ISSN: 2706-6495

مدى قابلية المياه الجوفية على التلوث في حوض اليرموك في المملكة الأردنية الهاشمية (دراسة جيومورفولوجية تطبيقية باستخدام DRASTIC MODELE)

The susceptibility of groundwater to pollution in the Yarmouk Basin in the Hashemite Kingdom of Jordan (Applied geomorphological study using DRASTIC MODELE)

إعداد الدكتور/ أسامة عبد الله زعارير

الأستاذ المساعد بقسم العلوم الاجتماعية، برنامج الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، بينبع، جامعة طيبة، المملكة العربية السعودية

Email: ozareer@taibahu.edu.sa

الملخص:

أجريت هذه الدراسة حول قابلية تأثر المياه الجوفية من أجل تقييم وتفسير مدى تعرض المياه الجوفية في حوض اليرموك للتلوث. تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي الغربي من المملكة الأردنية الهاشمية، تم تطبيق نموذج DRASTIC في هذه الدراسة لاستخراج سبعة عوامل رئيسية تؤثر على تلوث الخزان الجوفي، وهو يمثل التباين في عمق المياه الجوفية، N- معدل التغذية، A- الخزان الجوفي، S-التربة، T-الطوبوغرافيا، تأثير منطقة الفادوز، والتوصيل الهيدروليكي لخزان المياه الجوفية وبالتالي تصنيف منطقة الدراسة إلى قدرة منخفضة - متوسطة - عالية - عالية جدًا لامتصاص الملوثات. أظهرت تحليلات العوامل عبر DRASTIC أن حوالي 83٪ من منطقة الدراسة تتميز بحساسية منخفضة في نقل الملوثات إلى طبقات المياه الجوفية وهذا يفسر بسماكة منطقة التهوية في المناطق الوسطى الممتدة إلى الشرق وانخفاض المياه الجوفية. نتيجة لانخفاض معدلات هطول الأمطار، حيث ضعف معدل هطول الأمطار السنوي 279 ملم / سنة، و11٪ من إجمالي مساحة الدراسة الموزعة على المناطق الجنوبية والشمالية، وتتميز بقدرة معتدلة على امتصاص الملوثات وتمريرها. المياه الجوفية، و5٪ من إجمالي مساحة الدراسة لديها قدرة وحساسية عالية لامتصاص الملوثات موزعة في الأجزاء الجنوبية والشمالية الغربية، بينما تمثل 1٪ من المساحة الكلية مع قدرة عالية جدًا على امتصاص الملوثات وتمريرها إلى المياه الجوفية حيث يتوزع معظمها في المناطق الشمالية وأجزاء من منطقة صغيرة ومتناثرة في المناطق الجنوبية، وقد لا تظهر بشكل واضح بسبب انخفاضها. توزيع. المنطقة التي تستقبل فيها معدلات هطول الأمطار السنوية 350-500 مم / سنة، بالإضافة إلى أن تربتها تحتوي على نسبة عالية من الطين.

الكلمات المفتاحية: هيدرولوجيا المياه الجوفية، DRASTIC MODEL، الجيومورفولوحيا التطبيقية، نظام المعلومات الجغرافي، الاستشعار عن بعد، افاق التربة، طبوغرافيا السطح

ISSN: 2706-6495

The susceptibility of groundwater to pollution in the Yarmouk Basin in the Hashemite Kingdom of Jordan (Applied geomorphological study using DRASTIC MODELE)

Abstract:

This study of groundwater vulnerability were carried out in order to assess and interpretation of the extent groundwater in the Yarmouk Basin a potential susceptible to pollution. the study area lies in northwestern part o the Hashemite Kingdom of Jordan, DRASTIC model applied to extract seven main factors impact on aquifer pollution, It represents the variation in the D-depth of groundwater ,N- recharge rate ,A- aquifer ,S- soil, T- topography, I- vadose zone's impact, and C- aquifer's hydraulic conductivity and therefore classify the study area into low - medium – high - very high ability to absorb pollutants. Factor analyses via DRASTIC model showed that about 83% of the study area is characterized by low sensitivity in the transfer of pollutants to the groundwater aquifers and this is explained by the thickness of the ventilation area in the central regions extending to the east, and low groundwater nutrition due to the low rates of rain in which weakness annual rainfall rate of 279 mm / year, , and 11% of the total study area which is distributed over the southern, northern regions, is characterized by a moderate ability to absorb pollutants and pass them to groundwater, and 5% of total study area has a high ability and sensitivity to absorb pollutants Distributed in the southern and northwestern parts, while representing 1% of the total area with a very high ability to absorb pollutants and pass them to groundwater where the bulk of them are distributed in the northern regions and parts of a small area and scattered in the southern regions, it may not appear clearly because of its low point distribution. The area where it receives annual rainfall rates of 350-500 mm/year, in addition to the fact that their soil contains a high percentage of clay.

Keywords: groundwater hydrology, DRASTIC MODEL, applied geomorphology, geographical information system, remote sensing, soil horizons, surface topography.

المبحث الأول: الإطار النظري للدراسة

أ. المقدمة

تُعد الجيومورفولوجيا التطبيقية أساساً هاماً في حل الكثير من المشاكل المتعلقة بالتخطيط والإدارة الفاعلة لبيئة الأحواض المائية، وبشكل خاص عند الشروع في إقامة المنشآت الهندسية لحل الكثير من المشاكل البيئة المتعلقة باستخدام الأرض، حيث تسهم في توفير قاعدة بيانات ومعلومات عن العوامل والعمليات الجيومورفولوجية ومدى تركزها وتكرار حدوثها، فالبيانات والمعلومات في هذا الجانب تعد الأساس الذي تصنف على أساسه الأراضي ومدى قابليتها للاستخدامات المختلفة.

تتناول هذه الدراسة بعداً جغرافيا بيئياً هاماً يرتبط بطبيعته بمدى قابلية بيئة حوض اليرموك في المملكة الأردنية الهاشمية على التلوث باستخدام DRASTIC MODEL (E.P.A. 1987) لتوضيح مدى قابلية المياه الجوفية على التلوث في منطقة الدراسة ودرجة حساسيتها لهذا النوع من الأخطار، حيث ينعكس تلوث المياه الجوفية على المياه السطحية، ويمتد تأثير ذلك سلبياً على العناصر البيئية الأخرى مثل الغطاء النباتي وغطاء التربة. وتعتمد ظاهرة تلوث المياه الجوفية على عدة عوامل منها كمية الملوثات ونوعها والوسط الناقل والوسط المستقبل (الخزان المائي)، وتتفاوت هذه العوامل في تأثيرها من مكان إلى آخر، كما أن الخزانات الحاملة للمياه ليست ذات طبيعة واحدة. وبناءً على ذلك تم دراسة معايير هامة في منطقة الدراسة ومنها عمق المياه الجوفية Depth Of Groundwater والتغذية السنوية للمياه الجوفية Net Recharge والطبقات الجيولوجية الحاملة للمياه الجوفية Aquifers ونوع التربة Soil cover وطبوغرافيا السطح Topography ومنطقة التهوية Vadose Zone والموصلية المائية Hydraulic Conductivity والمعايير البيئية سابقة الذكر تُمثل منظومة متكاملة تم من خلالها قياس مدى قابلية المياه الجوفية على التلوث في منطقة الدراسة وبالتالي حُددت وصُنفت المناطق الجغرافية ضمن بيئة حوض اليرموك في المملكة الأردنية الهاشمية وفقاً للمعايير البيئية السابقة الذكر ما بين مناطق ذات قابلية عالية على التلوث ومناطق ذات قابلية متوسطة على التلوث وأخرى ذات قابلية منخفضة على التلوث. ويعد نموذج DRASTIC أحد الطرق الكارتوغرافية التي تبين وتوضح مدى قابلية وحساسية المياه الجوفية للتلوث، وهي طريقة ذات منهجية دقيقة تعتمد على التشخيص لمعايير هامه تعد الأساس في تطبيق هذا النموذج، وكل من هذه المعايير له قيمة ثابتة حسب وزنه بمعنى مدى أهميته وتأثيره من خلال الدور الذي يلعبه في الزيادة او الحد من التلوث.

ب. منطقة الدراسة

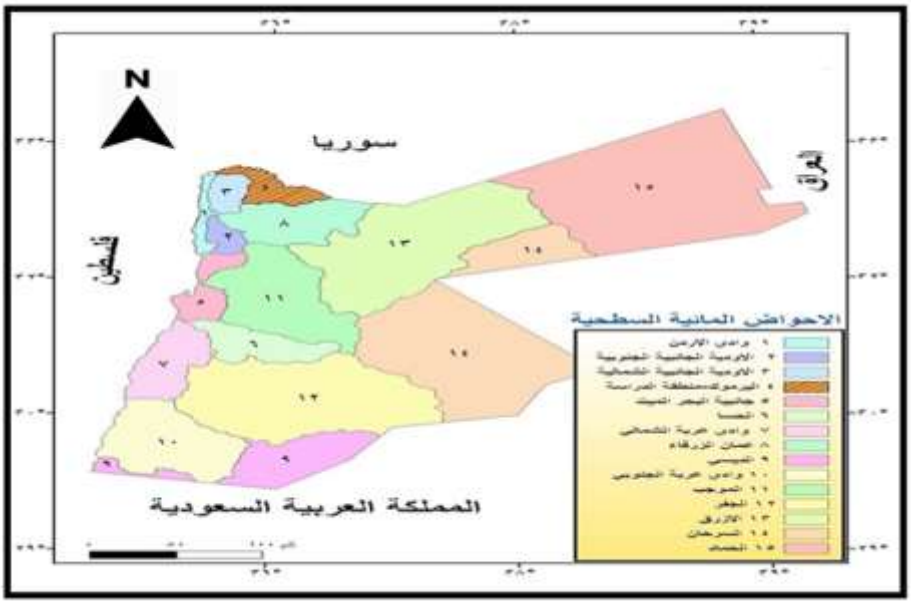
تقع منطقة الدراسة في أقصى الشمال الغربي من المملكة الأردنية الهاشمية، حيث تمتد بين خطي طول 30 35 ° و30 36° شرقاً وبين دائرتي عرض 32 ° و45 32° شمالاً على مساحة تصل إلى حوالي 1410 كيلو مترات مربعة يوضحها الشكل (1). وكما هو واضح من الاحداثيات فإن أقصى امتداد لمنطقة الدراسة من الشرق الى الغرب يبلغ حوالي 66 كم تقريبا، بينما يصل اقصى امتداد لها من الشمال إلى الجنوب حوالي 43 كم تقريبا، ويحف بمنطقة الدراسة مجموعة من الأحواض المائية السطحية هي: حوض اليرموك ضمن الأراضي السورية في الشمال، حوض عمان الزرقاء من الجنوب والشرق، أما من الغرب فتحف به أحواض الأودية الرافدة لنهر الأردن شرقا وتقسم إلى أحواض الأودية الشمالية (وادي العرب، وادي زقلاب،

ISSN: 2706-6495

وادي اليابس، وادي كفرنجه، وادي راجب) وأحواض الأودية الجنوبية ممثلة بوادي شعيب، وادي الكفرين، وادي حسبان، وادي زرقاء ماعين موضحة في الشكل (2).

