

تقدير درجات الإذابة الكارستية لمياه الينابيع في محافظة عجلون

علي أحمد العنانزة¹، محمد عثمان قوقزه²

ملخص

تناولت الدراسة تقدير درجات الإذابة الكارستية لمياه الينابيع في محافظة عجلون بهدف إظهار دور الخصائص الطبيعية للمنطقة في نشأة وتطور الظواهر الكارستية، وتصنيف درجة الإذابة الكارستية. ولتحقيق أهداف الدراسة فقد استندت الدراسة على مناهج البحث العلمي الشاملة، وتوصلت الدراسة إلى دور الخصائص الطبيعية المتمثلة بنوعية الصخور الجيرية الضعيفة التي تمتاز بالشقوق والفواصل الصخرية، إضافة إلى تمتع المنطقة بمعدلات أمطار كبيرة جعلتها البيئة الملائمة لنشوء الظواهر الكارستية، وتوصلت إلى وجود نطاقات كارستية متباينة حيث شكّل نطاق الكارست المعدوم 2.8%، ونطاق الكارست المرتفع 6.9% من مساحة المنطقة، تبعاً لتباين عامل صافي التساقط والمحتوى الكربوناتي، إضافة إلى أنّ متوسط درجة الإذابة الكارستية بلغت 6.68 ملم/1000سنة.

الكلمات الدالة: الخصائص الطبيعية، درجات الإذابة الكارستية، الينابيع المائية، محافظة عجلون.

المقدمة

يعد الكارست من الظواهر الجيومورفولوجية التي تظهر في المناطق الجيرية الرطبة، وهي تنشأ بفعل عمليات التجوية الكيميائية التي تحدث في الصخور الجيرية. وتعد الصخور الجيرية، صخوراً مثالية تتضح فيها هذه الظاهرة بفعل تأثير المياه الجوفية بشكل ملموس سواء أكان هذا التأثير على السطح أو ما تحت السطح، مما ينتج عنه عدد من الأشكال التي ترتبط ارتباطاً وثيقاً بتأثير المياه الجوفية وما يتبع هذا التأثير من عمليات الإذابة وتوسيع الشقوق والفواصل والكسور التي توجد عادة في الصخور الجيرية الضعيفة (سعيد، 2014).

وتعتبر محافظة عجلون البيئة الملائمة لنشوء وتطور الظواهر الكارستية، ويرجع إلى أسباب عدة من أهمها: نوعية صخورها الجيرية الكلسية والدولوميتية، وبنية هذه الصخور التي تمتاز بكثرة الشقوق والفواصل الصخرية وأسطح التطبيق، إضافة إلى تمتع المنطقة بمعدلات أمطار كبيرة والتي تزيد عن 500 ملم سنوياً. وقد ساعدت هذه الظروف إلى نشوء وتطور العديد من الظواهر الكارستية، لعل من أهمها: الحفر البالوعية، والكهوف الكارستية، والأعمدة المسننة (Taslim et al, 2018).

مشكلة البحث وأسئلتها:

تبرز المشكلة البحثية من خلال الإجابة عن الأسئلة الآتية:

1. ما مدى ملائمة الخصائص الطبيعية في نشوء ظاهرة الكارست في المنطقة؟
2. هل الظواهر الكارستية الموجودة في منطقة الدراسة هي ناتج الظروف المناخية الحالية؟
3. ما دور الخصائص الكيميائية لمياه الينابيع في تحديد درجة الإذابة الكارستية في المنطقة؟

أهداف البحث:

يسعى هذا البحث إلى تحقيق الأهداف التالية:

1. تقدير درجة الإذابة الكارستية لمياه الينابيع في محافظة عجلون، وتحديد الزمن الذي نشأت فيه الظواهر الكارستية، ومعرفة فيما إذا تكوّنت في ظروف مناخية سابقة، أم أنها تكوّنت في الظروف المناخية الحالية.
2. التعرف على الخصائص الطبيعية لمحافظة عجلون، وأثرها في انتشار ظاهرة الإذابة الكارستية، ودورها في تفسير ونشأة

¹ أستاذ دكتور في قسم الجغرافيا، كلية الآداب، الجامعة الأردنية. ² طالب دكتوراه، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الأردنية.

تاريخ استلام البحث 2019/7/6، وتاريخ قبوله 2019/10/16

الظواهر الكارستية في المنطقة.

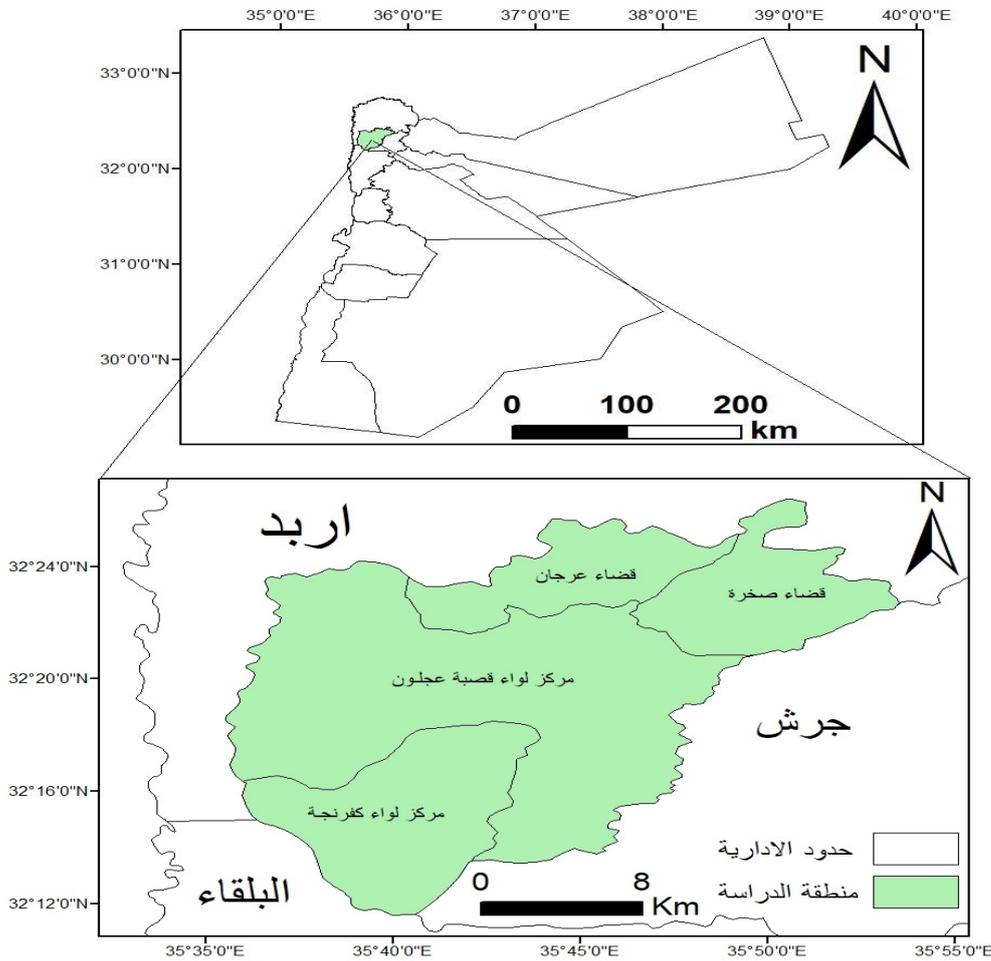
3. تصنيف درجات الإذابة الكارستية لمياه الينابيع في منطقة الدراسة.

أهمية البحث:

تكمن أهمية هذا البحث في كونه يبحث في مجال الجيومورفولوجيا التطبيقية بشكل عام، وظاهرة الكارست بشكل خاص، لذا فقد جاء هذا البحث لتسليط الضوء دور العوامل والعمليات الجيومورفولوجية في تحديد دور نشاط عمليات الإذابة الكارستية من حيث درجة التطور والتعقيد الجيومورفولوجي من جهة، وتباين معدلات الإذابة داخل منطقة الدراسة من جهة أخرى. على دور عملية الإذابة الكارستية في محافظة عجلون.

منطقة الدراسة:

تقع محافظة عجلون في الجزء الشمالي الغربي من الأردن، ويحدها من الشمال والغرب محافظة إربد، ومن الشرق محافظة جرش، ومن الجنوب محافظة البلقاء. وتبلغ مساحة منطقة الدراسة حوالي 419.6 كم²، وتمتد ما بين دائرتي العرض "32°11'29" إلى "32°26'27" شمالاً وبين خطي الطول "35°35'26" إلى "35°53'34" شرقاً، (المركز الملكي الجغرافي، 2019) شكل رقم (1).



شكل (1) موقع منطقه الدراسه.

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على برمجية نظم المعلومات الجغرافية (GIS).

منهجية البحث ومصادر البيانات:

يستند البحث على المنهج الوصفي التحليلي؛ من أجل وصف الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة، كما تم الاستناد على المنهج الاستقرائي لمعرفة دور الخصائص الطبيعية في توفير بيئة مناسبة لنشاط الإذابة الكارستية ونشأة الظواهر الكارستية، فضلاً عن استخدام المنهج الاستنتاجي؛ من أجل الربط المنطقي، ومن ثم التوصل إلى النتائج. واعتمد الباحثان في الدراسة الحالية

على المصادر البيانات والمعلومات التالية:

أولاً الأساليب المستخدمة في البحث

1. تمّ استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لعمل الخرائط الكارتوغرافية الخاصّة بموضوع الدراسة.
2. التحليل الإحصائي (SPSS) وذلك لاستخراج معامل الارتباط، من أجل توضيح العلاقة بين صافي التساقط، والمحتوى الكربوناتي على درجة الإذابة الكارستية في منطقة الدراسة.

ثانياً المصادر الثانوية

تمّ الرجوع إلى الكتب والأبحاث المنشورة وغير المنشورة ذات العلاقة بموضوع الدراسة، والاعتماد على الخرائط والمرئيات الفضائية كما يلي:

1. الخرائط الجيولوجية: لوحة جرش، ودير أبي سعيد، والسלט، بمقياس 1: 50.000 (سلطة المصادر الطبيعية، 1995).
2. نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة تميّزية (30*30 م) من بيانات القمر الصناعي ASTER_N32E035 لسنة 2011، وتغطي منطقة الدراسة (USGS, 2019).
3. مرئيات فضائية للقمر الصناعي Landsat 8 OLI-TIRS لسنة 2018 بقدرة تميّزية 30*30 متراً (USGS, 2019).
4. بيانات مناخية: درجات الحرارة، والرطوبة النسبية، والتبخّر، خلال فترة (1984-2014)، والصادرة عن دائرة الأرصاد الجوية.
5. بيانات الأمطار الصادرة عن وزارة المياه والري للأعوام ما بين 1984-2014.

ثالثاً المصادر الأولية، وتشمل ما يلي:

1. العمل الميداني: وقد تمّ تحديد مواقع ثماني عينات من الينابيع المائية باستخدام جهاز (GPS) لتحديد إحداثياتها.
2. العمل المخبري: تحليل الخصائص الكيميائية للمياه بحيث شمل هذا التحليل على ثماني عينات مائية جُمعت من ينابيع مختلفة في منطقة الدراسة، إضافة إلى جمع عينتين ثلجيتين ومطريتين، وقد شمل هذا التحليل قياس العناصر التالية: تحليل الأيونات الموجبة (TC)، والأيونات السالبة (TA)، ودرجة الحموضة (PH)، وتمّ تحليلها في مختبرات قسم الجيولوجيا في الجامعة الأردنية.

رابعاً المعادلات التجريبية المستخدمة في الدراسة:

1. معادلة (كوربل J. Corbel) لحساب درجة الإذابة الكارستية (سلوم، 2014):

$$V = 4ET / 100$$

حيث أنّ:

V: سرعة الإذابة الكارستية بالملم / 1000 سنة.

E: معدل صافي التساقط السنوي مقدرة بالدمسم / سنة.

T: المتوسط السنوي للمحتوى الكربوني لمياه النبع المدروس مقدر بالملغ/ لتر.

2. معادلة تورك (Turc) لحساب التبخر - النتج الحقيقي (JONES, 1997):

$$Er = P / \sqrt{0.9 + P^2 / L^2}$$

حيث أنّ:

ET = معدل التبخر - النتج الفعلي بالملم / السنة.

P = متوسط التساقط السنوي المقدر بالملم.

L = معامل رياضي يساوي (25T+0.05T³)+300.

حيث: T = متوسط درجة الحرارة السنوي مقدراً بالدرجة المئوية.

3. صافي التساقط:

$$E = P - Er$$

حيث أنّ:

E = متوسط صافي التساقط بالملم / سنة.

P = متوسط التساقط المطري بالملم / سنة.

Er = معدل التبخر / النتج الفعلي ملم / سنة.

الدراسات السابقة:

تناول الباحثان بعض الدراسات التي لها علاقة بموضوع الدراسة، فعلى سبيل الذكر، فقد هدفت دراسة سلوم (2017) بدراستها التحلل الكارستي في منطقة الدالية، وتحديد سرعة التحلل الكارستي في نبع الدالية، وتوصلت إلى أن سرعة التحلل الكارستي بلغت في نبع الدالية 22.96 ملم/1000 سنة، كما وبينت أن هذه سرعة غير كافية لتفسير الأشكال الكارستية الحالية في المنطقة.

