب[13] ، وسمحت وكالة الصحة الأمريكية بـــmg/l 4 كحد أقصى [14]. ومن الجدير بالذكر أن الوقاية من نخر الأسنان، باستخدام مركبات الفلوراید تعتبر المحور الأساسي، بل المادة الرئيسية التي يعتمد عليها في برنامج الوقاية الفموية، كما أن بعض الجمعيات الطبية توصي بفلورة الماء وحليب الأطفال. إن وجود نسبة تزيد عن mg/l 1.5 من الفلوراید في مياه الشرب، سوف يزيد من التبقع الفلوريدي،[15].

إن اختلاف قيم درجة الحرارة والناقلية الكهربائية للمياه الجوفية (الجدول رقم2)، من موقع إلى آخر في منطقة حوض السن، يعود إلى قرب النقطة المائية من منطقة التغذية، وإلى الظروف الهيدروجيولوجية للمنطقة. وتتأثر درجة حرارة المياه، والناقلية الكهربائية لها، وتراكيز الشوارد فيها، بظروف توضع الصخور الحاملة للمياه، وبالتركيب الكيميائي للصخور ودرجة تشققها، وبالخصائص الرشحية للصخور، التي تحدد سرعة حركة المياه الجوفية ضمن الصخور الحاملة لها، وتحدد شدة انحلال الأملاح في المياه، ومدى نشاط التبادل الشاردي بين المياه والصخور الحاملة لها.إن زيادة تركيز النترات، بشكل كبير، عائد إلى غسل التربة من الأسمدة الزراعية الحاوية الآزوت، التي يتم استخدامها بشكل عشوائي وغير مدروس.

يرتبط وجود شوارد الأمونيوم، إلى درجة كبيرة، بتسرب مياه الصرف الصحي من الحفر الفنية، في المناطق التي لا تحوي شبكات للصرف الصحي.

إن تركيز شوارد ( $NO_2^-$ , $NO^-_3$ , $NH^+_4$) يفوق الحدود المسموح بها حسب المواصفة القياسية السورية، وحسب وكالة الصحة الأمريكية[14]، إضافة إلى انخفاض تركيز شوارد الفلوراید عن الحدود المسموحة في المواصفة القياسية السورية(الجدول رقم 3).