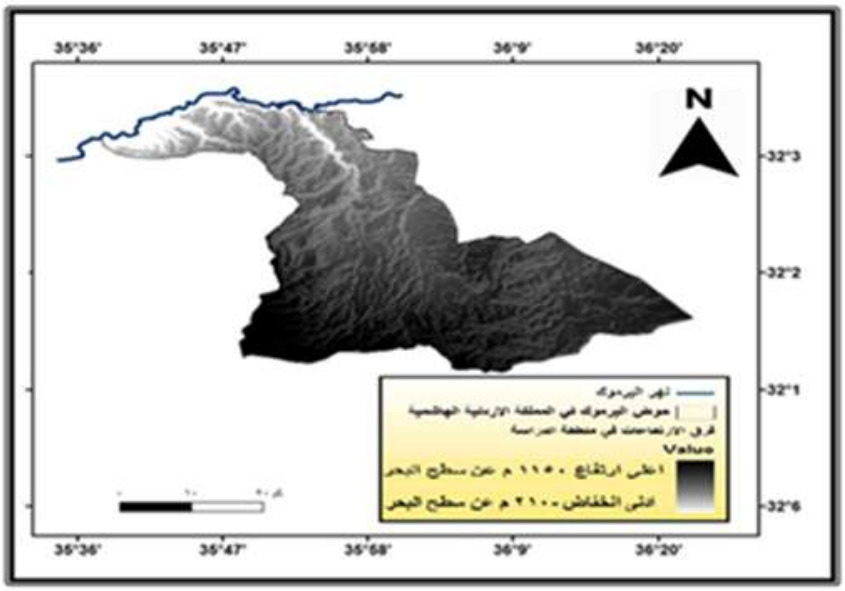
وتتميز منطقة الدراسة بشدة التضرس كما هو موضح في الشكل (1)، وذلك لوجود فرق كبير بين أعلى وأدنى منسوب لها عن مستوى سطح البحر، حيث يصل أعلى منسوب لها حوالي 1150 متراً فوق سطح البحر ممثلا بقمة رأس منيف في الجنوب من منطقة الدراسة، بينما يصل أدنى منسوب لها حوالي -220 متراً تحت سطح البحر ممثلة في الأراضي الممتدة من منطقة العدسية في الشمال الغربي إلى منطقة المصب لمياه نهر اليرموك في نهر الأردن غربا. وبهذا يكون الركن الممتد من الجنوب إلى الشمال الغربي الممثل للمناطق الأكثر انحداراً، في حين تأخذ اراضي منطقة الدراسة في الانبساط التدريجي في مناطق وسط الحوض متجهةً بهذه الخصوصية في محورين هما شمال شرق وجنوب شرق، حيث تتراوح الارتفاعات في تلك المناطق من 400 – 860 متراً فوق سطح البحر ممثلة بسهول وهضاب حوران. ويُشكل نهر اليرموك أهم مصادر المياه السطحية في منطقة الدراسة حيث يُعد شريان الحياة للقطاع الزراعي، والسكان البالغ عددهم 256.962 ألف نسمة والموزعين على مجموعة من المدن والقرى (دائرة الإحصاءات العامة الأردني 2021 التقرير السنوي)، كما أنه يُعد جزءاً من المنظومة المائية لمجموعة الأنهار الرئيسة في بلاد الشام أهمها: نهر الحاصباني، نهر الوزاني، نهر بانياس، نهر اليرموك، ونهر الأردن الذي يستقبل حوالي 38 % من مياهه من نهر اليرموك. وتتعدد منابعه فمنها مجموعة الينابيع الطبيعية المتفجرة ضمن الأراضي السورية في الشرق والتي تتجمع مياهها في بحيرة مزيريب، وفي الشمال والشمال الغربي (الجولان السوري)، ومجموعة المجاري المائية الدائمة الجربان التي أهمها أودية الرقاد والعلان التي تتغذى من السفوح الجنوبية لجبل الشيخ، ومرتفعات الجولان في الشمال الغربي

الشكل (1) الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة



ISSN: 2706-6495

الشكل (2) ارتفاعات السطح في منطقة الدراسة



المصدر: عمل الباحث 2022 م

ج. مشكلة الدراسة

يوجد في منطقة الدراسة مجموعة من الخزانات المائية الجوفية تُمثل المصدر الأساس لمياه الشرب والاستخدامات الاخرى مما يتطلب الوقوف على خصائصها النوعية وتحديد مدى تعرض وقابلية الطبقات الجيولوجية الحاملة لهذه المياه على التلوث المرتبط بمصادر سطحية وتحديد أسباب ذلك وتفسيره من منظور جغرافي بيئي باستخدام أحدث النماذج التقنية (DRASTIC MODELE) في مراقبة البيئة الجوفية نظراً لارتباط الأنظمة المائية الحوضية بعلاقة مباشرة تربط ما بين مياهها الجوفية والسطحية عليه فان هذه الدراسة تحاول الإجابة على التساؤلات الأتية

ما مدى ارتباط الخصائص الطبيعة لبيئة منطقة الدراسة بإمكانية تعرض المياه الجوفية للتلوث؟

ما هو نمط التوزع الجغرافي للخزانات الجوفية الأكثر عرضة للتلوث وفق نموذج DRASTIC وتوضيح أسباب ذلك؟

ما هو تحديد نمط العلاقة بين كثافة الشبكة المائية ومدى قابلية الخزانات الجوفية على التلوث؟

ما مدى فاعلية استخدام نموذج DRASTIC في الوصول الى نتائج دقيقة لاستخدامها في التخطيط المستقبلي لبيئة منطقة الدراسة بشكل خاص وبيئة الاحواض المائية في المناطق الجافة وشبه الجافة بشكل عام؟

د. أهمية موضوع الدراسة

1. الأهمية الهيدرولوجية

في ظل محدودية المصادر المائية الجوفية والسطحية في المملكة الأردنية الهاشمية، التي تُعد من أفقر عشرة دول في العالم من حيث وفرة المياه، وانطلاقا من الحاجة إلى تطوير الموارد المائية ورفع كفاءة استخدامها إلى حد المحافظة عليها من التدهور نوعياً وسوء الاستعمال كمياً، ونظراً لضرورة الاسهام في تحسين إدارة ما هو متاح منها ووضع البدائل لأية أزمات محتملة جاءت هذه الدراسة لتحليل مدى قابلية المياه الجوفية بحوض اليرموك في المملكة الأردنية الهاشمية على التلوث محاولة تحديد

أثر العوامل الطبيعة والبشرية المؤثرة في ذلك، وتحديد امكانية تطوير مصادرها المائية لأسباب ترتبط من جانب بالزيادة السكانية المتنامة وزيادة الطلب على المياه، حيث يتوقع أن يصل عدد سكان المملكة بحلول عام 2030 حوالي 13 مليون نسمة زيادة طبيعية تصل الى حوالي 2.2 % سنويا (دائرة الاحصاءات العامة الأردنية 2020) وللدراسة هذه ايضاً جانب اخر مهم وهو تخطي ضخ المياه الجوفية عن الحد الامن للاستخراج حيث يبلغ الاستخراج الامن من المياه الجوفية في منطقة الدراسة حوالي 40 م م3 / سنة في حين وصل الاستخراج الفعلي السنوي من المياه الجوفية ضعف هذا الحجم أو ما يزيد **(J.V.A. 2019)** مما يبرز الصورة الحقيقية لحجم التحديات المائية واختلال التوازن المائي الذي يواجه منطقة الدراسة.

2. الأهمية العلمية التطبيقية

تكتسب هذه الدراسة أهميتها التطبيقية من خلال:

أ. حصر أهم التغيرات البيئية في التي تتعرض لها بيئة الاحواض المائية باستخدام النماذج الحديثة ذات الدقة العالية في التحليل والتفسير والتنبؤ بمستقبل هيدرولوجية بيئة الاحواض المائية كالنموذج المستخدم في هذه الدراسة (DRASTIC MODELE)، وتحديد طبيعة وأحجام هذه التغيرات ومعرفة انعكاس هذه التغيرات على طبيعة وأحجام مدخلات Input ومخرجات Output النظام الجيومورفولوجي بيئة الاحواض المائية.