تناولت دراسة حليلة (2017) موضوع نشوء الجوبات في قمم السلسلة الساحلية السورية (قرداحة) أنموذج جوبة برغال، وهدفت إلى تقدير سرعة النشاط الكارستي ومدى قابلية الصخور الجيرية لعملية التحلل، واستخدم الباحث المنهج الاستنتاجي لغرض تفسير نشأة وتطور الجوبات في وضعها الحالي، وتوصلت إلى أن سرعة التحلل الكارستي بلغت في نبع جوبة 21.49 ملم/1000 سنة، وبينت أن هذه السرعة غير كافية لنشأة الجوبات في الزمن الحالي، وإنما يعود تكوين هذه الجوبات إلى ظروف مناخية أكثر رطوبة، أدت إلى تحلل الصخور الجيرية بصورة أسرع من الوقت الحالي.

تناولت دراسة الحجازي (2013) أحد منخفضات الإذابة الكارستية جنوب منخفض البحرية: دراسة جيومورفولوجية، حاولت هذه الدراسة الوقوف على أهم العوامل الرئيسية التي ساهمت في نشوء المنخفضات التي تنتشر على سطح الهضبة الجيرية، وقام الباحث بإجراء دراسة حقلية تفصيلية لمنخفض، وتوصلت الدراسة إلى أن نشوء حفر الإذابة يرجع إلى سقوط الأمطار الغزيرة وجريان الغشائي وتسرب الماء عبر الشقوق والفواصل، مما أدى إلى نشاط عملية الإذابة السطحية وتحت السطحية، وتآكل الطبقات الصخرية التي أدت إلى تشكيل منخفضات الإذابة.

وتناولت دراسة سلوم (2014) درجة التحلل الكارستي في حوض نبع السن، وهدفت إلى التعرف على العوامل الطبيعية (الجيولوجية والمناخية)، وأثرها في عملية التحلل الكارستي، وتحديد سرعة الإذابة الكارستية رياضياً لتقدير النشاط الكارستية الحالي في مياه نبع السن، وقد بينت الدراسة أن البنية الجيولوجية والظروف المناخية كان لها الدور الأساسي في عملية الإذابة الكارستية، وكما توصلت إلى أن سرعة الإذابة الكارستية بلغت في نبع السن 13.21 ملم/1000 سنة.

وتطرقت دراسة (Festa, etal, 2011) تطور المجرى الكارستي في منطقة كاثول في جنوب إيطاليا "دراسة حال"، وتطرقت الدراسة إلى خطر المجاري المائية الناتجة عن فعل الإذابة الكارستية وتأثيرها على النشاط البشري، واستخدم الباحث تحليلات جيولوجية مورفولوجية وجيوفيزيائية والتحليل التاريخي للصور الجوية متعددة السنوات، وحددت الدراسة عدة مراحل لتطور المجرى المائي، وأثبتت الحاجة إلى تقييم دقيق للتطور المحتمل لميزات مماثلة في المنطقة.

تناولت دراسة (Ugo, 2012) بدراسة الأشكال الأرضية الكارستية في مناطق المرتفعات ذات الارتفاع المتوسط من حيث الانعكاسات والاتجاهات، وتوصلت إلى أن دراسة الكارست في مثل هذه الارتفاعات بدأت منذ القرن التاسع عشر، وركزت على الأشكال الأرضية الكارستية التي يمكن بحثها من عدة نواحي وخاصة الجيوديناميكية، وتصنيفها إلى مجموعات كجزء من النظام البيئي الأرضي.

دراسة عودة (1985م) جيومورفولوجية منخفضات الإذابة في شمال الأردن، إذ أشارت الدراسة إلى الدور الذي تلعبه عمليات الإذابة في نشأة المنخفضات شمال الأردن، وقام الباحث بالعمل الميداني لمعرفة مدى مساهمة عملية الإذابة في نمو المنخفضات، وتوصلت الدراسة إلى أن نشوء المنخفضات بالمنطقة يرجع إلى قابلية الصخور للإذابة، وتوفر قدر مناسب من الأمطار.

وتختلف هذه الدراسة عن الدراسات السابقة، بأنها تتناول موضوع درجات الإذابة الكارستية في مياه الينابيع في محافظة عجلون، وذلك باحتساب معدل درجة الإذابة الكارستية لمياه الينابيع، استناداً إلى نتائج التحليل المخبري، ومن ثم تصنيف درجات الإذابة الكارستية في المنطقة، وبيان مدى تباينها في منطقة الدراسة بواسطة علاقة الارتباط المتعدد، وتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية (GIS).

الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة:

أولاً: الطبوغرافيا

يمكن تقسيم طبوغرافية المنطقة إلى:

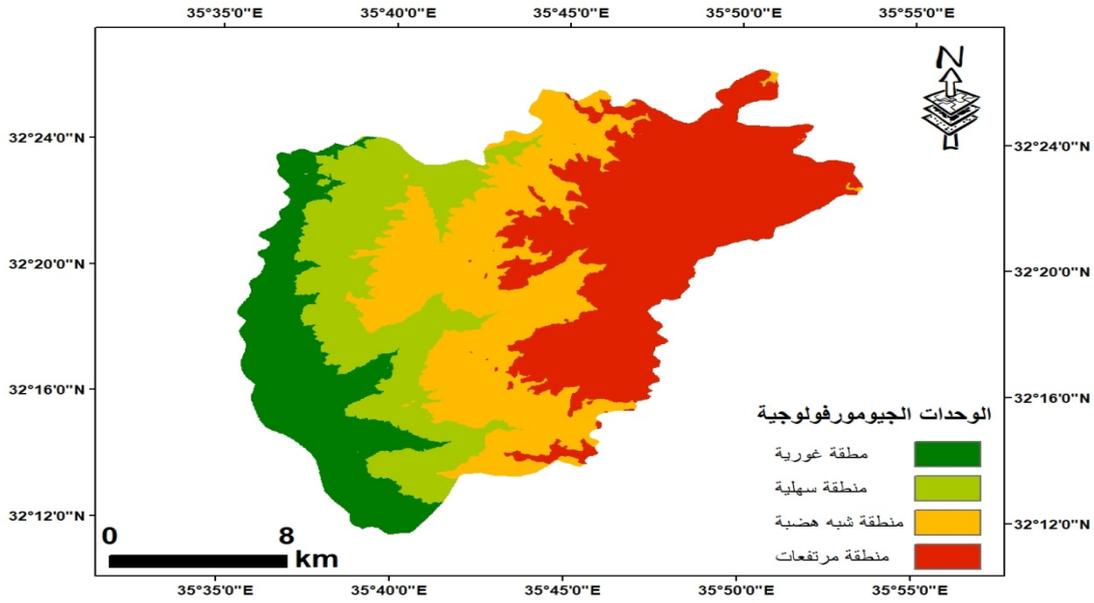
1. أشكال تضاريس السطح: تنتمي منطقة الدراسة إلى جبال الأردن الغربية المحاذية لصدع البحر الميت التحويلي. وتمتد جبال عجلون من نهر اليرموك شمالاً إلى نهر الزرقاء جنوباً، وتضيق المنطقة الجبلية في الجنوب بحيث تكون أقل من 20 كم، بينما تتسع في الشمال في محافظة عجلون بحيث تكون أكبر من 60 كم عند رأس منيف (عابد، 2017)، وتقسم منطقة الدراسة إلى أربع وحدات جيومورفولوجية رئيسية:

أ. المنطقة الغورية: وهي عبارة عن خسف يمتد على شكل شريط طولي ضيق باتجاه شمال - جنوب ويقع غرب منطقة الدراسة، ويتراوح عرضه ما بين 2-4 كم وارتفاعه من (- 236 م إلى - 20 م) تحت سطح البحر، وتشمل الجزء الغربي من منطقة الدراسة (سلطة المصادر الطبيعية، 1995).

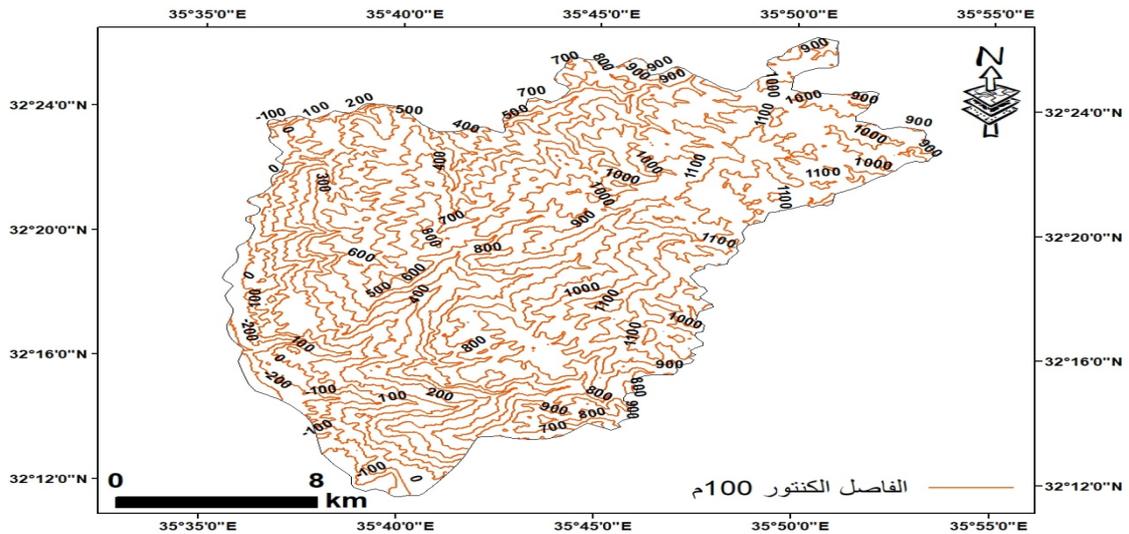
ب. المنطقة السهلية: ويتراوح ارتفاعها بين (- 20 م تحت سطح البحر) إلى 600 م (فوق سطح البحر)، وتقع بين سهول الغور غرباً والمناطق الهضبية، وهي أكثر المناطق تضرراً شكل (2).

ج. منطقة الهضبة: ويتراوح ارتفاعها بين (600 م إلى 1000 م) فوق سطح البحر، وتقع بين المنطقة السهلية والمرتفعات الشمالية من منطقة الدراسة شكل (3).

د. منطقة المرتفعات: ويزيد ارتفاعها عن (1000 م) فوق سطح البحر، وتمثل الأجزاء الشرقية والشمالية الشرقية من منطقة الدراسة، ويمثل جبل أم الدرج أعلى قمة جبلية في منطقة الدراسة حيث يبلغ ارتفاعه (1247 م)، ويليه رأس منيف بارتفاع (1150 م)، وتشكل هذه المرتفعات خطوط تقسيم المياه، وتجري فيها عدة أودية من أهمها وادي كفرنجة، ووادي الرّيان، (سلطة المصادر الطبيعية، 1995).



شكل (2) الوحدات الجيومورفولوجية



شكل (3) خطوط الكنتور لمنطقة الدراسة.

المصدر: عمل الباحثان.

ويتبين من خلال شكل (2+3) أن هناك فرقاً واضحاً في الارتفاع بين أجزاء منطقة الدراسة، وينتج عن هذا الفرق تباين كبير في العناصر المناخية، فمن المعروف أن الارتفاع عن سطح البحر يرافقه انخفاض في درجات الحرارة، وأن الانخفاض عن منسوب سطح البحر ينتج عنه ارتفاعاً في درجة الحرارة، وقد يؤدي هذا التباين في درجات الحرارة بين المناطق المرتفعة والمنخفضة في منطقة الدراسة إلى حدوث التآكل الميكانيكية، وتزايد كميات الأمطار بالارتفاع مما يزيد من نشاط التآكل الكيميائي في المنطقة؛ وهذا ما يتسبب في تباين في معدلات الإذابة الكارستية بين أجزاء منطقة الدراسة مما ينعكس بشكل مباشر على الظواهر الكارستية من حيث نشوئها وتطورها (Watson et al, 2019).

2. درجة انحدار السطح: تلعب درجة انحدار السطح دوراً رئيسياً في تنوع وتفاوت معدلات التآكل بشكل عام والتآكل الكيميائي بشكل خاص، إذ تتفاوت معدلات التآكل الكيميائية من منطقة إلى أخرى حسب درجة الانحدار، لذا فإن معدلات التآكل الكيميائية تتشعب بتزايد درجة انحدار السطح إلى حد معين، وبعدها يقل معدل التسرب على حساب سرعة الجريان، فضلاً على أن نشاط التآكل الكيميائي يتوقف عند السفوح المستوية لركود الماء، وتشبعه بالمواد المعدنية الذائبة من الصخر، وعدم تجده (سلامه، 2013).

