





تقييم حساسية قابلية تلوث المياه الجوفية للتلوث في مدينة الموصل باستخدام نموذج "DRASTIC" ونظم المدمج مع نظم المعلومات الجغرافية (GIS)

صهيب حسن خضر² 

suhuib.hassan@uomosul.edu.iq

نور مولود عبد¹ 

noor.23ehp267@student.uomosul.edu.iq

¹ قسم الجغرافية، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

² قسم الجغرافية، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

تاريخ الاستلام: 20 ايار 2025 تاريخ المراجعة: 01 تموز 2025 تاريخ القبول: 18 آب 2025

تاريخ النشر الالكتروني: 01 تموز 2026

الملخص:

تعد المياه الجوفية من المصادر الرئيسية للمياه العذبة وتلعب دوراً حيوياً في استدامة ودعم التنمية الاقتصادية وعلى الرغم من ان حماية موارد المياه الجوفية والمحافظة عليها تبدو مهمة صعبة، فمن الضروري ضمان استمرارية توافرها وجودتها على المدى الطويل. ويعد انموذج "DRASTIC" من اكثر الاساليب استخداماً في تقييم قابلية المياه الجوفية للتلوث. إذ يعتمد على الخصائص الهيدروجيولوجية للخزان المائي والتربة وطبيعة التكوينات الجيولوجية لتحديد مدى تعرض المياه الجوفية للملوثات. ومنذ عام 1987 اعتمدت وكالة حماية البيئة لتقييم تلوث المياه الجوفية في الولايات المتحدة الأمريكية (Agency U.S.EPA) هذا الانموذج كاداة معيارية لتقييم قابلية المياه الجوفية للتلوث. تهدف هذه الدراسة الى تقييم مدى امكانية تلوث المياه الجوفية في مدينة الموصل عن طريق استخدام انموذج دراستيك المدمج مع تقنيات نظم المعلومات الجغرافية. وقد اجريت التحليلات بالاعتماد على البيانات التي جمعت من 26 بئراً تم توفيرها من قبل وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمياه الجوفية الموصل، مديرية المياه الجوفية، قسم الجيولوجيا والحفر. تم اعداد خرائط التلوث بهدف تحديد المناطق ذات الخطورة المختلفة. اظهرت النتائج إلى أن منطقة الدراسة تقع ضمن اربعة أنطقة حسب قابلية المياه الجوفية للتلوث وهي: القابلية المنخفضة والمتوسطة والعالية والعالية جداً. وتبين ان معظم مساحة منطقة الدراسة تقع ضمن فئة القابلية المنخفضة للتلوث، إذ تراوحت قيم مؤشر دراستك بين 100 و 1 اما فئة القابلية المتوسطة فقد تراوحت قيمتها بين 101 و 119، في حين تراوحت قيم القابلية العالية بين 200 و 120. أما النطاقات المصنفة ضمن فئة القابلية العالية جداً للتلوث، والتي تزيد قيم مؤشر دراستك عن 200، فانها تشكل جزءاً محدوداً من منطقة الدراسة، إذ تمثل نحو 2.67% فقط من المساحة الكلية. وللحد من مخاطر التلوث يجب إتخاذ تدابير وقائية في المناطق المعرضة للخطر قبل البدء في الانشطة الصناعية او الزراعية.

الكلمات المفتاحية:

العمق، التغذية السنوي، الأنطقة، المعايير الطبيعية.

DOI: [10.33899/injes.v26i3.56165](https://doi.org/10.33899/injes.v26i3.56165), ©Authors, 2026 College of Science, University of Mosul.

This is an open-access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. المقدمة

السائلة و الصلبة، عبر استخدام انموذج دراستك "DRASTIC" في بيئة نظم المعلومات الجغرافية وأعداد قاعدة البيانات الجغرافية الفعالة لأنتاج خرائط تمثل قابلية المياه الجوفية للتلوث في مدينة الموصل. وتتطلب الدراسة اعتماد المنهج الاستقرائي التحليلي لتحقيق اهداف البحث، إذ تساعد هذه الخرائط على تحديد المساحات التي تكون فيها حماية المياه الجوفية او مراقبتها امراً جدياً.

تكمّن مشكلة البحث في تساؤل مفاده: هل يمكن لنموذج "DRASTIC" الذي يعتمد على سبعة معايير ضمن بيئة نظم

تعد المياه الجوفية مورداً حيوياً هاماً لدعم الحياة والأنشطة الاقتصادية في مكان تواجدها، إذ لها دوراً أساسياً في تلبية احتياجات السكان من المياه العذبة. مع وجود تفاوت في نوعيتها بسبب التكوينات الجيولوجية والعوامل البيئية فضلاً عن تعرضها للتلوث، إذ تهدف هذه الدراسة الى تقييم قابلية الخزان الجوفي لمدينة الموصل للتلوث نتيجة الأنشطة السطحية في ظل الزيادة الكبيرة في كميات النفايات الملوثة يوماً و عند التخطيط للتوسع في استخدام الارض مستقبلاً ، لضرورة اعادة النظر في اليات فرز وتحديد مواقع مناسبة للتخلص من النفايات

مصادر البيانات

تنوعت مصادر البحث بين خمسة عوامل تتمثل في الجيولوجيا ، والمناخ ، والأنحدار والموارد المائية للمنطقة وأنموذج دراستك . إذ تم جمع البيانات لهذه العوامل من مصادر مختلفة، وتم معالجتها في بيئة نظم المعلومات الجغرافية لعمل بيانات خاصة تخص منطقة الدراسة. تم الحصول على الخريطة الجيولوجية لمدينة الموصل من لوحة الموصل بمقياس رسم 1:250000 والصادرة عن وزارة الصناعة والمعادن، الهيئة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين . في حين انه تم الاعتماد على أنموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة تمييزية 12.5م في استخراج الشبكات التصريفية المائية والبيانات المناخية المتمثلة بمعدل التساقط السنوي 342.0 ملم ولسنوات الرصد (1990-2023) بمحطة الموصل. كذلك تم استخدام أنموذج دراستك بالاعتماد على البيانات المأخوذة من 26 بئرا تم توفيرها من قبل وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمياه الجوفية الموصل، مديرية المياه الجوفية، قسم الجيولوجيا والحفر .

الجدول 1: مصادر البيانات للدراسة الحالية.

