مجلة التربية للعلوم الانسانية

مجلة علمية فصلية محكّمة، تصدر عن كلية التربية للعلوم الإنسانية / جامعة الموصل

العمليات المورفومناخية لأدنى حوض وادي المر

نور توفيق محمد [1] فواز حميد حمو [2]

جامعة الموصل / كلية التربية للعلوم الانسانية / قسم الجغرافيا / الموصل – العراق [1، 2]

معلومات الارشفة

تاريخ الاستلام : 2024/12/24

تاريخ المراجعة : 2025/2/7

تاريخ القبول : 2025/2/11

تاريخ النشر : 2026/7/25

الكلمات المفتاحية :

ادنى حوض وادي المر، التجوية، التعرية الاخدودية، التعرية الريحية، عملية الترسيب

معلومات الاتصال

نور توفيق

noor.22ehp157@student.uomosul.edu.iq

الملخص

تناولت الدراسة العمليات المورفومناخية المؤثرة في تشكيل المظهر الأرضي لأدنى حوض وادي المر، وذلك من خلال تحليل دور الخصائص الطبيعية في نشاط هذه العمليات التي تتباين في شدتها تبعاً للعوامل التي أثرت فيها. أظهرت نتائج الدراسة الميدانية انتشاراً واسعاً لمظاهر التجوية بنوعيها (الميكانيكية، الكيميائية) حيث كان التجوية الميكانيكية هي الأكثر نشاطاً في صخور المنطقة، ولتحليل التعرية الاخدودية تم استخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية لتطبيق معادلة (Bergsma) والتي كشفت عن سيادة التعرية الاخدودية العالية على مساحة (148.05 كم 2) اي ما نسبته(42.89%) من إجمالي مساحة المنطقة فضلاً عن تأثر المنطقة بالتعرية الريحية حيث تبين من خلال تطبيق معادلة (Chepil) أن القابلية المناخية للتعرية الريحية عالية جداً. إضافة الى ذلك أظهرت النتائج ان كمية الرواسب المتراكمة والمنقولة من أعالي حوض وادي المر بلغت (1.364 طن / م 2 / سنة)، مما يعكس هذه النتائج مدى تأثر المنطقة بالعوامل المناخية الذي يتناسب مع طبيعة المنطقة وخصائصها البيئية.

DOI: **********,, ©Authors, 2025, College of Education for Humanities University of Mosul.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Journal of Education for Humanities

A peer-reviewed quarterly scientific journal issued by College of Education for Humanities / University of Mosul

Morphoclimatic processes of the lower Wadi al-Mar basin

Nour Tawfik Mohammed [1] **Fawaz Hamid Hamou** [2]

University of Mosul / College of Education for Humanities / Department of Geography / Mosul - Iraq [1,2]

Article information

Received : 24/12/2024
Revised 7/2/2025
Accepted : 11/2/2025
Published 25/7/2026

Keywords:

Lower Basin of Wadi Al-Murr, Weathering, Gully Erosion, Wind Erosion, Sedimentation Process

Correspondence:

Nour Tawfik

noor.22ehp157@student.uomosul.edu.iq

Abstract

The study examined the geomorphological processes affecting the landform development of the Al-Marr Valley basin by analyzing the role of natural factors in the activity of these processes, which vary according to the influencing factors. The results of the study indicated that weathering, particularly mechanical weathering, was the most active in the region's rocks. To analyze soil erosion, the Geographic Information System (GIS) program was used to apply the Bergsma equation, which revealed that the area of highly eroded lands reached (148.05 km²), constituting (42.89%) of the total area of the region. The impact of rainwater erosion was also assessed using the Chepil equation, which showed that the region is highly susceptible to wind erosion. Additionally, the results indicated that the amount of accumulated sediment in the upper Al-Marr Valley basin reached (1,364 tons/km²/year), highlighting the significant impact of climatic factors on the area's erosion processes. These findings align with the nature of the region and its environmental characteristics

DOI: **********,, ©Authors, 2025, College of Education for Humanities University of Mosul.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

المقدمة:

تعد العمليات المورفومناخية (التجوية – التعرية – الترسيب) من أبرز العمليات المؤثرة في تغير المظهر الارضي وتحديد ملامحه مع مرور الزمن، وهي عمليات مرتبطة بصورة رئيسية بالمناخ السائد حيث يتأثر النظام الجيومورفولوجي بشكل كبير بالعوامل المناخية ويحدث ذلك نتيجة التفاعل المستمر بين الخصائص الطبيعية للصخور والتربة والظروف المناخية التي تحدد نوع هذه العمليات وشدتها، وتتفاوت تأثير هذه العمليات وفقاً لنوع الصخور ودرجة مقاومتها، يكون لهذه العمليات أثر واضح في منطقة الدراسة من خلال تفكك الصخور وتحللها وتعريتها بواسطة التعرية الاخدودية التي تعد من أخطر مراحل التعرية من حيث تآكل الطبقة السطحية الغنية بالمواد العضوية بواسطة الجريان السطحي وما ينتج عنها من آثار سلبية تؤثر في النشاط الزراعي فضلاً عن زيادة الأراضي المتصحرة الناتجة عن التعرية الريحية. وتساهم عملية الترسيب في نقل وتوزيع المواد المُزالة لكنها قد تؤدي الى تركم الرواسب في أماكن غير مرغوبة مما يزيد من التحديات البيئية.

مشكلة البحث:

1. هل للعناصر المناخية دور في شدة العمليات الجيومورفية في منطقة الدراسة؟
2. هل تؤثر عملية التجوية بشكل واضح على صخور منطقة قيد الدراسة؟
3. هل تتباين شدة عمليات التعرية الاخدودية في منطقة الدراسة؟
4. هل للعوامل الجيومورفية تأثير في زيادة شدة التعرية الريحية؟

فرضية البحث:

1. تلعب العناصر المناخية دوراً رئيسياً في شدة العمليات الجيومورفية إذ تساهم في تحفيز عمليات التجوية والتعرية وما ينتج عنها من مظاهر مختلفة في أدنى حوض وادي المر.
2. تؤثر عملية التجوية بشكل كبير على صخور منطقة الدراسة، حيث تسهم في تفتيت الصخور وتكسرها وإذابتها نتيجة للتباينات الحرارية والضغط الميكانيكي، مما يساهم في تعزيز عمليات التعرية والنقل.
3. تتميز المنطقة بتباين في شدة التعرية الناتجة عن تأثير العوامل الجيولوجية والطبوغرافية والمناخية، مما يؤدي الى اختلاف مظاهر التعرية في أجزاء المنطقة المختلفة.
4. تتنوع العوامل الجيومورفولوجية المؤثرة في زيادة تأثير التعرية الريحية من حيث طبيعة الطبوغرافية التي تميل الى الاستواء في اغلب اجزائها وفضلا عن طبيعة ظروف المناخية.

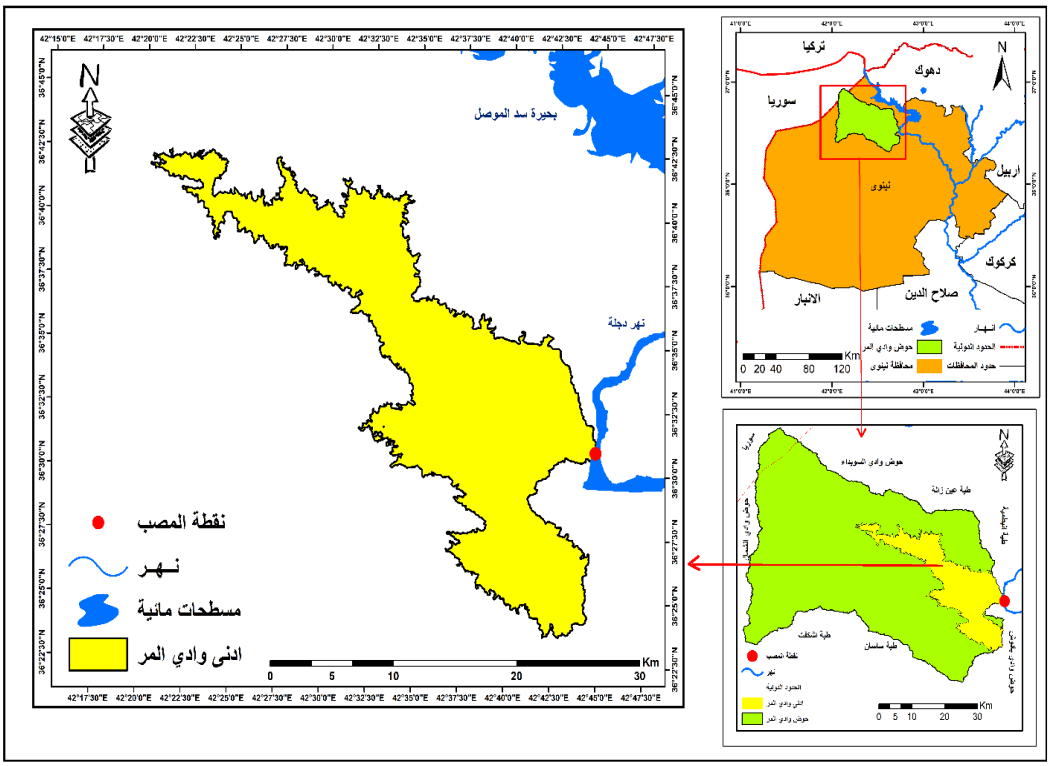
هدف البحث:

يهدف البحث الى دراسة العمليات المورفومناخية التي تشكل عنصراً اساسياً في تغير المظهر الارضي في أدنى حوض وادي المر مع مرور الزمن لغرض تحليل مدى تأثيرها في تنمية منطقة الدراسة ومعرفة توزيعها الجغرافي .

