مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (38) العدد (3) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (38) No. (3) 2016

تقييم قابلية المياه الجوفية للتلوث حالة الدراسة: نبع ديفة

الدكتور أحمد وزان*

رشا ابراهيم حسن**

(تاريخ الإيداع 7 / 2 / 2016. قُبِل للنشر في 29/ 6 / 2016)

□ ملخّص □

تعد المياه الجوفية مصدر هام لمياه الشرب ولذلك يعد تلوث المياه الجوفية مصدر قلق مستمر. فتلوث المياه الجوفية بعكس المياه السطحية يصعب تحديده والأصعب التحكم به ومعالجته، وقد يستمر لسنوات أو عقود.

إن منطقة نبع ديفة في اللاذقية منطقة زراعية تعاني من مشاكل بيئية عديدة، ومن هنا تأتي أهمية تقييم قابلية نبع ديفة للتلوث باستخدام طريقة DRASTIC، ووضع خريطة قابلية المياه الجوفية للتلوث باستخدام GIS.

بينت خريطة قابلية المياه الجوفية للتلوث أن معظم المياه المغذية لنبع ديفة لديها قابلية عالية ومعتدلة للتلوث. قدرت مساحة المنطقة التي مياهها الجوفية ذات قابلية مرتفعة للتلوث بحوالي ($82\ Km^2$)، أي تشكل حوالي (48 %) من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة التي تبلغ ($170\ Km^2$). أما مساحة المنطقة ذات المياه الجوفية المعتدلة القابلية للتلوث بحوالي ($40\ Km^2$)، أي تشكل حوالي (23 %) من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة. و بالتالي لابد من اتخاذ إجراءات كفيلة لحماية المياه من التلوث وذلك من خلال الإدارة المتكاملة لموارد المياه الجوفية.

الكلمات المفتاحية: قابلية المياه الجوفية للتلوث، ديفة، DRASTIC، GIS.

* أستاذ مساعد ـ قسم الهندسة البيئية ـ كلية الهندسة المدنية ـ جامعة تشرين ـ اللاذقية ـ سورية.

** طالبة دراسات عليا (ماجستير) ـ قسم هندسة النظم البيئية ـ المعهد العالي لبحوث البيئة ـ جامعة تشرين ـ اللاذقية ـ سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (38) العدد (3) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (38) No. (3) 2016

Groundwater Vulnerability Assessment Study case: Deveh Spring

Dr. Ahmad Wazzan*
Rasha Hassan **

(Received 7 / 2 / 2016. Accepted 29 / 6 / 2016)

□ ABSTRACT □

Groundwater is an important source of drinking water. Therefore; groundwater contamination is a source of continuing concern. Groundwater contamination is unlike surface water contamination, because it is difficult to define and harder to be controlled and treated. It may also last for years or decades.

Deveh Spring area is an agricultural area in Lattakia. It suffers from many environmental problems, so, it is very important to assess spring water vulnerability using DRASTIC and create water vulnerability assessment map by GIS.

The map showed that the recharge water to Deveh Spring has a high and moderate vulnerability to contamination. The area of high vulnerable groundwater zone is ($82Km^2$), which is about (48%) from the whole study area. The area of moderate vulnerable groundwater zone is ($40Km^2$), which is about (23%) from the whole study area. Sufficient actions must be taken to protect water from contamination, through the integrated management of groundwater resources.

Key words: groundwater vulnerability, DRASTIC, Deveh, GIS.

* **Associate Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
****Postgraduate Student, Department of Environmental Systems Engineering, Higher Institute of Environmental Researches.**

مقدمة:

تبقى المياه الجوفية بحالة جيدة في مناطق عديدة من العالم، بالرغم من وجود مسببات عديدة لتلوثها. وذلك لأن أنظمة المياه الجوفية لديها قدرة طبيعية على تخفيف تراكيز الملوثات والحد من تأثيراتها؛ لذلك من الصعب تلوث المياه الجوفية ولكن في حال تلوثها سيكون من الصعب جداً معالجتها. فكلفة المعالجة تكون كبيرة وطويلة كما يجب الاستعانة بمصادر مائية بديلة مما قد يجهد المنظومة المائية في تلك المنطقة.

تتضمن دراسة قابلية المياه الجوفية للتلوث دراسة المنظومة المائية الجوفية وأوضاعها وتحديد الطبقات الأكثر قابلية للتلوث، وذلك لتقييم شدة تأثر المياه بالتلوث وبالتالي الآثار الناتجة عنه والإجراءات الواجب اتخاذها لحماية هذه المياه.

يعد تقييم قابلية المياه الجوفية للتلوث وسيلة عامة للتخطيط وأداة في صنع القرار. فالغرض منه هو توجيه الجهود التنظيمية والتعليمية وسياسة التنمية والرصد للمناطق التي تحتاج لحماية لنوعية مياهها الجوفية. حيث يكون غالباً الهدف من تقييم قابلية المياه الجوفية للتلوث هو التمييز بين المناطق التي تحتاج إلى حماية من الأنشطة المسببة للتلوث، والمناطق التي تتأثر بشكل قليل جداً من الأنشطة المسببة للتلوث والقادرة على المحافظة على مياهها من التلوث. يعد تقييم قابلية المياه الجوفية للتلوث جزء من الجهود التقليدية في حماية المياه الجوفية [1].

تم استخدم مصطلح قابلية المياه الجوفية للتلوث لأول مرة في عام 1968 في أوروبا. وتم وضع تعاريف عديدة لهذا المفهوم منها:

-إن قابلية المياه الجوفية للتلوث هي مفهوم متعلق بالمواصفات الذاتية لطبقة المياه الجوفية ومدى تأثر هذه الطبقة بالأنشطة البشرية والعوامل الطبيعية]3[.

-هي الخصائص الذاتية التي تحدد حساسية مناطق عديدة من الخازن الجوفي للتأثر بحمولات التلوث [3].

-تعرف بأنها قدرة أو احتمالية وصول الملوث إلى مكان معين في نظام المياه الجوفية بعد الدخول من مكان معين فوق الطبقة العلوية للخازن الجوفي [4].

حددت US-NRC (National Research Council) مبدأين هامين لقابلية المياه الجوفية وهما:

-كل المياه الجوفية لديها قابلية للتلوث ولكن تختلف هذه القابلية حسب عوامل معينة.

-عدم التأكد ملازم لكل حالات تقييم قابلية المياه الجوفية للتلوث.

يشير هذان المبدآن للخطر الذي يمكن أن يأتي نتيجة استخدام أدوات معقدة لتقييم قابلية المياه الجوفية والتي يمكن أن تغفل عن بعض البيانات. كما يوصى بتقييم قابلية المياه الجوفية للتلوث كخطوة أساسية في حماية المياه الجوفية بالرغم من كل التحفظات.