نوع البيانات	المصدر
البيانات المناخية (أمطار)	محطة الموصل
البيانات الجيولوجية	لوحة الموصل
بيانات الارتفاع الرقمي (DEM)	LANDSAT8
الانحدار	نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)
مواقع الآبار	الهيئة العامة للمياه الجوفية الموصل

4. المواد وطرائق العمل

استخدمت في هذه الدراسة طريقة أنموذج دراستك Drastic الكارثوغرافية التي تعتمد على التقييم العددي لمختلف المتغيرات الفيزيائية لاية منطقة ، إذ تعتمد هذه الطريقة على مفهوم حساسية المياه الجوفية للتلوث على افتراض ان البيئة الطبيعية قد تقدم درجة معينة من الحماية للمياه الجوفية ضد التأثيرات الطبيعية واعطاء صورة خاصة فيما يخص التلوث الداخل الى بيئة المياه الجوفية. إذ تم استخدام برمجية Arc GIS 10.8 لإنجاز خرائط حساسية المياه الجوفية للتلوث في مدينة الموصل حسب البيانات الهيدروجيولوجية المتوفرة وإجراء تحليل مقارن بين تصنيفات استخدامات الأرض (الزراعية والسكنية) ومن ثم تمثيل توزيع مستويات حساسية المياه الجوفية للتلوث لتقييم الخطر المحتمل لتلوث المياه الجوفية بدقة اكبر. إذ تقوم طريقة أنموذج دراستك Drastic على سبعة معايير اعطيت لكل معيار قيمة ثابتة حسب وزنة واهميته كما هو موضح في الجدول (2). إذ تدخل العوامل الجيولوجية والهيدرولوجية الاساسية التي تؤثر على حركة المياه الجوفية وتتحكم بها وهذه المعايير هي: عمق المياه الجوفية (D) ومعدل التغذية الجوفية (R)، ونوعية الخزان الجوفي (A) ونوع التربة (S) . والطوبوغرافية (T) والنطاق غير المشبع (I) والناقلية الهيدروليكية (النفاذية) (C) . ويتكون نظام التصنيف الرقمي الخاص بـ DRASTIC من ثلاثة مكونات هي : الوزن والمدى والتقييم .

الأوزان: (w) يتم وزن كل عامل DRASTIC مقارنة بالعوامل الأخرى لتحديد الأهميته النسبية لكل عامل . ويتم ذلك من خلال تخصيص وزن نسبي لكل عامل ، إذ يتراوح بين 1 و5 خمسة هي الأكثر

المعلومات الجغرافية (GIS) في تقييم وتحديد قابلية المياه الجوفية للتلوث بدقة وفعالية عالية؟ ومن التساؤل الرئيسي تم صياغة ما يلي :

1. هل تؤثر الخصائص الهيدروجيولوجية مثل نوع التربة وعمق منسوب المياه الجوفية بشكل مباشر على درجة حساسية المياه الجوفية للتلوث.
2. هل يؤدي العامل البشري مثل استعمال الأراضي ونشاطات الإنسان دورا مهما في توزيع مستويات التلوث وتوقع حدوثه.
3. هل تُظهر المناطق ذات النفاذية العالية والتكوينات الجيولوجية حساسية أعلى للتلوث مقارنة بالمناطق الأخرى؟

2. هدف الدراسة

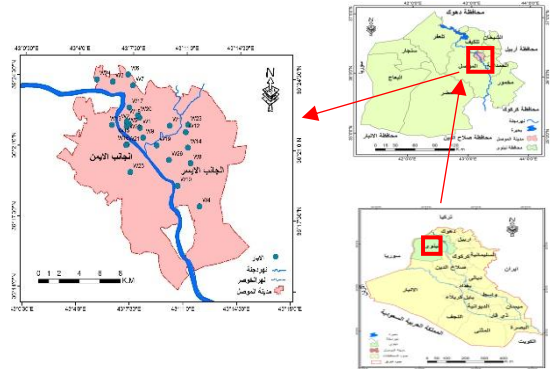
صيغت اهداف البحث على النحو التالي :

- 1- تقييم مدى قابلية المياه الجوفية على التلوث عن طريق أنموذج دراستك وباستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية.
- 2- تحليل تأثير الخصائص الهيدروجيولوجية والبشرية على توزيع حساسية التلوث.
- 3- تصنيف منطقة الدراسة إلى مستويات متباينة من الحساسية للتلوث بهدف دعم قرارات الحماية والإدارة المائية.

وقد أتبعت الدراسة منهج البحث الكمي التحليلي من خلال تجهيز البيانات المطلوبة عن الظاهرة وإفادة من امكانية التقنيات المعاصرة وبرامجها وادواتها التحليلية المكانية .

3. موقع منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة ضمن حدود مدينة الموصل التي تقع في الجزء الشمالي الغربي من العراق (الشكل 1) . وتعد المدينة مركز محافظة نينوى ويقسم نهر دجلة المدينة الى قسمين غير متساويين في المساحة ، ويتحدد موقعها فلكياً عند دائرتي طول (14°54' 43°) (31' 02' 43°) شرقاً ودائرتي عرض(36°13'58") (36°25'45") شمالاً، وتبلغ المساحة الكلية لمنطقة الدراسة 202.9 كم² . إذ تخضع المدينة بهذا الموقع إلى خصائص مناخ الأستيس المداري الحار والممطر، في فصل الشتاء ، وبلغ معدل التساقط السنوي 342.0 ملم ولسنوات الرصد (1990-2023) بمحطة الموصل، ذلك نتيجة زيادة تردد أعاصير البحر المتوسط إلى منطقة الدراسة ويودي انحدار السطح دوراً هاماً في مقدار ما يترشح من مياه الأمطار إلى داخل بيئة المياه الجوفية .



الشكل 1: الموقع الجغرافي لمدينة الموصل محدد عليها منطقة الدراسة.

Drastic بتقدير حساسية المياه الجوفية بمساحات ضخمة وبكلفة قليلة وبوقت قصير نسبياً.

أهمية ، و واحد هو الأقل أهمية (Ali and Alaa, 2021) . ولغرض تقييم الحساسية للعوامل تجاه الملوثات الخارجية تم الاعتماد على البيانات الموضحة بالجدول (3). إذ تسمح طريقة نموذج دراستيك

الجدول 2: معامـل دراستيك (DRASTIC (Aller, and Jerry, 1987)

ت	المتغير Feature	الحرف	الاهمية (الوزن)
1	عمق المياه Depth to Water table	D	5
2	معدل التغذية الجوفي (Net) Recharge	R	4
3	الوسط المكون للخران Aquifer Media	A	3
4	نوع التربة Soil Media	S	2
5	الطبوغرافية (الميل) Topography (Slope)	T	1
6	نطاق عدم الاشباع Medi Impact of the Vadose Zone	I	5
7	التوصيلية الهيدروليكية(النفاذية) Hydraulic Conductivity of the Aquifer	C	3

يمثل هذا المدلول تقييم مستوى الخطر المتعلق بالتلوث للوحدة الهيدروجيولوجية التي تظهر بشكل محدد في الخريطة النهائية، إذ كلما كان المدلول مرتفعاً فهذا يدل على حساسية تلوث مرتفعة والعكس صحيح .
ولقد تم إضافة معايير بشرية إلى جانب المعايير الطبيعية السابقة وتشمل مختلف الأنشطة الاقتصادية والاجتماعية لمنطقة معينة (الجدول -4).

