التجوية فى المنطقة الممتدة على الساحل الغربى للبحر الأحمر فيما بين القصير جنوباً وسفاجا شمالاً

د. عادل عبدالمنعم أحمد السعدنى
أستاذ الجغرافيا الطبيعية المساعد
كلية الآداب والعلوم الإنسانية
جامعة قناة السويس

التجوية فى المنطقة الممتدة على الساحل الغربى للبحر الأحمر فيما بين القصير جنوباً وسفاجا شمالاً

د. عادل عبد المنعم أحمد السعدنى (*)

مقدمة :

تمتد منطقة الدراسة على الساحل الغربى للبحر الأحمر فيما بين القصير وسفاجا ، ويحدها من الشرق البحر الأحمر، ومن الغرب خط كنتور ٢٠٠ متر فوق مستوى سطح البحر . ويبلغ متوسط عرض منطقة الدراسة حوالى ٧ كم وإن كانت تضيق فى الشمال بالقرب من مدينة سفاجا حيث تقترب الحافة الجبلية من البحر الأحمر ، وعندما تبتعد سلاسل جبال البحر الأحمر عن البحر الأحمر يتسع عرضها بشكل واضح كما هو الحال فى الجزء الجنوبى بالقرب من مدينة القصير . تقع منطقة الدراسة بين دائرتى عرض ٦ ً ٢٦ ْ و ٤٢ ً ٢٧ ْ شمالاً ، وخطى طول ١٤ ً ٣٣ ْ و ١٧ ً ٣٤ ْ شرقاً .

يتميز ساحل منطقة الدراسة بالاستقامة الواضحة نتيجة النشأة الصدعية للمنطقة ، كما تتمتع المنطقة بنشاط عمليات التجوية بأنواعها الثلاثة الميكانيكية والكيميائية والحيوية التى أنعكس تأثيرها فى تفتيت وتحلل الصخر ، وبالتالى تراكم كميات كبيرة من نواتج التجوية التى تسهم فى تشكيل سطح منطقة الدراسة ، وإضعاف صخورها مما يجعلها فريسة سهلة أمام عوامل التعرية المختلفة ، ويتوقف نشاط عمليات التجوية على نوعية الصخر، والخصائص المناخية السائدة ، وطبيعة انحدار سطح الأرض .

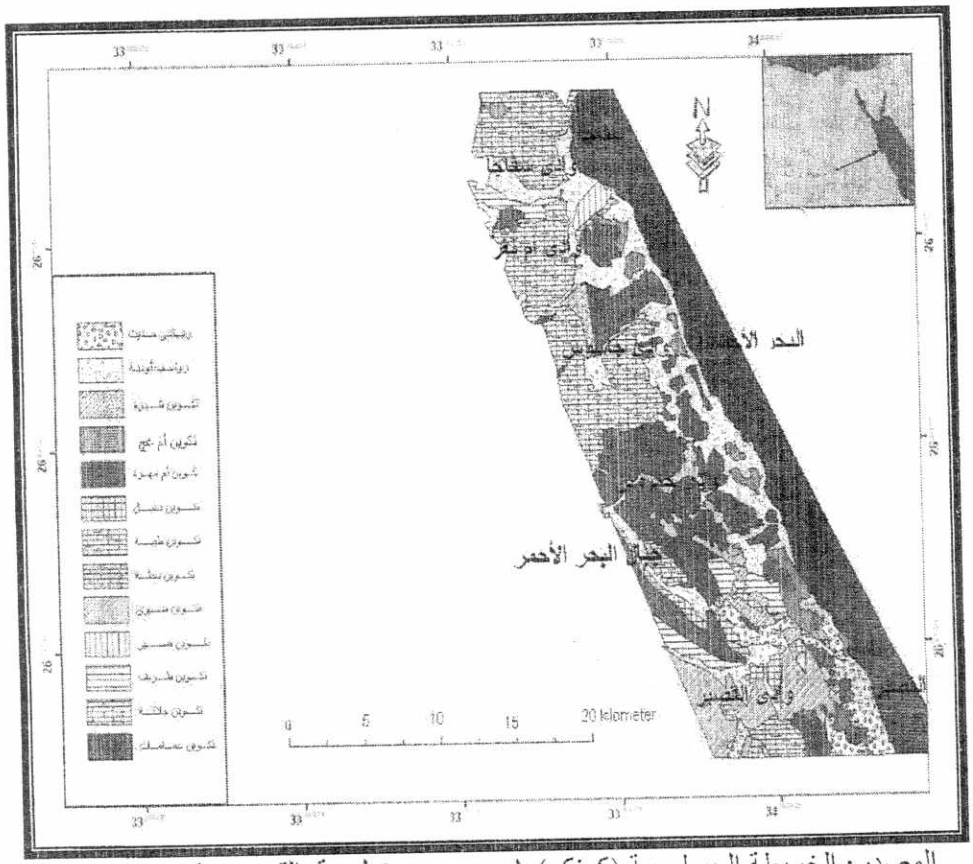
(*) أستاذ الجغرافية الطبيعية المساعد بكلية الآداب والعلوم الإنسانية جامعة قناة السويس.

تهدف الدراسة إلى الكشف عن دور التجوية فى تشكيل سطح منطقة الدراسة ، وتكوين العديد من الظاهرات الجيومورفولوجية الدقيقة ومراحل تطورها من خلال الدراسة الميدانية . وسوف تركز الدراسة على الموضوعات التالية :

أولاً : الخصائص الجيولوجية لمنطقة الدراسة .

تتميز منطقة الدراسة بتنوع تكويناتها الجيولوجية فأقدم التكوينات المكشوفة التى تظهر على السطح ترجع إلى عصر ماقبل الكمبرى وأحدثها رواسب الرباعى .

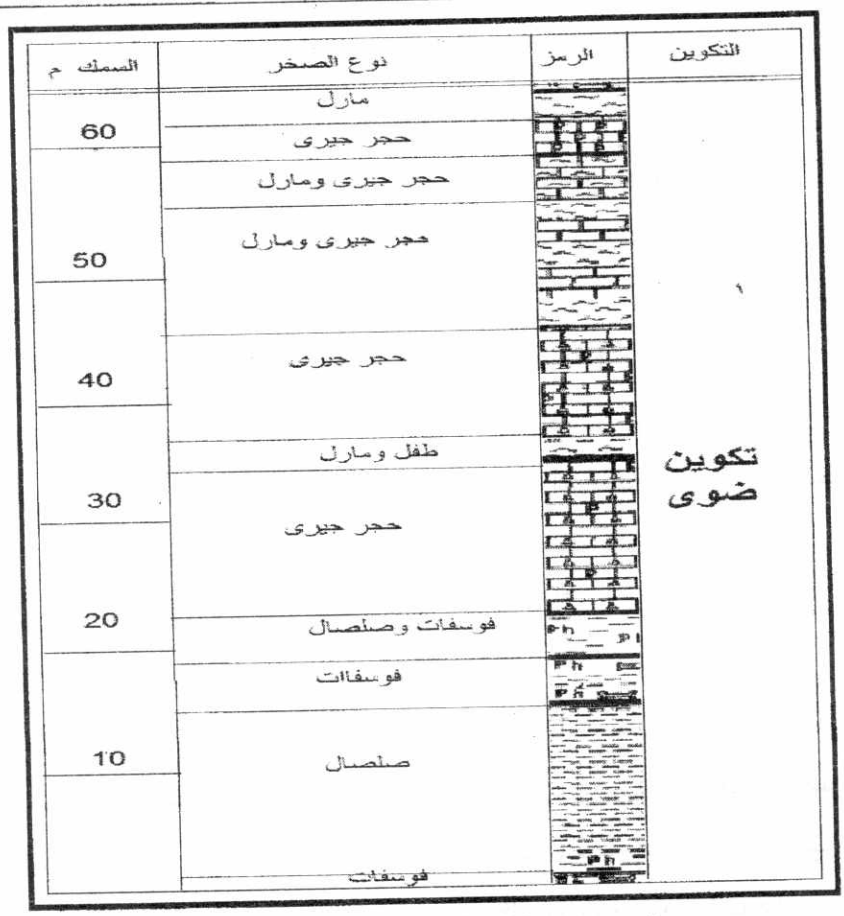
يُعد تكوين الحمامات Hammat Formation (ماقبل الكمبرى والزمن الأول) من أقدم التكوينات الجيولوجية التى نظهر على السطح فى المنطقة (شكل ١) ، وهى تتكون فى معظمها من الجرانيت والطفوح البركانية مع تداخل طبقات من الكنجلوميرايت والحجر الرملى المتداخل مع فتات من الصخور البركانية والتى تظهر فى صورة حلقات شبه دائرية على امتداد الجانب الغربى (Youssef. et al.,2009,p.764) فى مساحة تقدر بحوالى ١٩% من إجمالى مساحة المنطقة ، ويظهر فى جبل نقارة غرب مدينة سفاجا ووادى أبو أصالة والجزء الشمالى من وادى سفاجا وجنوب وادى جاسوس وشمال وادى أبو سيف وجنوب جبل زرابيت وعلى جانبى وادى قوا وغرب وادى سياتين وشمال جبل حمراوين ، وتتميز هذه التكوينات بكثرة الفواصل والشقوق التى تساعد على نشاط عمليات التجوية .



المصدر: الخريطة الجيولوجية (كونكو) ١- ٥٠٠,٠٠٠ لوحة القصير رقم (NG 36)
شكل (١) جيولوجية منطقة الدراسة

أما تكوينات الزمن الثانى (عصور الكريتاسى والمستريخى والكمبانى) والتى تظهر على الجانب الشرقى من منطقة الدراسة فى شكل أشرطة موازية لساحل البحر الأحمر وأهم هذه التكوينات تكوين القصير Quseir Formation فى منطقة القصير بجبل جاسوس وجنوب وادى حمراوين وغرب وادى سياتين وشمال وادى العمبجى فى مساحة لاتتعدى ٥% من إجمالى مساحة منطقة الدراسة، ويبلغ سمك طبقاته حوالى ٢٠٠م (Said, 1990, p. 345) ، وينتمى عمره الجيولوجى إلى

عصر الكريتاسى ، وتغطى هذه التكوينات بطبقات من الرواسب البحرية التى يبلغ سمكها حوالى ٢١ متراً (Said, 1990, p. 349). وهى عبارة عن طفل وحجر رملى كما تضم تكوينات الكريتاسى أيضاً تكوين ضـــوى Formation Duwi والذى يشغل حوالى ٩% من مساحة منطقة الدراسة ، ينتشر تكوين ضـــوى علـــى المنحدرات الشرقية لجبل نخيل وشرق أودية سياتين وحمـــراوين وســـفاجا .وهـــو عبارة عن صخور كربونية وفوسفاتية وصلصال وحجر جيـــرى أبـــيض ومـــارل وطفل، ويغطى بعضها طبقات من الرواسب البحرية المرجانية ، وتُعـــد رواســـب الفوسفات من أهم التكوينات التى تنتمى إلى هذا العصر، والتى يتراوح سمكها بين ٤ و١٠ أمتار ونسبتها تتراوح بـــين ٤٠% و ٧٠% (Said, 1990 , p. 351) (شكل ٢) ، والى الشرق يظهر تكوين الداخلـــة Dakhla Formation (عصـــر المستريختى) فى شكل أشرطة طولية من المارل والطفل والحجر الجيرى ، ويبلغ سمك طبقاتها حوالى ١٧٥ متراً (Gindy &Tamish,1985,p.316) .



