

## Modeling of the Confined Water Resources in the Plain Region of Banyas River Catchment

Dr. Sharif B. Hayek \*  
Dr. Ghatfan A. Ammar \*\*  
Nour Faisal Ghanem \*\*\*

(Received 29 / 4 / 2019. Accepted 21 / 7 / 2019)

### □ ABSTRACT □

Based on necessity to find the best ways to invest and manage the available groundwater resources. We evaluated the confined water resources in the plain region of Banyas river catchment quantitatively, to predict the possible changes.

The research area is located in the plain western part of the Banyas river catchment, and the area reach to 13 km<sup>2</sup>. The research aims to create a numerical model of ground water movement, after development the conceptual model and calibrate it, prelude to put future investment scenarios, by the GMS-Modflow program, based on the measured monthly data between (2003-2004).

We have created the optimal scenario to manage the available groundwater resources, by proposing drilling 30 wells, by discharging 2000-10000 m<sup>3</sup>/day per well. The results were concluded an increase in investment of wells to 278010 m<sup>3</sup> per day, accompanied decreases in groundwater levels in the area wells ranged between (2-1) m. Which does not pose a threat to the investment of the aquifer.

**Keywords:** Banyas, water resources management, confined aquifer, GMS.

---

\* Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. E-mail: [sharif.hayek@yahoo.com](mailto:sharif.hayek@yahoo.com).

\*\* Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. E-mail: [ghatfan62@gmail.com](mailto:ghatfan62@gmail.com).

\*\*\* Master student, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. E-mail: [noor.ghanem16890@gmail.com](mailto:noor.ghanem16890@gmail.com).

## نمذجة موارد المياه الجوفية المضغوطة في المنطقة السهلية لحوض نهر بانياس

الدكتور شريف بدر حايك\*

الدكتور غطفان عبد الكريم عمّار\*\*

نور فيصل غانم\*\*\*

(تاريخ الإبداع 29 / 4 / 2019. قُبِلَ للنشر في 21 / 7 / 2019)

### □ ملخّص □

انطلاقاً من ضرورة إيجاد الطرائق المثلى لاستثمار وإدارة موارد المياه الجوفية المضغوطة المتاحة. قمنا بتقويم موارد المياه الجوفية المضغوطة في المنطقة السهلية لحوض نهر بانياس كمياً، والتنبؤ بالتغيرات المحتملة عليها. تقع منطقة البحث في الجزء الغربي السهلي من حوض نهر بانياس وتبلغ مساحة المنطقة حوالي 13km<sup>2</sup>. يهدف البحث إلى بناء نموذج رياضي لحركة المياه الجوفية في المنطقة، بعد تطوير النموذج الاعتيادي ومعايرته، تمهيداً لوضع سيناريوهات الاستثمار المستقبلية، وذلك باستخدام برنامج GMS-Modflow، بالاعتماد على البيانات الشهرية المقيسة ما بين عامي (2003-2004).

قمنا بوضع السيناريو الأمثل لإدارة الموارد المائية الجوفية المتاحة، من خلال اقتراح حفر 30 بئراً، بتصريف 10000-2000 m<sup>3</sup>/day لكل بئر. وخلصت النتائج إلى ازدياد الاستثمارات من الآبار إلى 278010 m<sup>3</sup> يومياً، وترافقت بهبوطات في مناسيب المياه الجوفية في آبار المنطقة تراوحت بين (1-2) m. الأمر الذي لا يشكل خطراً على استثمار طبقة المياه الجوفية.

**الكلمات المفتاحية:** بانياس، إدارة الموارد المائية، طبقة مياه جوفية مضغوطة، GMS.

\*أستاذ - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - سورية. البريد الإلكتروني . [sharif.hayek@yahoo.com](mailto:sharif.hayek@yahoo.com)

\*\*أستاذ - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - سورية. البريد الإلكتروني: [ghatfan62@gmail.com](mailto:ghatfan62@gmail.com)

\*\*\*طالبة ماجستير - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - سورية. البريد الإلكتروني:

[noon.ghanem16890@gmail.com](mailto:noon.ghanem16890@gmail.com) .

**مقدمة:**

في إطار السياسات التنموية المنقّدة في السنوات الأخيرة التي توافقت مع زيادة الطلب على المياه كونه يحتل الدور الأساس لتغطية المشاريع التنموية، تمّ التوسع باستخدام المياه الذي تطلب انتهاج سياسة الاستدامة واستعمال المياه بفعالية ودون هدر، مع الحرص على تنمية الموارد المائية بالشكل الأمثل.

قيّم الباحثان ( Abdelaziz And Bakr, 2012 ) موارد المياه الجوفية المحتملة لتنمية شبه جزيرة سيناء في مصر، حيث عدد السكان كبير و4% فقط من مجموع أراضيها صالحة للزراعة. استناداً إلى بيانات الآبار المتاحة، تم تطبيق النموذج بالاستفادة من خصائص برنامج *GMS-Groundwater Modeling System*. وتم معايرة نموذج تدفق المياه الجوفية بنجاح حيث أظهر النموذج أن التغذية تتراوح بين  $1.62 \cdot 10^{-5}$  m/day الناجمة عن تسرب مياه الأمطار فقط و  $3.5 \cdot 10^{-3}$  m/day الناجمة من مزيج مياه الأمطار والري والمصادر المحتملة الأخرى. وتتراوح قيم الناقلية الهيدروليكية بين  $k = 0.86-156$  m/day [1].

قامت (محمد، 2014) بدراسة تأثير التغيرات المناخية على تدفق نبع بانياس، وإيجاد علاقة تربط بين الهطل المطري والتدفق تسمح بوضع تنبؤات مستقبلية لتصريف النبع، إضافة إلى وضع خطط الاستثمار المناسبة للموارد المائية المتاحة في منطقة البحث، وتقويم نوعية مياه النبع من أجل تحديد صلاحيتها للاستخدامات المختلفة بالاعتماد على سيناريوهات إدارة موارد المياه في المنطقة [2].

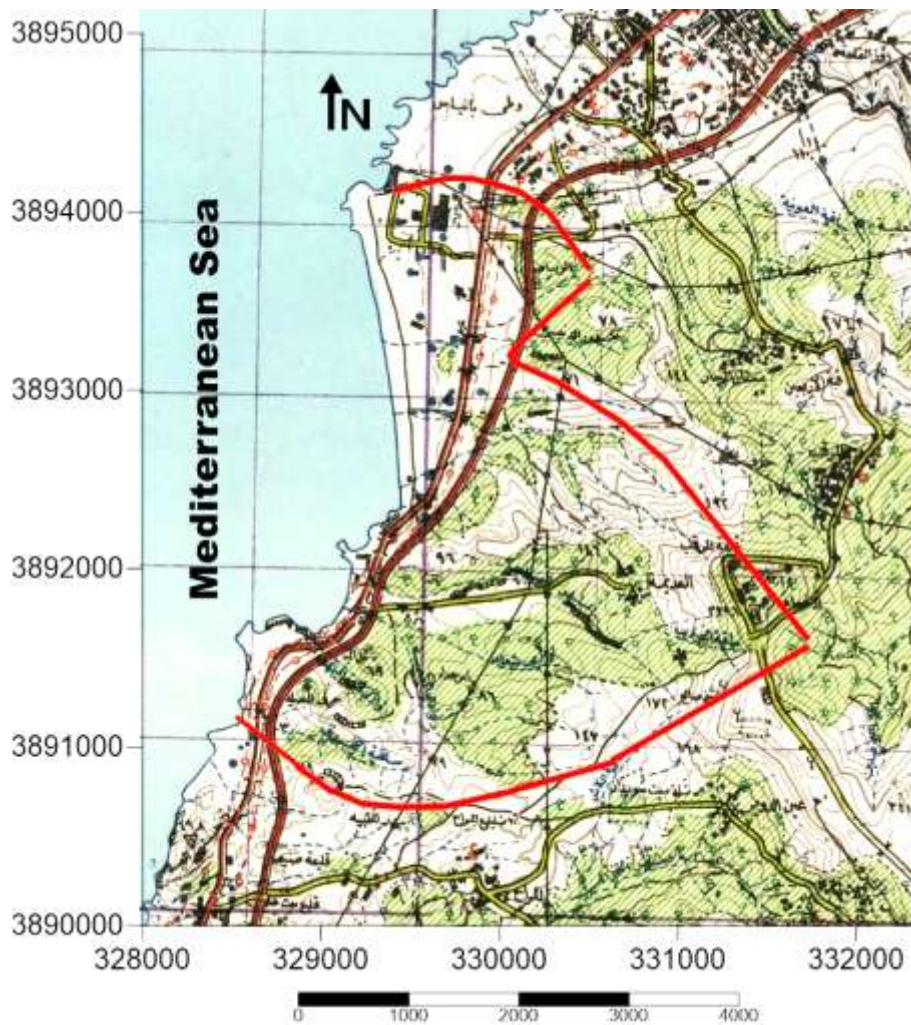
درس (Abd Elghany et al., 2015) مسائل المياه الجوفية خاصة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة في مصر، والمنطقة المثيرة للقلق في هذه الدراسة مدينة العبور التي تقع على الحوض المائي لمصر الجديدة. إذ تم محاكاة منطقة الدراسة التي تعاني من ارتفاع منسوب المياه الجوفية واقترح إقامة آبار الصرف الشاقولي لتصريف هذه المياه. حيث تم استخدام برنامج *GMS 7.1* لتمثيل آبار الصرف الشاقولي المقترحة باعتماد الناقلية الهيدروليكية الرأسية الكبيرة مع مراعاة الناقلية الأفقية. وقد تم تطبيق سيناريوهات مختلفة باقتراح أعداد مختلفة من الآبار (35، 30، 27، 24 و 20 بئراً) لاختيار العدد الأمثل من الآبار. تم اعتماد 27 بئراً للصرف الشاقولي في هذه المنطقة [3].