وبعد استخراج مجموعة الخرائط التي تمثل تأثير كل متغير من المتغيرات المدروسة التي تم اعتمادها من قبل أنموذج دراستيك في احتساب حساسية تلوث المياه الجوفية لمنطقة الدراسة. تم انتاج الخريطة النهائية التي تظهر ان منطقة الدراسة تصنف إلى أربعة فئات للتلوث وهي أجزاء تعبر عن مدى حساسيتها ويحسب مدلول دراستيك بالشكل التالي :

مدلول دراستيك = مجموع حاصل ضرب وزن كل معيار × درجة

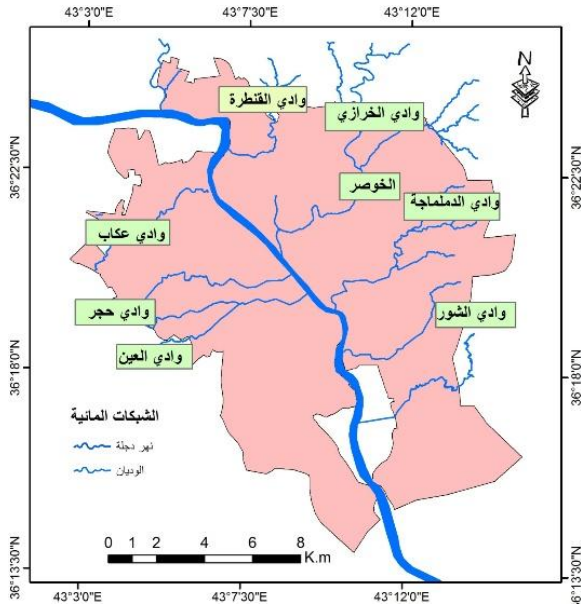
التقييم

الجدول 3: قاعدة بيانات الابار لطريقة دراستيك

رمز البئر	موقع البئر	خطوط الطول	دوائر العرض	ارتفاع سطح الارض عن مستوى سطح البحر (م)	عمق منسوب الماء الجوفي من سطح الارض (م)	ارتفاع منسوب الماء الجوفي عن سطح البحر (م)	عمق الماء الجوفي المتحرك
W1	تقاطع الجسر الخامس /1	43°13'33"	36°36'63"	218	36	182	6
W2	مقتربات الجسر الثالث /1	43°11'88"	36°37'05"	222	42	180	5
W3	تقاطع حي العربي /1	43°10'27"	36°40'41"	221	36	185	5.5
W4	تقاطع حي فلسطين /1	43°19'97"	36°30'25"	222	32	190	6
W5	مقتربات الجسر الثالث /2	43°11'86"	36°36'72"	222	30	192	7
W6	حي العربي /2	43°11'88"	36°41'11"	255	20	235	7
W7	حي العربي /3	43°12'5"	36°40'13"	255	40	215	10
W8	حي الوحده مخازن البطاطة /1	43°18'91"	36°33'80"	228	40	188	8
W9	مقتربات الجسر الخامس /2	43°13'69"	36°35'83"	216	38	178	7
W10	تقاطع حي البعث /1	43°17'55"	36°31'91"	213	38	175	6.5
W11	مقتربات نفق البلدات /1	43°16'58"	36°36'86"	234	38	196	11
W12	حدائق حي النور /1	43°18'33"	36°36'36"	238	54	184	18
W13	مجمع السديري في غابات الموصل	43°10'27"	36°36'83"	217	30	187	5
W14	تقاطع التاميم	43°18'58"	36°35'08"	240	50	190	43
W15	القرية السياحية في غابات الموصل /1	43°12'13"	36°36'91"	222	30	192	5
W16	مقتربات الجسر الثالث /3	43°11'94"	36°35'25"	229	23	206	6
W17	منتزه الغابات /1	43°12'13"	36°38'30"	225	30	195	6
W18	منتزه الغابات /3	43°13'25"	36°37'47"	219	18	201	5
W19	غابات الموصل /1	43°15'19"	36°35'22"	222	24	198	5
W20	منتزه الغابات /4	43°13'08"	36°37'66"	229	18	211	5
W21	غابات الموصل /2	43°11'86"	36°35'19"	222	18	204	4
W22	منتزه الغابات /2	43°11'88"	36°37'16"	243	30	213	6
W23	منتزه حي النور /1	43°18'55"	36°36'97"	223	50	173	33
W24	الرشيدية للتشجير /1	43°08'52"	36°40'55"	229	36	193	5
W25	منتزه دورة السواس /1	43°12'36"	36°32'97"	216	38	178	12
W26	مقتربات الجسر الرابع	43°16'55"	36°34'02"	234	16	218	5

B. الموارد المائية في منطقة الدراسة :

تتمثل المصادر الرئيسية للمياه بالطبيعة كالأطمار والمياه السطحية والجوفية، إذ تتشكل المياه السطحية من خلال تواجد نهر دجلة ونهر الخوصر ومجموعة الوديان المائية الوقتية التي تمتد ضمن منطقة الدراسة. إذ تغطي المنطقة مجموعة من الشبكات التصريفية المائية ذات اتجاهات مختلفة حسب انحدار الأرض التي تعمل على تصريف المياه عبر الوديان في فترة التساقط المطري ومن الواضح ان هذه الوديان توفر تغذية مائية للخزانات الجوفية. والوديان الوقتية التي تصب في نهر دجلة المتمثلة في الجانب الأيمن للمدينة هي: وادي عكاب وادي العين وادي حجر وتفرعاتهم في المدينة القديمة ، اما الوديان التي تقع في الجانب الأيسر للمدينة فيعد نهر الخوصر هو الوادي الأكبر للمياه الأسنة، وكذلك وادي الخرازي القادم من حي الحذاء وادي الدلملجة الذي يعد موردا للمياه الأسنة الأثيرة من حي الكرامة فضلا عن وادي الشور القادم من كوكجلي. ونتيجة لذلك أصبحت حافات الأنهار من الجهتين الشرقية والغربية تضم مياه ملوثة بالدرجة العالية ، فتشارك بقدر من تلوث نهر دجلة وبالتالي تلوث المياه الجوفية. تم انشاء خريطة اتجاه حركة المياه الجوفية من خلال مراقبة اعماق المياه الجوفية مفي 26 بئرا تم حفرها داخل منطقة الدراسة، إذ تتراوح اعماق منسوب الماء الجوفي المتحرك من 3.5 متر الى 43 متراً تحت مستوى سطح الأرض. وحسب هذه الخريطة تتدفق المياه الجوفية بصورة غالبية ضمن منطقة الدراسة من الشمال والشمال الشرقي الى الجنوب الغربي وتتحرك بصورة موازية لنهر دجلة نتيجة لارتفاع المنطقة عن مستوى سطح البحر فضلا عن السحب المستمر للمياه كما هو موضح في الشكل 3.



