الحفر الكارستية دليل على التنمية المستدامة للمياه الجوفية للجزء الشمالي من طية سنجار – شمال العراق

م.م. سندس جمعة حسين علاوي / جامعة كركوك /كلية التربية للعلوم الإنسانية / قسم الجغرافية
أ.م.د. فواز حميد حمو النيش /جامعة الموصل/ كلية التربية للعلوم الإنسانية / قسم الجغرافية

المستخلص

تركز الدراسة على تحديد مظاهر الكارست في سنجار ضمن محافظة نينوى في الجزء الغربي من العراق من خلال دراسة الظاهرات الكارستية والتكوينات الصخرية والتراكيب الجيولوجية وعلاقتها بأنماط توزيع الظواهر الكارستية ،ومكامن المياه الجوفية ولأتمام أهداف الدراسة تم أتباع ، طرق وأساليب عدة ،إذ تم تحديد منطقة الدراسة عن طريق خط تقسيم المياه لطية سنجار للجزء الشمالي منها ، وتم الكشف عن الحفر الكارستية (Quik Bird) بأستخدام المرئية الفضائية بدقة تمييزية واحد متر باستخدام التصنيف الموجه وباستخدام التقانة وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية .

وتوصلت الدراسة الى تأثير الخصائص الطبيعية المتمثلة بصخارية المنطقة وان اغلب تكوينات المنطقة من الصخور الجيرية لعصر المايوسين الأقدم و التي تمتاز بنوع من الشقوق و الفواصل الصخرية ناتجة بفعل عوامل التجوية الفيزيائية والكيميائية التي تؤدي الى الاذابة و التحلل مكونة فجوات و شقوق وتجاويف، فضلا عن تمتع المنطقة بأمطار بمعدلات كبيرة مما جعلها وسطاً ملائماً في تشكيل المظاهر الكارستية السطحية و التحت السطحية وبذلك تكون مكمن للمياه الجوفية، إذ تم الكشف عن (٣٧٩) حفر الاذابة مطورة ،وبلغ عدد حفر الاذابة في طور النمو(٣٥٩) حفرة تم بيان احداثيات كل حفر الاذابة وتسقيطها في خرائط حدود منطقة الدراسة إذ تختلف في خصائصها الشكلية و مساميتها وفقا للتطور الجيومورفولوجي الكارستي، والتي تنشأ في بدايتها بشكل فجوات و فراغات ضمن مناطق الضعف الصخري ،وتتباين في خصائصها الشكلية و الحجمية تبعا للتغيرات المناخية والتكوينات الجيولوجية و اطوار تغذيتها والمرحلة الزمنية التي نشأت وتطورت فيها ،ولما له دور كبير في الهيدرولوجيا الكارستية تكون مكامن للمياه الجوفية ،وتكمن الدراسة بضرورة أستثمار مواقع المظاهر الكارستية كقيمة ثقافية و علمية وسياحية والتنمية المستدامة لها و التنبيه من مخاطرها .

الكلمات المفتاحية

(حفر الإذابة، المظاهر الكارستية ،الكارست، الضعف الجيولوجي) .

Karst craters are evidence of the sustainable development of groundwater in the northern part of the Sinjar anticline - northern Iraq

M.M. Sondos Jumaa Hussein Allawi
Kirkuk University / Department of Geography
College of Education for Human Sciences

Prof. Dr. Fawaz Hamid Hamo Al- Nish
University of Mosul / College of Education for Human Sciences
Department of Geography

Abstract

The study focuses on identifying karst manifestations in Sinjar within Nineveh Governorate in the western part of Iraq through studying karst phenomena, rock formations and geological structures and their relationship to patterns in the distribution of karst phenomena and groundwater reservoirs. To complete the objectives of the study, several means and methods were followed, as an area was identified. The study was carried out through the water dividing line of the Sinjar anticline for its northern part, and karst craters (Quik Bird) were detected using satellite visualization with a discriminatory accuracy of one meter using wave classification and using technology and geographic information systems software.

The study concluded the effect of the natural characteristics represented by the lithology of the region, and that most of the region's formations are made of limestone rocks of the oldest Miocene era, which are characterized by a type of cracks and rock joints resulting from physical and chemical weathering factors that lead to dissolution and decomposition, forming gaps, fissures, and cavities, in addition to the region's enjoyment of With high rates of rain, which made it a suitable medium for the formation of surface and subsurface karst features, thus forming a reservoir for groundwater, as (379) developed melt pits were discovered, and the number of melt pits in the growing phase reached (359) pits. The coordinates of all the melt pits were indicated and projected in Maps of the boundaries of the study area, as they differ in their morphological characteristics and porosity according to the karstic geomorphological development. Which arise at its beginning in the form of gaps and voids within areas of rock weakness, and vary in their formal and size characteristics depending on climate changes, geological formations, the phases of their nutrition, and the time period in that they arose and developed. Due du karst has a major role in hydrology, it forms groundwater reservoirs, and the study lies in the necessity of Investing in karst sites as cultural, scientific and touristic value, developing them sustainably and warning of their dangers.

Keywords

(Dissolution Pits, Karst Features, Karst, Geological Weakness).

مقدمة

تنفرد منطقة الدراسة بظاهرة الانفاق الكارستية ،التي تعد من الظاهرات الجيومورفولوجية النادرة في نينوى وبشكل خاص في منطقة الدراسة، إذ وجد تنوع وتفرد في الاشكال الكارستية كما ظهرت في المرئيات الفضائية ،وبالإمكان ان تكون هذه المناطق ذات خصائص جيولوجية متباينة أي كل منها تقع فوق تكوين جيولوجي مختلف ،حيث تم كشف هذه المواقع و تطوير دراستها بشكل عملي و تفصيلي وتوضيح الممرات وحفر الاذابة المطورة وحفر الاذابة في طور النمو بالاعتماد على المرئية (Quik Bird) بدقة واحد متر عن مستوى سطح الأرض ،والتي أعطت رؤية واضحة المعالم في وجودها كان القصد من استخدامها لابرز اكبر عدد من الاشكال الكارستية لأنها تكون ذات دقة عالية .

ولدراسة الخصائص الطبيعية لأي مكان تكمن بالاعتماد على تقنيات جيوماتيكية ونظام تحديد الموقع العالمي والاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية التي لها دور كبير في التحكم بالبيئة المرصودة حسب الغرض من الدراسة وذلك على مستوى عالٍ من الدقة والسرعة في دراسة وتحليل الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة .

مشكلة الدراسة

١ . تتمثل مشكلة الدراسة في التباين المكاني للمظاهر الكارستية بشكل واسع وقلة الدراسات الجيومورفولوجية بشكل عام والكارست بشكل خاص في منطقة الدراسة .

٢ . التباين في الخصائص الجيولوجية وتأثيرها في اختلاف لخصائص المورفولوجية للأشكال الكارستية.

فرضية الدراسة

تؤثر الخصائص الطبيعية والعوامل والعمليات في نشأة وتطور الاشكال الكارستية وتنوعها وتركزها في مناطق دون أخرى تبعا للتكوينات والتراكيب الجيولوجية .

هدف البحث

١ . دراسة العوامل الطبيعية التي ساعدت في نشوء وتشكيل حفر الاذابة المطورة وفي طور النمو وتكوين الممرات والانفاق الكارستية في الطبقات السطحية وتحت سطحية .

٢ . دراسة التركيب المعدني للخصائص صخور بالاعتماد على الخريطة الجيولوجية في منطقة الدراسة .

منهجية البحث

تم الاعتماد على مناهج متعددة منها المنهج التحليلي إذ يشمل هذا المنهج تحليل الخرائط والصور الجوية والمرئيات الفضائية، فضلا عن المنهج الوصفي لوصف الاشكال الكارستية ومنهج التحليل المكاني الذي يتضمن مطابقة الخرائط بأستخدام أكثر من طبقة للوصول الى نتائج دقيقة لتفسير نشأة وتطور الاشكال الكارستية .

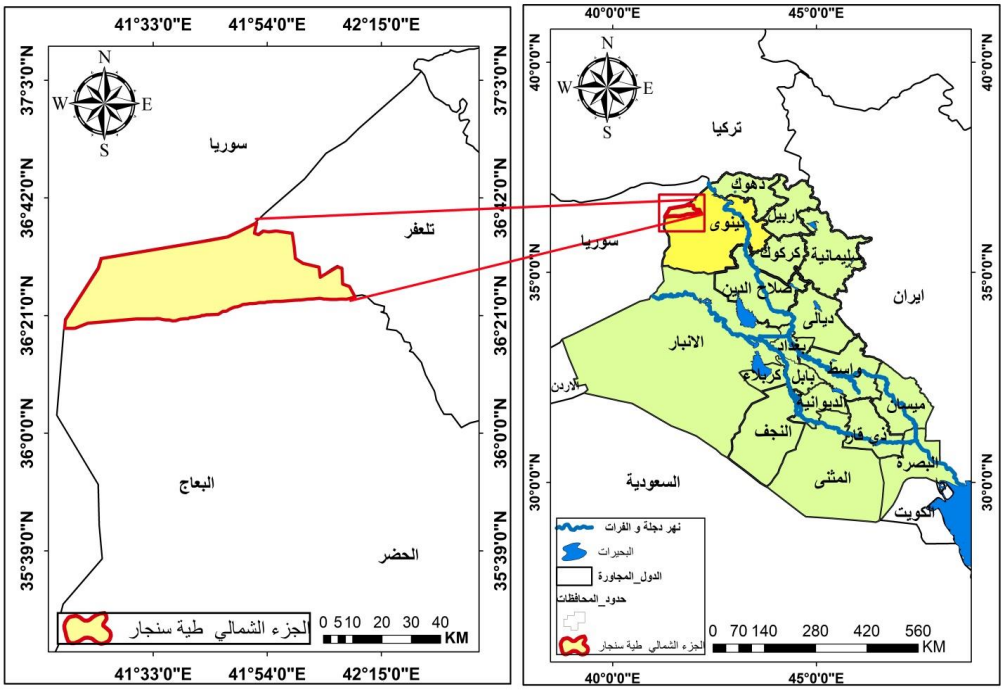
أهمية الدراسة

إن تنوع الخصائص الطبيعية فضلا عن انتشار وتفاقم مشكلة الاذابة وتطور مظاهر الكارست في أجزاء مختلفة ضمن حدود منطقة الدراسة، هذا مبرر كافٍ لدراستها من حيث النشأة والتوزيع المكاني وتحديد حفر الاذابة المطورة وحفر الاذابة في طور النمو بفعل العمليات التحت السطحية المستمرة.

موقع منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي الغربي من العراق والأجزاء الغربية من نينوى، حيث تنحصر فلكيا بين قوسي، طول (41°23'15.724"E – 42°20'33.112"E)وبين دائرتي عرض (36°15'12.968"N- 36° 31'19.22"N) ، تقع على بعد ١٦٣كم عن مدينة الموصل ، وتبلغ مساحتها (١٥٠٦) كم٢ .

