قابلية تعرض المياه الجوفية للتلوث(Groundwater Pollution Vulnerability)

الطرق المعتمدة في تقييم قابلية المياه الجوفية للتلوث هي:

1-الطرق الهيدروجيولوجية: نظام عالمي مناسب للمناطق الشاسعة ذات المظاهر الطبيعية المختلفة، وتشمل هذه الطرق مقاربة منطقة معينة مع المعايير التحكيمية التي تمثل شروط وظروف تحدد قابلية المياه الجوفية للتلوث.

2-الطرق الإحصائية البارامترية: تشمل أنظمة إحصائية تعتمد على المصفوفات وأنظمة التنبؤ و التقدير وأنظمة تعتمد على جرد النقاط المائية وكافة هذه الطرق والأنظمة تعتمد على أسلوب مشترك وهو اختيار المعاملات التي تعتقد بأنها العوامل المؤثرة على قابلية المياه الجوفية للتلوث.

وتحدد في الغالب أوزان لكل منها تعكس أهميتها النسبية، وحسب طبيعة العامل المؤثر يتم تحديد فئات تتناسب مع مدى هذا المؤثر، ويسند لكل منها عدد أو قيمة تعكس دوره في الحد من انتقال تلوث الطبقات المائية المختلفة (قيد الدراسة) يتم تصنيف النتائج وتقسيمها إلى رمز يمثل درجات مختلفة من قابلية هذه الطبقات المائية في منطقة الدراسة للتلوث.

3-الموديلات (النماذج) الرقمية أو علاقات المحاكاة: تعتمد على تحليل رياضي يسفر عن تحديد قرينة لقابلية التلوث، وهذه الطرق قابلة للتطبيق عادة عند تقييم القابلية النوعية لتلوث المياه الجوفية.

تعد تلك الطرق مهمة لتقييم قابلية المياه الجوفية للتلوث، وتستند إلى أجهزة خاصة متطورة في تلك القياسات لكنها ليست أكثر شيوعاً في العالم كونها طرق ذات تقنيات عالية تقتصر على الدول المتقدمة.

أما الدول النامية فما زالت تعاني على كافة الأصعدة من حجب تكنولوجي متقصد عنها تمارسه الدول الصناعية، وتبقى مساهمة المنظمات الدولية المعنية في تقديم العون التكنولوجي والمالي مؤطرة بشروط قاسية (كما هي في شروط البنك الدولي) لا تتناسب ومفاهيم عديدة تؤطر سيادة ومقومات الاقتصاد في تلك الدول. وفي جميع الأحوال، فأن وجود الأجهزة المتطورة لرصد التلوث باتت ضرورية خاصة بعد شروع دول عديدة باعتمادها على المياه الجوفية لتأمين متطلباتها المائية كما هو الحال في دول شبه الجزيرة العربية. و لتحديد التلوث في زمانه ومكانه، لا بد من أجهزة رصد ومراقبة متطور من أجل السيطرة عليه ومنع انتشاره وكما ذكرنا سابقاً أن تلوث المياه الجوفية ليس من السهولة كشفه كما هو الحال مع المياه السطحية ويحتاج إلى مراكز أكثر تطوراً وتوزعاً. وهناك نوعان من مراكز المراقبة للمياه الجوفية هي:

1-نظام مراقبة محلي: يهدف لمراقبة التلوث الناجم عن مصدر واحد، وهناك عدة احتياطات يجب أخذها بعين الاعتبار وهي:

- تقييم شواهد تلوث المياه الجوفية وتحديد حجم المشكلة .
- جمع المعلومات حول الملوثات المتوقعة والاستعمالات المترتبة على ذلك.
- جمع المعلومات عن الهيدروجيولوجيا ومتغيرات الخزان الجوفي واتجاه السريان .
- اختبار آبار المراقبة.
- وضع برنامج لجمع العينات وتحليلها.

2- نظام مراقبة إقليمي: يهدف لمراقبة التغيرات في نوعية المياه لخزان معين أثناء فترة الاستغلال مثل الخزانات المعرضة لتداخل مياه البحر، ويجب أن يؤخذ بعين الاعتبار الاحتياطات الآتية:

- ❖ تحديد مصدر التلوث.
- ❖ جمع وتحليل كل البيانات المتاحة .
- ❖ إجراء بعض الدراسات الهيدروجيولوجية الإضافية التي تهدف إلى تحديد المشكلة بشكل أفضل .
- ❖ اختيار آبار مراقبة على ضوء شبكة الرصد المتاحة من قبل .
- ❖ الحصول على التجهيزات اللازمة .
- ❖ إدارة وأخذ عينات منتظمة على فترات زمنية محددة .

❖ معالجة وتفسير البيانات وتوصيل النتائج إلى أصحاب الخبرة.

تلك الأنظمة المحلية والإقليمية كفيلة برصد ومتابعة نوع ومكان التلوث وحجمه، ليصار إلى اتخاذ الإجراءات الكفيلة بالسيطرة عليه والحد منه. و ما لم يجرِ التنسيق بين الأنظمة المحلية والإقليمي وبشكل دوري، فأن فعالية تلك الأنظمة ستكون غير مجدية فتبادل المعلومات بشكل دوري ورصد التغيرات التي تحدث على المياه الجوفية وبطرق علمية حديثة يضمن بفعالية الحفاظ عليها من التلوث.

ولن تقتصر عمل تلك الأنظمة على رصد التلوث، وإنما بياناتها ومعطياتها الأخرى تفيد في رسم الخرائط إعادة تقييم وتنمية المياه الجوفية بشكل أمثل.

الأهداف الرئيسية لأنظمة المراقبة (المحلية والإقليمية) تندرج تحت البنود التالية:

1-للتعرف على التغيرات الطبيعية لنوعية المياه وذلك لاعتمادها كقاعدة في تحسس كل مصدر للتلوث.

2-لمتابعة التغير في نوعية المياه الناجمة عن مصدر معروف أو مجهول.

3-للتحكم في نوعية المياه الجوفية عند استعمالها لغرض من الأغراض.

4-لتقييم تلوث المياه في منطقة محددة.

5-لاكتساب الخبرة لتوقع أي تلوث محتمل للخزانات الجوفية.

إن تلك الأهداف الرئيسية لأنظمة المراقبة، اقتصرت مهامها على تحديد التلوث ورصد التغيرات التي تطرأ على الخصائص العامة للمياه. ولا بد من الإشارة إلى أن الأجهزة الحديثة للمراقبة دورها لن يقتصر على تلك المهام وإنما يتعدى إلى تسجيل بيانات ومعطيات عن حجم ونقص المياه الجوفية ونسب الملوثات ونوعية التكوينات المائية وغيرها. لذا فأن الاعتماد على الكادر الفني لإدارة تلك الأجهزة الحديثة واستخدامها بطاقتها القصوى كفيل بإعطاء نتائج جيدة ومفيدة للعمل في مجال تنمية الموارد المائية الجوفية.

الأنظمة العالمية لتقييم المياه الجوفية والحفاظ عليها:

إن الاهتمام الذي حازت عليه المياه الجوفية في العالم من قبل المنظمات الدولية، لم يزيد عمره الزمني على ثلاثة عقود خلت وما زال هذا الاهتمام متواضعاً قياساً بالاهتمام الذي حظيت به المياه السطحية في العالم. ولم يسفر هذا الاهتمام عن اتفاق عالمي ولا على آلية قانونية للاستثمار، كما إنه لم يحصل اتفاق بين المختصين في مختلف أنحاء العالم على تحديد الرموز والمصطلحات الواجب اعتمادها في رسم خرائط لتقييم المياه الجوفية. لذا فأن مجال التعاون ونقل الخبرة بين المختصين والتقنيين في العالم حول المياه الجوفية ما زال يعاني من ضعف كبير. فالقواعد المعتمدة (وأيضا الرموز والمصطلحات) في أمريكا مثلاً لرسم خرائط التقييم مختلفة عن تلك التي تعتمد في فرنسا أو السويد أو بريطانيا. أما العالم الثالث فما زال بعيداً عن تلك (الإرهاصات العلمية) وعملية توحيدها على أُسس عالمية.

