

## مساهمة في دراسة الينابيع تحت البحرية في الساحل السوري

الدكتور شريف بدر حايك\*

(تاريخ الإيداع 11 / 1 / 2009. قُبِلَ للنشر في 25/6/2009)

### □ الملخص □

يتضمن البحث التقييم الكمي والنوعي للينابيع تحت البحرية على الساحل السوري، وذلك بإجراء تحريات وقياسات بحرية، تتوافق بقياسات سطح المياه الجوفية في آبار مراقبة محفورة في طبقة المياه الجوفية المضغوطة العائدة للكريتاسي، حيث تتصرف هذه المياه في البحر دون استثمار على شكل ينابيع تحت بحرية في مناطق تكشفتها في البحر تبعاً للبنية الفالقية السائدة.

تفاوتت سرعة جريان مياه الينابيع تحت البحرية بين  $0,11-0,65$  m/sec وتصاريفها بين  $Q = (0,12 - 3,4) \pm 20\%$  m<sup>3</sup>/sec تبعاً لفروق الكثافة والضاغط الهيدروليكي وسرعة الجريان بين مياه الينابيع تحت البحرية ومياه البحر. وتختلط مياه هذه الينابيع مع مياه البحر عند السطح لتشكل مياه جوفية تنحصر نسبة المياه العذبة فيها بين (20-90%) اعتماداً على الظروف الجيولوجية السائدة وحالتي الطقس والبحر.

**الكلمات المفتاحية:** الينابيع تحت البحرية، التقييم الكمي والنوعي، قياسات بحرية، سرعة جريان المياه الجوفية، فرق الكثافة.

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

## A Contribution to the Study of Submarine Springs in the Syrian Coast

Dr. Sharif B. Hayek\*

(Received 11 / 1 / 2009. Accepted 25 / 6 / 2009)

### □ ABSTRACT □

This research contains the quantitative and qualitative evaluations of the submarine springs in the Syrian Coast. The evaluation is carried out by making investigations and marine measurements of these springs, combined with measurements of the groundwater levels in the monitored wells, drilled in the cretaceous confined aquifer. This aquifer flows out into the sea without being exploited as submarine springs, according to the tectonic structure.

The flow velocity of the submarine springs water is between 0,11-0,26 m/sec, and its discharges are  $Q = (0,12 - 3,4) \pm 20\% m^3 / sec$ , according to the differences involving density, hydraulic head, and flow velocity of the springs and sea water. The springs' water is mixed with the sea water on the surface, to form groundwater: 20 to 90% fresh water contents, according to the geological setting as well as climate and sea conditions.

**Keywords:** Submarine springs, quantitative and qualitative evaluation, marine measurements, groundwater velocity, density difference.

---

\* Assistant Professor, Irrigation and Drainage Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

## مقدمة:

تتواجد عادةً الينابيع تحت البحرية في معظم التوضعات الكارستية الساحلية في العالم. تتعلق تدفقات هذه الينابيع بالتغذية الطبيعية للمياه الجوفية، كما تتغير هذه التدفقات بشكل كبير مع الزمن وتمتاز بصعوبة القياس، خاصةً عندما تتبثق هذه الينابيع من أعماق كبيرة وتتوضع على مسافات بعيدة من خط الشاطئ. وتختلط مياه الينابيع تحت البحرية مع مياه البحر عند مخرج النبع بنسب متغيرة [1].

يُعد الاستثمار الآمن لهذه الينابيع من قاع البحر مباشرةً أمراً في غاية الصعوبة، وهول مكلف يرتبط بمخاطر وقيود كثيرة، لذلك فإن استثمارها من اليابسة بواسطة حفر جبهة من الآبار الإنتاجية، هو الحل الناجع الذي يحقق جدوى اقتصادية جيدة، شرط أن تمنع حدوث ظاهرة تداخل مياه البحر ضمن طبقات المياه الجوفية العذبة الساحلية. وفي هذا السياق بدأنا تحريات مكثفة للينابيع تحت البحرية بدءاً من مدينة بانياس حتى عمريت عام 2002، وذلك بعد جولات بحرية استطلاعية برفقة بعض المتخصصين وصيادي الأسماك في المنطقة. حيث اشتملت هذه التحريات على تحديد مواقع الينابيع وتوصيفها الكمي والنوعي، وترافقت هذه التحريات مع قياسات لمناسيب المياه الجوفية في آبار مراقبة حُفرت بغرض تقييم الينابيع تحت البحرية في المنطقة، وذلك بعد تقييم الظروف الجيولوجية والتكتونية للتوضعات السائدة والتي تتبثق منها هذه الينابيع.

## أهمية البحث وأهدافه:

تُعد الينابيع تحت البحرية في الساحل السوري من أهم الموارد المائية التي تنصرف في البحر بمعدلات تدفق كبيرة دون أية استثمارات مجدية. لذلك كان لا بد من تقييمها بواسطة جملة تحريات وقياسات متخصصة، بعد تحديد ارتباط هذه الينابيع بالبنية الجيولوجية - التكتونية والوضع الهيدروجيولوجي السائد. يهدف البحث إلى التقييم الكمي والنوعي لمياه الينابيع تحت البحرية في الساحل السوري، من خلال عمليات تحديد مواقع هذه الينابيع وسرعة الجريان فيها وكميات تصريفها، وإجراء التحاليل الكيميائية لمياه الينابيع تحت البحرية ومن ثم اختيار الطريقة المثلى لاستثمار هذه الينابيع.

## طرائق البحث ومواده:

يعتمد البحث على تنفيذ تحريات بحرية مكثفة للينابيع تحت البحرية على الساحل السوري بدءاً من مدينة بانياس حتى عمريت، بواسطة قارب متخصص ومجموعة غطاسين وأجهزة قياس لتقييم هذه الينابيع إذ تضمنت هذه التحريات الآتي:

- تحديد مواقع الينابيع تحت البحرية بواسطة جهاز GPS-Garmin III، بعد اختيار الوقت المناسب لهذه القياسات تبعاً للأحوال الجوية وبعد الاستفادة من خبرة صيادي المنطقة.
- توصيف الينابيع تحت البحرية من حيث أعماقها وقطرها بدءاً من المنبع حتى سطح البحر بعد تنفيذ عمليات غطس كثيرة.
- تحديد الناقلية الكهربائية لمياه الينابيع تحت البحرية، بواسطة جهاز قياس الناقلية نموذج

JENWAY 4071

- قياس أعماق المياه الجوفية في آبار المراقبة بواسطة مقياس كهربائي ضوئي، نموذج KLL، مزود بكابل طوله 100 m مدرج بالسنتيمتر، دقة القياس  $\pm 0.5$  cm. وتحديد إحداثياتها (X, Y, Z) بواسطة فرقة طبوغرافية متخصصة.

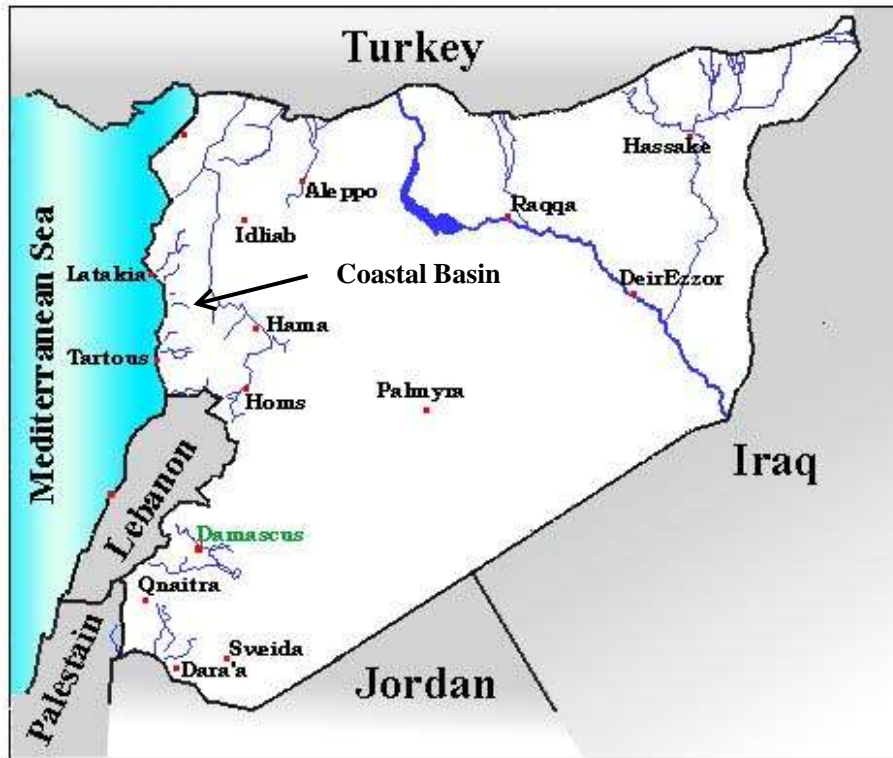
- تحديد تصاريف الينابيع تحت البحرية من خلال قياس سرعة جريانها بدءاً من فم النبع حتى سطح البحر ولكل 1 m منه، بواسطة جهاز البرامة المائية نموذج Stoppani (CH) no. 5219.