الشكل 3: الشبكة المائية السطحية لمنطقة الدراسة

وتم إعطاء كل عامل قيمة استدلالية بحسب كمية التأثير والاختلافات في الاستخدام، إذ تساعد هذه النتائج في اتخاذ القرارات اللازمة للمحافظة على الموارد الطبيعية (AL Hallaq and Abu Eiaish, 2011)

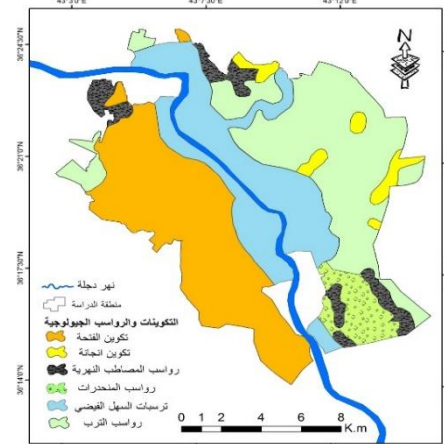
الجدول 4: المعايير البشرية

الزراعية	الرتبة	الأهمية	الرتبة × الأهمية
الزراعية الكثيفة + الأسمدة	5	1	5
الزراعية المتوسطة + الأسمدة	3	1	3
الزراعية القليلة بدون الأسمدة	1	1	1
السكانية	الرتبة	الأهمية	الرتبة × الأهمية
السكنية المزدحمة	6	3	18
السكنية المتوسطة	4	3	12
السكنية المنخفضة	2	3	6
الصناعية	الرتبة	الأهمية	الرتبة × الأهمية
الصناعة المزدحمة	6	2	12
الصناعة المتوسطة	4	2	8
الصناعة القليلة	2	2	4

5. النتائج والمناقشة

A. جيولوجية منطقة الدراسة :

يعد الهدف من دراسة التكوينات الجيولوجية هو التعرف على الطبقات الجيولوجية الحاملة للمياه الجوفية ومعرفة خصائص التراكيب الصخرية المكونة لهذه التكوينات من ناحية النفاذية والمسامية (Al-Jawari and Khadr, 2021) ويشكل تكوين الفتحة (المابوسين الأوسط) الجزء الأكبر من مساحة الجانب الأيمن لمدينة الموصل، إذ يشغل نسبة 32.02%، ويعد من التكوينات الخازنة للمياه بشكل جيد لكن اغلب مياهها غير عذبة نتيجة احتوائه على طبقات الجبس والانهيدريت ذات القابلية العالية للذوبان في الماء (Adnan and Fadgil, 2010). بينما يشكل تكوين إنجانة الرملي (المابوسين الأعلى) مساحة قليلة جدا تبلغ نسبتها حوالي 3.06% (الشكل-2). ويمتاز هذا التكوين بالنفاذية العالية لطبقات الحجر الرملي مما يؤدي الى تسرب كميات كبيرة من المياه السطحية الى باطن الأرض وزيادة منسوب المياه الجوفية ، اما بالنسبة لترسبات العصر الرباعي التي تمتاز بكونها خزائناً غنيا للمياه الجوفية يعود ذلك لتكوينها من الحبيبات الخشنة التي تسمح بمرور وتخزين المياه بكميات كبيرة (Bellen, 1956).



الشكل 2: التكوينات والرواسب الجيولوجية لمدينة الموصل

باستخدام منهجية تقوم على حساب معدل الميل والامطار ونفاذية التربة وفق الآتي (Ahmad and Nidaa, 2015):

التغذية الجوفية = عامل الانحدار + عامل الامطار + عامل نفاذية التربة

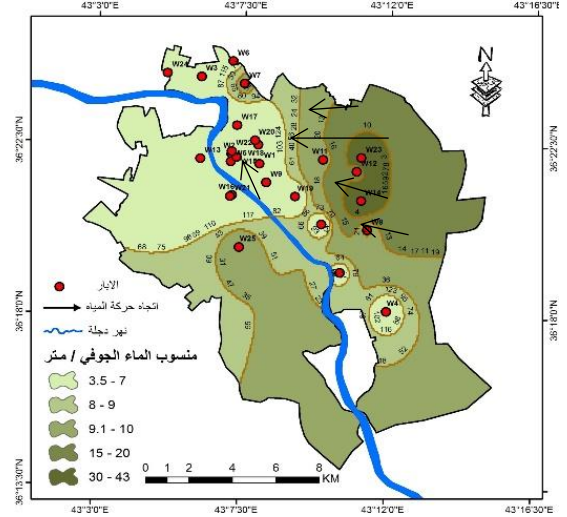
ويوضح الجدول (6) الميل بالدرجات والمعامل لكل مدى من الميل والامطار فضلا عن نفاذية التربة، تم تحديد الارتفاع الطبوغرافي في مواقع توضع الابار المعتمدة في هذه الدراسة باستخدام نموذج الارتفاع الرقمي DEM لمنطقة الدراسة بدقة 12.5 مترا، ثم تم اشتقاق المنحدرات في منطقة الدراسة للارتفاع الرقمي وتصنيفها وفقا للمعايير الواردة في الجدول (5). يتضح ان مجموع الامطار تقع ضمن المعامل الاخير والرتبة رقم 1 علما ان مجموع التساقط السنوي يساوي 342 ملم للمدة (2023-1990)، نتيجة اعتماد البيانات لمحطة واحدة. بعد ان تم الاعتماد على جدول (6).

الجدول 6: تقدير التغذية اعتمادا على معدلات الامطار والانحدار

الطبوغرافي ونفاذية التربة (Ahmad and Nidaa, 2015)

الميل %	الامطار (ملم)	نفاذية التربة	شبكة التغذية
$\frac{C_1}{C_2}$	$\frac{P_1}{P_2}$	$\frac{K_1}{K_2}$	$\frac{S_1}{S_2}$
4	>500	1	ضعيف النفاذية جدا
3	700- 500	2	ضعيف النفاذية
2	850 -700	3	معتدل(متوس ط) النفاذية
1	< 850	4	نفاذية عادية
		5	نفاذية عالية

من اجل إجراء معرفة نفاذية التربة تم الحصول على البيانات من خلال دراسة (AI-Hamdani, et al., 2018) للجانب الايمن لمدينة الموصل، إذ تم استخراج قيمة النفاذية التي بلغ معدلها 10.90. إذ ظهرت النفاذية ككفنة متوسطة حسب الدراسة للمنطقة، وبذلك تم اعطاء معامل النفاذية متوسطة (3). وتم الحصول على بيانات نفاذية التربة للجانب الايسر من خلال دراسة (AI-Hamdani,2020)، إذ تم استخراج النفاذية وبلغ معدلها 54.4، وظهرت كفنة مرتفعة حسب دراستها لمنطقة الدراسة، وبذلك تم اعطاء معامل النفاذية مرتفع (8)، ونتيجة لذلك تم حساب معدل مياه التغذية في مدينة الموصل بعد دمج كل من الأنحدار وكمية الأمطار والنفاذية وتم إعطاء معامل وزن لكل واحد منها، إذ تم دمج هذه المعامل معاً لاستخراج الخارطة النهائية التي تمثل معدل الشحن الجوفي. كما هو موضح في الجدول (7) والشكل (6).



الشكل 4: اتجاه حركة المياه الجوفية في منطقة الدراسة

6. معايير نموذج دراستك لمنطقة الدراسة

عمق المياه الجوفية (D): Depth of Groundwater

يقاس عمق المياه الجوفية بالقيمة المطلقة للمسافة بين سطح الأرض ومستوى المياه الجوفية، إذ تحدث فلترتة وتنقية الماء من الملوثات، وكلما زاد عمق المياه الجوفية زادت فترة مكوث الماء والملوثات في العمود الصخري قبل وصولهما إلى المياه الجوفية، وكلما قل عمق المياه الجوفية زاد تأثيرها وضررها (Abeer,2021).