ب. تحديد بعض الاخطار البيئية المتواجدة في منطقة الدراسة أو الممكن حدوثها كالتلوث النهري وتلوث المياه الجوفية وانجراف التربة والانهيارات الأرضية والفيضانات، فعلى سبيل المثال هنالك الكثير من الأتربة في العالم تتعرض لتدهور نوعيتها نتيجة الضخ الجائر للمياه الجوفية، وارتفاع نسبة الملوحة فيها نتيجة انخفاض منسوب المياه الجوفية، وهذا بدوره ينعكس سلبا على الأراضي الزراعية إذا لم تتخذ الاجراءات الملائمة لحماية هذه الاراضي.

ج. أن الاتجاه الحديث لخطط التنمية في كثير من الاقاليم الجافة وشبه الجافة في العالم يرتكز على مثل هذا النوع من الدراسات التطبيقية في مجال البيئة، من حيث توفير المعلومات والبيانات عن علاقة الهيدرولوجيا السطحية بالجوفية منها وذلك من خلال قياس متغيرات النظام الجيومورفولوجي في بيئة الأحواض المائية الذي يُعد من أهم أسس تقييم الأراضي فيها وربطها بمدى وملاءمتها لاستعمالات الأرض المختلفة.

هـ. منهجية وأساليب وأدوات الدراسة

استخدم الباحث المنهج الكمي التحليلي لقياس المتغيرات المرتبطة بالنظام الجيومورفولوجي من حيث تأثيره على البيئة المائية الجوفية لمنطقة الدراسة بعد معالجة وتحليل وتفسير البيانات المكانية باستخدام نموذج دراستك DRASTIC MODELE إضافة الى استخدام نظام المعلومات الجغرافية (GIS) في معالجة البيانات المكانية حيث تم انجاز الدراسة خلال ثلاثة مراحل اشتملت على المرحلة الأولى على المرحلة التحضيرية وفيها تم جمع البيانات المرتبطة بخرائط منطقة الدراسة **(R.G.C 2021)** وهي كالآتي:

1. لوحة اربد الطبوغرافية والجيولوجية مقياس 1: 25000 ، 1: 50000
2. لوحة الرمثا الطبوغرافية والجيولوجية مقياس 1: 25000، 1: 50000
3. لوحة الشونة الشمالية الطبوغرافية والجيولوجية مقياس 1: 25000، 1: 50000

4. لوحة المفرق الطبوغرافية والجيولوجية مقياس 1: 25000، 1: 50000

ومما يجدر ذكره أن جميع الخرائط السابقة الذكر أنتجت بواسطة المسح الجوي الذي قام به المركز الجغرافي الملكي الأردني عام 1981 وتم تحديث طباعتها عام 2020.

5. الصور الجوية التي تحمل الارقام (81،82،83،84) مقياس 1: 25000 حيث استخدمت في اسقاط بعض المعالم التي لا تظهر في الخرائط الطبوغرافية.

6. المرئية الفضائية (Quick Bird, 2003) التي استخدمت في تحليل واشتقاق بعض البيانات الهيدرولوجية والجيولوجية والجيمورفولوجية.

تبع ذلك المرحلة الثانية وفيها تم العمل الميداني والتحاليل المخبرية حيث تم الفحص الميداني لبعض مصادر البيانات ومنها:

1. التحليل المورفومتري لدراسة بعض الخصائص المساحية والشكلية والتضاريسية وخصائص الشبكة المائية وانعكاساتها على الخصائص الهيدرولوجية في منطقة الدراسة حيث تم انتاج الاشكال والخرائط باستخدام نظام المعلومات الجغرافية (ARCGIS9).

2. التحليل الكارتوجرافي للخرائط والصور الجوية والمرئيات الفضائية التي تغطي منطقة الدراسة، ومطابقة بياناتها مع البيانات التي تم قياسها وفحصها في الميدان.

أما المرحلة الثالثة فاشتملت على تحليل البيانات والمعلومات باستخدام نظام المعلومات الجغرافي ARCGIS9 وبرنامج الرسم الالي Auto Cad وبعض المعادلات الرياضية التجريبية وتم تطبيق نموذج دراستك DRASTIC MODEL على منطقة الدراسة، حيث تضمن العمل تحليل البيانات وتلخيصها وبالتالي الخروج بنتائج الدراسة عن طريق تطبيق مدى قابلية المياه الجوفية للتلوث باستخدام DRASTIC MODEL الذي يحتوي على المتغيرات التالية كعناصر أساسية من اجل تصنيف وتحديد وقياس مدى قابلية المياه الجوفية على التلوث في منطقة الدراسة تمثلت بما يلي:

DRASTIC INDEX (DI) =

Dr Dw + Rr Rw + Ar Aw + Sr Sw + Tr Tw + Ir Iw + Cr Cw.

Dr = Rating to the depth to water table.

Dw = Weights assigned to the depth to water table.

Rr = Rating for ranges of aquifer recharge.

Rw = Weights for the aquifer recharge.

Ar = Rating assigned to aquifer media.

Aw = Weighs assigned to aquifer media.

Sr = Rating for the soil media.

Sw = weights for soil media.

Tr = Rating for topography (slopes).

ISSN: 2706-6495

Tw = Weights assigned to topography.

Ir = Rating assigned to vadose zoon.

Iw = Weights assigned to vadose zone.

Cr = Ratings for rate of hydraulic conductivity.

Cw = Weights given to hydraulic conductivity.

الجدول (1) المعايير المستخدمة في DRASTIC MODEL

المدلول او الرمز	parameter	Weight DRASTIC	Range Of Rating Value
D	Depth Of Water	5	10 - 1
R	Net Recharge	4	9 - 1
A	Aquifer Media	3	10- 2
S	Soil Media	2	10 - 1
T	Topography	1	10 - 1
I	Impact Of Vadose Zone	5	10 - 1
C	Hydraulic Conductivity	3	10 - 1
	Vulnerability Class	(DRASTIC) Index Range	
	LOW	100 – 1	
	MODERATE	119 - 101	
	HIGH	200- 120	
	VERY HIGH	>200	

المصدر: E.P.A. 2020

المبحث الثاني: الدراسة التطبيقية لمعايير DRASTIC MODELE على منطقة الدراسة (حوض اليرموك في المملكة الأردنية الهاشمية)

تم تطبيق DRASTIC MODELE لتوضيح مدى قابلية المياه الجوفية على التلوث في منطقة الدراسة ودرجة حساسيتها لهذا النوع من الأخطار، ويعد نموذج DRASTIC أحد الطرق الكارتوجرافية، وهي طريقة ذات منهجية دقيقة تعتمد على التشخيص لمعايير هامه تعد الأساس في تطبيق هذا النموذج،

وكل من هذه المعايير له قيمة ثابتة حسب وزنه بمعنى مدى أهميته وتأثيره من خلال الدور الذي يلعبه في الزيادة او الحد من التلوث، وتتلخص المعايير المستخدمة في هذا النموذج والتي تم تطبيقها على منطقة الدراسة بما يلي:

1. عمق المياه الجوفية Depth Of Groundwater

تم الاستدلال على عمق المياه الجوفية في منطقة الدراسة من خلال مجموعة الآبار الجوفية الخاصة والحكومية في منطقة الدراسة، وتتفاوت في أعماقها ما بين 35م – 375 م (وزارة المياه والري الأردنية 2021)، وتُصنف معظم الآبار الجوفية في منطقة الدراسة بأنها آبار عميقة يزيد عمق الآبار فيها على 35 م، في حين تم التعرف على مجموعة قليلة جداً من الآبار الجوفية التي يتراوح عمق سطح الماء الساكن فيها اقل من 30.

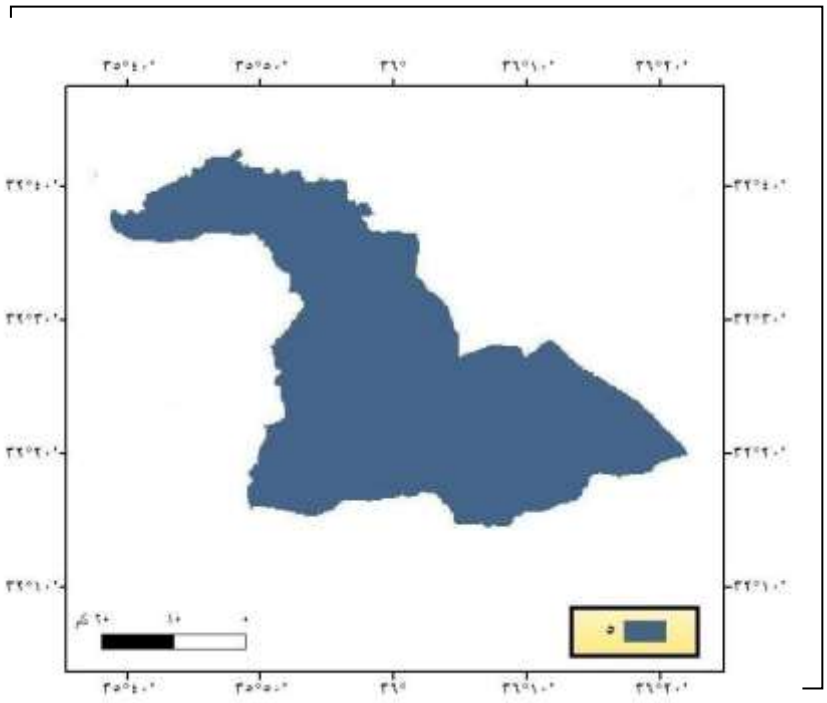
توصلت هذه الدراسة من خلال دراسة التركيب الجيولوجي أن قابلية المياه الجوفية على التلوث منخفض، ويتم التوصل إلى هذه النتيجة من خلال تقسيم منطقة الدراسة إلى Zones حيث تم تحديد خطوط تساوي العمق للآبار الجوفية، وبشكل عام تتحدد العلاقة ما بين عمق المياه الجوفية وقابليتها للتلوث بأنها علاقة عكسية، بمعنى أن زيادة عمق الآبار الجوفية يقلل من احتمالية تعرض المياه الجوفية للتلوث أو أن حساسيتها على ذلك تكون منخفضة، في حين أن قرب المياه الجوفية من السطح يجعلها أكثر قدرة واستجابة لاستقبال الملوثات نتيجة قرب المسافة ما بينها وسطح الأرض، وبتطبيق ذلك على منطقة الدراسة فقد أعطي عمق المياه الجوفية القيمة (Rate 1) نظراً لأن أعماق المياه الجوفية في المناطق المختلفة من حوض اليرموك في المملكة الأردنية الهاشمية تتجاوز 35 م. ويوضح الجدول (2) مدى قابلية المياه الجوفية للتلوث حسب نموذج دراستيك DRASTIC اعتمادا على العمق موضحة في الشكل (3). حيث يعطى كل عمق وزن ثابت من حيث القابلية للتلوث (Range and Rate) وبهذا يأخذ عمق المياه الجوفية في منطقة الدراسة Rate1 مضروبا بالوزن 5 حسب نموذج DRASTIC .