المصدر: (Said,R.,1990, p. 351)

شكل (٢) قطاع جيولوجى لتكوين ضوى بمنطقة الدراسة

أما تكوينات الزمن الثالث فأهمها وأكثرها انتشاراً بالمنطقة هى تكوينات الميوسين (تكوين أم مهرا Um Mahara Formation – وتكوين ام غج –) وتكوين البليوسين (تكوين شجرا Shagra Formation) وهى تشغل ١٦% من مساحة المنطقة وتأخذ شكل أشرطة طولية موازية للساحل الغربى للبحر الأحمر ، كما فى حوض وادى جاسوس وشمال حوض وادى ستيف وغرب وادى حمراوين وجنوب وادى ستاين وفى حوض القصير وجنوب سفاجا ، وتتألف تكوين أم مهرا من الكنجولوميرايت والحجر الجيرى والصلصال ، ويبلغ سمك طبقاتها حوالى

١٨١ متراً (Samuel & Saleeb,1977, p. 45). بينما يبلغ سمك طبقات شجرا حوالى ٢٢ متراً (Philobbos & EL Haddad , 1983,p. 89) .

أما رواسب الزمن الرابع (البليستوسين والهولوسين) فهى تغطى حوالى ٤٧% من إجمالى المساحة ، وهى عبارة عن رواسب شاطئية ورواسب فيضية من الرمل والحصى إلى جانب رواسب السبخات من الملح والصلصال والمتبخرات (Mahsoub,2004, p.19) وقد أوضح كرونفلد (Kronfeld et al., 1982, p.421) أن سمك هذه الرواسب عند شاطئ البحر الأحمر يبلغ ١ م وعمرها يتراوح بين ٢٥٠٠ إلى ٦٥٠٠ عام ، بينما الرواسب الشاطئية التى يتراوح سمكها بين ٧ و ١١ متراً يتراوح عمرها بين ٨١ إلى ١٤١ ألف عام .

تنتشر رواسب الرباعى على امتداد ساحل البحر الأحمر حتى الحافة الجبلية فى الغرب وداخل أودية جاسوس وسفاجا والقصير ونقارة .

نخلص من العرض السابق أن صخور منطقة الدراسة تنقسم إلى ثلاثة أقسام هى: النارية والمتحولة فى الجانبان الغربى والشمالى على امتداد الحافة الجبلية لجبال البحر الأحمر ، والرسوبية فى الجانب الشرقى ، كما تنقسم معادن الصخور النارية إلى فاتحة اللون وأخرى داكنة اللون ، وكل معدن من هذه المعادن يؤثر على مدى نشاط عمليات التجوية .

المعادن الفاتحة هى الأكثر انتشاراً فى منطقة الدراسة مثل الفلسبار والكوارتز قابلة للامتزاج ، أما المعادن داكنة اللون مثل سيليكات الحديد والمغنسيوم والكالسيوم والهورنبلند Hornblende والأوجيت فهى معادن أكثر حمضية أى ترتفع بها نسبة السيلكا ، كما يلاحظ من خلال الدراسة الميدانية أن الصخور النارية أكثر استجابة لعمليات التجوية الميكانيكية ، بينما الصخور الجيرية تتأثر بشكل واضح بالتجوية الكيميائية ، كما أن المعادن داكنة اللون تكون أقل قابلية للتأثر بالتحلل الكيميائى من المعادن فاتحة اللون جدول (١)، فالجرانيت أقل قابلية للتأثر

بالتجوية الكيمائية (سباركس ، ١٩٨٣ ، ص ٥٢)كما هو الحال فى جبال نقارة وأم تغر ووادیی سیاتین والقصير وسفاجا وجاسوس .

جدول (١) المعادن الشائعة فى الصخور النارية

	معادن داكنة	معادن فاتحة
* أشد المعادن تأثراً بالتجوية	- أولفين	-بلاجيوكلاز جيرى
	- أوجيت	-بلاجيوكلاز غنى بالصودا الجيرى
	- هونبلند	-بلاجيوكلاز غنى بجير الصودا
	- بايوتيت	-أرتوكلاز مسكوفيت
* أقل المعادن تأثراً		-كوارتز

(جودة حسنين جودة ، ١٩٨٨، ص ٧٠)

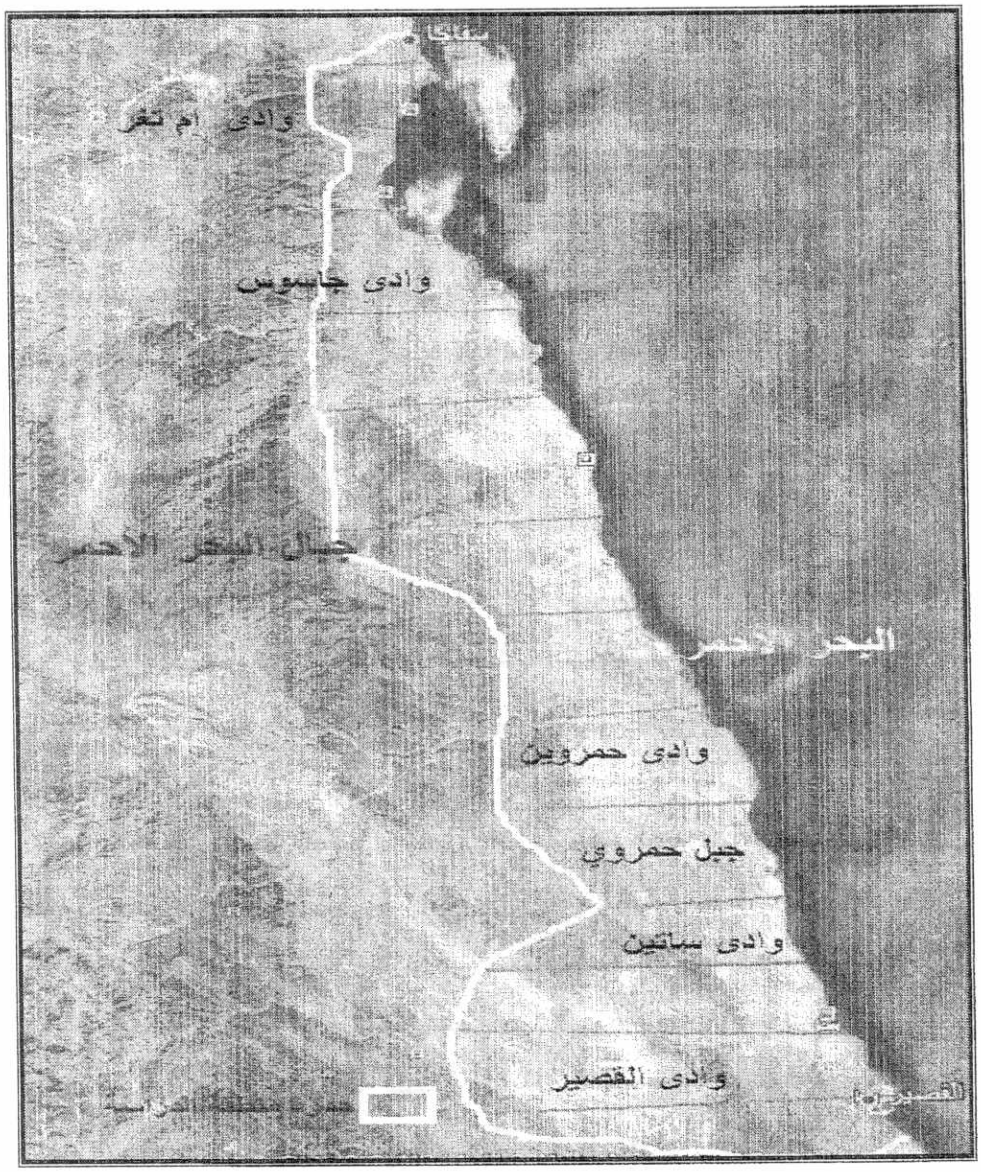
أما الصخور الرسوبية مثل الحجر الجيرى ، والتى تتكون نتيجة تراكم المواد المذابة فى المياه المالحة فإنها تحتوى على معادن كربونات الكالسيوم المترسبة كيميائياً وبقايا العضويات اللافقارية وهى مواد قابلة للتفاعل مع غازات الغلاف الجوى .

يؤثر نسيج الصخر هو الأخر فى مدى نشاط عمليات التجوية ، فمعظم صخور المنطقة النارية دقيقة الحبيبات وبالتالى فإنها أقل تأثراً بالتجوية الكيميائية وذلك لأنها أكثر تماسكاً واندماجا ، كما هو الحال فى أودية العمبجى والقصير وسفاجا وأم تغر.

ثانيا: طبوغرافية السطح .

تمتاز منطقة الدراسة بشدة الانحدار فى الجانب الغربى بسبب امتداد سلسة جبال البحر الأحمر ، مما يساعد على زيادة معدلات حركة المواد وكشف الصخور وتعريتها ، وبالتالى تصبح فريسة سهلة لنشاط عمليات التجوية وخاصة التجوية الميكانيكية ، لأن المياه تنصرف بسرعة (شكل ٣) كما هو الحال فوق منحدرات جبل نقارة فى الجزء الشمالى وجبل زرابيت وجبل حمراوين وجبل نخيل ، بينما الجانب الشرقى يمتاز بلطف الانحدار واستوائه على امتداد ساحل البحر الأحمر ، حيث تتراكم الرواسب والمفتتات التى تتشبع بالمياه ، مما يساعد على نشاط عمليات التجوية الكيميائية وتكوين قشرة صلبة Duricrusts .

يتميز سطح منطقة الدراسة بتنوع وتعدد الصدوع والفواصل والشقوق نتيجة النشأة التكتونية ، والتى ساهمت بشكل واضح فى تقطيع الصخور وإظهار التكوينات الأقدم بجوار التكوينات الأحدث فى العمر الجيولوجى ، كما أنها ساعدت على نشاط عمليات التجوية ، لأنها تمثل مناطق ضعف جيولوجى وعدم توازن للتكوينات الجيولوجية ، حيث تتخلل بعض عناصر المناخ المختلفة الصخور من خلال الانكسارات والفواصل والشقوق والمسام ، مما يساعد على ذوبان وتحلل معادن الصخور وتفككها وبالتالى تكوين بعض الظاهرات الجيومورفولوجية ، كما هو الحال فى منطقة غرب مدينة القصير ومنحدرات مجرى وادى القصير ومنحدرات أودية سفاجا وجاسوس وسياتين وقارى أم تغر وغرب مدينة سفاجا .



المصدر : موقع Google

شكل(٣) مرئية فضائية لمنطقة الدراسة

ثانياً : الخصائص المناخية .