إن تقدير قابلية المياه الجوفية للتلوث عبارة عن عملية تنتج معلومات متعلقة بتوصيف قابلية المياه الجوفية للتلوث لمنطقة ما. حيث تستخدم هذه المعلومات في وضع خرائط توضح المناطق ذات المياه الأكثر قابلية للتلوث من الأقل قابلية للتلوث.

تم استخدام طريقة DRASTIC في تقدير قابلية المياه الجوفية في منطقة نبع ديفة لعدة أسباب منها:

-هذه الطريقة مناسبة جداً للتطبيق من قبل أقسام التخطيط والمستخدمين غير المدربين، ولكن الربط بين النتائج يحتاج إلى بعض الخبرة. حيث يعد النموذج الأبسط والأكثر استعمالا" بين النماذج المختلفة لتقدير قابلية المياه الجوفية للتلوث؛

-تعتبر طريقة DRASTIC ملائمة لاستخدامها في الكومبيوتر مع برنامج نظم المعلومات الجغرافي (GIS) لإنتاج خرائط الكترونية تحتوي على عدة طبقات، فيمكن إظهار معلومات مختلفة من خلاله؛

-تساعد هذه الطريقة على وضع خرائط قابلية المياه الجوفية للتلوث بالرغم من نقص البيانات المتوافرة حول هذه المنطقة. مما سيعطي فكرة أوضح عن طبيعة المنطقة الجيولوجية والهيدروجيولوجية، ومدى قابلية المياه الجوفية للتلوث.

تعتمد طريقة DRASTIC على نظام تصنيف يتألف من سبع بارامترات هيدروجيولوجية للمنطقة المدروسة، (الجدول 1) [5].

الجدول(1) البارامترات السبع لنموذج DRASTIC.

البارامتر		الرمز
Depth to water table	عمق توضع المياه	D
Net Recharge	التغذية الصافية	R
Aquifer media	تركيب طبقة المياه الجوفية	A
Soil media	وسط التربة	S
Topography	الميل	T
Impact of vadose zone	تأثير الطبقة المشبعة	I
Hydraulic Conductivity	الناقلية الهيدروليكية	C

أهمية البحث وأهدافه:

إن منطقة الدراسة هي عبارة عن نطاق حماية من الدرجة الأولى لنبع ديفة [6]، وبالتالي يجب دراسة هذه المنطقة جيولوجيا" وهيدروجيولوجيا" لحماية مياه النبع من التلوث والنضوب. كما تعتبر هذه المنطقة من المناطق الغنية بالمياه الجوفية، والتي تغذي العديد من مصادر المياه السطحية المعروفة في محافظة اللاذقية. تتوضع في منطقة الدراسة تشكيلات جيولوجية ذات صفات هيدروجيولوجية مختلفة فمنها ذات نفو ذية عالية ومنها متوسطة ومنها طبقات كتيمة، مما يؤثر على تغذية المياه الجوفية من الثلوج والأمطار وكيفية انتقال الملوثات إليها. كما يعد نبع ديفة المصدر الرئيسي لمياه الشرب لآلاف المواطنين في تلك المنطقة. يعاني الوضع البيئي للمنطقة من مشاكل عديدة قد تؤدي إلى تلوث المياه الجوفية للمنطقة منها الصرف الصحي العشوائي والمكبات العشوائية وانتشار معاصر الزيتون ومجابل الاسمنت في منطقة الدراسة.

لقد تعرض نبع ديفة للتلوث في عام 2006 مما أدى لخروج النبع من الاستخدام؛ فأثارت هذه الحادثة عدة تساؤلات عن آلية حدوث التلوث وانتشار الملوثات ووصولها إلى مياه النبع، وماهي الإجراءات الوقائية التي يمكن اتخاذها مستقبلاً لحماية النبع.

سيتم في هذا البحث تقديم دراسة عن الوضع الجيولوجي والهيدروجيولوجي للمنطقة مما سيساعد في الإجابة عن الأسئلة السابقة؛ كما سيتم إعداد خريطة قابلية المياه الجوفية للتلوث باستخدام GIS مما سيسهل إدارة المياه الجوفية ويعطي صورة أوضح عن الوضع الهيدروجيولوجي للمنطقة. مما سيساهم في عملية وضع الخطط لإدارة هذه المياه وحمايتها من جميع مصادر التلوث.

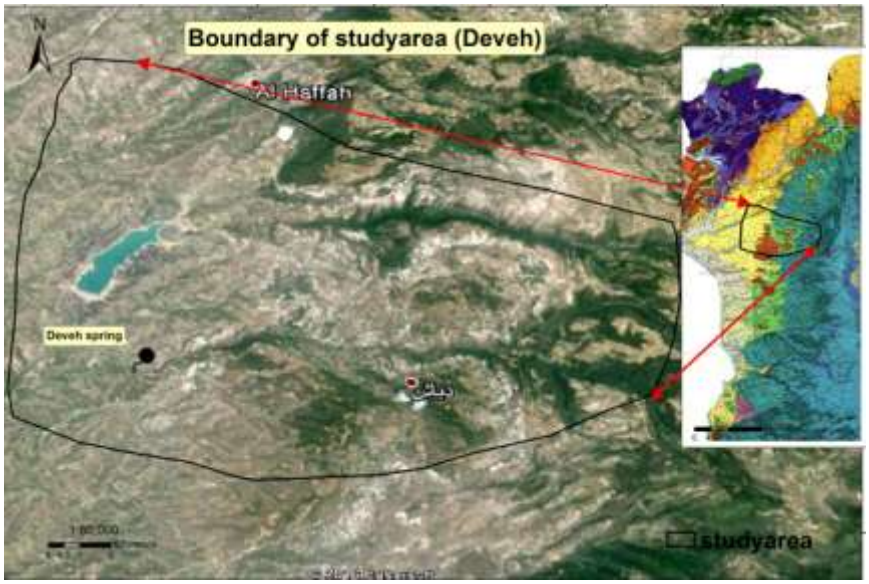
موقع منطقة البحث:

تقع منطقة الدراسة ضمن الإحداثيات :

N 35° 36′ 45″.05 E 35° 57′ 22″.13

N 35° 27′ 29″.36 E 36° 13′ 14″.26

يبعد موقع الدراسة حوالي /17 Km/ جنوب– شرق مدينة اللاذقية، وتقدر مساحة منطقة الدراسة بحوالي $170\ Km^2$، الشكل (1) [6].



الشكل 1. منطقة الدراسة.

منهجية البحث:

تقيّم طريقة DRASTIC القابلية الذاتية للتلوث للمياه الجوفية من خلال الخصائص الهيدروجيولوجية الطبيعية لنظام طبقة تحت سطحية معينة [5].