الجدول(2) التركيب الكيميائي الوسطي للمياه الجوفية خلال الفترة 5/1998-6/1999

| مكان أخذ عينة Sampling | درجة الحرارة T | الرقم الهيدروجيني PH | الناقلية الكهربائية E.C | القساوة as $CaCO_3$ | | | القلوية as $CaCO_3$ | | الفثرات $NO_3$ | الأمونيا $NH_4^+$ | النتريت $NO_2^-$ | الفوسفات $PO_4^{-3}$ | الكلورايد $Cl^-$ | الفلورايد $F^-$ | الكبريتات $SO_4^{-2}$ | الصوديوم $Na^+$ | البوتاسيوم $K^+$ | الكالسيوم $Ca^{+2}$ | المغنزيوم $Mg^{+2}$ | الأملاح المنحلة TDS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | الكلية T.H | الكلسية Ca.H | المغنزية Mg.H | بالفينول | الكلية | | | | | | | | | | | | |
| | C° | | µs/cm | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l |
| بئر بلخونس | 16 | 8.1 | 439 | 249 | 181 | 69 | 0 | 197 | 31 | 0.1 | 0.06 | 0.05 | 29 | 0.16 | 16 | 29 | 1.3 | 72 | 17 | 314 |
| نبع تلمة | 16 | 7.6 | 291 | 250 | 157 | 93 | 0 | 194 | 11 | 0.008 | 0.004 | 0.04 | 17.7 | 0.19 | 18 | 29 | 0.75 | 63 | 22 | 208 |
| نبع بستدياتة | 17 | 7.6 | 448 | 201 | 128 | 70 | 0 | 194 | 31 | 0.12 | 0.007 | 0.04 | 25 | 0.15 | 18 | 33.5 | 0.9 | 52 | 16.6 | 320 |
| جديدة الجرد | 16.8 | 7.6 | 517 | 225 | 151 | 74 | 0 | 207 | 19 | 0.007 | 0.009 | 0.05 | 31 | 0.15 | 18 | 31 | 0.5 | 63 | 17.8 | 369 |
| بئر القطيلبية | 19 | 8 | 843 | 297 | 219 | 78 | 0 | 326 | 26 | 0.11 | 0.027 | 0.05 | 43 | 0.25 | 60 | 48 | 2.9 | 87 | 19 | 603 |
| نبع حمام القراطة | 18.3 | 7.9 | 470 | 251 | 175 | 75 | 0 | 219 | 17.6 | 0.09 | 0.009 | 0.06 | 24 | 0.23 | 18.5 | 37 | 0.6 | 75 | 18 | 338 |
| بئر قرفيص | 19 | 7.9 | 547 | 286 | 212 | 68 | 0 | 241 | 19 | 0.002 | 0.0001 | 0.02 | 26 | 0.16 | 17 | 30 | 1.25 | 85 | 16 | 391 |
| نبع سوريت | 18 | 7.6 | 473 | 271 | 172 | 99 | 0 | 233 | 15.6 | 0.1 | 0.007 | 0.06 | 22 | 0.18 | 26 | 15.5 | 0.9 | 69 | 24 | 338 |
| بئر الدالية | 13 | 7.9 | 740 | 324 | 141 | 191 | 0 | 275 | 0 | 0 | 0 | 0.15 | 49 | 0.05 | 171 | 125 | 3.8 | 58 | 46 | 529 |
| نبع الدالية | 15.5 | 7.9 | 432 | 282 | 195 | 87 | 0 | 236 | 17 | 0.06 | 0.01 | 0.05 | 23 | 0.16 | 24 | 12 | 1 | 78 | 21 | 309 |
| مأخذ طرطوس | 17 | 7.4 | 439 | 259 | 174 | 84 | 0 | 214 | 9.5 | 0.06 | 0.03 | 0.04 | 20.8 | 0.11 | 20 | 22 | 1.1 | 70 | 20 | 314 |
| مأخذ اللاذقية | 18 | 7.6 | 462 | 257 | 183 | 74 | 0 | 230 | 31 | 0.05 | 0.034 | 0.06 | 20.6 | 0.21 | 19 | 29 | 1.4 | 73 | 17.8 | 330 |
| وسط البحيرة | 19.4 | 7.6 | 450 | 261 | 187 | 75 | 0 | 218 | 18 | 0.06 | 0.04 | 0.07 | 24 | 0.31 | 20 | 30 | 1.1 | 75 | 18 | 321 |
| جنوب البحيرة | 19 | 7.9 | 465 | 257 | 183 | 75 | 0 | 216 | 18 | 0.06 | 0.032 | 0.06 | 20 | 0.24 | 19 | 20 | 1.1 | 73 | 18 | 332 |
| ري+مصفاة | 18 | 7.5 | 446 | 266 | 186 | 79 | 0 | 210 | 15 | 0.08 | 0.03 | 0.03 | 24 | 0.2 | 21 | 28 | 1.2 | 74 | 19 | 319 |

الجدول 3-: تقييم صلاحية مياه الشرب في المواقع المدروسة في حوض نبع السن، بالنسبة لشوارد (النترات، النتريت، الأمونيوم، الفلورايد) حسب المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب [13].

| الشوارد / المواقع | $NO^-_3$ | $NO_2^-$ | $NH_4^+$ | $F^-$ | تقييم المواقع المدروسة حسب المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب |
|---|---|---|---|---|---|
| | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | |
| بئر بلغونس | 31 | 0.06 | 0.1 | 0.16 | غير مطابق |
| نبع تلعة | 11 | - | - | 0.19 | غير مطابق بالنسبة للنترات والفلورايد |
| نبع بسنديانة | 31 | - | 0.12 | 0.15 | غير مطابق بالنسبة للنترات والفلورايد والأمونيا |
| بئر الجديدة | 19 | - | - | 0.15 | غير مطابق بالنسبة للنترات والفلورايد |
| بئر القطيلبية | 26 | 0.03 | 0.11 | 0.25 | غير مطابق |
| نبع القراحلة | 18 | - | 0.09 | 0.23 | غير مطابق بالنسبة للنترات والأمونيا والفلورايد |
| بئر قرفيص | 19 | - | - | 0.16 | غير مطابق بالنسبة للنترات والفلورايد |
| نبع سوريت | 17 | - | 0.1 | 0.18 | غير مطابق بالنسبة للنترات والأمونيا والفلورايد |
| بئر الدالية | - | - | - | 0.05 | غير مطابق بالنسبة للفلورايد |
| نبع الدالية | 17 | - | 0.06 | 0.16 | غير مطابق بالنسبة للنترات والأمونيا والفلورايد |
| مأخذ طرطوس | - | 0.03 | 0.06 | 0.11 | غير مطابق بالنسبة للنتريت والأمونيا والفلورايد |
| مآخذ اللاذقية | 31 | 0.04 | - | 0.21 | غير مطابق بالنسبة للنترات والنتريت والفلورايد |
| وسط البحيرة | 18 | 0.04 | 0.06 | 0.31 | غير مطابق |
| جنوب البحيرة | 18 | 0.03 | 0.06 | 0.24 | غير مطابق |
| ري+مصفاة | 15 | 0.03 | 0.08 | 0.2 | غير مطابق |

المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب سمحت بـ 10 mg/l بالنسبة لشوارد النترات، و0.01 mg/l بالنسبة لشوارد النتريت، و 0.05 mg/l بالنسبة لشوارد الأمونيوم، و [0.7-1.5] mg/l بالنسبة لشوارد الفلورايد.