يتأثر مناخ منطقة الدراسة بموقعها على الساحل الغربى للبحر الأحمر عن طريق تلطيف الجو خلال فصول السنة ، كما تسود الرياح الشمالية الغربية والشمالية طوال العام ، وتتميز هذه الرياح بالرطوبة والتشبع ببخار الماء ، مما يساعد على سقوط الأمطار التى تعمل بالاشتراك مع العناصر الأخرى على نشاط فاعلية عمليات التجوية ، ويمكن تحديد هذه العناصر المناخية كما يلى :

١. الحرارة .

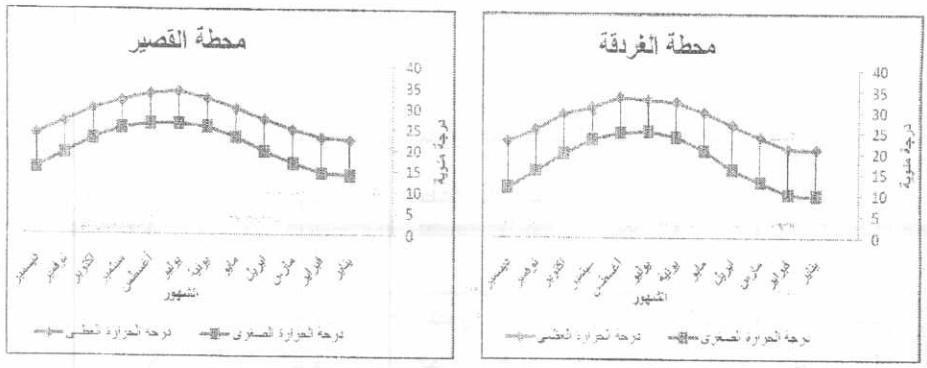
تُعد درجات الحرارة من أهم العناصر المناخية فى نشاط وفاعلية عمليات التجوية وما نتج عنها من ظاهرات جيومورفولوجية . حيث تتميز درجات الحرارة فى منطقة الدراسة بالتباين على مدار السنة كما فى الجدول (٢) و(الشكل ٤) ففى خلال شهرى يناير وفبراير تنخفض متوسطات درجات الحرارة الصغرى بسبب حالات عدم الاستقرار فى طبقات الجو العليا (طارق زكريا ،١٩٩٧، ص ٧٤) ، والتى تتراوح بين ٩,٨ و١٠,١ درجة مئوية فى محطة الغردقة و ١٤ و١٤,٥ درجة مئوية فى محطة القصير ، بينما ترتفع درجات الحرارة العظمى بشكل ملحوظ خلال يوليو وأغسطس لتتراوح بين ٣٣ و ٣٣,٦ درجة مئوية فى محطة الغردقة و٣٤ و ٣٣,٥ درجة مئوية فى محطة القصير .كما يتفاوت المدى الحرارى بشكل واضح ليبلغ المعدل العام ٩,٨ درجة مئوية فى محطة الغردقة و٧,٦ درجات مئوية فى محطة القصير، يتفاوت كذلك المدى الحرارى الشهرى داخل منطقة الدراسة ، حيث يبلغ أقصاه فى محطة الغردقة خلال شهور ديسمبر ١١,٢ درجة مئوية ويناير١١,٢ درجة مئوية وفبراير ١١,١ درجة مئوية، وفى محطة القصير يبلغ أقصاه خلال شهور ديسمبر ٨,٣ درجة مئوية ويناير ٨,٥ درجة مئوية وفبراير ٨,٥ درجة مئوية. أى أن معدلات المدى الحرارى أقل فى محطة الغردقة عن محطة سفاجا خلال شهور السنة ، ويرجع ذلك إلى دور البحر

الأحمر فى تلطيف درجات الحرارة ودفء مياه البحر .

جدول (٢) المتوسطات الشهرية والسنوية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى والمدى الحرارى بمحطتى منطقة الدراسة (١٩٨٥-٢٠١٠)

المحطة	الغردقة			القصير		
الشهور	درجة الحرارة العظمى	درجة الحرارة الصغرى	المدى الحرارى	درجة الحرارة العظمى	درجة الحرارة الصغرى	المدى الحرارى
يناير	٢١	٩,٨	١١,٢	٢٢,٥	١٤	٨,٥
فبراير	٢١,٢	١٠,١	١١,١	٢٣	١٤,٥	٨,٥
مارس	٢٤	١٣,١	١٠,٩	٢٥	١٦,٨	٨,٢
أبريل	٢٧	١٦,١	١٠,٩	٢٧,٤	١٩,٧	٧,٧
مايو	٣٠	٢٠,٧	٩,٣	٣٠	٢٣	٧
يونيو	٣٢,٥	٢٤	٨,٥	٣٢,٣	٢٥,٦	٦,٧
يوليو	٣٣	٢٥,٤	٧,٦	٣٤	٢٦,٤	٧,٦
أغسطس	٣٣,٦	٢٥,١	٨,٥	٣٣,٥	٢٦,٤	٧,١
سبتمبر	٣١,٢	٢٣,٤	٧,٨	٣١,٨	٢٥,٤	٦,٤
أكتوبر	٢٩,٦	٢٠	٩,٦	٣٠	٢٢,٩	٧,١
نوفمبر	٢٦	١٥,٨	١٠,٢	٢٧	١٩,٣	٧,٧
ديسمبر	٢٣	١١,٨	١١,٢	٢٤	١٥,٧	٨,٣
المعدل العام	٢٧,٧	١٧,٩	٩,٨	٢٨,٤	٢٠,٨	٧,٦
متوسط حرارة أدفأ الشهور	٢٩,٤			٢٩,٩		
متوسط حرارة أبرد الشهور	١٥,٦			١٨,٣		

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية ، القاهرة ، بيانات غير منشورة.



شكل (٤) توزيع درجات الحرارة بمحطتى منطقة الدراسة

يُعد المدى الحرارى اليومى والشهرى والسنوى من أكثر العوامل المؤثرة فى نشاط عمليات التجوية الميكانيكية خاصة التفاوت الحرارى ومدى تعرض الصخور إلى التمدد والانكماش وبالتالى تفكك الصخر إلى جزيئات أصغر حجماً أو تقشر السطح الخارجى للصخر وهو مايعرف بالتجوية الشمسية Isolation Weathering .

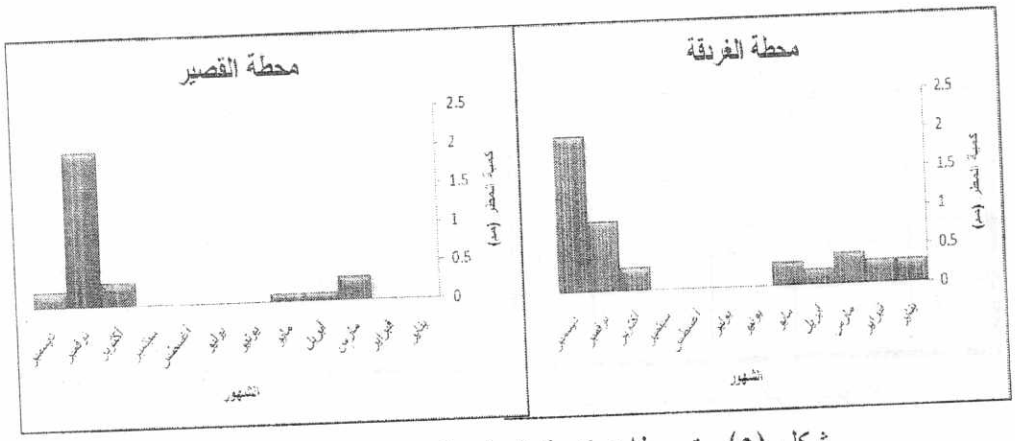
٢. الأمطار

تعتبر الأمطار أحد عناصر المناخ التى تؤثر على عمليات التجوية ، فعندما تسقط الأمطار على منحدرات الجبال والصخور فإنها تكون أكثر فاعلية فى تحلل الصخر وضعف القشرة الخارجية ، من هنا تأتى أهمية دراسة الأمطار .وان كان يلاحظ أن كمية الأمطار الساقطة على منطقة الدراسة محدودة جداً ، فهى فقيرة وشحيحة فى الكمية الساقطة ، بل قد لايسقط بها مطر على الإطلاق لعدة سنوات متتالية ، وإن سقط يسقط فى شكل رخات متفاوتة فى شدتها ، وتكون أكثر فاعلية أواخر الخريف وأوائل الشتاء خاصة فى شهر نوفمبر، حيث يرتبط سقوط المطر بالعواصف الرعدية ، ويبلغ المجموع السنوى لكمية المطر فى الغردقة ٤,١ مم والقصير ٣,٦مم.

جدول (٣) معدل كميات المطر الشهرية والفصلية والسنوية(مم) فى محطتى منطقة الدراسة (١٩٨٥ – ٢٠١٠م)

المحطة / الشهر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	الربيع	الصيف	الخريف
الغردقة	٠,٣	٠,٣	٠,٤	٠,٢	٠,٣	صفر	صفر	صفر	اثر	٠,٣	٠,٩	٢,٠	٠,٩	صفر	٠,٦
القصير	اثر	اثر	٠,٣	٠,١	٠,١	اثر	صفر	صفر	اثر	٠,٣	٢,٠	٠,٢	٠,٥	صفر	٢,٩

المصدر : الهيئة العامة للأرصاد الجوية ، القاهرة ، بيانات غير منشورة.



شكل (٥) متوسطات كمية المطر الشهرى والسنوى

تتفاوت كمية الأمطار الساقطة خلال شهور السنة حيث يمثل شهر ديسمبر أغزر شهور السنة فى الغردقة ٢سم ، وشهر نوفمبر فى محطة القصير ٢ سم ، وأقل الشهور تسجيلاً لكميات الأمطار هى شهور الصيف حيث ينعدم بها كميات الأمطار الساقطة جدول (٣) و(الشكل ٥).