الجدول (2) قيم عمق منسوب الماء Range and Rating (Depth of Water)

RATING	RANGE
التقييم	المدى
10	1.5 – 0
9	4.57 – 1.5
7	9.14 – 4.57
5	15.24 - 9.14
3	22.86 – 15.24
2	30.48 – 22.86
1	30.48 <

ISSN: 2706-6495

الشكل (3) تقييم عمق المياه الجوفية في منطقة الدراسة



2. التغذية السنوية للمياه الجوفية Net Recharge

يعتمد هذا المتغير في نموذج دراستيك DRASTIC Model على كمية المياه التي تتسرب Infiltrates من السطح مروراً بمنطقة التهوية Vadose Zone حتى تصل إلى الطبقة الحاملة للمياه الجوفية Aquifer، وقد تم التوصل إلى كمية المياه السنوية التي تتسرب إلى باطن الأرض من خلال الموازنة المائية التي اجريت لمنطقة الدراسة، التي اعتمدت على المصدر الرئيسي للمياه السطحية ممثلاً بكمية الأمطار السنوية التي تستقبلها منطقة الدراسة و التوزع الجغرافي لمناطق العجز والفائض المائي، التي تعطي مؤشراً حقيقيا على قابلية هذه الوحدات في التأثير على تلوث الماء الجوفي، حيث تنخفض نسبة في مناطق العجز المائي وترتفع في مناطق الفائض المائي.

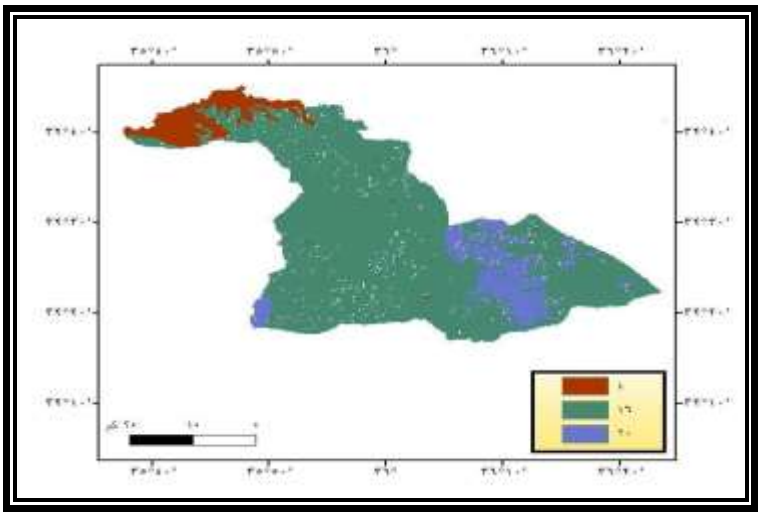
وفي ضوء الحسابات المتعلقة بالموازنة المائية بلغت نسبة التغذية الجوفية السنوية حوالي 2.9 % من مجمل الأمطار السنوية في منطقة الدراسة أي بواقع 11.7 م م3 / سنة من أصل 393.4 م م3 / سنة كحجم أمطار سنوي .(BGR , 2019) ويعتمد قياس كمية التغذية السنوية (ملم) في منطقة الدراسة على البيانات المتعلقة بخارطة التربة وخارطة توزع الأمطار نظرا لصعوبة توفر البيانات عن هذا المتغير، حيث تم الاستدلال عليه من خلال جمع بيانات التربة في الخريطة الأولية وبيانات التوزع المطري في الخارطة الأولية أيضاً، أما عن القيم المستخدمة في نموذج دراستك في مجال التغذية السنوية تم توضيحها في الجدول 3 وموضحة في الشكل (4) كالتالي:

(الجدول 3) التغذية السنوية للمياه الجوفية (ملم / سنة)

Range and Ratings for Net Recharge (mm/year)

Range	Rating
50.8 – 0	1
101.6 – 50.8	3
177.8 – 101.6	6
254.0 – 177.8	8
254.0 = <	9

الشكل (4) التغذية السنوية للمياه الجوفية في حوض اليرموك في المملكة الأردنية الهاشمية



المصدر: عمل الباحث 2022 م

3. الطبقة الجيولوجية الحاملة للخزان المائي Aquifer Media

تعتمد طبيعة الخزانات الحاملة للمياه الجوفية على التكوين الصخري لها من حيث نوعية الصخور، وظروف نشأتها وتكونها، وخصائصها البينية من حيث تركيبها ونفاذيتها. وتوجد الصخور بشكل عام في ثلاثة أنواع وهي الصخور النارية Igneous Rocks التي يرتبط وجودها بفعل القوى والضغوط الأرضية الداخلية والصخور الرسوبة Sedimentary Rocks التي تعود في نشأتها إلى عوامل الترسيب كالرياح والمياه في ظل ظروف بيئية جافة ورطبة، وهناك أيضاً الصخور المتحولة Metamorphic Rocks المستمدة من الصخور الرسوبية أو الصخور النارية.

ومن الناحية الهيدروجيولوجية تختلف هذه الصخور في قدرتها على حمل المياه ونقلها اعتماداً على مكونات الصخر والتركيب المعدني له، فمثلاً نجد أن الصخور الرسوبية تتصف بتكونها من معادن كثيرة أكثرها انتشاراً الصلصال Clay والكوارتز والكلس، فنجد الصخور الجيرية Limestone تتكون من معدن الكلس ونسب قليلة من الصلصال والكوارتز، في حين نجد الصخور الرملية Sandstone تتكون من الكوارتز بصفة رئيسية إضافة إلى الدولوميت وانتشار أكاسيد الحديد، وبهذا فإن الصخور على اختلاف أنواعها تعتمد في قابليتها على حمل المياه ونقلها على النسيج الصخري Matrix الذي يحدد حركة

واتجاه المياه المتسربة من سطح الأرض كما يحدد الحركة والاتجاه للمياه الجوفية في باطن الأرض. ويرتبط حجم المياه المتسربة من سطح التربة على نسيجها كعامل أساسي Texture إضافة إلى المتغيرات المناخية الأخرى والغطاء النباتي.

وتعتمد قابلية الخزانات الجوفية على التلوث بصورة رئيسية على الموصلية الهيدرولوجية حيث ترتفع قابلية المياه على التلوث بارتفاع الموصولية الهيدرولوجية التي يترتب عليها حركة المواد الملوثة لمسافات بعيدة وبوقت قصير، ويرتبط ذلك بصورة مباشرة بنفاذية الصخر، حيث نجد أن الصخور الجيرية أكثر نفاذية من الصخور الرملية، لذا فأنها تأخذ قيم Rates أكبر حسب نموذج دراستيك، أما الصخور الرملية فتأخذ قيم أقل ذلك لانخفاض مساميتها، ويوضح الجدول (4) القيم المعطاة لكل نوع من أنواع الصخور حسب طبيعتها، موضحة في الشكل (5).

تتوزع في منطقة الدراسة مجموعة من الخزانات الجوفية سبق التعريف بخصائصها في الفصل الثالث من هذه الدراسة، حيث يعد الخزان A7 / B2 الأهم والأوسع انتشاراً في منطقة الدراسة، مما جعل هذا الخزان يعاني من الضغط المباشر في ضخ المياه الجوفية منه ، مقابل معدلات منخفضة من التغذية، وقد أعطي هذا الخزان الوزن 3 وقيمة 8 في نموذج دراستيك DRASTIC. M حيث يتكون من الحجر الجيري والدولوميت والحجر الجيري الدولوميتي والصوان. كما تم التركيز أيضاً على الخزان B4/5 حيث يأتي في المرتبة الثانية من حيث حجم انتشاره وأهميته من الناحية الهيدرولوجية وأعطي الوزن 3 وقيمة 6 ذلك لتكونه من الحجر الجيري الطباشيري والطباشير والصوان (تكوين الرجام – وادي الشلالة) تتخلل هذا التكوين الشقوق Fractures نظرا لتداخل الطبقتين B4 و B5 (Jointed)، أما تكوين B3 فهو صاد للمياه حيث يتكون من المارل المتعاقب مع الطباشير وقد أعطي القيمة صفر في نموذج دراستيك نظراً لكونه محصوراً Confine. ويأتي التركيز على هذه الخزانات بصورة مباشرة في هذا التطبيق العملي كونها الأبرز أهمية من الناحية الهيدرولوجية في منطقة الدراسة (عابد،2000).