حدود منطقة الدراسة:

ينحصر حوض وادي المر بين دائرتي عرض (36°19'2"N–36°56'13"N) شمالاً وقوسي الطول (42°2′49″E–44°42'46"E) شرقاً، لكن الدراسة الحالية لأدنى حوض وادي المر وارتأت الباحثة ان تقسم الوادي الى خمسة اقسام حسب ارتفاعاته وعليه تم الاستدلال من رسوبيات هذه الوادي على ان ادنى حوض وادي المر ينحصر بين دائرتي عرض(36°42'30"N - 36°25'0"N) شمالاً وخط الطول (42°45'0"E-42°20′0″E) شرقاً. حيث بلغت مساحة هذا الجزء من الوادي (345.14 كم2) الذي يقع في شمال غرب العراق وفي الأجزاء الشمالية من محافظة نينوى كما في الخريطة(1), يحده طبيعياً من الشمال طية بطمة وطية عين زالة واعالي وادي المر ومن الشرق نهر دجلة ومن الجنوب حوض وادي بادوش ومن الغرب طيات (الكصير واشكفت وساسان).

الخريطة (1) موقع منطقة الدراسة.



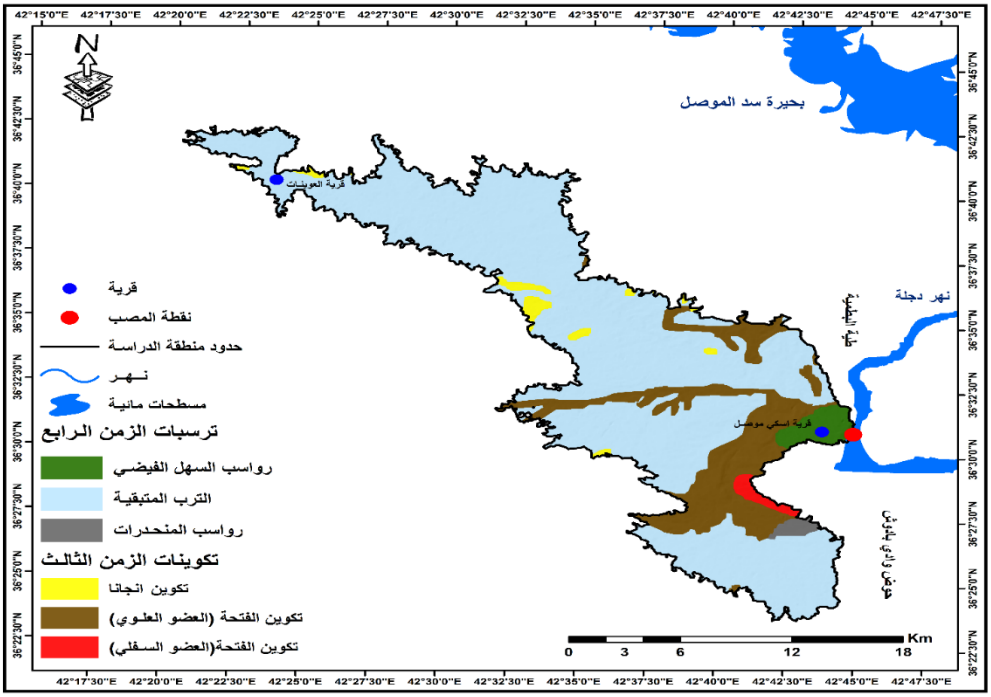
المصدر : بالاعتماد على خريطة العراق و محافظة نينوى الاداريتين و كلاهما بمقياس 1/1000000، ونموذج الارتفاع الرقمي DEM، و برنامج Arc Map 10.8.

اولاً: الخصائص الطبيعية في منطقة الدراسة

1. خصائص الجيولوجية Geological features

تعد الخصائص الجيولوجية من أبرز العوامل التي تؤثر في تشكل المظاهر الارضية لكونها أحدى الخصائص الطبيعية المعتمد عليها في معظم الدراسات الجيومورفولوجية، إذ يتم من خلالها التعرف على التغيرات الجيومورفولوجية التي تحدث عبر الزمن. تتباين التكوينات الطباقية المتواجدة في ادنى حوض وادي المر من حيث عمرها الجيولوجي ومكوناتها الصخرية وتوزيعها المكاني ودرجة صلابتها ومدى استجابتها للعمليات المورفومناخية والتي تنحصر مابين الزمن الجيولوجي الثالث بتكوينين هما تكوين الفتحة(العضو الاعلى،العضوالاسفل) والعائدة الى عصر المايوسين الأوسط بمساحة (60.02 كم ^{2}) اي مانسبته (17.39%) والتي تتألف من تكوينات جيرية وجبسية فضلاً عن صخور الانهيدرايت،

الخريطة (2) التكوينات والرواسب في منطقة الدراسة.



المصدر: اعتمادا على وزارة الصناعة و المعادن، الهيئة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، لوحة الموصل الجيولوجية، بمقياس 1:250000 ، لسنة 1995.

واما الثاني فهو تكوين انجانا من طبقات صخرية طينية ورملية وطبقات من الكلس العائدة الى عصر المايوسين الاعلى بمساحة (6.4 كم ^{2}) اي ما نسبته (1.85%) تختلف المكونات الصخرية للزمن الجيولوجي الرابع

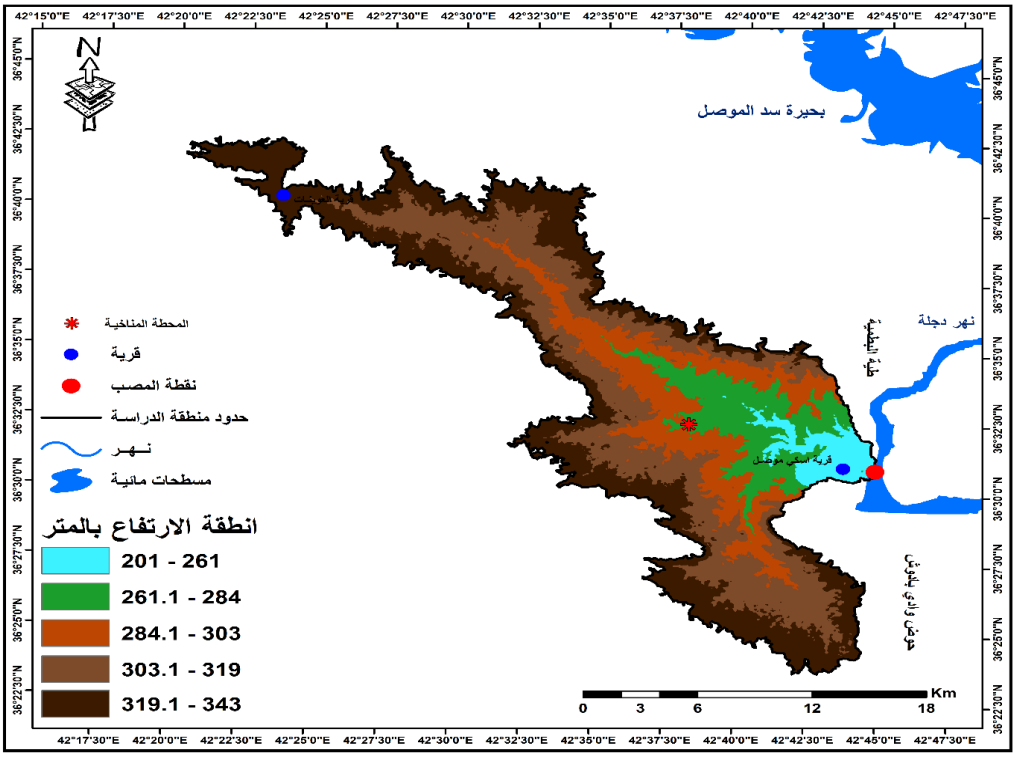
والتي تتألف من (رواسب الرمل والغرين والطين، مع قطع صخرية من حجر الكلس، الترب الرملية والغرينية) التي نلحظها ضمن رواسب المنحدرات ورواسب السهل الفيضي والترب المتبقية بمساحة (278.72 كم^2) اي ما نسبته (80.75%)، يلاحظ الخريطة (2) . ناهيك عن وجود الشقوق والفواصل التي تساهم في زيادة العمليات المورفومناخية في منطقة الدراسة والتي تعد جزءاً من بنيتها.