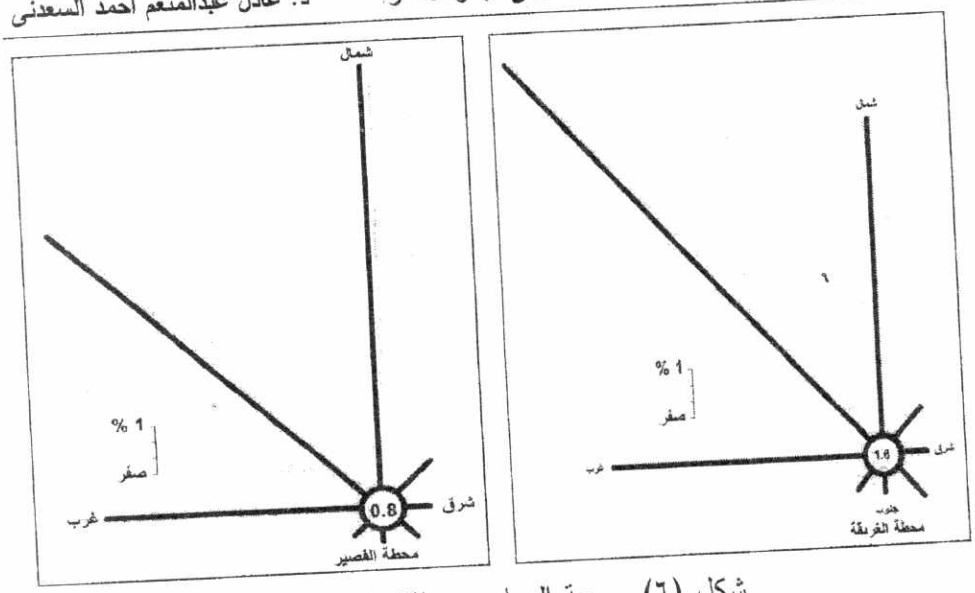
٣. **الرياح .**

تمثل الرياح أحد أهم عناصر المناخ ، وذلك لأنها تعمل على التبادل الحرارى الأفقى والرأسى ، كما أنها تقوم بحمل ذرات الملح مع رزاز المياه ويظهر تأثيرها بشكل واضح على جدران المبانى والمنشآت المطلة على البحر وكذلك تؤثر على الجروف البحرية (جيهان مصطفى ،٢٠١٢، ص ١١٤). ويلاحظ من خلال الجدول (٤) وشكل (٦) أن سرعة الرياح تتفاوت من محطة إلى أخرى وكذلك اتجاهها ، حيث تسود الرياح الشمالية الغربية ٣٩,٥% فى الغردقة و٣١,١% فى القصير ، والشمالية ٣٣,١% فى القصير ٢٠,٦ % فى الغردقة والغربية و٢٠,٥% فى الغردقة و١٨,٢% فى القصير . والشمالية الشرقية ٨,٩% فى القصير و٤,٣% فى الغردقة .

جدول (٤) النسب المئوية لعدد مرات هبوب الرياح من الاتجاهات المختلفة بمحطتى منطقة الدراسة (١٩٨٥ – ٢٠١٠م) .

المحطة	شمال	شمال شرق	شرق	جنوب شرق	جنوب	جنوب غرب	غرب	شمال غرب	سكون
الغردقة	٢٠,٦	٤,٣	٢,٢	٢,٧	١,٢	١,٨	٢٠,٥	٣٩,٥	١,٦
القصير	٣٣,١	٨,٩	٢,٠	١,٩	٢,٢	٤,٧	١٨,٢	٣١,١	٠,٨

المصدر : الهيئة العامة للأرصاد الجوية ، القاهرة ، بيانات غير منشورة.



شكل (٦) سرعة الرياح من الاتجاهات المختلفة

جدول (٥) المتوسطات الشهرية والسنوية لسرعة الرياح (كم/ ساعة)
فى محطتى منطقة الدراسة (١٩٨٥ – ٢٠١٠م)

المحطة / الشهر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المعدل السنوى
الغردقة	٢١,١	٢٣,١	٢٣,٩	٢٣,١	٢٤,٥	٢٦,٩	٢٤,١	٢٤,١	٢٦,١	٢١,١	١٩,٢	٢٠,١	٢٣,١
القصير	١٥,١	١٥,٩	١٨,٨	١٦,٥	١٦,٥	١٧,٨	١٣,٩	١٣,٩	١٧,١	١٦,١	١٨,٢	١٨,٧	١٧,٧

المصدر : الهيئة العامة للأرصاد الجوية ، القاهرة ، بيانات غير منشورة.

يلاحظ من الجدول رقم (٥) أن سرعة الرياح تزداد بشكل واضح فى محطتى منطقة الدراسة نظراً لضيق الساحل وعدم وجود عائق تضاريسى فى اتجاهات الرياح الشمالية والشمالية الغربية نفس اتجاه البحر الأحمر ، كما أن نسيم البر

والبحر يساعد على زيادة سرعة الرياح ، كما هو الحال فى محطة الغردقة حيث يبلغ المعدل السنوى لسرعة الرياح ٢٣,١ كم/ ساعة ، وفى محطة القصير ١٧,٧ كم / ساعة .

٤. الرطوبة النسبية .

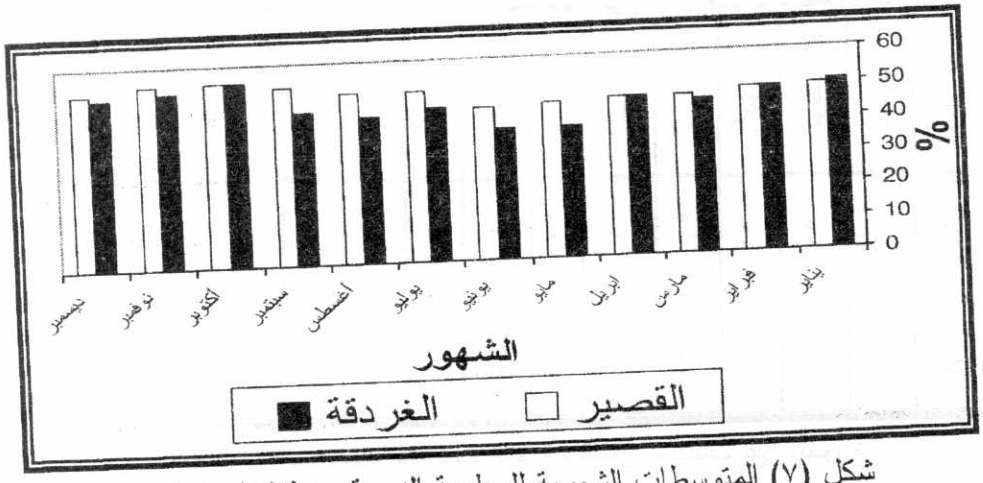
تمثل الرطوبة النسبية عاملاً فعالاً عند دراسة عمليات التجوية ، وذلك لأن عملية إزاحة القشرة السطحية للصخر وتعريته أساسية لمواصلة واستمرار فعل التجوية الميكانيكية (جودة حسنين جودة ، ١٩٨٨، ص ٨٤) ، فالرطوبة النسبية عبارة عن نسبة بخار الماء فى الجو فزيادتها فى الجو زادت أحجام البلورات الملحية داخل الشقوق والفواصل وبالتالى الضغط على جوانبها، والتى تقوم بدور مهم فى تقشر الجرانيت .

يبلغ معدل الرطوبة النسبية أقصاه خلال فصل الخريف ٥٤,٢ % فى محطة القصير و ٥١,١ % فى محطة الغردقة ، ويرجع ذلك إلى ارتفاع درجات الحرارة ونشاط عمليات التبخر ، وعلى العكس من ذلك تنخفض خلال فصل الربيع جدول (٦) و (شكل ٧)، كما يعُد شهر أكتوبر أعلى شهور السنة قيمة فى متوسطات الرطوبة النسبية حيث تبلغ ٥٥,١ % فى محطة الغردقة و ٥٥,١% فى محطة القصير .

جدول (٥) المتوسطات الشهرية والفصلية للرطوبة النسبية (%) فى محطتى منطقة الدراسة (١٩٨٥ – ٢٠١٠م)

الشهر	الغردقة	القصير
يناير	٥٠,٢	٤٩,٣
فبراير	٤٩	٤٩
مارس	٤٦	٤٧,٣
ابريل	٤٧,١	٤٧,٢
مايو	٣٩,١	٤٦,٢
يونيو	٣٥	٤٥,٢
يوليو	٤٦	٥١
أغسطس	٤٣,٣	٥١
سبتمبر	٤٥,٤	٥٣
أكتوبر	٥٥,١	٥٥,١
نوفمبر	٥٢	٥٤,٥
ديسمبر	٥١	٥٢
الربيع	٥٠,١	٥٠,١
الصيف	٤٣,٨	٤٥,٩
الخريف	٤٢,١	٤٩,١
الشتاء	٥١,١	٥٤,١

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية ، القاهرة ، بيانات غير منشورة.



شكل (٧) المتوسطات الشهرية للرطوبة النسبية بمنطقة الدراسة

٥. التبخر .

يعتبر التبخر من العناصر المناخية المهمة التى تتأثر بالعناصر المناخية الأخرى وذلك عن طريق تسخين مياه البحر الأحمر بأشعة الشمس . يتضح من الجدول (٧) و(شكل ٨) أن معدلات التبخر تنخفض بشكل واضح خلال شهور

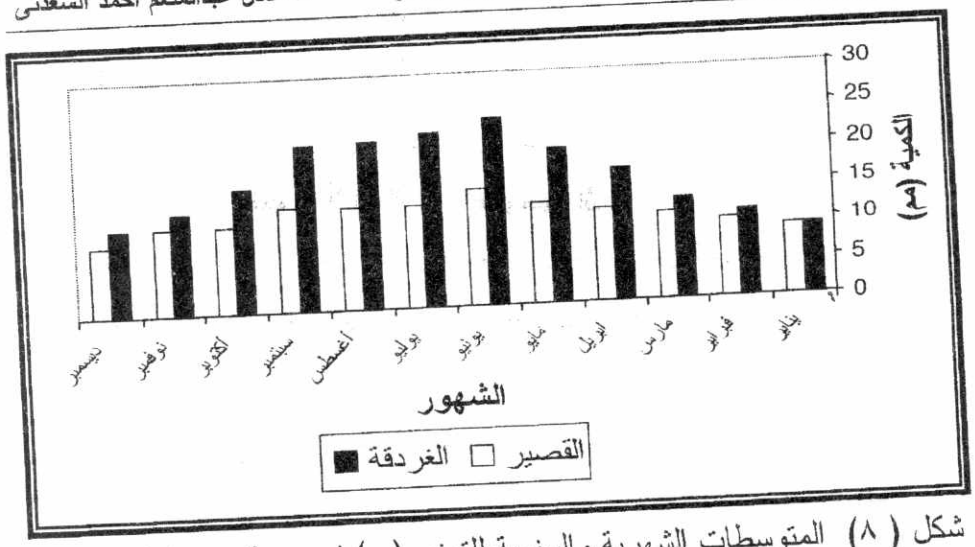
الشتاء ، حيث تبلغ فى شهر يناير حوالى ٩مم فى محطة الغردقة و٩ مم فى محطة القصير وذلك بسبب انخفاض درجات الحرارة ، بينما ترتفع بالتدريج خلال شهور الربيع والصيف لتصل أقصى حد لها خلال شهر يونيو ٢٤ مم فى محطة الغردقة و١٥ مم فى محطة القصير .

يؤدى ارتفاع معدلات التبخر إلى جفاف أسطح السبخات وتكوين طبقة من البلورات الملحية على امتداد الشريط الساحلى ، إلى جانب نمو البلورات بعد جفافها داخل الشقوق والفواصل والمسام ، مما يساعد على نشاط عمليات التجوية.

جدول (٧) المتوسطات الشهرية والسنوية للتبخر (مم) فى محطتى منطقة الدراسة (١٩٨٥ – ٢٠١٠م)

المحطة / الشهر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المعدل العام
الغردقة	٩	١١	١٣	١٧	٢٠	٢٤	٢٢,٥	٢١,٥	٢١,٤	١٦	١٣	١١	١٦,٦
القصير	٩	١٠	١١	١٢	١٤	١٥	١٣,١	١٣,٢	١٣,٣	١١	١١	٩	١١,٧

المصدر : الهيئة العامة للأرصاد الجوية ، القاهرة ، بيانات غير منشورة.