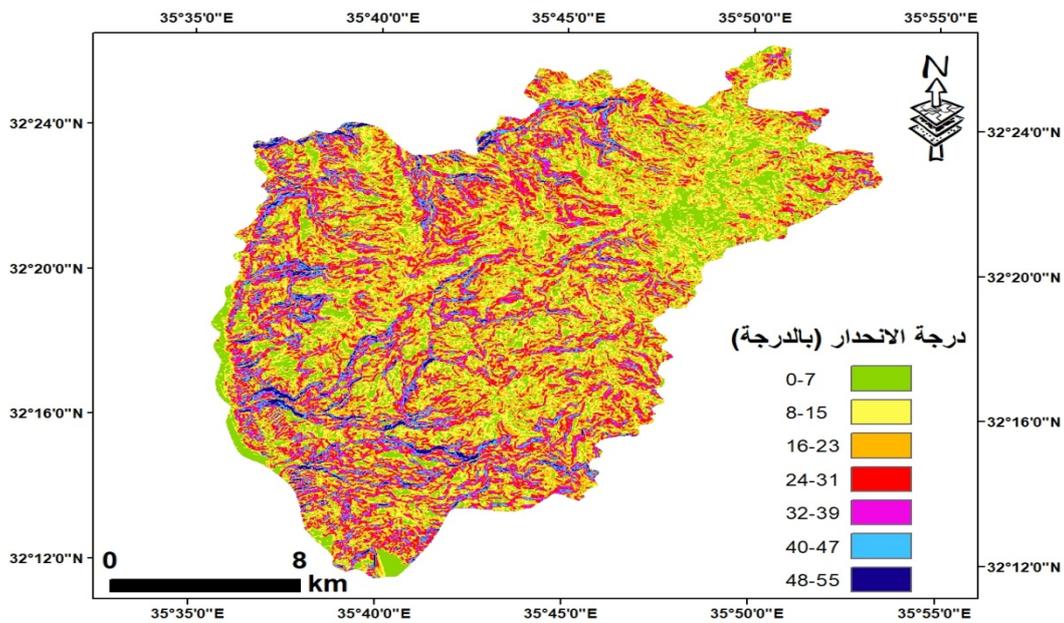
تتباين درجات الانحدار في منطقة الدراسة، وقد تم تصنيفها إلى أربع فئات بالاعتماد على تصنيف (دسوقي، 1987)، لمعرفة ما تشكل هذه المنحدرات من مساحة منطقة الدراسة كما يبين شكل (4)، وتراوحت درجات الانحدار ما بين صفر° - 55°، كما هو واضح في جدول (1)، ويمكن عرضها كما يلي:

أ. مناطق ذات درجات انحدار هينة ما بين (صفر° - 9°)، وتشكل 91.3 كم² بنسبة 21.8% من مساحة منطقة الدراسة، وتمثل الأجزاء الشمالية الشرقية والجنوبية الغربية من منطقة الدراسة، وكما وتظهر على سطح المرتفعات الجبلية شكل (5).

ب. مناطق ذات درجات انحدار متوسطة ما بين (10° - 24°) وتمثل ثلثي مساحة المنحدرات في منطقة الدراسة ويشكل 296.1 كم² أي ما بنسبة 70.5%.

ج. مناطق ذات درجات انحدار شديدة ما بين (25° - 39°) وتغطي 29.7 كم² أي بنسبة 7.1% من مساحة منطقة الدراسة، وتمثل الأجزاء الوسطى من المرتفعات الجبلية.

د. مناطق جرفيه ما بين 40° فأكثر وتشكل نسبة قليلة جداً من مساحة منطقة الدراسة، وتبلغ مساحتها 2.5 كم² أي بنسبة 0.6% من مجمل مساحة منطقة الدراسة، وتمثل في مناطق ما بين الأودية المائية.



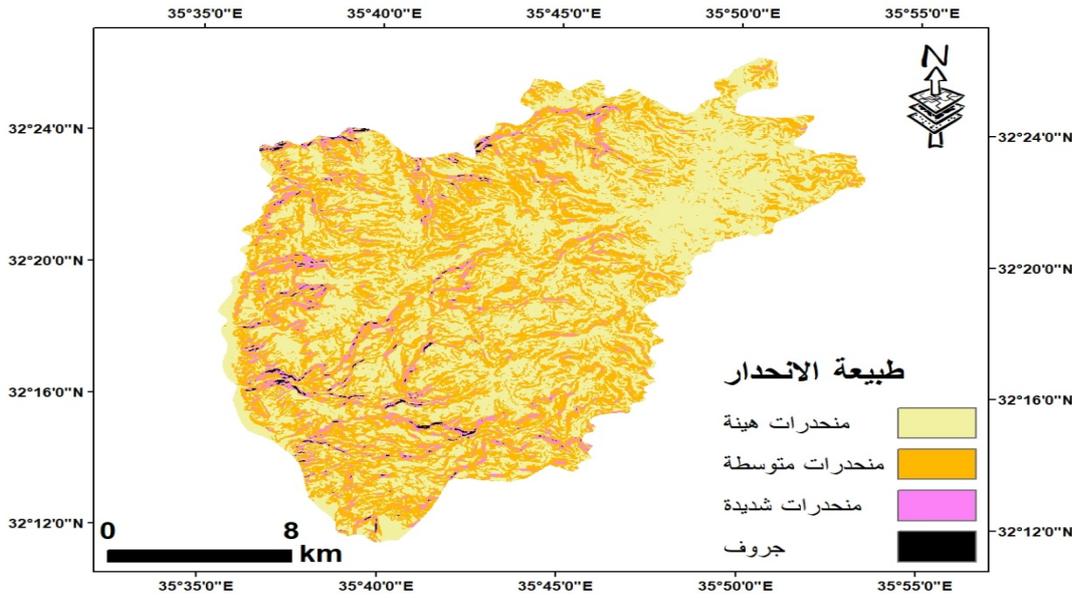
شكل (4) درجة الانحدار في منطقة الدراسة.

المصدر: عمل الباحثان.

جدول (1) طبيعة الانحدار حسب المساحة والنسبة المئوية من منطقة الدراسة

طبيعة الانحدار	فئة الانحدار (بالدرجة)	المساحة كم ²	نسبة المئوية %
منحدرات هينة	صفر - 9	91.3	21.8
منحدرات متوسطة	10 - 24	296.1	70.5
منحدرات شديدة	25 - 39	9.72	7.1
جروف	40 فأكثر	2.5	0.6
المجموع		419.6	100

المصدر: عمل الباحثان



شكل (5) طبيعة الانحدار في منطقة الدراسة.

المصدر: عمل الباحثان.

ونستنتج مما تقدم في شكلين (4 و5) وجدول (1)، أنّ طبيعة انحدار السطح في منطقة الدراسة غالبيتها منحدرات هينة ومتوسطة حيث أنهما يمثلان 92.3% من مساحة منطقة الدراسة، وهو ما يعطي فرصة كبيرة لتسرب المياه في فراغات الصخور الجيرية ونشاط عملية الإذابة، والإذابة السطحية والعميقة، فضلاً عن زيادة سمك قطاع التربة فوق هذه المنحدرات التي يزود الماء بغاز ثاني أكسيد الكربون، مما يزيد من نشاط عمليات الإذابة على عكس أراضي المنحدرات الشديدة والجروف فهي لم تعط فرصة كافية لتسرب المياه عبر الصخور الجيرية، وإذ تضعف عملية الإذابة فوق هذه المنحدرات، هذا إلى جانب قلة سماكة التربة؛ مما يؤدي إلى قلة كمية غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يمتصه الماء، وبالتالي تضعف عملية الإذابة في تلك المناطق، وأنّ التفاوت في نشاط عملية الإذابة الكارستية فوق هذا المنحدرات، يؤدي إلى تباين في توزيع الظواهر الكارستية في منطقة الدراسة.

ثانياً التكوينات الجيولوجية

تغطي منطقة الدراسة العديد من التكوينات الجيولوجية ذات الصفات المختلفة، فمنها ذات نفاذية مرتفعة ومنها متوسطة والآخر كتّمية، وهذه التكوينات تلعب دوراً هاماً في عملية النشاط الكارستية، وذلك عن طريق تسرب مياه الأمطار داخل مناطق الضعف الصخري، مما يؤدي إلى توسع الشقوق والمفاصل الصخرية، وبالتالي تعمل على نشأة الظواهر الكارستية المتنوعة، وتتكشف في منطقة الدراسة التكوينات الجيولوجية التي تتراوح أعمارها ما بين الجوراسي والكريتاسي والرسوبيات الحديثة (سلطة المصادر الطبيعية، 1995) وفيما يلي توضيح لأهم التكوينات الجيولوجية السائدة في منطقة الدراسة:

أ. الجوراسي:

تنتشر التكوينات الجوراسية في مناطق محدودة المساحة من منطقة الدراسة، حيث لا تتجاوز المساحة التي يغطيها 0.4% من

مساحة منطقة الدراسة، شكل (6) ويتكوّن الجزء الاسفل من الدولوميت والحجر الرملي الرقائقي والحجر الجيري المستحاثي المارلي، وأما الجزء الأعلى فيتكون من الحجر الطيني الغريني والصلصالي والمارل والحجر الجيري المستحاثي ذي الحبيبات الناعمة جزئياً، ويحتوي على الدولوميت، وتبلغ سماكته 110م(سلطة المصادر الطبيعية، 1995).

ب. الكريتاسي:

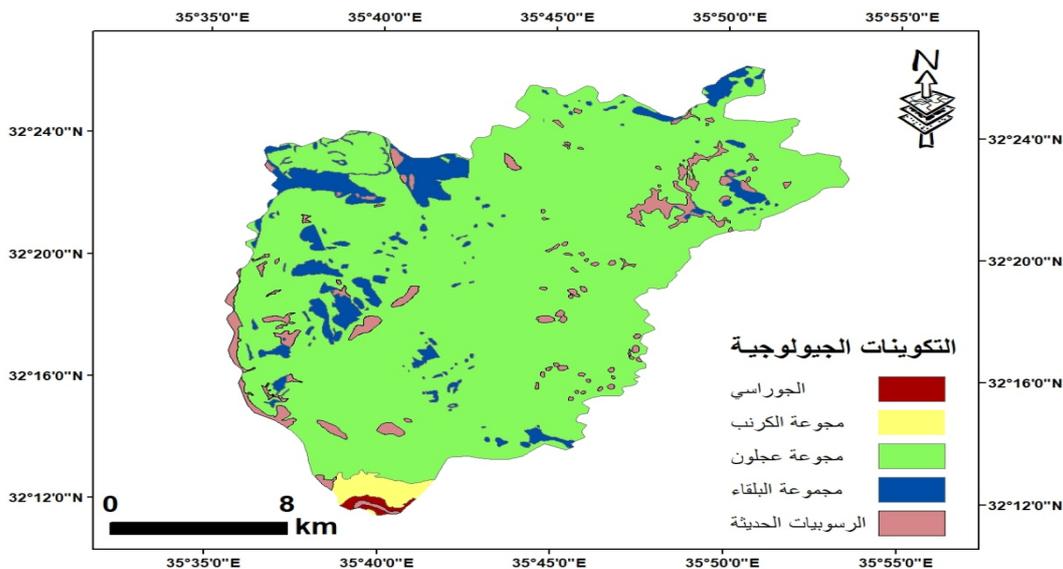
وتغطي صخوره 95.2% من منطقة الدراسة، وتتكشّف هذه التكوينات في أجزاء واسعة من منطقة الدراسة، وتتألف صخوره من الحجر الرملي والجيري والدولوميتي والمارلي والطباشيري، وتعدّ هذه التكوينات بشكل عام من أفضل التكوينات لنشأة وتطور ظواهر الكارست، وينقسم الكريتاسي إلى مجموعة من الوحدات:

1. **مجموعة الكرنب:** يتوضع تكوين الكرنب الرملي فوق تكوين الجوراسي، ويرجع عمر هذه التكوينات إلى العصر الكريتاسي الأسفل، ويتكشف هذا التكوين في الأجزاء الجنوبية من منطقة الدراسة، ويتكوّن من وحدتين صخريتين واضحتين، الوحدة السفلى كربوناتية مكونة من الحجر الرملي الناعم الذي يتعاقب مع المارل والصخور الطينية، والغضار والدولوميت الرملي، ويعلو هذه الوحدة وحدة رملية خالصة مكونة من تراكم رواسب القنوات النهرية، (عابد، 2017).

2. **مجموعة عجلون:** تتوضع تكوينات مجموعة عجلون فوق رسوبيات الكريتاسي الأسفل المتمثلة بالصخور الفتاتية الرملية التي تعرف بمجموعة الكرنب، وتتكشف مجموعة عجلون في مساحات واسعة من منطقة الدراسة، والتي تتكوّن أساساً من الصخور الجيرية والدولوميتية، والمارل، وتعود إلى العصر الكريتاسي الأعلى، وتصل سماكة هذه المجموعة في منطقة الدراسة إلى أكثر من 800 م، وتتكوّن هذه المجموعة من خمس تكوينات صخرية، (عابد، 2017). وتعدّ هذه المجموعة من أكثر التكوينات انتشاراً لظاهرة الكارست نظراً لشدة تأثيرها بعملية الإذابة الكارستية.

3. **مجموعة البلقاء:** تتوضع صخور هذه المجموعة فوق مجموعة عجلون، ويتراوح عمرها ما بين عصري الكريتاسي الأعلى-الثلاثي، وتمتاز هذا المجموعة بوجود أنواع عديدة من الصخور كالحجر الجيري والطباشيري، والمارل، والصوان، والفوسفات، والصخر الزيتي، وتتكوّن هذه المجموعة من ست طبقات صخرية ويبلغ سمكها حوالي 600 م، (عابد، 2017). وتعدّ هذه التكوينات بشكل عام مناسبة لنمو وتطور الظواهر الكارستية، بسبب توفر الشروط الملائمة لترشح المياه إلى باطن الأرض.

ج. **الرسوبيات الحديثة:** تغطي هذه الرسوبيات مساحات صغيرة حيث لا تتجاوز عن 4.4% من مساحة منطقة الدراسة، وتشمل على تكوين الحصى البلايستوسيني، ويغطي هذه الحصى حواف مجاري الأودية في الأجزاء الجنوبية الغربية من منطقة الدراسة، والتي يرجع عمرها إلى عصر(البلايستوسين الحديث)، إضافةً إلى تكوين الكالكريت الذي يغطي الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة، وغالباً ما يتكون الكالكريت من مواد جيرية مع صوان (سلطة المصادر الطبيعية، 1995)، وتخلو هذه التكوينات من أي ظواهر كارستية؛ لأنّ تراكيبها وقلة وجود الشقوق والفواصل فيها تحول دون ذلك.