خريطة (١)موقع منطقة الدراسة



المصـــــدر: بالاعتمـــــاد علـــــى خريطـــــة العـــــراق الإداريـــــة بمقيـــــاس رسم ١/١٠٠٠٠٠٠، وباستخدام برنامج ARC GIS V.10.8

تكتونية وطباقية منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة ضمن نطاق الرصيف غير المستقر عند الحافة الجنوبية من اقدام الجبال اذ يتميز نطاقها بتنوع الاحواض الرسوبية المتعاقبة (Jassim and Buday ,2006,p158)، مما انعكس على الوضع التكتوني بوجود تنوع في التكوينات الجيولوجية سنوضحها من الاقدم الى الاحدث كما في الخريطة (٢) والجدول (١) .

١ . **تكوين المقدادية** . يتكون من تعاقب صخور الحجر الرملي والحصوي والاطيان ويظهر الحجر الرملي على شكل طبقات فيها تراكيب رسوبية متمثلة بالتطبق المتقاطع فضلاً عن تدرج صخارية التكوين من الأسفل باتجاه الأعلى من غرين واحجام متباينة من الحصى والجلاميد التي تكون ذات أصل قاري(Bellen,1959,p125) يعد من التكوينات واسعة الانتشار في منطقة الدراسة بمساحته البالغة بواقع (٢٧٦,٥٦) كم٢ أي بنسبة (١٨,٣٦)، تكون صخارية هذا التكوين خشنة مقارنة بتكوين الفتحة وانجانة إذ يحتوي على نسبة جيدة من المعادن الطينية .

٢ . **تكوين انجانة** . يعود هذا التكوين الى الزمن الجيولوجي الثالث ،تكون صخاريته من الصخور الفتاتية تتألف من طبقات الحجر الرملي حمراء او بنية اللون وتتخللها طبقات من الحجر الغريني ارجواني اللون ويحتوي على طبقة رقيقة من الصخور الجبسية بسمك(٢٠سم) فقط ،اذ يحتوي على كسور وتطبق من الحجر الطيني متداخل ايضاً مع الحجر الطيني السلتي ويحتوي على طبقات قليلة السمك من الطفل (Buday,1980,45) ، ويكون في تداخل مع طبقات تكوين المقدادية في الأجزء الشمالي وتكوين الفتحة في الجزء الجنوبي ، يعد من التكوينات واسعة الانتشار في منطقة الدراسة بمساحته البالغة بواقع (٣٠٠,٦١) كم٢ أي بنسبة (١٩,٩٥) .

٣ . **تكوين الفتحة** . يرجع عمر هذا التكوين الى عصر المايوسين الاوسط الذي يتكون من تعاقب دورات ترسيبية ،الدورة الكاملة تتكون من حجر الجيري و صخور الجبس و الانهايدرات و الطين و المارل، ان عملية التحول ترافقها حدوث فجوات وتكهفات بفعل الاذابة ،فضلاً عن التباين في احجام صخارية الطبقات في تكوين الفتحة بأجزاءه الأعلى و الأسفل جعلت الطبقات الحاملة على الماء و الخواص الهيدروليكية تتغير بالاتجاهات الافقية و العمودية ،وبذلك تكون مكامن للمياه الجوفية بسبب عمليات تغلغل المياه اثناء مواسم تساقط الامطار و الفيضانات وتطور المسارات و الفجوات بسبب الاذابة السطحية و التحت السطحية ذات نفاذية عالية ،، يعد من اكثر التكاوينات واسعة الانتشار في منطقة الدراسة بمساحته البالغة بواقع(٢٥٣,١٩)كم٢فتحة الأعلى

أي بنسبة(١٦,٨١%) واما تكوين فتحة الأسفل الذي يغطي مساحات واسعة مقارنة بالتكوينات الأخرى قد بلغ بواقع (٣٨٨,١٨) كم٢ أي بنسبة (٢٥,٧٧%) ،أهم ما يميز هذا التكوين نشاط العمليات الجيومرفولوجية من عمليات التجوية و التعرية ولا تزال عمليات الاذابة وتشكيل المظاهر الكارستية بأشكالها كافة من كارست سطحي وتحت سطحي بارزة و واضحة المعالم ضمن حدود منطقة الدراسة .

٤. **تكوين الفرات و السريكاكني** . يعود عمر تكوين الفرات الى المايوسين الأسفل يظهر في الأجزاء الجنوبية الغربية من منطقة الدراسة يتألف من الحجر الجيري والدولمايتي وتتخلله طبقات رقيقة من المارل الرصاصي و الأخضر الفاتح (الجميلي ، ١٩٨٢،ص ٢٥) ،فضلا عن موقعه الطباقي المتداخل مع تكوين السريكاكني الذي يعود الى الزمن الجيولوجي أعلاه ويكون على هيئة شريط طويل ضيق وبذلك يتميز بتنوع الصخارية الذي انعكس على طبوغرافية السطح بوجود العديد من الفواصل و الشقوق التي حددها المسيلات المائية التي رسمتها شبكات التصريف المائية وتقدر مساحته في منطقة الدراسة(٨٠,٤٠) كم٢ أي بنسبة (٥,٣٣)% .

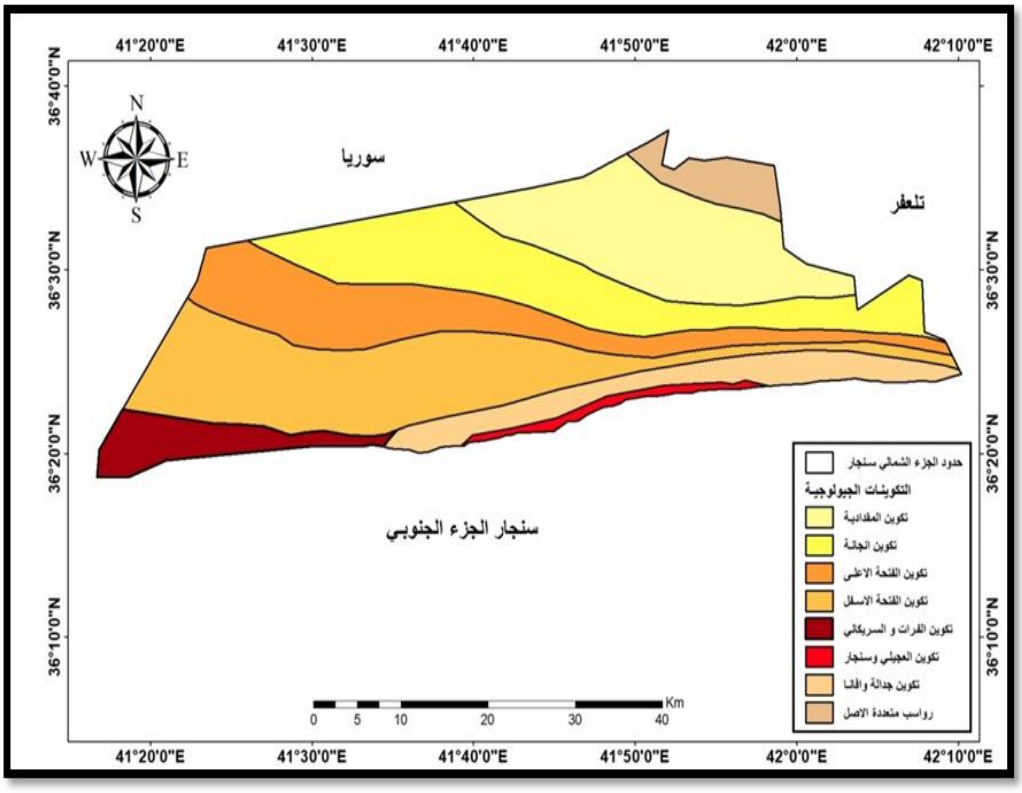
٥. **تكوين العجيلي و سنجار** . ينكشف التكوين العجيلي المتطابق مع تكوين سنجار في الجزء الجنوبي من منطقة الدراسة تحديداً على طية سنجار ،الذي يتألف من تتابع الحجر الجيري و الحجر الجيري المارلي وجبسوم مع طبقة رقيقة من المارل ،الذي يتداخل مع تكوين جدالة و افانا تخللها عدد من الفواصل الافقية و العمودية الحد الفاصل بين الوحدات يكون متموج ،يغطي مساحة(٢٢,٨١) كم٢ أي بنسبة (١,٥١%) ،ابر ما يميز صخارية التكويني بفعاليته للمسيلات المائية ونشاط عملية الاذابة وتشكيل الكارست في مظاهرها المتعددة ضمن حدود منطقة الدراسة .

٦. **تكوين جدالة– افانا** . يعد من التكوينات الزمن الجيولوجي الثالث واكثر الترسبات شيوعا في العراق ،تظهر بهيئة منكشفة على السطح ومقاطع تحت سطحية ،يتكون من تعاقب الصخور الجيرية المدلمتة ومعادة التبلور والدولمايت فضلاً عن موقعه الطباقي المتداخل مع تكوين جدالة وتكوين العجيلي وسنجار واندماجها مع تتابعات تكوين الفرات وقاعدة تكوين السريكاني ،ويتسم ترسبات هذين التكوينين بشيوع المتحجرات الكبيرة والمجهرية فضلاً عن مساميتها ونفاذيتهما العاليتين واختزانها للمياه (Jassim and Buday)

2006,p155, من خلال الشقوق والفواصل تماشيً مع شبكة التصريف المائية المنحدرة من الاتجاه الشمالي من طية سنجار وتغطي مساحة بواقع (١٣٠,٨٢) كم٢ من اجمالي المساحة الكلية لمنطقة الدراسة أي بنسبة(٨,٦٨%) .

٧. **رواسب متعددة الأصل (Jassim and Buday ,2006,p161).** الامتداد العمري لهذه الترسبات يبدأ من عصر البلاستوسين وحتى الهولوسين، تتكون هذه الرواسب نتيجة عمليات التجوية والتعرية المائية والريحية لمعظم التكوينات الموجودة في منطقة الدراسة من (تكوين انجانة والمقدادية والفرات وافانا . . .الخ) إذ تختلف صخاريتها اعتماداً على أصل التكوين التي تمت فيه التجوية .