بذلت رابطة الهيدروجيولوجين العالمية ومنظمة اليونسكو التابعة للأمم المتحدة جهوداً في هذا المجال، بغية إيجاد صيغ توحد تلك الرموز والمصطلحات والألوان المعتمدة لرسم الخرائط ودلالاتها العلمية، لكن تلك الجهود لم تكن كافية بالرغم من أنها وضعت بعض الأسس لتوحيد قسم من تلك الرموز.

أن عدم الاتفاق الكامل بين دول العالم حول توحيد تلك الاختلافات لرسم الخرائط الجوفية لا يعود (فقط) إلى الدلالات الخلافية وكيفية توحيدها، وإنما التغيير والتوحيد يتطلب أموالاً طائلة من قبل الدول التي شرعت منذ أمد طويل في رسم وتقييم مياهها الجوفية بذات الوسائل المعتمدة لديها. ويتطلب إعادة رسم تلك الخرائط وعمليات التقييم على الأسس العالمية الجديدة ليس أموالاً فقط، وإنما الوقت الطويل خاصة في بلدان أوربا فدول العالم الثالث ما زالت في أول السلم ويمكنها الاستفادة من إي تغير يطرأ بشأن التوحيد عبر المنظمات الدولية.

والخرائط الجوفية عديدة وهي بذات الوقت متنوعة ولها أغراض مختلفة حسب الحاجة والحالة التي يراد الاستفادة منها أو تنميتها أو رصدها. فغالباً ما تستخدم الخرائط الجوفية لاعتمادها كأساس لتخطيط بعيد المدى أو قصير المدى بشأن قابلية المياه الجوفية للتلوث كأن تعتمد أساساً لاتخاذ القرارات حول استثمار الأراضي الزراعية ونوعية المياه الجوفية، أو إجراء دراسات شاملة في مجال التخطيط الإقليمي أو لربما اعتمادها لتحديد أولويات السياسات المائية الجوفية وكيفية اتخاذ الإجراءات اللازمة لمنع تلوثها. بالإضافة إلى ذلك، فقد

تكون تلك الخرائط أساساً لتصميم مراكز لرصد التلوث وتقييم المياه الجوفية على المستوى الوطني والإقليمي. كما يمكن اعتماد معطياتها في مجالات البحوث العلمية والتعليمية. ولتسليط الضوء بشكل أكبر على نوعية تلك الخرائط وتصنيفيها نورد الجدول أدناه.

جدول يبين خرائط قابلية المياه الجوفية للتلوث

نوع الخريطة	المقياس	الغرض والمحتويات	الملاحظات
عامة وشاملة	1:500000 أو أكثر	تخطيط عام، صنع القرار، وضع سياسات في مجال حماية المياه الجوفية على المستويين الوطني والإقليمي، أهداف تعليمية، خرائط عامة تبين القابلية الجوهرية لتلوث المياه الجوفية، لا تظهر التفاصيل.	يتم يدوياً أعداد مصورات ثنائية الأبعاد أو أطالس مع مذكرات تفسيرية، الخرائط الحاسوبية ما تزال غير شائعة.
تخطيطية	1:500000حتى 1:100000	تخطيط إقليمي، إدارة وتنظيم حماية المياه الجوفية، تقييم مشكلات التلوث المنتشر، معظم التفاصيل لا تشملها الخرائط وتحتاج إلى مصورات خاصة.	خرائط معدة يدوياً أو خرائط حاسوبية ثنائية أو ثلاثية الأبعاد (فراغية) أو أطالس.
للتشغيل والعمليات المدنية	1:100000 حتى 1:25000	تخطيط استخدامات الأراضي وتصميم برامج حماية المياه الجوفية، مصورات تحليلية تبين قابلية المياه الجوفية للتلوث وتوزعها المكاني بالنسبة لزمن انتقال ملوث محدد، المسح الحقلي المرغوب.	مصورات حاسوبية رقمية ثنائية أو ثلاثية الأبعاد (فراغية) أو مصورات معدة يدوياً، مقاطع ومخططات لتحسين الاستخدام.
نوعية لأغراض خاصة	1:25000 أو أقل	مصورات وحيدة الهدف ومحلية للتخطيط الحضري ولحماية الآبار، توضح المشكلات المتعلقة بقابلية التلوث ذات الصفة المحلية والمكانية المحددة، تحتاج إلى حزمة من المعطيات الممثلة للواقع، تحتاج عادة إلى التحريات الكلية.	مصورات رقمية ثنائية أو ثلاثية الأبعاد أو مخططات (خرائط سطحية) وخرائط شبكية.

من الجدول أعلاه، يتبين أن للخرائط أنواع (عامة؛ تخطيطية؛ للتشغيل والمدنية؛ وخاصة) لكل منها مقياس رسم خاص، فنلاحظ كلما كان مقياس الرسم كبيراً كلما كانت الخرائط ذات معطيات ودلالات عالية ومحددة وكلما كان مقياس الرسم صغيراً كلما أخذت الخرائط جانب الغرض الوحيد أو المزدوج وقلت دلالاتها ومعطياتها ولكن هذا لا يقلل من أهميتها، فلكل خريطة الغرض الذي رسمت من أجله.

ولا يمكن استخدام معطيات ودلالات الخرائط الإقليمية مثلاً لرسم سياسات تقييم لمياه جوفية وطنية، فلكل منها دلالات ومعطيات خاصة ومختلفة وليس بالضرورة أن تكون متطابقة لما هو عليه في الخرائط الوطنية.

وعموماً فأن الخرائط تعاني من قصور بنواحي عديدة ولا يمكنها تغطية كل الجوانب العلمية المطلوبة، نورد على سبيل المثال بعض من تلك النواحي التي تعاني منها: نقص المعلومات الممثلة للواقع نتيجة المقياس المعتمد؛ وعدم وضوح النظام؛ وعدم توفر منهجية تحضى بقبول عالمي؛ وصعوبة التحكم والتحقق من صحة ودقة المعطيات.

ولرسم أية خريطة مائية جوفية، لا بد من توفر جملة من المعطيات عن التكوين الجيولوجي للحوض الجوفي: نوعية المياه ؛ وحجم التغذية المائية السنوية؛ وسماكة النطاقين المشبع وغير المشبع؛ والغطاء النباتي؛ ومصدر التلوث وحجمه وغيرها.

تلك المعطيات هي الأساس الذي يحدد شكل الخريطة الجوفية، لذا لا بد من توفرها بشكل دقيق. فالقاعدة المعلوماتية توضح دقة الخرائط خاصة في خرائط قابلية المياه الجوفية للتلوث ذات الحساسية الكبيرة والخطأ الذي يُرتكب فيها يكلف مياه الخزان الجوفي الكثير ولسنوات طويلة، خاصة إذا كانت تلك الخرائط أساساً لاتخاذ قرارات ذات شأن من جهات عليا.

القواعد المعلوماتية لرسم خرائط قابلية المياه الجوفية للتلوث.