2. خصائص الارتفاع Height Characteristics

تنحصر منطقة الدراسة بين منسوبي (201 – 343) متراً فوق مستوى سطح البحر ابتداء من قرية اسكي موصل في شرق منطقة الدراسة وتحديداً عند نقطة مصب حوض وادي المر، وعلى شكل شريط يشمل الاطراف الشمالية والغربية والجنوبية وصولاً الى قرية عوينات شمالها، اي ان المنطقة ترتفع باتجاه الغرب، وبصفة عامة تم تقسيم المنطقة حسب الارتفاع الى خمسة وحدات تضاريسية بكون هذا التقسيم هو السائد والاكثر ادراكاً بصرياً لمثل هذه الدراسة. كما في الخريطة (3) والتي تضمنت ما يأتي:

1. تشكل هذه الوحدة الأجزاء الشرقية عند مصب الحوض على ارتفاع (201_261) متراً وبمساحة (14.86) كم) وبنسبة (4.29%) من مجموع مساحة منطقة الدراسة تعد منطقة استقبال الرواسب القادمة من المناطق المرتفعة عنها وتتمثل بالأراضي المنخفضة المملوءة برواسب السهل الفيضي.
2. تتمثل بالارتفاعات (206.1 _284) متر تشغل مساحة (38.45) كم) ما نسبته (11.14%) من مساحة منطقة الدراسة، وهي اراض منبسطة بشكل عام تمتاز بقلة وعورتها وتضرسها وتسود في الأجزاء الوسطى والشرقية من المنطقة (قيد الدراسة)، وتعد من أفضل الأراضي لإقامة المشاريع بمختلف المجالات التنموية لسهولة الاستثمار فيها.
3. تمثل منطقة انتقالية ما بين المناطق السهلية والمناطق التلالية التي تمتاز بأسطح غير منتظمة، وتتمثل بالارتفاعات (284.1_303) متراً وتغطي هذه الوحدة مساحة (59.18) كم2 ما نسبته (17.14%) من مساحة أدنى الحوض الكلية.
4. تتمثل بالارتفاعات (303.1_319) متراً وتستحوذ على مساحة واسعة من الحوض بحوالي (105.95 كم) ما نسبته (30.69%) من مساحة المنطقة الكلية.
5. تتواجد بشكل حيز مساحي وتشكل المساحة الأكبر بحوالي (126.70 كم) اي ما نسبته (36.71%)، وتشمل المناطق المحصورة (319.1 _343) متر ينتشر فيها بعض التلال من ابرزها تل الذهب في الجهة الشمالية الشرقية وتل الريم في الجهة الغربية من ادنى الوادي، فضلاً عن تل موسى في الجهة الشمالية.

الخريطة (3) الارتفاعات والمحطة المناخية في منطقة الدراسة.



المصدر: اعتمادا على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة تميزية 30 متر، و برنامج Arc map 10.8.

3. خصائص المناخية Climatic Characteristics

يعد المناخ من أهم العوامل الطبيعية المؤثرة في تشكيل المظهر الارضي فضلا عن دوره في حدوث العديد من العمليات الجيومورفولوجيا و يكون تأثير ذلك ضمن عناصر مختلفة لاسيما الحرارة و الرياح والامطار في حدوث العمليات الجيومورفية اما مباشرة عن طريق التجوية والتعرية (المائية، الريحية) وشدة الانهيارات الارضية ومخاطرها، او يكون تأثيره غير مباشر على التربة والغطاء النباتي (Al-Obaidi,2023). ان دراسة الخصائص المناخية القديمة لاسيما الزمن الرباعي ذات أهمية كبيرة لمعرفة الفترات المناخية المتعاقبة وتغيراتها لكونها الاساس في تشكل العديد من المظاهر الارضية فضلاً عن دراسة مدى تأثير المناخ الحالي في استمرار حدوث هذه العمليات المورفومناخية. وعليه تم الاعتماد على استخدام محطة مناخية فضائية تابعة لوكالة ناسا الدولية وبإحداثيات (36°32'25"N_ 42°38'09"E) على ارتفاع (364) متر وكما موضح موقع المحطة المناخية في الخريطة (3)، ولمدة زمنية بلغت (30 سنة).

لغرض تحديد الصفة المناخية لمنطقة الدراسة ثم الاعتماد على معادلة (دي مارتون) لاستخراج قرينة الجفاف والتي تنص على(قرينة الجفاف = $\frac{\text{كمية المطر السنوية}}{\text{متوسط درجة الحرارة السنوية}+10}$) إذ اتضحت من خلال المعادلة ان مناخ المنطقة شبه جافة حيث بلغ (8.20)، وذلك نتيجة لقلة تساقط المطري في بعض اشهر السنة حيث بلغ المجموع السنوي للأمطار (248.6/ملم) كما يلاحظ في الجدول (2)، فضلاً عن ارتفاع في درجات الحرارة ولاسيما في شهر تموز حيث سجل اعلى معدل لها بحوالي (35.0) درجة مئوية بينما تنخفض في شهر كانون الثاني لتبلغ (6.0) درجة مئوية. وقد بلغ معدل السنوي للرطوبة (41.8%) في منطقة الدراسة إذ سجلت اعلى المعدلات في اشهر الشتاء حيث تتزامن مع انخفاض درجات الحرارة وزيادة التساقط مما تنشط التجوية الكيميائية وتزيد من عمليات التعرية المائية، إذ بلغت في كانون الثاني (66.0%)، بينما في شهر تموز بلغت(16.8%)، وسجل شهر حزيران اعلى معدل من حيث سرعة الرياح بواقع (3.8 م/ثا) تليه شهري تموز وآب (3.7 م/ثا، 3.6 م/ثا) على التوالي، بينما سجل شهري تشرين الثاني وكانون الاول ادنى معدل لسرعة الرياح (2.7 م/ثا)، كما يلاحظ في الجدول (1)، مما يساهم في تنشيط عمليات التجوية وتهيئتها للتعرية الريحية فضلا عن دور اتجاه الرياح السائدة في زيادة العمليات وتكوين الاشكال الارضية لاسيما مع استمرار هبوب الرياح في اتجاه واحد حيث يسود الرياح ذات اتجاهات الغربية في محطة المنطقة يليها اتجاهات الشرقية والجنوبية الغربية، اما التبخر فتم استخراج قيمتها من خلال معادلة ثورنثويت التي تركز على قيم درجة الحرارة كما موضحة في المعادلة (Musa,1994):

$$PE= 16(10\ T/I)^{a}$$

إذ ان (T= متوسط الشهري لدرجة الحرارة(م°) ، I = مجموع القيم الشهرية الاثنى عشر للمعامل الحراري (i)).

حيث ان i يتم استخراجها من خلال ($i= (T/5)^{1.514}$) ، وان a يتم استخراجها من خلال

($a= 0.018(I)+0.492$) ، وبعد تطبيق العلاقة السابقة يتم تطبيقها بالمعادلة المعدلة من قبل ثورنثويت وهي :

$$PE= PE\ (h/12)(N/30)$$

إذ ان : (h = طول النهار بالساعات ، N = عدد أيام الأشهر).

اتضح من خلال تطبيق المعادلة انخفاض معدلات التبخر خلال فصل الشتاء وارتفاعه بشكل ملحوظ في فصل الصيف، وان هذا التباين الموسمي يعود الى عامل ارتفاع درجات الحرارة وطول فترات النهار في فصل

الصيف وبالتالي تؤثر بشكل مباشر على معدلات التبخر، حيث بلغت المعدل السنوي للتبخر(135.52) ملم وهو يرتفع صيفاً فقد سجل شهر آب اعلى معدل (461.29) ملم بينما سجل ادنى معدل للتبخر في شهر كانون الثاني (2.17) ملم في منطقة الدراسة.

الجدول(1) معدلات الشهرية والمعدل السنوي لدرجات الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح واتجاهها والتبخر للمدة (1992–2022) في منطقة الدراسة.

الأشهر	كانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	آب	ايلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	المعدل
درجات الحرارة/م°	6.0	7.8	12.1	18.1	24.6	31.2	35.0	34.5	29.6	22.8	13.7	8.0	20.3
معدل الرطوبة%	66.0	63.8	58.5	51.6	39.3	22.0	16.8	17.5	20.2	31.8	50.8	63.0	41.8 %
سرعة الرياح(م/ثا)	2.8	2.8	2.9	3.0	3.3	3.8	3.7	3.6	3.2	2.9	2.7	2.7	3.1
اتجاه الرياح	شرقية	جنوبية شرقية	جنوبية	جنوبية غربية	جنوبية غربية	غربية	غربية	غربية	غربية	جنوبية غربية	شرقية	شرقية	–
التبخر/ ملم	2.17	5.11	20.6	58.92	150.26	262.8	360.58	461.29	184.16	91.65	22.57	5.54	135.52

المصدر: https://power.larc.nasa.gov .