- أخذ عينات من مياه الينابيع تحت البحرية عند فم النبع، لإجراء التحاليل الكيميائية التفصيلية.

- برنامج Log plot 2000، وبرنامج Surfer Vo.8، إضافةً إلى Microsoft Office 2003.

### الخصائص العامة لحوض الساحل:

يقع حوض الساحل في غرب سورية على الشاطئ الشرقي للبحر المتوسط. وتبلغ مساحته حوالي  $5048\text{km}^2$  ويحدّه من الغرب البحر المتوسط، ومن الشرق حوض نهر العاصي، ومن الشمال الحدود التركية، ومن الجنوب الحدود اللبنانية (الشكل-1). ويوجد في المنطقة عدة مدن رئيسية (اللاذقية وطرطوس وبانياس وجبله..). وعدد كبير من القرى، يعيش فيها أكثر من مليوني نسمة، يمارسون فعاليات اقتصادية متنوعة: سياحية؛ زراعية؛ صناعية وتجارية.



(الشكل-1). الموقع العام لحوض الساحل.

تمتاز منطقة حوض الساحل بخصائص طبوغرافية معقدة إلى حد ما، وتنتشر فيها هضاب متنوعة تتفاوت ارتفاعاتها بين منسوب سطح البحر و1500m أعلى سطح البحر، وهي ذات مناخ متوسطي رطب وصيف حار وجاف، كما تبلغ معدلات الهطل المطري السنوي قيمة كبيرة تتفاوت بين 800-2000 mm.

## الظروف الجيولوجية والهيدروجيولوجية:

تنتشر في المنطقة الساحلية أنواع مختلفة من الجبال والهضاب والأراضي المنخفضة والوديان المؤلفة من تشكيلات جيولوجية تعود إلى عصر الميزوزويك والرباعي. تتألف هذه التوضعات من طبقات سميكة متلاحقة من الكربونات المغطاة بالبازلت، حيث تتشكل هذه الطبقات بدورها من تناوبات دولوميت وصخور كلسية دولوميتية وصخور كلسية مغطاة بطبقات سميكة إلى متوسطة السماكة من الحصى الصوانية. وتعود إلى ما بين الحقب الجوراسي الأوسط والكريتاسي الأوسط، تقدر سماكتها الوسطى بـ 1200م [2].

تصادف بعض طبقات المارل الأفقية ذات سماكة كبيرة ضمن تشكيلات الكريتاسي الأوسط، وتصادف طبقات من البازلت والطف (صخر فُتاتي يتجمّع من مقذوفات البراكين) والحمام والبريشيا البركانية سماكتها الوسطية 100م، ضمن طبقات الكريتاسي الأدنى (الشكل -2).

إن أكثر الطبقات الواحدة بوجود مصادر للمياه الجوفية فيها هي الطبقات الكارستية في المنطقة الساحلية، مع أن معالم الكارست معقدة جداً، حيث تتناوب الطبقات الحاملة للمياه والطبقات الكتيمة. وتتأثر حركة المياه بشكل كبير بالبنية التكتونية والمعالم البركانية.

يترافق الكارست مع تطبيق لطبقات سميكة من الصخور الكربوناتيّة التي تعود إلى الجوراسي الأعلى والكريتاسي الأوسط، خاصةً الحجر الكلسي العائد لتشكيل السينومانيان والتورونيان، ومن الجدير ذكره أن بداية تشكل الكارست تعود إلى فترة انحسار البحر وحت الطبقات التي تعود إلى عصر الكريتاسي.

بدأت الحركات التكتونية في العصر الثلاثي الأوسط بتشكيل انهزام الغاب، وتطورت البنية الكارستية في المنطقة الساحلية حيث نهضت الطبقات وانحدرت بلطف نحو الغرب. تصطدم الحركات التكتونية خاصةً الشمالية الشرقية - الجنوبية الغربية بالفوالق شبه الشاقولية المنزقة، التي تعمل كمناطق ترشح منها المياه إلى الحوامل المائية العميقة وأقنية الصرف الرئيسة المتواجدة في المناطق المشبعة، فعندما يحدث تلامس بين الحوامل المائية الكلسية والطبقات الكتيمة، فإن الفوالق عندها تسمح للمياه الجوفية بالارتفاع حتى السطح تبعاً للمنسوب البيزومتري لها.

## عمليات تطوير الينابيع تحت البحرية:

### 1. الينابيع تحت البحرية كمورد مائي The submarine springs as a water resource

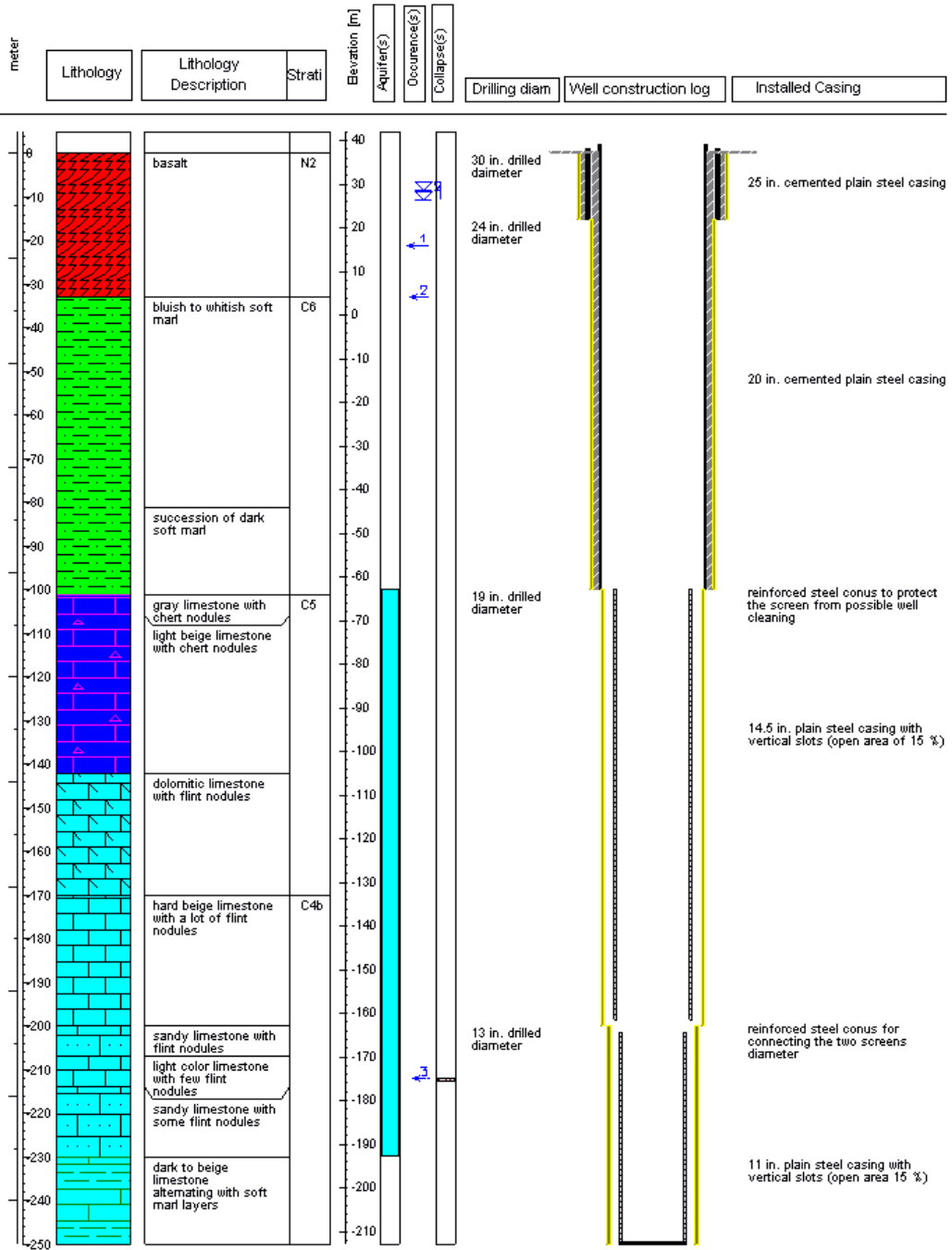
وهي تتصف بالآتي:

#### 1-1. كميات مياه كبيرة Large a mount of water

يمثل عنصر مياه الينابيع تحت البحرية في موازنة حوض الساحل كمية كبيرة، إذ تصل سنوياً إلى  $1681.10^6 \text{ m}^3$  [3].

#### 2-1. موارد مائية مضغوطة بنوعية جيدة Confined and good quality water resources

تُعد الهطولات المطرية التي تسقط على المرتفعات الجبلية المصدر الأساس للينابيع تحت البحرية، حيث تجري عبر مسامات الطبقات المضغوطة الحاملة للمياه الجوفية التي تغطيها طبقة كتيمة أو شبه كتيمة، لذلك نادراً ما تتعرض الينابيع تحت البحرية للتلوث. وهي تنصرف في البحر بضغوط عالٍ.



Drilled by (contractor): Muhannad Ahmad Ameen

Dates:

Started work: 14.09.02  
 Finished work: 18.11.02

GPS Position: X: 35.9341  
 Y: 35.17154  
 Elevation: Z: 37.05

(الشكل -2). العمود الليتولوجي للينر W1 في المنطقة السهلية لبانياس.

### 3-1. الجريان الطبيعي Natural flow

تمثل الينابيع تحت البحرية أحد المكونات الأساسية لدورة المياه الطبيعية (مياه جوفية خارجية)، وتعد مورداً مائياً أميناً دون أية تأثيرات بيئية سلبية عند استخدام الطريقة المثلى لاستثمار هذه الينابيع.

### 2. استثمار الينابيع تحت البحرية Exploitation of submarine springs

توجد طريقتان ملائمتان لاستثمار الينابيع تحت البحرية أولهما: استخراج مياه الينابيع تحت البحرية بواسطة أنابيب وأنفاق منووعة على قاع البحر، إذ تمتاز هذه الطريقة بصعوبة التنفيذ وضرورة نقل المياه إلى اليابسة. ثانيهما: استثمار مياه الينابيع من اليابسة قبل تصريفها في البحر، وهي طريقة تحتل مخاطر تداخل مياه البحر ضمن طبقة المياه الجوفية العذبة الشاطئية.

إن إحدى طرائق استثمار الينابيع تحت البحرية، كمورد مائي آمن، هي إنشاء منصة استخراج المياه في البحر مباشرة إذ تُقاد مياه الينابيع إلى اليابسة بواسطة أنابيب وأنفاق تتوضع على قاع البحر.

عند تصميم منصة استخراج مياه الينابيع وحجم أقماع الاستثمار ومحطات ضخ المياه العذبة من البحر، لا بد من معرفة خصائص جريان الينابيع تحت البحرية، ونمط الينابيع، وزمن تأثر جريان الينابيع بالتأرجحات الناجمة من عمليات مد وجزر البحر (لا تزيد عن 0,5m في البحر المتوسط)، إضافة إلى التغيرات الفصلية لمناسيب طبقة المياه الجوفية التي تتكشف في البحر [4].

إن استثمار الينابيع تحت البحرية بواسطة حفر مجموعة آبار ضخ في اليابسة قبل تصريف المياه الجوفية في البحر دون الاهتمام بكمية المياه التي تُضخ، قد يترافق بتداخل مياه البحر ضمن طبقات المياه الجوفية العذبة ويُحدث أضراراً كبيرة غير قابلة للعلاج. ولكي نتجنب ظاهرة تداخل مياه البحر لابد من معرفة معدلات جريان الينابيع تحت البحرية، وبالتالي وضع برامج استثمار لا تزيد على المأمولية المائية (Potentiality) لهذه الينابيع. إضافة إلى ذلك لا بد من تحديد الطبقة التي تنبثق منها الينابيع وبالتالي وضع برامج الاستثمار لهذه الطبقة، وإلا قد تتعرض طبقات أخرى حاملة للمياه لا تملك الضاغظ المناسب لمخاطر تلوثها وتملحها.

من مقارنة الطريقتين السابقتين ومن الوجهة الاقتصادية، نجد أن الطريقة الأولى أكثر كلفة إذ تزيد بـ 26 ضعفاً. بينما بالطريقة الثانية لا بد من التحكم بتحديد مقدار كميات المياه المستثمرة، وقد تتعرض المياه الجوفية إلى مخاطر تداخل مياه البحر [5].

وباعتبار خصائص الينابيع تحت البحرية في الساحل السوري، فإن أهم التحريات المقترحة لهذه الينابيع:

- نوعية المياه (قابليتها للشرب أم لا).
  - تحديد موقع النبع واتجاه جريان المياه الجوفية.
  - كميات مياه الينابيع تحت البحرية وتأرجحاتها.
- ومن أجل أية طريقة مُختارة لاستثمار الينابيع تحت البحرية، لا بد من تحديد نوعية مياه الينابيع وتحديد موقع النبع واتجاه جريانه، فلا بد من تنفيذ الأمور الآتية وبالتسلسل عند استثمار الينابيع تحت البحرية كمورد مائي آمن: -
- تحليل التصوير الجوي الجيوحراري.
  - تحديد نمط النبع ونوعية مياهه.
  - تحديد تأرجحات تصاريف الينابيع ونوعية مياهها.
  - مناقشة طريقة استثمار الينابيع تحت البحرية وتقييمها.

## 2-1. تحليل التصوير الجيوحراري Thermal image analysis

تظهر الينابيع تحت البحرية بواسطة التصوير الجيوحراري على شكل تموجات ناتجة من تدفقها من قاع البحر، خاصةً عندما تكون هذه الينابيع ضحلة والبحر هادئ، لذلك لا بد من توسيع منطقة التحريات وباستخدام التصوير بالأشعة تحت الحمراء.

تعطي هذه الطريقة معلومات هامة عن التوضع التقريبي للينابيع تحت البحرية عن سطح البحر، لكن لا بد من معرفة التوزع الحقيقي لهذه الينابيع في عمق البحر وتقييم التصريف النوعي لها. كما أن التصوير الجيوحراري لا يعطي أية معلومات تتعلق بنوعية مياه الينابيع تحت البحرية، لذلك لا تفضّل هذه التحريات [6].

## 2-2. تحديد نمط النبع تحت البحري ونوعية المياه

تصنف أنماط الينابيع إلى الأشكال الآتية:

- بئر في طبقة متجانسة حاملة للمياه الجوفية أو طبقة غير متجانسة.
- تصريف موحّد أو متنوع في نقاط عديدة.
- جريان ارتوازي أو تقالي.