شكل (٨) المتوسطات الشهرية والسنوية للتبخر (مم) فى محطتى منطقة الدراسة

رابعاً: التجوية ومظاهرها فى المنطقة

يقصد بالتجوية فعل الجو أو الهواء الراكد الساكن عن طريق تفتت وتحطم وتحلل الصخور محلياً ، ويتم ذلك ميكانيكاً وكيميائياً أو عن طريق الكائنات العضوية ، فالتجوية تقوم بإضعاف الصخر وتفككه وتحلله دون نقلة (محمد مجدى تراب ،١٩٨٤، ص٢٢)، ويقتصر تأثيرها على السطح المكشوفة من الصخر، والذى لا يتجاوز بضعة سنتيمترات إلا فى حالة وجود بعض مناطق الضعف من صدوع وفواصل وشقوق وشروخ ، مما يجعل تأثيرها يمتد لبضع عشرات الأمتار.

تنقسم التجوية إلى ثلاثة أنماط هما : التجوية الميكانيكية – التجوية الكيميائية – التجوية العضوية .

١. التجوية الميكانيكية Mechanical Weathering .

تُعد التجوية الميكانيكية من أكثر عمليات التجوية تأثيراً ووضوحاً ونشاطاً داخل صخور منطقة الدراسة وذلك من خلال مجموعة من الطرق أو العمليات والوسائل المهمة ، التى تؤثر فى الصخر (Anderson ,2008, p.86) أهمها:

أ- التغير الحرارى .

تقع منطقة الدراسة فى النطاق الصحراوى الجاف ، والذى يتميز بارتفاع درجات الحرارة بشكل ملحوظ أثناء النهار وهبوطها أثناء الليل ، ويؤدى هذا التناوب اليومى لدرجة الحرارة فى التسخين والتبريد إلى تمدد ملحوظ فى معادن الصخور ، مما يؤدى إلى إضعافها وانفصال جزيئاتها وتحطمها إلى كتل أصغر حجماً.

تحدث هذا العملية فى منطقة الدراسة مع شروق الشمس وسقوط أشعتها على الصخر وامتصاصه لدرجات الحرارة ، مما يجعل الأجزاء السطحية تتمدد فى الاتجاهين الأفقى والرأسى طوال ساعات النهار ، وعندما تنخفض درجات الحرارة فى الليل فإنها تنكمش بنفس الاتجاهين بعد فقد حرارتها ، وهذا بدوره يؤدى إلى تفكك الصخر وعدم تماسكه صورة (٣) ، كما هو الحال فى المنحدرات الجنوبية لجبل نقارة ومنحدرات الجانب الشمالية لأودية جاسوس وسفاجا والقصير.

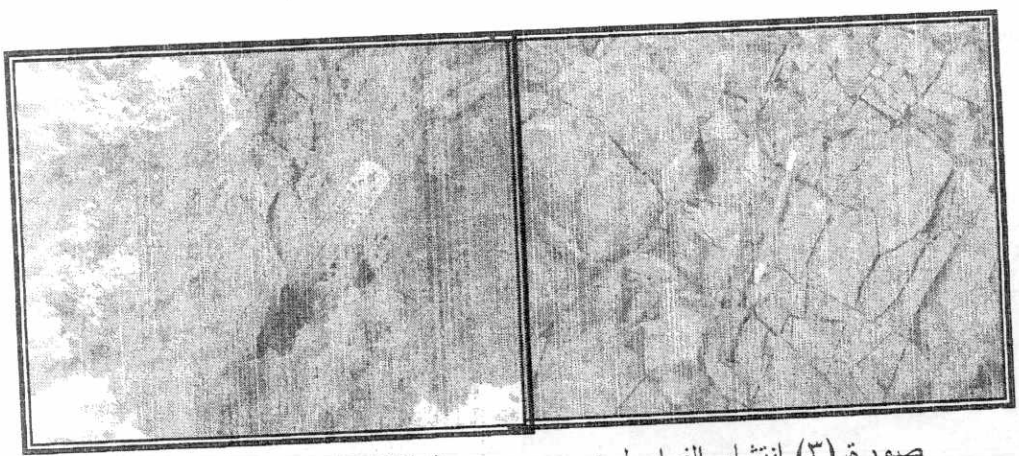
تتميز منطقة الدراسة مثلها مثل باقى المناطق الصحراوية بالتفاوت الكبير فى المدى الحرارى الشهرى والسنوى حيث تتراوح قيم المدى الحرارى السنوى بين ٩,٨ ° درجة فى محطة الغردقة و ٧,٦ ° درجة مئوية فى محطة القصير .

يلاحظ من الجدول رقم (٢) أن متوسط حرارة أدفأ الشهور تبلغ فى محطة الغردقة ٢٩,٤ درجة مئوية والقصير ٢٩,٩ درجة مئوية ، ومتوسط حرارة أبرد الشهور تبلغ حوالى ١٥,٦ درجة مئوية فى محطة الغردقة و١٨,٣ درجة مئوية فى محطة القصير. وهذا التفاوت بين شهور الصيف وشهور الشتاء يؤثر بشكل واضح على عمليات التفكك الميكانيكى للصخر بمنطقة الدراسة .

تم أثناء الدراسة الميدانية قياس درجات الحرارة داخل بعض الشقوق والفواصل يوم ٤-٣-٢٠١٢م الساعة الواحدة بعد الظهر صورة (٤) ، وكانت تبلغ

حوالى ٢٤ درجة مئوية ، بينما فى الجو العادى تبلغ ٢٠ درجة مئوية ، كما بلغت يوم ٤-٥-٢٠١٢م داخل الشقوق ٣٦ درجة وفى الجو العادى ٣١ درجة ، وهذا يشير إلى أن حرارة الصخر ترتفع أثناء النهار، وذلك لأن تكوينات الحجر الجيرى تمتص الحرارة وتحتفظ بها أثناء النهار ، كما يلاحظ أن قيم درجات الحرارة تتوقف على عدد ساعات سطوع الشمس وحركة الرياح والرطوبة النسبية ، فكلما زادت هذه القيم ، ارتفعت درجات الحرارة والعكس صحيح.

تتوقف قيم التسخين على معامل تمدد المعادن المكونة للصخر ، حيث يتراوح معامل تمدد المعادن داخل الصخور بين ٠,١٢مم و٠,١١٤مم لكل متر واحد مع كل درجة مئوية واحدة (هيوم ،١٩٧٠،ص ٥٧) تعتبر القشرة السطحية من الصخر أكثر استجابة للتسخين ويقل تأثيرها كلما تعمقنا داخله .

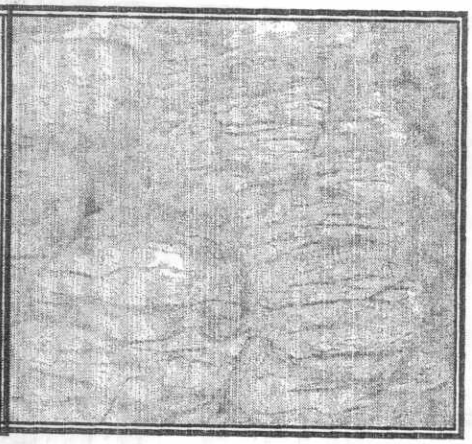


صورة (٣) انتشار الفواصل والشقوق فى جميع الاتجاهات فى وادى العمبجى

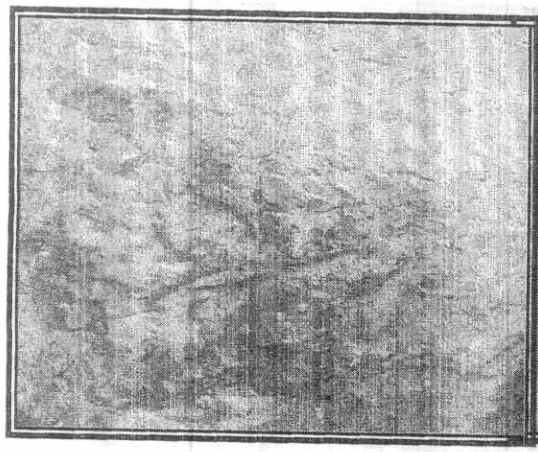
صورة (٤) قياس درجات الحرارة دخل الشقوق فى منطقة الحويطات

يرى كوك (Cooke, 1993,p.29) أن تفاوت درجات الحرارة مابين الارتفاع والانخفاض يساعد على تمدد القشرة السطحية من الصخر، فعندما تصل درجة حرارة الصخر إلى ٥٧ درجة مئوية على عمق ١٠سم من السطح فإن ذلك

يؤدى إلى تمدد الصخر بمقدار ٤،٧مم لكل متر واحد لكل درجة مئوية واحدة، وعندما تصل درجة حرارة الصخر إلى ٨,٣ ْدرجة مئوية على عمق ٢٠سم من السطح فإن ذلك يؤدى إلى زيادة تمدد معادن الصخر، ليصل إلى ٦,٨ مم لكل واحد متر لكل درجة مئوية واحدة ، وعندما تصل درجة حرارة الصخر إلى ٢,٢ ْدرجة مئوية على عمق ٣٠سم من السطح فانه يتمدد بمقدار ١,٨مم لكل ١م لكل ١ ْدرجة مئوية ، وهذا يكشف عن أن الطبقة السطحية من الصخر هى أكثر استجابة للتسخين وبالتالى الانفصال أو التقشر الصخرى Exfoliation والتى ينتج عنها انفصال قشور أو صفائح رقيقة أو سميكة من أسطح الصخر صورتى (٥ و٦)، كما هو الحال شمال وادى سفاجا والمنحدرات الشمالية لوادى الأسود وبالقرب من مصب وادى جاسوس.



صورة (٥) التقشر الصخرى للحجر الجيرى فى وادى أم عفينة جنوب سفاجا



صورة (٦) التقشر الصخرى فى الصخور النارية بوادى أبو أصالة

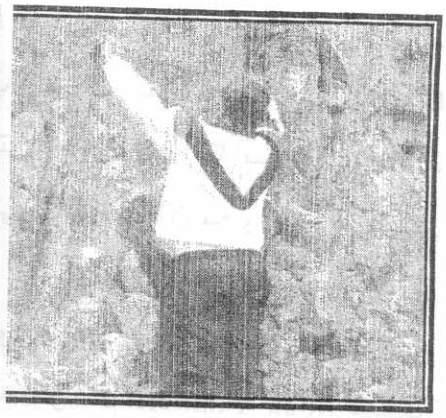
كشفت الدراسة الميدانية عن انتشار الكتل الصخرية المقطعة نتيجة انتشار الفواصل والشقوق متعددة الاتجاهات ، والتى تعمل على تقسيم الصخر إلى

مجموعة من الكتل الصخرية المتراصة، والتى تنشأ نتيجة برودة الصخور النارية، وقد تم قياس أبعاد العديد من الكتل الصخرية أثناء الدراسة الميدانية جدول (٩) صورة (٧) والتى كشفت عن أن أبعادها تتراوح بين ٥سم ١٣٠سم ، وتبدو هذه القوالب الصخرية على شكل رباعى أو ثلاثى أو سداسى الأوجه والمعروفة باسم ظاهرة التفكك الكتلى Block Separation صورة (٨) والتى تنتشر بشكل واضح على جوانب منحدرات جبل نقارة وأودية سفاجا والقصير وجوانب طريق القصير – قفط ، كما تم رصد ظاهرة تفلق الصخر Rock Shattering نتيجة ارتفاع درجات الحرارة خلال شهور الصيف والخريف بشكل واضح ، ثم ما تلبث الصخور أن تتعرض إلى أمطار مفاجئة ، مما يؤدى إلى انشطار الصخر إلى مجموعة من الكتل الأصغر حجماً صورة (٩) كما هو الحال غرب سفاجا والقصير داخل أودية القصير وسفاجة وجاسوس والعمبجى وأم تغر.