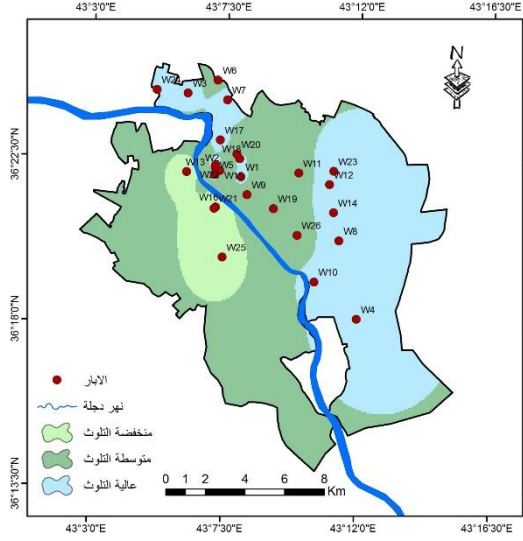
جدول 5: معالم عمق المياه الجوفية

الاهمية	Dr	Dw	عمق المياه الجوفية (متر)
10	5	50	1.5-0
9	5	45	4.5-1.5
7	5	35	9.1-4.5
5	5	25	15-9.1
3	5	15	22.-15.1
2	5	10	30.48-22
1	5	5	30.48 >

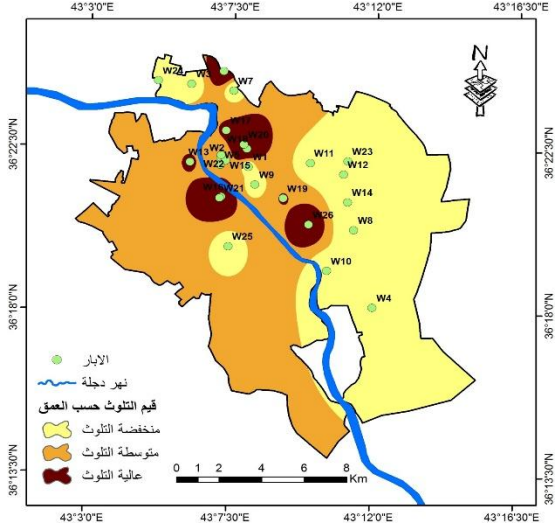
يتبين من خلال الجدول (3) التباين الواضح في عمق الابار ضمن معيار عمق المياه الجوفية بحسب نموذج دراستك وقد تم تحديد العمق بين الرتب (3-1) لذلك تم اعطاء الرتبة (1) للابار (1,2,3,4,7,8,9,10,11,12,14,23,24,25) وضمت القيمة (5) منخفضة التلوث، والرتبة (2) للابار (5,13,15,16,17,19,22) وضمت القيمة (10) متوسطة التلوث، بينما وضمت القيمة (15)عالية التلوث للرتبة (3) للابار (6,18,20,12,26) ضمن منطقة الدراسة. لوحظ من خلال هذا العامل أن منطقة الدراسة تخضع إلى أربعة فئات وكما هو مبين في الشكل (4) تتمثل باعماق مختلفة تدل على تباين تأثير هذا المتغير في حدوث التلوث للمياه الجوفية في منطقة الدراسة.

C. التغذية السنوية (Net Recharge R)

يمثل معدل التغذية الجوفية كمية المياه التي تخترق سطح الارض لتصل الى مستوى المياه الجوفية وان مياه التغذية ينقل معه الملوثات (Abeer, Ibid,2021). ونتيجة لعدم توفر البيانات التي توثق شبكة التغذية في كافة أرجاء منطقة الدراسة لذا تم حسابها



الشكل 6: التلوث حسب معدل التغذية الجوفية



الشكل 5: التلوث حسب عمق الآبار الشكل

الجدول 7: حساب معدل التغذية الجوفية في منطقة الدراسة

رمز البئر	موقع البئر	الانحدار(الميل)%	عامل الميل	عامل الامطار	النفاذية	عامل النفاذية	معدل التغذية (شبكة)
W1	تقاطع الجسر الخامس/1	10-2	3	1	82-41	8	12
W2	مقتربات الجسر الثالث/1	<33	1	1	82-41	8	10
W3	تقاطع حي العربي/1	10-2	3	1	82-41	8	12
W4	تقاطع حي فلسطين/1	>2	4	1	82-41	8	13
W5	مقتربات الجسر الثالث/2	10-2	3	1	82-41	8	12
W6	حي العربي/2	<33	1	1	82-41	8	10
W7	حي العربي/3	>2	4	1	82-41	8	13
W8	حي الوحدة مخازن البطاطة/1	>2	4	1	82-41	8	13
W9	مقتربات الجسر الخامس/2	<33	1	1	82-41	8	10
W10	تقاطع حي البيث/1	10-2	3	1	82-41	8	12
W11	مقتربات نفق البلديات/1	<33	1	1	82-41	8	10
W12	حدائق حي النور/1	10-2	3	1	82-41	8	12
W13	مجمع السدير في غابات الموصل	10-2	3	1	12-4	2	6
W14	تقاطع التاميم	10-2	3	1	82-41	8	12
W15	القرية السياحية في غابات الموصل/1	<33	1	1	82-41	8	10
W16	مقتربات الجسر الثالث/3	10-2	3	1	12-4	2	6
W17	منتزه الغابات/1	10-2	3	1	82-41	8	12
W18	منتزه الغابات/3	10-2	3	1	82-41	8	12
W19	غابات الموصل/1	<33	1	1	82-41	8	10
W20	منتزه الغابات/4	<33	1	1	82-41	8	10
W21	غابات الموصل/2	10-2	3	1	12-4	2	6
W22	منتزه الغابات/2	>2	4	1	82-41	8	13
W23	منتزه حي النور/1	>2	4	1	82-41	8	13
W24	الرشيدية للتشجير/1	10-2	3	1	82-41	8	12
W25	منتزه دورة السواس/1	10-2	3	1	12-4	2	6
W26	مقتربات الجسر الرابع	<33	1	1	82-41	8	10

et al, 2022). تتمثل تكوينات منطقة الدراسة بتكوين الفتحة والرسوبيات الحديثة المتباينة في خصائصها من حيث حجمها وشكلها، إذ تتكون بشكل اساسي من الرمل والحصى والطيني و يتكون خزان الفتحة من صخ ور جيرية والحجر الجيري والانهايدرايت، وتعد هذه الصخور والترسبات من التكوينات الخازنة للمياه. عن طريق الجدول

الوسط المكون للخران الجوفي (A) Aquifer Media

تستخدم الخريطة الجيولوجية للمنطقة لانشاء الوسط المكون للخران الجوفي ، وهي متحركة في مسار الملوثات وحركتها ، وتعمل خصائص الصخور(المسامية والنفاذية) على السماح بتسرب الملوثات من سطح الأرض إلى المياه الجوفية وزيادة حساسية التلوث، Priyank