وشملت دراسة (Hammami et al., 2017) بعض طبقات المياه الجوفية الأكثر استثماراً في وسط تونس، مما أدى في النهاية إلى استنزافها. تعرض هذه الدراسة نموذج لتدفق المياه الجوفية ونقل المذبيبات. ويستند هذا النموذج إلى نظام نمذجة المياه الجوفية (*GMS*) وتمت معايرته باستخدام بيانات من عام 1970 إلى عام 2010. تمت دراسة تأثير الضخ على تغير مناسيب المياه الجوفية من خلال ثلاثة سيناريوهات ضخ افتراضية. فأظهر كل من السيناريو الأول والثاني الانخفاض التدريجي في ضواغط المياه الجوفية (حوالي 17m في السيناريو الأول و23m في السيناريو الثاني) بعد زيادة معدلات الضخ بنسبة 30% و 50% من قيمهما الحالية، على التوالي. وبالإضافة إلى ذلك، عندما يتوقف الضخ في السيناريو الثالث، يزداد احتياطي المياه الجوفية بنحو 7 ملايين متر مكعب في السنة [4].

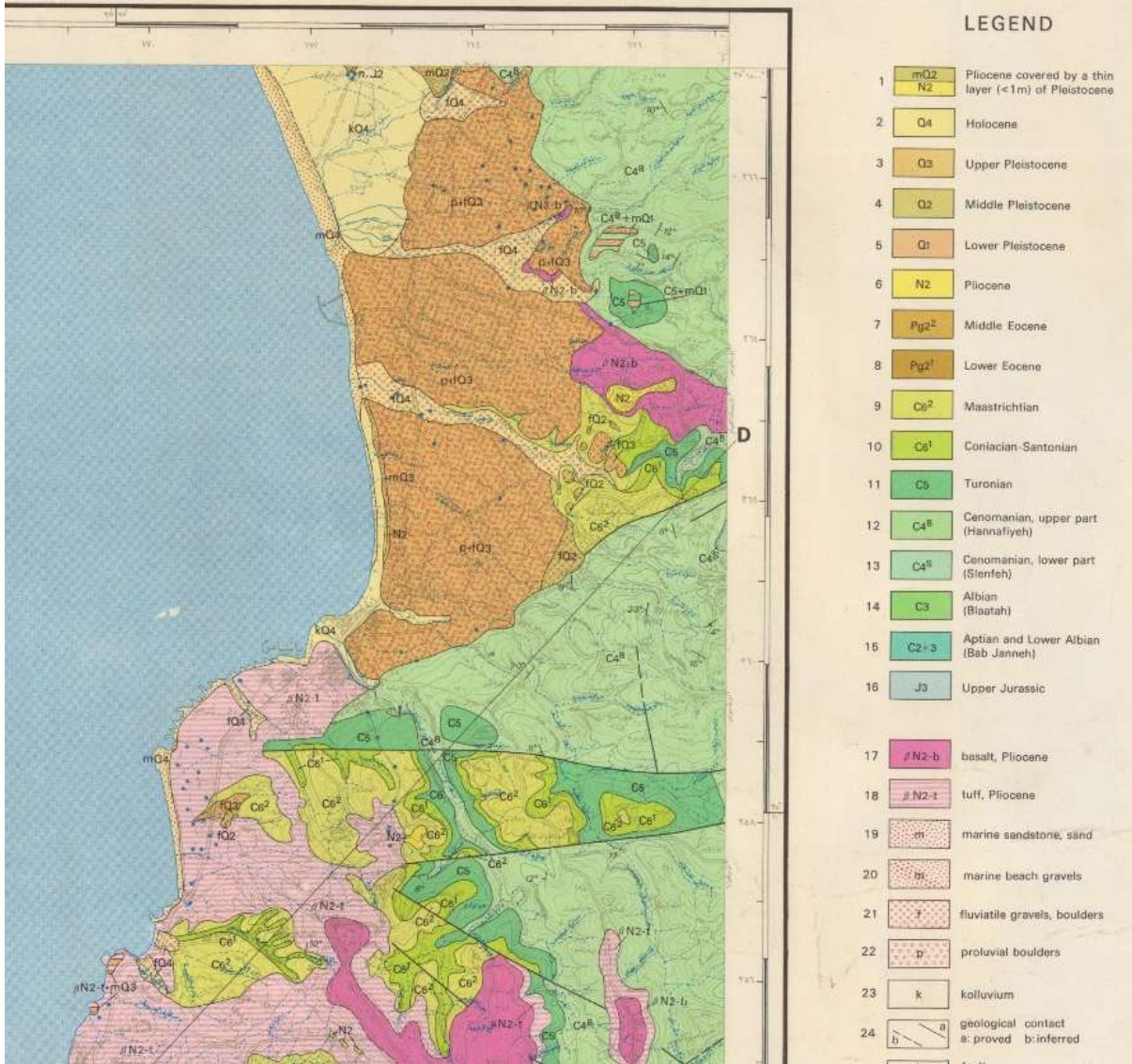
درس (Sobeih et al., 2017) محاكاة وتنبؤ تأثير التنمية المستقبلية على جريان ومناسيب المياه الجوفية في قناة النوبارية بما في ذلك مدينة السادات ومناطقها في منطقة دلتا النيل الغربي. حيث تم استخدام نموذج عددي للمياه الجوفية (*MODFLOW*) لمحاكاة التدفق والحصول على حجم المياه الجوفية في منطقة الدراسة. تمت محاكاة ثلاث سيناريوهات للتنمية لإعطاء تنبؤات حول تأثير زيادة الاستهلاك في المستقبل، وبناء قناة جديدة ومصارف مفتوحة جديدة، وكذلك زيادة الضخ على مستويات المياه الجوفية في منطقة الدراسة [5].

تقع منطقة البحث في الجزء الغربي السهلي من حوض نهر بانياس حيث تبلغ مساحة المنطقة حوالي 13 كم<sup>2</sup>، وتمتاز بميول خفيفة وأراضي منبسطة وحركة للمياه الجوفية تتجه نحو الغرب عموماً؛ أي نحو البحر مسيطرة للسطح الطبوغرافي، حيث تراوح الميل الميل الهيدروليكي بين 1.4% - 1.5% ووصل حتى 2.4% في بعض المناطق، حيث تقع جنوب مصفاة بانياس، و

يحدها من الشرق أوتستراد طرطوس \_ اللاذقية، ويحدها من الغرب البحر المتوسط (الشكل-1). إن الجيولوجيا السائدة في الحوض المدروس يغلب عليها انتشار تشكيلات الكريتاسي، وهي ممثلة بالأحجار الكلسية، الدولوميت، المارل، والمارل الحواري، وهي متوافقة أحياناً مع طبقات الجوراسي. تقتصر الرسوبيات الرباعية المنكشفة في منطقة بانياس على ساحل البحر المتوسط، وتكون هذه الرسوبيات من منشأ برولوفياي نهرية وبحرية (الشكل-2).