## 5-الاستنتاجات والتوصيات

- يرتبط تصريف ينابيع السن بكميات الهطل فوق حوض السن ارتباطاً وثيقا، بينما تؤثر بقية العوامل في التصريف بشكل ضعيف نسبياً.
- تزداد تراكيز الشوارد الكيميائية والعكارة في المياه المدروسة، ودرجة حرارتها بشكل متشابه في كافة المواقع، فتبلغ أكبر قيمة لها في أواخر الصيف، ما عدا بعض المواقع التي تخضع لظروف محلية، تتعلق بالبنية الجيولوجية، وبالخصائص الرشحية للصخور المنتشرة فيها.
- مياه الينابيع والآبار المدروسة غير صالحة للشرب من الناحية الكيميائية (حسب المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب)، بسبب ارتفاع تراكيز بعض الشوارد الكيميائية، وانخفاض تركيز شوارد الفلورعن الحدود المسموحة.
- تتأثر المواقع المدروسة من مياه بحيرة السن بمناطق التغذية من الحوض، وهي تختلف فيما بينها حسب المنطقة التي تغذيها والكثافة السكانية الموجودة فيها.
- إن تحديد صلاحية مياه نبع السن للشرب يحتاج -إضافة إلى ما أجريناه- تحاليل كيميائية للعناصر الثقيلة والمواد السامة والمبيدات، ويحتاج إلى تحاليل جرثومية، تستمر لفترة زمنية مناسبة. وهذا ما نقوم برصده حالياً ضمن خطتنا البحثية للمرحلة المقبلة.
- يتطلب تفسير شواذات تغيرات بعض العناصر إجراء مراقبات وتحاليل لفترة أطول.

# REFERENCES المراجع


[1] المياه الجوفية (1979). التحريات الهيدروجيولوجية في الأحواض الأربعة (سورية-حوض الساحل). أربعة مجلدات. غروزغيبروفودخوز- تبيليسي.

[2] SOYZGIPROVODKHOZ (Russian Construction Company) (1980). Irrigation construction on area of about 10 thos- Hectares at the region of Nahr Al-Kaber River DAM in the Arab Republic of Syria. (Final design) part 1 & 3, USSR.

[3] لايقة وبيلوني وبلال (1985). مجلة بحوث جامعة حلب، سلسلة العلوم الأساسية، العدد السابع.

[4] عيسى،عفيفة (1995). دراسة بيئية وتصنيفية للنباتات الزهرية في مياه بحيرة السن.
أطروحة ماجستير في البيئة المائية، جامعة تشرين، اللاذقية - سورية 156 صفحة.

[5] فاضل،إقبال (1996). دراسة بيئية للرخويات بطنيات القدم في مياه بحيرة السن.
أطروحة ماجستير في البيئة المائية، جامعة تشرين، اللاذقية - سورية 157 صفحة.

[6] أزهري، رولا (1997). دراسة بيئية تصنيفية للطحالب في بحيرة السن.
أطروحة ماجستير في البيئة المائية، جامعة تشرين، اللاذقية - سورية 103 صفحة.

[7] الشركة العامة للدراسات المائية (1994). المأخذ المائي الموحد على نبع السن.

[8] مشروع دراسة حوض السن (1992). التقرير الهيدروجيولوجي العام. المجلد الأول، 147 صفحة.

[9] الخوري، يوسف (1972). موجز البتروغرافيا أو علم الصخور، كلية العلوم، جامعة دمشق، 479 صفحة.

[10] HMSO (1994). "The Microbiology of Water, part 1- Drinking Water, Methods for the Examination of Water and Associated Materials". Report on public Health and Medical Subjects, N°. 71, London. pp. 1-151.

[11] APHA (1992). Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water.18th Edition,USA..

[12] إسلام،أحمد (1990). التلوث مشكلة العصر، عدد 152، آب، الكويت، صفحة 276.

[13] المواصفة القياسية السورية رقم 45 لمياه الشرب (1995). وزارة الصناعة، هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية، دمشق.

[14] EPA. (1987). National primary drinking water standards. Environmental Protection Agency, U.S.

[15] Stepen, K.W, Pakhomou, C.N, Banoczy, J.(1996). "Milk Fluoridation for the Prevention of Dental Caries". Borrow Dental Milk Foundation,.World Health Organization, Geneva.