تؤكد التجربة أن ينابيع تكشّفات الطبقة المتجانسة الحاملة للمياه الجوفية تعطي تدفقات موزعة على سطح كبير من البحر، لذلك تتصف عمليات استثمار هذه الأنماط من الينابيع بصعوبة كبيرة، إضافة إلى اختلاط مياه الينابيع مع مياه البحر فتصبح متملحة، وبالتالي تحتاج عمليات الاستثمار إلى معالجة وتنقية مكلفتين. وبالمقابل فإن وجود ينابيع تحت بحرية متفرقة يشير إلى وجود توضعات نفوذة جداً (تشققات، فولق، ... إلخ) في الطبقات الحاملة للمياه الجوفية أو وجود طبقة أساس شبه كتيمة تعلوها طبقة حاملة لمياه جوفية ارتوازية.

عموماً، تتواجد الينابيع تحت البحرية في مناطق الحجر الكلسي المتكّهف أو في توضعات اللافا البازلتية المتجانسة، والتي يمكن استثمارها لعمليات الشرب المحدودة عندما لا تكون مختلطة مع مياه البحر.

ويمكن القول إن تحديد نمط النبع تحت البحري والظروف الجيولوجية والهيدروجيولوجية، يقرر إلى حد كبير نوعية مياه النبع، وبكلمات أخرى يقرر مدى الجدوى الاقتصادية للينابيع تحت البحرية كموارد مائية قابلة للاستثمار، إضافةً إلى تحديد طريقة الاستثمار المثلى.

إذاً يمثل تحديد نوعية مياه الينابيع تحت البحرية عنصراً هاماً في تحديد مدى قابلية المياه للاستخدامات المتنوعة، وذلك بأخذ عينات مياه بواسطة الغطاسين. يكون الهدف الأساسي لعمليات التحليل الكيميائي التفصيلية لمياه الينابيع، هو تحديد كمية المياه العذبة التي تختلط مع مياه البحر قبل خروجها إلى سطح البحر.

من الأهداف الأخرى لأخذ عينات مياه الينابيع تحت البحرية، تقييم عمر المياه الجوفية اعتماداً على تحليل النظائر. ففي العقد الأخير أظهرت بعض الدراسات قدرة على تقييم سرعة جريان المياه الجوفية بمقارنة تركيز عنصر التريتيوم Tritium قبل الحصول على التصريف وبعده [7].

## 2-3. تأرجحات تصاريح الينابيع تحت البحرية ونوعية مياهها

### Fluctuations of the submarine springs discharges and its quality

تصنّف طرائق قياسات تدفق الينابيع تحت البحرية إلى ثلاثة أنماط:

- قياسات فيزيائية.
- طرائق التقييم الكيميائي اعتماداً على اختلاط مياه الينابيع تحت البحرية مع مياه البحر.
- التقييم العددي اعتماداً على محاكاة حركة المياه الجوفية أو الموازنة المائية.



عموماً أكدت معظم طرائق التقييم الكمي اختلاط مياه الينابيع تحت البحرية مع مياه البحر، وتتقد غالباً تحريات دقيقة لقياسات بروفييل تملح عمودي بتباعات مناسبة لأعماق البحر. بينما تعتمد الطرائق العددية على مجموعة بيانات فيزيائية وكيميائية تمكننا من تقييم تدفق الينابيع تحت البحرية خلال فترة زمنية طويلة. تسمح الطرائق السابقة بتقييم تصاريف الينابيع تحت البحرية، لكن أجريت محاولات قليلة لقياسات تأرجحات تصاريف الينابيع تحت البحرية. كما يمكن الاعتماد أحياناً على قياسات التراوحات اليومية لنوعية مياه الينابيع تحت البحرية استناداً إلى تقلبات عمليات المد والجزر البحري. كما أكدت بعض الأبحاث أن تصاريف الينابيع تحت البحرية في الفصول الماطرة تزيد بمقدار الضعف عن الفصول الجافة، لذلك نوصي بتنفيذ تحريات تتعلق بالتراوحات اليومية والفصلية للينابيع تحت البحرية عند تقييمها كموارد مياه قابلة للاستثمار [5].

#### 4-2. طرائق الاستثمار Exploitation methods

بدأت عملية استثمار الينابيع تحت البحرية منذ قدماء الرومان الذين نقلوا مياه النبع من البحر مباشرةً بواسطة قوارب صغيرة، بينما في العصر الحديث توجد طرائق متعددة لاستثمار الينابيع تحت البحرية، ولكن لا بد من تقييم عمليات تطوير الينابيع تحت البحرية السابقة بالعلاقة مع البيئة، ومن ثم وضع خطة مناسبة لاستثمار الينابيع تحت البحرية المطلوب دراستها.

### النتائج والمناقشة:

#### 1. عمليات مسح الينابيع تحت البحرية في الساحل السوري

نقذنا عدة جولات بحرية بواسطة القارب والغطاسين خلال شهري تموز وأب عام 2002 في منطقة خليج الباصية ومرقاً طرطوس وعمريت وجزيرة النمل، وذلك برفقة فريق دارس مؤلف من باحثين سويسريين وسوريين، بغرض التقييم الكمي والنوعي لمياه الينابيع تحت البحرية باستخدام جهاز اليرامة المائية لقياس سرعة جريان هذه الينابيع، وتحديد الناقلية الكهربائية لمياه الينابيع بواسطة جهاز قياس الناقلية (الشكل -3). وأجرينا قياسات لتحديد مواقع الينابيع تحت البحرية وتوضعها بشكل دقيق بواسطة جهاز GPS بعد اختيار الوقت المناسب لهذه القياسات تبعاً للأحوال الجوية، وتقدير تصاريفها خلال أيلول 2002 [7] (الجدول -1).



(الشكل -3). جهاز اليرامة المائية (الصورة اليمينية)، وجهاز قياس الناقلية الكهربائية (الصورة اليسارية)

لنبع تحت البحري S<sub>6</sub> في مرقاً طرطوس.

الجدول 1. التدفقات المقدرة للينابيع تحت البحرية.

اسم النبع	تاريخ القياس	قطر مخروط مخرج النبع عند قاع البحر (m)	قطر مخروط مخرج النبع عند سطح البحر (m)	التصريف المقدّر للنبع تحت البحري ( $m^3/sec$ )
S1	أيلول 2002	7	20	7
S2	أيلول 2002	4	5	5
S3	أيلول 2002	2	5	2
إجمالي تصريف منطقة الباصية: نسبة المياه الجوفية العذبة المقدرة 20% : $\approx 14m^3/sec$ $\approx 3m^3/sec$				
إجمالي تصريف منطقة جزيرة النمل (6 ينابيع تحت بحرية أهمها S4, S5): $> 15^3/sec$				
S6	أيلول 2002	2	15	4
S7	أيلول 2002	0.6	5	0.1
إجمالي تصريف مدينة طرطوس: نسبة المياه الجوفية العذبة المقدرة 90% : $> 4m^3/sec$ $> 3.5m^3/sec$				
تصريف منطقة عمريت (4 ينابيع تحت بحرية أهمها S8, S9) غير مقدّر حتى الآن.				

## 2. تقييم الينابيع تحت البحرية

من تقييم البنية الجيولوجية - التكتونية والظروف الهيدروجيولوجية لمنطقة حوض الساحل، وجدنا أن الطبقات الحاملة للمياه الجوفية المضغوطة من عمر الكريتاسي وما دون، تغذي الينابيع تحت البحرية التي تمتاز بضغوط هيدروليكي كبير يجعل المياه الجوفية الكارستية تتدفق ذاتياً في البحر في مواضع تكشف هذه الطبقات، الأمر الذي يؤكد وجود آبار ارتوازية عديدة من بانياس إلى الحميدية محفورة في توضع الكريتاسي.

كما أن طبقة المياه الجوفية الحرة من عمر الرباعي والنيوجين تغذي الينابيع تحت البحرية القريبة من خط الشاطئ، حيث تختلط مياه هذه الينابيع مع مياه البحر [8].

لقد ظهرت مياه الينابيع تحت البحرية بشكل واضح في مجموعة من آبار الأهالي في بانياس، المحفورة في توضع الكريتاسي بتصاريف وصلت إلى  $100 l/sec$  وبأعماق  $m(175-200)$  قرب الشاطئ. الأمر الذي تطلب حفر آبار استكشافية (19 تسعة عشر بئراً) في الحوامل المائية التي تتكشف ضمن البحر، وذلك بعد تقييم البنية الجيولوجية والتكتونية للمنطقة، ومن ثم إجراء قياسات دورية شهرية لمناسيب سطح المياه الجوفية في هذه الآبار (الجدول 2-)، بالتزامن مع رصد الينابيع تحت البحرية.