(الشكل -1): منطقة البحث.



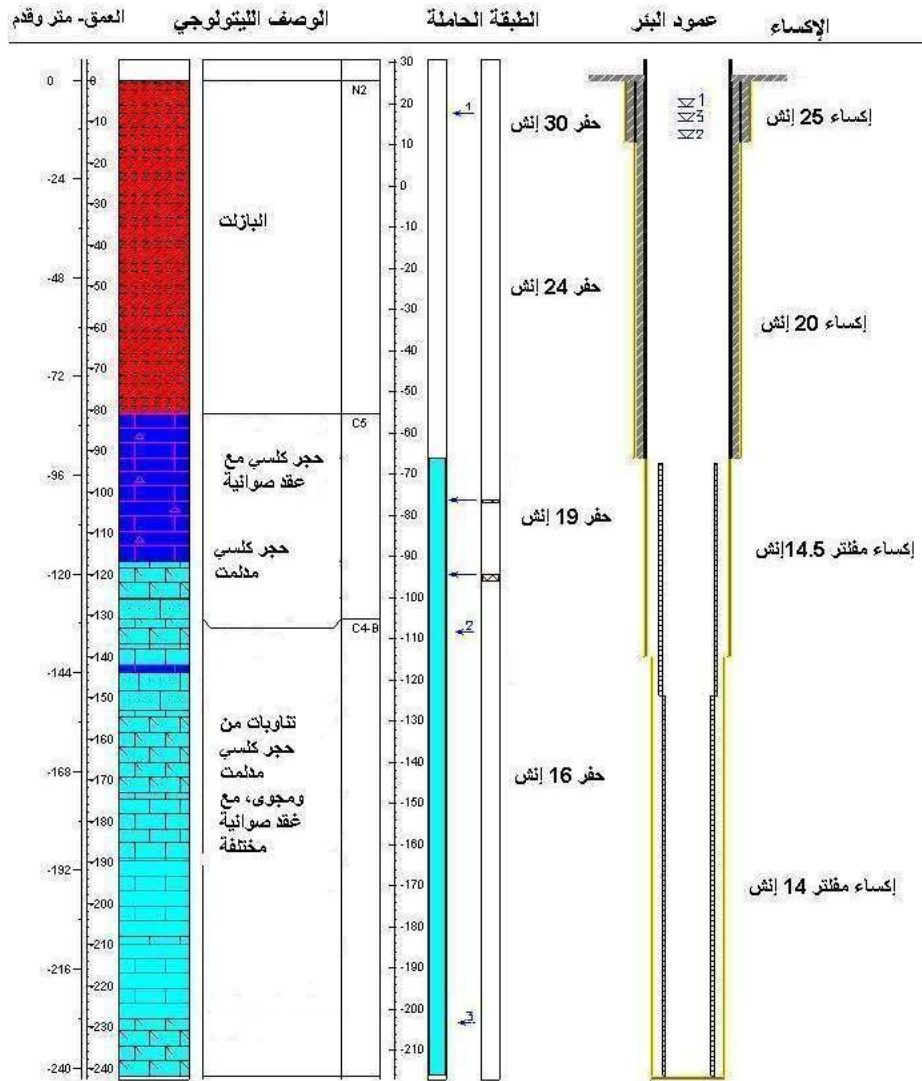
(الشكل-2): خريطة التكتشفات الجيولوجية لمنطقة البحث

وبين العمود الليتولوجي (الشكل 3-3)، توضع الطبقات، حيث تبدأ من طبقات سماكتها تتراوح بين (30 – 100) م من البازلت وتتفاوت نفاذيتها بين  $0.5 - 10 \text{ m/day}$  ونفاذيتها المائية بين  $860 \text{ m}^2/\text{day} - 312$ ، وهي من تشكيلات النيوجين، التي تغطي مباشرةً الطبقات العائدة للعصر الكريتاسي، الطبقة شبه الكتيمة الفاصلة العائدة لتشكيلات الكريتاسي الأعلى  $C_6$  ذات سماكة 60 م ونفاذية  $0.0001 - 0.001 \text{ m/day}$ . ويتشكل الحامل المائي الأسفل ضمن تشكيلات الكريتاسي الأوسط والأدنى  $C_5$  و  $C_4b$ ، التي تتراوح سماكتها من 100 إلى 150 م وقد تصل إلى 200 م في بعض المناطق، وتتميز بناقلية هيدروليكية عالية، تتراوح بين  $500 - 10 \text{ m/day}$ ، والناقلية المائية تصل إلى أكثر من  $20000 \text{ m}^2/\text{day}$  [6].

#### مشكلة البحث

تعد زيادة الطلب على المياه مع ارتفاع معدل النمو السكاني والصناعي أهم التحديات المعاصرة التي يواجهها العالم اليوم، مما يجعل دراسة الموارد المائية وتخطيط استثمارها وإدارتها بشكل جيد ضرورة ملحة. فقد أصبح من المهم حماية

موردنا المتاحة من خطر الاستثمارات الجائرة والاستنزاف، خاصة أن منطقة الدراسة غنية بمصادر مائية غير مستثمرة إلى الآن بشكل مدروس، تذهب مياهها هدرًا دون تخطيط واستثمار من خلال تصريف الينابيع تحت البحرية المنتشرة في المنطقة.



بداية الحفر: 7 تشرين الأول 2002  
نهاية الحفر: 6 شباط 2003  
تجربة الضخ: 16 شباط 2003

X = 35.93214  
Z = 35.173  
Z = 25.8 m

(الشكل-3): العمود الليتولوجي لإحدى آبار الضخ المحفورة في منطقة البحث

### أهمية البحث وأهدافه:

#### أهمية البحث

تأتي أهمية هذا البحث من ضرورة إيجاد الطرائق المثلى لاستثمار وإدارة موارد المياه المضغوطة المتاحة ضمن المنطقة السهلية لحوض نهر بانياس، في ظل الحاجة المتزايدة للموارد المائية، وغياب الإدارة الرشيدة لاستثمارها. وذلك باعتماد

التقانات الحديثة التي تعتمد النماذج العددية الرياضية في محاكاة نظام المياه الجوفية، الأمر الذي يسمح بإدارة هذه الموارد من الوجهة الكمية والنوعية، والتنبؤ بالتغيرات المحتملة عليها تبعاً لسيناريوهات الاستثمار المستقبلية المقترحة.

#### هدف البحث

يهدف البحث إلى وضع خطة لإدارة موارد المياه الجوفية المضغوطة المتاحة في المنطقة السهلية لحوض نهر بانياس باستخدام برنامج: GMS - Modflow، من خلال إعداد سيناريوهات الاستثمار الأمثل لهذه الموارد، اعتماداً على بناء النموذج العددي ومعايرته. من أجل إدارة قطاع المياه بكفاءة وضمان ديمومتها للأجيال القادمة في المستقبل.