أولاً: الاستشعار عن بُعد، ويتم عبر عدة طرق منها:

– طرق تفسير الصور الجوية البيضاء و السوداء و الملونة.
– طرق تفسير الصور الجوية الملونة ألواناً مزيفة.
– تقنيات معالجة وتفسير صور الأقمار الصناعية والصور الجوية المأخوذة بالماسح المتعدد الأطياف أو بواسطة الرادار (SAR).

فبالنسبة للطريقة الأولى: تتم عبر المسح الجوي المنخفض الارتفاع لغرض مسح الأنشطة البشرية وتأثيراتها؛ واستثمار الأراضي الزراعية؛ والتغيرات الناتجة عن الصرف وشبكات الري والأنهار والجداول المائية؛ ومصادر التلوث؛ وأماكن الاستقرار السكاني وهيكليتها وأخيراً التغيرات البيئية وسوء الاستخدام.

والطريقة الثانية: تتم عبر المسح الجوي المتوسط والعالي بغرض جمع معلومات عن البُنيات والحدود الجيولوجية؛ ومظاهر التشقق و الكارست وأخيراً شكل ونوع الغطاء النباتي.

أما الطريقة التقنية: فيتم الحصول عليها بواسطة الطائرات أو الأقمار الصناعية بغرض الحصول على معلومات ستاتيكية(ساكنة – صور وحيدة) ومعلومات ديناميكية حركية متغيرة (عدة صور). وهناك نوعان من تقنيات الاستشعار عن بُعد هما:

1–التقنيات التنشيطية: عبارة عن بث شعاع من الأشعة الاصطناعية نحو الهدف، وتحليل استجابة الهدف. وقد يكون الإشعاع في شكل موجات كهرومغناطيسية عالية التردد (رادار) أو موجات صوتية (أجهزة فوق صوتية) ويمكن تركيب الجهاز على الأرض (رادار، فوق صوتي) أو على الطائرات أو السواتل (رادار).

وحتى الآن لم يبدأ استخدام الأجهزة الضوئية (الليزر) في ميدان الهيدرولوجيا على نطاق واسع، ويستخدم الأسلوب التنشيطي للاستشعار عن بُعد على أساس قواعد إقليمية ولكن قد يستخدم أيضاً لقياسات موجهة نحو نقطة ما (فوق صوتية).

2–تقنيات المتابعة: عبارة عن تحليل الأشعة الطبيعية لشيء ما. ويتم في الأساليب المتابعة، استخدام الإشعاع الكهرومغناطيسي (من أشعة تحت حمراء إلى أشعة بنفسجية، ونادراً ما تكون فوق بنفسجية) وتتم كثيراً من التطبيقات حالياً بواسطة كاشف متعدد الأطياف، يمكن أن تحمله طائرة ولكنه في الغالب يركب على قمر صناعي. والاستشعار السلبي خاص بمناطق معينة.

ثانيا: أنظمة الأقمار الصناعية الحديثة

يتم من خلالها جمع معلومات تشمل:

الترشيح أو الصرف العمودي ، مواقع الأجسام المائية الدائمة (عمق المياه الجوفية الضحلة، التغذية المائية من ألاجسام المائية السطحية الى طبقات الخزانات الجوفية)، استخدامات الأراضي التي تسمح بتقييم مصادر التلوث المتوقعة أو الحالية (الأسمدة، والمركبات الزراعية الكيميائية)، الغطاء النباتي الذي يعكس التغيرات التي تطرأ على الصخور، محتوى رطوبة التربة والتغيرات التي تحدث في قوام التربة ، التحليل الطبقي (حصوية أو رملية؛ وسيلتية؛ وغضارية)؛، أشكال سطح الأرض، الأنظمة الهيدرولوجية وتحديد مواصفاتها الخاصة من تفسير صور الأقمار الصناعية والمعالجات المرتبطة بها (المسح الحراري، الاستطاليات).

ثالثاً: العمليات الرياضية للإشارات المتعددة أو الوحيدة لقراءة الصور الفضائية

غرضها إيجاد المناطق ذات التسرب المائي السريع؛ والظواهر الكارستية تحت الطبقة السطحية؛ والعلاقة المتبادلة بين المياه السطحية والمياه الجوفية؛ وتبادل المياه الجوفية بين الطبقات المائية المتجاورة.

رابعاً: استخدام نظام المعلومات الجغرافية (GIS)

النظام قائم على استخدام الحاسوب وسيلة لتكامل وتحليل المعطيات التي يتم الحصول عليها من طيف واسع من المصادر كالاستشعار عن بُعد ومسح التربة ومسح الأراضي ومن محطات جمع العينات المائية ومن خرائط الطبوغرافيا والمعطيات الإحصائية. إن المعطيات الأساس التي تقوم عليها خرائط تقييم قابلية المياه الجوفية للتلوث يمكن ادخلها مباشرة في نظام المعلومات الجغرافية GIS على الأشكال التالية:

– قيم المتغيرات النقطية (الارتفاعات، قياسات الآبار و تسجيلاتها، مناسيب المياه الجوفية والأعماق إلى المياه الجوفية والناقلية الهيدروليكية، ومواصفات التربة).
– المظاهر النقطية (الآبار، والينابيع، ومحطات المراقبة، ونقاط التدفق، ومواقع تخزين الكيميائيات والنفايات، ومواقع التسربات المراقة) .

-خطوط المسح المتصلة المستمرة (المقاطع الجيو فيزيائية، والمقاطع الهيدروجيولوجية) .

-خرائط مختلفة (خرائط التراكيب الهيدروجيولوجية، وخرائط النبات والتربة، وحدود مناطق الحماية..وغيرها).

-خطوط العلاقات التبادلية أو المظاهر الخطية (الحدود، والمظاهر البنيوية، وخطوط تقسيم المياه الجوفية، خطوط الأنابيب، والطرق.

-معطيات الاستشعار عن بُعد (الصور البيضاء والسوداء أو الملونة).

تلك هي أحدث الطرق العالمية لرسم خرائط قابلية المياه الجوفية للتلوث، تعتمد تقنياتها على الأجهزة الحديثة ومنها الأقمار الصناعية التي تفتقرها معظم دول العالم الثالث، لذا فأن تقنيات رسم الخرائط المائية الجوفية في دول العالم الثالث إذا ما تم اعتمادها يجب أن تكون بخبرات أجنبية وبالتالي ذو تكلفة عالية يضاف إلى ذلك نقص الكادر العلمي في دول العالم الثالث.

ولكن تلك المعوقات الفنية لا تنفي حقيقة حصول بعض دول العالم الثالث على تلك التقنيات أو اعتماد طرق أقل حداثة لرسم الخرائط المائية الجوفية، أما فيما يتعلق بخرائط التلوث فما زال الوقت مبكراً للحديث عن وجود خرائط من هذا النوع.

- وهذا ما يؤكده البنك الدولي، حيث اعتمد ضمن شروطه التمويلية ضرورة أن يلحظ المشروع الممول الشروط البيئية في دول العالم الثالث خاصة المتعلق منها بمصادر المياه. تلك المعوقات البيئية والتقنية لا تقتصر على دول العالم الثالث وإنما يعاني منها قسم من العالم المتقدم، ومن أهم طرق حل معوقاتها هي:

1-تطوير تعريف يحظى باعتراف وقبول عام لقابلية المياه الجوفية للتلوث.

2-التوصل إلى اتفاق حول طريقة عامة مقبولة لإعداد خرائط قابلية المياه الجوفية للتلوث والاستمرار باستخدام نفس الأساليب والمصطلحات لتمثل قابلية التلوث على مصورات (موحدة).