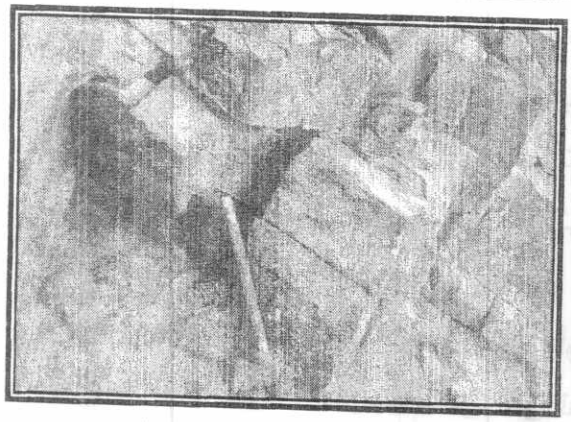
جدول (٩) أبعاد الفواصل فى منطقة الدراسة

المسافات	٨٠	٦٥	٦٠	٥٫٥	٧	٩٠	٣٥	١٥	٤٥	٣٥	٩٥	١٢٠	٤٤	٤٧
اتساع الفاصل سم	٢	١,٣	٢,٢	١,١	٣,٣	٢,٢	١,٦	٤,٤	٢,٢	١,٣	٢,٩	٣,٢	١	١,٢

المصدر : الدراسة الميدانية

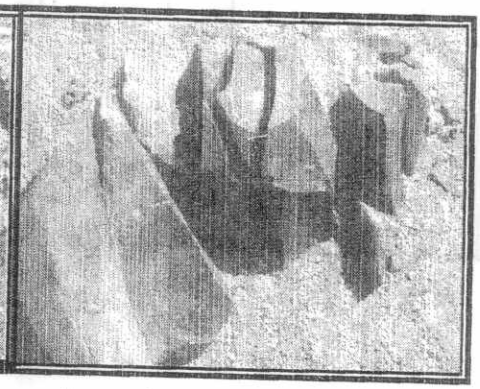


صورة (٧) قياس أبعاد الفواصل فى وادى تغر

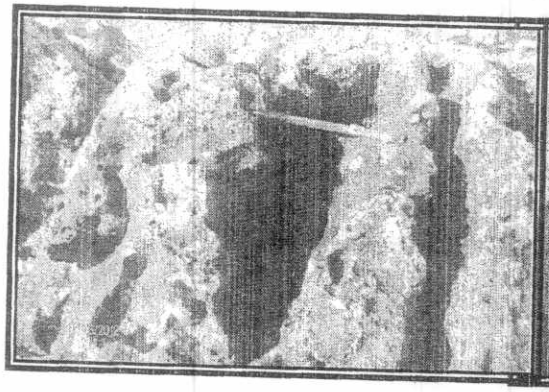


صورة (٨) التفكك الكتلى فى وادى العمبجى

تتعرض الصخور بعد عملية التسخين إلى تفكك كتلى أو تفلق صخرى ثم الانفصال والسقوط من قمم المنحدرات المرتفعة ، وينتج عن قوة الاصطدام انفراط أو تفصد Exudation أو التفكك الحصوى (الحبيبى) Granular Disintegration ، إلى جانب تعرضها للتسخين الحرارى ، وهذا ما يحدث فى غرب القصير على امتداد الجانب الغربى لمنطقة الدراسة ، كما هو الحال فى أودية نقارة وجاسوس والعمبجى والقصير وسفاجا.



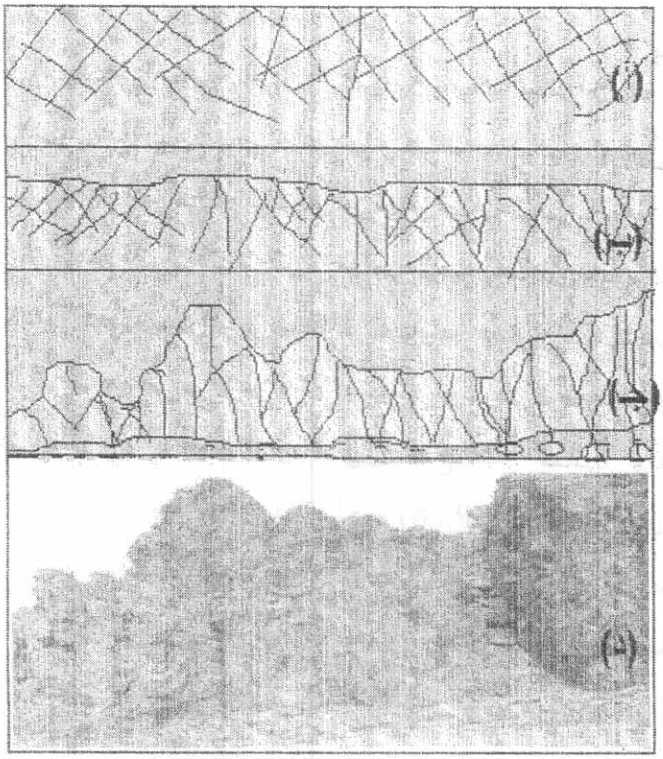
صورة (٩) انشطار الكتل الصخرية والتفكك الحبيبى شرق وادى سفاجا



صورة (١٠) دور التجوية الملحية فى توسيع الشقوق الجيرية

ب- التجوية الملحية Salt Weathering

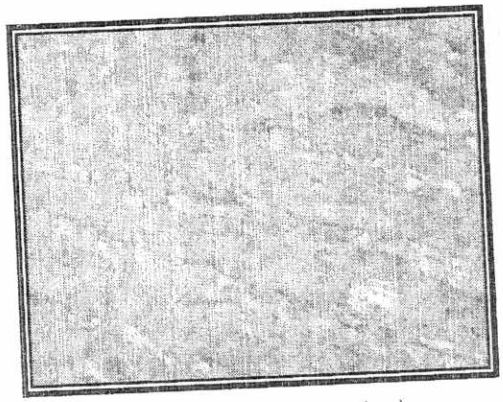
تأثرت صخور منطقة الدراسة بالتجوية الملحية بشكل واضح نتيجة موقعها على امتداد الجانب الغربى للبحر الأحمر وزيادة نسبة أملاح الصوديوم والكالسيوم والماغنسيوم المحملة بها الرياح القادمة من فوق البحر الأحمر إلى منطقة الدراسة ، علاوة على أن المنطقة تعرضت خلال عصور الزمن الثالث (الميوسين والبليوسين) والزمن الرابع (البليستوسين) إلى طغيانات بحرية متكررة (محمد صبرى محسوب، ١٩٩٠، ص ص ١٢٨-١٢٩)، حيث وجد بقايا شعاب مرجانية على منسوب أعلى بكثير من ٢٠٠ م فوق مستوى سطح البحر الحالى ، وهذا بدوره ساعد على نشاط فعل عمليات التجوية الملحية (Edgar, 2009, P.28) ، وهى عبارة عن زيادة فى حجم البلورات بعد تخلصها من الماء داخل الفواصل والشقوق والشروخ والفراغات الصخرية ، خاصة صخور الحجر الجيرى والحجر الرملى المنتشر على امتداد الجانب الشرقى من منطقة الدراسة ، وساعد على ذلك زيادة معدلات التبخر والجفاف كما سبق الذكر، وزيادة مسامية الصخر وانتشار الفواصل والشقوق والشروخ بكثافة ، والتى تعمل على تجمع الأملاح بداخلها بعد سقوط الأمطار ، وعندما تتبخر المياه يزداد حجم البلورات الملحية ، فتضغط على جوانب تلك الصخور وتكسرها ، وقد قدر كوك وآخرون (Cooke,et al., 1993, pp. 66-67) أن البلورات الملحية يزداد حجمها إلى ٤٠,٤ × ١٠,٦ لكل درجة مئوية واحدة عندما تكون درجة حرارة الصخر ٤٠ درجة مئوية صورة (١٠) ، وهذا ما يظهر بوضوح فى جنوب سفاجا ٣٠كم وشمال مدينة القصير على امتداد ساحل البحر الأحمر شكل (١٠).



شكل (١٠) مراحل تطور الفواصل والشقوق شمال غرب القصير
على ساحل البحر الأحمر شرق وادى أبو عفينة

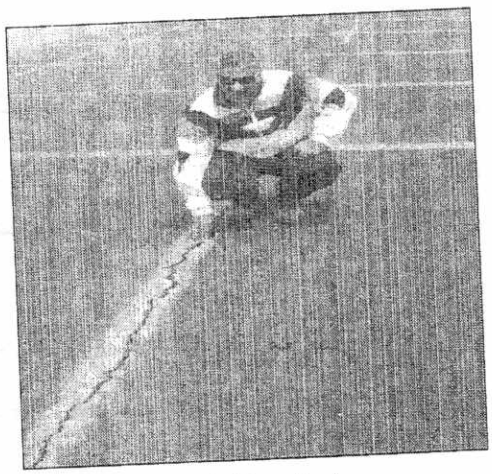
تحدث عملية التجوية الملحية أيضاً عندما ترتفع درجات الحرارة وتصعد المياه الباطنية بفعل الخاصية الشعرية ، وهى مياه مشبعة بالأملاح ، سرعان ما تجف المياه على السطح ، وتترك الأملاح المذابة ، صورة (١١) ، كما هو الحال شمال مدينة القصير ٢١كم وبالقرب من مصبات أودية سفاجا وسياتين وحمراوين. ويؤدى وجود الأملاح فى خامات البناء إلى حدوث تجوية ملحية فارتفاع درجة الحرارة والرطوبة فى الجو يؤدى إلى نمو البلورات الملحية داخل مكون مواد البناء (جيهان مصطفى البيومى ، ٢٠١٢م، ص ١١٦) مما يؤدى إلى ضعف الطبقة

الخارجية للمبانى وتأكلها صور(١٢). كما التجوية الملحية على الطرق فى المناطق المشبعة بالمياه الأرضية وصعودها بفعل الخاصية الشعرية وتبخر المياه وتراكم الأملاح داخل المسام والشقوق بالطبقة الأسفلتية مما يؤدى إلى تشققها وبالتالى تدهور الطرق على امتداد ساحل البحر الأحمر والطرق الممتدة من البحر إلى النيل صور(١٣).