يؤثر كل بارامتر من البارامترات السبع لطريقة DRASTIC بشكل مختلف على قابلية المياه الجوفية للتلوث. ويتم تعريف كل بارامتر كما يلي:

- Depth to water table (D) عمق توضع المياه:

يعد مستوى منسوب المياه الجوفية من أهم العوامل في طريقة DRASTIC؛ وذلك لأنه يحدد سماكة الطبقة التي يجب أن تعبرها المياه للوصول إلى طبقة المياه الجوفية المشبعة.

يؤثر هذا العامل على درجة التفاعل بين الملوثات الراشحة والمواد التي تتألف منها الطبقة تحت السطحية (هواء، أملاح، مياه)، وبالتالي يؤثر على عمليات التخفيف والتحلل [1].

وبشكل عام تزداد الحماية المحتملة لطبقة المياه الجوفية مع زيادة عمق توضع المياه الجوفية. حيث تعد المناطق ذات المنسوب المرتفع للمياه الجوفية أكثر قابلية للتلوث وذلك لأن الملوثات تنتقل مسافات قصيرة قبل وصولها للمياه الجوفية؛ وتعد طبقة المياه الجوفية ضحلة ضمن عمق 50 m من سطح الأرض.

- Net Recharge(R) التغذية الصافية:

إن التغذية الصافية هي كمية المياه التي تصل إلى المياه الجوفية من الهطول المطري والمصادر الطبيعية والصنعية القريبة. تساهم التغذية الصافية مساهمة كبيرة في رشح وانتقال الملوثات من المنطقة غير المشبعة إلى المنطقة المشبعة؛ فالتدفق المغذي يحمل الملوثات السائلة والصلبة إلى منسوب المياه الجوفية كما يرفعه. إن المناطق التي يكون فيها معدل التغذية الصافية كبيراً تكون فيها المياه الجوفية أكثر عرضةً للتلوث وذلك بسبب التشققات النفوذة من السطح إلى منسوب المياه الجوفية [1].

- Aquifer media (A) تركيب طبقة المياه الجوفية:

يشير هذا المصطلح إلى التجمعات الصخرية لطبقة المياه الجوفية، واختلاف تركيبها، ومواصفاتها من هشة إلى كتيمة. فطبقة المياه الجوفية هي تكوين صخري تحتوي على كميات مختلفة من المياه.

بشكل عام كلما كبر حجم حبيبة طبقة المياه الجوفية وكلما زادت الشقوق في هذه الطبقة زادت النفوذية وقل معدل تخفيف الملوثات وبالتالي زاد احتمال التلوث. ولذلك تم إعطاء الوسط الخشن قيمة ترتيب كبيرة ضمن DRASTIC مقارنة مع الوسط الناعم لطبقة المياه الجوفية [1].

- Soil media (S) وسط التربة:

تؤثر مواصفات غطاء التربة على حركة الملوثات السطحية وتحت السطحية. إن تواجد حبيبات التربة الناعمة مثل الغضار، السيلت، وتواجد المحتوى العضوي في غطاء التربة سوف ينقص من النفوذية الذاتية. كما يعيق أو يمنع انتقال الملوثات من خلال عمليات فيزياكيميائية مثل الأكسدة، والتبادل الأيوني، والتحلل البيولوجي [5].

- Topography (T) الطبوغرافية (الميل):

تشير الطبوغرافية إلى ميل المنطقة. حيث تحتفظ المناطق ذات الميل القليل بالماء لمدة أطول؛ ممايسمح بتسرب تدفق مغذي أكثر واحتمال أكبر لانتقال الملوثات. أما المناطق ذات الميل القاسي فيكون التسرب قليل وبالتالي أقل عرضة لتلوث المياه الجوفية.

تعد الطبوغرافية مؤشر لانغسال الملوث وانتقاله مع الجريان السطحي أو بقائه على السطح مدة من الزمن حتى تسربه إلى المياه الجوفية. تم إعطاء تراتيب عالية للمناطق السهلية لأن معدلات الجريان السطحي أقل وبالتالي سيتسرب الملوث إلى المياه الجوفية [7].

- Impact of vadose zone (I) تأثير المنطقة غير المشبعة:

إن تأثير المنطقة غير المشبعة على التلوث المحتمل لطبقة المياه الجوفية يشابه بشكل أساسي تأثير غطاء التربة؛ وذلك لأن تأثيره يعتمد على نفوذية الطبقة، وعلى مواصفات التخفيف لوسط المنطقة. حيث يعد تأثير المنطقة غير المشبعة عملية معقدة تجمع بين مواصفات طبقة المياه الجوفية والمواصفات الطبوغرافية. تدرس حركة المياه في طبقة المياه غير المشبعة في الهيدرولوجيا، وهي مؤثرة بشكل كبير على حركة الملوثات في حال تكونت من مواد نفوذة [5].

- Hydraulic Conductivity(C) الناقلية الهيدروليكية:

تعرّف الناقلية الهيدروليكية للطبقة بأنها قدرة مكونات الطبقة على نقل المياه. وتعتمد على النفوذية الذاتية لمكونات الطبقة وعلى درجة الإشباع. يتحكم هذا العامل الحرج في انتقال الملوثات وتشتتها من نقطة دخولها وفي داخل المنطقة المشبعة وبالتالي يتحكم في تركيز الملوثات في الطبقة. تكون الطبقة التي ناقليتها الهيدروليكية عالية أكثر قابلية لتلوث كبير لأن تركيز الملوثات سيتحرك بشكل سهل خلال الطبقة وذلك لأن سرعة المياه الجوفية تزداد. يختلف

بارامتر الناقلية الهيدروليكية عن بارامتر وسط الطبقة لأن الطبقة الكتيمة ستمرر المياه في حال وجود الشقوق. ولكن يعد هذا البارامتر نقطة ضعف في نموذج DRASTIC وذلك بسبب عدم القدرة على الحصول على قيمة محددة له [7].

يتم جمع المعلومات حول هذه البارامترات السبع من أجل أي حالة دراسة لأي منطقة. ثم يتم مقارنة بيانات كل بارامتر مع جدول طريقة DRASTIC الخاص به للحصول على ترتيبه ووزنه من أجل حساب دالة DRASTIC، الجداول(3،4،5،6،7،8،9). تعتمد دالة DRASTIC على أربع افتراضات[5]، وهي:

1. إن الملوثات ناجمة من المصادر فوق سطح الأرض؛
2. الملوثات تتدفق إلى الطبقة الخازنة من خلال الهطول المطري؛
3. تنتقل الملوثات مع المياه، وتتحرك مع حركتها؛
4. مساحة منطقة الدراسة أكبر من ($4\ km^2$).