تُظهر خرائط الشبكات الهيدروديناميكية لجريان المياه الجوفية خلال فترتي التغذية (كانون الثاني - آذار) والجفاف (أب - أيلول) لعام 2002، أن الميل الهيدروليكي للمياه الجوفية كبير نسبياً في المناطق التي تواجه الينابيع تحت البحرية في بانياس وطرطوس. إذ تتصرف مياه الطبقات الحاملة للمياه الجوفية المضغوطة لتوضع الكريتاسي (سينومانيان وتورونيان) في البحر على شكل ينابيع تحت بحرية، التي يؤكد انتشار الفوالق والصدوع والشقوق الكبيرة الكارستية في منطقة التغذية حتى مناطق الصرف عند البحر [2]، الأمر الذي يسمح بالربط بين التدفق الارتوازي

الكبير على سطح البحر ومناطق التغذية والهطولات المطرية الغزيرة في المنطقة (الأشكال 4-5-6-7).

(الجدول 2-). إحدائيات (ميركاتور المعترض) ومناسيب المياه الجوفية في آبار شبكة الرصد الجوفي.

Wells	X [m]	Y [m]	h [m] (mar. 02)	h [m] (Jul. 02)	h [m] (Aug.02)	h [m] (Jan. 02)
W1	330445	3894121	20.92	14.26	13.53	21.57
W2	330410	3894003	20.66	13.91	13.15	21.24
W3	330617	3893965	21.19	13.82	13.22	20.91
W4	330517	3894170	20.48	14.10	13.45	20.58
W5	330594	3893326	25.17	16.36	15.51	25.4
W6	330279	3892405	4.85	2.87	2.77	6.24
W7	329900	3891192	8.57	6.45	6.04	13.52
W8	329964	3891517	11.10	8.74	8.70	13.5
W9	329792	3891867	6.54	4.79	3.44	8.27
W10	330788	3891866	6.26	2.32	1.85	6.3
W11	328733	3878635	5.66	5.05	5.41	6.25
W12	328723	3878899	8.86	8.14	8.07	9.55
W13	327971	3876200	11.41	11.41	8.90	11.41
W14	327466	3874147	19.96	13.47	12.73	19.04
W15	327356	3873730	21.25	13.62	18.82	19.97
W16	326356	3869527	2.70	2.08	1.84	3.06
W17	327463	3868083	3.90	1.85	1.62	5.03
W18	327198	3867064	4.30	2.73	2.63	4.43
W19	327034	3866474	3.52	1.71	2.06	4.17

تبدو غالباً الينابيع تحت البحرية الرئيسية والفعالة على سطح البحر بشكل دائري قطره عدة أمتار، خاصةً عندما يكون البحر هادئاً والرياح خفيفة السرعة. كما يُلاحظ خروج الرمال من عمق البحر في منطقة النبع وعلى أعماق 10-15 m في منطقة تدفق المياه نحو الأعلى. وتقع هذه الينابيع على بعد لا يزيد عن 800m من خط الشاطئ. بينما تكون الينابيع الصغيرة تحت البحرية قريبة من الشاطئ، وخاصةً في منطقة الباصية - بانياس وتتدفق مباشرةً من تكشفات البازلت على عمق عدة أمتار في البحر وتشكل سطوح دائرية بقطر صغير.

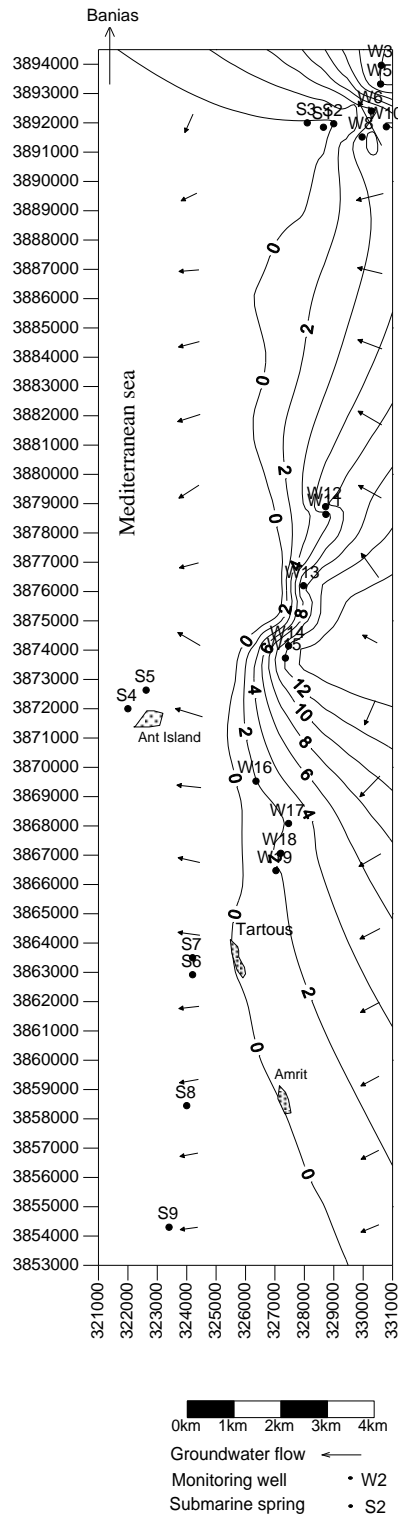
لم تُلاحظ فتحات أو فجوات كبيرة في قاع البحر عند موقع الينابيع تحت البحرية، وتتدفق المياه بفعل فروق الحرارة والكثافة والتغير في السرعة بين مياه النبع ومياه البحر.

تبيّن استناداً إلى الجولات والملاحظات الحقلية وجود علاقة بين حجم مخروط تدفق المياه عند سطح البحر، وأبعاد تدفق المياه من عمق البحر، وعمق النبع تحت البحري والتي تعتمد بدورها على مقدار تصريف النبع.

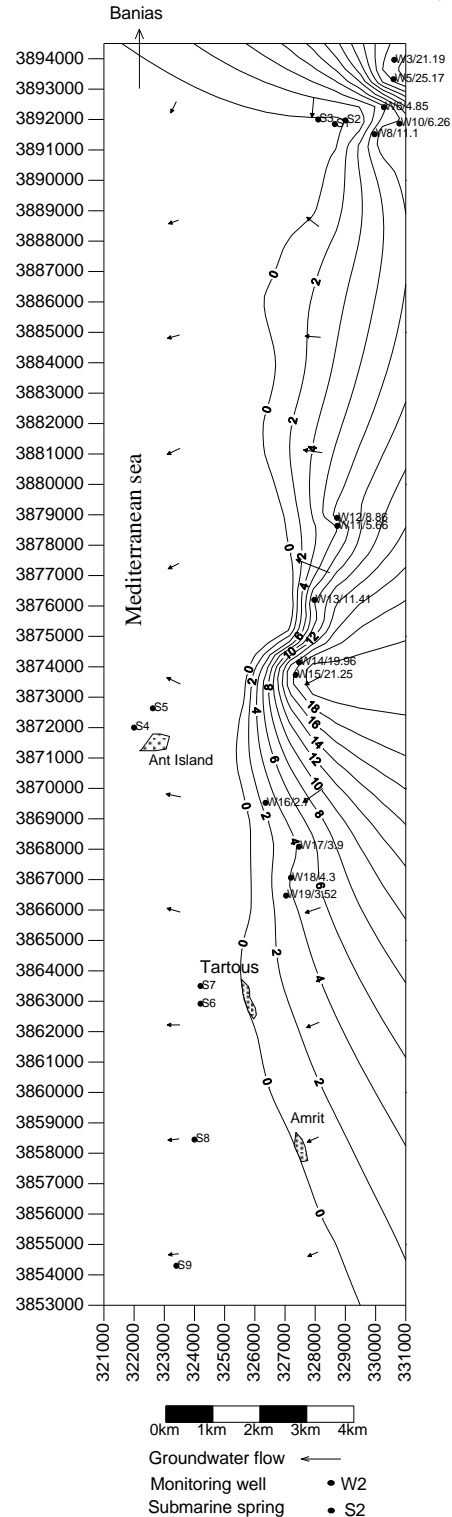
تتوافر غالباً عدة مخارج قليلة التصريف للينابيع تحت البحرية على سطح البحر، لكنها تختلط كلياً مع مياه البحر ولا تظهر تموجات على سطح البحر، وبما أن الينابيع الرئيسية لا تتواجد قرب الشاطئ، فإن الضاغط الهيدروليكي يعمل على زيادة تصريف النبع تحت البحري بازدياد العمق والبعد عن شاطئ البحر.