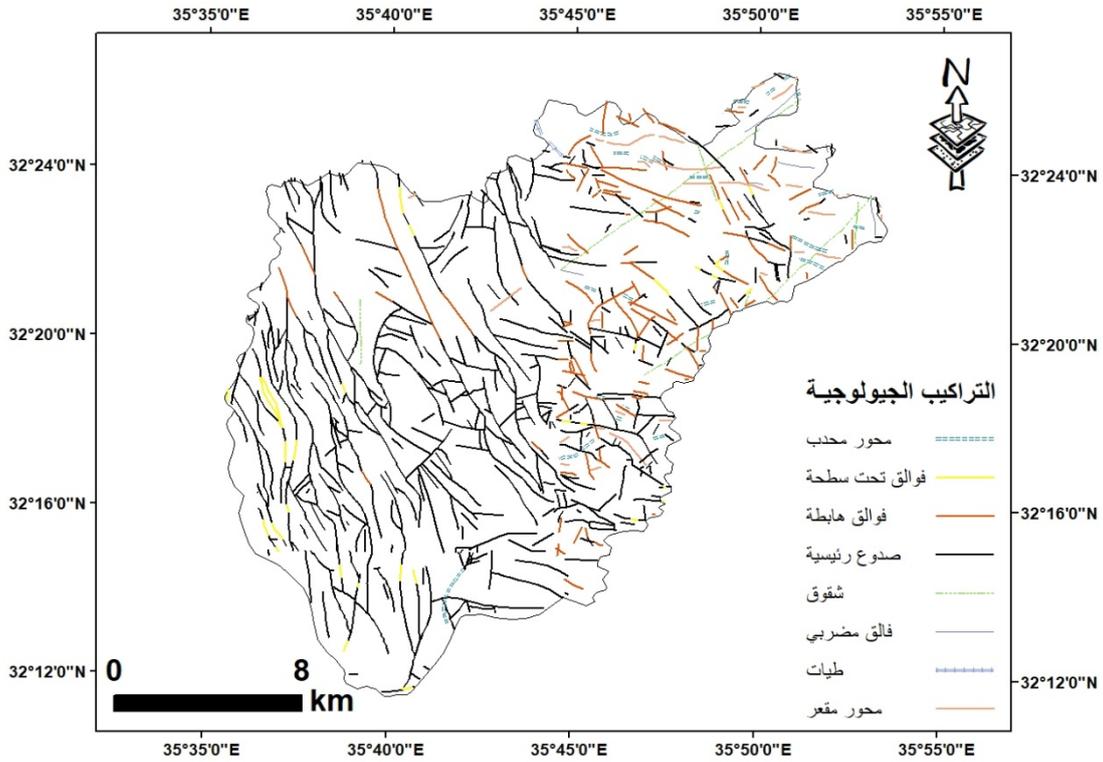
شكل (6) التكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة.

المصدر: عمل الباحثان.

ثالثاً التراكم الجيولوجية:

تتميز التراكم الجيولوجية في منطقة الدراسة بشكل عام بوجود نظام فولق رئيسية باتجاه شرق - غرب، مع وجود أنظمة أخرى أقل أهمية باتجاهات مختلفة، فمنها ما يأخذ اتجاه شمال شرق وبعض الآخر شمال شرق، وشمال غرب، ويرجع عمر نشأتها إلى العمر الثلاثي المتأخر تقريباً، وتمت ملاحظة حركة أفقية على بعض الصدوع المتجهة شرق - غرب، بالإضافة لتسجيل انخسافات عمودية على بعض الصدوع الأخرى (سلطة المصادر الطبيعية، 1995).

وتتصف معظم الطيات في منطقة الدراسة بأن شكلها قليل النُحدب وشبه متوازية وتتراوح اتجاهات محاورها من شرق شمال شرق، وشمال شرق إلى غرب شمال غرب، وهناك عدد من الالتواءات التي تصاحب غالباً الصدوع الرئيسية. وتقع قمة التركيب الإقليمي والمعروف بقبة عجلون بالقرب من قرية عيين التي تبعد حوالي 10 كم إلى الشمال الشرقي من مدينة عجلون، إذ تتميز المنطقة بوجود جبال عالية يقطعها العديد من الصدوع، وتغطس القبة المشار إليها باتجاه الشمال حيث يوجد سهل إربد، وينعكس ذلك بوجود ميل إقليمي للطبقات باتجاه شمال وشمال شرق، وتتحكم شبكة الصدوع في المنطقة بمسار الوديان، إذ أن العديد منها عميقة ولها جوانب سحيقة (سلطة المصادر الطبيعية، 1995). ويوضح شكل (7) التراكم الجيولوجية في منطقة الدراسة.



شكل (7) التراكم الجيولوجية في منطقة الدراسة.

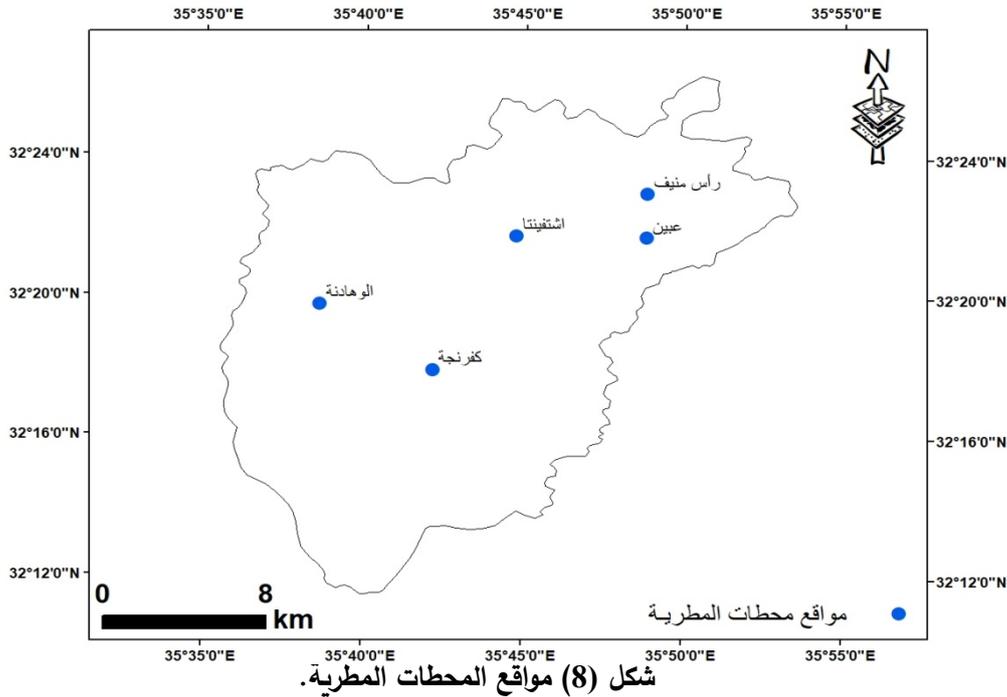
المصدر: عمل الباحثان.

ويُتضح من شكل (7) أن منطقة الدراسة تكثر فيها الصدوع والشقوق، وتعمل هذه الشقوق والصدوع على زيادة سرعة الإذابة الكارستية في المنطقة من خلال زيادة تسرب مياه الأمطار داخل تلك الصخور، الأمر الذي يؤدي إلى نشأة الظواهر الكارستية وتطورها بصورة تدريجية في منطقة الدراسة.

رابعاً: المناخ

يلعب المناخ دوراً هاماً في عملية الإذابة الكارستية، حيث تتزايد معدلات الإذابة الكارستية بارتفاع معدلات التساقط المطري وانخفاض درجة الحرارة. كما أن انخفاض درجة الحرارة يؤدي إلى تناقص معدلات التبخر وزيادة معدلات ذوبان غاز ثاني أكسيد الكربون في ماء المطر من جهة ثانية، وبالتالي تتزايد وتيرة الإذابة الكارستية (سلوم، 2014) وبسبب الامتداد الطبوغرافي لمنطقة الدراسة، فقد اعتمد الباحثان في هذه الدراسة على خمس محطات أمتار وهي: (عيين، رأس منيف، اشتقينا، كفرنجة، الوهادنة)

شكل (8)، ونظراً لعدم توفر البيانات المناخية فقد تمّ الاعتماد على محطة رأس منيف المناخية التي تقيس العناصر المناخية المتمثلة في: (درجة الحرارة العظمى والصغرى، والرطوبة النسبية، والتبخّر) خلال المدة الممتدة من 1984 – 2014.



شكل (8) مواقع المحطات المطرية.

المصدر: عمل الباحثان.

1. الأمطار: تُعدّ الأمطار العامل الرئيسي في نشأة المظاهر الجيومورفولوجية بشكل عام، والظواهر الكارستية بشكل خاص، ويعتمد أثر التساقط في عمليات الإذابة الكارستية على نوعية الصخور المتساقط عليها، ومقدار ديمومته فوقها، وشكل التساقط، ويعدّ الرذاذ أهم أنواع التساقط في عمليات الإذابة الكارستية، ويعود السبب في ذلك أنه يبقى فترات طويلة نسبياً في الجو، هذا ممّا يسمح له بإذابة كميات كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون، إضافة إلى أنه يبقى مدة أطول من الزمن على التماس مع الصخور الجيرية، وبعبارة أخرى تكون مدة التفاعل الكيميائي بين المياه الحامضية والصخور الجيرية طويلة نسبياً، وبهذه الطريقة تنشط فعالية لنشأة الظواهر الكارستية وتطورها (حليمة، 2017).

وتُعدّ منطقة الدراسة من أكثر مناطق الأردن هطولاً للأمطار؛ لارتفاعها عن سطح البحر، ووقوعها ضمن مسار المنخفضات الجوية، ويوضح جدول (2) متوسط الأمطار السنوية في أعلى المحطات أمطاراً وأدناها للأعوام (1984 إلى 2014)، والذي يتراوح ما بين 593 إلى 367.6 ملم سنوياً.

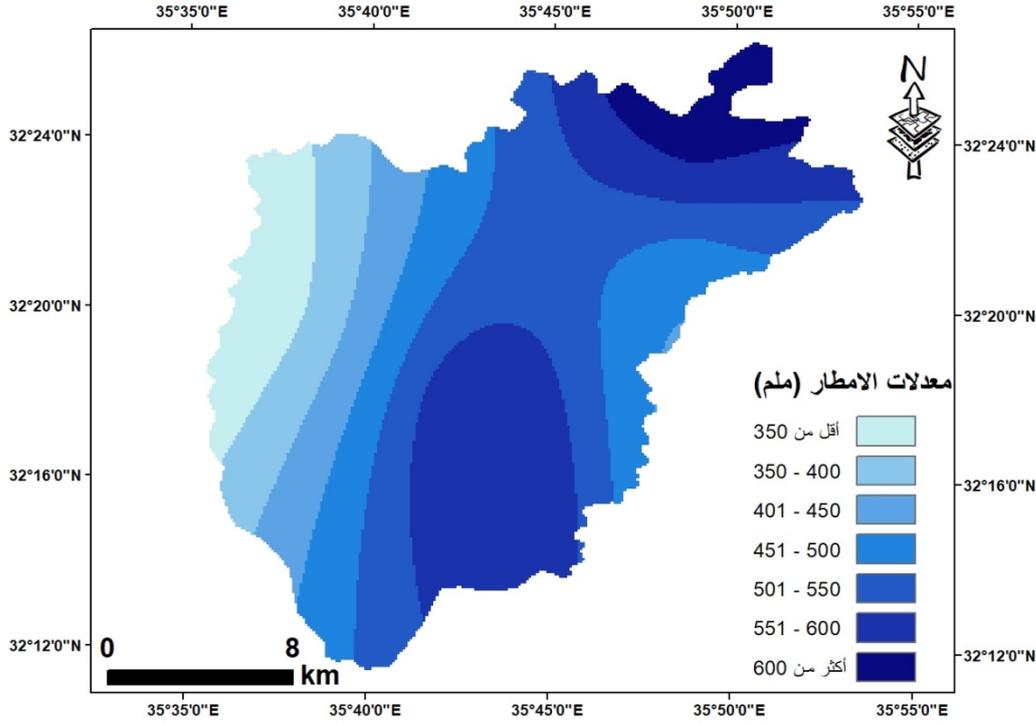
جدول (2) المتوسط السنوي للأمطار (ملم) في محطات منطقة الدراسة ما بين (1984 – 2014)

اسم المحطة	المتوسط السنوي
راس منيف	591.1
اشتقينا	542.6
كفرنجة	593.0
عبين	518.7
الوهادنة	367.6

المصدر: وزارة المياه والري، 2014.

ويتضح من شكل (9) أنّ كميات الأمطار تختلف من مكان لآخر في منطقة الدراسة، الأمر الذي يؤدي إلى اختلاف معدلات الإذابة الكارستية بين تلك المناطق، وللتلوج دور هام في عمليات الإذابة الكارستية من خلال ما يقوم به من حجز كميات كبيرة

من غاز ثاني أكسيد الكربون نتيجة لوجود فراغات بين بلورات الثلج، إضافة إلى أن الثلج له قدرة عالية على إذابة كميات من غاز ثاني أكسيد الكربون، الأمر الذي يزيد من معدلات الإذابة الكارستية في الصخور الجيرية، ويصل متوسط التساقط السنوي للثلوج في منطقة الدراسة إلى 7 أيام في السنة فوق المرتفعات الجبلية (دائرة الأرصاد الجوية، 2014). ولهذا تكون معدلات الإذابة الكارستية في المناطق الجبلية المرتفعة أعلى منها في المناطق المنخفضة من منطقة الدراسة.