الخريطة (٢) جيولوجية منطقة الدراسة



المصدر: عمل الباحثة اعتمادا على خريطة العراق الجيولوجية وبأستخدام برنامج ARC GISV.10.8

جدول (١) التكوينات الجيولوجية مساحتها ونسبها في منطقة الدراسة

ت	اسم التكوينات الجيولوجية	خصائص التكوينات والرواسب	الزمن الجيولوجي	المساحة كم٢	النسبة المئوية%
١	تكوين المقدادية	حجر رملي ، حصوي ،حجر غريني ،حجر طيني	الزمن الجيولوجي الثالث	٢٧٦,٥٦	١٨,٣٦
٢	تكوين انجانة	حجر رملي ،حجر غريني ،حجر طيني	الزمن الجيولوجي الثالث	٣٠٠,٦١	١٩,٩٥
٣	تكوين الفتحة الأعلى	الطين الأحمر /جبس ،حجر غرين ،حجر كلسي ،مارل	الزمن الجيولوجي الثالث	٢٥٣,١٩	١٦,٨١
٤	تكوين الفتحة الأسفل	حجر كلسي ،مارل اخضر ،جبس	الزمن الجيولوجي الثالث	٣٨٨,١٨	٢٥,٧٧
٥	تكوين الفرات و السريكاكني	حجر كلسي ،مارل ،دولمايت	الزمن الجيولوجي الثالث	٨٠,٤٠	٥,٣٣
٦	تكوين العجيلي وسنجار	مارل قاعدي ،حجر جيري ،لايمستون	الزمن الجيولوجي الثالث	٢٢,٨١	١,٥١
٧	تكوين جدالة وافانا	مارل قاعدي ،حجر جيري مدملت ،دولمايت ،لايمستون-	الزمن الجيولوجي الثالث	١٣٠,٨٢	٨,٦٨
٨	رواسب متعددة الأصل	حصى ،رمل ، طين ،غرين ، جلاميد	الزمن الجيولوجي الرابع	٥٣,٤٨	٣,٥٥
		المجموع		١٥٠٦	%١٠٠

المصدر: اعتماداً على مخرجات الخريطة الجيولوجية بأستخدام برنامج ARC GIS V.10.8

الظروف المناخية

يعد المناخ من أهم العوامل المؤثرة في تشكيل وتكوين الاشكال الكارستية إذ توفرت الظروف الملائمة فالمناخ القديم والحالي كان السبب الرئيس والمباشر في تكوين حفر الاذابة المتطورة وفي طور النمو في منطقة الدراسة، إذ يكون له دور كبير في تغيير شكل الظاهرات الجيومرفولوجية في الطبقات السطحية وتحت السطحية مكونة الانفاق والممرات والكهوف الكارستية في منطقة الدراسة. ترتكز الدراسة على أربعة عناصر مناخية درجات الحرارة وكمية التساقط وسرعة الرياح والرطوبة النسبية بوصفها عناصر مناخ أساسية تسهم في زيادة نشاط التعرية والتجوية وتحرك المواد التي لها علاقة بموضوع الدراسة، تم الاعتماد على محطة سنجار المناخية من اجل تحديد الوضعية المناخية للمنطقة بعدّها المحطة الواقعة ضمن حدود منطقة الدراسة والتي تمتاز ببياناتها التفصيلية الدقيقة ولفترات زمنية طويلة، وذلك تبعا لسنوات الرصد من سنة (١٩٩٣-٢٠٢٣).

درجة الحرارة

تعد من العناصر المناخية المهمة في نشاط العمليات الجيومورفولوجية التي لها تأثير كبير على الاشكال الأرضية إذ يكون لها دوراً مهماً في عمليات التجوية ولاسيما التجوية الكيميائية والميكانيكية وبذلك تهيئ سطح الحوض لعمليات التعرية والنقل التي تتم على نطاق واسع بعد التساقط المطري وجريان السيول، وتأثيرها بشكل غير مباشر على عناصر المناخ الأخرى (امطار – ضغط جوي – رياح) (مرزانوب، البارودي، ٢٠٠٥، ص ٢٠٢). إذ يتبين من خلال المعطيات المناخية للجدول (١) لدرجة الحرارة.

جدول (١) المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة لمحطة سنجار تبعا لسنوات الرصد (١٩٩٣-٢٠٢٣)

الأشهر	كانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	آيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدل السنوي
درجة الحرارة	7.16	9.1	13.13	17.3	25.15	31.3	٩٩٣٣.	٨٠٣٣.	29.51	23.11	15.16	10.12	20.73

المصدر: جمهورية العراق، وزارة النقل، الهيأة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، سجلات غير منشورة.

إذ يتبين من الجدول (١) ان المعدل المتوسط السنوي لدرجة الحرارة حيث بلغت بواقع (٢٠,٧٣) درجة مئوية، وتأخذ بالانخفاض في شهر كانون الثاني بشكل واضح ويعد من أبرد الشهور في السنة حيث بلغت (٧,١٦) درجة مئوية، واما شهر تموز حيث بلغت درجة الحرارة بواقع (٣٣,٩٩) درجة مئوية يعد من أشد الشهور حرارة .

جدول (٢) المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى لمحطة سنجار تبعا لسنوات الرصد (١٩٩٣–٢٠٢٣)

الأشهر	كانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	آيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدل السنوي
درجة الحرارة العظمى	11.31	13.45	18.11	21.31	28.64	34.98	38.65	37.95	33.56	26.32	19.61	13.54	24.78
درجة الحرارة الصغرى	2.35	4.53	8.33	14.12	20.16	25.16	29.32	29.4	25.33	20.15	12.32	5.61	16.39

المصدر: جمهورية العراق، وزارة النقل، الهيأة العامة للأنواء الجوية و الرصد الزلزالي، قسم المناخ، سجلات غير منشورة .

كما يتبين في الجدول (٢) ان المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة العظمى بشكل واضح تأخذ بالارتفاع خلال شهر آذار، وتبلغ ذروتها في شهر تموز، حيث بلغت أعلى معدلات درجة الحرارة في شهري تموز وآب وبمعدل بلغ (٣٧,٩٥–٣٨,٥٦) بينما سجلت اقل درجة حرارة في شهر كانون الثاني حيث بلغت (١١,٣١) درجة مئوية في منطقة الدراسة ،أما فيما يتعلق بالمعدلات الشهرية لدرجة الحرارة الصغرى فالمعدلات الشهرية لم تقل عن معدل (٢,٣٥) وحيث ترتفع في شهر تموز وتصل الى (٢٩,٣٢)وقد بلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة الصغرى بواقع (١٦,٣٩) درجة مئوية ،ويتبين من ذلك وجود تباين كبير في درجات الحرارة العظمى والصغرى مما يكون له دور كبير في زيادة وحدة العمليات الجيومرفولوجية التي تؤدي الى تسارع التجوية الفيزيائية و الكيميائية وتغير المظاهر الأرضية في منطقة الدراسة .

الامطار

تعد الامطار من أهم العناصر المناخية التي لها تأثير كبير في تشكيل مظاهر سطح الأرض إذ تساعد في تنشيط عمليات التعرية والاذابة، وتظهر علاقة واضحة بين الامطار والصخور الجيرية، فعندما تسقط الامطار

تعمل على اذابة ثاني أوكسيد الكاربون (co2) وينتج عنها حامض الكربونيك الذي يتفاعل مع الصخور الجيرية وتترسب المواد الذائبة في الشقوق والفواصل وتنشأ عنها بعض المظاهر الجيومرفولوجية (الدليمي، ٢٠٠٥، ص ٢٤٧) . كما تتميز المنطقة بفصلية التساقط اذ تتركز خلال فصل الشتاء وتتباين مدة التساقط المطري ضمن فصلين انتقاليين هما الربيع والخريف وتكون بنسبة اقل نسبيا مما هو عليه في فصل الشتاء، وتقع المنطقة ضمن مسارات اعاصير البحر المتوسط الذي يعّد المؤثر الفعلي على مناخ المنطقة إذ تستمد الرطوبة من تلك المنخفضات ولا تستمر على مدار السنة (الجنابي، ٢٠١٠، ص١٢٥) .

تعد المناطق التي تزيد بها كمية الامطار عن (١٠٠٠ملم) بيئة ملائمة لتطور المظاهر الكارستية بدرجة أكبر عن المناطق التي تقل امطارها عن (٥٠٠ملم) ولا يتطور الكارست ضمن المناطق التي تقل فيها نسبة الامطار عن (٢٥٠–٣٠٠ملم) لأن طبيعة صخارية المنطقة تحتوي على صخور كلسية، واما تطور الكارست في الصخور الجبسية فيستجيب لعملية الاذابة والتحلل لأن الامطار أقل (المايل ١٩٩٦، ص٩) .

إذ ان فصلية الامطار خلال فصلي الشتاء والربيع لها دور مهم وبارز في تشكيل مظاهر الكارست وذلك لتوفر ظروف ملائمة لنشاط التجوية الكيميائية من توفر رطوبة مناسبة وفائض مائي في تسارع العمليات الجيومرفولوجية من حيث التحلل والاذابة وتطور الكارست ضمن الطبقات السطحية والتحت السطحية .

جدول (٣) المعدلات الشهرية لكميات التساقط المطري لمحطة سنجار تبعا لسنوات الرصد (١٩٩٣–٢٠٢٣)

الأشهر	كانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	آيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	المجموع السنوي
الامطار	73.22	63.54	59.11	24.65	18.52	1.12	0	0	0.2	15.34	36.14	65.52	357.36

المصدر: جمهورية العراق، وزارة النقل، الهيأة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، سجلات غير منشورة .

وتتباين كمية تساقط الامطار كما مبين في الجدول (٣) اذ بلغ المجموع السنوي للأمطار بواقع (٣٥٧,٣٦ملم) تبعا لسنوات الرصد ١٩٩٣–٢٠٢٣، حيث بلغت اعلى نسبة للتساقط في شهر كانون الثاني بواقع (٧٣,٢٢ ملم)، وأدنى كمية للتساقط المطري في أشهر الربيع والخريف، وتظهر بشكل معدوم خلال أشهر الصيف .

الرياح

تعد الرياح من العناصر الجيومورفولوجية المهمة إذ ان سرعة الرياح تزداد اثناء وقت النهار وخلال فصل الصيف فعندما يبدأ الهواء بالدفء يرتفع الى الأعلى ويزداد صعوده على عكس الليل، وفي فصل الشتاء يبرد ويتضاغط للأسفل فتقل حركته، إذ تعمل الرياح بدورها على تمزيق قطرات المطر ونقلها الى مسافات بعيدة مما يقلل تأثيرها من خلال عملية الاذابة والتحلل (الدليمي ،٢٤٨) .

جدول (٤) المعدلات الشهرية سرعة الرياح لمحطة سنجار تبعا لسنوات الرصد (١٩٩٣-٢٠٢٣)

الأشهر	كانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	آيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدل السنوي
سرعة الرياح	1.15	2.32	2.34	3.11	3.34	3.26	4.12	3.91	3.11	2.12	1.71	1.1	2.63

المصدر: جمهورية العراق، وزارة النقل، الهيأة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، سجلات غير منشورة.

أن سرعة الرياح تختلف من فصل الى اخر كما مبين في الجدول (٤) والشكل (٣) إذ يبلغ المعدل السنوي لسرعة الرياح بواقع ٢,٦٣ م/ثا، وان اعلى معدل بلغ في شهر تموز بواقع ٤,١٢ م/ثا في فصل الصيف، إذ تعد سنجار منطقة مفتوحة ماعدا المناطق المحيطة بالجبال تعد المصد امام الرياح، وإذ تبلغ أدنى معدل لسرعة الرياح في شهر كانون الأول إذ تسود حالة من الاستقرار الجوي.

الرطوبة النسبية

تعد أحد العناصر المناخية المهمة لما لها من دور كبير في تنشيط العمليات الجيومرفولوجية وتكون لها دور كبير في تسارع عملية التجوية الكيمائية في المناطق التي تحتوي على صخور كلسية لارتفاع نسبة كاربونات الكالسيوم التي يظهر تأثيره في عمليات الكربنة والذوبان والصخور الجبسية لارتفاع نسبة كلوريدات الصوديوم في نشاط عملية التميؤ وينتج عنها مظاهر كارستية سطحية وتحت سطحية كحفر الاذابة وتجاويف عميقة في منطقة الدراسة .