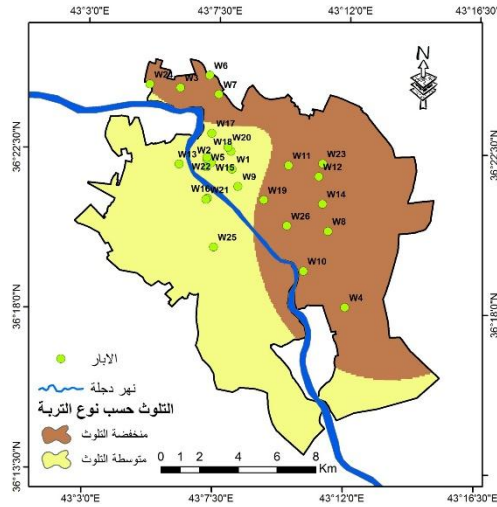
لنوع التربة السائدة في منطقة الدراسة تم استخراج خريطة دراستيك لتوضح تلوث المياه حسب نوع التربة في منطقة الدراسة ، كما هو موضح في الشكل (8).

الجدول 9: اصناف التربة لمنطقة الدراسة

نوع التربة	Sr	Sr *Sw
Thin or absent	10	20
Sand	9	18
Peat	8	16
Shrinking and /or aggregated	7	14
Sandy loam	6	12
Loam	5	10
Silty loam	4	8
Clay loam	3	6
Muck	2	4
Non-shrinking and non-aggregated clay	1	2

تبين من خلال الشكل (8) ان منطقة الدراسة تنقسم إلى منطقة منخفضة ومتوسطة مستوى للتلوث، إذ بلغت درجة التلوث الفئة الأولى (المنخفضة) (6)، بنسبة 41.49% توزعت في الأجزاء الشرقية من منطقة الدراسة، بينما بلغت درجة التلوث للفئة الثانية (متوسطة التلوث) (10) وبلغت نسبتها 50.58% من آبار منطقة الدراسة توزعت في

الاجزاء الغربية لمنطقة الدراسة



الشكل 8: تلوث المياه الجوفية حسب التربة

الطوبوغرافية (الميل) % (Topography (Slope) (T)

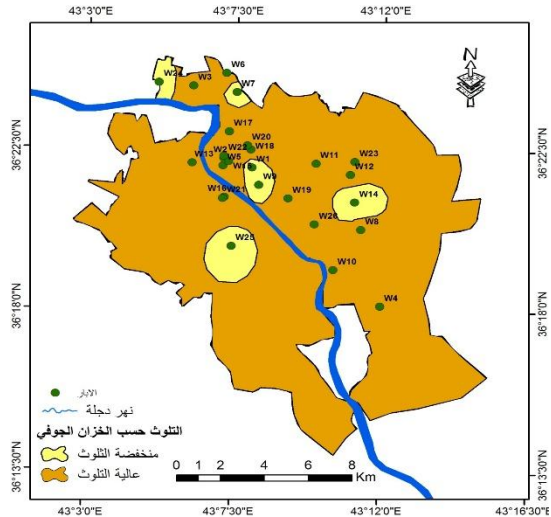
أن للطوبوغرافية تأثير كبير في التحكم بجران المياه والملوثات على سطح الارض، إذ يؤدي زيادة الميل الى زيادة جريان المياه والملوثات على السطح ، اما اذا كان الانحدار خفيفا سيسمح بترشح الماء والملوثات داخل الارض وفي النتيجة وصولها الى المياه الجوفية(Hamza , 2006). بعد استخراج خريطة شدة الانحدار، يتضح أن منطقة الدراسة توزعت فيها ثلاث فئات لمدى التلوث : وهي فئة منخفضة التلوث بلغت (5) بنسبة 44.66 % من آبار منطقة الدراسة، والفئة الثانية متوسطة التلوث ابلغت بين 5 و 9 وبنسبة

(8) تم تحديد الرتبة لكل خزان لاستخراج شكل (6) ، لذا أعطيت رتبة (6) لخزان تكوين الفتحة ، أما عن خزان الترسبات الحديثة والذي يتكون من الرمل والطين والحصى لذا أعطيت له رتبة (8).

الجدول 8: الرتبة للوسط المكون للخزان الجوفي (Hamdan, 2006)

Aquifer Material	Typical Rating
صخور رسوبية كبيرة	2
متحولة/ نارية صخور	3
صخور متحولة متأثرة بالعوامل الجوية / نارية	4
رواسب متوضعة الجليد	5
صخور الحجر الرملي المتطوق، الصخور الجيرية ، الصخرية الرسوبية	6
صخور رملية كبيرة	6
صخور كلسية كبيرة	6
الزمل والحصى	8
البازلت	9
الصخور الجيرية الكارستية	10

نستنتج مما سبق أن منطقة الدراسة مقسمة إلى فئتين للتلوث وهي : منخفضة التلوث وعالية التلوث، إذ بلغت نسبة الفئة المنخفضة 7.119 % من آبار منطقة الدراسة وبلغت درجة التلوث فيها (18) ، إذ تتواجد في مناطق متفرقة في منطقة الدراسة. في حين ان الفئة الثانية (عالية التلوث) توزعت في جميع الأجزاء الأخرى لمنطقة الدراسة ، وبلغت درجة التلوث فيها (24)، أما نسبتها المؤية فقد بلغت 92.88 % من آبار منطقة الدراسة .

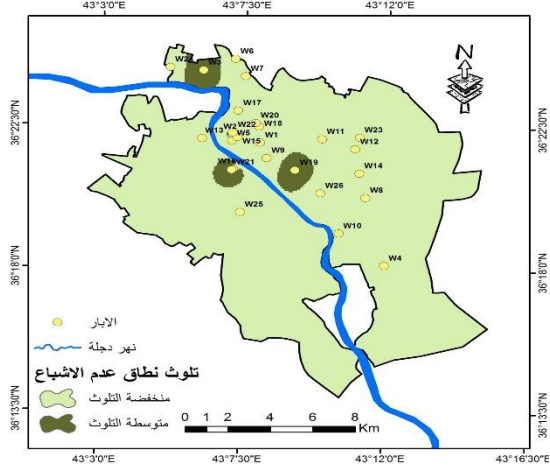


الشكل 7: تلوث المياه الجوفية حسب الخزان الجوفي

نوع التربة (Soil Media (S)

توجد عوامل عدة تتحكم في نفاذية التربة كأصناف الترب وأنواعها وأنسجتها، ومن خلال الجدول (9) تم تحديد الرتبة (Ar) للتربة وذلك من خلال الاستعانة الى الدراسات السابقة لمنطقة الدراسة وهي دراسة (Hassan, 2021) . تتميز التربة في منطقة الدراسة بوجود صنفين من التربة السائدة وهما :