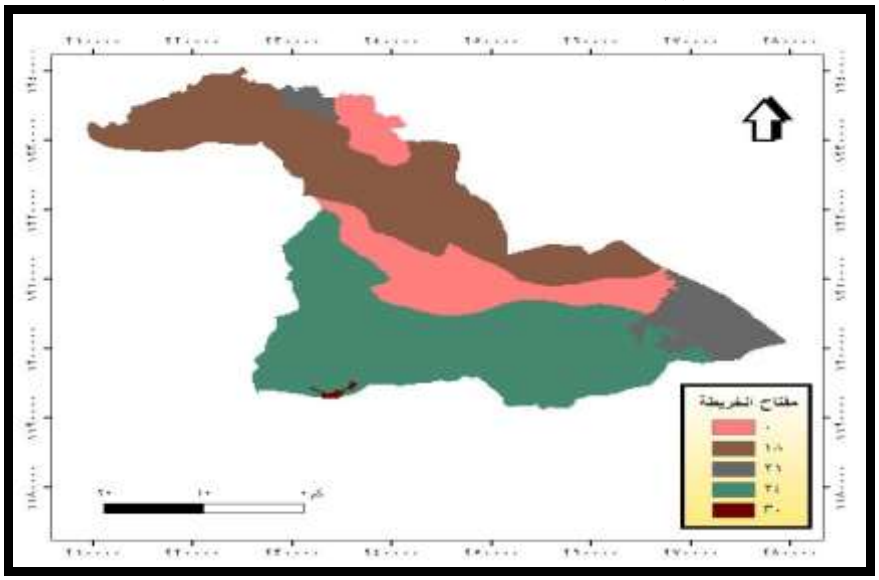
الجدول (4) القيم المعطاة للخزانات الجوفية في نموذج دراستيك

Range and Rating for Aquifer Media

طبيعة الخزان المائي الجوفي	RATING
Massive Shale	2
Metamorphic / Igneous Rocks	3
Weathered Metamorphic / Igneous Rocks	4
Glacial till	5
Bedded Sandstone، limestone	6
Massive Sandstone	6
Massive limestone	8
Sand and Gravel	8
Basalt	9
Karsts Limestone	10

ISSN: 2706-6495

الشكل (5) تقييم الطبقة الجيولوجية الحاملة للخزان المائي الجوفية



المصدر: عمل الباحث 2022 م

4. نوع التربة Soil Media

تُعد التربة على جانب كبير من الأهمية في نموذج دراستك DRASTIC نظراً لتعدد أنواعها وتفاوت قدرتها في عملية تمرير المياه، والتربة بشكل عام هي نتاج لعمليتي التجوية الميكانيكية والكيماوية للصخور، وتتوقف قدرتها في تمرير المياه المتسربة إلى باطن الأرض على أنواعها، ونسيجها، ونسبة الطين والصلصال فيها، ودرجة انكماشها وانتفاخها Swell-Shrink، كما تلعب دوراً بارزاً وهاماً في كمية التغذية الجوفية، التي تسلك طريقها إلى الخزانات الجوفية عن طريق التسرب. والعلاقة ما بين قابلية الخزانات الجوفية على التلوث والتربة تتوقف على مدى انخفاض نسبة الطين والصلصال التي يقابلها انخفاض في قابلية الخزانات الجوفية على التلوث، كما أن النسيج الناعم للتربة Fine Texture يقلل من نسبة تعرض المياه في الخزانات الجوفية للتلوث، إضافة إلى درجة انكماشها وتماسكها التي تُقلل أيضاً من فرص تسرب الملوثات إلى الخزانات الجوفية، فهذه الخصائص مجتمعه تلعب دوراً هاماً في تخفيض نسبة تعرض المياه الجوفية للتلوث، (Decrease The Potential Of Pollution). وتم الاستعانة بمثلث قوام التربة لتحديد محتوى غطاء التربة في منطقة الدراسة MOA (U.S.A 2020)

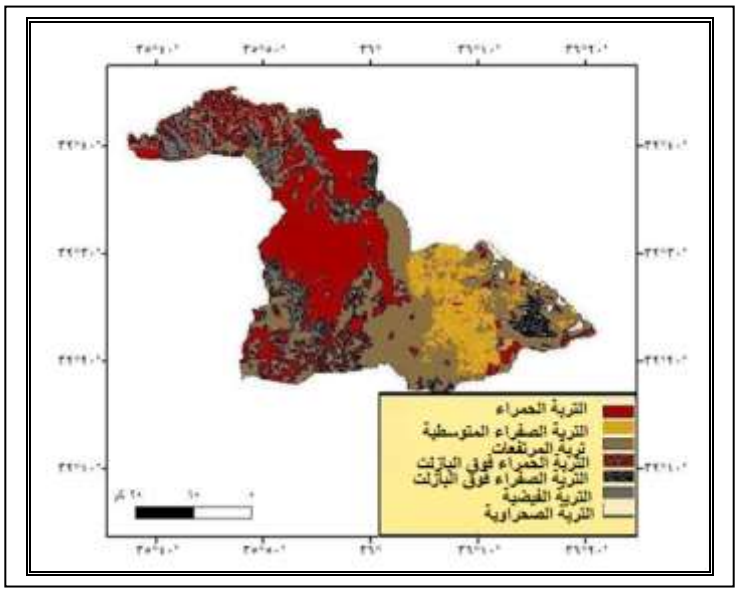
ISSN: 2706-6495

الشكل (6) مثلث قوام التربة وزارة الزراعة في الولايات المتحدة الامريكية

(MOA U.S.A 2020)

قام الباحث بعمل خارطة توزع التربة في منطقة الدراسة لدراسة لتحديد مدى مساهمة أنواع التربة في منطقة الدراسة على تمرير الملوثات الى الخزانات الجوفية يوضحها الشكل (7) (8) وفقاً لاعتبار هام هو ان سمك التربة يُسهم في التخفيف من سرعة وصول الملوثات إلى المياه الجوفية حيث يسمح بفرص أكبر لعمليات كيماوية وحيوية تنشط بازدياده، وفي ذات الوقت يعيق سمك التربة من سرعة وصول الملوثات إلى باطن الأرض. وبالرجوع إلى خارطة توزع التربة في منطقة الدراسة شكل (8,7) التي تم إنجازها بالاعتماد على مشروع مسح الترب التي قامت به وزارة الزراعة في المملكة الأردنية الهاشمية يمكن ملاحظة تعدد أنواع الترب.

الشكل (7) توزع أنواع التربة في حوض اليرموك في المملكة الأردنية الهاشمية

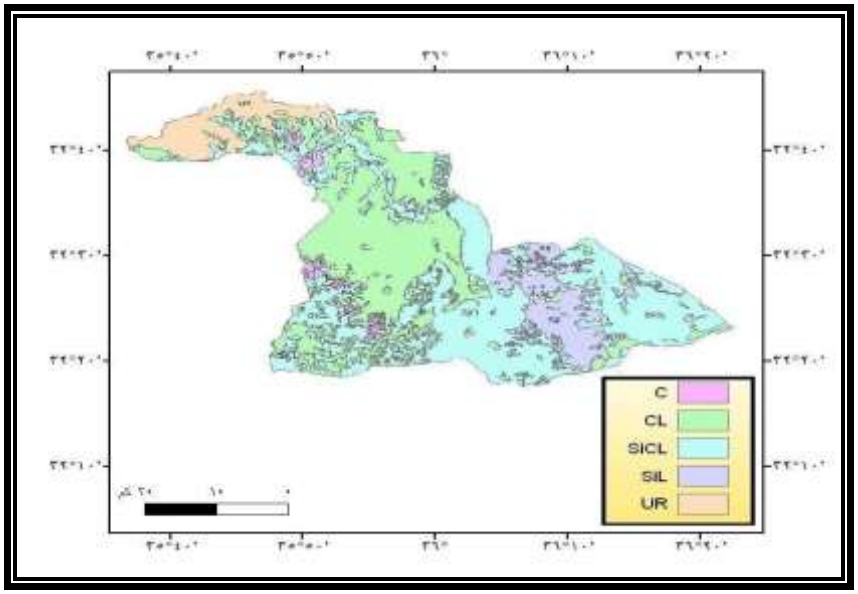


المصدر: عمل الباحث 2022 م

ISSN: 2706-6495

توصلت الدراسة ان قابلية الترب في منطقة الدراسة الموضحة في الشكل (7) على تمرير الملوثات إلى المياه الجوفية تنخفض نتيجة غلبة التكوين الطيني الذي يأخذ قيم منخفضة في نموذج دراستك تتراوح ما بين صفر – 4 وبوزن 2 موضحة في الشكل (8) والجدول (5) ويأتي انخفاض نسبة التمرير للملوثات عبر تربة الحوض إلى المياه الجوفية إضافة إلى تنوعها ووجود بناء قوي للتربة التحتية Subsoil الذي يعمل على اعتراض وإعاقة حركة المياه المتسربة. وبالرجوع إلى الجدول (5) يتضح مدى التفاوت في قدرة التربة على تمرير الملوثات إلى باطن الأرض، حيث ترتفع هذه القدرة في الترب الرملية وبدرجة أكبر في الترب الحصوية التي تأخذ قيم عالية في نموذج دراستك (قيمة 10) ذلك لارتفاع قدرة التمرير في هذا النوع من الترب. وخلصت الدراسة الى النتائج الموضحة في الشكل (9) والجدول (5) على التوالي.