الجدول(2) المعدلات الشهرية للامطار/ ملم للمدة(1992–2022) في منطقة الدراسة.

الأشهر	كانون الثاني	شباط	اذار	نيسان	ايار	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	المجموع السنوي
الامطار/ ملم	42.5	35.2	41.3	3.19	12.7	13.7	30.3	38.8	248.6

المصدر: https://power.larc.nasa.gov .

4. التربة Soil

تعطي دراسة التربة صورة واضحة عن طبيعة العمليات التي تؤثر في منطقة الدراسة ومعرفة مكوناتها الفيزيائية والكيميائية والتي تعد ذات اهمية كبيرة في تحديد المظهر الارضي و معرفة قوة عوامل المختلفة المؤثرة عليها واسباب ظهور العديد من المظاهر الارضية ، لهذا يعد من أهم العوامل المؤثرة في تطور اشكال سطح الارض، إذ يوجد صنفان من التربة في منطقة الدراسة كما يأتي:

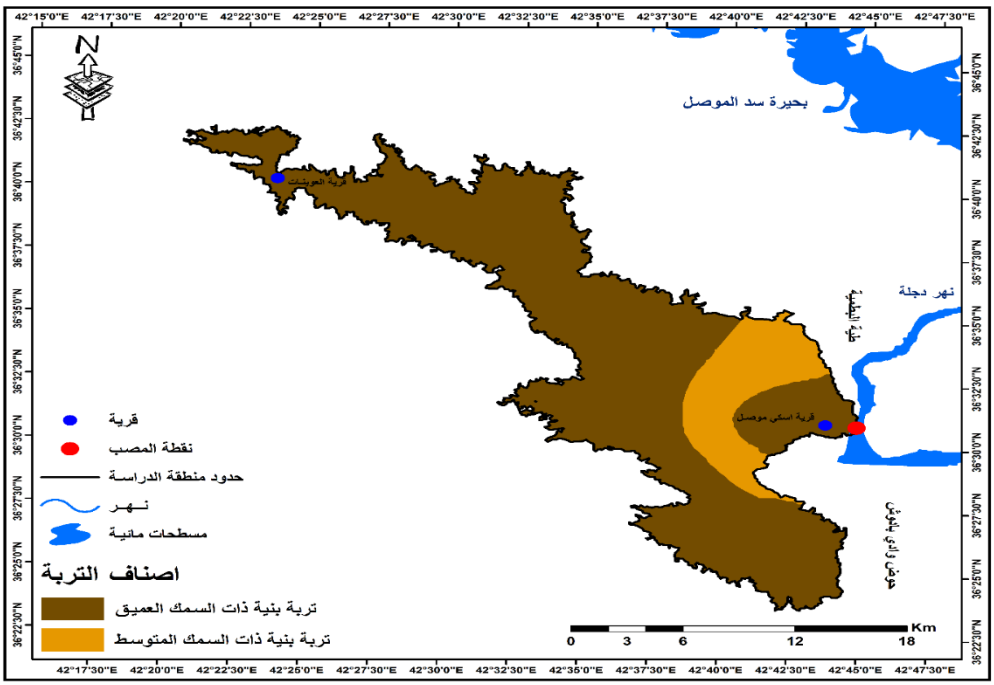
1.4 تربة بنية ذات السمك العميق:

ينتشر هذا النوع من التربة في أغلب أجزاء منطقة الدراسة كما يتضح من الخريطة(4) مما شكل هذا النوع اكبر مساحة من أجمالي مساحة المنطقة (296.09 كم ^{2}) وما نسبته(85.79%)، و تتميز هذه التربة بلونها البني الواضح و هو مزيج من التربة الحمراء و التربة البنية، تكتسب لونها من أكاسيد الحديد التي تحتويها، وتعد من الترب الغنية بمواد المعدنية و العضوية ، وبالإضافة الى صفاتها الفيزيائية التي تمتاز بها والتي تخدم العمليات الزراعية لاسيما الحراثة (Al-Ani and Al-Barazi,1979).

2.4 تربة بنية ذات السمك المتوسط:

يتكون هذا النوع بشكل كبير من الغرين و الطين ،لذا فهي قليلة النفاذية وبذلك تمتاز بزيادة كمية الجريان السطحي عليها مما ادى الى زيادة عدد الأودية ذات العمق الجيد وبالتالي امكانية بناء السدود ضمنها(Abdul Rahman, 2022). شكل هذا النوع من التربة مساحة (49.05 كم^2) اي ما نسبته (14.21 %) و تنتشر في الاجزاء الشرقية من منطقة الدراسة وخاصة على سفوح طية علان ضمن تكوين الفتحة ضمن الزمن الجيولوجي الثالث.

الخريطة(4) اصناف الترب في منطقة الدراسة.



المصدر: اعتمادا على Buringh, P.1960. Soil and Soil Conditions in Iraq Ministry of Agrienlture. Exploriity Soil Map of Iraq. S Cale 1/1000000 Baghdad.

ثانياً: العمليات المورفومناخية Morphoclimatic processes

تتمثل العمليات المورفومناخية بجميع التغيرات الفيزيائية والكيميائية التي لها ارتباط مباشر بعناصر المناخ. وتظهر أثارها واضحة في تهيئة مواد سطح الارض للعمليات الجيومورفولوجية بهيئة مفتتات ومحاليل يتم نقلها وارسابها بواسطة العمليات المورفوديناميكية ويكون لها دور كبير في تغيير مظاهر سطح الارض. ويحدد التباين المناخي اختلافاً في خصائص العمليات الجيومورفولوجية السائدة في منطقة الدراسة عن طريق العلاقات المتبادلة بين العناصر المناخ والعملية المورفومناخية، وبما ان المنطقة تمتاز ببيئة مناخية شبه جافة والتي تعد من المناخ الملائم لتنشيط العمليات المورفومناخية مما يسهم في تكوين بعض المظاهر المرتبطة بالمناخ (Abdel-Zahra and Oraibi ,2022). ومن هذه العمليات مايأتي:

1. عمليات التجوية Weathering Processes

تعد المرحلة الاولى من العمليات المورفومناخية المؤثرة في سطح الارض والتي تمتاز ببطء حدوثها وعدم ملاحظتها مباشرة، إذ تعمل على تفتيت وتحطيم الصخور القشرة الارضية و تحليلها دون ان تنتقل من مواقعها الاصلية بفعل عوامل جوية متعددة. اي انها تقوم على تهيئة الصخور وتحويلها الى مفتتات قابلة للعمليات الجيومورفية الاخرى كالحت والنقل والترسيب(Hassan and others,2022).وتقسم عملية التجوية الى:

1.1 التجوية الميكانيكية Mechanical Weathering

تعتمد على الرياح بدرجة كبيرة وهي عملية تحطيم الصخور الى فتات صخرية صغيرة الحجم دون ان يطرأ اي تغير في التركيب الكيميائي للصخور الناتجة، وتعد من انواع التجوية التي تؤدي دوراً مهماً في زيادة المساحة السطحية للمفتتات الناتجة عن تحطم الصخرة الاصلية(Huggett,2011). ان هذه العملية تنشط في منطقة الدراسة التي تمتاز بانها ذات مناخ شبه جاف، من أهم الأشكال التجوية الميكانيكية:

1.1.1 التجوية بفعل التمدد الحراري Weathering By Thermal Expansion

تحدث نتيجة للتباين الفصلي في درجات الحرارة وللاختلافات اليومية ما بين الليل والنهار، عندما تتعرض الصخور الى عملية تسخين شديدة خلال النهار وانخفاض في درجات الحرارة اثناء الليل، فتمدد المعادن المكونة للأسطح الصخور وذلك حسب معامل التمدد والتقلص الطولي للصخرة، وبذلك تؤدي الى تحطم الصخرة وتفككها الى احجام صخرية متفاوتة (Al-Maliki,2016) وتنتج احياناً نتيجة لهذه العملية ما يسمى بالتقشر الصخري(Exfoliation) وهي تحدث في الصخور عندما يسخن السطح الخارجي للصخرة بشدة نتيجة للأشعة الشمسية الساقطة وتكون ذات سطح متجانس في التركيب المعدني مما يحدث التمدد فيه بشكل متجانس، ولا تتمدد الاجزاء الداخلية للصخرة بنفس سرعة تمدد السطح الخارجي لها، وذلك بفعل

التأثير الحراري للأشعة الذي لا يتعدى تأثيرها بضع بوصات في الطبقات التحتية(Abdul ,2012 Hussein).