شكل (9) معدلات الأمطار في منطقة الدراسة من 1984-2014.

المصدر: عمل الباحثان.

2. **درجة الحرارة:** يتضح من خلال جدول (3) أن المتوسط السنوي لدرجات الحرارة في محطة رأس منيف تصل إلى 14.6م°، ويرجع انخفاض هذا المعدل إلى ارتفاع منسوب المنطقة والذي يصل ارتفاعها إلى أكثر من 1150م فوق سطح البحر، أما أعلى متوسط شهري لدرجة الحرارة في أكثر الشهور حرارة تصل إلى 22.3م° في شهر آب، في حين وصل أدنى متوسط شهري لدرجة الحرارة في أبرد شهور السنة إلى 5.7م° في شهر كانون الثاني، مما يعني أن نشاط عمليات الإذابة الكارستية في فصل الشتاء أكثر منه في فصل الصيف.

وتبين أن كمية غاز ثاني أكسيد الكربون المذاب في الماء يزداد كلما انخفضت درجات حرارة الماء، حيث يسهم هذا الغاز في تحلل الصخور الجيرية الكلسية والدولوميتية المكونة من كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم، وتحولها إلى بيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم بحيث تكون أكثر قابلية للإذابة في الماء، وبالتالي تتزايد عملية الإذابة الكارستية (سلوم، 2014). ووجد أن كمية غاز ثاني أكسيد الكربون المذاب في الماء تكون أكبر بمرتين في درجة حرارة الصفر المئوي منه في درجة حرارة 20م°، وهذا ما يمكن القول إن الظروف الحرارية في منطقة الدراسة تحددت بحسب عامل الارتفاع عن مستوى سطح البحر؛ لهذا فقد تتباين درجات الحرارة بين أجزاء منطقة الدراسة، مما ينتج عنه تباين في معدلات الإذابة الكارستية، مما يسهم في تنوع الظواهر الكارستية في المنطقة.

3. **التبخّر:** يعد التبخّر ذا أهمية كبيرة كباقي العناصر المناخية تأثيراً على نشأة الظواهر الكارستية من خلال معرفة نسبة الفاقد من مياه الأمطار عن طريق التبخّر، وأن الناظر إلى جدول (3) يلاحظ أن منطقة الدراسة تمتاز بمعدلات تبخر منخفضة نتيجة انخفاض معدل درجات الحرارة السنوية، حيث يبلغ المتوسط السنوي للتبخّر في محطة رأس منيف حوالي 123 ملم/سنة، وتحدث أعلى معدلات التبخر في فصل الصيف (تموّز 208ملم) بينما، تنخفض في فصل الشتاء لتصل في شهر كانون الثاني إلى (47 ملم) ، حيث أدى انخفاض معدل درجات الحرارة في منطقة الدراسة بشكل عام إلى انخفاض معدلات التبخر والنتح، الأمر الذي

يؤدي إلى ارتفاع معدلات تسرب الماء إلى الأعماق، وزيادة نشاط عمليات الإذابة الكارستية داخل الشقوق والمفاصل الصخرية.

4. الرطوبة النسبية: يبلغ المتوسط السنوي للرطوبة النسبية في محطة رأس منيف 68.1% مما يدل على ارتفاع الرطوبة النسبية بصفة عامة، وهذا يؤكد أن مناخ منطقة الدراسة شبه رطب، انظر إلى جدول (3)، حيث أن الرطوبة تتباين من فصل لآخر. إذ ترتفع الرطوبة النسبية في فصل الشتاء، بينما تتخفض في فصل الصيف، ويرجع السبب إلى ارتفاع درجات الحرارة، وقلة سقوط الأمطار، ولهذا فقد تميّزت منطقة الدراسة بارتفاع معدل الرطوبة النسبية في معظم أشهر السنة، الأمر الذي يساعد على انخفاض معدلات التبخر، والذي يساهم في زيادة فاعلية الأمطار، مما قد يؤدي إلى نشاط فعال لعمليات الإذابة الكارستية في الصخور الجيرية.

جدول (3) المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة، والتبخر، والرطوبة النسبية في منطقة الدراسة ما بين 1984-2014 (محطة رأس منيف).

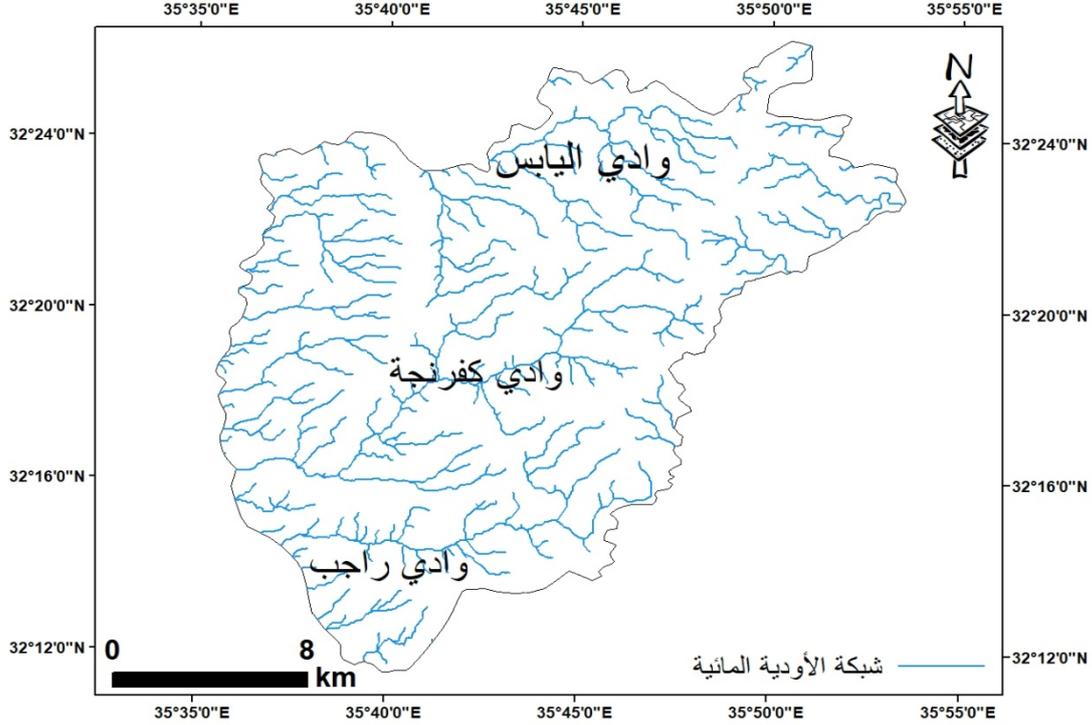
الشهر	درجة الحرارة (°م)	التبخر (مم)	الرطوبة النسبية %
كانون الثاني	5.7	47	77.9
شباط	6.3	52	75
آذار	9.1	95	69.8
نيسان	13.6	128	60.2
أيار	17.6	175	55.7
حزيران	20.2	199	58.6
تموز	22	208	61.8
آب	22.3	173	64.6
أيلول	20.9	148	63.7
تشرين الأول	17.9	120	62.8
تشرين الثاني	12.4	81	68.1
كانون الأول	7.7	61	76.2
المعدل	14.6	123	68.1

المصدر: دائرة الأرصاد الجوية، 2014.

خامساً: الهيدرولوجيا

تعدّ منطقة الدراسة من أكثر مناطق الأردن التي تشهد هطولاً للأمطار في فصل الشتاء، مما ينعكس على الوضع المائي في منطقة الدراسة، وتحتوي على العديد من الأحواض والينابيع المائية، إضافة إلى وجود الكثير من المجاري الفصليّة التي تصبّ في الأودية الرئيسية: (وادي كفرنجة، ووادي اليباس، ووادي راجب) كذلك تحتوي على عدد كبير من الينابيع وعيون الماء من أهمها: عين التيس، وزقيق، وراسون، والبيضاء، والعراق، وأمّ غزلان، وأمّ الجلود، (المومني، 2001)، ويبين شكل (10) الأودية الفصليّة وشبكة التصريف المائي في منطقة الدراسة.

ويرجع غنى منطقة الدراسة بالأودية والينابيع المائية إلى تتابع طبقاتها الجيولوجية بفعل الحركات التكتونية، وقوى الضغط وانهيار بعض الطبقات الصخرية الضعيفة بفعل ألحت الكارستية، مما أدى إلى تكون المقعرات الملائمة لتجمع الماء على شكل ينابيع، وأنّ منطقة الدراسة تُعدّ حاملةً للماء لوجود الطبقات غير المنفذة للماء والمارل، والتي تعلوها طبقات من الحجر الجيري والرمل عالي المسامية (المومني، 2001).



شكل (10) شبكة التصريف المائي للأودية الفصلية في منطقة الدراسة.

المصدر: عمل الباحثان.

للمياه السطحية والجوفية دور رئيسي من الناحية الكيميائية، فعندما يتفاعل الماء الجاري مع معادن الصخور الكربونية يؤدي إلى حدوث نشاط عمليات الإذابة السطحية وتحت سطحية، إذ يؤدي ذلك إلى تشكل الظواهر الكارستية: (كالحفر البالوعية، وأسطح التضرس الجيري، والكهوف الكارستية، والأعمدة المسننة)، (Al-Halboni et al, 2019) كما أن الخصائص الكيميائية للماء تلعب دوراً فعالاً في تحديد سرعة الإذابة الكارستية، فالماء هو العامل الحاسم في تشكيل الظواهر الكارستية، وهو السبب الرئيسي في هذه العملية في منطقة الدراسة، وخاصةً وأن المنطقة تحوي شبكة كثيفة من الأودية المائية، شكل (10).

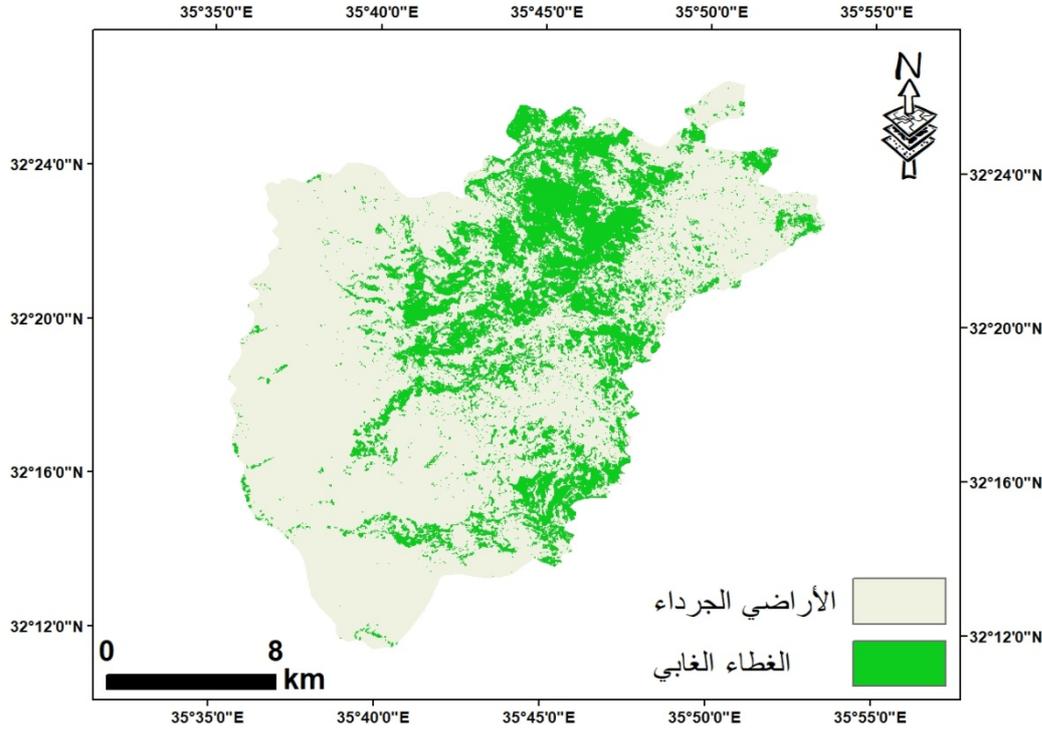
سادساً: الغطاء النباتي

يتباين الغطاء النباتي في منطقة الدراسة من مكان لآخر تبعاً لمجموعة عوامل من أهمها كمية الأمطار والترية والتضاريس، ولذا تمتاز منطقة الدراسة بشكل عام بكثافة غطائها النباتي وخاصة في الأجزاء الشمالية الشرقية والوسطى، وتتكوّن الغابات في منطقة الدراسة من الأشجار دائمة الخضرة: (السنديان، والبلوط، والصنوبر، الحلبي، واللزاب)، والأشجار: البطم، والزعرور، والقيقب، والأشجار المثمرة: (الزيتون، والتين، والعنب، والرمان)، ويوجد أنواع مختلفة من الأعشاب، والبقوليات البرية والنباتات العطرية وغيرها. وتمّ حساب مساحة الغطاء الغابي، باستخدام دليل الاختلاف الخضري (Normalized NDVI) Differences Vegetation Index بالاعتماد على المرئيات الفضائية (Landsat8 OLI-TIRS, 2018)، ويمثّل (NDVI) بين الفرق بين الانعكاسات الطيفية عند الأطوال الموجية تحت الحمراء، والأطوال الموجية الحمراء مقسوماً على مجموعهما، ويأخذ هذا الدليل شكل التالي (Mushin, 2017):

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

حيث أن NIR = الأشعة تحت الحمراء، و Red = الأشعة الحمراء

إذ بلغت مساحة الغطاء الغابي لعام 2018 حوالي 104.03 كم² أي ما نسبته 24.7% من جملة مساحة منطقة شكل (11).