الشكل (8) توزع التربة الطينية في حوض اليرموك في المملكة الأردنية الهاشمية



المصدر: عمل الباحث 2022

الجدول (5) Range and Rating of Soil Media

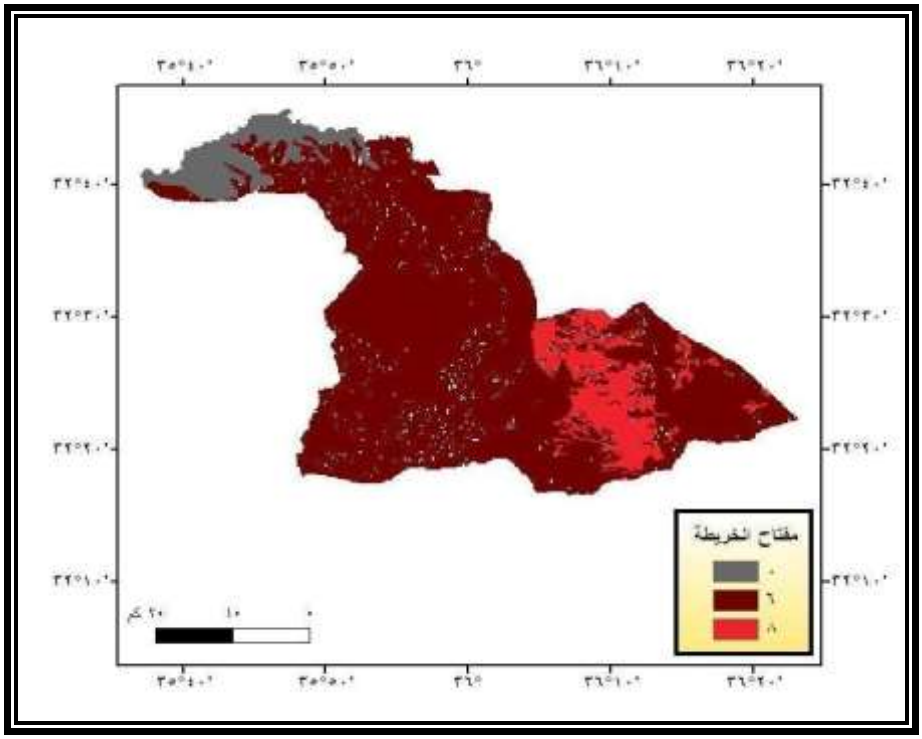
Soil Media		RATING
	خصائص غطاء التربة	التقييم
Thin or Absent	منعدم او رقيق	10
Gravel	حصباء	10
Sand	رمال	9
Peat	خث	8
Shrinking Clay	طين	7
Sandy loam	حصباء رملية	6
Loam	حصباء	5
Silty Clay	طينية غرينية	4
Clay Loam	طينية حصبه	3
Muck		2
No Shrinking Clay	غير طينية	1

المصدر: عمل الباحث 2022

ISSN: 2706-6495

يظهر الشكل (9) مدى قابلية أنواع التربة على امتصاص الملوثات وتمريرها إلى باطن الأرض لتنتقل إلى المياه الجوفية عبر منطقة التهوية، حيث تتباين قدرة التربة تبعاً لأنواعها المعتمدة والمصنفة في نموذج، DRASTIC كما أن كل صنف من الترب يتباين محتواه من الطين مما يعكس قدرته على امتصاص المواد الملوثة. وتحمل أنواع الترب قيماً ثابتة يدل ارتفاعها على ارتفاع قابلية الترب على امتصاص المواد الملوثة كما يدل انخفاض القيم على انخفاض قابلية الترب على امتصاص الملوثات.

الشكل (9) خواص التربة في منطقة الدراسة وفق نموذج دراستك DRASTIC



5. طبوغرافيا سطح الأرض في منطقة الدراسة Topography

لا يتوافق ارتفاع نسبة انحدار السطح مع ارتفاع نسب قابلية المياه الجوفية على التلوث في منطقة الدراسة، ذلك أن ازدياد نسبة انحدار السطح يتبعه جريان سطحي بعد سقوط الأمطار بكمية وسرعة عاليتين خاصة في الاراضي شبه الرطبة في المناطق الجنوبية الغربية والشمالية الغربية من منطقة الدراسة. اما في المناطق شبه الجافة الممتدة في حزام شمالي جنوبي، فإنها تتصف بانخفاض معدلات التغذية الجوفية لانخفاض معدلات الامطار السنوية، إلا أن المناطق المنبسطة التي تنخفض فيها نسبة الانحدار في المناطق الوسطى الممتدة شرقاً تتصف بمعدلات أعلى من التغذية الجوفية المعتمدة على كمية الأمطار، حيث تصبح امكانية وصول الملوثات إلى المياه الجوفية أكبر نتيجة لانخفاض نسبة الانحدار.

وقد تم تحديد نسب الانحدار في منطقة الدراسة باستخدام ARC GIS MAP عن طريق تقسيمها إلى خمسة وحدات انحدار كل منها يأخذ نسبة انحدار % كما هو موضح في الشكل (10)، وبالتالي أُعطيت القيم التي تتراوح ما بين 1 – 10 حسب نموذج دراستك DRASTIC لتحديد العلاقة بين نسبة الانحدار وقابلية المياه الجوفية على التلوث، وقد أُعطيت القيمة 1 للمناطق التي تضم المرتفعات في الشمال الغربي وبعض المناطق في الجنوب الغربي، حيث أن نسبة الانحدار في تلك المناطق

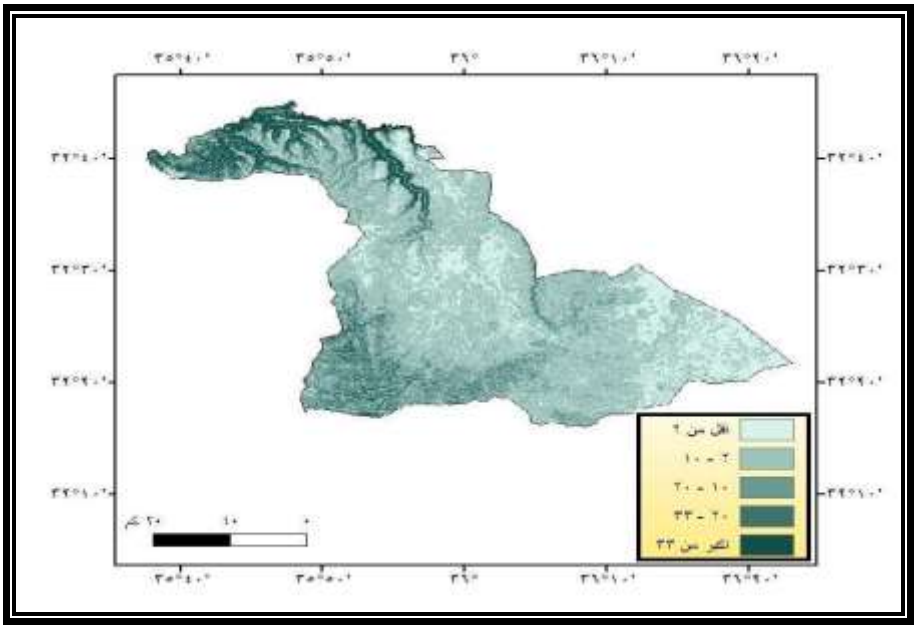
تزيد على 33 % Steep Slope Areas، وفي المقابل اعطيت القيمة 10 للمناطق الوسطى الممتدة شمال – شرق والمناطق الشرقية جداً التي تصل فيها نسبة الميل إلى أقل من 2% Gentle Slope Areas. ويبين الجدول رقم (6) نسب الانحدار في منطقة الدراسة والقيم التي تأخذها هذه النسب، حيث تقل فاعلية الانحدار على تمرير الملوثات إلى المياه الجوفية كلما ارتفعت نسبته، وبالتالي تنخفض القيم المعطاة له في نموذج دراستيك DRASTIC.

الجدول (6) القيم المعطاة لمدى الانحدار في نموذج دراستيك

Rating For the Ranges of Slope

Slope %	RATING
2 >	10
10 - 2	8
20 - 10	5
33 - 20	2
33 <	1

الشكل (10) طبوغرافية حوض اليرموك في المملكة الأردنية الهاشمية



المصدر: عمل الباحث 2022

6. منطقة التهوية Vadose Zone

يعتمد تحديد مدى تأثير منطقة التهوية في تلوث المياه الجوفية على طباقية الصخور Stratigraphy التي يتم التعرف عليها من خلال الترتيب الطبقي للصخور وأنواعها اثناء حفر الآبار الجوفية. وفي حوض اليرموك في المملكة الأردنية الهاشمية (منطقة الدراسة) أُستدل على خصائص منطقة التهوية من خلال الوصف الجيولوجي لطباقية الصخور في طبقة B2 / A7 التي تُعد من أكثر الطبقات التي تم حفر الآبار الجوفية فيها. ويلعب ترتيب ونسب توزع وانتظام المكونات الصخرية في هذه المنطقة دوراً هاماً في تحديد دورها في عملية نقل الملوثات إلى الخزانات الجوفية.

ISSN: 2706-6495

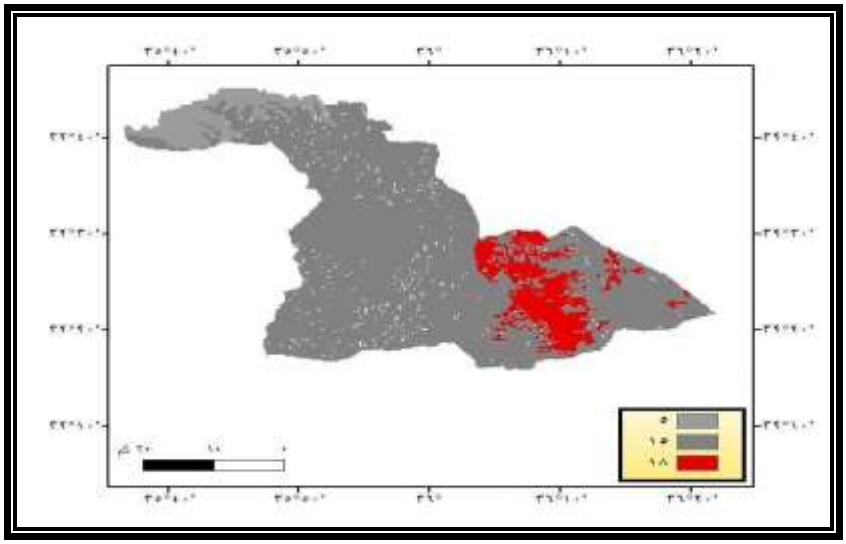
وباستخدام نموذج دراستيك أمكن تحديد مواصفات منطقة التهوية من خلال سجل الابار الجوفية في طبقة B2 / A7 (ESCWA 2021) ومطابقتها بالقيم المعطاة في الجدول (6) حسب نموذج DRASTIC وتبين أن خصائص منطقة التهوية في مناطق متفرقة تحتوي على مكونات طينية رملية في المناطق الوسطى الممتدة شمال - جنوب، حيث أُعطيت القية 3 وتعد الأوسع انتشاراً في منطقة الدراسة، في حين تم التعرف على مناطق تهوية مصمته إلى حد كبير في الشمال الغربي من منطقة الدراسة حيث اتضح من خلال الصور للآبار الجوفية في تلك المناطق أن منطقة التهوية تتواضع عل شكل طبقة مانعة لتسرب المياه إلى حد كبير، حيث أخذت القيمة 1 تبعاً لنموذج دراستيك، وفي الوقت نفسه تتصف مناطق التهوية شرقي منطقة الدراسة كما هو موضح في الشكل (11) والجدول (7) باحتوائها على نسبة كبيرة من الرمل والحصباء المتعاقبة مع الجير مما جعلها تأخذ أعلى القيم حسب نموذج DRASTIC التي وصلت إلى القيمة 6.