#### طرائق البحث ومواده:

تم وضع نموذج جيولوجي اعتباري مناسب للخصائص الهيدرولوجية والهيدروجيولوجية، تمهيداً لاقتراح خطط الإدارة المثلى للموارد المائية المتاحة. وذلك باستخدام برنامج GMS-Modflow. اعتمدنا برنامج GMS – Groundwater modeling system، وهو أحد البرامج الحديثة المتطورة التي تعطي دقة كبيرة في التقويم الكمي لظروف حركة المياه الجوفية، والتنبؤ بالتغيرات المتوقعة خلال فترات زمنية طويلة. حيث يقوم برنامج الـ GMS من خلال نماذجه العديدة بتمثيل سطح الوحدات الجيولوجية، العناصر المنتهية ثلاثية الأبعاد وإدخال بيانات الآبار، وتصدير بيانات من المسح الجيوفيزيائي وإنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد للوضع الستراتيغرافي ومقاطع عرضية، وغيرها من الأغراض التي تفيد النمذجة العددية. تعتمد طريقة الفروق المنتهية على أساس تقسيم مسبق للطبقة الحاملة إلى شبكة خلايا، وتنشأ المعادلة الحاكمة لجريان المياه الجوفية خلال الوسط المسامي، التي يجب حلها من اعتبارات الاستمرارية وانحفاظ الطاقة وقانون دارسي لحركة المياه الجوفية.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

حيث:  $K_{xx}, K_{yy}, K_{zz}$ : قيم الناقلية الهيدروليكية في الاتجاهات الثلاث  $x, y, z$  ( $LT^{-1}$ )؛  
 $h$ : الضاغط الهيدروليكي ( $L$ )؛

$W$ : حجم التغذية أو السحب من وحدة الحجم ( $T^{-1}$ )؛

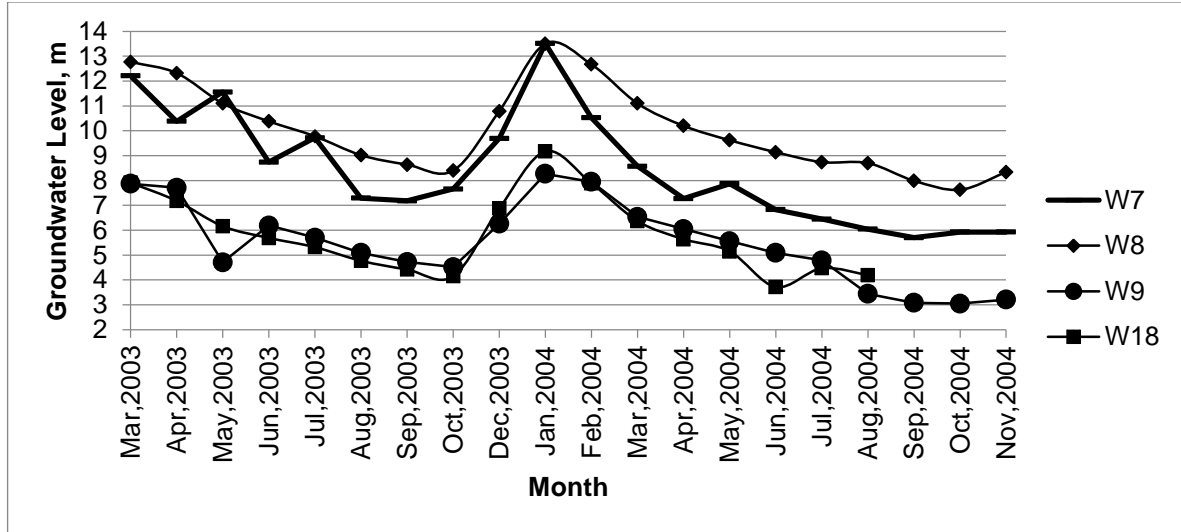
$S_s$ : التخزين النوعي Specific Storage ( $L^{-1}$ )؛

$t$ : الزمن ( $T$ ).

تُمثل قيم الناقلية الهيدروليكية والتخزين النوعي، بالاتجاهات الثلاث  $x, y, z$ ؛ أي تابعة للمكان، ولحل هذه المعادلة لابد من تقسيم الطبقة الحاملة للمياه الجوفية إلى شبكة في الاتجاهات الثلاث، أما التغذية أو السحب والضاغط الهيدروليكي، فهما تابعان للمكان والزمان.

إن الجريان في دراستنا مستقر؛ لأنه عند مراقبة تغيرات مناسيب المياه الجوفية في آبار المراقبة في منطقة البحث، كانت مستقرة وثابتة مع تغيير الزمن كما هو مبين لبعض آبار المنطقة في (الشكل-4)، حيث تراوحت تغيرات

المناسيب بين الأشهر الجافة (آب - تشرين الأول، 2003) والأشهر الأشهر الرطبة (نيسان - أيار، 2003) ما بين 4-5 m بالنسبة لسماكة الحامل المائي للطبقة المدروسة 150m.



(الشكل-4): مخطط تغير مناسيب المياه الجوفية المضغوطة لبعض آبار المنطقة المدروسة (آذار 2003-تشرين 2004)

## النتائج والمناقشة:

### نمذجة المياه الجوفية

إنّ النموذج الحاسوبي هو محاكاة simulation ومقاربة لما يحدث فعلاً في الحقل، ويُناظر الوضع الهيدروجيولوجي عند تمثيل الشروط الحقلية field conditions، حيث يشرح كلاهما الملامح الجيولوجية الرئيسية للمنطقة بشكل مطابق عملياً [7].

### متطلبات البيانات

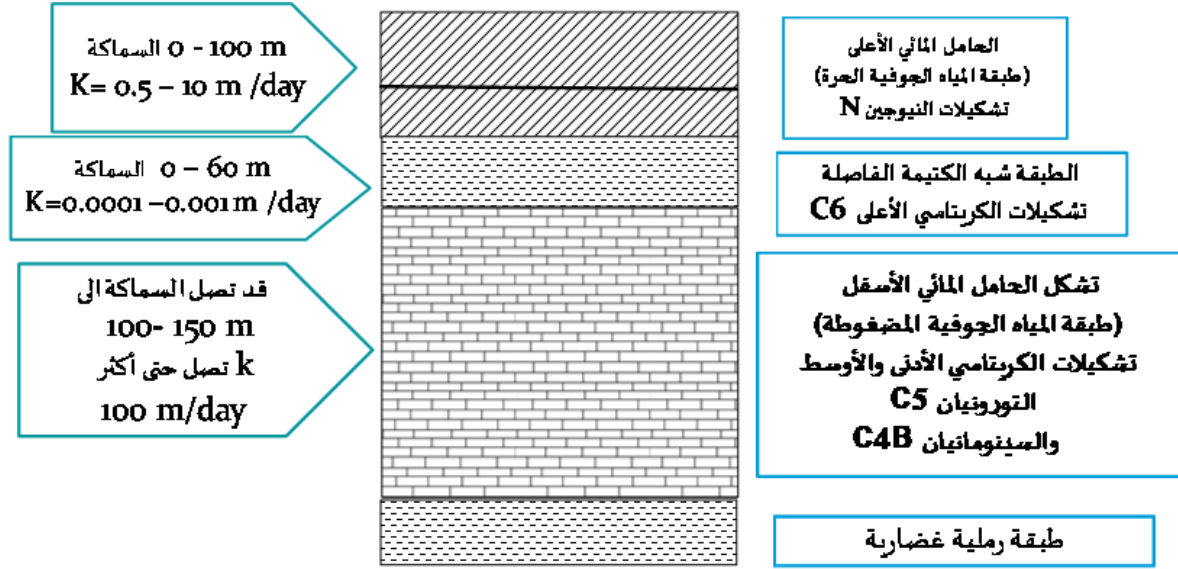
تضم الإدخالات المكانية خرائط منسوب سطح الأرض ومناسيب أعلى وأسفل الطبقات وخرائط سطح المياه الجوفية، وبيانات السماكة المشبعة فوق المنطقة، وخرائط الناقلية الهيدروليكية، ومواقع آبار الضخ ومعدلاتها، ومواقع آبار المراقبة، ومعدلات التغذية والرشح (التسرب percolation) للهطل ومصادر المياه الأخرى.

### النموذج الاعتباري

النموذج الاعتباري هو تمثيل تصويري لنظام جريان المياه الجوفية، على شكل مخطط بياني أو مقطع عرضي (الشكل-5)، إذ تحدد طبيعة النموذج الاعتباري أبعاد النموذج العددي وتصميم الشبكة، وذلك لتبسيط المسألة الحقلية وتنظيم البيانات والمعطيات الحقلية.

يوجد طبقتين حاملتين للمياه الجوفية (حرة ومضغوطة) تم إدخالهما في النموذج، ولكن سنعرض فقط نتائج مخرجات الطبقة المضغوطة وذلك كما هو مذكور في هدف البحث.