شكل (11) الغطاء الغابي في منطقة الدراسة.

المصدر: عمل الباحثان.

ويتبين من شكل (11) أنّ هناك تبايناً واضحاً في توزيع الغطاء الغابي في منطقة الدراسة، حيث نجد تركزه بشكل كبير في الأجزاء الوسطى والشمالية من منطقة الدراسة، مما قد يؤدي بدوره إلى زيادة معدلات الإذابة الكارستية في تلك المناطق بشكل أسرع مقارنة بالمناطق الجرداء. ويرى الباحثان أن للغطاء النباتي له دوراً هاماً في عمليات الإذابة الكارستية، من خلال رفع نسبة الرطوبة وخفض نسبة التبخر، بالتالي زيادة صافي التساقط، الأمر الذي يزيد من نشاط عملية الإذابة الكارستية، فضلاً عن أنّ النباتات تزود التربة والغطاء الجوي بغاز ثاني أكسيد الكربون، الذي يذوب في ماء المطر مما يرفع وتيرة الإذابة الكارستية.

سابعاً: التربة

تغطي منطقة الدراسة أنواعاً مختلفة من التربة، وذلك لاختلاف الظروف الطبيعية التي أدت إلى تكوينها (المناخ والتضاريس والغطاء النباتي والتكوينات الصخرية)، وفيما يلي توضيح أنواع الترب في منطقة الدراسة:

1. تربة البحر المتوسط الحمراء (Mediterranean Red Soil): وتشتهر هذه التربة بلونها الأحمر لاحتوائها على مادة الدبال بنسبة قليلة، وهي ناتجة عن تحلل الصخور الجيرية، ومن مكوناتها صخور الدولوميت والمارل والصوان ونسبة مرتفعة من الصلصال، وتنتشر في المناطق التي يزيد معدل أمطارها عن 350 ملم، (المومني، 2001) وتقسم إلى نوعين هما:

أ. التربة الضحلة الجافة (Typic Xerochrepts): هي تربة ناعمة تحتوي على كمية قليلة من الحصى، ويصل معدل سمكها نحو 60 سم، وتتألف من طبقتين: الطبقة السطحية العليا منها (0-5 سم)، تربة طينية صفراء رطبة في فصل الشتاء، وجافة في الصيف، وطبقة سفلى تتكوّن من تربة بنية صفراء تختلف عن الطبقة العليا، وتحتوي هذه الطبقة على نسبة من الصوان، بالتالي فقوامها شديد القساوة، (Jordan Ministry of Agriculture, 1994).

ب. التربة الفتاتية الجافة (Lithic Xerochrepts): تنتشر هذه التربة في المرتفعات الجبلية من منطقة الدراسة، وهي تربة حمراء طينية مختلطة، يبلغ سمكها (48 سم) في الطبقة السطحية، ويتراوح سمكها ما بين (0-8 سم) في طبقة السفلية، وهي تربة حمراء قاتمة رطبة في الشتاء، وجافة في الصيف، وتحتوي على الطفل الرملي المختلط مع الصلصال والحجر الجيري، أمّا الطبقة التي تليها فيتراوح عمقها (8-48 سم) وهي تربة حمراء مختلطة مع الغرين والصلصال، (Jordan Ministry of Agriculture, 1994).

2. التربة الكامبية الجافة (Typic Camborthid): تنتشر التربة الكامبية عند سفوح المرتفعات ومصبات الأودية الجانبية (كوادي كفرنجة، ووادي راجب)، تتميز بأنّ قوامها ناعم، وتصل نسبة الطين فيها ما بين (26.2-38.9%)، وهي تربة ضعيفة في

حال جفافها بحيث تصبح قاسية جداً ومتآسكة، (Jordan Ministry of Agriculture, 1994).
ومما سبق شرحه عن أنواع التربة المكونة لمنطقة الدراسة، ونسيج تكوينها، نجد أنّ التربة من أهم العوامل التي تساهم في نشاط عمليات الإذابة الكارستية عن طريق تفاعل غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في التربة مع ماء المطر المتسرب عبر الفراغات الموجودة في التربة.

التحليل والمناقشة:

أجريت تحاليل كيميائية لثمانية عينات مائية مأخوذة من ينابيع مائية من مواقع مختلفة في منطقة الدراسة وذلك بتاريخ 2018/12/14، والتي تمّ تحديد مواقعها باستخدام (GPS) جدول (4)، إضافة إلى جمع عينات مطرية وتلجبية، بقصد التعرف على كيميائية المياه في منطقة الدراسة من أجل حساب درجة الإذابة الكارستية لمياه الينابيع في مناطق الكارستية، وتحديد الزمن التي نشأت فيه الظواهر الكارستية في منطقة الدراسة، وتمّ إجراء التحاليل الكيميائية للعينات المائية في مختبرات الجامعة الأردنية (قسم الجيولوجيا)، ومن ثمّ التحقق من دقة نتائج العينات المائية فيما إذا كانت قريبة من القيمة الحقيقية، والتي تتراوح ما بين (-5 إلى 5%) عن طريق حساب الفرق بين مجموع تركيز الأيونات الموجبة (TC) والسالبة (TA) على المجموع الكلي، والتي تعرف بنسبة الخطأ حيث بلغت نسبة الخطأ في جميع العينات 1.5-1.5%، وهي تعني نسبة جيدة لنتائج تحليل العينات.

جدول (4) احداثيات مواقع العينات المائية المأخوذة من منطقة الدراسة.

احداثيات		اسم العينة
y	x	
32.2335	35.4557	نبع راسون
32.2430	35.4449	نبع البيضاء
32.1751	35.4711	نبع أم الجلود
32.1816	35.4111	نبع العراق
32.2311	35.3820	نبع زقيق
32.2236	35.4130	نبع أم غزلان
32.2045	35.4546	نبع التيس
32.1432	35.4149	شلالات راجب

المصدر: عمل الباحثان.

تقدير درجة الإذابة الكارستية لينابيع المياه المدروسة:

تعتمد درجة الإذابة الكارستية على العلاقات المتبادلة بين العوامل الجيولوجية، والظروف المناخية السائدة المتمثلة: بدرجات الحرارة وكمية الأمطار، إضافة إلى دور الغطاء النباتي، والتربة، حيث تتسارع معدلات الإذابة الكارستية في الصخر، الذي يمتاز بكثرة الشقوق والمفاصل الصخرية، إضافةً، إلى درجة نقاء الصخر، ونظام البلورات الداخلة في تركيبها من جهة، وكما تتسارع درجة الإذابة الكارستية مع انخفاض درجات الحرارة وارتفاع معدلات الأمطار من جهة أخرى، (سلوم، 2014).
وتحسب درجة الإذابة الكارستية التي تعكس مقدار سماكة الصخر الذي يتمّ إزالته بفعل عمليات الإذابة والإذابة الكارستية مقدر بـ 1000م/سنة؛ وذلك من أجل تفسير وجود الظواهر الكارستية في منطقة الدراسة، وقد اعتمد الباحث على علاقة (كوربل) لحساب درجة الإذابة الكارستية في منطقة الدراسة كما يلي:

$$V = 4ET / 100$$

وتبعاً لبيانات الأرصاد الجوية في منطقة الدراسة للفترة المحصورة بين عام 1984 - 2014م فإنّ متوسط درجة الحرارة السنوي يصل إلى 14.6°م في محطة رأس منيف المناخية، ونظراً لعدم توفر البيانات المناخية المتمثلة بدرجات الحرارة في كل من محطات الرصد المطري: (كفرنجة، واشتينا، وعبين، والوهادنة)، فقد اعتمد الباحثان على دراسة شحادة لتقدير درجات الحرارة تبعاً لتباين عامل الارتفاع. حيث أشار شحادة أنّ درجة الحرارة تتناقص بالارتفاع في الأردن بمعدل 0.8°م لكل 100م بمعامل ارتباط يصل

بينهما إلى 0.89 (شهادة، 1991).

وقد تمّ حساب المتوسطات السنوية لدرجات الحرارة في محطات الرصد المطري عن طريق حساب الفرق بين ارتفاع المحطة المناخية لرأس منيف ومحطات وزارة المياه والري، ومن تمّ ضرب فرق الارتفاع ب 0.8 جدول (5) من أجل معرفة معدل التبخر الفعلي الذي يلعب دوراً رئيسياً في درجة الإذابة الكارستية.

جدول (5) المتوسطات السنوية لدرجة الحرارة في منطقة الدراسة

اسم المحطة	الارتفاع المحطة (م)	متوسط دجة الحرارة السنوي (م)
رأس منيف	1150	14.6
عبين	1105	15
اشتقينا	920	16.4
كفرنجة	780	17.5
الوهادنة	590	19.1

المصدر: عمل الباحثان.

واعتقاداً على البيانات المناخية المذكورة جدول (5)، فيمكن حساب معدل التبخر - النتح السنوي الحقيقي وذلك باستخدام معادلة تورك (Turc) التالية:

$$Er = P / \sqrt{0.9 + P^2 / L^2}$$

وبتطبيق المعادلة المذكورة على بيانات محطات الرصد المناخي في منطقة الدراسة نجد أن:

$$L = (0.05 \times 14.6^3) + (14.6 \times 25) + 300 = 826.3$$

$$L^2 = 673395.5$$

$$P^2 = 349399.2$$

$$Er = 591.1 / \sqrt{0.9 + 349399.2 / 673395.5} \rightarrow 591.1 / 1.2$$

$$492.5 = Er \text{ ملم/ سنويا}$$

أما صافي التساقط، الذي يلعب دوراً هاماً في تحديد درجة الإذابة الكارستية، فيتمّ حسابه من خلال المعادلة الآتية:

$$E = P - Er$$

$$98.5 = 492.5 - 591.1 \text{ ملم.}$$

وبتطبيق المعادلة على باقي المحطات يكون معدل صافي التساقط السنوي في منطقة الدراسة كما هو في جدول (6).

جدول (6) المتوسط السنوي للأمطار والتبخر وصافي التساقط (ملم) في منطقة الدراسة.

اسم المحطة	المتوسط السنوي للأمطار (ملم)	معدل التبخر (ملم)	صافي التساقط (ملم)
رأس منيف	591.1	492.5	98.5
عبين	518.7	459	59.6
اشتقينا	542.6	488	54.6
كفرنجة	593	529.4	63.6
الوهادنة	367.7	366.1	1.6

المصدر: عمل الباحثان.

ووفقاً لمعطيات جدول (7) الذي يوضح الخصائص الكيميائية لمياه الينابيع في منطقة الدراسة، تبين أن نسبة تركيز أيونات الكالسيوم في مياه الينابيع تراوحت ما بين 62.1 إلى 101.2 ملغ/ل، في حين وصلت نسبة أيونات المغنيسيوم ما بين 15.2 إلى 42.5 ملغ/ل، وتمّ التركيز على هذين العنصرين لأنهما يدخلان في حساب درجة الإذابة الكارستية.

الأيونات المحللة ملغ / ل								اسم النبع
NO3	SO4	HCO3	CL	K	Na	Mg	Ca	
20.7	11.3	358.1	37.1	0.7	15.2	31.0	89.2	نبع البيضاء
81.3	43.3	284.8	80.3	1.3	43.8	33.3	89.4	نبع العراق
7.8	4.2	264.6	26.7	0.0	9.4	15.2	78.2	نبع أم الجلود
33.7	50.6	296.3	35.9	1.4	31.3	31.6	68.1	نبع زقيق
0.6	89.8	305.1	46.4	1.1	26.0	34.0	84.2	نبع التيس
44.4	22.6	328.7	50.8	1.3	22.0	23.1	101.2	نبع راسون
47.8	37.4	275.7	28.3	0.1	19.7	17.0	92.2	نبع أم غزلان
25.7	12.3	319.9	58.1	1.5	23.8	42.5	62.1	شلالات راجب

المصدر: نتائج تحليل العينات في مختبرات قسم الجيولوجيا في الجامعة الأردنية.