جدول (٥) المعدلات الشهرية لرطوبة النسبية لمحطة سنجار تبعا لسنوات الرصد (١٩٩٣-٢٠٢٣)

الأشهر	كانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	آيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدل السنوي
الرطوبة النسبية	٦٦,٢٥	٦٤,٣٨	٨٥,٩٢	٣٥,٠٥	٤٠,٣٥	٢١	١٦,٦٢	١٦,٨٤	١٩,٦٦	٣٢,٦٢	٥١,٦٧	٦٣,٣٢	٤٢

المصدر : جمهورية العراق ،وزارة النقل ، الهيأة العامة للانواء الجوية و الرصد الزلزالي ، قسم المناخ، سجلات غير منشورة.

يتبين من الجدول (٥) والشكل (٤) ان المعدل السنوي للرطوبة النسبية في منطقة الدراسة بلغت بواقع (٤٢%)، إذ ترتفع في الأشهر الشتوية وتصل أقصاه في (كانون الأول، كانون الثاني، شباط) وتكون بنسبة (٦٤,٦) %وتنخفض في الأشهر الربيعية (أذار، نيسان، أيار) تصل بواقع (٥٠,٨) %وتنخفض في الحد الأدنى في الأشهر الصيفية (حزيران، تموز، آب) وتكون بنسبة (١٨,٣) %، وأما في اشهر الخريف (أيلول، تشرين الأول، تشرين الثاني) تبلغ بواقع (٣٤,٦)%.

اشكال المظاهر الكارستية

تتأثر الصخور في قضاء سنجار بفعل عمليات الاذابة سواءً من المياه الجوفية أو من مياه الامطار نتيجة التفاعل الكيميائي الذي يؤثر على الصخور الجيرية بإذابة عنصر كاربونات الكالسيوم وبسبب عمليات الاذابة المستمرة تنشأ المظاهر الكارستية، وحيث توجد العديد من المظاهر الكارستية في الطبقات السطحية والطبقات التحت سطحية المنتشرة بشكل واسع في منطقة الدراسة من (كهوف وبالوعات وحفر الاذابة المتطورة وفي طور النمو والتلال الكارستية فضلا عن الرواسب المرتبطة بعملية الكارست) .

عمليات نشأة حفر الاذابة

تتشكل حفر الاذابة بفعل عمليات التجوية الكيميائية تبعاً لعملية التحلل و الاذابة التي تحدث بشكل مستمر، اذ تظهر طبوغرافية حفر الاذابة السطحية و التحت سطحية في المناطق التي تنشأ من صخور كاربونية مثل (caso4)فضلا عن الانهيدرايت (caso4.2H2o) و الصخور الجبسية (caMg(co3)2)الدولمايت والكلس

و الصخور الملحية الهالايت إذ تتميز جميع تلك الصخور بقدرتها العالية للاذابة و التحلل ولكن بدرجات متباينة و التي تتكون بفعل نوع مخفف من حامض الكاربونيك الأكثر فعالية في الاذابة من الماء النقي .stokes ٢٠٠٣،P373

إذ تظهر عمليات الاذابة بشكل متفاوت تبعا للتكوين المعدني لتلك الصخور ومناطق الضعف الصخري، وبحسب العامل البيئي المؤثر كالانحدارات ونوع التربة فضلا عن الرطوبة تكون عوامل مساعدة في تنشيط العمليات الكارستية .

العوامل المتحكمة في تشكيل المظاهر الكارستية في منطقة الدراسة

١ . **الخصائص الصخرية:** تعد من أكبر العوامل تأثيراً في تشكيل حفر الاذابة، إذ يتحكم كل من نوع الصخر والبنية الجيولوجية من صدوع وفوالق وشقوق وطيات والتي تظهر فيها الفجوات أكثر فعالية لحركة المياه وتطوير عمليات الاذابة .

٢ . **البنية التركيبية:** تتكون الخسفات عند تقاطع الشقوق مما حفز عملية الاذابة ودوران المياه عند السطح وبذلك وصلت الطبقات تحت السطحية الى حد الاشباع من تغلغل المياه عبر الشقوق والفواصل مما ساعد على الانهيار في الأعماق وانهيار جوانب الخسفات للداخل نتيجة تحررها من الاجهاد الواقع عليها من الخطوط التركيبية المحيطة .

٣ . **الوضع الطبوغرافي:** إن عامل الارتفاع والانخفاض ومعدل التقوس يساعد على صرف المياه عن طريق الجريان السطحي مما لا يسمح في إذابة التكوينات الجيرية، كما تتميز السفوح المنحدرة بقلة سمك التربة او انعدامه مما يؤدي الى قلة كمية ثاني أوكسيد الكاربون الذي يمتصه الماء ومما يضعف نشاط عملية الاذابة، واما المناطق السهلية تعطي فرصة أكبر لعملية الاذابة لاستقرار الماء وامتصاصها وسمك التربة الذي يزود الماء بثاني أوكسيد الكاربون مما يكون له دور كبير في تشكيل المظاهر الكارستية (عودة ،١٩٨٤، ص١٤) .

٤ . **الظروف المناخية:** المظاهر الكارستية هي نتاج من تفاعل التكوينات الجيولوجية مع عناصر هيدرولوجية إذ تمثل الوجه الاخر للعناصر المناخية في ظل ظروف المناخ القديم إذ كانت أكثر رطوبة من المناخ الحالي، فكلما تكون كمية التساقط المطري كبير كلما ازدادت نشأة المظاهر الكارستية، يندر وجودها في المناطق الجافة، ويزداد معدل التآكل الصخري بتزايد معدل الامطار تحت ظروف حرارية معينة (عودة ،١٩٨٤، ص١٤) .

٥ . **النظام الهيدرولوجي:** يعتمد على تغيير مناسيب المياه الجوفية تبعا للتراكيب الجيولوجية والتغيرات المناخية واختلاف كميات الامطار بشكل متفاوت من سنة لأخرى، وكمية الامطار المتسربة باتجاه عمودي عبر الشقوق

والفواصل باتجاه الأسفل مما يولد اختلافاً في الضغط الهيدروليكي مما يسمح في نشاط عملية الإذابة والانهيار عند مناطق تغير المنسوب المائي (Alshible ,2019,p9) .

الدورة الجيومورفولوجية لحفر الإذابة

تتباين وتتنوع المظاهر الكارستية سواء من حيث التنوع في الخصائص المناخية أو الخصائص الطبوغرافية فضلا عن التباين في الخصائص الجيولوجية والهيدرولوجية، إذ أدت هذه العوامل الى تعدد المظاهر والأصناف لعمليات الاذابة فقد صنفت بعض حفر الاذابة بحسب مرحلة التطور التي وصلت اليها وتم تصنيفها في بعض الدراسات اعتمادا على الحجم اذ تقسم كما يأتي (الحجازي ،٢٠١٤، ص ٤):

١ . **حفر الاذابة في طور النمو:** وهي المرحلة الأولية للنمو والتطور والتآكل في التراكيب الصخرية وتكون في مرحلة الشباب .

٢ . **حفر الاذابة المتطورة:** ويقصد بها حفر الاذابة التي تمتد عميقا في الطبقات التحت السطحية وتكون في مرحلة النضج إذ تظهر من ضمن هذه المرحلة الممرات والانفاق الكارستية التحت السطحية ويظهر تأثير شبكة التصريف المائية غير المرئية تحت سطح الأرض .

٣ . **حفر الاذابة المكشوفة:** تقع تحديدا تحت غطاء التربة ونواتج التجوية وتكون في مرحلة الشيخوخة .

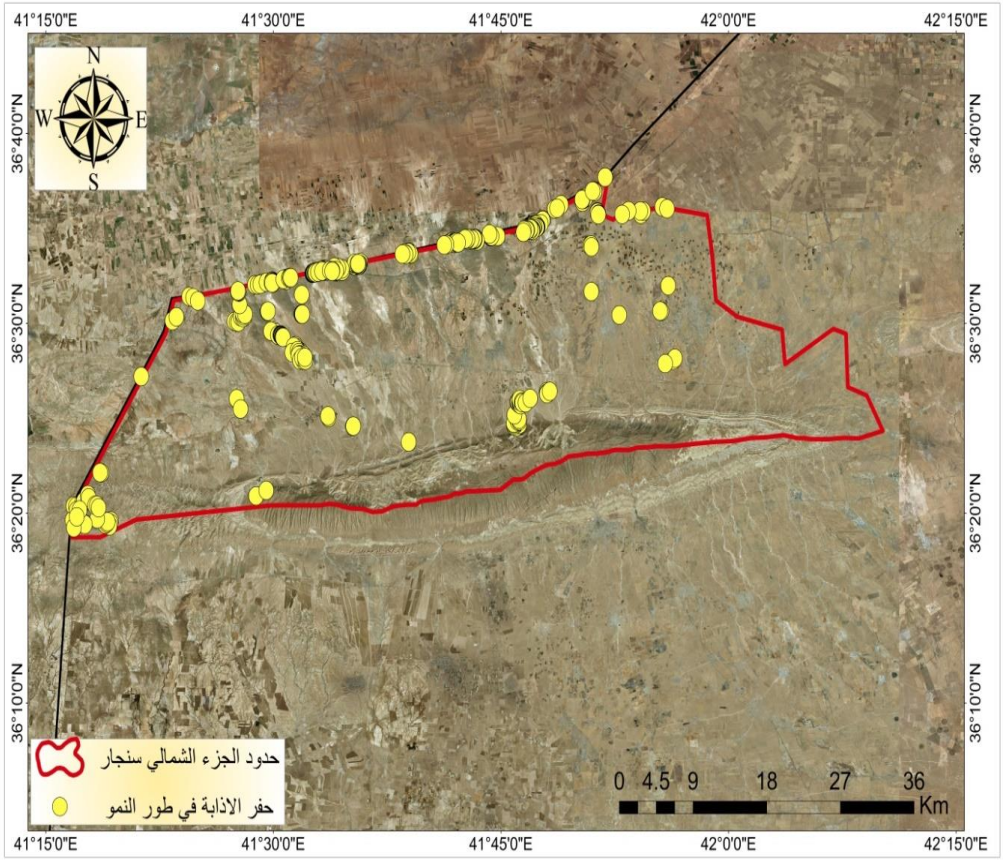
الظاهرات الكارستية في منطقة الدراسة

تنقسم الظاهرات الكارستية في منطقة الدراسة الى ظاهرات سطحية وظواهر تحت سطحية (جوفية):

اولاً . المظاهر الحفر الكارستية السطحية :تتشكل و تتطور هذه المظاهر ضمن المكاشف الصخرية الجيرية السطحية والمعرضة مباشرة الى للغلاف الجوي و الامطار وتتكون فوق سطح الأرض او قريبة من الطبقة السفلى للتربة السطحية وتكون في الغالب منكشفة ،إذ تتنوع في خصائصها الشكلية ومساميتها تبعا لتطورها الجيومورفولوجي، وتتمثل في منطقة الدراسة بالحفر و النتوءات والقنوات الصغيرة على شكل منخفضات قمعية او دائرية وتجاويف متعددة الاشكال وتتشكل ببطء تبعا لعمليات ومدى استجابة وتحلل الصخر، تكمن طريقة الكشف و العمل بالاعتماد على التقنيات الجغرافية و الاستشعار عن بعد باستخدام المرئية الفضائية المستقطعة (كويك بيرد) بدقة تمييزية وعلى ارتفاع واحد متر ،إذ تم استخدام التصنيف الموجه بأخذ البصمة الطيفية لحفر الكارستية في طور النمو وأعمامها على منطقة الدراسة اذا تبين الحفر الكارستية تظهر على نطاق واسع من حدود منطقة الدراسة اذ تم العثور على (٣٥٩) حفرة في طور النمو أتم تمييزها من خلال الانعكاسية

اللونية اذ يكون لونها اقل دكانة من النوع المطور ،إذ تحتوي كل وحدة صورية على احداثياتها بحسب موقعها الفلكي من حيث اقواس الطول ودوائر العرض . كما في الخريطة (٣) و الجدول (٦) .