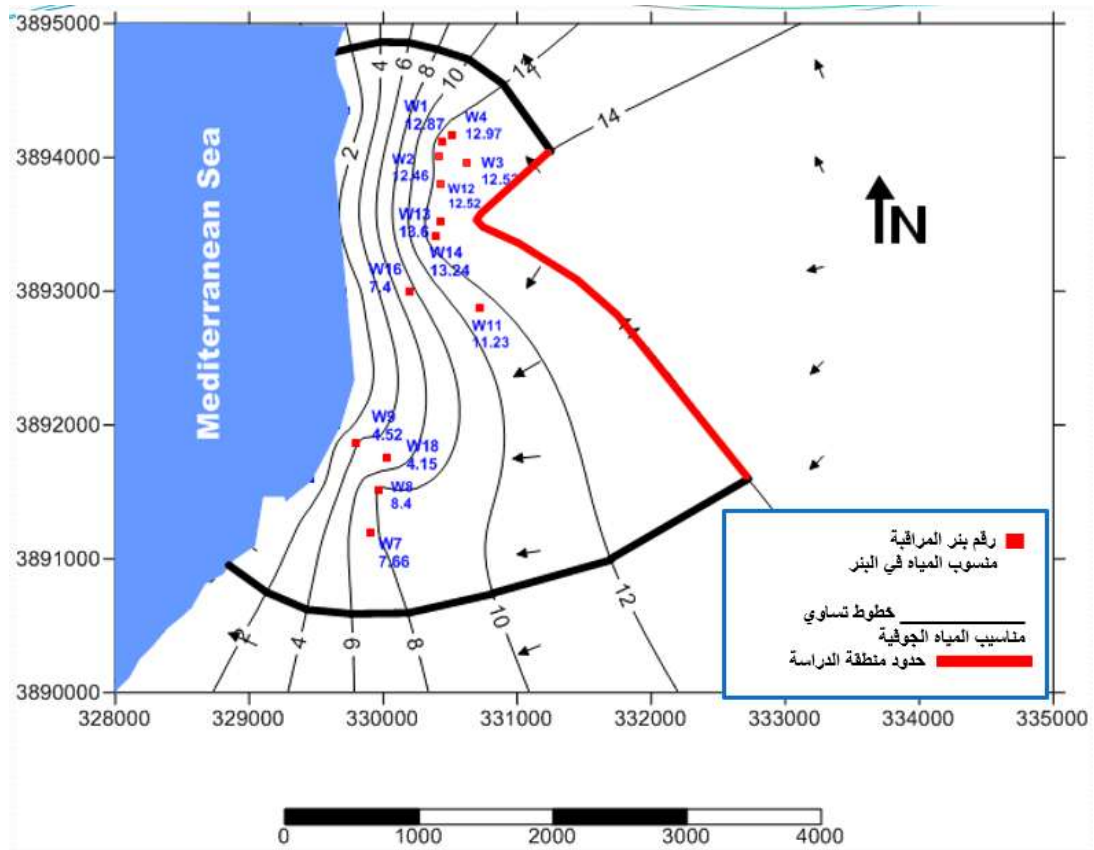


(الشكل 5-): النموذج الاعتباري Conceptual Model في منطقة البحث.

#### الشروط الحدية والابتدائية

يتم استنتاج الحدود الهيدروليكية hydraulic boundaries من شبكة جريان المياه الجوفية groundwater flow net المقيسة في منطقة الدراسة حيث تكون الحدود الكريمة ممثلةً بخطوط الجريان، أو حدود ذات ضاغط هيدروليكي معلوم ممثلةً بخطوط تساوي الكمون، وقيم الضواغط الابتدائية في كل طبقة من طبقات النموذج للمناذج المستقرة قريبة من قيم الضواغط المقدره من البيانات الحقلية، بشرط أن تكون البارامترات الأخرى للنموذج منطقية، وقريبة من البيانات الحقلية المرصودة [8].

تمثل الحدود الهيدروليكية لمنطقة البحث بالضاغط الثابت  $Constant\ head = 0$  ، الذي يمثله خط البحر المتوسط من الغرب والضاغط الثابت 14m من الجهة الشرقية، وخطي جريان No Flow من الجهة الشمالية والجنوبية الموضحة بالشبكة الهيدروديناميكية للمياه الجوفية المضغوطة المقيسة خلال الفترة الجافة في شهر تشرين الأول 2003 (الشكل-6).



(الشكل-6): الشبكة الهيدروديناميكية للمياه الجوفية المضغوطة (تشرين الأول-2003)

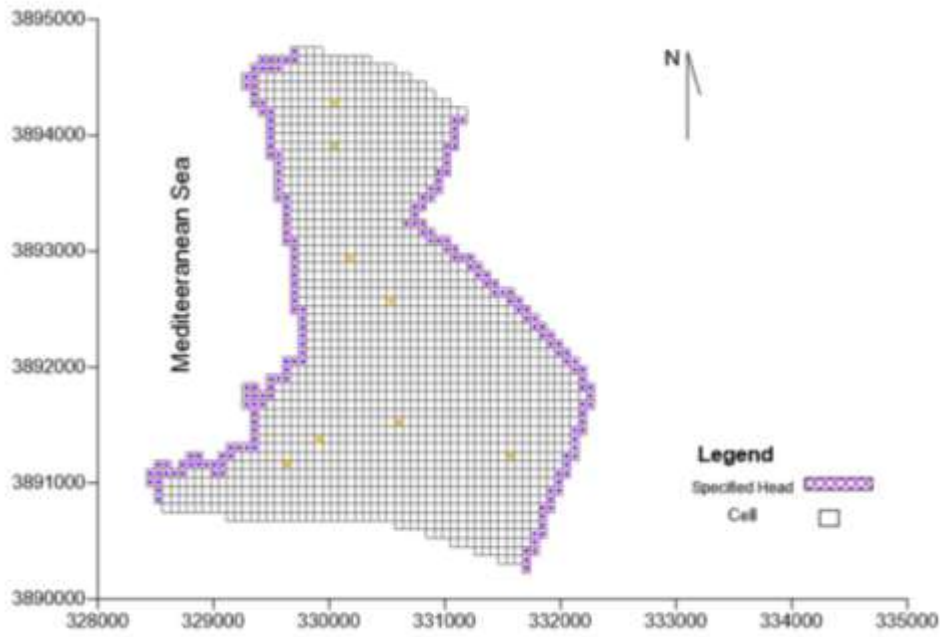
### تصميم شبكة النموذج

أعدنا شبكة النموذج مستطيلة الشكل، أبعادها  $4.1 \times 4.77$  كم. تتألف من 4320 خلية فعالة، بأبعاد  $60 \times 65$  م لكل خلية، عامل الشكل لها 1.16 (الشكل-7).

تمّ نمذجة حدود الضاغط الثابت specified head boundaries، بوساطة نموذج Modflow بإدخال قيم الضاغط الحقيقي في عُقد حدّ الضاغط الثابت هما  $14$  m و  $0$  m.

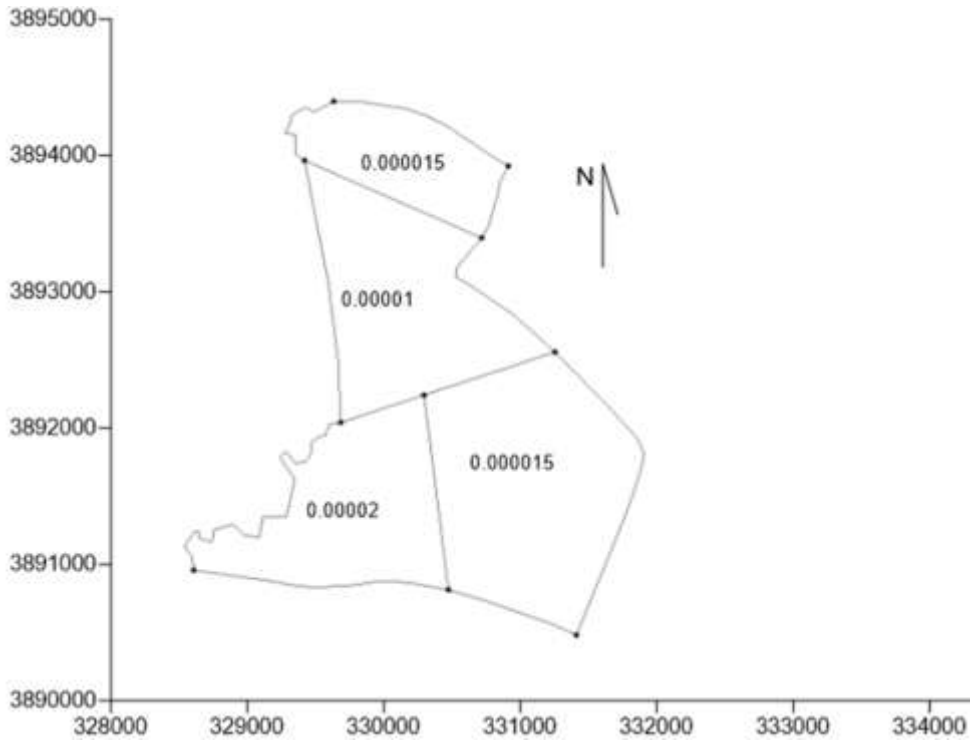
تمّ إدخال شبكة آبار الضخ المحلية وهي آبار خاصة (آبار الأهالي) المنتشرة في منطقة البحث والمؤثرة في الطبقة الحاملة الأولى للنموذج.