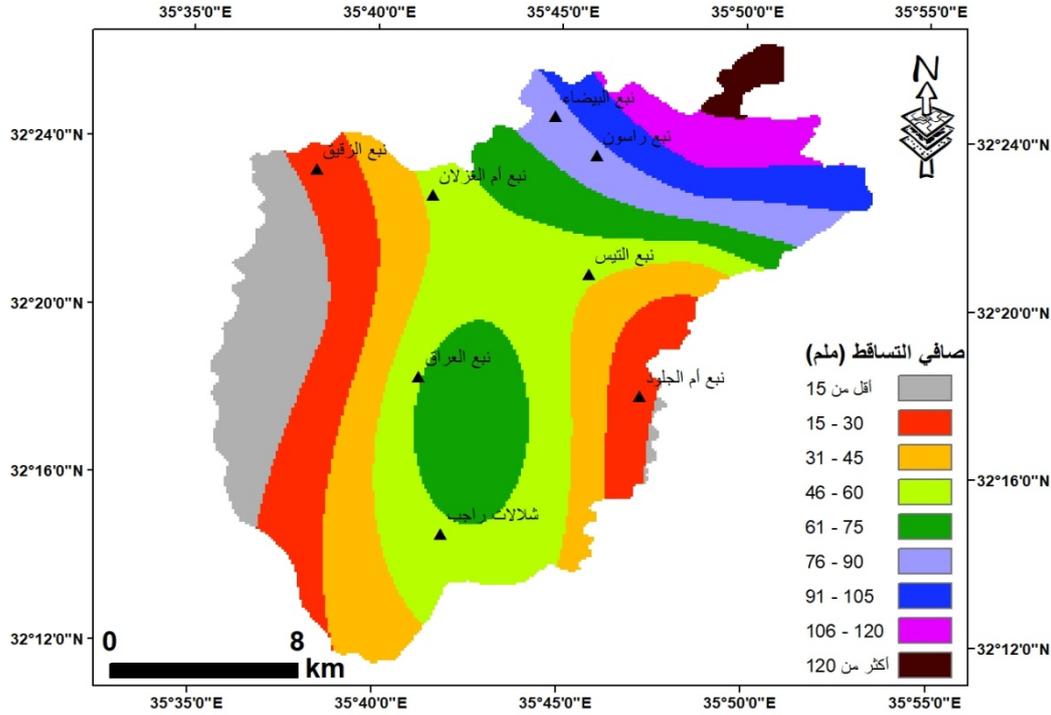
وأما بالنسبة لمحتوى كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم، فيتمّ حسابه من خلال البيانات الموجودة في جدول (7)، وذلك عن طريق تقسيم أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم على الوزن المكافئ لهما إلى ملي مكافئ/ لتر لكل منها، ومن ثم ضرب الوزن المكافئ (كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم) $222.5 = 50 * 20.04 / 89.2$ ملغ/ل من كربونات الكالسيوم، وأما المغنيسيوم $107.1 = 42 * 12.156 / 31$ ملغ /ل من كربونات المغنيسيوم، وبذلك يصل المحتوى الكربوناتي 329.6 ملغ/ل في عين البيضاء، ويتمّ تطبيقه على باقي الينابيع في منطقة الدراسة جدول (8).

جدول (8) المحتوى الكربوناتي لمياه الينابيع في منطقة الدراسة.

اسم النبع	CaCO3 mg/L	MgCO3 mg/L	TH as CaCO3
نبع البيضاء	222.5	107.1	329.6
نبع العراق	223	115.1	338.1
نبع أم الجلود	195	52.5	247.5
نبع زقيق	170	109.2	279.2
نبع التيس	210	117.6	327.6
نبع راسون	252.5	79.8	332.3
نبع أم غزلان	230	58.8	288.8
شلالات راجب	155	147.0	302.0

المصدر: عمل الباحثان.

وقبل حساب درجة الإذابة الكارستية للينابيع المائية في منطقة الدراسة، لابدّ من الإشارة إلى أنّه تمّ عمل استكمال مكاني باستخدام طريقة: (Interpolation, spline)، من أجل معرفة موقع كل نبع مائي بالنسبة لمناطق صافي التساقط، فمثلاً عين البيضاء تقع ضمن نطاق 90 ملم من صافي التساقط شكل (12)، وذلك من أجل حساب دقة درجات الإذابة الكارستية لكل نبع مائي.



شكل (12) مواقع عينات الينابيع المائية بالنسبة لمناطق صافي التساقط في منطقة الدراسة.

المصدر: عمل الباحثان.

وتبعاً للبيانات الواردة في جدول (8)، يمكن حساب درجات الإذابة الكارستية في منطقة الدراسة من خلال تطبيق معادلة كوريل سابقة الذكر على العينات التي أخذت من منطقة الدراسة كما يلي:

$$T = 329.6 \text{ ملغ/ل}$$

$$E = 0.90 \text{ دسم}$$

$$V = 100 / 329.6 \times 0.90 \times 4 = 11.87 \text{ ملم} / 1000 \text{ سنة.}$$

وقد تمّ تطبيق المعادلة الرياضية على باقي الينابيع المائية في منطقة الدراسة، ويوضح جدول (9) درجات الإذابة الكارستية للينابيع المائية في منطقة الدراسة.

جدول (9) درجات الإذابة الكارستية لمياه الينابيع في منطقة الدراسة.

اسم النبع	المحتوى الكربوناتي	صافي التساقط (دسم)	معدل الإذابة (ملم/ 1000 سنة)
نبع البيضاء	329.6	0.90	11.87
نبع العراق	338.1	0.60	8.11
نبع أم الجلود	247.5	0.15	1.49
نبع زقيق	279.2	0.15	1.68
نبع التيس	327.6	0.45	5.90
نبع راسون	332.3	0.90	11.96
نبع أم غزلان	288.8	0.45	5.20
شلالات راجب	302.0	0.60	7.25
المتوسط	305.64	0.53	6.68

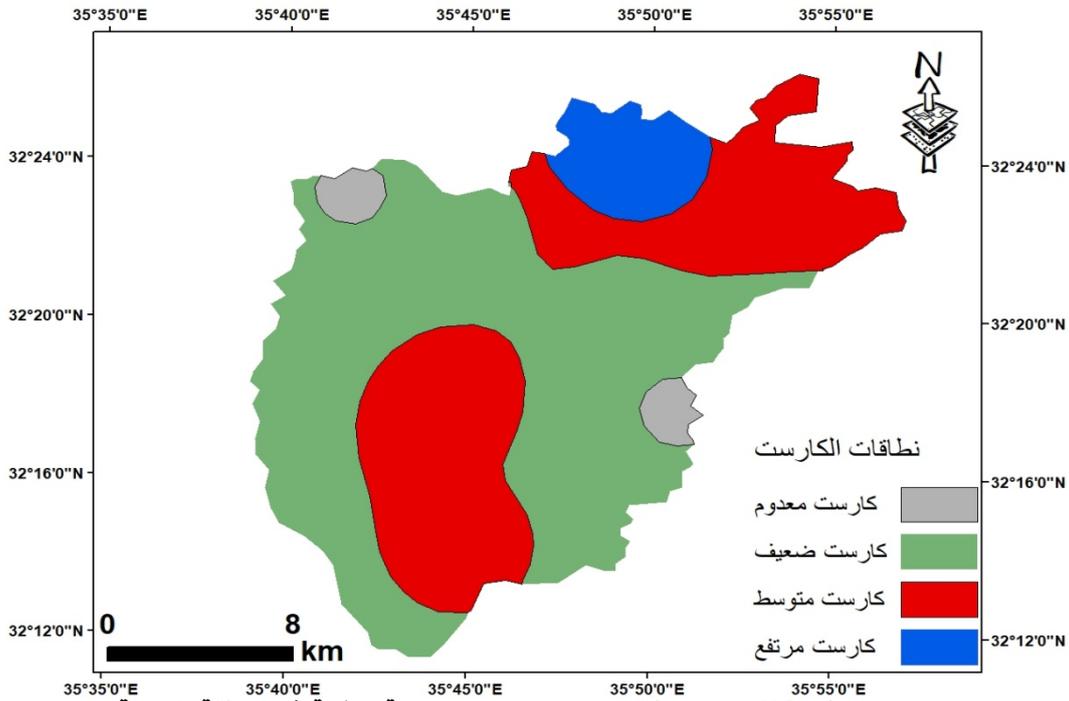
المصدر: عمل الباحثان.

- قام الباحثان بتصنيف درجات الإذابة الكارستية في منطقة الدراسة اعتماداً على درجة الإذابة الكارستية إلى النطاقات الكارستية التالية:
- نطاق كارست معدوم: ويعد أقل الأنطقة الكارستية انتشاراً، ويتواجد على شكل بقع صغيرة من منطقة الدراسة، ويشكل 12 كم² من جملة مساحة منطقة أي ما نسبته 2.8% جدول (10).
 - نطاق كارست ضعيف: ويغطي أكثر 229 كم² من مساحة منطقة الدراسة، إذ يغطي 229 كم² ما نسبته من جملة مساحة منطقة، ويسود في أجزاء مختلفة من منطقة الدراسة شكل (13).
 - نطاق كارست متوسط: ويسود في الأجزاء الوسطى والجنوبية من منطقة، ويشكل 149.7 كم² أي ما نسبته 35.7% من جملة مساحة منطقة الدراسة.
 - نطاق كارست مرتفع: يغطي بمساحة 28.9 كم² أي ما نسبته 6.9%، ويتركز في الجزء الشمالي من منطقة الدراسة.

جدول (10) المساحة والنسبة المئوية لكل النطاقات الكارستية في منطقة الدراسة.

نطاق الكارست	درجة تحلل الكارست (ملم/1000)	المساحة كم ²	النسبة %
معدوم	أقل من 2	12	2.8
ضعيف	2 - 6	229	54.6
متوسط	6 - 9	149.7	35.7
مرتفع	أكثر من 10	28.9	6.9
المجموع		419.6	100

المصدر: عمل الباحثان.



المصدر: عمل الباحثان.

ويتبين من خلال شكل (13) أنّ هناك اختلافاً واضحاً في درجات الإذابة الكارستية في منطقة الدراسة، تبعاً لاختلاف معدلات صافي التساقط والمحتوى الكربوني، كما يلاحظ أنّ هناك امتداداً للنطاق المتوسط في الأجزاء الوسطى والجنوبية من المنطقة، لذا اعتمد الباحثان على الأسلوب الإحصائي المتمثل بمعامل الارتباط لمعرفة طبيعة العلاقة بين المتغيرات، صافي التساقط، والمحتوى الكربوناتي من جهة، والمتغير درجة الإذابة الكارستية من جهة أخرى، ويظهر في جدول (11).

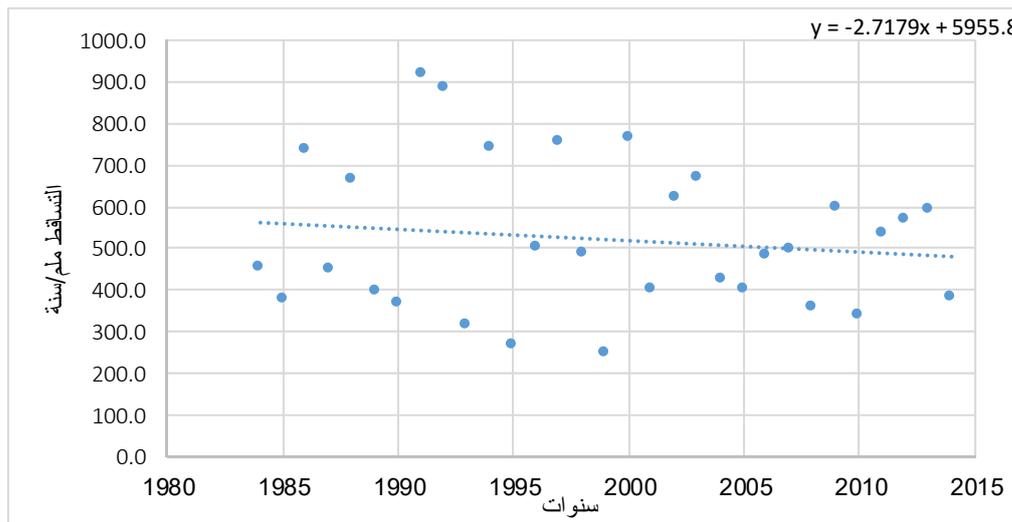
جدول (11) مصفوفة الارتباط لمتغيرات صافي التساقط والمحتوى الكربوناتي

Correlations		
العلاقات الارتباطية	معامل الارتباط	الدلالة الإحصائية
صافي التساقط	0.97	0.001
المحتوى الكربوناتي	0.83	0.002

المصدر: عمل الباحثان.

ويظهر من جدول (11) ارتباط إيجابي قوي بين صافي التساقط، ودرجة الإذابة الكارستية، إذ بلغ معامل الارتباط بينهما 0.97 وبدلالة إحصائية (0.001)، ويعزى ذلك إلى أهمية هذا المتغير في زيادة معدلات الإذابة الكارستية، إذ يساعد في ذلك عدة عوامل منها درجة الانحدار، وسمك التربة، وقدرة الصخر على إنفاذ الماء، وتزداد أهمية هذا المتغير كلما كانت قدرة الصخور قابلة للإذابة، ومما يؤكد على أهمية هذا المتغير في الإذابة أن أعلى معدلات الإذابة كانت في الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة، حيث بلغت درجة الإذابة في نبعي راسون والبيضاء بنحو 11.96 و11.87 ملم/1000 سنة على التوالي. فبينما بلغ معامل الارتباط بين المحتوى الكربوناتي ودرجة الإذابة الكارستية 0.83 وهي علاقة إيجابية وبدلالة إحصائية (0.002)، ويعزو الباحثان دور هذا المتغير في تحديد درجة الإذابة الكارستية، إلى تباين نوعية الصخور من منطقة لأخرى حتى أنها تتباين داخل المتر المربع الواحد (Woodhead et al, 2019)، حيث لاحظ الباحثان أن الأجزاء الشمالية الغربية والشرقية من منطقة الدراسة كانت ذات درجات تحلل كارستية معدومة؛ نظراً لانخفاض المحتوى الكربوناتي فيها، حيث بلغ المحتوى الكربوناتي في نبعي أم الجلود وزقيق بنحو 247.5 و269.2 ملغ/ل بمعدل تحلل 1.49 و1.68 ملغ/1000 سنة على التوالي.