تتعرض صخور منطقة الدراسة لهذه العملية نتيجة للتباين في درجات الحرارة بين أشهر السنة. ونتيجة لهذه التباينات مع تباين الخصائص الصخرية يحدث تقشر وتفتت الصخور بعد تعرضها لعميات التمدد والانكماش ، والتي تظهر كما موضحة في الصورة(1).

2.1.1 التجوية بفعل الترطيب والتجفيف Weathering By Wetting and Drying

ينشط هذا النوع من التجوية في المناطق التي تتعاقب عليها تشبع الصخرة او التربة بمياه الامطار وجفافها بفعل الاشعة الشمسية المؤثرة مما يكبر حجمها بعد ان تتشبع بالمياه خلال فترة التساقط ثم ينكمش ويجف خلال فترة الجفاف ومن ثم تؤدي الى تفكك أجزاء الصخور وانهيارها على شكل فتات صخري او أتربة، وتحدث بوضوح في الصخور التي لها قدرة عالية على امتصاص كميات كبيرة من المياه كالصخور الطينية والغرينية(Al-Naqqash and Al-Sahhaf,1989).تحدث هذه العملية في منطقة الدراسة كما تظهر في الصورة(2) على شكل تشققات طينية حدثت نتيجة لاحتوائها على المعادن الطينية التي لها القابلية على التمدد والتقلص في شمال منطقة الدراسة.

الصورة(1) تقشر الصخري في صخور منطقة الدراسة

المصدر: دراسة الميانية بتاريخ 2024/10/15

الاحداثية 36°32'19"N - 42°44'10"E

الصورة (2) عملية الترطيب والتجفيف

المصدر: دراسة الميانية بتاريخ 2024/9/28

الاحداثية 36°40'24"N - 42°27'46"E

3.1.1 التجوية بفعل الصقيع Frost Weathering

يعد الصقيع من أكثر عوامل التجوية الميكانيكية تأثيراً ، إذ يحدث عندما تتجمد المياه داخل الشقوق والفواصل والمسامات الموجودة في الصخور نتيجة لانخفاض درجات الحرارة خلال فصل الشتاء مما يتجمد الماء ويزداد حجمه الى حوالي (9%) من حجمه الاصلي، ويولد ضغطاً مقداره (125 كغم/سم^2) ومن ثم تحطم الصخور الى قطع صغيرة بسبب زيادة الضغط عليها. وبالإضافة الى تعاقب عمليتي التجمد والذوبان لاختلاف درجات الحرارة ما بين الليل والنهار مما يؤدي الى توسيع الشقوق والفواصل الموجودة في الصخور ومن ثم تكسرها الى كتل منفصلة (Karbal,1986). يحدث هذا النوع من التجوية احياناً في منطقة الدراسة في فصل الشتاء عندما تنخفض درجات الحرارة الى ما تحت الصفر.

2.1التجوية الكيميائية Chemical Weathering

هي مجموعة من التفاعلات الكيميائية التي تؤدي الى تحلل الصخر وذوبانه وتحول بعض تكويناته المعدنية الى معادن اخرى، مما تختلف في الشكل والتركيب وتتحول بذلك الى قطع صغيرة. وينشط هذا النوع عند وجود المياه التي تزيد من تفاعل المواد المذابة او المتبخرة مع صخور القشرة الارضية ومن ثم تسهم في حدوث التفاعلات الكيميائية(Hack,2020). من اهم الاشكال التجوية الكيميائية:

1.2.1 عملية التميؤ Hydration

تعد إحدى العمليات التجوية الكيميائية، وهي قدرة بعض المعادن في الصخور على الاتحاد مع الماء مما يؤدي الى حدوث التغير الكيميائي وتحول بعض المعادن الى معادن أقل صلابة مثل تحول معدن الانهيدرايت (كبريتات كالسيوم) الى الجبس(Schactzi and Anderson,2005)، تظهر هذه العملية في شمال شرق منطقة الدراسة ضمن تكوين الفتحة.

تنتج هذه العملية زيادة في حجم المادة الأصلية للصخرة عند اتحادها مع الماء مما يترتب عليه زيادة حجم القشور الخارجية للأسطح الصخرية، في حين يظل حجم كتلتها الداخلية ثابتاً وبالتالي انفصالها على شكل قشور (Behairy,1996).

2.2.1 عملية التأكسد Oxidation

تنتج هذه العملية من تفاعل الاوكسجين الموجود في الجو مع المعادن الموجودة في الصخور، وتكون هذه العملية شائعة في الصخور التي تحتوي على معدن الحديد مثل الصخور الطينية ولاسيما الصخور الزرقاء او الرمادية اللون لكثرة احتوائها على الحديد والتي تتأكسد وتتحول بعد تعرضها للهواء الى مركبات حديدية سمراء او حمراء(Al-Khashab and others,1978) إذ يتأكسد معدن بيريت الحديد عند تفاعله مع الاوكسجين ويتحول الى كبريتات الحديد(Atallah,2009) ، تظهر هذه العملية في شمال شرق منطقة الدراسة، يلاحظ الصورة(3).

3.2.1 عملية الإذابة Solution

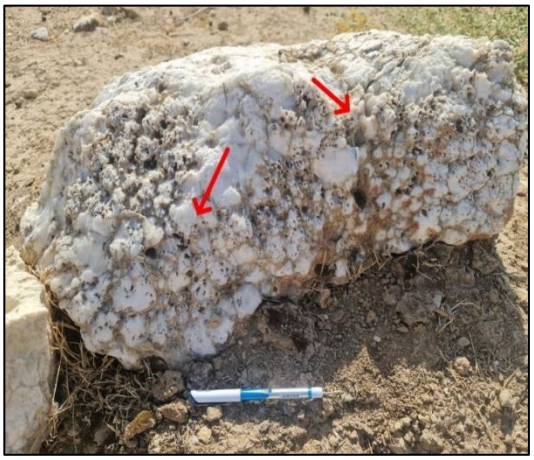
تعد من أهم عمليات التجوية الكيميائية إذ تقوم بإذابة المعادن الموجودة في الصخور بوجود حامض الكاربونيك الناتج عن ذوبان ثاني أوكسيد الكاربون في الماء مما يعجل من إتمام هذه العملية. وتتم عن طريق الماء الذي يتغلغل في مسامات الصخور، فيزيل المعادن والمواد الصخرية وأجزاء من التربة ويؤدي الى ذوبان المادة اللاحمة في الصخور وبالتالي تفككها وتجويتها. تنشط هذه العملية في الاحجار الجيرية، وتعمل على تكوين ندب الاذابة والصواعد والهوابط وكذلك المغارات والحفر (Matthews,2006). يظهر ندب الاذابة في الصخور منطقة الدراسة يلاحظ الصورة(4).

الصورة (3) عملية الاكسدة

المصدر: دراسة الميدانية بتاريخ 2024/9/28

الاحداثية 36°32'11"N – 42°44'26"E

الصورة(4) ندب الاذابة في الصخرة



المصدر: دراسة الميدانية بتاريخ 2024/10/15

الاحداثية 36°34'13"N – 42°44'09"E

2.عملية التعريةErosion Process

تعد من العمليات الجيومورفولوجية المتميزة بسبب ما تتركه من آثار واضحة على سطح الارض وبشكل مستمرة، إذ تقوم بإزالة ونقل الصخور المفككة ومواد التربة الناتجة عن عمليات التجوية الى أماكن اخرى جديدة مما تعمل على تكوين أشكال جيومورفولوجية جديدة، وتعد المياه الجارية والرياح من أهم العوامل المساهمة في تنشيط عمليات التعرية بمختلف انواعها. تنقسم عملية التعرية الى عمليتين رئيسيتين هما التعرية الريحية والتعرية المائية والتي يتم التطرق اليها:

1.2 التعرية المائية Water Erosion

1.1.2 تعرية المسيلات المائية Rills Erosion

تحدث المسيلات المائية في منطقة الدراسة عندما يزداد معدل انحدار الارض عن الاستواء، فتؤدي الى زيادة سرعة الجريان عند التساقط المطري الغزير فتكون مجاري مائية صغيرة وقصيرة وضيقة ومتوازية، وتعمل على توسيع هذه المجاري و توصيلها ببعضها لكي تشكل مجرى واحد تزداد فيه قدرة المياه على التعرية وتقوم بتحريك المفتتات ومن ثم نقلها وترسيبها، وبذلك تظهر على شكل شبكة من المسيلات المائية الناتجة عن التساقط المطري والتي لا يتجاوز عمقها بضعة سنتيمترات وتصل اطوالها الى عدة أمتار(Attiya,2023). ينتشر هذا النوع من التعرية في عدة مناطق متفرقة من ادنى الحوض وكما يتضح من الصورة(5) التي تظهر على شكل شبكة من الخطوط المتوازية على سطح سفوح التلالية في شرق منطقة الدراسة بالقرب من مصب الحوض باتجاه نهر دجلة.