قسمنا منطقة البحث إلى أربع مضلعات (الشكل-8). حيث حملنا قيمة التغذية من مياه الري في مناطق انتشار شبكات الري، والتغذية على كامل مساحة المنطقة تبعاً للتكشفات الجيولوجية، التي تراوحت بين  $10^{-4}$  m/day (1-2)، (الشكل-8).

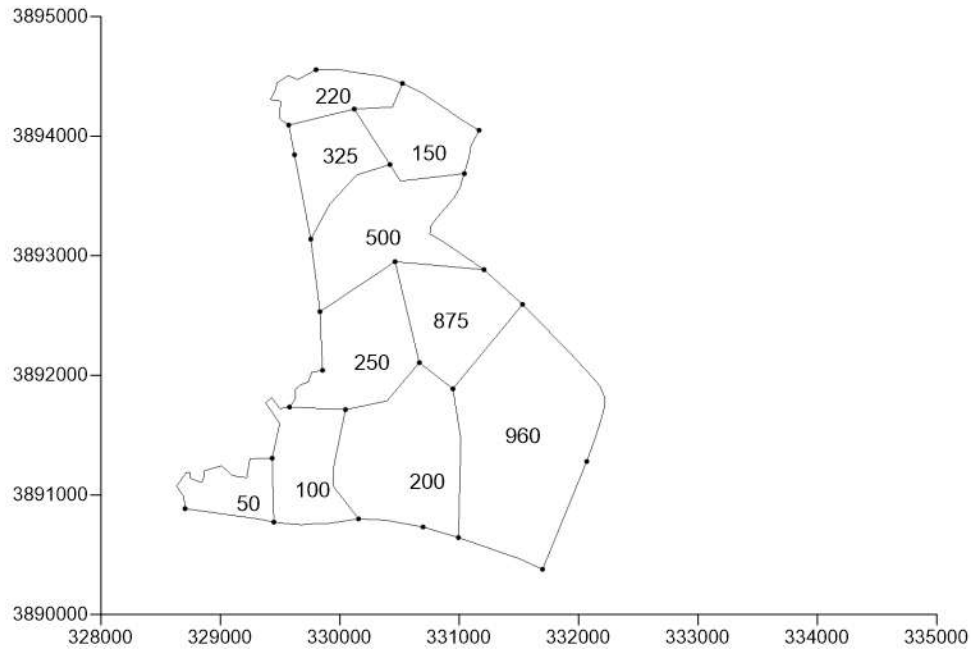


(الشكل -7): الشروط الحدية والابتدائية وشبكة الفروق المنتهية في منطقة البحث.

حُدِّت قيم الناقلية الهيدروليكية اعتماداً على نتائج تجارب الضخ المنفذة في توضعات منطقة البحث. فقد حددنا عشرة مضلعات لقيم الناقلية الهيدروليكية (الشكل-9) التي تتراوح بين  $50\text{m/day}$  -  $960$ ، جرى تدقيقها بعملية معايرة النموذج.