يتغير تدفق الينابيع تحت البحرية خلال السنة تبعاً للأوضاع المناخية والهيدرولوجية السائدة، وقد يحدث أحياناً تداخل مياه البحر بشكل ظاهرة الانتثار ضمن طبقات المياه الجوفية العذبة الشاطئية، في حال الضخ الجائر من المياه

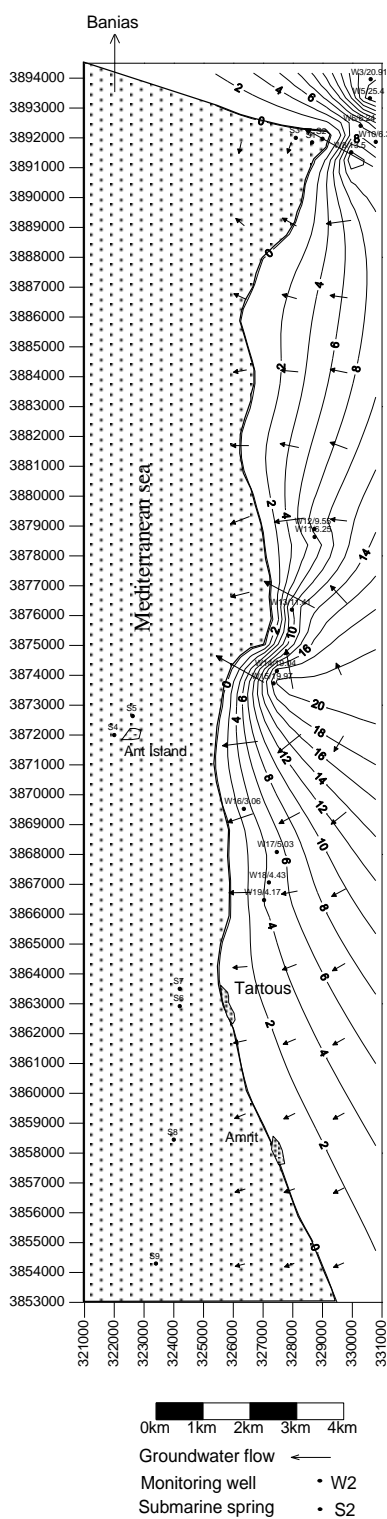
الجوفية خلال الصيف في بعض المواقع عندما تتوفر ظروف هيدروجيولوجية مناسبة (الشكل 8- [9]).



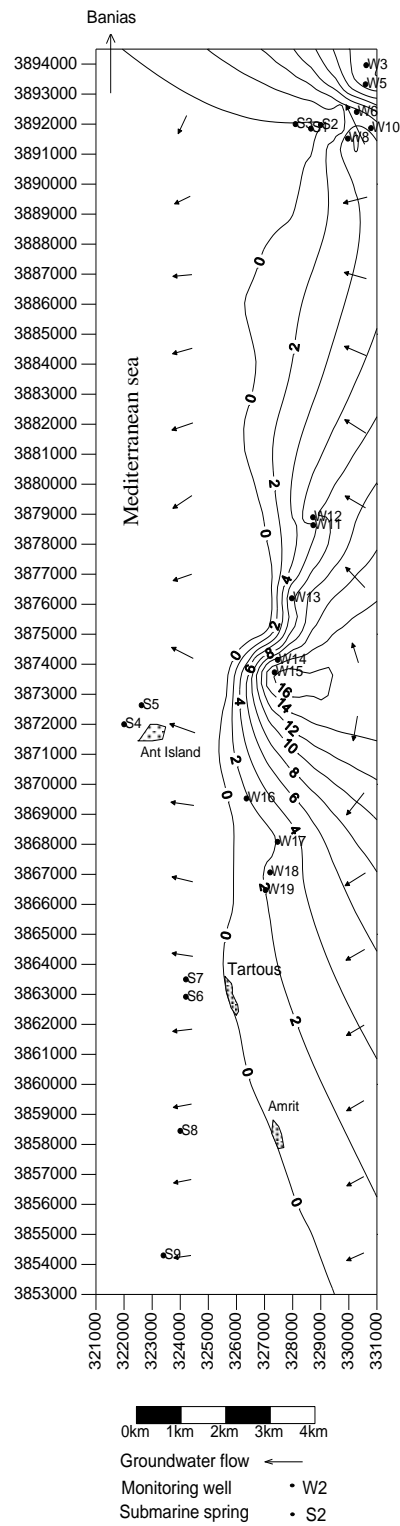
(الشكل 5-). الشبكة الهيدروديناميكية لجريان المياه الجوفية خلال شهر تموز 2002.



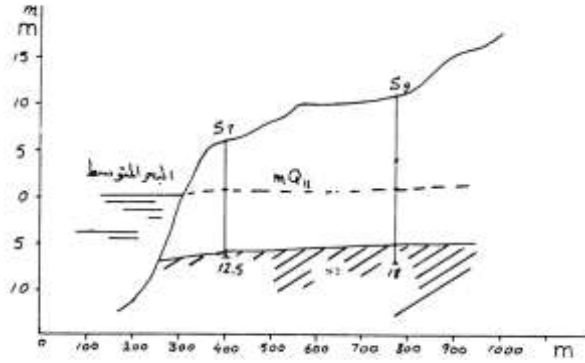
(الشكل 4-). الشبكة الهيدروديناميكية لجريان المياه الجوفية خلال شهر آذار 2002.



(الشكل -7). الشبكة الهيدروديناميكية لجريان المياه الجوفية خلال شهر كانون الثاني 2002.



(الشكل -6). الشبكة الهيدروديناميكية لجريان المياه الجوفية خلال شهر آب 2002.



(الشكل 8-). مقطع هيدروجيولوجي في سهل جبلة - أرض القميري [9].

### 3. نوعية مياه الينابيع تحت البحرية

وجدنا من خلال قياسات الناقلية الكهربائية لبعض الينابيع تحت البحرية في الباصية وطرطوس، أنه لا تظهر مياه عذبة على سطح البحر عند موقع معظم الينابيع، لكن تظهر المياه الجوفية العذبة عند مخرج بعض الينابيع تحت البحرية القريبة من الساحل عند الباصية. كما أن الناقلية الكهربائية القليلة لمياه النبع تحت البحري S3 ( 1211  $\mu\text{s/cm}$ ) التي أخذت بوساطة غطاس عند فم النبع (الشكل 9-9)، تؤكد ظهور مياه جوفية عائدة للبالزت تبعاً للظروف الهيدروجيولوجية السائدة. وأكدت قياسات نوعية مياه الينابيع تحت البحرية أن 20-90% من مياه هذه الينابيع عذبة (الجدول 3 - 3).



(الشكل 9-). عينات المياه الجوفية من النبع تحت البحري S3.