خريطة (٣) الحفر الكارستية في طور لنمو في منطقة الدراسة

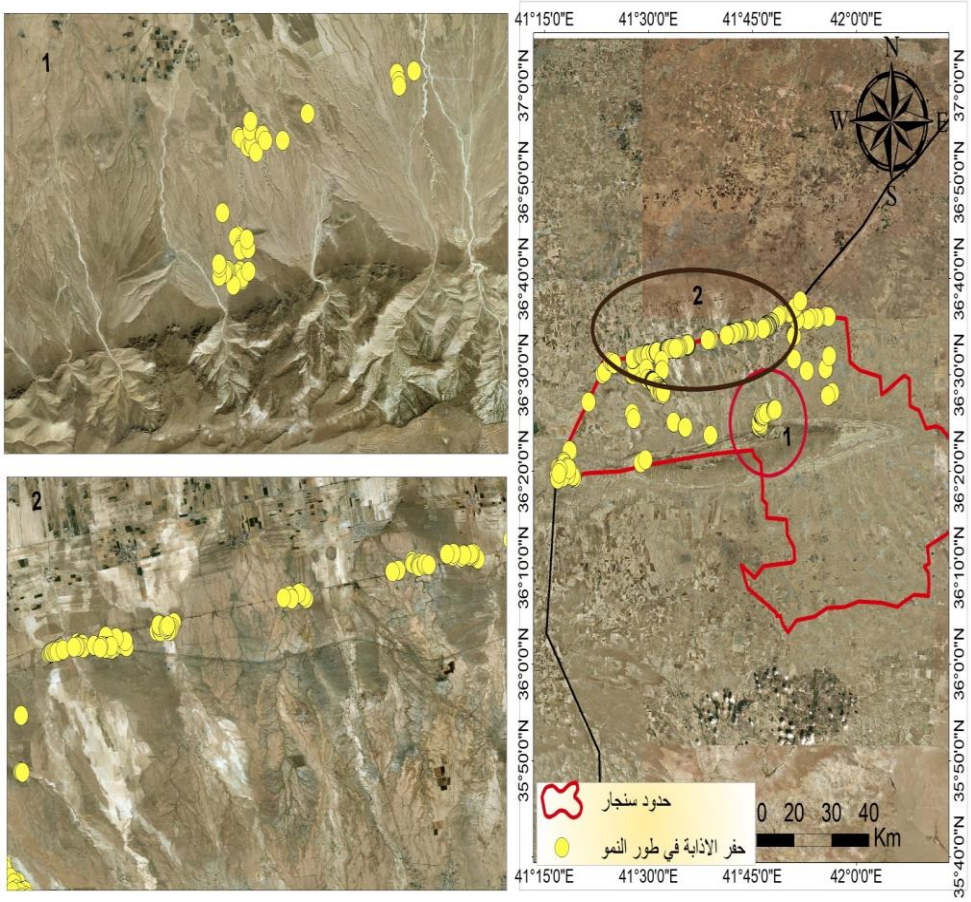


المصدر : من عمل الباحثة بالاعتماد على المرئية الفضائية بدقة تمييز (١ متر) **سنة ٢٠٢٢ QUIK BIRD** باستخدام برنامج ARC GISV.10.8

إذ يتبين من الخريطة (٣) ان الحفر الكارستية تتركز بشكل واسع في الأجزاء الغربية المحاذية للحدود السورية تزامناً مع الشقوق و الفواصل للبنية التركيبية ،والأجزاء الوسطى التي تتميز بأنبساط سطحها مما يسرع عملية الاذابة لاستقرار الماء وامتصاصها وسمك التربة الذي يزود الماء بثاني أوكسيد الكاربون وتظهر هذه المناطق في وجود

الصخور الجيرية الأكثر تأثير واستجابة للتحلل والاذابة بشكل مستمر مما يكون له دور كبير في وجود هذا الكم الهائل من المظاهر الكارستية والمستمرة في التطور ضمن حدود منطقة الدراسة . كما في الخريطة (٤) و(٥) والجدول(٦) .

خريطة (٤) نماذج من الحفر الكارستية في طور لنمو في منطقة الدراسة



المصدر : من عمل الباحثة بالاعتماد على المرئية الفضائية بدقة تميزية (١ متر) سنة ٢٠٢٢ QUIK BIRD باستخدام برنامج ARC GISV.10.8

جدول (٦) الاحداثيات الجغرافية للحفر الاذابة في طور النمو في منطقة الدراسة

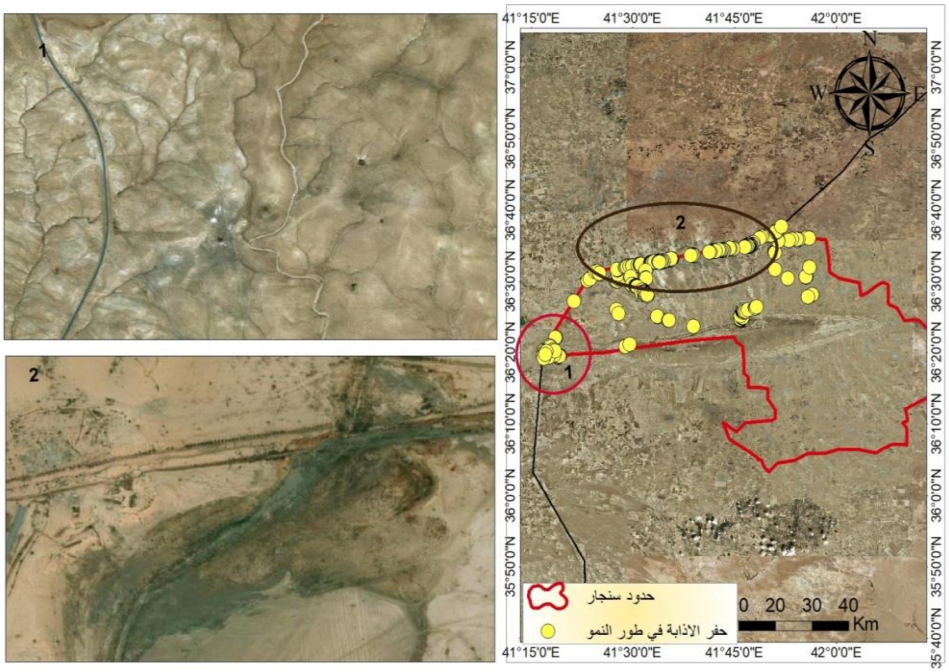
ت	إحداثيات اقواس الطول	إحداثيات دوائر العرض	ت	إحداثيات اقواس الطول	إحداثيات دوائر	ت	إحداثيات اقواس	إحداثيات دوائر	ت	إحداثيات اقواس	إحداثيات دوائر العرض
١	41.84884	36.56866	40	41.78207	36.43401	79	41.49248	36.536	92	41.51091	36.53853
2	41.84939	36.56699	41	41.80008	36.43988	80	41.49863	36.53708	93	41.51728	36.53961
3	41.84922	36.5278	42	41.80048	36.43874	81	41.49816	36.53679	94	41.51698	36.53975
4	41.76859	36.41093	43	41.80057	36.43801	82	41.4987	36.53608	95	41.51812	36.54016
5	41.76833	36.41114	44	41.80363	36.44022	83	41.49904	36.53548	96	41.51902	36.53994
6	41.7678	36.41078	45	41.3548	36.45328	84	41.49913	36.53532	97	41.54271	36.54375
7	41.76878	36.40977	46	41.311	36.36875	85	41.49936	36.53546	98	41.54304	36.54399
8	41.76872	36.40993	47	41.30957	36.36884	86	41.49939	36.53526	99	41.54344	36.54408
9	41.76886	36.41018	48	41.28031	36.33946	87	41.49787	36.53574	100	41.54376	36.54419
10	41.76701	36.40909	49	41.28307	36.33902	88	41.49865	36.5354	101	41.54463	36.5445
11	41.77007	36.41111	50	41.27937	36.3271	89	41.51442	36.53908	102	41.54421	36.54436
12	41.76597	36.41124	51	42.22355	36.32316	90	41.51369	36.53931	103	41.54505	36.54461
13	41.76572	36.41127	52	42.2227	36.32733	91	41.51402	36.53778	104	41.54564	36.5442
14	41.76551	36.41102	53	41.38907	36.50223	92	41.51091	36.53853	105	41.54688	36.54507
15	41.76525	36.41085	54	41.39341	36.50557	93	41.51728	36.53961	106	41.54708	36.54522
16	41.7642	36.41033	55	41.40745	36.52349	94	41.51698	36.53975	107	41.54742	36.54519
17	41.76415	36.41163	56	41.41188	36.52254	95	41.51812	36.54016	108	41.54784	36.54539
18	41.76409	36.41222	57	41.41689	36.51959	96	41.51902	36.53994	109	41.54845	36.54493
19	41.76818	36.41608	58	41.45717	36.50155	97	41.54271	36.54375	110	41.54758	36.54476
20	41.76794	36.41625	59	41.45967	36.50098	98	41.54304	36.54399	111	41.54635	36.54445
21	41.76751	36.41603	60	41.46147	36.50103	99	41.54344	36.54408	112	41.5489	36.54501
22	41.76876	36.415	61	41.46555	36.50554	100	41.54376	36.54419	113	41.55518	36.54655
23	41.76896	36.4147	62	41.46798	36.50544	101	41.54463	36.5445	114	41.55485	36.54707
24	41.76846	36.41418	63	41.46616	36.50542	102	41.54421	36.54436	115	41.55574	36.54665
25	41.77003	36.41441	64	41.46402	36.506	103	41.54505	36.54461	116	41.55617	36.54663
26	41.76977	36.41575	65	41.46401	36.50577	104	41.54564	36.5442	117	41.55664	36.54665
27	41.76484	36.41961	66	41.46628	36.50506	79	41.49248	36.536	118	41.55691	36.54669
28	41.76799	36.4307	67	41.46679	36.50681	80	41.49863	36.53708	119	41.55736	36.54561
29	41.76852	36.43035	68	41.46634	36.50856	81	41.49816	36.53679	120	41.55535	36.54603
30	41.76992	36.42918	69	41.46886	36.50779	82	41.4987	36.53608	121	41.55484	36.54595
31	41.7706	36.42966	70	41.46289	36.51648	83	41.49904	36.53548	122	41.55341	36.54581