(الشكل -8): شريحة التغذية المساحية (m/day) Recharge Coverage

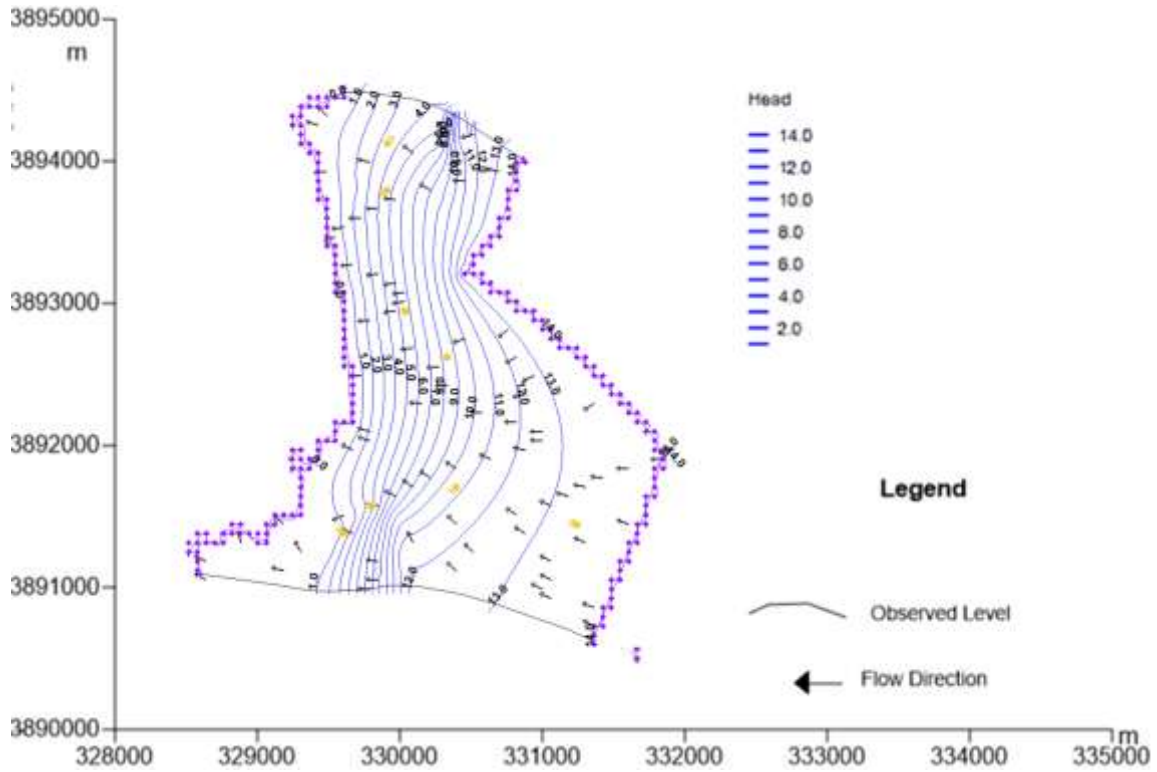


(الشكل 9-): شريحة عامل الرشع (m/day) Hydraulic Conductivity Coverage

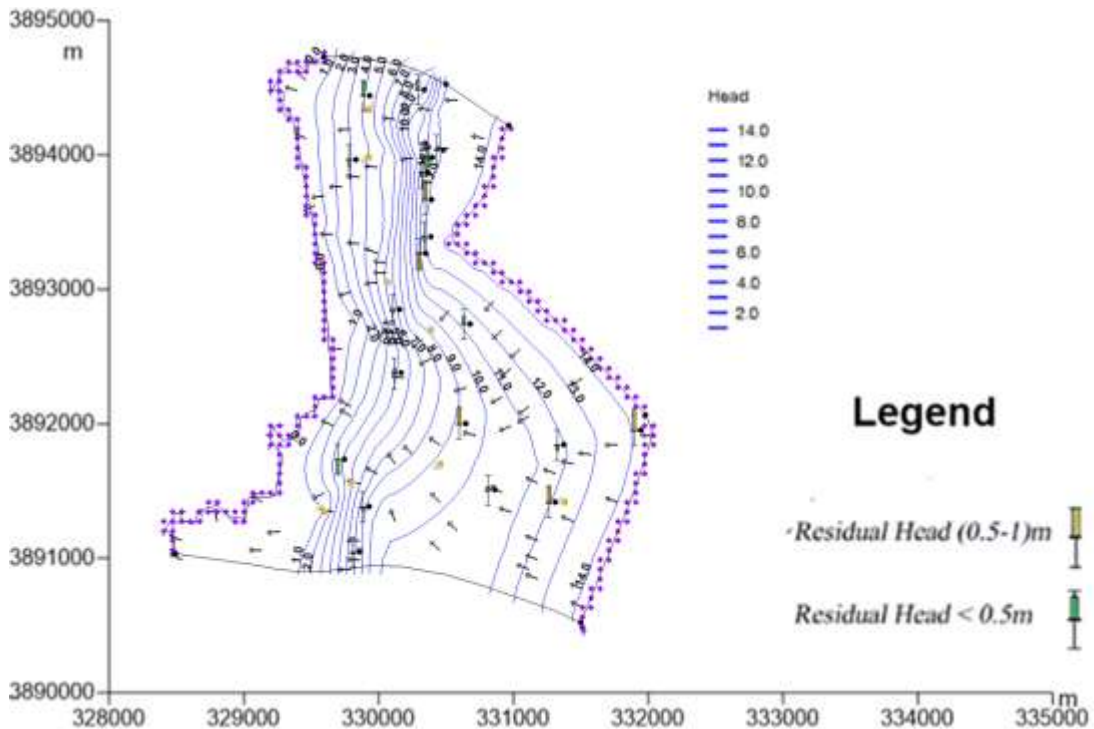
في أثناء إعادة تشغيل النموذج من أجل معايرته، وتعديل قيم الناقلية الهيدروليكية ضمن حدود صغيرة (لا تتجاوز 5%). [8] ومن خلال عمليات معايرة النموذج، جرى تحديد أخطاء النموذج ومصدرها، وبعد معالجة هذه الأخطاء، وإعادة التشغيل والمعايرة من جديد عند تدقيق كل خطأ في النموذج، وتكرار هذه العملية حتى الوصول إلى أفضل تتطابق ممكن مع نتائج القياسات الحقلية (لا تتعدى الفروق 0.5m)، اقترب الحل العددي من نظام المياه الجوفية في المنطقة (الشكل 10-). ومن ثم حصلنا كذلك على الموازنة المائية وعناصرها المختلفة (الجدول 1) ووصلت الاستثمارات من آبار الضخ إلى  $1510 \text{ m}^3/\text{day}$ . أي أن النموذج المعيار حافظ على الضواغط واتجاه حركة جريان المياه الجوفية باتجاه الغرب، فأصبح صحيحاً وقابلاً للاستخدام لحل مسائل تنبؤية (الشكل 11-).

الجدول 1. عناصر الموازنة المائية (م<sup>3</sup>/يوم) في شهر تشرين الأول 2003.

عناصر الموازنة	الجريان الداخل	الجريان الخارج	محصلة الجريان
الجريان الأفقي	666177	664683	1494
التغذية	16	0	16
الاستثمار	0	1510	-1510
المجموع	666193	666193	0



(الشكل -10): خطوط تساوي الضاغط البيزومتري للمياه الجوفية (m) في الطبقة المضغوطة- قبل المعايرة



(الشكل-11): مناسيب سطح المياه الجوفية المضغوطة وفروقاتها (m) عن القيم المقيسة في نقاط المراقبة (معايرة النموذج لحالة الجريان المستقر).

## إدارة موارد المياه الجوفية Groundwater resources management

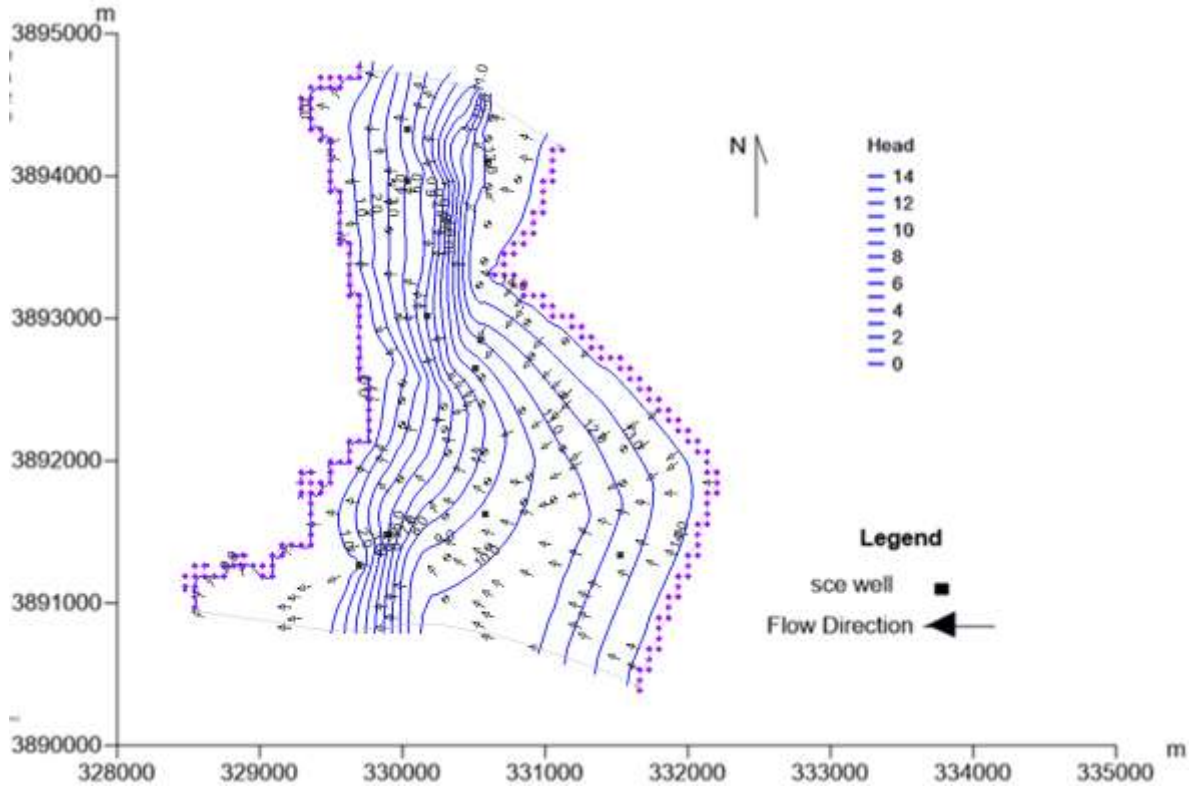
إنّ الإدارة الكمية للمياه ضرورية في مواجهة المشاكل الحالية، لضمان الاستفادة المستمرة من المياه الجوفية. وهناك حاجة ملحة لسياسات الإدارة المتكاملة لحوض المياه الجوفية (على أسس هيدروليكية وهيدرولوجية وإقليمية)، وتزداد الحاجة لتشكيل خطوط توجيه الإدارة في ثلاث مجالات: موارد المياه، ونوعية المياه، وبيئة المياه الجوفية [7].