3-اختيار صلاحية وصحة خرائط قابلية المياه الجوفية للتلوث.

مخطط دراسة تطبيقية لاحتمالية تعرض المياه الجوفية للتلوث

1- يتم تحديد الخريطة الموقعية-شكل-1، وإعداد الخارطة الهيدروجيولوجية ، الشكل-2

2- وضع مخطط انسيابي لتحقيق الهدف من خلال رسم الخرائط التالية على سبيل المثال، الشكل- 3.

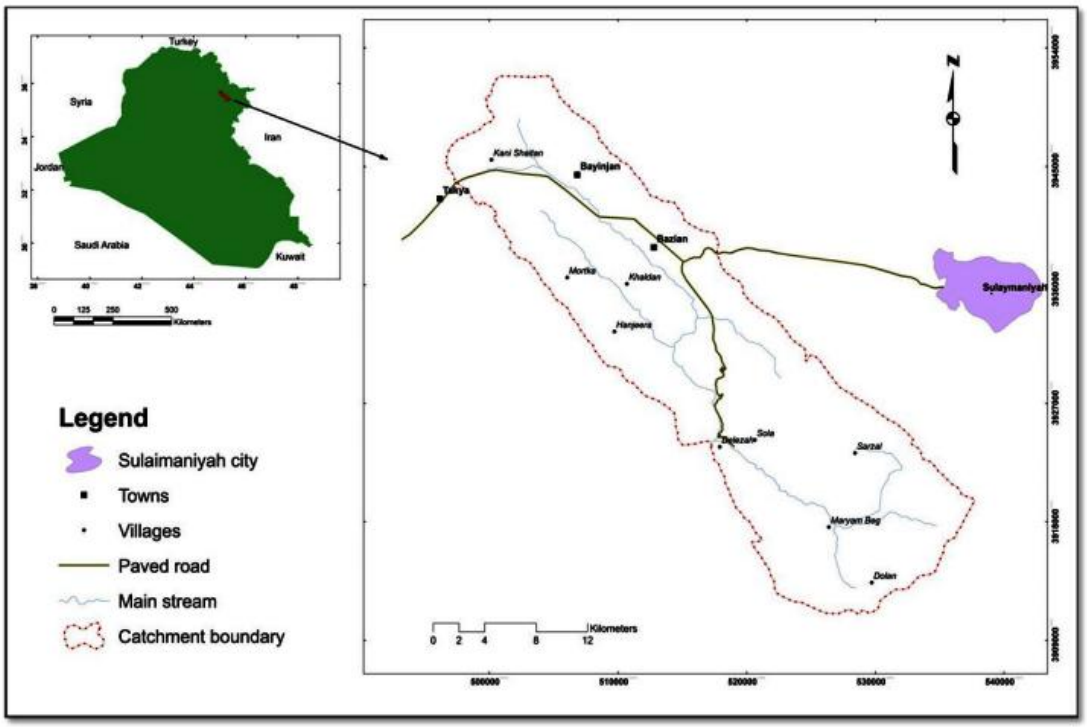

Fig 1: Location map of the Basara basin

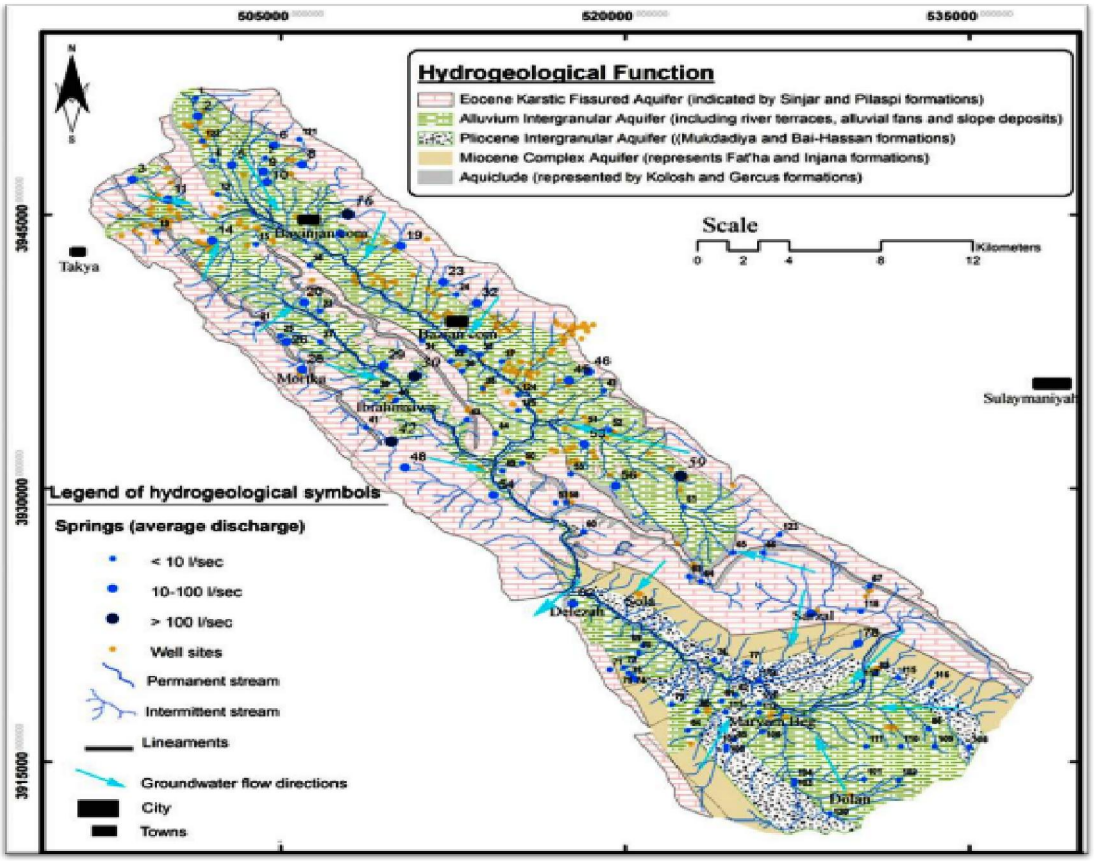

Fig.2: Hydrogeological map of Basara Basin

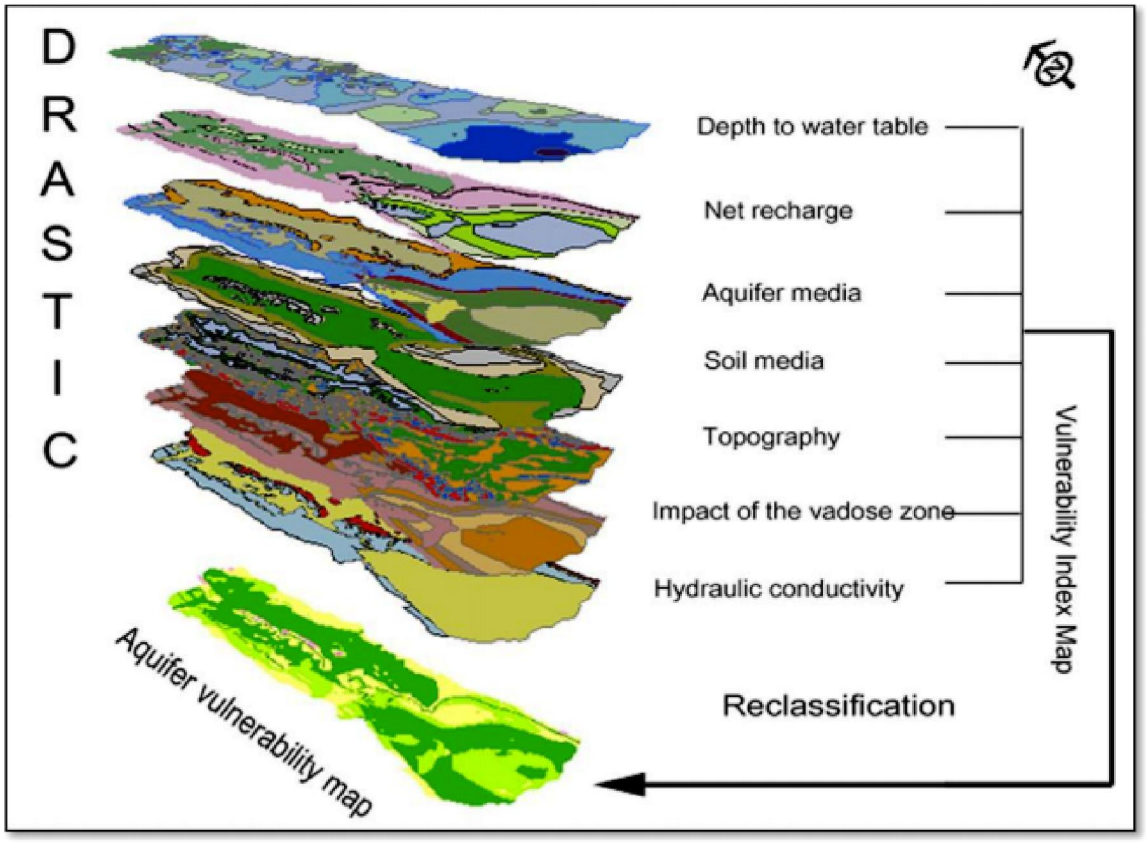

Fig 3: Methodology flowchart for DRASTIC method