36.54602	41.57035	123	36.53532	41.49913	84	36.52737	41.46207	71	36.42937	41.7708	32
36.54571	41.57067	124	36.53546	41.49936	85	36.52761	41.46129	72	36.42838	41.77165	33
36.54601	41.56833	125	36.53526	41.49939	86	36.52784	41.46067	73	36.43155	41.77035	34
36.54522	41.56928	126	36.53574	41.49787	87	36.52837	41.46114	74	36.43293	41.77048	35
36.55077	41.58846	127	36.5354	41.49865	88	36.53388	41.47966	75	36.43078	41.77277	36
36.55078	41.58826	128	36.53908	41.51442	89	36.53381	41.48267	76	36.43092	41.77297	37
36.55095	41.58946	129	36.53931	41.51369	90	36.53537	41.48839	77	36.43009	41.77349	38
36.55052	41.58985	130	36.53778	41.51402	91	36.53421	41.48559	78	36.43013	41.77702	39
36.5703	41.69893	248	36.58235	41.7845	209	36.616	41.85068	170	36.55194	41.58948	131
36.5707	41.70104	249	36.58221	41.78487	210	36.62819	41.86444	171	36.55259	41.58922	132
36.57119	41.70119	250	36.5818	41.78478	211	36.60398	41.81594	172	36.55323	41.59563	133
36.57069	41.7029	251	36.58135	41.78433	212	36.60039	41.80905	173	36.55171	41.59487	134
36.56913	41.69016	252	36.58156	41.78165	213	36.60103	41.81165	174	36.5511	41.5946	135
36.56867	41.68766	253	36.58156	41.78186	214	36.59088	41.796	175	36.55075	41.59393	136
36.56059	41.65129	254	36.58164	41.78217	215	36.59036	41.7958	176	36.55077	41.59343	137
36.56244	41.64854	255	36.58297	41.78253	216	36.58665	41.78767	177	36.55138	41.59261	138
36.56234	41.64917	256	36.58184	41.77892	217	36.58712	41.79256	178	36.55146	41.5922	139
36.56165	41.64924	257	36.58149	41.77737	218	36.58733	41.79375	179	36.55214	41.59222	140
36.56122	41.65045	258	36.58146	41.77688	219	36.58609	41.78618	180	36.55238	41.59293	141
36.56213	41.64814	259	36.5814	41.77813	220	36.58609	41.78594	181	36.28572	42.0904	142
36.56093	41.64496	260	36.58162	41.77832	221	36.58527	41.78157	182	36.46757	41.9394	143
36.56151	41.64416	261	36.58167	41.77531	222	36.5855	41.78258	183	36.46924	41.94103	144
36.56041	41.64514	262	36.57988	41.77473	223	36.58555	41.78286	184	36.46461	41.93041	145
36.56073	41.64172	263	36.57641	41.74634	224	36.58564	41.78333	185	36.50725	41.87997	146
36.54661	41.57301	264	36.57598	41.73859	225	36.58569	41.78374	186	36.51046	41.92616	147
36.54666	41.57376	265	36.57619	41.73866	226	36.58577	41.78402	187	36.51071	41.9249	148
36.54588	41.57561	266	36.57635	41.73872	227	36.58584	41.78453	188	36.53297	41.9337	149
36.54768	41.57514	267	36.57643	41.73964	228	36.58608	41.78529	189	36.60217	41.92716	150
36.54862	41.57126	268	36.57836	41.73738	229	36.58609	41.78554	190	36.60056	41.93248	151
36.54854	41.5666	269	36.57418	41.72229	230	36.5862	41.78695	191	36.5957	41.90365	152
36.54916	41.56686	270	36.57251	41.72368	231	36.58593	41.78677	192	36.59834	41.90636	153
36.54588	41.56783	271	36.57348	41.72119	232	36.58643	41.78842	193	36.59845	41.9031	154
36.54587	41.56738	272	36.57428	41.7214	233	36.58443	41.79038	194	36.59863	41.89023	155
36.54596	41.5669	273	36.5735	41.72016	234	36.58431	41.78989	195	36.59556	41.88317	156

36.54598	41.56632	274	36.57405	41.72081	235	36.58422	41.78961	196	36.59771	41.85589	157
36.54601	41.56577	275	36.57315	41.71704	236	36.58415	41.78932	197	36.59725	41.85593	158
36.54535	41.56757	276	36.57393	41.71752	237	36.58458	41.78698	198	36.59575	41.85716	159
36.54548	41.56682	277	36.57371	41.71776	238	36.58223	41.7832	199	36.59532	41.85694	160
36.54614	41.56913	278	36.57344	41.71302	239	36.58176	41.78338	200	36.60644	41.83953	161
36.54637	41.56189	279	36.57429	41.71334	240	36.58349	41.78616	201	36.60929	41.84054	162
36.54607	41.56482	280	36.57399	41.71066	241	36.58346	41.78594	202	36.60857	41.84026	163
36.54564	41.56456	281	36.57182	41.69589	242	36.58308	41.78347	203	36.61007	41.84264	164
36.52513	41.53117	282	36.57105	41.69575	243	36.58308	41.78304	204	36.60874	41.83982	165
36.50802	41.53072	283	36.57109	41.69618	244	36.58211	41.78067	205	36.6086	41.83915	166
36.50808	41.53097	284	36.5713	41.69876	245	36.58292	41.78039	206	36.61646	41.85156	167
36.50801	41.53139	285	36.57066	41.69842	246	36.58224	41.78022	207	36.61596	41.85148	168
36.50794	41.53168	286	36.57018	41.69854	247	36.58262	41.78235	208	36.61544	41.85268	169
36.41733	41.56067	328	36.48804	41.5096	298	36.47201	41.53283	318	36.51063	41.49397	288
36.4186	41.55992	329	36.48786	41.51014	299	36.47054	41.53285	319	36.49315	41.50021	289
36.40942	41.58714	330	36.4876	41.51046	300	36.47153	41.53048	320	36.49195	41.502	290
36.40962	41.58773	331	36.4801	41.52412	301	36.47178	41.52756	321	36.49304	41.49725	291
36.43371	41.45958	332	36.47876	41.52428	302	36.46763	41.52943	322	36.48963	41.50485	292
36.42472	41.46393	333	36.47941	41.52218	303	36.46764	41.52911	323	36.48976	41.50759	293
36.32616	41.32036	334	36.4749	41.52571	304	36.46742	41.53303	324	36.48962	41.50811	294
36.32632	41.32152	335	36.47434	41.52064	305	36.46987	41.53135	325	36.48927	41.50842	295
36.32426	41.32109	336	36.47511	41.52924	306	36.46754	41.53504	326	36.4889	41.50859	296
36.32219	41.32004	337	36.47436	41.52933	307	36.46998	41.5346	327	36.48832	41.50917	297
36.32358	41.3155	338	36.47324	41.52929	308	36.32466	41.31708	339	36.47465	41.52999	309
36.3355	41.28387	357	36.34936	41.29621	349	36.3257	41.31793	340	36.47391	41.52823	310
36.33601	41.2871	358	36.34678	41.29702	350	36.32825	41.30641	341	36.47454	41.52768	311
36.33	41.28395	359	36.39574	41.64857	351	36.32379	41.29261	342	36.47494	41.52829	312
			36.34836	41.48097	352	36.32334	41.2928	343	36.47509	41.52714	313
			36.35324	41.49211	353	36.32052	41.28077	344	36.476	41.52665	314
			36.34014	41.30404	354	36.34331	41.29276	345	36.47425	41.52805	315
			36.34014	41.30598	355	36.341	41.28948	346	36.47239	41.529	316
			36.33795	41.30797	356	36.47201	41.53283	318	36.51063	41.49397	288

المصدر: بالاعتماد المرئية الفضائية ومخرجات ((Quik Bird))وباستخدام برنامج ARC GIS V.10.8

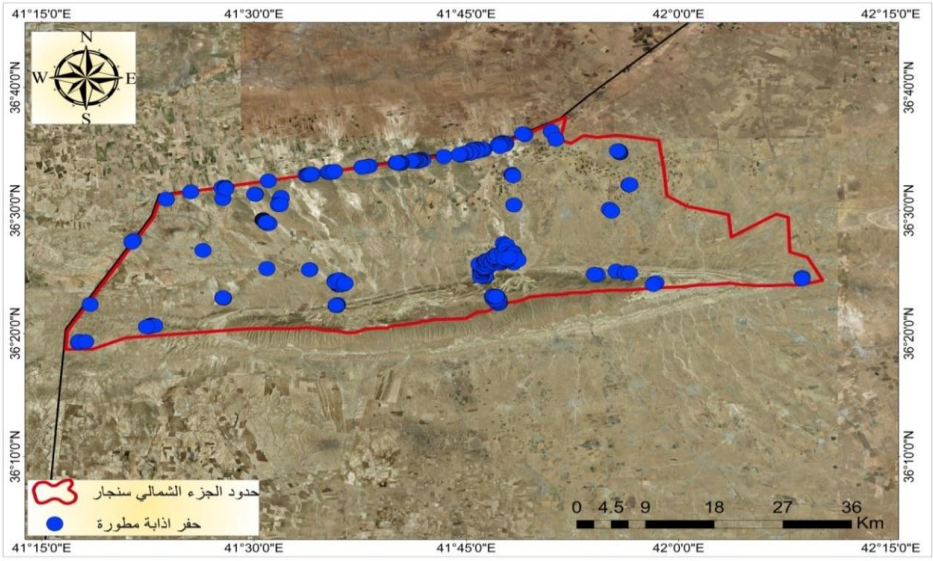
خريطة (٥) عينات من الحفر الكارستية في طور لنمو في منطقة الدراسة



المصدر : من عمل الباحثة بالاعتماد على المرئية الفضائية بدقة تميزية (١ متر) سنة ٢٠٢٢ QUIK BIRD باستخدام برنامج ARC GISV.10.8

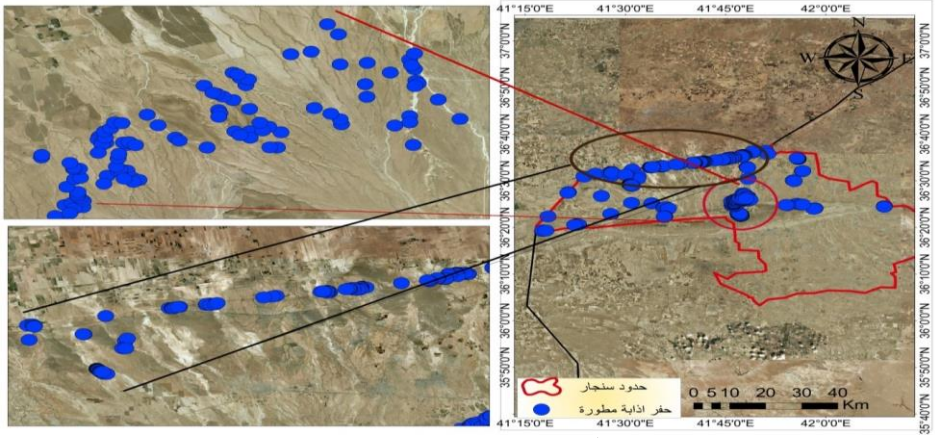
ثانيا .المظاهر الحفر الكارستية التحت السطحية :تظهر الحفر الكارستية المتطورة بشكل واسع في منطقة الدراسة ،إذ تم استخدام طريقة الكشف المعتمدة في الطريقة الأولى وتم تمييزها من خلال اللون الأكثر دكانة وتعميمها على منطقة الدراسة ،وتم العثور على (٣٧٩) حفرة اذابة مطورة تحت سطحية، كما في الخريطة (٦) و(٧)والجدول (٧) ، تكون عبارة تجاويف جوفية افقية و رأسية وتظهر جزئياً مغمورة بالمياه او رسوبيات حديثة وتكون ذات حجم يسمح بدخول الانسان .أن أهم العوامل الجيولوجية المتحكمة في تكوين الممرات التحت سطحية حركة المياه الجوفية منها (النسيج الصخري ، التركيبي ،و الطبقي)وتسرب مياه الامطار من خلال الشقوق و الفواصل ومع امتداد شبكة التصريف المائية تتغلغل داخل الطبقات الكارستية السفلى نتيجة هبوط طبقات صخرية جيرية او تكون صاعدة في الصخور الكارستية و الغير الكارستية (Goudie ,2013,p497) .