### السيناريو الأمثل

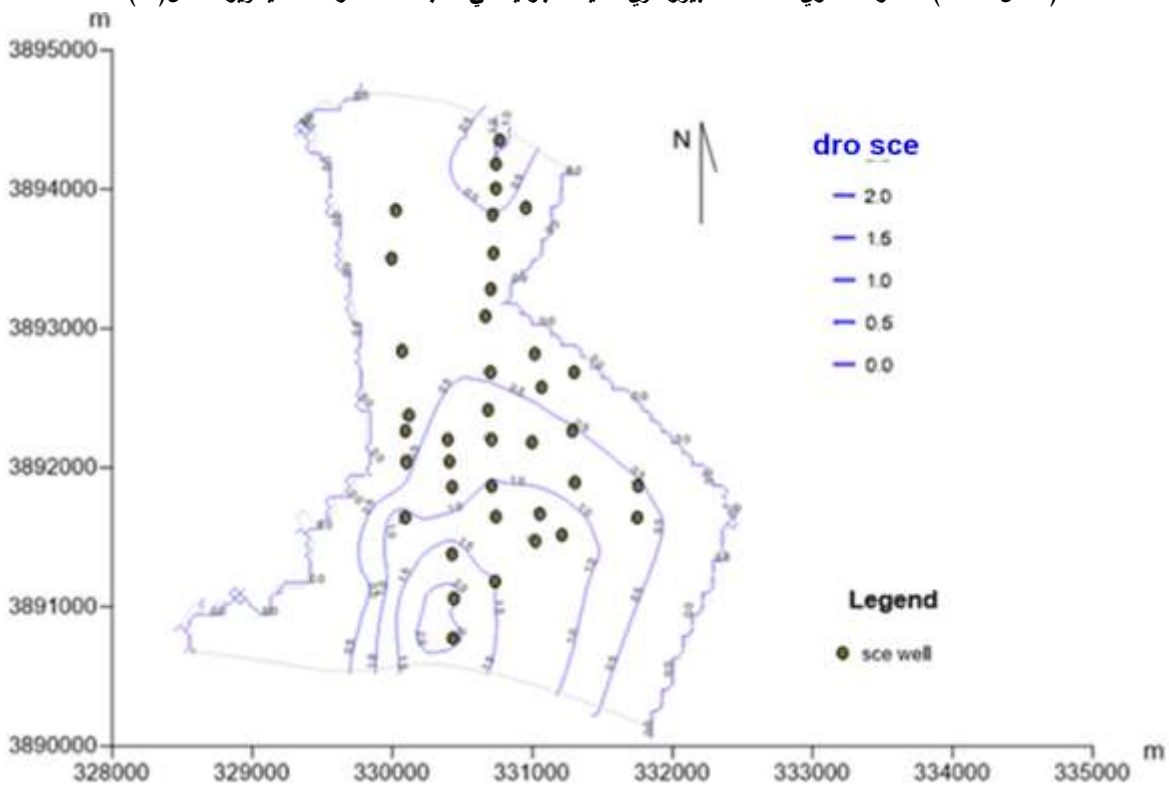
قمنا بوضع عدة سيناريوهات واخترنا السيناريو الآتي ليكون السيناريو الأمثل لإدارة الموارد المائية الجوفية المضغوطة المتاحة في منطقة البحث التي تتميز بمأمولية مائية عالية. واقترحنا حفر 30 بئراً في مناطق المأمولية المائية العالية، وعمق حوالي 100-200 م (تخترق توضعات الكريتاسي)، وقطر فوهتها 32 سم، وبتصريف  $2000-10000 \text{ m}^3/\text{day}$  لكل بئر. وبعد تشغيل السيناريو حصلنا على الشبكة الهيدروديناميكية وحدث تغيير طفيف في خطوط الضاغط (الشكل -12). وحافظ الجريان على اتجاهه في منطقة الدراسة باتجاه البحر المتوسط. حدث انخفاض في مناسيب المياه الجوفية في آبار المنطقة بحسب هذا السيناريو وصل إلى 1m وفي بعض المناطق 2m (الشكل-13)، كما حافظ على اتجاه الجريان نحو الغرب باتجاه البحر، ويظهر (الجدول 2) زيادة الاستثمارات مع زيادة عدد الآبار، من  $1510 \text{ m}^3/\text{day}$  في النموذج المعايير إلى  $278010 \text{ m}^3/\text{day}$  في السيناريو المقترح، وأصبح الجريان الداخل والخارج  $848895 \text{ m}^3/\text{day}$ .

الجدول 2. عناصر الموازنة المائية (م<sup>3</sup>/يوم) في شهر تشرين الأول للسيناريو.

عناصر الموازنة	الجريان الداخل	الجريان الخارج	محصلة الجريان
الجريان الأفقي	848879	570885	277994
التغذية	16	0	16
الاستثمار	0	278010	-278010
المجموع	848895	848895	0



(الشكل - 12): خطوط تساوي الضاغط البيزومتري للمياه الجوفية في الطبقة المضغوطة للسيناريو الأمثل (m).



(الشكل-13): توزيع هبوط سطح المياه الجوفية (m) للسيناريو الأمثل.

## الاستنتاجات والتوصيات:

### الاستنتاجات

إن معالجة بيانات القياسات الحقلية وتحليل نتائجها، وتنفيذ محاكاة لنظام المياه الجوفية المضغوطة فيها، باستخدام نموذج Modflow من برنامج GMS 10 - Groundwater Modeling System، وباقتراح السيناريو الأمثل مكننا من التوصل إلى الاستنتاجات والتوصيات الآتية:

1. تتراوح مناسيب طبقة المياه الجوفية المضغوطة المدروسة بين (0-14)m، ونتجه حركة المياه الجوفية من الشمال الشرقي نحو الجنوب الغربي لتتصرف في البحر بمتوسط ميل هيدروليكي للمياه الجوفية حوالي 1.4%.
2. حدث انخفاض في مناسيب المياه الجوفية في آبار المنطقة وصل إلى 1m وفي بعض المناطق 2m، كما حافظ على اتجاه الجريان باتجاه البحر، الأمر الذي لا يشكل خطراً على استثمار طبقة المياه الجوفية، ويحافظ على الوضع الهيدروجيولوجي العام لمنطقة البحث.
3. يمثل السيناريو المقترح الحل الأمثل لإدارة موارد المياه الجوفية المتاحة في منطقة البحث، حيث يمكن استثمار 278010 م<sup>3</sup>/يوم ضمن المنطقة المقترحة للاستثمار.

### التوصيات

1. تنفيذ دراسة تفصيلية جيولوجية وهيدروجيولوجية لمنطقة البحث؛ لأنها تشكل منطقة ذات مأمولية مائية عالية وسهلة الاستثمار.
2. استمرار مراقبة نظام المياه الجوفية في المنطقة بشكل منتظم.
3. متابعة استخدام تقانات النماذج الرياضية في إدارة الموارد المائية المتاحة، واستثمارها بشكل أمثل، ودراسة هجرة الملوثات، وانتقال الشوارد باتجاه مصادر المياه الجوفية والسطحية، لحمايتها من التلوث.

### المراجع:

1. ABDELAZIZ, R; and BAKR, M. *Inverse Modeling of Groundwater Flow of Delta Wadi El-Arish*. Journal of Water Resource and Protection, Vol. 4, No. 7, 2012, 432-438.
2. عمار، غطفان عبد الكريم؛ حايك، شريف؛ محمد، ديماء. *إدارة موارد مياه نبع بانباس في ظل التغيرات المناخية*. رسالة ماجستير في الهندسة المدنية. جامعة تشرين. سورية، 2014.
3. ABD ELGHANY, S. H. M; AHMAD A, H; PETER.H, R; RANY. F, M. *Optimization for Number of Vertical Drainage Well in Highly Heterogeneous Aquifers*. International Journal of Recent Advances in Multidisciplinary Research, July -2015.
4. HAMMAMI, E. B; MOUNIRA, Z; JAMILA, T. *Using Groundwater Modeling System to Create a 3-D Groundwater Flow and Solute Transport Model for a Semiarid Region*. Central Tunisia World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Environmental and Ecological Engineering, Vol. 11, No. 3, 2017.
5. SOBEIH, M; EL-ARABI, N; HELAL, E; AWAD, B. *Management of water resources to control groundwater levels in the southern area of the western Nile delta Egypt*. Science Direct, Water Science, 2017, 137–150.



6. Project of Supplying Part of the Water Demand of Damascus City and Its Country Side from the Syrian Coastal Area Water Surplus, IBG/DHV Company, SWITZERLAND-HOLLAND, 2004.
7. WATSON, I; BURNETT, A. D. *Hydrogeology (An Environmental Approach)*. CRC press, Inc, U.S.A, 1995, 702.
8. KRESIC, N. *Hydrogeology and Groundwater Modeling 2<sup>d</sup> Ed.* Taylor & Francis Group, U.S.A, 2007, 807.
9. حايك، شريف بدر. مساهمة في تقييم تجربة الضخ الاستثنائية من طبقة المياه الجوفية المضغوطة في بانياس. مجلة جامعة تشرين، المجلد 33، العدد 4، 2011، 9-24.
10. عمار، غطفان؛ حايك، شريف؛ علي، حازم. مساهمة في تقييم الخصائص الهيدوجيولوجية للمنطقة الواقعة بين نهري مرقية والعمقة. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية. سورية. 2011.
11. الأسعد، علي محمد؛ حايك، شريف بدر؛ عباس، ديماس. تقويم موارد المياه الجوفية الحرة في سهل جبلة. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية. سورية، المجلد 33، العدد 1، 2012، 171-190.
12. الأسعد، علي محمد؛ حايك، شريف بدر. نظام موارد المياه الجوفية الحرة في القطاع الخامس من حوض الفرات الأدنى - سورية. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية. سورية، المجلد 37، العدد 3، 2015.