أ- عمق المياه الجوفية، الشكل-4 و الجدول-1 لتقييم الرتبة

Table 1:Ranges and rating for depth to groundwater table (6).

Rating	Depth to water (m)
10	Between 0 and 1.5
9	1.5 - 4.5
7	4.5 - 9
5	9 - 15
3	15 - 23
2	23 - 30
1	More than 30

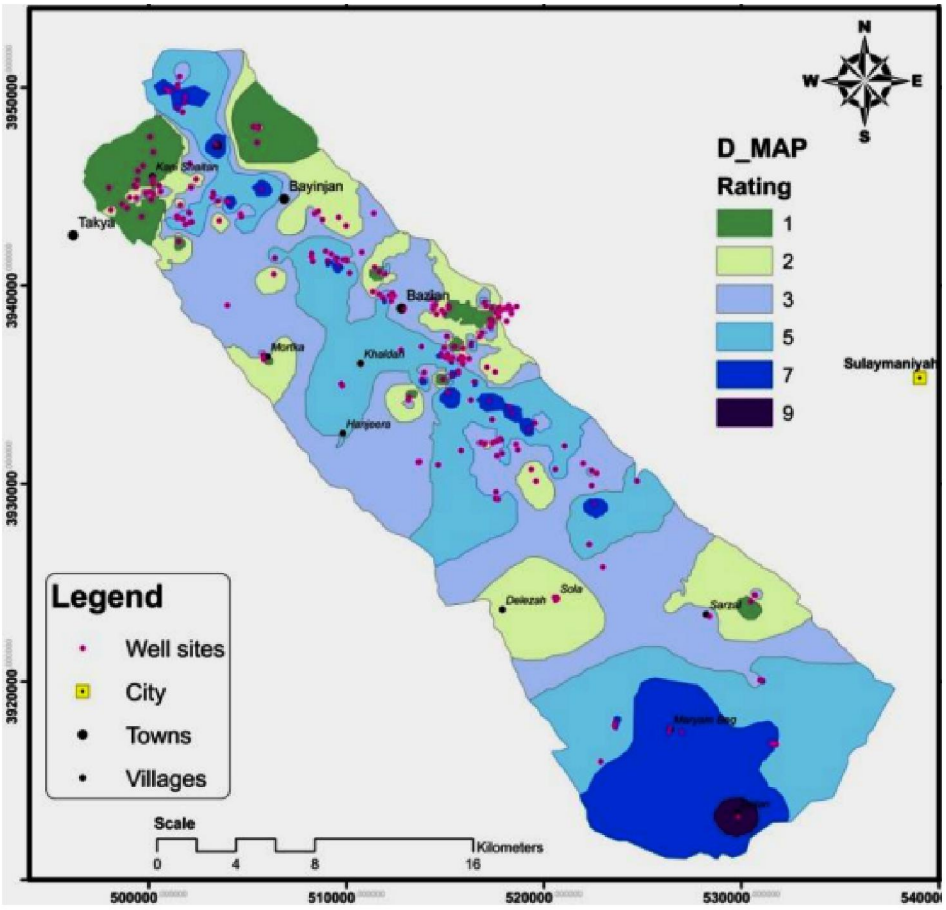

Fig 4: Rating map of (depth to water table) (D_map) of the Basara basin

ب–تغذية المياه الجوفية، الشكل–5 و الجدول– 2 لتقييم الرتبة

Table 2: Ranges and rating for the net recharge in (mm/year)

Factors	Range (mm/year)	Rating
Net Recharge	Less than 50	1
	50 - 100	3
	100 - 175	6
	175 - 250	8
	More than 250	9