خريطة (٦) الحفر الكارستية المطورة في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على المرئية الفضائية بدقة تميزية (متر) سنة ٢٠٢٢ QUIK BIRD باستخدام برنامج ARC GISV.10.8.

خريطة (٧) نماذج من الحفر الكارستية المطورة في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على المرئية الفضائية بدقة تميزية (١ متر) سنة ٢٠٢٢ QUIK BIRD

جدول (٧) الاحداثيات الجغرافية للحفر الاذابة المطورة في منطقة الدراسة

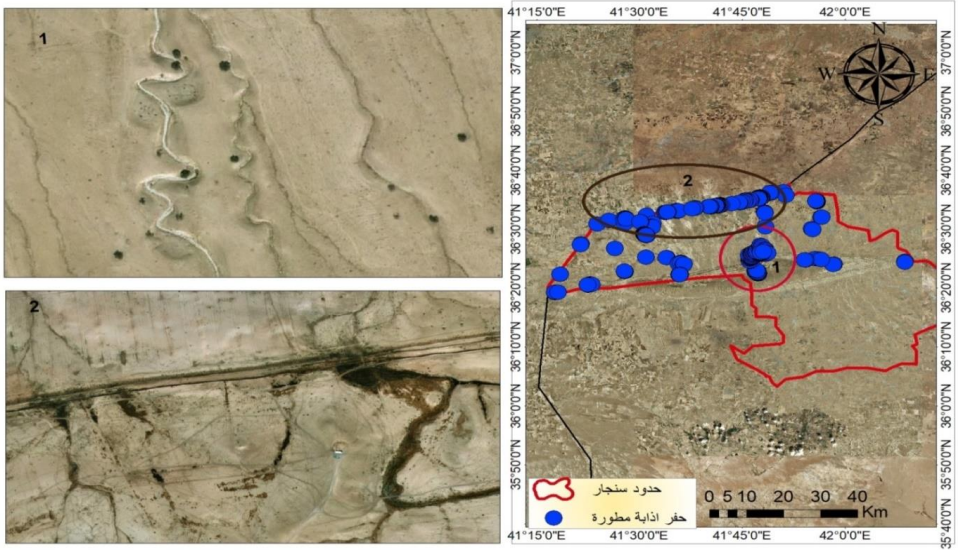
ت	أحداثيات اقواس الطول	أحداثيات دوائر العرض	ت	أحداثيات اقواس الطول	أحداثيات دوائر العرض	ت	أحداثيات اقواس الطول	أحداثيات دوائر العرض	ت	أحداثيات اقواس الطول	أحداثيات دوائر العرض
0	41.85016	36.60705	30	41.78168	36.38399	60	41.76871	36.41899	90	41.77461	36.42371
1	41.85315	36.18483	31	41.78078	36.38361	61	41.76822	36.41825	91	41.77503	36.42381
2	41.97096	36.40099	32	41.78115	36.38433	62	41.76969	36.42019	92	41.77578	36.42345
3	41.97097	36.4043	33	41.78243	36.38395	63	41.76934	36.42058	93	41.77517	36.42315
4	41.97025	36.39981	34	41.78512	36.38371	64	41.76905	36.42086	94	41.77415	36.42365
5	41.78707	36.37384	35	41.78566	36.38367	65	41.76907	36.42118	95	41.77194	36.42286
6	41.78902	36.37454	36	41.78497	36.38324	66	41.76913	36.42157	96	41.77349	36.42681
7	41.78884	36.37564	37	41.77006	36.4108	67	41.7679	36.42238	97	41.77133	36.4277
8	41.78838	36.37704	38	41.76947	36.41133	68	41.76876	36.42357	98	41.77448	36.42894
9	41.78734	36.38047	39	41.76961	36.4115	69	41.7694	36.42379	99	41.77408	36.4293
10	41.78723	36.38049	40	41.76805	36.41121	70	41.76928	36.42519	100	41.77473	36.42936
11	41.78784	36.38014	41	41.76946	36.41013	71	41.76864	36.42517	101	41.7754	36.4289
12	41.78775	36.38006	42	41.77254	36.41026	72	41.76865	36.42537	102	41.77358	36.42752
13	41.78779	36.37979	43	41.77278	36.41053	73	41.76824	36.42612	103	41.77268	36.4315
14	41.78705	36.37873	44	41.7723	36.41137	74	41.76513	36.42697	104	41.7731	36.43246
15	41.78675	36.37843	45	41.76732	36.41222	75	41.76516	36.42735	105	41.77392	36.43234
16	41.78817	36.38014	46	41.76771	36.41251	76	41.77144	36.43026	106	41.77668	36.43366
17	41.78745	36.37919	47	41.76768	36.41238	77	41.77132	36.42976	107	41.77787	36.432
18	41.78422	36.38137	48	41.7674	36.41173	78	41.77186	36.42969	108	41.77975	36.43006
19	41.7839	36.38153	49	41.76678	36.41117	79	41.77217	36.42925	109	41.78018	36.42961
20	41.78376	36.3819	50	41.76657	36.41119	80	41.77173	36.42897	110	41.78322	36.42852
21	41.78436	36.38121	51	41.76867	36.41586	81	41.77211	36.43009	111	41.78447	36.43436
22	41.78182	36.38049	52	41.76821	36.41554	82	41.77201	36.43103	112	41.78461	36.43391
23	41.78169	36.38046	53	41.76793	36.41675	83	41.80603	36.5075	113	41.78449	36.43334
24	41.78478	36.37874	54	41.76782	36.41699	84	41.77232	36.42412	114	41.78625	36.43104
25	41.78412	36.38269	55	41.76804	36.41644	85	41.77404	36.42461	115	41.7879	36.43107
26	41.7841	36.38355	56	41.76663	36.41781	86	41.77447	36.42491	116	41.78792	36.43006
27	41.78373	36.38408	57	41.76769	36.41952	87	41.77354	36.42482	117	41.78681	36.43046
28	41.7826	36.38345	58	41.76847	36.41986	88	41.77368	36.42513	118	41.7909	36.42853
29	41.78239	36.38429	59	41.76966	36.41921	89	41.77331	36.42554	119	41.79008	36.42855
120	41.79129	36.43091	147	42.22134	36.32663	188	41.80574	36.42893	289	41.66734	36.56454
121	41.78996	36.43177	148	41.39662	36.51531	189	41.81085	36.43299	290	41.6688	36.56491

36.56039	41.63602	1	36.43215	41.7979	190	36.52518	41.42551	149	36.4312	41.78929	122
36.5597	41.63343	292	36.43293	41.79776	191	36.51624	41.46332	150	36.43241	41.78899	123
36.55874	41.62728	293	36.43382	41.79674	192	36.53154	41.46336	151	36.43828	41.78745	124
36.54937	41.56846	294	36.43469	41.79494	193	36.53068	41.46295	152	36.43943	41.78683	125
36.54881	41.56553	295	36.43646	41.80067	194	36.53072	41.46209	153	36.43918	41.78775	126
36.54919	41.56749	296	36.50175	41.91854	195	36.53161	41.46589	154	36.43454	41.78786	127
36.5152	41.53059	297	36.49911	41.92115	196	36.53056	41.46654	155	36.43595	41.78607	128
36.51753	41.53199	298	36.53453	41.94153	197	36.53024	41.46705	156	36.4365	41.78496	129
36.50809	41.52888	299	36.5351	41.94263	198	36.52956	41.46693	157	36.43694	41.78427	130
36.57883	41.9309	201	36.57806	41.93091	199	36.54015	41.51685	158	36.4382	41.78289	131
36.57896	41.93082	202	36.57812	41.93075	200	36.54813	41.56129	159	36.43708	41.78386	132
36.57971	41.93068	203	36.56879	41.69512	261	36.54812	41.56343	160	36.44023	41.78606	133
36.57892	41.9299	204	36.56873	41.69476	262	36.54829	41.56367	161	36.43997	41.78657	134
36.58019	41.92878	205	36.56722	41.69496	263	36.54786	41.56364	162	36.44312	41.79237	135
36.5808	41.92932	206	36.56683	41.69478	264	36.54787	41.56408	163	36.44351	41.79459	136
36.58088	41.9292	207	36.56807	41.68987	265	36.55256	41.5899	164	36.44176	41.80072	137
36.58071	41.92828	208	36.56776	41.68989	266	36.55143	41.58712	165	36.43897	41.80604	138
36.59653	41.85559	209	36.56791	41.69061	267	36.55233	41.58759	166	36.43856	41.8063	139
36.60271	41.8189	210	36.56819	41.69046	268	36.55126	41.59022	167	36.43814	41.80592	140
36.60326	41.81844	211	36.56811	41.69139	269	36.55186	41.59347	168	36.44228	41.80535	141
36.60234	41.81914	212	36.56747	41.69183	270	36.55312	41.59473	169	36.44079	41.80589	142
36.60394	41.81632	213	36.56636	41.69204	271	36.21993	42.12969	170	36.45953	41.35809	143
36.59231	41.79249	214	36.56661	41.69286	272	36.54903	41.80355	171	36.45701	41.35631	144
36.59024	41.79463	215	36.56654	41.69018	273	36.54808	41.80459	172	36.37275	41.30702	145
36.59142	41.79652	216	36.56821	41.68918	274	36.54706	41.80509	173	36.32469	42.22677	146
36.59092	41.79665	217	36.56759	41.6873	275	36.45549	41.79367	174	36.58283	41.76787	228
36.58931	41.79539	218	36.56753	41.68692	276	36.45288	41.79558	175	36.58197	41.76948	229
36.58885	41.79416	219	36.5676	41.68671	277	36.45255	41.79776	176	36.58272	41.76697	230
36.59092	41.79193	220	36.56691	41.68494	278	36.44624	41.79757	177	36.58327	41.76588	231
36.59049	41.79011	221	36.56527	41.67195	279	36.44781	41.79637	178	36.58305	41.76675	232
36.59026	41.78872	222	36.56491	41.67263	280	36.44153	41.79775	179	36.58365	41.76801	233
36.59003	41.78841	223	36.56392	41.67342	281	36.43843	41.8005	180	36.583	41.76225	6
36.58995	41.78874	224	36.56405	41.67242	282	36.44024	41.80324	181	36.58257	41.76234	237
36.58836	41.78744	225	36.564	41.67169	283	36.44324	41.80588	182	36.5801	41.76276	238
36.58654	41.78948	226	36.56353	41.67144	284	36.44138	41.80556	183	36.58253	41.7566	239
36.58245	41.77058	227	36.56518	41.67073	285	36.43603	41.80847	184	36.58106	41.75692	240