2.1.2 التعرية الاخدودية Gullies Erosion

تعد التعرية الاخدودية مرحلة متقدمة من التعرية المسيلية، إذ تنشأ من التقاء المسيلات المائية التي تتجمع مع بعضها مكونة مجاري مائية ذات ابعاد واضحة بمرتبة نهرية اعلى فتزداد قدرتها على تفتيت وجرف ونقل القطع الصغيرة للصخور من خلال احتكاكها بجوانب الاودية الحادة وبصخور القاع التي تتأثر بالفيضانات اثناء العواصف المطرية الشديدة فتتجمع رواسبها عند نهايات الاودية، بينما يلحظ ان الطاقة الحتية للمياه تزداد في الاخاديد بزيادة الانحدار والبعد عن خط تقسيم المياه ويكون لهذا النوع من التعرية آثار سلبية على نشاطات الانسان وخاصة منها الزراعية في منطقة الدراسة(Owaid and Saeed,2021). كما يتضح من الصورة(6).

الصورة(5) المسيلات المائية في شرق منطقة الدراسة

المصدر: دراسة الميانية بتاريخ 2024/9/28

الاحداثية 36°31'52"N – 42°44'39"E

الصورة(6) التعرية الاخدودية في منطقة الدراسة

المصدر: دراسة الميانية بتاريخ 2024/9/28

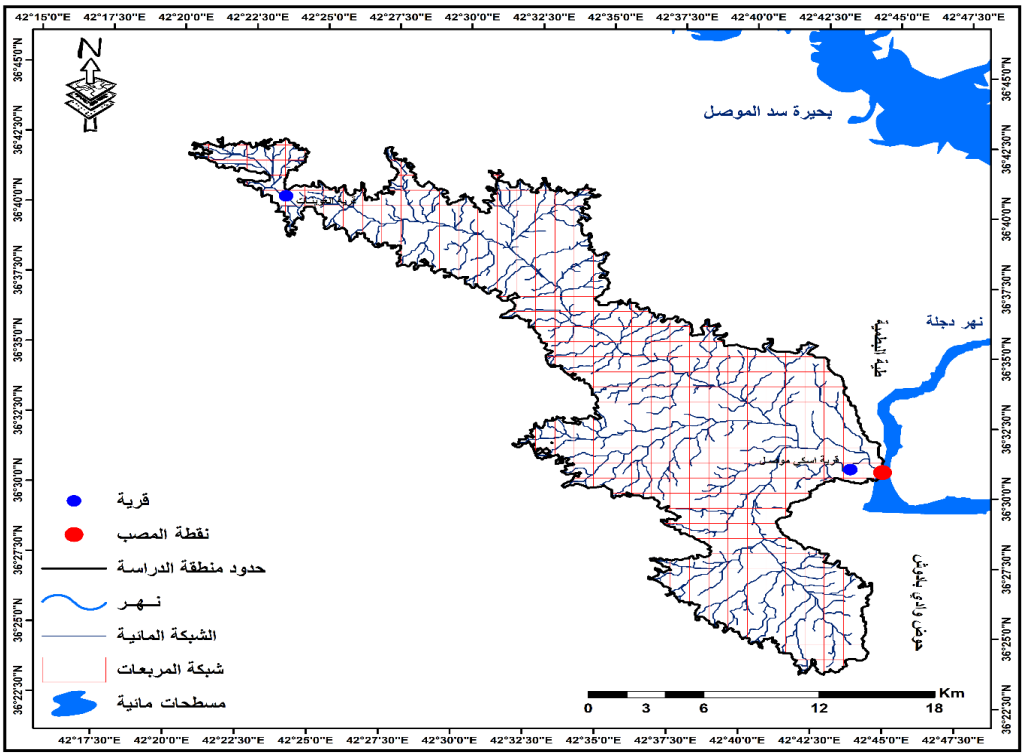
الاحداثية 36°31'51"N – 42°43'42"E

لمعرفة مدى تأثر منطقة الدراسة بعملية التعرية الاخدودية تم استخدام معادلة Bergsma التي تعتمد على الشبكة التصريفية للحوض المائي إذ يتم من خلالها التعرف على شدة التعرية الاخدودية في منطقة الدراسة من خلال تقسيم شبكة التصريف المائية الى مربعات متساوية المساحة ينظر الى الخريطة(5)، ثم تحديد مساحة كل مربع على الخريطة لقياس اطوال الأخاديد من خلال استخدام أداة متطورة في برنامج نظم المعلومات الجغرافية لتقدير التعرية الناتجة عن الجريان السطحي والتي تتلخص بقسمة مجموع أطوال المجاري الى المساحة الكلية للحوض، وذلك وفقاً للمعادلة الاتية(Owaid and Saeed,2021):

$$AE = \frac{\sum L}{A}$$

إذ ان : (AE = معدل التعرية الاخدودية م/كم^2 ، $\sum L$ = مجموع الأطوال الأخاديد ، A= مساحة الوحدة الواحدة/كم^2).

الخريطة(5) آلية عمل التعرية الاخدودية.



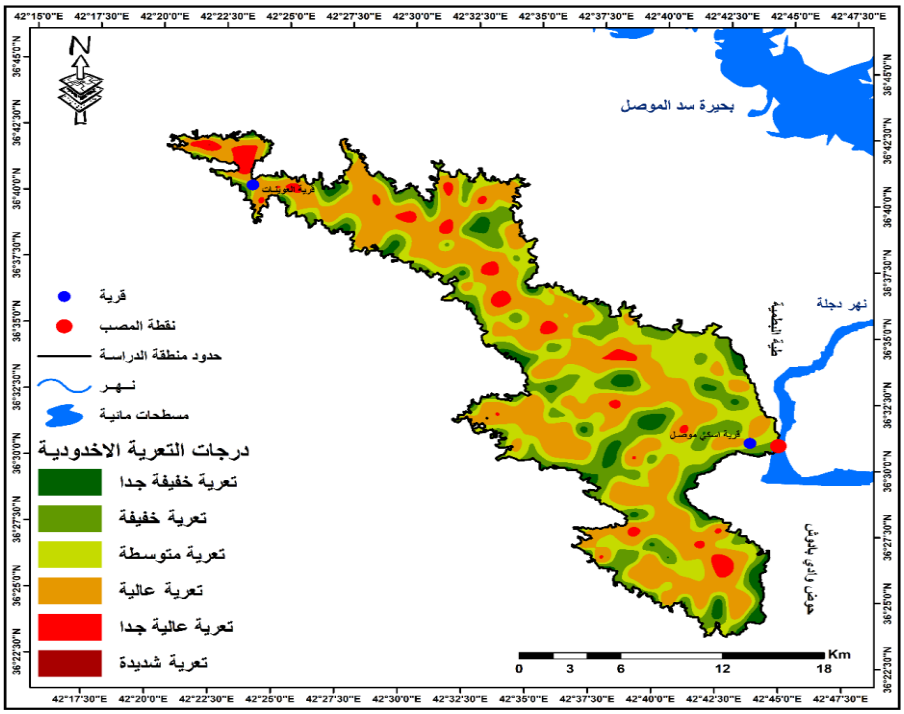
المصدر : بالاعتماد على مخرجات برنامج (Arc map 10.8) ونموذج الارتفاع الرقمي ومعادلة Bergsma.

وبحسب تصنيف Bergsma لمعدلات التعرية الاخدودية والتي تنص (1–400 تعرية خفيفة جدا، 401–1000 تعرية الخفيفة، 1001–1500 تعرية المتوسطة، 1501–2700 تعرية العالية، 2701–3700 تعرية العالية جداً ، 3701–4700 تعرية الشديدة ، 4701 فاكثر تعرية الشديدة جداً)، تضمنت المنطقة ست درجات تعروية وكما موضحة في الخريطة(6) والشكل (1). وان تباين درجات التعرية الاخدودية في منطقة الدراسة يرجع الى الطبيعة الجيولوجية ودرجة انحدار السطح فضلاً عن شدة التساقط المطري والغطاء النباتي.