يتم حساب دالة DRASTIC حسب المعادلة (1)، [5]:

$$\text{DRASTIC Index} = DrDw + RrRw + ArAw + SrSw + TrTw + IrIw + CrCw \quad (1)$$

في المعادلة (1) :

-الدليل السفلي (w): أي الأوزان، وهي قيم نسبية للبارامترات تتراوح بين 1− 5 حسب مساهمتها في التلوث الممكن؛ حيث أن 1 يمثل العامل الأقل أهمية، ويمثل 5 العامل الأكثر أهمية، الجداول (2،3،4،5،6،7،8،9).

-الدليل السفلي (r): أي التراتيب، حيث يرمز للتراتيب بمراتب معينة (1−10) لكل بارامتر من البارامترات السبعة حسب درجة الحماية؛ فالترتيب 1 يعني احتمال تلوث قليل جداً أي درجة حماية عالية، الجداول (2،3،4،5،6،7،8،9).

الجدول2. الرموز التي تدخل في حساب معادلة دالة DRASTIC [5].

التعريف	الرمز	التعريف	الرمز
الوزن النسبي لمنسوب المياه الجوفية	D_w	ترتيب منسوب المياه الجوفية	D_r
الوزن النسبي للتغذية الصافية	R_w	ترتيب التغذية الصافية	R_r
الوزن النسبي لوسط الطبقة	A_w	ترتيب وسط الطبقة	A_r
الوزن النسبي لوسط التربة	S_w	ترتيب وسط التربة	S_r
الوزن النسبي للميل	T_w	ترتيب الميل	T_r
الوزن النسبي لتأثير الطبقة غير المشبعة	I_w	ترتيب تأثير الطبقة غير المشبعة	I_r
الوزن النسبي للناقلية الهيدروليكية	C_w	ترتيب الناقلية الهيدروليكية	C_r

كلما كانت الدالة ذات قيمة مرتفعة كلما كان هناك قابلية للتلوث أو احتمال تلوث أكبر للطبقة الجوفية؛ فالدالة تتراوح قيمتها بين 23− 230. وتصنف قيمة الدالة بين خمس فئات للقابلية هي :

منخفضة، منخفضة قليلاً، معتدلة، مرتفعة قليلاً، مرتفعة.

الجدول(3) البارامتر الأول في نموذج DRASTIC (العمق توضع المياه) [5].

العمق توضع المياه(m)	
الترتيب	المدى
10	0- 1.5
9	1.5-4.6
7	4.6-9.1
5	9.1-15.2
3	15.2-22.8
2	22.8-30.4
1	>30.4
DRASTIC weight: 5	

الجدول(4) البارامتر الثاني في نموذج DRASTIC (التغذية الصافية) [5].

التغذية الصافية(mm/year)	
الترتيب	المدى
1	0-50.8
3	50.8-101.6
6	101.6-177.8
8	177.8-254
9	>254
DRASTIC weight: 4	

الجدول(5) البارامتر الثالث في نموذج DRASTIC (تركيب طبقة المياه الجوفية) [5].

تركيب طبقة المياه الجوفية		
الترتيب	المدى	
2	Massive shale	صخر شيستي صلب
3	Metamorphic/igneous	صخور متحولة
4	Weathered metamorphic igneous	صخور متحولة هشة
5	Glacial till	تجمعات جليدية
6	Bedded sandstone, limestone	توضعات رملية، كلسية
6	Massive sandstone	صخر رملي صلب
8	Massive limestone	صخر كلسي صلب
8	Sand and gravel	رمل وحصى
9	Basalt	بازلت
10	Karsts limestone	كلس كارستي
DRASTIC weight: 3		

الجدول(6) البارامتر الرابع في نموذج DRASTIC (وسط التربة) [5].

وسط التربة		
الترتيب	المدى	
10	Thin or absent	تربة رقيقة أو غير موجودة
10	Gravel	حصى
9	Sand	رمل
8	Peat	تجمعات عضوية
7	Shrinking clay	غضار مشقق
6	Sandy loam	تربة لومية رملية
5	Loam	تربة لومية
4	Silty loam	تربة لومية وطمي
3	Clay loam	تربة لومية غضارية
2	Muck	روث
1	No shrinking clay	غضار غير مشقق
DRASTIC weight: 2		

الجدول(7) البارامتر الخامس في نموذج DRASTIC (الميل) [5].

الميل(%)	
المدى	الترتيب
0-2	10
2-6	9
6-12	5
12-18	3
>18	1
DRASTIC weight: 1	

الجدول(8) البارامتر السادس في نموذج DRASTIC (تأثير الطبقة غير المشبعة) [5].

تأثير الطبقة غير المشبعة		
المدى		الترتيب
طمي وصلصال	Confining layer	1
طين شيستي	Silt/clay	3
صخر كلسي	Limestone	3
صخر رملي	Sandstone	3
توضعات كلسية، رملية	Bedded limestone, sandstone	6
رمل وحصى مع تواجد سلت وغضار	Sand and gravel with significant silt& clay	6
صخور متحولة	W. silt	6
رمل وحصى	Sand and gravel	8
بازلت	Basalt	9
كلس كارستي	Karsts limestone	10
DRASTIC weight: 5		

الجدول(9)البارامتر السابع في نموذج DRASTIC (الناقلية الهيدروليكية) [5].

الناقلية الهيدروليكية (m/day)	
الترتيب	المدى
1	0.04–4.1
2	4.1–12.3
4	12.3–28.7
8	41–82
10	>82
DRASTIC weight: 3	

ثم يتم الاستعانة ببرنامج نظم المعلومات الجغرافية GIS لوضع خريطة قابلية المياه الجوفية للتلوث.

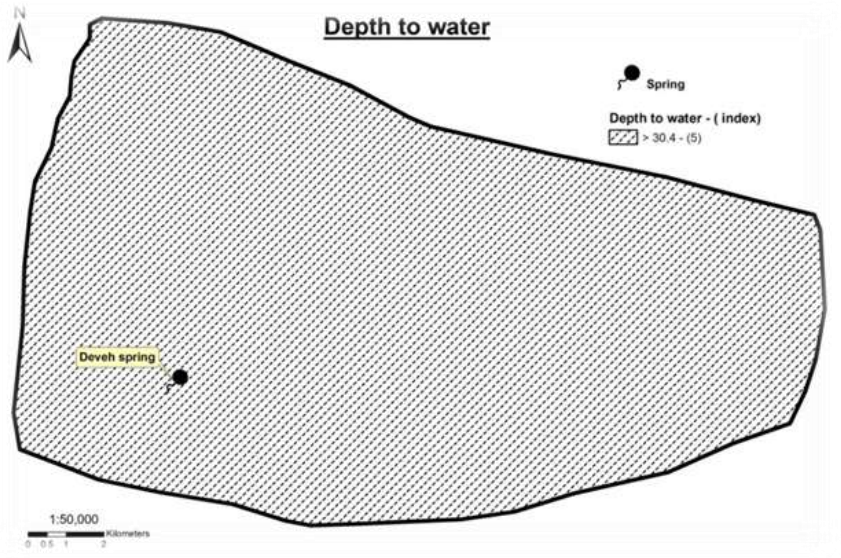
النتائج والمناقشة:

تم حساب بارامترات دالة DRASTIC، وإعداد خريطة باستخدام ArcGIS 9.2 لكل بارامتر. كما تم إعداد خريطة قابلية المياه الجوفية للتلوث في منطقة الدراسة، وكانت النتائج كمايلي:

- (D)عمق توضع المياه: بينت التجارب الحقلية أن عمق توضع المياه في هذه المنطقة أكبر من 30.4m، الجدول (10). وصل عمق المياه في بعض أجزاء منطقة الدراسة إلى 300m، مما يؤدي إلى حماية المياه الجوفية من التلوث نتيجة صعوبة وصول الملوثات إليها. تم وضع خريطة عمق توضع المياه ودالته من خلال برنامج GIS، الشكل (2).