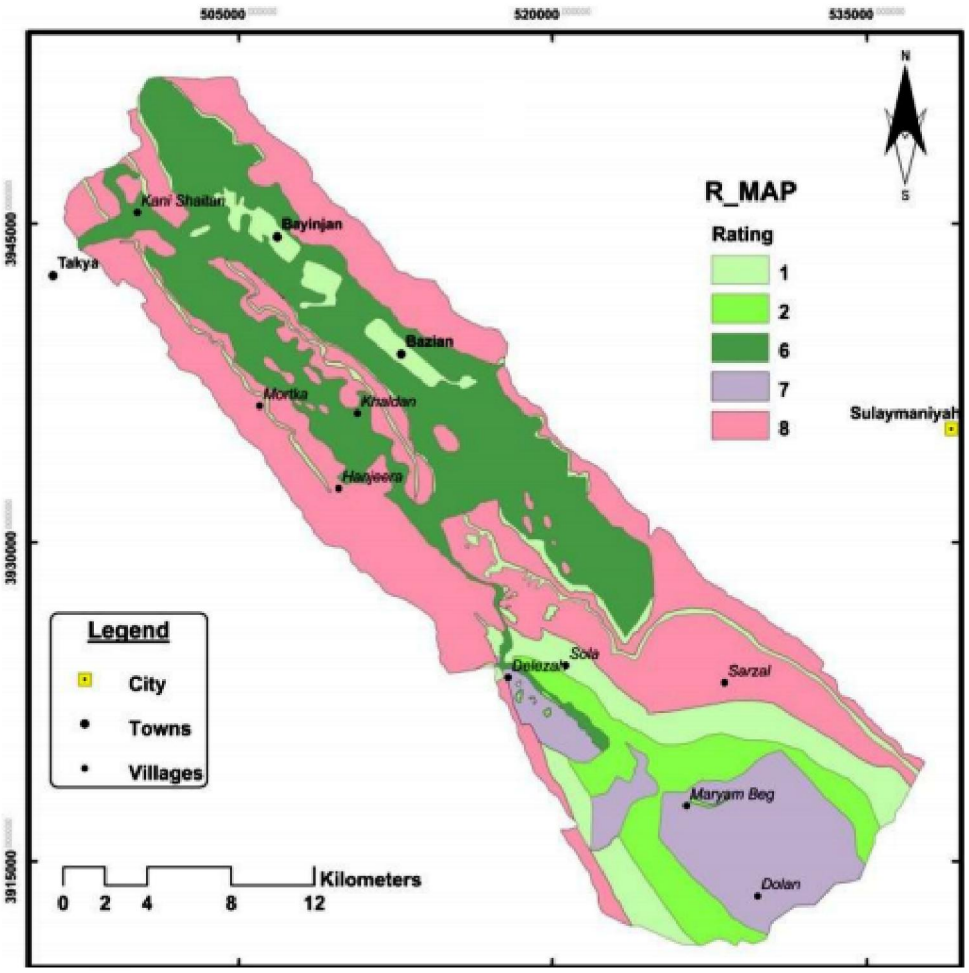

Fig. 5 Rating map of net recharge (R_map) of the Basara basin

ج– صخور الخزانات الجوفية، الشكل–6 ، الجدول–3

Table 3: Ranges and rating for the Aquifer media,

Factors	Range	Rating	Typical rating
Aquifer media	Massive shale	1 - 3	2
	Metamorphic/ Igneous	2 - 5	*3*
	Weathered metamorphic / Igneous	3 - 5	*4*
	Glacial Till	4 - 6	*5*
	Bedded sandstone, limestone, shale	5 - 9	*6*
	Massive sandstone, massive limestone	4 - 9	*6*
	Sand and gravel	4 - 9	*8*
	Basalt	2 - 10	*9*
	Karst limestone	9 - 10	*10*

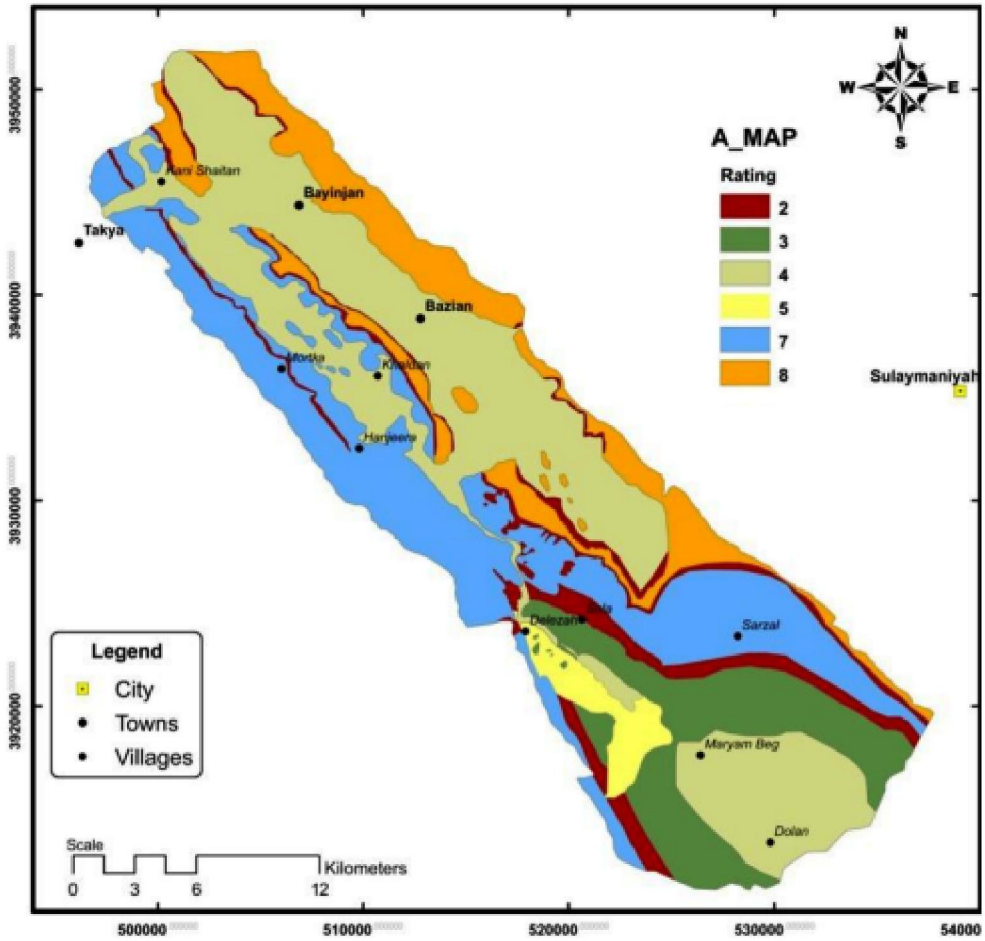

Fig 6: Rating map of aquifer media (A_map) of the Basara basin

د- الطبوغرافية، الشكل-10 و الجدول- 4

Table 4: Ranges and rating for topography

Factors	*Range (percent slope)*	*Rating*
Topography (%)	0 - 2	10
	2 - 6	9
	6 - 12	5
	12 - 18	3
	More than 18	1

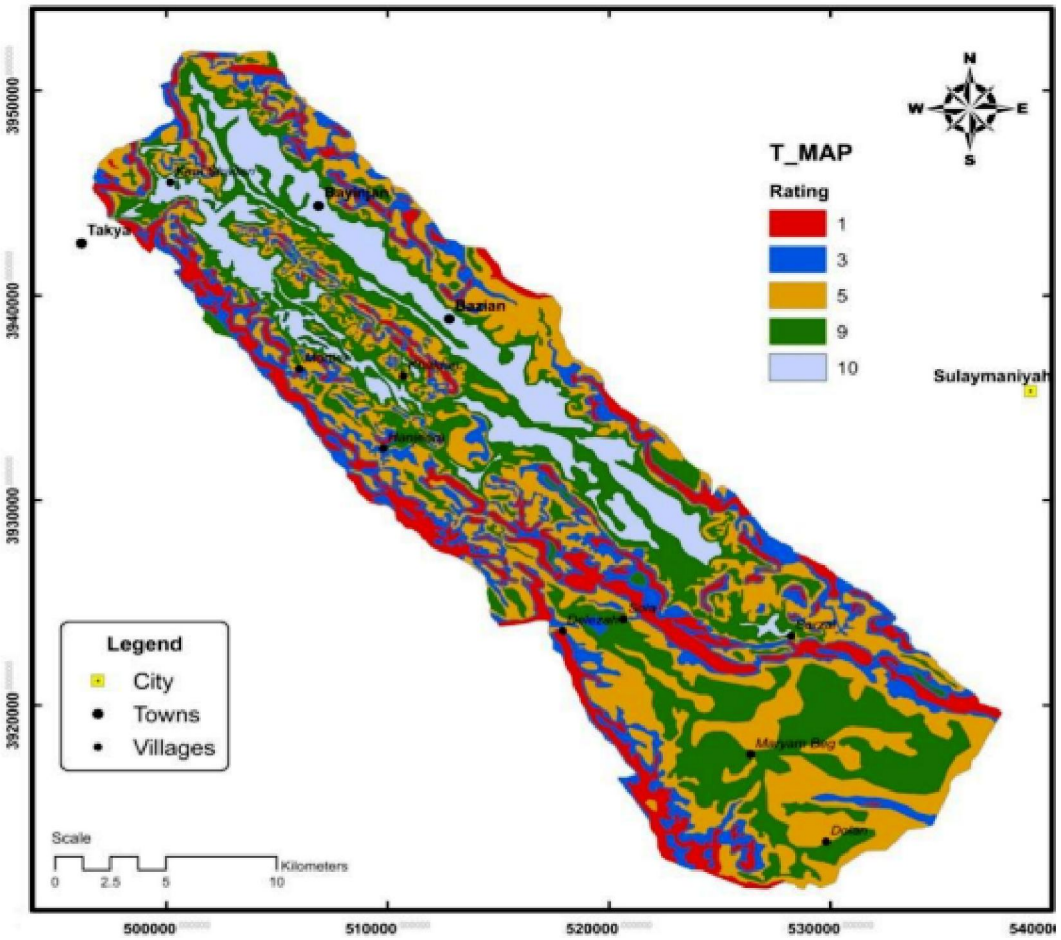

Fig 7 : Rating topography map (T_map) of the Basara basin

هـ- التربة، الجدول-5، 6 و الشكل-8

Table 5: Ranges and rating for soil media, (6)