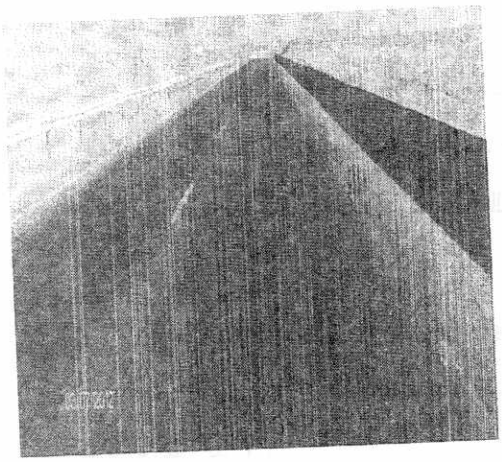


صورة (١١) ارتفاع نسبة الأملاح بواسطة الخاصية الشعرية على ساحل البحر الأحمر شرق وادى تغر

صورة (١٢) أثر التجوية على المبانى فى مدينة سفاجا



طريق سفاجا – قنا



الطريق الساحلى غرب البحر الأحمر

صورة (١٣) تشققات طولية على طرق منطقة الدراسة

٢. التجوية الكيميائية Chemical Weathering .

يقصد بالتجوية الكيميائية حدوث تفاعل بين مكونات الصخر المعدنية وغازات الغلاف الجوى ، فتحولها إلى مواد أخرى تختلف عن المادة الأصلية ، وتعتبر هذه العملية أكثر تأثيراً فى تكوينات منطقة الدراسة نظراً لقربها من البحر الأحمر وتأثيره فى تشبع الهواء ببخار الماء ، الذى يتفاعل مع الصخر ، وينتج عنها عديد من عمليات التجوية الكيميائية ، أهمها الإذابة والتأكسد والتكربن والتميؤ والتحلل المائى كما يلى :

١. الإذابة Solution

يقصد بها تحلل المعادن الصخرية فى الماء وخاصة معادن الكالسيت والملح والجبس والهاليت ، وتسبب هذه العملية زيادة اتساع مسام الصخر وإضعافه، مما يجعله فريسة سهلة لعوامل التعرية الأخرى السائدة فى منطقة الدراسة .ويتفق هذا مع ما توصل إليه (Abou El-Enin,1993,p15)، جنوب مدينة العين بدولة الامارات.

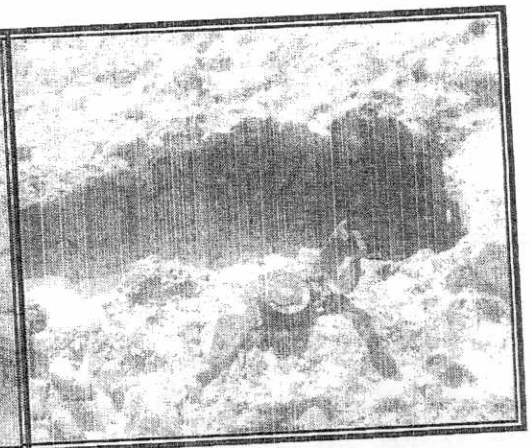
تبدأ هذه العملية بتجمع الماء داخل الفراغات والحفر والشقوق والفواصل والمسام ، ثم تتفاعل كيميائياً مع المعادن القابلة للإذابة ، وتتوقف هذه العملية على نوعية المعادن وخصائص المياه مثل الحموضة(PH) ، (غزوان سلوم ، ٢٠١١ ، ص ٦٧٤).

يلاحظ أن لكل معدن صخرى طريقة مختلفة عن الأخرى فى التفاعل مع الماء، فالهاليت (كلوريد الصوديوم + ماء = هيدروكسيد الصوديوم +حمض الهيدروكلوريد) .

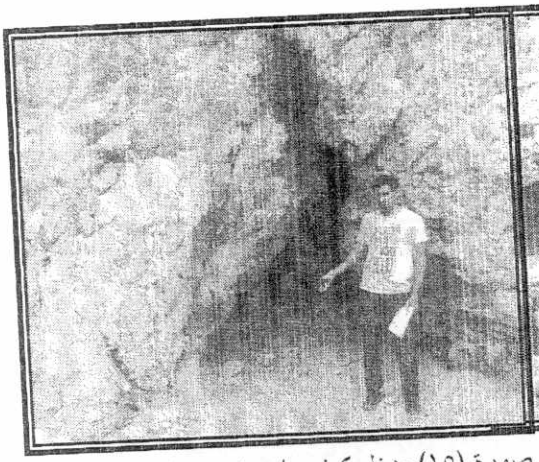
(كربونات الصوديوم + ماء = بيكربونات الصوديوم + هيدروكسيد الصوديوم).

(كربونات الماغنسيوم + ماء = بيكربونات الماغنسيوم + هيدروكسيد المغنسيوم). (ديرانت ترجمة سامى كيرلس،١٩٦٨، ص٢٠٨)

هذا يكشف عن أن معادن كربونات الصوديوم والماغنسيوم والهاليت والبوتاسيوم تتفاعل وتتحلل بواسطة الماء وتتحول إلى معادن أخرى ، وتحدث عملية الإذابة هذه فى أجزاء متفرقة من منطقة الدراسة كما هو الحال جنوب سفاجة ب ٢١كم على امتداد ساحل البحر الأحمر فى منطقة الحويطات ، وعلى امتداد ساحل مدينة القصير صورة (١٤).



صورة (١٤) حفرة إذابة شرق الحويطات

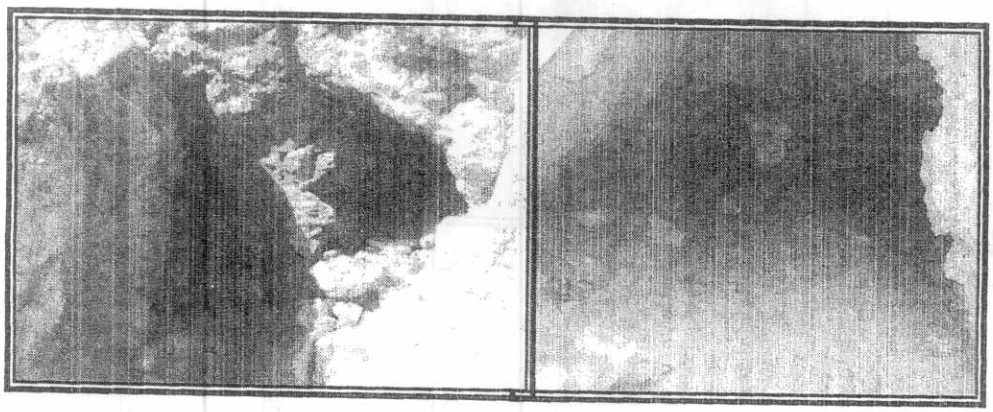


صورة (١٥) مدخل كهف وادى تغر ١٠كم غرب سفاجا

تم أثناء الدراسة الميدانية رصد بعض الظاهرات الجيومورفولوجية أهمها الكهوف وحفر الإذابة متفاوتة الأبعاد ، منها كهف تغر غرب مدينة سفاجا على بعد ١٠ كم من ساحل البحر الأحمر (على منسوب ١٨٠م فوق منسوب البحر) حيث يبلغ اتساعه عند المدخل ٣,١ أمتار صورة (١٥) وامتداده ١٤,٥متراً صورة (١٦) وارتفاع سقفه بالداخل ٢,٥متر وعرضه حوالى ٧ أمتار ، كما تم رصد كهف الحويطات (أطلق عليه هذا الاسم نتيجة قربه من طريق الحويطات) ، حيث يبلغ

اتساعه عند المدخل حوالى ٢,٢متر وامتداده حوالى ٢,٦متـــر ويتميـــز بانتشـــار الفواصل والشقوق ، ويرجع تكوينه إلى نشاط عملية الإذابة. كما يوجد كهف آخر، ارتفاع مدخلة حوالى ١,٦متر، ويتميز هذا الكهف بأنة يتسع عند المدخل ، ويضيق كلما تعمقنا إلى الداخل صورة (١٧).

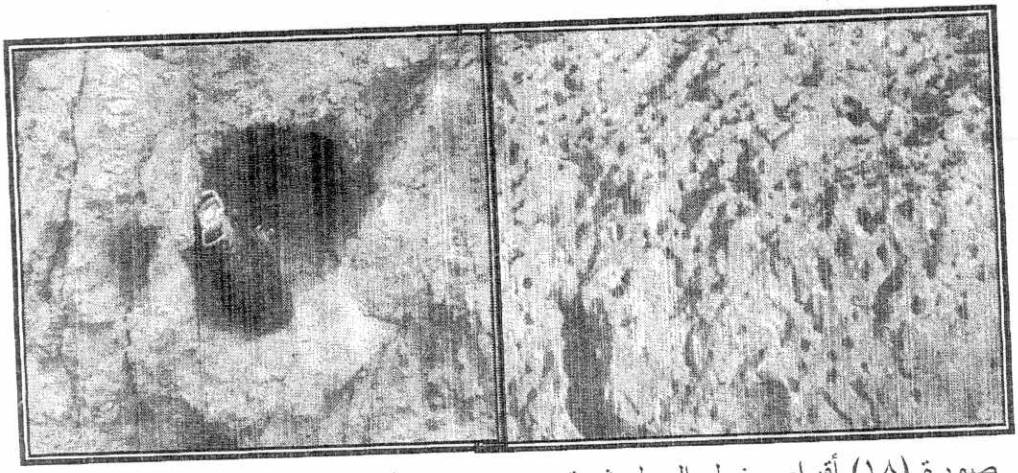
كما كشفت الدراسة عن انتشار عديد من الظاهرات الناتجة عن عملية الإذابة ، أهمها ظاهرة أقراص نحل العسل ، التى تتكون نتيجة عملية الإذابة وتكوين مجموعة من الحفر دائرية وسداسية الشكل ، ولايتعدى أطوال أضلاعها بضعة سنتمترات ، تبدأ بحفر صغيرة ، سرعان مايزيد اتساعها باستمرار عملية الإذابة بالاشتراك مع بعض عمليات التجوية الكيميائية الأخرى ، وتم رصد ظاهرة أقراص نحل العسل فى منطقة مصب وادى القصير وجنوب سفاجا وبالقرب



صورة (١٦) كهف تغر من الداخل صورة (١٧) كهف الحويطات

من مصب وادى جاسوس صورة (١٨) ، ينتشر فى المنطقة كذلك عديد من الحفر الكارستية Sink Holes على امتداد الساحل الغربى للبحر الأحمر داخل تكوينات الحجر الجيرى على ارتفاعات قد تصل إلى ١٥٠ متراً فوق منسوب سطح البحـــر على منحدرات جبل نقارة وبعض التلال المنتشرة داخل أحواض سفاجا وجاســـوس والعمبجى والقصير ، وقد تبين من خلال الدراسة الميدانية أن هذه الحفـــر يـــزداد

اتساعها وأعدادها بسبب انتشار الشقوق والفواصل والشروخ علاوة على تعرضها لمياه الأمطار خلال موسم سقوط المطر ، علاوة على انتشار الرواسب والمفتتات بها ، وقد تبين من خلال القياسات أن أبعادها تتراوح بين ٥سم و٧٥سم ، وامتداده يتراوح بين ٣سم و ٦٠سم صورة (١٩) .