الجدول 10. عمق توضع المياه.

الدالة ($D = D_r * D_w$)	الوزن (D_w)	الترتيب (D_r)	المدى
5	5	1	>30.4

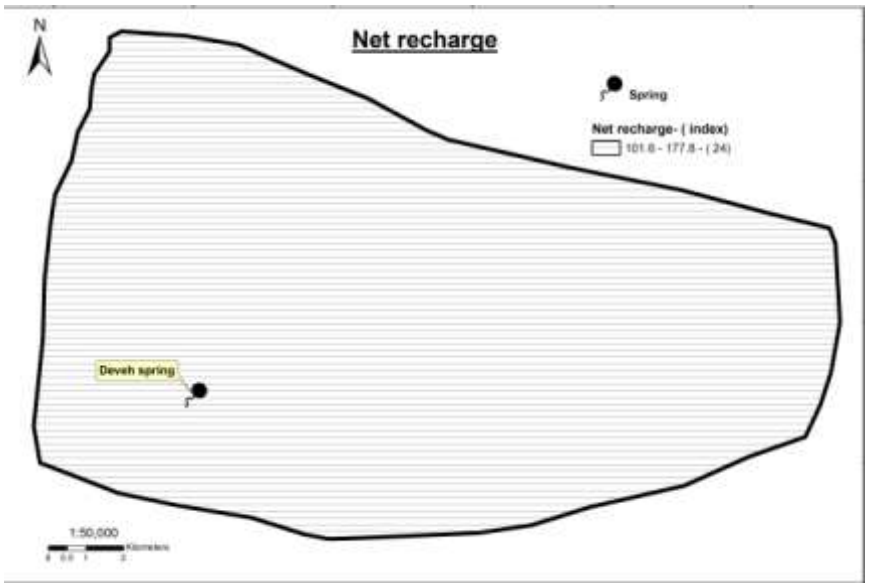


الشكل 2. عمق توضع المياه ودالته.

• (R) التغذية الصافية: نظراً لأنه لم تتوفر بيانات توثق شبكة التغذية في كافة أرجاء هذا الحوض فقد تم الاعتماد على نتائج دراسات سابقة حسبت قيمة التغذية الراشحة في حوض اللاذقية، [8]. فكانت نتائج التغذية الصافية في منطقة الدراسة حوالي 160 mm/year، الجدول (11). كما تم وضع خريطة كل من التغذية الصافية ودالتها من خلال برنامج GIS، الشكل (3).

الجدول11. التغذية الصافية.

الدالة ($D = R_r * R_w$)	الوزن (R_w)	الترتيب (R_r)	المدى
24	4	6	101.6–177.8

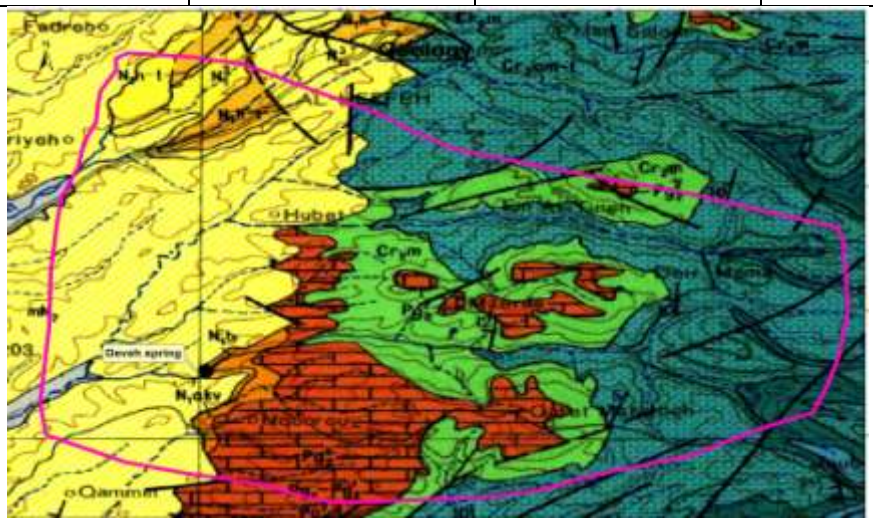


الشكل 3. التغذية الصافية ودالتها.

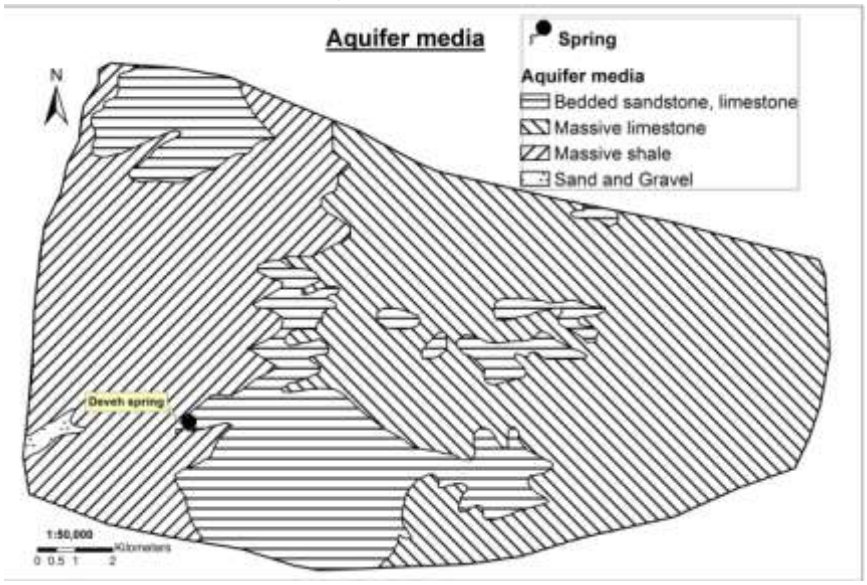
• (A) تركيب طبقة المياه الجوفية: تم تحديد تركيب طبقة المياه الجوفية من الشكل (4)، [6]. بينت الخريطة أن التركيب الجيولوجي لهذه المنطقة متنوع مما سيؤثر على قابلية المياه الجوفية للتلوث، الجدول (12). كما تم وضع خريطة تركيب طبقة المياه الجوفية ودالته من خلال برنامج GIS، الشكل (5).