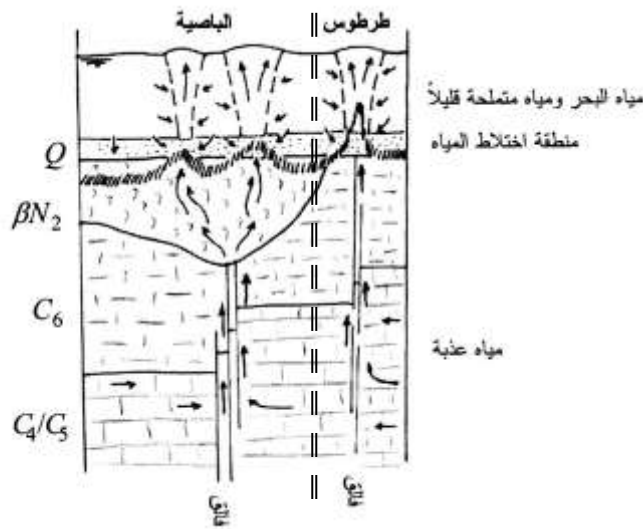
تتعرض المياه العذبة الصاعدة من فم النبع تحت البحري للتلوث باختلاطها مع مياه البحر بسبب الاختلاف في السرعة والكثافة بين مياه البحر ومياه النبع (الاختلاط الهيدروليكي Hydraulic mixing).

إذ تزداد أهمية ظاهرة التشتت مع انخفاض سرعة الجريان كما في ظاهرة تيارات الحمل، حيث تصعد المياه شبه المالحة نحو الأعلى نتيجة قلة كثافتها مشكلةً قمع دائري الشكل على سطح مياه البحر. (الجدول -3). قياسات نوعية مياه بعض الينابيع تحت البحرية.

Spring No.	Date	Depth [m]	E.C ( $\mu.s/cm$ )	Notes
S <sub>2</sub> (Bassieh)	Aug. 2002	10	50000	
	Sep. 2002		41300	
S <sub>6</sub> (Tartous)	Sep. 2002	13	9010	
S <sub>7</sub> (Tartous)	Sep. 2002	15	19550	
Reference Sea Water Electrical conductivity (E.C): 60000 ( $\mu.s/cm$ ).				

تبدأ ظاهرة تلوث مياه الينابيع تحت البحرية عند قاع البحر في الرمال البحرية وكذلك في طبقة المياه الجوفية الحرة (الرباعي والبازلت  $Q, \beta N_2$ )، وكذلك تبعاً لفروقات الكثافة والضاغط الهيدروليكي بين مياه البحر والينابيع تحت البحري. ويزداد التلوث كلما ازداد طول مسار حركة المياه، فينحصر العنور على مياه ينابيع عذبة في المناطق القريبة من الشاطئ البحري، وبالتالي يمكن تمييز الفرق بين الينابيع تحت البحرية في طرطوس والباصية اعتماداً على الأوضاع الجيولوجية السائدة. إذ تستغرق المياه الجوفية الكارستية (السينومانيان والتورونيان  $C_4, C_5$ ) في منطقة الباصية زمناً طويلاً إلى قاع البحر، نظراً لوجود طبقة سميكة من الغطاء البازلتي حوالي 100 m (الشكل -10).

إن المياه الكارستية للينابيع تحت البحرية تختلط مع مياه البحر ولا تظهر هذه الينابيع على سطح البحر في مكان تكشف الطبقة الحاملة للمياه الجوفية المضغوطة ضمن البحر، وتبعاً لبعدها عن خط الشاطئ وسماكة التوضعات وبنيتها الجيولوجية، إضافةً إلى بنية الرسوبيات البحرية الحديثة، فإن مياه الينابيع تحت البحرية تصبح أكثر عذوبةً، وتتوقف درجة اختلاط مياه الينابيع مع مياه البحر على قيمة الضاغط البيزومتري وسرعة الجريان عند مخرج المياه الكارستية، وعلى تدفق المياه الجوفية العذبة ضمن البحر.



(الشكل -10). النموذج الاعتباري للينابيع تحت البحرية.

#### 4. تقدير كميات التصريف Estimation of discharge quantity

قدّرنا مقدار التصريف عند مخرج النبع تحت البحري من خلال قياسات سرعة التصريف تبعاً لأعماق الينابيع تحت البحرية ولكل 1m منها، بواسطة جهاز قياس نوعي لسرعة الجريان يشبه جهاز البزامة المائية لقياس تصاريف الأنهار، إذ يتم تثبيت الجهاز بواسطة غطّاس على ارتفاع 0,5-1 m من قاع البحر.

تمثل قياسات سرعة الجريان التي نفذت في الينابيع تحت البحرية، فقط أوضاع الجريان خلال مرحلة إجراء التحريات، لأن معدلات سرعة جريان المياه وبالتالي قيم تصاريف هذه الينابيع تتأثر بشكل كبير بحالة الأمواج تحت البحرية والتي تتغير مع العمق، رغم أن تحديد موعد تنفيذ تحرياتنا البحرية، اعتمدت على حالة البحر وحركة الأمواج المتوقعة من مديرية الأرصاد الجوية. وهذه القياسات ليست فقط نتيجة الفرق في الضاغط البيزومتري المتعلق بمناطق التغذية والصرف في النظام المائي، بل هي إحدى مؤثرات الفرق في الكثافة بين المياه المالحة والعذبة ونصف المالحة التي تتناقص قيم كثافتها بسرعة نحو قاع البحر. وتبعاً لمبدأ غيبين - هرتزبرغ، فإن حساب عمق سطح التداخل بين المياه الجوفية العذبة ومياه البحر يعتمد على فرق الكثافة بين مياه البحر والمياه الجوفية، إضافةً إلى ضاغط المياه

$$h_s = \frac{\rho_f \cdot h_f}{\rho_s - \rho_f} \quad [10]: \text{ الجوفية العذبة}$$

حيث:  $h_f$  - ارتفاع المياه العذبة فوق سطح البحر،  $\rho_f$  - كثافة المياه العذبة،  $\rho_s$  - كثافة مياه البحر. كما أن عامل رشح طبقة المياه الجوفية العذبة  $K$  التي تتكشف في البحر، يصبح عند دراسة مسائل الينابيع

$$\text{تحت البحرية بالشكل الآتي: } k' = k \frac{\rho_s - \rho_f}{\rho_f} \text{، إذ يعتمد على فرق الكثافة بين مياه البحر والمياه الجوفية العذبة.}$$

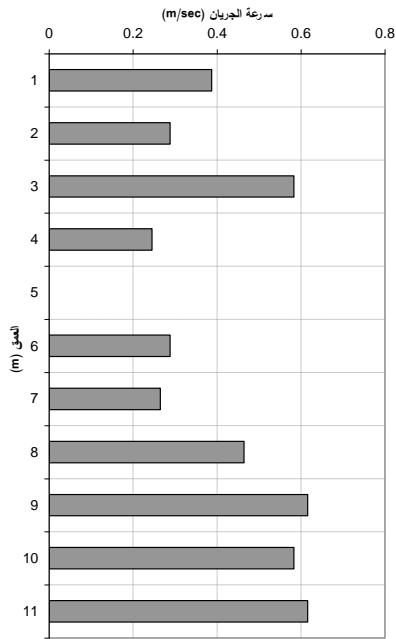
تشير الدراسات النظرية إلى عدم انتظام سرعة جريان مياه الينابيع تحت البحرية، التي تخضع لتغيرات كبيرة خلال فترة زمنية قصيرة. فقد تفاوتت سرعة جريان المياه في ينابيع (بانياس - الباصية) خلال فترة المسح بين  $0,11-0,26$  m/sec والقيمة الوسطية لها  $0,17$  m/sec. بينما بلغ متوسط تصريف هذا النبع  $Q = 3,4 \pm 20\%$  m<sup>3</sup>/sec (الشكل-11). كما تمّ رصد ينابيع تحت بحرية صغيرة بالقرب من الشاطئ عند بانياس، تمتاز بسرعة جريان صغيرة وتصاريف سطحية صغيرة تتسجم مع ملوحة عالية للمياه تنصف بقوى دفع قليلة نظراً لفروقات الكثافة. وتراوحت سرعة جريان الينابيع تحت البحرية التي تمّ رصدها بالقرب من مدينة طرطوس ومرفئها بين  $0,16-0,65$  m/sec والقيمة الوسطية لها  $0,42$  m/sec، ومتوسط تصريفها  $Q = (0,12 - 1,9) \pm 20\%$  m<sup>3</sup>/sec (الشكلان 12-13).