Factors	*Range*	*Rating*
Soil media	Thin or Absent ,Gravel	10
	Sand	9
	Peat	8
	Shrinking and/or	7
	aggregated clay	6
	Sandy loam	5
	Loam	4
	Silty loam	3
	Clay loam	2
	Muck	1
	Non shrinking and non-aggregated clay	

Table 6: Extension and rating of soil type in the studied area

Soil type	*Rating*	*Extension area (km^2)*	*Extension area (%)*
Clay Loam	3	230	40.3
Silty loam	4	112	19.5
Loam and sandy loam	5	145	25.4
Thin or soil absent	10	84	14.8

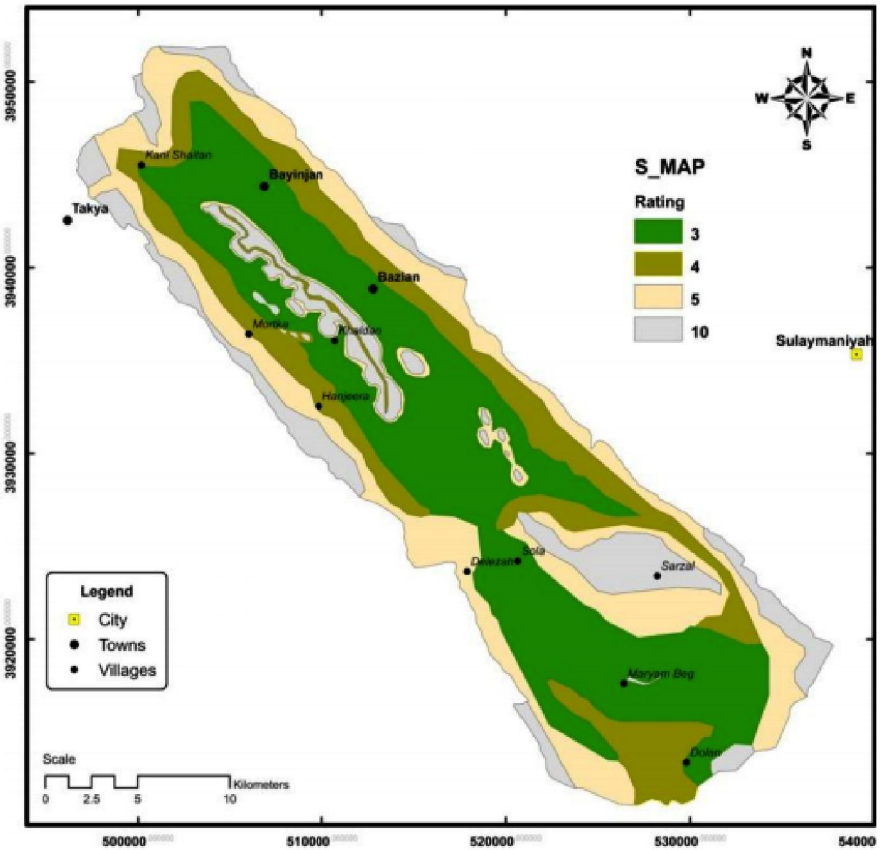

Fig 8: Rating map of soil media (S-map) of the Basara basin

و- تأثير النطاق غير المشبع الشكل-9 و الجدول-7

Table 7: Ranges and rating for impact of the vadose zone

Factors	Range	Rating	Typical rating
Impact of the vadose zone media	Confining layer	1	1
	Silt/ clay	2 – 6	3
	Shale	2 – 5	3
	Limestone	2 – 7	6
	Sandstone, Bedded limestone, sandstone, shale, sand and gravel	4 – 8	6
	Metamorphic/ Igneous	2 - 8	4
	Sand and gravel	6 – 9	8
	Basalt	2 - 10	9
	Karst limestone	8 - 10	10

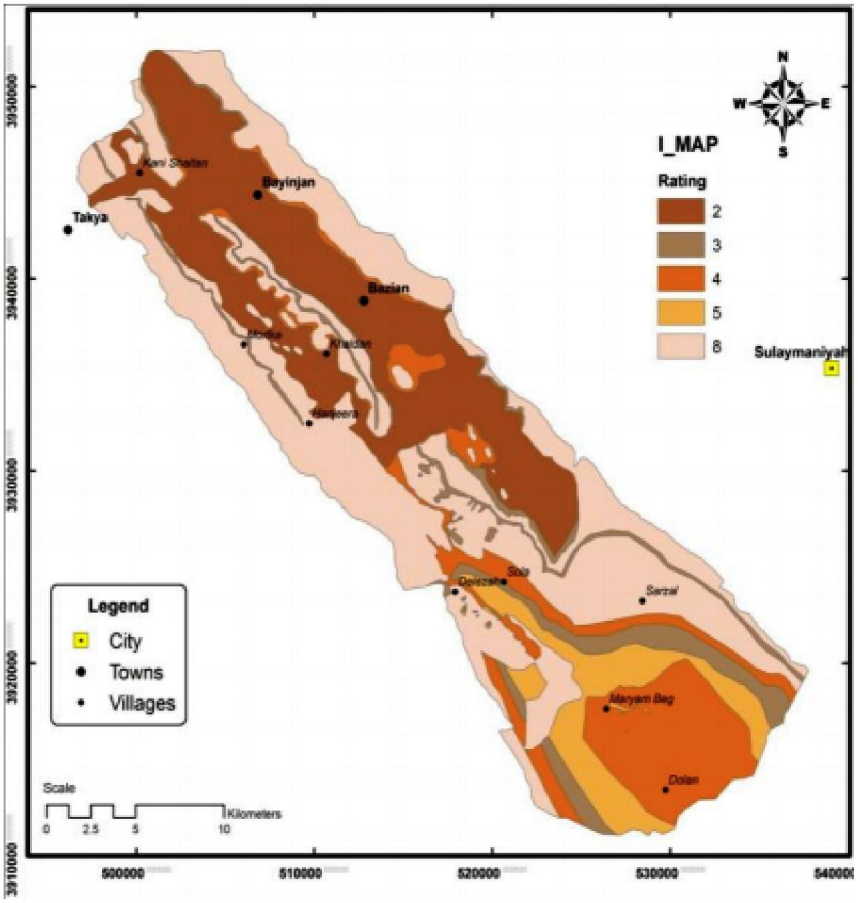

Fig. 9 : Rating map of the impact of the vadose zone (I_map) of the Basara basin

ز- الايصالية الهيدروليكية، الشكل-10 و الجدول-8

Table 8: ranges and rating for the hydraulic conductivity

Factors	*C (m/day)*	*Rating*
Hydraulic conductivity	Less than 4.0	1
	4.0 – 12.0	2
	12.0 – 30.0	4
	30.0 – 40.0	6
	40.0 – 80.0	8
	More than 80.0	10