الجدول12. تركيب طبقة المياه الجوفية.

المدى	الترتيب (A_r)	الوزن (A_w)	الدالة ($D = A_r * A_w$)
توضعات كلسية،رملية	6	3	18
صخر كلسي صلب	8	3	24
رمل وحصى	8	3	24
صخر شيستي صلب	2	3	6



الشكل 4. تركيب طبقة المياه الجوفية في منطقة الدراسة.

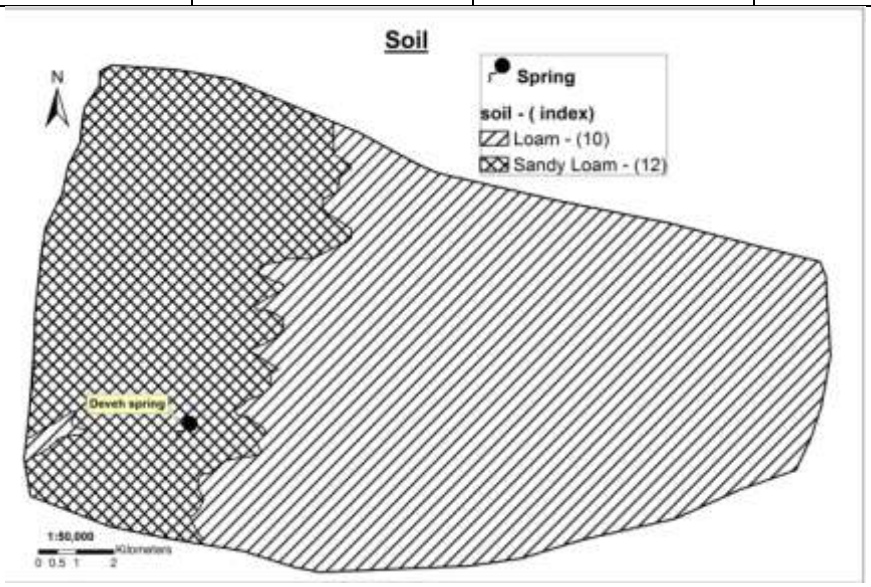


الشكل 5. تركيب طبقة المياه الجوفية ودالته.

• (S) وسط التربة: تم تحديد تركيب وسط التربة من خلال إجراء تجربة التحليل الميكانيكي للتربة بطريقة الهيدرومتر على عينات تربة أخذت من منطقة الدراسة. بينت النتائج أن تربة منطقة الدراسة تربة لومية ولومية رملية، الجدول(13). يسمح صنفا التربة في المنطقة بتسرب متوسط للمياه إلى الطبقة غير المشبعة مما يزيد من احتمالية تلوث المياه الجوفية. تم وضع خريطة وسط التربة ودالتها من خلال برنامج GIS، الشكل (6).

الجدول13. وسط التربة.

المدى	الترتيب (S_r)	الوزن (S_w)	الدالة ($D = S_r * S_w$)
لومية	5	2	10
لومية رملية	6	2	12

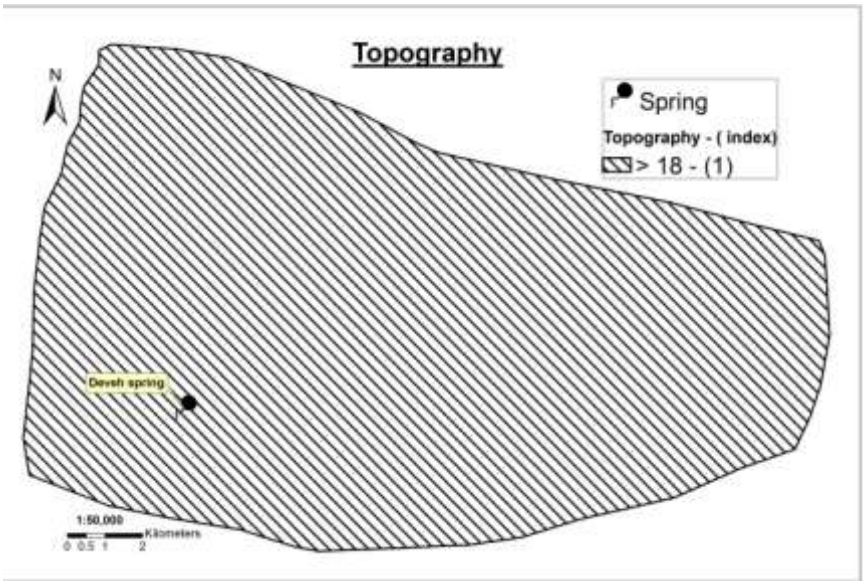


الشكل 6. وسط التربة ودالته.

• (T) الطبوغرافية (الميل): تم تحديد ميل منطقة الدراسة من خلال خريطة للارتفاعات، [6]. تبين أن ميل منطقة الدراسة حوالي 25%، الجدول (14). إن ميل منطقة الدراسة يسمح بتسرب أقل للمياه من السطح، وبالتالي تكون المياه الجوفية أقل عرضة للتلوث. تم وضع خريطة من خلال برنامج GIS أظهرت كل من الميل ودالته، الشكل (7).

الجدول14. الميل.

المدى	الترتيب (T_r)	الوزن (T_w)	الدالة ($D = T_r * T_w$)
>18	1	1	1

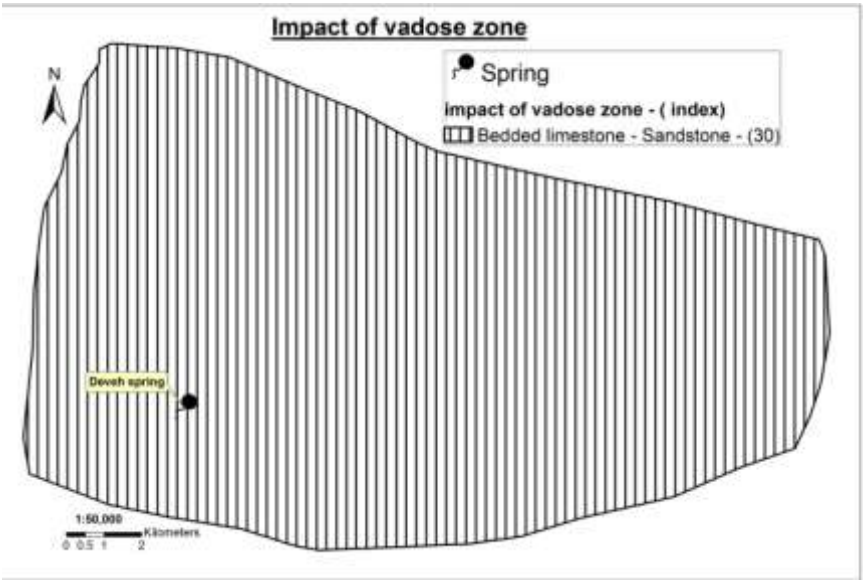


الشكل 7. الميل ودالته.