عندما تكون درجة اختلاط مياه الينابيع تحت البحرية مع مياه البحر كبيرة، فإن المياه الكارستية المتدفقة عبر البحر تخضع لفرق الكثافة بين مياه النبع والبحر. وتكون عندها سرعة الجريان ضئيلة (بانياس). بينما عندما تتدفق المياه الكارستية للينابيع بضاغط كبير ضمن البحر، فإن سرعة الجريان تكون كبيرة (طرطوس).

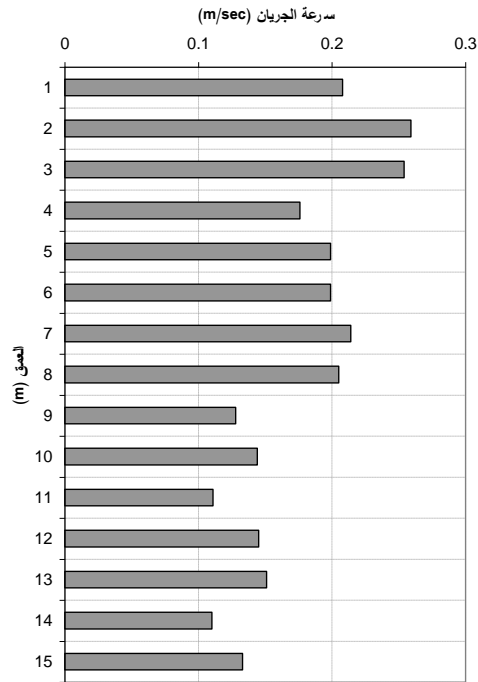
من الوجهة النظرية، تؤكد الينابيع تحت البحرية التي تتدفق بتصاريف صغيرة ضمن البحر، أن كميات المياه الكارستية التي تمّ استثمارها من اليابسة كبيرة جداً. علماً أنه في بانياس (خليج الباصية) يمكن تحديد الآبار الإنتاجية الاستثمارية على اليابسة بشكل سهل نسبياً، تبعاً للفوالق الرئيسية التي تمتد باتجاه البحر، عكس تحديد الآبار الإنتاجية في طرطوس وجزيرة النمل وعمريت التي لا تظهر فيها الفوالق بشكل مؤكد.



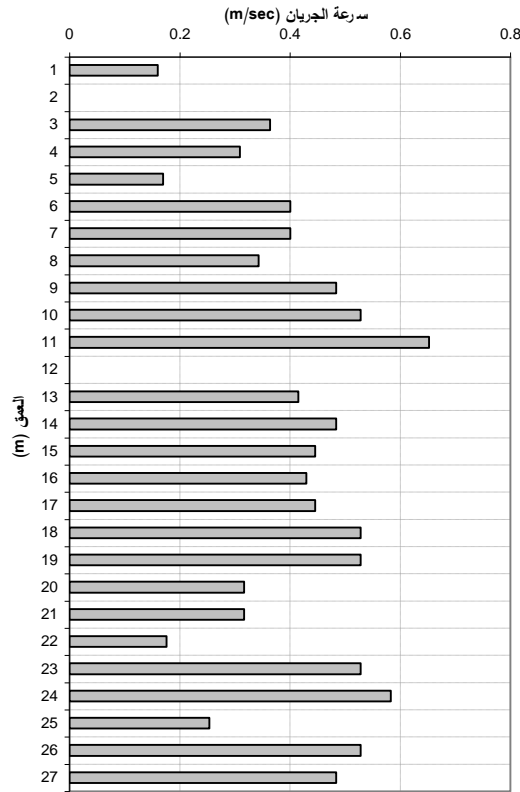
عموماً، لا يمكن استخدام مياه الينابيع تحت البحرية مباشرةً لأغراض مياه الشرب، بسبب امتزاجها مع مياه البحر عند انبثاقها من فم النبع في البحر. لذلك لا بد بعد تنفيذ تحريات وقياسات متخصصة في البحر واليابسة، من الاستفادة من الخبرات العالمية في هذا المجال، رغم أن أفضل الحلول هي استثمار هذه الينابيع من اليابسة، وذلك بحفر مجموعة آبار إنتاجية تُحدد بدقة من جملة تحريات جيولوجية وهيدروجيولوجية دقيقة، واستخدام تقانات الأتمتة في تحديد معدلات الضخ المناسبة تجنباً لحدوث مشاكل تداخل مياه البحر ضمن طبقات المياه الجوفية العذبة.



(الشكل -13). تأرجحات سرعة الجريان مع العمق للنبع تحت البحري S<sub>7</sub>.



(الشكل -11). تأرجحات سرعة الجريان مع العمق للنبع تحت البحري S<sub>2</sub>.

(الشكل -12). تأرجحات سرعة الجريان مع العمق للنبع تحت البحري S<sub>6</sub>.

### الاستنتاجات والتوصيات:

1. تغذي الطبقات الحاملة للمياه الجوفية من عمر النيوجين والكريتاسي، الينابيع تحت البحرية في بانياس وطرطوس وتتدفق ذاتياً في البحر في مواضع تكشفها تبعاً للبنية الفالقية السائدة.
  2. تتفاوت سرعة جريان مياه الينابيع تحت البحرية في حوض الساحل بين  $0,11-0,65$  m/sec، وتصاريفها بين  $Q = (0,12-3,4) \pm 20\%$   $m^3/sec$  تبعاً لفروق ملوحة المياه والكثافة والضغوط بين مياه البحر ومياه الينابيع تحت البحرية.
  3. تتعرض مياه الينابيع تحت البحرية للتلوث باختلاطها مع مياه البحر تبعاً لاختلاف سرعة الجريان والكثافة بينهما. وتتفاوت نسبة المياه العذبة في الينابيع تحت البحرية عند سطح البحر بين 20-90% تبعاً للبنية الجيولوجية السائدة.
- لذلك نوصي باستمرار تنفيذ التحريات والقياسات في الينابيع تحت البحرية التي تُهدر مياهها دون استثمار في البحر مباشرة، ومتابعة القياسات المائية (كمياً ونوعياً) في شبكة آبار المراقبة على اليابسة وعلى مدار العام، إضافةً إلى اقتراح استثمار مياه الينابيع تحت البحرية بوساطة حفر مجموعة من الآبار الإنتاجية على اليابسة، شرط أن تمنع حدوث ظاهرة تداخل مياه البحر ضمن طبقات المياه الجوفية العذبة الساحلية.

## المراجع:

- 1- BREZNIK, M.– *Storage Reservoirs and Deep Wells in Karst Regions*, A.A Balkeman, Holland, 1998, 251.
- 2- المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية- الخارطة الجيولوجية لسورية، رقعتي بانياس وطرطوس، مقياس 1:50000، مع المذكرة الإيضاحية. دمشق 1980، 85.
- 3- PARTNERS FOR WATERS, *Coastal water resources management project*, Netherlands, 2004, 55.
- 4- د. الأسعد، علي محمد، د. حايك، شريف- *الهيدروجيولوجيا 1*. جامعة تشرين. 2007. 374.
- 5- IBG/DHV Company, *Project of Supplying Part of the Water Demand of Damascus City and Its Country Side from the Syrian Coastal Area Water Surplus*, Switzerland-Holland, 2004, 325.
- 6- الهيئة العامة للاستشعار عن بُعد- *استخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظام المعلومات الجغرافية في دراسة النياابيع العذبة تحت البحرية في الساحل السوري وتحديد نطاقات التغذية والجريان*، دمشق 1998، 116.
- 7- FAO, *Seawater intrusion in coastal aquifers – guidelines for study, monitoring and control*, Rome, 1997, 153 .
- 8- JICA, *Basic study of the submarine springs in the Bassiya Gulf*, Japan, 2002, 85.
- 9- جامعة تشرين، مديرية الري العامة لحوض الساحل، المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية- *تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية العذبة في الساحل السوري*. دمشق، 1998، 147.
- 10- د. الأسعد، علي محمد، - *الهيدروجيولوجيا*. جامعة تشرين. 2006. 413.