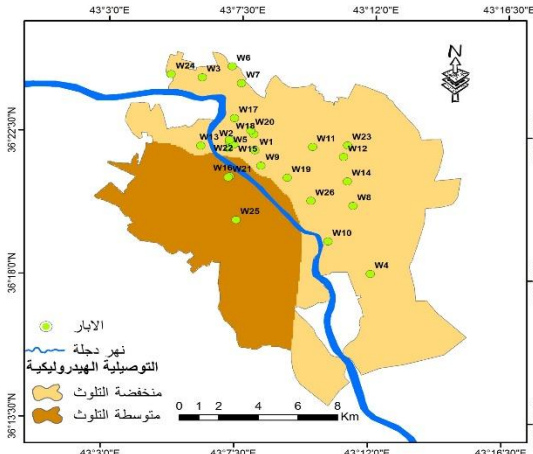
التربة المزيجية (Loamy soil) وأعطيت لها الرتبة(5) والتربة الطينية (Clayey soil) وأعطيت لها الرتبة (3). وبعد تحديد الرتبة



الشكل 10: مدى تلوث المياه الجوفية نطاق عدم الإشباع
الطوبوغرافية (الميل) % (Topography (Slope) (T)

تعتبر عن قدرة المواد المكونة للخران في مرور المياه ، عن طريق مدى إتصال الفراغات مع بعضها داخل الخزان الجوفي والتي من خلالها يتم التحكم في التوصيلية ، إذ من الممكن أن تحدث نتيجة المسامية أو الشقوق أو أسطح التطبيق (Piscopo, et al., 1997) تم الحصول على رتب التوصيل الهيدروليكي عن طريق نفاذية الترب لمنطقة

الدراسة كما تبين من متغير نوع التربة المذكورة في فقرة نوع التربة وبذلك أعطيت الرتبة (2) الى التربة الطينية (Clay) للجانب الايسر للمدينة وهي قليلة النفاذية اذ يكون نوع دلالة التربة هيدرولوجيا من النوع ، Dوأعطيت الرتبة (6) الى التربة المزيجية (Loam) للجانب الايمن للمدينة وهي متوسطة النفاذية اذ يكون نوع دلالة التربة هيدرولوجيا من النوع B. تبين من (الشكل 11.) التوصيلية الهيدروليكية لمنطقة الدراسة ان المنطقة تنقسم

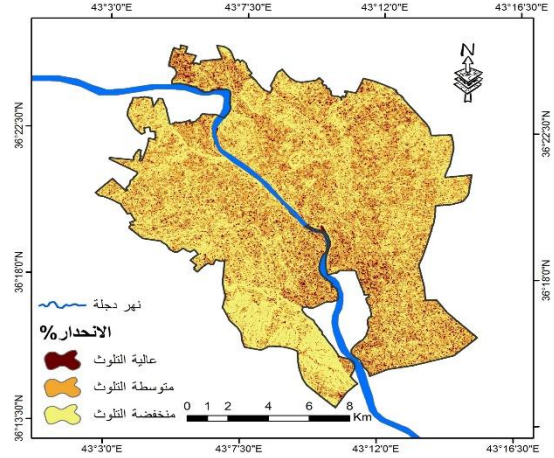


الشكل 11: مدى تلوث المياه الجوفية نطاق عدم الإشباع

إلى مستويين من التلوث، المستوى الأول يشمل درجة الفئة المنخفضة التلوث وبلغت قيمته بين 6 و 14 بنسبة 66.63 % وتوزعت في القسم الايسر لمنطقة الدراسة ، أما المستوى الثاني فيضم الفئة المتوسطة التلوث التي بلغت قيمتها بين 14 و 22 وبنسبة 33.36 % ، وقد توزعت في القسم الايمن من منطقة الدراسة .

وبعد استخراج مجموعة الخرائط التي تمثل تأثير كل متغير من المتغيرات المدروسة التي تم اعتمادها من قبل أنموذج دراستك في

45.90% من آبار منطقة الدراسة ، والفئة الثالثة عالية التلوث بلغت بين 9 و 10 بنسبة 9.43 % (الشكل 9) .



الشكل 9: مدى تلوث المياه الجوفية حسب الانحدار %

نطاق عدم الإشباع (منطقة التهوية) (Vadose Zone (I

توصف بأنها المنطقة الواقعة بين طبقة المياه الجوفية وغطاء التربة . وتعد الحركة الرأسية للمياه في المنطقة غير المشبعة السبب الرئيسي لانتقال الملوثات الى المياه الجوفية مما يجعلها عاملا مهما في قابلية تأثر التلوث للمياه الجوفية (Patel, et al, 2022) . لإنتاج خريطة نطاق عدم الإشباع تم الاعتماد على المعادلة الآتية:

$$\text{نطاق عدم الإشباع} = \text{معامل نوع نفاذية التربة} + \text{معامل عمق}$$

المياه الجوفية

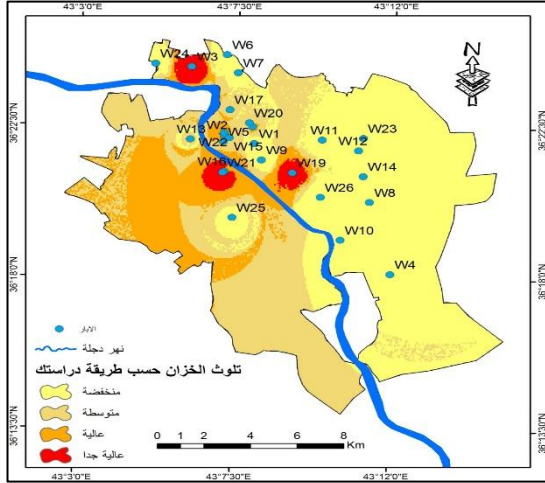
الجدول 10: نفاذية التربة والمعامل المعطى لكل نوع (, Abeer)
(2021)

المعامل	النفاذية
6	مرتفعة
4	متوسطة
2	قليلة

تم تحديد وحدة الطبقات (الجيرية، الرملية والطينية، الرمل والحصى مع الطمي والطين) واعطائها رتبة (6) بالإضافة الى وحدة (الرمل والحصى) واعطائها رتبة (8) لمنطقة الدراسة، ثم حصل ضرب الرتبة بالأهمية والذي رتبته (5) . وتم إستخراج الخريطة (10) التي تمثل نطاق عدم الإشباع. إذ تبين أن الآبار تعود إلى فئتين وهي فئة منخفضة التلوث وبدرجة تلوث بلغت 30 درجة وبنسبة 96.30 % ، وفئة متوسطة التلوث بدرجة تلوث بلغت 40 درجة وبنسبة 3.69 % من آبار منطقة الدراسة (الشكل:10).