الجدول (7) القيم المعطاة لنطاق التهوية في نموذج دراستيك

Ranges and Ratings for Impact of Vadose

Vadose Zone material	Rating
Confining Layer	1
Silt / Clay	3
Shale	3
Limestone	3
Sandstone	6
Bedded Limestone , Sandstone	6
Sand and Gravel with Silt	6
Sand and Gravel	8
Basalt	9
Karsts Limestone	10

الشكل (11) تأثير منطقة التهوية على التلوث في حوض اليرموك في المملكة الأردنية الهاشمية



المصدر: عمل الباحث 2022

7. الموصلية المائية Hydraulic Conductivity

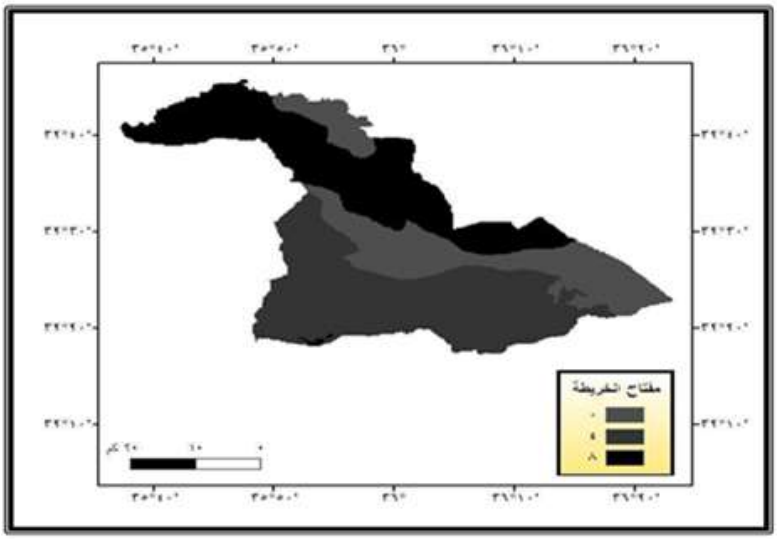
تعتمد الناقلية الهيدرولوكية على درجة النفاذية للمواد، إضافة إلى مساحتها، ويتحدد دورها في مجال تلوث المياه الجوفية اعتماداً على مدى وجود فجوات في الصخر الأصلي بشكل رئيسي وعلى مدى انتشار وتوسع هذه الفجوات بعد تشكل الصخر، وقد تمت الاستعانة في الحصول على المعلومات المتعلقة بدرجة الموصلية الهيدرولوكية بقسم مراقبة الآبار الجوفية في منطقة الدراسة، حيث تم تزويد الطالب بالبيانات الرقمية لإمكانية توضيح دور هذا العامل في في التأثير على درجة امتصاص الملوثات وتسربها إلى المياه الجوفية.

ونظراً لتركز نشاط حفر الآبار الجوفية في طبقة B2 / A7 وطبقة B4 / B5 فقد تم توظيف البيانات المتعلقة في هاتين الطبقتين من حيث الناقلية الهيدروليكية في نموذج DRASTIC، حيث تصل إلى حوالي ($2*10^{-4}$) M/ S في طبقةB2 / A7 وحوالي ($5*10^{-4}$) في الطبقة الجيولوجية B4/B5 **(Rimawi , O 2019)** وبناء على ذلك أُخذت القيمة 2 كما في الجدول رقم (8) وجرى تمثيلها في الشكل (12).

الجدول (8) القيم المعطاة للناقلية الهيدروليكية في نموذج دراستيك DRASTIC
Range and Rating for Hydraulic Conductivity

Hydraulic Conductivity (m/s)	DRASTIC Rating
$4.716*10^{-7} – 4.716*10^{-5}$	1
$4.716*10^{-5} – 1.41*10^{-4}$	2
$1.41*10^{-4} – 3.3*10^{-4}$	4
$3.3*10^{-4} – 4.716*10^{-4}$	6
$4.716*10^{-4} – 9.43*10^{-4}$	8
$> 9.43*10^{-4}$	10

الشكل (12) الناقلية الهيدروليكية في حوض اليرموك في المملكة الأردنية الهاشمية



المصدر: عمل الباحث 2022م

ISSN: 2706-6495

نتائج الدراسة Groundwater Vulnerability

تكتسب المياه الجوفية خصائصها ومدى وملاءمتها للأغراض المختلفة من جانبين الأول منهما طبيعة الخزان الذي توجد فيه، وتستمد منه خصائص معينة كمحتواها الكيماوي والمعدني، والثاني البيئة السطحية التي تمثل مجموعة العوامل والمتغيرات الهيدروجيومورفولوجية، إضافة إلى الغطاء الحيوي، لذا تعتمد قابليتها للتلوث على مدى استجابة البيئة الجوفية لأي تغيرات في خصائص البيئة السطحية التي يمكن أن يطرأ عليها تغيير بفعل عوامل طبيعية من ناحية أو بفعل العوامل البشرية من ناحية أخرى. وتعتمد ظاهرة التلوث للمياه الجوفية من زاوية أخرى على كمية الملوثات ونوعها والوسط الناقل لها والمستقبل لها. وحتما تختلف من خزان مائي إلى آخر تبعاً لظروف تشكله، وقد ساعد نموذج دراستك على تحديد مدى استجابة وحساسية المتغيرات المستخدمة فيه على التلوث ونقله إلى باطن الأرض.

ومن خلال تطبيق هذه الدراسة لنموذج دراستك وبمساعدة نظام المعلومات الجغرافي وبرنامج الرسم الآلي، اتضح لدى مقارنة النتائج مع القيم الثابتة للنموذج والمصنفة في الجدول (1) أن حوالي 83 % من مساحة منطقة الدراسة التي تتصف بحساسية منخفضة تتركز في المناطق الوسطى الممتدة شرقاً، كما أن 11 % من مساحة منطقة الدراسة التي تتوزع على المناطق الجنوبية والشمالية والشرقية تتصف بقابلية متوسطة على امتصاص الملوثات وتمريرها إلى المياه الجوفية، وتشكل المناطق التي لها قدرة وحساسية عاليتين على امتصاص الملوثات ما نسبته 5 % من المساحة وتتوزع في الاجزاء الجنوبية والشمالية الغربية، في حين يمثل ما نسبته 1% من المساحة الاجمالية بقدرة عالية جداً على امتصاص الملوثات وتمريرها إلى المياه الجوفية حيث يتوزع الجزء الأكبر منها في المناطق الشمالية وأجزاء قليلة المساحة ومتفرقة في المناطق الجنوبية وربما لا تظهر بوضوح في الشكل (13) ذلك لتوزعها النقطي قليل المساحة.

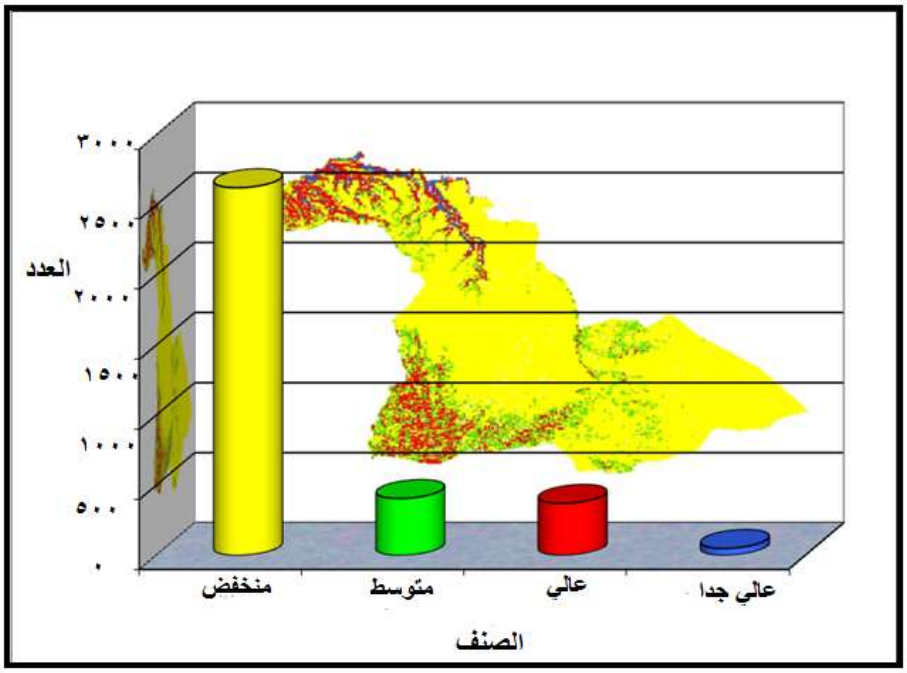
ويفسر انخفاض حساسية منطقة الدراسة من حيث قابليتها على امتصاص الملوثات في الجزء الأعظم من مساحتها بسبب سماكة منطقة التهوية في هذه المناطق مما يبعد المسافة بين الملوثات والمياه الجوفية، كما أنها مناطق ذات تغذية جوفية منخفضة بسبب انخفاض معدلات الأمطار فيها، إضافة إلى احتواء تربتها على نسبة عالية من الطين في أجزائها الوسطى باستثناء المناطق الشرقية التي تكتسب خاصية منخفضة على امتصاص الملوثات لضعف التغذية الجوفية كعامل أساسي.