وتعدُّ درجة الإذابة الكارستية التي تمَّ التوصل إليها في هذه الدراسة، والبالغ متوسطها حوالي 6.68 ملم لكل 1000 سنة، ويرى الباحثان أن هذه قيمة لا تشكل سوى النقرات والخدوش الكارستية منذ بداية نشوئها، لذلك فإنَّ الظواهر الكارستية الموجودة حالياً ناتجة عن النشاط الكارستية الفعَّال الذي ساد في ظل ظروف مناخية سابقة امتازت بارتفاع معدلات التساقط، وأدى ذلك إلى إذابة الصخور الجيرية بدرجة أعلى من الزمن الحالي، ومما يؤكد ذلك أن معدلات التساقط المطري في منطقة الدراسة أخذت بالتناقص التدريجي حيث وصل معدل التناقص السنوي في محطات الرصد الخمس إلى 2.719 ملم لكل سنة أي ما يعادل 84.28 ملم خلال الـ 31 سنة الأخيرة شكل (14).



شكل (14) معدلات التساقط المطري في منطقة الدراسة خلال 31 سنة.

المصدر: عمل الباحثان.

ويشير الباحثان إلى أنّ التساقطات الثلجية لها قدرة أكبر على تحلل الصخور من ماء المطر العادي، ويرجع السبب في ذلك إلى أنّ درجة حرارة ماء الثلج المنخفضة تكون قادرة على إذابة كميات كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون، ولهذا فإنّ ماء الثلج يحتوى على نسبة منخفضة من أيونات الهيدروجين (pH)، ولهذا تصبح الصخور الجيرية أكثر قابلية للتحلل عندما تكون هذه النسبة منخفضة، وهذا ما أثبتته الباحثان من خلال عينات الثلج والمطر التي تمّ تحليلها، حيث كانت (pH) في العينتين المطريتين (B2+B1) 7.49-7.66 pH في حين وصلت ما بين 6.75-6.85 pH في العينتين الثلجيتين (C1+C2) كما يوضح جدول (12)، وهذا يعني أنّ الظواهر الكارستية المتطورة في المنطقة قد تعود إلى بداية الزمن الجيولوجي الرابع والذي امتاز بارتفاع معدلات التساقط الثلجي في منطقة الدراسة.

جدول (12) نسبة (Ph) للعينات المطرية والثلجية

رمز العينة	Ph
B1	7.66
B2	7.49
1C	6.85
2C	6.75

المصدر: نتائج تحليل العينات في مختبرات قسم الجيولوجيا في الجامعة الأردنية.

ملخص النتائج

1. تتميّز منطقة الدراسة بالعديد من الخصائص الطبيعية التي تجعلها بيئة مناسبة لنشأة وتطور الظواهر الكارستية المتنوعة، ومن أهم هذه الخصائص التكوينية الجيولوجية متمثلة بالحجر الجيري المتعدّد الطبقات الذي يمتاز بكثرة الشقوق والمفاصل، فضلاً عن تلقي المنطقة كميات كبيرة من الأمطار.
2. توصلت الدراسة إلى أنّ نطاق الكارست بدرجة معدوم وضعيف تشكل ما نسبته 2.8% و 54.6% من منطقة الدراسة على التوالي، في حين شكل نطاق الكارست المتوسط والمرتفع 35.7% و 6.9% على التوالي من جملة مساحة منطقة الدراسة، تبعاً للتباين الواضح في معدلات صافي التساقط، ومحتوى الماء من كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم.
3. أظهرت الدراسة أنّ متوسط درجات الإذابة الكارستية في جميع الينابيع المائية في منطقة الدراسة وصلت إلى 6.68 ملم/1000 سنة، وهي درجة غير كافية لتفسير نشأة الظواهر الكارستية الموجودة حالياً، ممّا يشير أنّ نشأة هذه الظواهر المتطورة في المنطقة، وقد تعود إلى بداية الزمن الجيولوجي الرابع، والذي امتاز بارتفاع معدلات تساقط أكثر من الوقت الحالي، وأكّدت الدراسة وجود تراجع في معدلات الهطول السنوي بمعدل 84.28 ملم خلال الـ 31 سنة الأخيرة في منطقة الدراسة، وانخفاض قيمة (Ph) في العينات الثلجية عنها في العينات المطرية.

التوصيات:

- بناءً على نتائج هذه الدراسة والخبرة التي تولدت لدى الباحثان في منطقة الدراسة، فيوصي الباحثان بما يلي:
1. إجراء دراسات جيولوجية جيومورفولوجية تفصيلية من قبل المعنيين، وذلك لتحديد مناطق التوسع العمراني فوق الطبقات الجيولوجية الضعيفة والأكثر تأثراً بالإذابة الكارستية، نظراً لخطورتها على السكان ونشاطاتهم المتنوعة.
 2. ضرورة المحافظة على الظواهر الكارستية من قبل السلطات المحلية التي قد تشكل معلماً سياحياً طبيعياً مميزاً.
 3. تقديم برامج التوعية للسكان المحليين بشأن الكهوف من أجل إدراك مدى خطورتها عليهم في حال استخدامها مآوى لهم ولمواشيهم.
 4. تنظيم شبكة التصريف المائي في منطقة الدراسة، خاصة في المنطقة العليا منها وبناء العبارات في المناطق السكنية التي يذهب تصريف مياه الأمطار فيها إلى مناطق البالوعات، ومناطق تسرب مياه الأمطار.

المصادر والمراجع

- الحجازي، ج وعاشور، م. (2013) أحد منخفضات الإذابة الكارستية جنوب منخفض البحرية: دراسة جيومورفولوجية. أبحاث فكر والإبداع - مصر، 77، ص 513-523.
- حليمة، ع. وسعيد، و. (2017) نشأة الجويات في قمم السلسلة الساحلية السورية، منطقة القرداحة، أنموذج جوية برغال. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة الآداب والعلوم الإنسانية والاجتماعية، 39 (2)، ص 529-545.
- دائرة الأرصاد الجوية (2014) النشرة السنوية للمعلومات المناخية في الأردن. عمان، الأردن.
- دسوقي، إ. (2017) تحليل المنحدرات الحافة الشمالية الشرقية لجبل عتاقة-مصر: باستخدام نموذج الارتفاعات الرقمي DEM والقياسات الميدانية. رسائل جغرافية - الكويت، 443، ص 3-65.
- سعيد، ع. (2014) العوامل المؤثرة في تشكيل الحفر الكارستية بمنطقة الجبل الأخضر الليبي، المجلة الدولية للبيئة والمياه، 3 (6)، ص 141 - 148.
- سلامة، ح. (2013) أصول الجيومورفولوجيا. ط4 عمان: دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة. ص 128-129.
- سلطة المصادر الطبيعية (1995) الخرائط جيولوجية: جرش ودير أبي سعيد والسلط، رقم خرائط 3154، (1-50000)، عمان، الأردن.
- سلوم، ج. (2014) درجة تحلل الكارستية في حوض نبع السن، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية/ سلسلة الآداب والعلوم الإنسانية والاجتماعية، 39 (1)، ص 95 - 116.
- سلوم، ج. وسعيد، م. (2017) التحلل الكارستي في منطقة الدالية، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية/ سلسلة الآداب والعلوم الإنسانية والاجتماعية، 39 (2)، ص 509 - 527.
- شحادة، ن. (1991) مناخ الأردن، ط1 عمان: دار البشير. ص 54-56.
- عابد، ع. (2017) جيولوجية الأردن وبيئته ومياهه، ط2 عمان: دار وائل للنشر والتوزيع. ص 195 +206-208+230-233.
- عواده، س. (1985) جيومورفولوجية منخفضات الإذابة في شمال الأردن: دراسة تطبيقية لمنطقة جور المجادل، دراسات، الأردن، 12 (7)، ص 65-91.
- المركز الجغرافي الملكي، (2019) خريطة عجلون الإدارية، 1: 50000، عمان، الأردن.
- المومني، م. (2001) استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية في دراسة ظاهرة الزحف السكاني على الغابات: تطبيق على مناطق عجلون، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة آل البيت، المفرق، الأردن.
- وزارة المياه والري (2014)، بيانات غير منشورة، عمان، الأردن.
- Al-Halboni, D., Holohan, E., Taheri, A., Watson, R., Polom, U., Emam, S., and Dahm, T. (2019). Distinct element aeromechanical molding of the formation of sinkhole clusters within large-scale karstic depressions. *Solid Earth*, 10, p 1219-1241
- Festal, V. Fiore, A. Parise, M and Siniscalch, A. (2011), Siniscalchi Sinkhole evolution in the Apulian Karst of Southern Italy: a case study, with some considerations on Sinkhole Hazards. *Journal of Cave and Karst Studies*, 74, (2), p 137-147.
- J.A.A. Jones. (1997) *Global Hydrology: Processes, Resources and Environmental Management*, p 60-62.
- Jordan Ministry of Agriculture, (1994) National Soil Map and Use Project, the Soils Jordan. Amman.
- Muhsin, I. and Mohammed, A. (2017) Assessment of vegetal cover using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and subtractive (NDVI) time-series, Karbala province, Iraq, *Iraqi Journal of Physics*. Volume: 15, No 35, p 133-141.
- Taslim, I., Imran, A., and Sakka F., (2018) Hydrogeological Characteristics of Karst Maros (case study: Saleh Cave), ICESST.
- Ugo, Saur. (2012) landforms of mountainous karst in the middle latitudes: elections, trends and research problems. *acts carpological*, 42, (1), p 5-16.
- Watson, R., Holohan, E., Halbouni, D., Saberi, L., Sawarieh, A., Closson, D., Alrashdan, H., Abou Karaki, N., Siebert, CH., Walter, TH., and Dahm, T. (2019) Sinkholes and uvalas in evaporate karst: spatio-temporal development with links to base-level fall on the eastern shore of the dead sea, *Solid Earth*, 10, p1451-1468.
- Woodhead, J., Sniderman, M., Hellstorm, J., Drysdale, R., Maas, R., White, S., Devine, P., The antiquity of nullarbor speleothems and implications for karst palaeoclimate archives, scientific reports.

ترجمة المراجع العربية إلى اللغة الإنجليزية:

- Hijazi, J and Ashour, M. (2013) One of the Karst depressions south of the marine depression: a geomorphological study. *Research Thought and Creativity - Egypt*, 77, pp. 523 - 513.
- Halima, A. And Said, W. (2017) The Origin of the Sink holes in the Peaks of the Syrian Coast Chain / Qardaha Area / The

- Juba Model of Burgal. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies / Arts, Humanities and Social Sciences Series, 39 (2), pp. 529-545.
- Meteorological Department (2014) Annual Bulletin of Climate Information in Jordan. Amman Jordan.
- Desouki, E. (2017) Analysis of the slopes of the northeastern edge of Mount Ataka-Egypt: using the digital elevation model DEM and field measurements. Geographical Letters - Kuwait, 443, pp. 3 - 65.
- Said, A. (2014) Factors affecting the formation of Sink holes in the Libyan Green Mountain region. International Journal of Environment and Water, 3 (6), pp. 141- 148.
- Salama, h. (2013) Origins of Geomorphology. 4th edition Amman: Dar Al Masirah for Publishing, Distribution and Printing. pp. 128 - 129.
- Natural Resources Authority (1995) Geological Maps: Jerash, Dear Abu Said and Al-Salt, Maps 3154, (1-50000), Amman, Jordan.
- Salloum, J. (2014) Degradation of Karst in the Spring of the AL Seen, Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies / Arts, Humanities and Social Sciences Series, 39 (1), pp. 95 -116.
- Salloum, J. And Said, M. (2017) Karstic Decomposition in the Dalia Region. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies / Arts, Humanities and Social Sciences Series, 39 (2), pp. 509 - 527.
- Abid, A. (2017) Jordan's Geology, Environment and Water. 2nd edition Amman: Dar Wael for publication and distribution. pp. 195 + 206 - 208 + 230 - 233.
- Odeh, S. (1985) Geomorphology of Sink holes in Northern Jordan: An Empirical Study of the Jour Al-Majadel Area. Studies, Jordan, 12 (7), pp. 65 - 91.
- Royal Geographical Center, (2019) Ajloun Administrative Map, 1: 50000, Amman, Jordan.
- Momani, M. (2001) Using Remote Sensing and Geographic Information System (GIS) techniques in the study of the phenomenon of population encroachment on forests: application to Ajloun areas, unpublished Master Thesis, Al-Bayt University, Mafraq, Jordan.
- Ministry of Water and Irrigation (2014), unpublished data, Amman, Jordan.

Determination of Karst Solubility Levels of Spring Water in Ajloun Area

Ali Ahmed Al Ananzeh¹, Mohammad Othman Qoqazeh²

ABSTRACT

The study examines the degree of karst dissolution of spring water in Ajloun Area in order to show the role of the Physical characteristics of the region in the origin and development of karst landform, and the classification of the degree of karst dissolution, to achieve the objectives of the study, the study was based on comprehensive scientific research methods. The study found the role of the Physical characteristics of the quality of weak limestone rocks characterized by cracks and rocks, in addition, the region enjoys high rainfall rates that make it a suitable environment for the emergence of karst landform, It also found different karst bands with a low karst band of 2.8% and a high karst band of 6.9% of the area, depending on the variation of the net precipitation factor and the carbonate content, in addition to the average melting point of the karst reaching 6.68 mm / 1000 years.

Keywords: Physical characteristics, karst solubility degrees, water springs, Ajloun Area.

¹ Professor, School of Arts, The University of Jordan. ²PhD student, School of Arts, The University of Jordan.
Received on 6/7/2019 and Accepted for Publication on 16/10/2019.