الجدول 11: عمق المياه الجوفية والمعامل المعطى لكل نوع (Al-Kakaei, 2024)

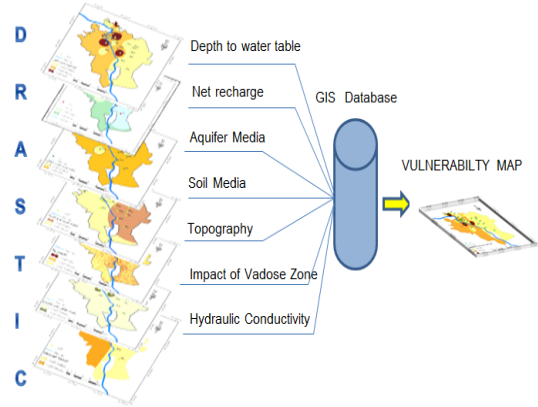
المعامل	العمق
5	اقل من 5
4	10-5
3	15-10
2	20-15
1	أكثر من 20



الشكل 13: تصنيف دراستك لمجموع المعايير الطبيعية

يعود تلوث المياه الجوفية الى العوامل الطبيعية والبشرية ، وقد تختلف شدة الخطورة من الناحية الزمانية والمكانية نتيجة تباين هذه العوامل ، لذلك تم وضع معايير بشرية للأستخدامات الأرضية فضلا عن المعايير الطبيعية التي تم وضعها ويتضح ان العوامل البشرية تؤدي دوراً هاماً في زيادة قابلية التلوث ، وقد تزداد حساسية التلوث للمياه نتيجة الاستخدام المبالغ فيه للأسمدة والمبيدات الزراعية او بسبب قربها من المناطق السكنية واختلاطها مع مياه الصرف الصحي للاستعمال السكني.

احتساب،حساسية تلوث المياه الجوفية لمنطقة الدراسة . تم انتاج الشكل النهائي والموضح في الشكل (13) تم تصنيف منطقة الدراسة إلى اربعة فئات للتلوث وهي : منخفضة التلوث ومتوسطة التلوث وعالية التلوث وعالية جداً للتلوث ، بلغت درجة التلوث لمستوى الفئة الاولى (منخفضة التلوث) بين 1 و 100 وبنسبة 49.91 % من آبار منطقة الدراسة ، بينما بلغت الفئة متوسطة التلوث نسبة 31.62 % وبلغت درجات التلوث بين 101 و 119 ، في حين بلغت درجات التلوث العالية بين 200 و 120 وبنسبة 15.80 % ، أما الفئة الاخيرة (عالية جدا للتلوث) فقد بلغت نسبتها 2.67% من آبار منطقة الدراسة وبدرجة التلوث اكبر من 200.



الشكل 12: المعايير المستخدمة في نمذجة DRASTIC

الجدول 12: مدلول دراستك للعامل البشري في منطقة الدراسة (Al-Kakaei, 2024)

ت	رمز البئر	اسم موقع البئر	نوع التصنيف	الرتبة	الاهمية	قربنة دراستك للأستخدامات البشرية
				Dr	Dw	(Dw*Dr)
1	W1	تقاطع الجسر الخامس/1	سكني-متوسط	4	3	12
2	W2	مقتربات الجسر الثالث/1	زراعي-منخفض	1	2	2
3	W3	تقاطع حي العربي/1	زراعي-متوسط	3	2	6
4	W4	تقاطع حي فلسطين/1	زراعي-منخفض	1	2	2
5	W5	مقتربات الجسر الثالث/2	زراعي-منخفض		2	2
6	W6	حي العربي/2	زراعي-مرتفع	5	2	10
7	W7	حي العربي/3	سكني- مزدهم	6	3	18
8	W8	حي الوحده مخازن البطاطة/1	سكني- منخفض	2	3	6
9	W9	مقتربات جسر الخامس/2	زراعي-منخفض	1	2	2
10	W10	تقاطع حي البعث/1	زراعي-منخفض	1	2	2
11	W11	مقتربات نفق البلديات/1	زراعي-منخفض	1	2	2
12	W12	حدائق حي النور/1	سكني- مزدهم	6	3	18
13	W13	مجمع السدير في غابات الموصل	زراعي-منخفض	1	2	2
14	W14	تقاطع التاميم	سكني-منخفض	2	3	6
15	W15	القرية السياحية في غابات الموصل/1	زراعي-منخفض	1	2	2
16	W16	مقتربات الجسر الثالث/3	سكني- متوسط	4	3	12
17	W17	متنزه الغابات/1	زراعي- متوسط	3	2	6
18	W18	متنزه الغابات/3	سكني-منخفض	2	3	6
19	W19	غابات الموصل/1	سكني-متوسط	4	3	12
20	W20	متنزه الغابات/4	سكني-منخفض	2	3	6
21	W21	غابات الموصل/2	سكني-متوسط	4	3	12
22	W22	متنزه الغابات/2	زراعي-منخفض	1	2	2
23	W23	متنزه حي النور/1	سكني- مزدهم	6	3	18
24	W24	الرشيدية للتشجير/1	زراعي-متوسط	3	2	6
25	W25	متنزه دورة السواص/1	زراعي-منخفض	1	2	2
26	W26	مقتربات الجسر الرابع	سكني-متوسط	4	3	12



Assessing the susceptibility of groundwater to pollution in Mosul city using the "DRASTIC" model and integrated systems with Geographic Information Systems (GIS)

Noor Molod Abd ^{1*} 

Suhaib Hassan Khader ² 

noor.23ehp267@student.uomosul.edu.iq

suhaib.hassan@uomosul.edu.iq

¹ Department of Geography, College of Education for Humanities, University of Mosul, Mosul, Iraq.

² Department of Geography, College of Education for Humanities, University of Mosul, Mosul, Iraq.

Received: 20 May 2025 Received in revised form: 01 July 2025 Accepted: 18 August 2025

Available online: 01 July 2026

Abstract

Groundwater is one of the most important sources of freshwater and plays a vital role in sustaining and supporting economic development. Although protecting and preserving groundwater resources is challenging, it is essential to ensure their long-term availability and quality. The "DRASTIC" model is among the most widely used methods for evaluating groundwater vulnerability to contamination. This model assesses groundwater's susceptibility to pollution based on the hydrogeological characteristics of aquifers, soil, and geological formations. Since 1987, the DRASTIC approach has been adopted by the United States Environmental Protection Agency (EPA) as a standard tool for groundwater vulnerability assessment. This study aims to evaluate the potential for groundwater contamination in Mosul city using the DRASTIC model integrated with Geographic Information Systems (GIS) techniques. The analysis was conducted using data collected from 26 wells provided by the Ministry of Water Resources, the General Authority for Groundwater in Mosul, the Groundwater Directorate, and the Geology and Drilling Department. Vulnerability maps were generated to identify areas at varying levels of contamination risk. The results indicate that the study area can be classified into four groundwater vulnerability zones: low, moderate, high, and very high. Most of the study area falls within the low-vulnerability category, with DRASTIC index values ranging from 1 to 100. Moderate vulnerability ranges from 101 to 119, while high vulnerability ranges from 120 to 200. Areas classified as very highly vulnerable, with DRASTIC index values exceeding 200, constitute only a small part of the study area, accounting for approximately 2.67% of the total area. To reduce pollution risks, preventive measures must be taken in vulnerable zones before starting industrial or agricultural activities.

Keywords:

Depth, Annual Feeding, Zones, Normal Standard.

DOI: [10.33899/injes.v26i3.56165](https://doi.org/10.33899/injes.v26i3.56165), ©Authors, 2026, College of Science, University of Mosul.

This is an open-access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

=====