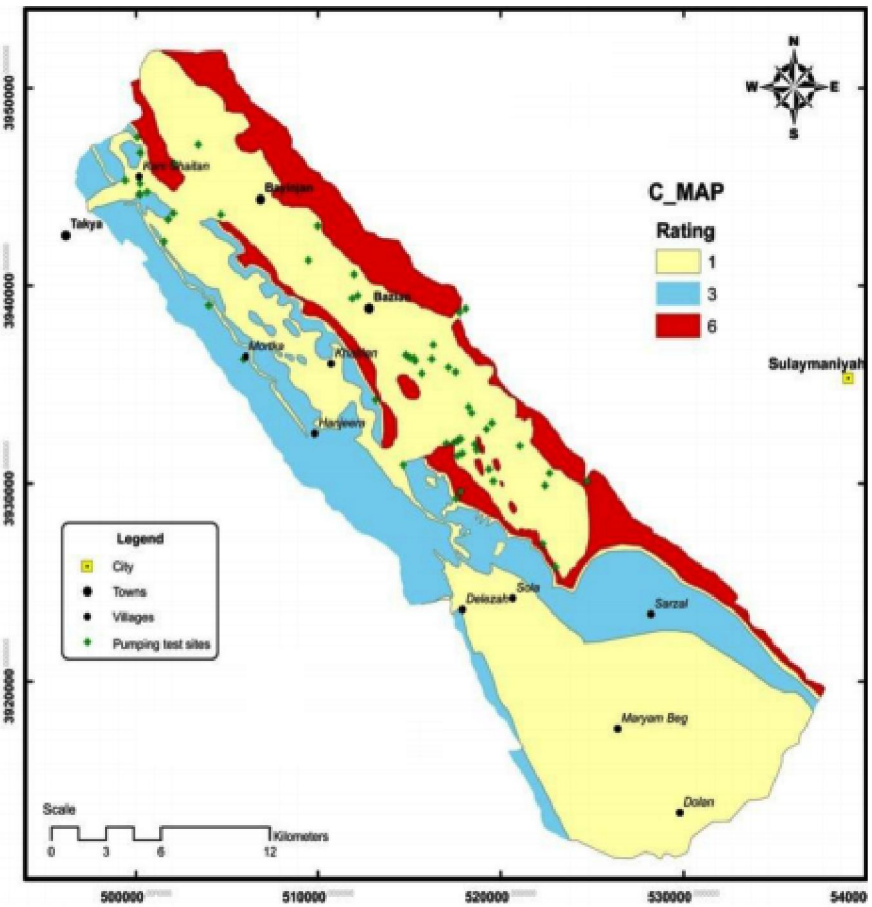

Fig-10 Rating hydraulic conductivity map

وأخيرا فرز و احتساب أوزان التصنيف، الجدول-9، 10 و الشكل-11

Table 9 : Weights of the factors in the DRASTIC method,

Factor	DRASTIC method
D: ***D***epth to Water	5
R: Net ***R***echarge	4
A: ***A***quifer Media	3
S: **S**oil Media	2
T: ***T***opography	1
I: ***I***mpact of the vadose zone	5
C: Hydraulic ***C***onductivity	3

Table10 : Ranges of vulnerability using DRASTIC method

Index of vulnerability	Vulnerability degree
Less than 100	Very low
100 – 125	Low
125 – 150	Medium
150 – 200	High
More than 200	Very High

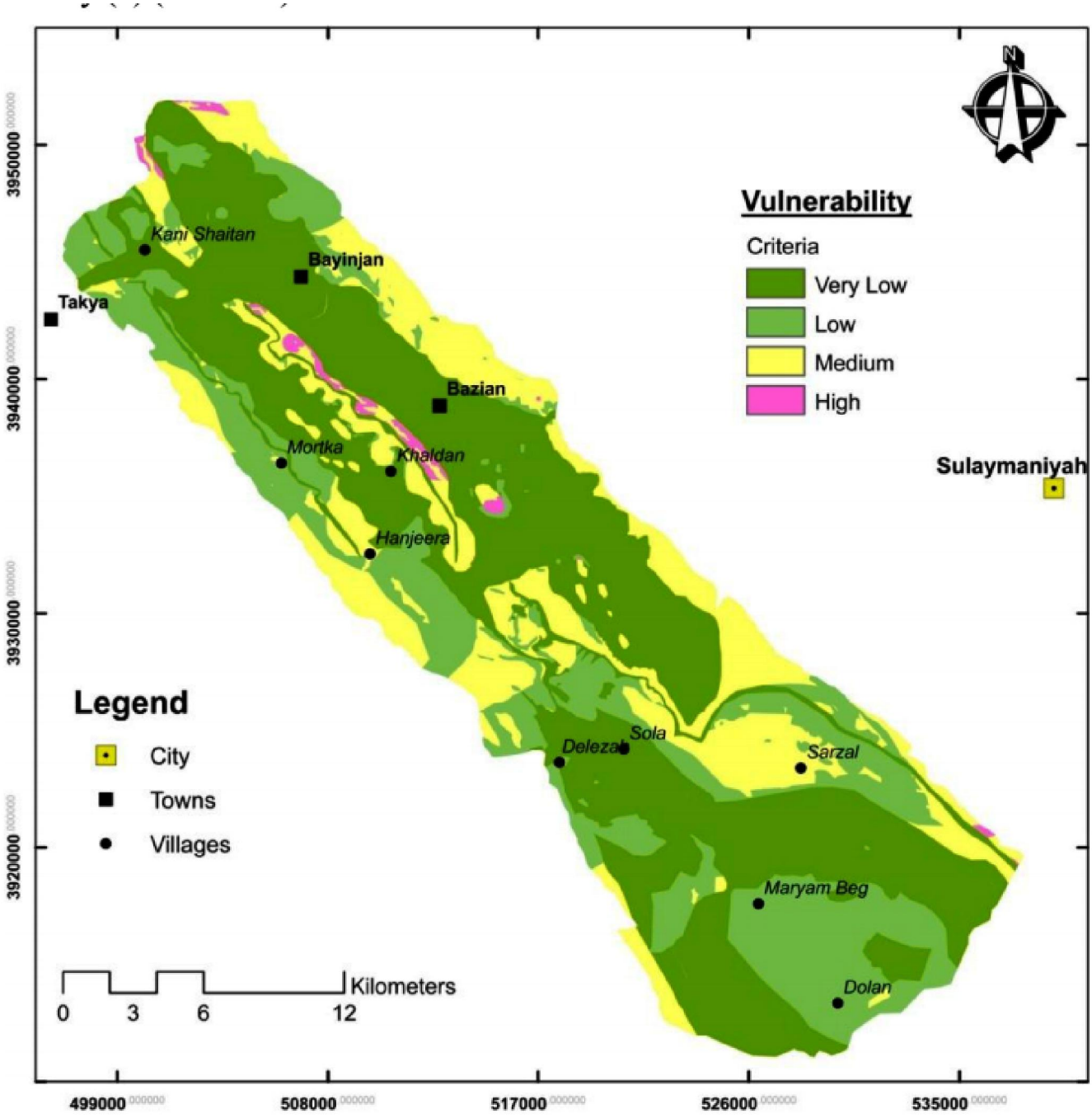

Fig 11: Groundwater vulnerability map of the Basara basin