• (I) تأثير المنطقة غير المشبعة: تتكون صخور منطقة التهوية في منطقة الدراسة من أحجار رملية وكلسية في بعض أجزاء المنطقة، ومن حصى وغضار رملي ورمل غضاري في أجزاء أخرى ، الجدول (15) ، [6]. تم وضع خريطة تأثير المنطقة غير المشبعة ودالته من خلال GIS، الشكل (8).

الجدول15. تأثير المنطقة غير المشبعة.

المدى	الترتيب (I_r)	الوزن (I_w)	الدالة ($D = I_r * I_w$)
توضعات كلسية غضارية	6	5	30



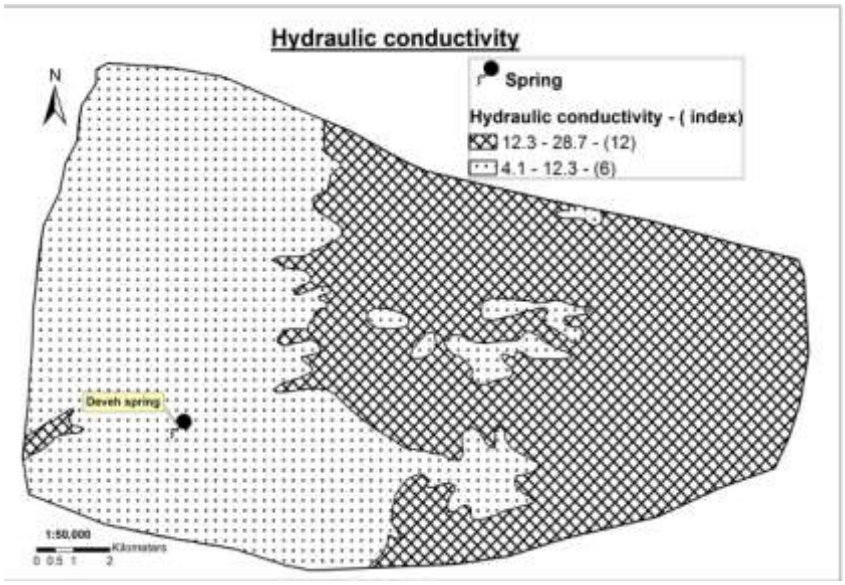
الشكل 8. تأثير المنطقة غير المشبعة ودالته.

• (C) الناقلية الهيدروليكية: إن الحصول على قيم دقيقة لهذا البارامتر تتطلب العديد من الدراسات والتجارب الحقلية، لذلك تم الاعتماد على قيم من دراسات سابقة، [9].

استناداً إلى الطبيعة الليتولوجية المكونة لصخور المنظومة الهيدروجيولوجية في منطقة الدراسة فلكل منها عامل رشح مختلف، وبالتالي تم إعطاء قيم مختلفة للمدى، الجدول (16). تم وضع خريطة الناقلية الهيدروليكية ودالتها من خلال برنامج GIS، الشكل (9).

الجدول16. الناقلية الهيدروليكية.

المدى	الترتيب (C_r)	الوزن (C_w)	الوزن ($D = C_r * C_w$)
4.1−12.3	2	3	6
12.3−28.7	4	3	12



الشكل 9. الناقلية الهيدروليكية ودالتها.

وتم الحصول على خريطة قابلية المياه الجوفية للتلوث النهائية من خلال تراكب طبقات البيانات الهيدروجيولوجية السبعة وهي (طبقة عمق توضع المياه، طبقة التغذية الصافية، طبقة تركيب طبقة المياه الجوفية، طبقة وسط التربة، طبقة الميل، طبقة تأثير المنطقة غير المشبعة، طبقة الناقلية الهيدروليكية).

أظهرت الخريطة أن دالة DRASTIC تتراوح قيمها بين 84−106، الجدول(17)، الشكل(10).

تقسم المياه الجوفية في منطقة الدراسة من حيث قابليتها للتلوث إلى ثلاثة أنواع، الشكل (11)، وهي:

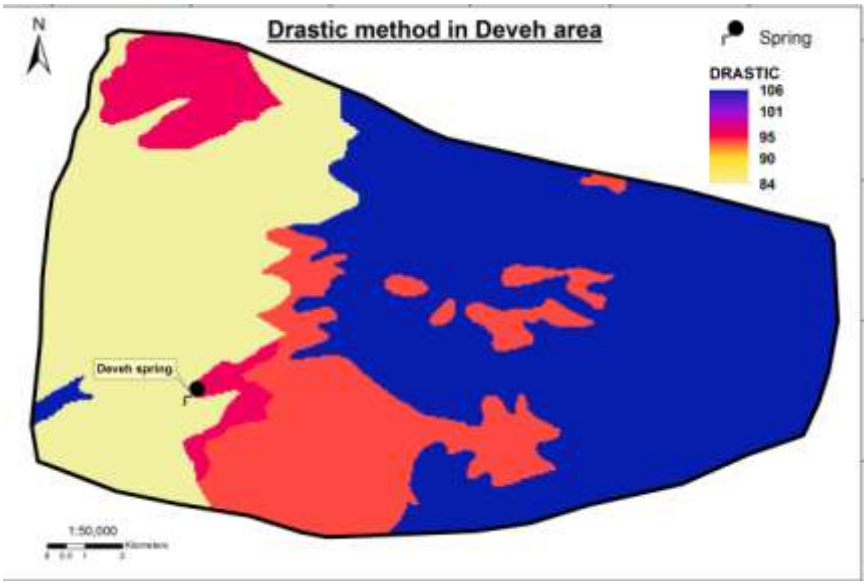
-منخفضة؛

-معتدلة؛

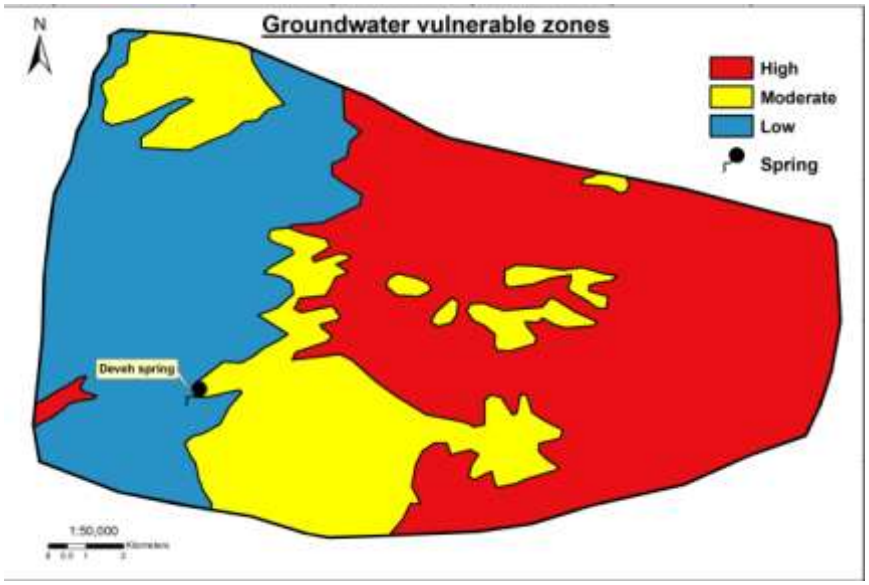
-مرتفعة.

الجدول17. دالة DRASTIC .

المساحة (Km^2)	التصنيف	دالةDRASTIC
50	منخفضة	84
40	معتدلة	94
		96
82	مرتفعة	106



الشكل 10. قيم دالة DRASTIC.



الشكل 11. مناطق توزع المياه الجوفية حسب قابليتها للتلوث.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

اعتماداً على الجداول السابقة ودالة DRASTIC وخريطة قابلية المياه الجوفية للتلوث يمكن استنتاج مايلي:

-تصنف المياه الجوفية في منطقة الدراسة بأنها ذات قابلية عالية ومعتدلة ومنخفضة للتلوث.

-إن غالبية المياه الجوفية للمنطقة تصنف بأنها ذات قابلية عالية للتلوث حيث قدرت مساحة المنطقة التي مياهها الجوفية ذات قابلية عالية للتلوث بحوالي ($82\ Km^2$)، أي تشكل حوالي (48 %) من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة.

-تقدر مساحة المنطقة ذات المياه الجوفية المعتدلة القابلية للتلوث بحوالي ($40\ Km^2$)، أي تشكل حوالي (23%) من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة.

-تقدر مساحة المنطقة ذات المياه الجوفية المنخفضة القابلية للتلوث بحوالي ($50\ Km^2$)، أي تشكل حوالي (29%) من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة.

-تغذي المياه الجوفية ذات القابلية العالية والمعتدلة للتلوث نبع ديفة.

-تقع معظم مصادر التلوث في منطقة الدراسة من معاصر للزيتون ومحطات وقود ومجابل للاسمنت ومكبات عشوائية للنفايات ضمن منطقة المياه الجوفية ذات القابلية العالية والمعتدلة للتلوث، مما يشكل خطراً على مياه النبع ويستوجب اتخاذ إجراءات كفيلة لحمايته.

التوصيات:

-وضع خطة إدارة متكاملة لحماية المياه الجوفية في الساحل السوري نظراً لأهميتها ودورها الكبير في إمداد السكان بالمياه الصالحة للشرب.

-إجراء دراسة جيولوجية وهيدروجيولوجية كاملة وموسعة للمنطقة الساحلية واستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ضمن الدراسة.

-نقترح عدم إقامة أية منشآت صناعية أو زراعية جديدة ضمن منطقة الدراسة.

-معالجة وضع المنشآت الصناعية والزراعية الموجودة ضمن المنطقة واتخاذ كافة الإجراءات الكفيلة بمنع وصول الملوثات إلى الوسط المحيط بأي شكل من الأشكال .

-التقيد بالشروط والتوصيات البيئية اللازمة لعمل معاصر الزيتون خلال موسم العصر ، ومنع تصريف مياه الجفت إلى المسيلات المائية.

-التأكيد على أهمية تخديم المنطقة بنظام صرف صحي، ومعالجة نواتجه؛ وحل مشكلة النفايات الصلبة من خلال وضع مكبات للقمامة في المنطقة وجمعها بطريقة دورية.

-التأكيد على عدم السماح بحفر الآبار ضمن منطقة الدراسة.

-ضرورة الاستخدام المنظم للأسمدة الكيميائية وخصوصاً الأسمدة الآزوتية، والمبيدات في أراضي المنطقة لما تشكله من خطورة على المياه الجوفية؛ حيث يجب أن تقتصر الكميات على حاجة النبات فقط.

-ضرورة المراقبة الدورية لمياه النبع بإجراء التحاليل الكيمائية اللازمة لرصد أي ظاهرة تلوث ومعالجتها في الوقت المناسب، والالتزام بالمواصفات القياسية السورية لمياه الشرب.

المراجع:

1. RAHAMAN, A. *A GIS Based DRASTIC Model for Assessing Groundwater Vulnerability in Shallow Aquifer in Aligarh, India.* Applied Geography. Vol. 28, N. 1, 2008, 32-53.

2. VRBA, J.; ZOPOROZEC, A. *Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability.* International Contribution for Hydrogeology, Verlag Heinz Heise, Hannover. Vol. 16, 1994, 131.

3. FOSTER, S. *Fundamental Concepts in Aquifer Vulnerability, Pollution Risk and Protection Strategy*. Committee on Hydrogeological Research, The Hague, Netherlands, Vol. 38, 1987, 69-86.

4. US-NRC (National Research Council in the United States). *Groundwater Vulnerability Assessment, Contamination Potential under Conditions of Uncertainty.* National Academy Press, Washington, D.C. 1993, 210 p.

5. ALLER, L.; BENNET, T.; LEHR, JH.; PETTY, RJ.; HACKETT, G. *DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings.* US EPA, Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory, Ada, OK, EPA/600/2-87/035, 1987, 17-25, 42, 77.

6. الهيئة العامة للاستشعار عن بعد. *دراسة استشعارية هيدروجيولوجية لنبع ديفة*. اللاذقية، 2006، 5-18.

7. FRITCH, T. G.; MCKNIGHT, C. L.; YELDERMAN, J. C.; ARNOLD, J. G. *Environmental Auditing: An Aquifer Vulnerability Assessment of the Paluxy Aquifer, Central Texas, USA, Using GIS and a Modified DRASTIC Approach*. Journal of Environmental Management, USA. Vol. 25, N .3, 2000, 337-345.

8. رجب، نداء سعدالله. *دراسة هيدروجيولوجية متكاملة لتقييم ظروف تشكل المياه الجوفية في حوض اللاذقية رسالة ماجستير بإشراف أ.د أحمد محمد*؛ جامعة تشرين، 2014، 137.

9. المديرية العامة للموارد المائية والري. *التحريات الهيدروجيولوجية والهيدرولوجية للأحواض الأربعة (سورية – حوض الساحل)*. أربعة مجلدات، 1979، 200.