فيما يلي انطقة التعرية الاخدودية بمساحتها ونسبها في منطقة الدراسة:

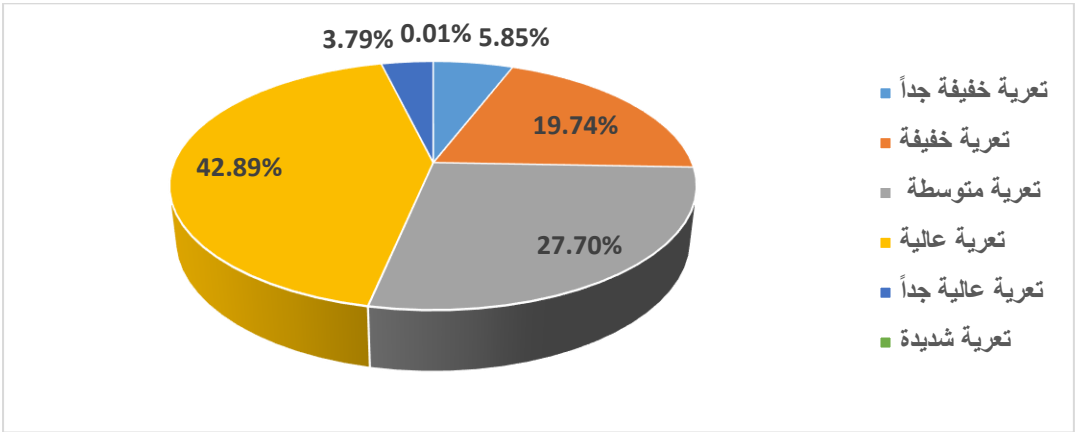
1. **نطاق التعرية الخفيفة جداً:** تنتشر في أجزاء متفرقة وتبلغ مساحة هذا النطاق (20.20 كم^2) اي ما نسبته (5.85%) من مساحة منطقة الدراسة، إذ تكون فعالية التعرية في هذا النطاق قليلة جداً نظراً للنفاذية الصخور وللانحدارات قليلة التي تمتاز بها.
2. **نطاق التعرية الخفيفة:** يشغل هذا النطاق مساحة(68.15 كم^2) اي ما نسبته (19.74%)، وتتركز في مناطق متفرقة من أدنى الحوض والتي تمتاز بالانحدار البسيط وضعف نشاط الحتي .
3. **نطاق التعرية المتوسطة:** تمثلت بالمرتبة الثانية بعد التعرية العالية من حيث المساحة ، إذ شغلت حوالي (95.61 كم^2) اي ما نسبته (27.70%) حيث تنتشر في المناطق التي تمتاز بالانحدارات المتوسطة وزيادة فعالية التعرية مقارنة بالأنطقة السابقة.
4. **نطاق التعرية العالية:** تشغل أكبر مساحة للتعرية الاخدودية في منطقة الدراسة فيها اكثر من ثلث مساحة المنطقة إذ بلغت مساحتها (148.05 كم^2) اي ما نسبته(42.89%) وذلك وفقاً للظروف المناخية الحالية التي تعمق وتزيد من شدة هذه العملية مع مرور الزمن، وتتمثل بزيادة فعالية التعرية وسرعة عمل المجاري المائية في تفتيت وحت الصخور ونقلها.
5. **نطاق التعرية العالية جداً:** وهي تعرية ذات درجات عالية جداً تنشط في مناطق متباينة الارتفاع ذات انحدارات خفيفة ومتوسطة في منطقة الدراسة بمساحة (13.11 كم^2) اي ما نسبته (3.79%).
6. **.نطاق التعرية الشديدة:** تمثل اقل انواع التعرية الأخدودية في المنطقة والتي تشغل مساحة ضئيلة جداً تبلغ (0.02 كم^2) اي ما نسبته (0.01 %) في اقصى شمال منطقة الدراسة.

الخريطة(6) التعرية الاخدودية حسب تصنيف (Bergsma) في منطقة الدراسة.



المصدر : بالاعتماد على مخرجات برنامج (Arc map 10.8) ونموذج الارتفاع الرقمي ومعادلة Bergsma.

الشكل(1) النسبة المئوية لمساحة التعرية الاخدودية في منطقة الدراسة.



المصدر: بالاعتماد على الخريطة (6).

2.2 التعرية الريحية Wind Erosion

تعد التعرية الريحية من أهم العمليات الجيومورفولوجية السائدة في منطقة الدراسة وهي تعني رفع ونقل حبيبات التربة الجافة والمفككة بفعل طاقة الرياح الحركية. إذ تحدث عندما تصطدم جزيئات التربة أو الرمل الصغيرة (التي تكون محمولة بالرياح) بالصخور والأسطح الصلبة مما يؤدي إلى تآكلها تدريجيًا وهذه الاصطدامات رغم صغر حجمها تحدث بشكل مستمر وتؤدي إلى تأثيرات تسبب خدوشًا وأضراراً كبيرة على السطح بمرور الوقت(Camuffo,1995)، تنتج حركة النقل بفعل الرياح من خلال ثلاث طرق رئيسية وهي القفز والتعلق والدحرجة، حيث يعتبر القفز العملية الاساسية إذ تتسبب الرياح في رفع الحبيبات الدقيقة لمسافات افقية تعادل اربعة اضعاف ارتفاع قفزتها، بحيث ترتفع حوالي 20–30 سم وتتحرك بزاوية 12 درجة عند هبوطها و يؤدي هذا القفز الى تصادمات مع حبيبات اخرى مما يعزز تأثير التعرية ويزيد من تآكل السطح (Dirji, and other,2019) ويؤدي الى نقل الجزيئات العالقة لمسافات قد تصل الى مئات الكيلومترات بعيداً عن المصدر. تتحكم مجموعة من العوامل بعمل الرياح كخشونة السطح وسرعة الرياح واضطرابها ومدى تماسك التكوينات السطحية.

تعد منطقة الدراسة ذات مناخ شبه جاف تنشط فيها عملية التعرية الريحية لارتفاع درجات الحرارة صيفاً وتباينها فصلياً، وكذلك قلة الغطاء النباتي في ادنى حوض وادي المر فضلاً عن انبساط الارض والذي يعد عاملاً مساعداً في عمل التعرية الريحية وحركتها وعدم اعتراضها اي عائق، وايضا تلعب عملية التجوية دوراً في زيادة حدوثها لكونها تؤدي الى تفكك ذرات التربة وبالتالي تعرضها الى عملية التعرية الريحية التي تسهم عن طريق عمليتين هما التذرية الريحية وعملية النحت الريحي في الصقل للصخور منطقة الدراسة.

ولأجل قياس شدة التعرية الريحية في منطقة الدراسة تم الاعتماد على معادلة (Chepil) وهي معامل مناخي لقياس معدل فقدان التربة بسبب الرياح، حيث تتناسب هذه المعادلة مع ظروف المناطق شبه الجافة، وتقوم على اساس الجمع بين تأثير القيمة الفعلية للأمطار لثورنثويت وبين سرعة الرياح ميل/ساعة لأجل الحصول على درجة القابلية المناخية لتعرية الرياح وذلك من خلال المعادلة الاتية:(Chepil and others,1962):

$$C= 386 \frac{(V)^3}{(PE)^2}$$

إذ ان (C يمثل القابلية المناخية للتعرية الرياح، V يمثل المعدل السنوي لسرعة الرياح(ميل/ ساعة)، PE يمثل التساقط الفعال)، ويستخرج معدل سرعة الرياح (ميل/ساعة) من خلال ضرب معدل سرعة الرياح(م/ثا) على (60×60) ثم يقسم الناتج على (1000) ، ثم تقسم الناتج على (1.6) ميل، وان معدل التساقط الفعال يستخرج من خلال المعادلة الاتية:

$$PE= 115\ (P|T-10)^{10/9}$$

إذ ان (P يمثل التساقط السنوي ويقاس بالانج، T يمثل معدل درجة الحرارة ومقاسة بالدرجة الفهرنهايتية)، ويستخرج مجموع التساقط(انج) من خلال تقسيم كمية التساقط على 25.39، اما درجة الحرارة فهرنهايتية يستخرج من خلال معدل درجة الحرارة × 1.8 + 32.

من ملاحظة الجدول (3) وبعد تطبيق معادلة (Chepil) على محطة منطقة الدراسة تبينت انها تقع ضمن درجة التعرية العالية جداً وذلك وفق تصنيف (Chepil) التي تنص على ان (اقل من 17 فأنه تعرية قليلة جداً، 18–35 تعرية قليلة، 36–71 تعرية متوسطة، 72– 150 تعرية عالية، اكثر من150 تعرية عالية جداً)، وبذلك بلغت القابلية المناخية لتعرية الرياح في منطقة الدراسة (527.36) ويرجع السبب في ذلك الى طبيعة المناخ الذي تمتاز به المنطقة من ارتفاع درجات الحرارة وقلة التساقط المطري فضلا عن قلة الغطاء النباتي وانعدامه في بعض الأجزاء ناهيك عن دور اتجاه الرياح التي تزيد من تأثير التعرية في المناطق الوسطى والشرقية والشمالية الشرقية نتيجة هبوبها من الأجزاء الغربية والجنوبية الغربية في منطقة الدراسة، ونتيجة لارتفاع القابلية المناخية لتعرية الريحية فأنها تمارس دورها الجيومورفولوجي من خلال عمليتي الحت والتذرية التي تنعكس أثارها على الأشكال الأرضية الناتجة عنها في منطقة الدراسة.

الجدول(3) القابلية المناخية لتعرية الرياح وفق معادلة (Chepil) في محطة منطقة الدراسة.