36.40741	42.14551	364	36.56495	41.67117	286	36.43344	41.80535	185	36.57754	41.75193	241
36.41788	41.92655	365	36.56495	41.66964	287	36.43246	41.80536	186	36.57744	41.75458	242
36.41562	41.9372	366	36.56478	41.66789	288	36.43196	41.80373	187	36.5779	41.75443	243
36.41562	41.93763	367	36.48232	41.51545	317	36.50781	41.52868	300	36.57769	41.75455	244
36.41532	41.94213	368	36.48221	41.51582	318	36.50778	41.53085	301	36.57799	41.74908	245
36.41316	41.90263	369	36.48224	41.5176	319	36.52181	41.5017	302	36.57799	41.74868	246
36.41308	41.90408	370	36.48423	41.51468	320	36.52191	41.50093	303	36.57799	41.74868	247
36.4137	41.90098	371	36.42136	41.51519	363	36.48742	41.5106	304	36.57505	41.74329	248
36.4137	41.89311	372	36.48727	41.51072	305	36.56899	41.69733	257	36.57522	41.74303	249
36.3712	41.92215	373	36.48696	41.51106	306	36.56901	41.69758	258	36.57582	41.7417	250
36.37199	41.92126	374	36.48676	41.51119	307	36.56883	41.6988	259	36.57305	41.72356	251
36.37258	41.59833	375	36.48662	41.51138	308	36.56909	41.69532	260	36.56955	41.69604	252
36.37188	41.59776	376	36.48643	41.51161	309	36.48496	41.51316	313	36.56921	41.69624	253
36.3712	41.59752	377	36.48606	41.51211	310	36.48438	41.51304	314	36.56928	41.69648	254
36.37115	41.59668	378	36.48586	41.51226	311	36.4841	41.51322	315	36.56891	41.69661	255
36.37174	41.59685	379	36.48507	41.51298	312	36.48375	41.51368	316	36.56902	41.69692	256

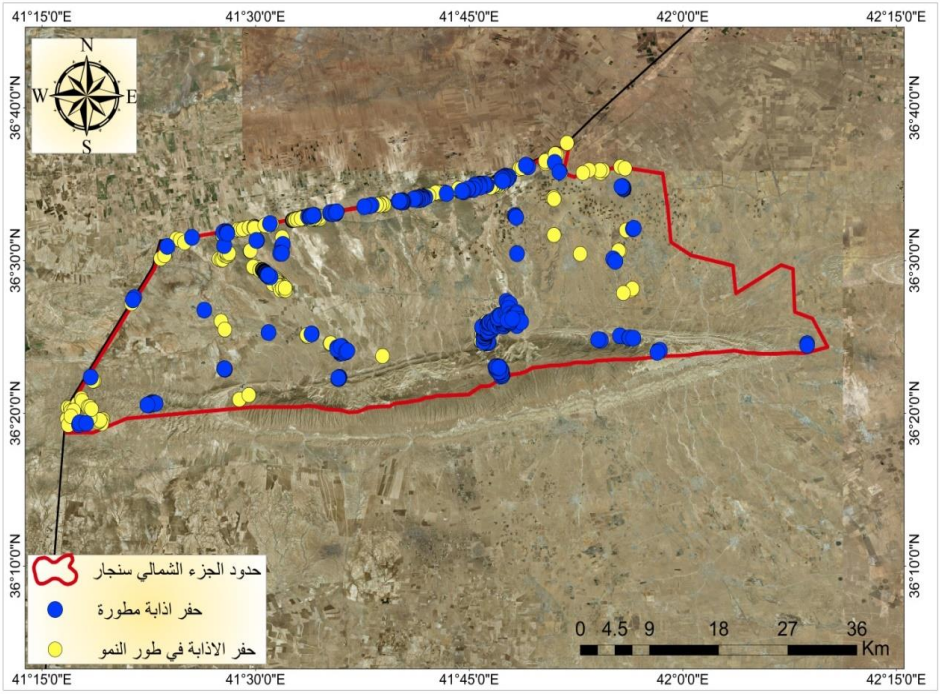
المصدر: بالاعتماد المرئية الفضائية ومخرجات ((Quik Bird)) وباستخدام برنامج ARC GIS V.10.8

خريطة (٨) عينات من الحفر الكارستية في طور لنمو في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على المرئية الفضائية بدقة تميزية QUIK BIRD (١ متر) سنة ٢٠٢٢
باستخدام برنامج ARC GISV.10.8

خريطة (٩) تطابق الحفر الكارستية في طور النمو والمطورة في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على المرئية الفضائية بدقة تمييزية (١ متر) سنة ٢٠٢٢ QUIK BIRD

إذ يتبين من الخريطة (٨) ان مناطق الضعف الجيولوجي من الحفر الكارستية المطورة البعض منها يتوافق مواقعها مع الحفر الكارستية في طور النمو بذلك تكون المنطقة نشطة تكتونياً من ضمن منطقة الرصيف غير المستقرة؛ نتيجة مدى استجابتها للعمليات الجيومورفولوجية من عمليات التجوية والتعرية مكونة خسفات دائرية و قمعية وكهوف وممرات وانفاق ومكامن للمياه الجوفية تحت سطحية نتيجة تأثيرها بصخارية تكوين الفتحة وافانا والمقدادية والفرات وجدالة وسريكاني والعجيلي بتداخل تلك الطبقات مع بعضها واحتواء جزء منها على الصخور الجيرية والجبسية وهي الأكثر استجابة لعمليات الاذابة، اذ لاتزال العملية مستمرة في تكوين وتطور تلك الحفر ،وتكوين مكامن للمياه الجوفية ، ونشوء مظاهر كارستية جديدة .

الاستنتاجات

١ . تنكشف في منطقة الدراسة مجموعة من التكوينات الجيولوجية من تكوين المايوسين الاقدم (تكوين الفتحة، الفرات، جدالة، افانا، العجيلي، سنجار، المقدادية، السريكاني) اذ يعد تكوين الفتحة الاوسع انتشاراً في منطقة الدراسة الذي كان السبب في تطور حفر الاذابة، فضلا عن ترسبات الزمن الجيولوجي الرابع رواسب متعددة الأصل .

٢ . هطول الامطار خلال فصلي الشتاء والربيع لها دور مهم وبارز في تشكيل مظاهر الكارست وذلك لتوفر ظروف ملائمة لنشاط التجوية الكيميائية من توفر رطوبة مناسبة وفائض مائي في تسارع العمليات الجيومرفولوجية اذ بلغ مجموع السنوي للأمطار بواقع (٣٥٧,٣٦ملم) .

٣ . تبين أن الحفر الكارستية تظهر على نطاق واسع من حدود منطقة الدراسة اذ تم العثور على (٣٥٩) حفرة في طور النمو، وتم العثور على (٣٧٩) حفرة اذابة مطورة تحت سطحية .

٤ . ان مناطق الضعف الجيولوجي من الحفر الكارستية المطورة البعض منها يتوافق مواقعها مع الحفر الكارستية في طور النمو بذلك تكون المنطقة نشطة تكتونياً من منطقة الرصيف الغير مستقر .

التوصيات

١ . القيام بالدراسة العلمية والحقلية لمناطق حفر الاذابة وبإشراف خبراء ومتخصصين لفهم طبيعة المكان ومن ثم وضع الحلول لحماية المصادر المفيدة للإنسان .

٢ . دراسة الأجزاء المحتمل من وقوع انهيار بشكل فجائي في بعض الكهوف التي يتردد عليها الانسان كثيرا .

٣ . مراقبة حفر الاذابة في طور النمو والعمل على بناء انشاءات مقاومة للهبوط ضمن مناطق الضعف الصخري وتجنب أي مشاريع بنى تحتية بمواقع الكارست .

٤ . الحرص على حماية المياه الجوفية خلال الاستغلال الخاطئ للظواهر الكارستية من قبل الانسان لردمها واستخدامها في الطمر الصحي للنفايات والصرف الصحي .

٥ . نشر الوعي الثقافي حول أهمية مواقع المظاهر الكارستية كقيمة ثقافية وعلمية وسياحية والتنمية المستدامة لها والتنبيه من مخاطرها .

المصادر والهوامش

١ . معراج مرزانوب، محمد سعيد البارودي، السمات المورفولوجية والخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لاودية الحرم المكي، مجلة ام القرى للعلوم التربوية والاجتماعية والإنسانية، عدد خاص بمناسبة اختيار مكة للثقافة الإسلامية، ٢٠٠٥، ص ٢٠٢.

٢ . خلف حسين الدليمي، التضاريس الأرضية دراسة جيومورفولوجية علمية تطبيقية، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، ٢٠٠٥، ص ٢٤٧) .

٣ . صلاح حميد الجنابي، مناخ مدينة الموصل، مركز دراسات الموصل، العدد/الثامن والعشرون، ٢٠١٠، ص١٢٥.

٤ . عبد السلام محمد المايل، جيومورفولوجيا المظاهر الكارستية في منطقة حديثة في الهضبة الغربية، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية الآداب جامعة بغداد، العراق، ١٩٩٦، ص٩ .

٥ . جهاد أكرم الحجازي، جيومورفولوجية الاشكال الكارستية في منطقة الحيطة بمنخفض البحرية الصحراء الغربية، أطروحة دكتوراه (منشورة) جامعة عين الشمس، كلية الآداب، القاهرة، مصر ٢٠١٤، ص٤ .

٦ . إبراهيم سعد إبراهيم الجميلي، دراسة تركيبية مقارنة للفواصل في مناطق مختارة من قطاعي الطيات البسيطة والمستوية في العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل، ١٩٨٢، ص٢٥ .

7. Tim stokes , Paul Griffiths , and Carol Ramsey , 2003 , Karst Geomorphology .
Hydrology ,and Management and University of the west Indies at st . Ess T, p 373.
8. T. Buday, "The regional geology of Iraq: stratigraphy and paleogeography", (1980).p45.
9. D. M. Bellen R.C., Dunington H.V., Wetzel R., and Morton, "Lexique sratigraphique international". Iraq Central, National researcher scientifique, (1959)p125.
10. .Jassim, S. Z. and Buday, T., 2006. Middle Paleocene Eocene Megasequence AP10, in Geology of Iraq (ed.) Jassim, S. Z. and Goff, J. C., Dolin, Prague and Moravian Museum, Brno, pp. 155-168.