أما المناطق التي تتصف بقدرة متوسطة على امتصاص الملوثات وتمريرها فتعود قدرتها هذه إلى قرب الخزانات الجوفية من السطح، إلا أن ارتفاع قابلية المناطق على امتصاص الملوثات وتمريرها فيعود إلى ضعف قوام التربة وارتفاع معدلات التغذية الجوفية وانخفاض سماكة منطقة التهوية. وقد تم تصنيف مناطق حوض الدراسة إلى مناطق لها قابلية عالية جداً وعالية ومتوسطة ومنخفضة مُثلت في الشكل (13) كنتيجة رئيسية لموضوع الدراسة.

ISSN: 2706-6495

شكل (13) نتائج التحليل لمدى قابلية المياه الجوفية على التلوث باستخدام

DRASTIC MODEL في حوض اليرموك في المملكة الأردنية الهاشمية



المصدر: عمل الباحث 2022 م

توصيات الدراسة

في اطارالدراسة الهيدروجيمورفولوجية التطبيقية ووفقاً للنتائج توصي هذه الدراسة بحزمة من التوصيات من شأنها الرقي بالتنبؤ المستقبلي بهيدرولوجية منطقة الدراسة في ضوء التغيرات المناخية التي تشهدها والتغيرات الديمغرافية المرتبطة في الزيادة في حجم السكان والتوسع في المشاريع التنموية في منطقة الدراسة، ووفقاً لمجمل عمليات المعالجة التي خضعت لها هذه الدراسة يوصي الباحث بما يلي:

1. استخدام التقنيات والنماذج الحديثة ذات الدقة العالية كالاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافي والتحليل العاملي المرتبط بنموذج دراستيك DRASTIC في قياس التطورات والتغيرات التي تحصل على هيدرولوجية منطقة الدراسة للوصول

إلى نتائج رقمية دقيقة لخدمة خطط التنمية المستقبلية المرتبطة بالنظام الهيدرولوجي في حوض الدراسة حيث اثبت النموذج فاعليته وفق نتائج الدقيقة لهذه الدراسة.

2. الاستعانة بأجهزة الإنذار المبكر لمراقبة التغير النوعي والكمي الذي يطرأ على مصادر المياه السطحية والجوفية مما يساعد على الوصول الى المستوى الآمن في استخراج واستغلال المتاح من مصادر المياه السطحية والجوفية.

3. نظراً لأهمية حوض اليرموك في سد الاحتياجات المائية في منطقة الدراسة توصي الدراسة بالتركيز على التوسع الأفقي في مشاريع حصاد المياه كالسدود الاسمنتية المحكمة والسدود الترابية مما يساعد في تخفيف الضغط على استغلال المياه الجوفية للمحافظة عليها كمياً ونوعياً.

4. توصي الدراسة بالتركيز على أنماط استخدام الأرض باستبعاد مشاريع التجميع والتخزين لمياه الصرف الصحي ومعالجتها في الاجزاء الجنوبية والشمالية الغربية من حوض الدراسة إضافة الى مشاريع الصناعات التحويلية للحد من فرص تعرض المياه الجوفية للتلوث نظرا لارتفاع معدلات التساقط وانخفاض سمك منطقة التهوية في تلك الاجزاء.

قائمة المراجع باللغة العربية

1. دائرة الاحصاءات العامة الأردنية (2021) مسوح الاستراتيجية الوطنية للتنمية الزراعية والصناعية، المملكة الأردنية الهاشمية، نشرة الاحصاء الزراعي والصناعي عدد (7)، المكتبة المركزية، عمان
2. دائرة الارصاد الجوية الأردنية (2021)، بيانات مناخية غير منشورة، نشرة مهنية (3) قسم الدراسات، المكتبة المركزية، عمان.
3. درادكة، خليفة (2000) هيدرولوجية المياه الجوفية ومبادئ في المياه السطحية، جامعة البلقاء التطبيقية، منشورات جامعة البلقاء التطبيقية، السلط، الأردن ص 51.
4. سلامة، حسن (2010) اصول الجيمورفولوجيا، الطبعة الثانية، دار المسيرة للنشر والتوزيع، عمان. ص 140-195.
5. عابد، عبد القادر (2000)، جيولوجيا الأردن وبيئته ومياهه، نقابة الجيولوجيين الأردنيين، الطبعة الاولى، عمان، الأردن ص 190 - 103
6. فرحان، يحي عيسى (1989) التقييم الجيومورفولوجي للوحدات الأرضية لأغراض التنمية في البادية الجنوبية، دراسات في جيومورفولوجية الأردن، منشورات الجامعة الأردنية، عمان ص 116 – 123).
7. مغازي، حسام الدين (2007) الهيدرولوجيا التطبيقية، هندسة الري والهيدروليكا، الطبعة الثانية جامعة الاسكندرية ص108 - 129.
8. وزارة المياه والري الأردنية (2021) إدارة الإعلام والتوعية المائية، نشرة الإرشاد المائي، نظام رقم 85 لعام 2002، النشرة المهنية الحديثة رقم 1، عمان.
9. وزارة المياه والري الأردنية (2021)، الاحواض المائية في المملكة الأردنية الهاشمية، قسم دراسات المياه السطحية والجوفية، نشرات مهنية رقم 4، 5، عمان.
10. العمري نائله (1989) تقييم الموارد الطبيعية في منطقة الفاصل المائي بين نهر اليرموك ووادي العرب، رسالة ماجستير غير منشوره، الجامعة الأردنية، عمان-الأردن

ISSN: 2706-6495

11. إبراهيم صفاء (1989) الجفاف في منطقة اربد– دراسة مناخية، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان – الأردن
12. علاونة خالد (2007) استعمالات الاراضي وقيمها في مدينة اربد في النصف الثاني من القرن العشرين. رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان – الأردن.
13. غرايبة سيرين (2010). جيومورفولوجية المنعطفات النهرية المعمقة في الجزء الادنى من مجرى وادي الشلالة. رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان –الأردن.

قائمة المراجع باللغة الانجليزية

1. E.P.A.U.S (2020) Standardized System For Evaluating Groundwater Pollution, Using Hydrogeological Setting Via (DRASTIC), Vol I, Guidance Document, USGS, W.D.C. Vol I Rev Pa 17-59
2. A.J.O.E.S. (2009) Climate Change In Jordan. American Journal of Environmental Sciences (5). Pa 58- 69.
3. ACSAD, BGR. (2003) Technical Cooperation Management Protection and Sustainableyse Of Groundwater And Soil Resources In The Arab Region Volume 5
4. BGR,(2019). Ground Water Resources and Hydrogeology, Northern Jordan, Vol 4. Pa 80-115
5. Chow, V, (1964) Handbook of Applied Hydrology, New York. VI. Pa 50-65.
6. ESCWA. (2021) Water Development and Groundwater Balance of Jordan. Report 1 Vulnerability Of The Region To Socio-Economic Drought, New York Pa 129-142
7. J.V.A. (2019) Water Supply And Demand Development And BGR, Phase III Amman, Jordan.Pa 14-26
8. R.G.C (2021) ROYAL Geographic Center, H.K. O.J, Corin Land Cover System Spot 5tm, Satellite Image, 60cm Re.
9. Land 5tm SPOT.(2003) , (Non R.J.C Corin Land Cover System
10. Ministry of Agriculture (2020),USA yearly report pa 119-122
11. Rebhieh, S. (2003) The historical evolution of the water resources development in the Jordan River basin in Jordan , Royal Institute,Of Technology ،SE. Pa-45-101 ،JRBJ
12. Rimawi, O.(2019) Hydrochemistry And Isotope Hydrology of The Groundwater And Surface Water In N- E Of Mafraq, Dhuleil, Halabat, Azraq Basin, Phd Thesis, Techn University, Munich, Berlin. Pa 90-110

ISSN: 2706-6495

13. Saad, A. (2009) Rinfall Intensity In Jordan, Professional Paper No (3), Ministry Of Water And Irrigation (MWI), Open Files From 1963 – 2007. Amman Jordan Pa 30-38.
14. Saffarini, G. Rakad,A. Alaeddin, B. (2008) Geostatiscal Analysis Of Spatiotemporal Variability Of Grounwater Level Fluctuations In Amman-Zarqa Basin, Pa 530-534.
15. G.; Khaled H.; Sadaqah. R.; El-Hiyari M.; and Kaddoumi ،F. (Eds.) (1990) Geology of Jordan and adjacent areas. Special publication No. 3 of the Jordanian Geologists Association ،473 pp. University of Jordan, Amman.
16. WHO (2020) World Health Organization, International Standards for Drinking Water, Geneva.
17. Hamid Souha (2004) Hydrological and Hydro- chemical Study of Wadi El – Arab Catchment Aea / Yarmouk Basin. M.S Thesis, University of Jordan, Amman – Jordan

جميع الحقوق محفوظة © 2023، الدكتور/ أسامة عبد الله زعارير، المجلة الأكاديمية للأبحاث والنشر العلمي
(CC BY NC)
Doi: https://doi.org/10.52132/Ajrsp/v4.46.13