المعدلات	معدل سرعة الرياح السنوية (V) (ميل/ ساعة)	معدل التساقط السنوي (P) (انج)	معدل الحرارة السنوي (T) فهرنهايت	معدل التساقط الفعال (PE)	القابلية المناخية لتعرية الرياح (C)	درجة التعرية
المحطة	6.975	9.79	68.54	15.76	527.36	تعرية عالية جداً

المصدر: بالاعتماد على الجدول (1)، وعلى معادلة (Chepil).

2. عملية الترسيب Deposition Process

تعد عمليات الترسيب ذات أهمية كبيرة بسبب دورها الجيومورفولوجي في تشكيل المظاهر الارضية الارسابية. وهي عملية بنائية و مرحلة أخيرة من عمليات المورفومناخية بعد التجوية والتعرية والتي تحدث عندما تنخفض قوة العامل على الحمل وهذا يؤدي الى ترسيب هذه الحمولة وذلك حسب حجم المواد المنقولة و طبيعتها، فتنتج أشكال ارضية متعددة (الحجامي، 2020). وان ادنى حوض وادي المر منطقة

ارسابية إذ بلغت مساحة رواسب الزمن الرباعي (278.72 كم^2) من اجمالي مساحة المنطقة البالغة (345.14 كم2)، ولمعرفة كمية الرسوبيات في منطقة الدراسة تم تطبيق معادلة فورنيه (Fournier) وذلك من خلال المعادلة الاتية (Fournier,1960):

$$\text{Log Qs} = 2.65 \log\ p2/p + 0.46(\log H)\ (\tan S) - 1.56$$

إذ ان Log Q s = المعدل السنوي للناتج الرسوبي / طن / م2/ السنة

P2 = مربع معدل اعلى شهر مطري في السنة/ ملم

P = معدل الامطار السنوي / ملم

H = معدل ارتفاع الحوض / م

S = ظل زاوية الانحدار بالدرجات

بعد تطبيق المعادلة بلغت كمية الرواسب في منطقة الدراسة (1.364) طن/ م ^{2}/ سنة وهو معدل يعكس كمية الرواسب المنقولة من اعالي الحوض والمتراكمة في المنطقة مما تشير الى استقرار عملية الجريان السطحي والترسيب وهذا يدل على تأثير عوامل الطبيعية التي تتناسب مع طبيعة المنطقة الجغرافية والجيومورفولوجيا.

الاستنتاجات:

1. تميزت تضاريس منطقة الدراسة بأنها تميل الى الاستواء في أغلب أجزائها إذ بلغ أعلى ارتفاع لها (343 متر) فوق مستوى سطح البحر.
2. تتمتع المنطقة بمناخ شبه جاف حسب معادلة ديمارتون إذ بلغ معدل العام لدرجات الحرارة (20.3 درجة مئوية) بلغ (8.20)، بينما سرعة الرياح (3.1 م/ ثا) بلغ (8.20) اما مجموع السنوي للأمطار بلغ (248.6/ ملم) مما يكون له تأثير واضح في تكوين المظاهر الجيومورفولوجية في منطقة الدراسة .
3. عند تطبيق معادلة (Chepil) على محطة منطقة الدراسة نجد انها تقع ضمن درجة التعرية العالية جداً إذ بلغت نحو (527.36) ويرجع سبب ذلك الى طبيعة مناخ المنطقة من ارتفاع درجات الحرارة وتذبذب كميات الأمطار فضلا عن قلة الغطاء النباتي.
4. اهمية التقانات الحديثة في التوصل الى نتائج دقيقة تساعد في معرفة شدة التعرية الاخدودية ومناطق انتشارها، وان التعرية الاخدودية العالية هي المظهر السائد في المنطقة حيث بلغت مساحتها (148.05 كم^2) اي ما نسبته (42.89%) من مجموع مساحة منطقة الدراسة.

5. اتضح من خلال تطبيق معادلة فورنيه في منطقة الدراسة بان كمية الرواسب بلغت (1.364) طن / م ^{2}/ سنة مما يعكس كمية الرواسب المنقولة من اعالي الحوض والمتراكمة في المنطقة.

التوصيات:

1. تحسين ادارة المياه بإقامة السدود الصغيرة للمحافظة على المورد المائي والحد من التعرية المائية.
2. عمل احزمة خضراء حول المناطق لتقليل من التعرية الريحية وحماية الاراضي الزراعية فضلا عن اهميتها في المحافظة على بيئة المنطقة.
3. وضع الخطط التنموية لاستثمار الموارد الطبيعية في المنطقة واصلاح الاراضي المتدهورة.
4. بالإمكان قيام دراسة حول استثمار الموارد المائية في حوض منطقة الدراسة لتحقيق التنمية البيئية.

Bibliography of Arabic References (Translated toEnglish)

- Abdul Rahman, Idris Salah, Hydromorphometry of the southern basins of Mount Bekhair (a study on water harvesting), Master's thesis, University of Dohuk, College of Education for Human Sciences, 2022.
- Abdel-Zahra, Muhammad Adnan, Hussein Joban Oraibi, geomorphological processes affecting the formation of the landforms of the Wadi al-Azhar basin in southern Iraq, Basra Research for the Human Sciences, Volume 47, Issue 4, 2022.
- Abdul Hussein, Hussein Ali, The effect of the expansion of the thermal range on the formation of some geomorphological features in the western Iraqi plateau (a study in climatic geomorphology), University of Kufa, College of Arts, Volume 1, Issue 13, 2012.
- Atallah, Michel Kamel, Basics of Geology, 3rd edition, Dar Al-Masirah for Publishing, Distribution and Printing, Jordan-Amman, 2009.
- Attiya, Zafer Mandal, Integration of modern technologies (GIS, RS) and digital indicators (INDAXS) in determining geomorphological risks to the ancient city of Ur for the year 2022, Kirkuk University Journal for Human Studies, Volume 18, 2023.
- Al-Ani, Khattab Sakkar, Nouri Khalil Al-Barazi, Geography of Iraq, National Library in Baghdad, 1979.
- Behairy, Saladin, Principles of Physical Geography, 2nd edition, Dar Al-Fikr, Damascus - Syria, 1996.

- Chepil.W.S, Arambrast. F.H, Armbrust. D.V, Climati Factor For Estimating Wind Erodibility Of Farm Fields, Reprinted from JOURNAL OF SOIL AND WATER CONSERVATION, 17 (4), 1962.
- Camuffo, Dario, Physical Weathering Of Stones, The Science Of The Total Environment, 1995.
- Dirja,Marcel, And Other, Wind Erosion-Causes And Effects, ProEnvironment, 12,2019.
- Frederic Fournier, Climat Et Erosion, Presses Universitaires De France, Paris, 1960.
- Al-Hajami, Bassem Abbas Judah, Geomorphological evaluation of the basins of the Umm Rahal valleys in southwestern Iraq and its effects on sustainable development, Master's thesis, Al-Muthanna University, College of Education for Human Sciences, 2020.
- Henri Robert Hack, Weathering Erosion And Susceptibility To Weathering, Published in Hack, H,R,G,K, Switzerland AG, 2020.
- Hassan, Marwa Abd al-Hadi, Falah Hassan Abd, and Sarhan Naeem al-Khafaji, The impact of morpho-climatic processes on the cultural city of Nippur (Nefer), Tikrit University Journal of Human Sciences, Volume 29, Issue 11, 2022.
- Huggett,Richard John, Fundamentals f Geomorphology, Third Edition, Routledge Taylor And Francis Group, London And NEW YORK, 2011.
- Al-Khashab, Wafiq Hussein, Ahmed Saeed Hadid, and Mahdi Muhammad Ali Al-Sahhaf, Geomorphology (its definition, development, fields and applications), University of Baghdad, 1978.
- Karbal, Abdul-Ilah Razouki, Geomorphology, University of Basra, College of Arts, Basra, 1986.
- Al-Maliki, Abdullah Salem, Basics of Landforms (Geomorphology), 1st edition, Dijlah Library for Printing, Publishing and Distribution, (Baghdad), Al-Wadah Publishing House (Amman), 2016.
- Matthews, William, translated by Hafez Shams al-Din Abdul Wahab, Physical and Historical Geology, 1st edition, Al-Bardi, 2006.
- Musa, Ali Hussein, Climate and Agriculture, Damascus House, Damascus, 1994.
- Al-Naqqash, Adnan Baqir, Mahdi Muhammad Al-Sahhaf, Geomorphologist, Ministry of Higher Education and Scientific Research, University of Baghdad, 1989.

- Al-Obaidi, Hind Abdul-Karim Hamid, Geomorphism of the Wadi Al-Zalmi Basin and its Impact on Sustainable Development, Master's Thesis, Al-Mustansiriya University, College of Basic Education, 2023.
- Owaid, Intisar Mazhar, Hala Muhammad Saeed, Evaluating the extent of water erosion in the basins of northeastern Khanaqin District/Diyala, Diyala Magazine, Issue 88, 2021.
- Schactzi, Randall, and Sharon Anderson, Soils genesis and geomorphology, Cambridge University,2005.