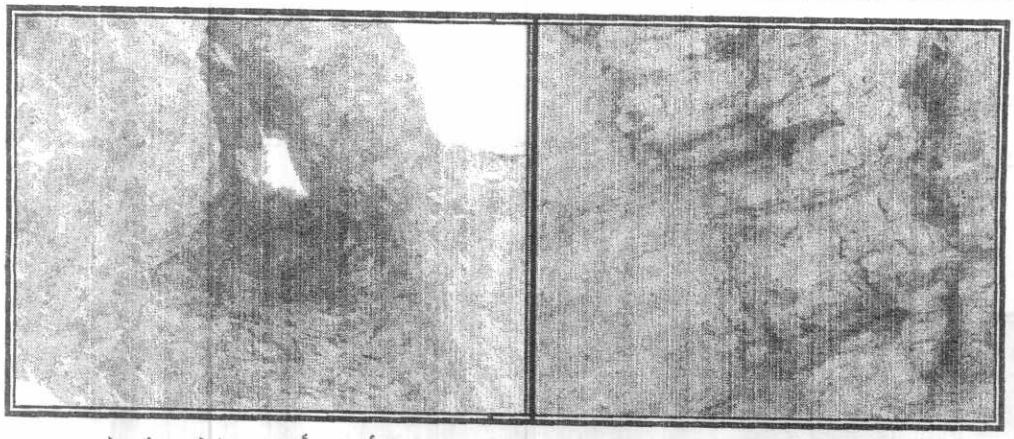


صورة (١٨) أقراص نحل العسل شرق وادى جاسوس على الساحل

صورة (١٩) حفرة كارستية ٢٠كم جنوب غرب سفاجا

تم رصد ظاهرة الحزوز الغائرة نتيجة انتشار الفواصل والشقوق ونشاط عملية الإذابة ، التى تتخلل مناطق الضعف وإذابة الحجر الجيرى ، وباستمرار هذه العملية يحدث انفصال وبروز بعض القمم ، ويتراوح اتساع هذه الحزوز بين ٢سم و٣٠سم ، وتوجد شمال القصير وجنوب سفاجا وشرق حوض سفاجا صورة (٢٠).

سجل أثناء الدراسة الميدانية كذلك ظاهرة الأقواس الطبيعية Natural Arches فى منطقة حوض العمبجى على الجانب الشمالى لطريق القصير – قفط ، ويبلغ ارتفاعها حوالى ٢,٢م وعرضها ٩٠سم ، وتعُد هذه الظاهرة نتاج لعمليات التجوية بالاشتراك مع الرياح والمياه الجارية صورة (٢١).



صورة (٢٠) ظاهرة الحزوز الغائرة شمال منطقة الدراسة ٢٠كم جنوب غرب سفاجا

صورة (٢١) أحد الأقواس الطبيعية على الجانب الشمالى لوادى القصير

٢. الأكسدة Oxidation

تحدث الأكسدة عند اتحاد المعادن مع الأكسجين مكونة أكسيد المعدن ، حيث تكتسب هذه المعادن الأكسجين من المياه ، مما يؤدى إلى أضعاف الصخر نتيجة ارتفاع نسبة الحديد على الجانب الغربى من منطقة الدراسة نظراً لانتشار الصخور النارية مثل البازلت ، الذى ترتفع به نسبة الحديد فإذا ماتعرض أحد معادن الحديد للتأكسد مثل الهيماتيت Fe203 ، فإنه يعطى الليمونايت (هيدروكسيد الحديد) Fe203 + 3H20 كذلك تحول معدن Ferrous إلى Ferric . **Janna,2003, (p330)**

تعتبر عملية الأكسدة من أكثر العمليات وضوحا وفاعلية فى منطقة الدراسة خاصة عندما تتشبع صخور البازلت بالمياه ، التى تتحد مع عناصر الصخر مثل الزركون والأبيدوت والبالوثيث والتورمالين صورة (٢٢) ويظهر تأثير الأكسدة على جوانب طريق القصير – قفط وداخل أودية القصير والعمبجى وجاسوس وسفاجا على الحدود الغربية للمنطقة.

٣. التكربن Carbonation

تنتشر عملية التكربن بشكل واسع داخل صخور منطقة الدراسة وخاصة فى الأجزاء الشرقية والوسط ، حيث ينتشر الحجر الجيرى ، وتحدث هذه العملية نتيجة إذابة المعادن بواسطة الأحماض وخاصة الصخور التى تحتوى على معادن أكسيد أو كربونات الكالسيوم أو الصوديوم أو الماغنسيوم أو البوتاسيوم أو حامض الكربونيك (Julie, D,2001,) ، الذى يتكون من ذوبان ثانى أكسيد الكربون فى الماء ويتحول إلى بيكربونات تذوب فى الماء ، ويتم التفاعل بين الجير + ثانى أكسيد الكربون = كربونات كالسيوم + ماء $Ca(OH)2+Co2=CaCo3+H20$ ويؤثر حامض الكربونيك على معادن الصخور الجيرية وبالتالى إذابتها كما فى المعادلتين الآتيتين :

ثانى أكسيد الكربون + ماء – حمض كربونيك مخفف

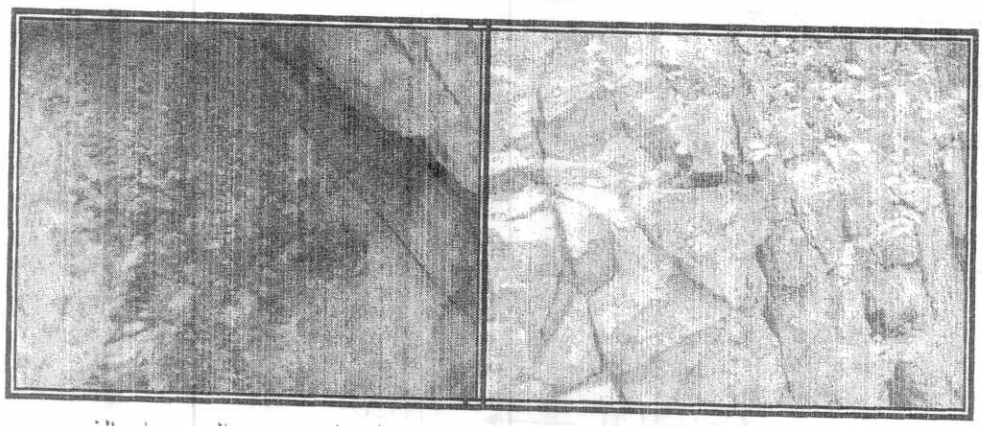
$$Co2+ H20 \longrightarrow H2c03$$

كربونات الكالسيوم + حمض كربونيك يعطى بيكربونات الكالسيوم

$$CaC03+ H2C03 \longrightarrow Ca(HC03)2$$ (Trudgill,1985,p.127)

وتتمثل هذه العملية خير تمثل فى منطقة الدراسة وخاصة فى الأجزاء الوسطى والجنوبية ، ويزداد نشاطها بشكل واضح خلال فصل الشتاء من كل عام ، حيث تنخفض درجة الحرارة ، وتتركز نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الجو وتتوافر مياه الأمطار وبالتالى نشاط التفاعلات الكيماوية ، وإن كان يلاحظ من خلال الدراسة الميدانية أن تأثير هذه العملية ويمتد خلال فصول السنة الأخرى وإن كان بنسب متفاوتة . ومن أوضح الظاهرات الجيومورفولوجية الأكثر ارتباطاً بالتكربن ورنيش الصحراء Desert Varnish أو الكاليش Caliche ، وهى عبارة عن قشور صفراء وبنية ، غالباً ما يكون لونها أكثر دكانه من الأجزاء تحت السطحية من الصخر ، كما ترجع نشأتها إلى أحوال مناخية ماضية (سباركس، ترجمة ليلى

عثمان ، ١٩٨٣، ص ٤١١) ، بينما لوحظ أثناء الدراسة الميدانية وجود بعض قشور ورنيش الصحراء ، التى يرجع نشأتها الى ظروف مناخية قديمة ، وأنها لاتزال تتكون كما فى منطقة وادى أم عفينة وشمال مصب وادى جاسوس صورة (٢٣) ويبلغ سمك هذه القشرة بضع ملليمترات .



صورة (٢٢) ظاهرة الأكسدة شمال جبل نقارة

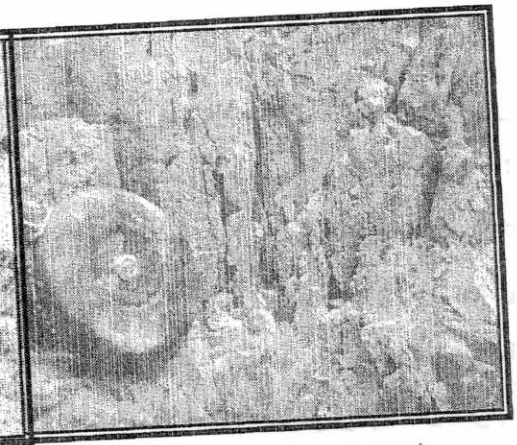
صورة (٢٣) ورنيش الصحراء الذى يغطى البازلت شمال جبل نقارة

٤. التميؤ Hydration

تتعرض منطقة الدراسة خلال فصلى الخريف والشتاء إلى سقوط بعض قطرات الماء على أسطح الصخور، هذه المياه تتحد مع أحد العناصر التى يتألف منها الصخر فى جميع أجزاء المنطقة ، وهى ماتعرف بعملية التميؤ ، حيث ينشأ عنه عنصر جديد يكون أضعف تماسكاً من العنصر الأصلى وبالتالى يضعف الصخر، ويصبح أقل تماسكاً ، ففى مناطق جبل أم زرابيب وبير كور وجبل سيف وشرق جبل نخيل وجبل نقارة يتحلل معدن الفلسبار الذى يحتوى علية صخر الجرانيت إلى الكاولين (الطين) الذى يحتوى على جزيئات الماء ، وعندما يحدث التميؤ ويتحد الماء بسبب زيادة حجم المادة الأصلية للصخر بنسبة قد تصل إلى ٨٨% وبالتالى

تتمدد القشرة الخارجية للصخر ، وتنفصل بتكرار هذه العملية (فتحى عبدالعزيز أبوراضى ،١٩٩٨، ص٢٧٣).

تعُد معادن الهيماتيت Fe203 والانهيدرايت Caso4 والجبس وكبريتات الكالسيوم من أكثر المعادن التى تستجيب لعملية التميؤ ، وذلك لأنها معادن تتشبع بالماء ، مما يزيد من حجم القشرة السطحية وانفصالها عن الصخر الأصلى صورة (٢٤) . يلاحظ أن هذه العملية لاتوجد فى الطبيعة منفردة ، بل تتحد مع باقى عمليات التجوية الأخرى ، لأنها تسهم بشكل فعال فى تكوين ظاهرة القشور الصخرية .



صور(٢٤) انفصال القشرة الخارجية نتيجة التميؤ

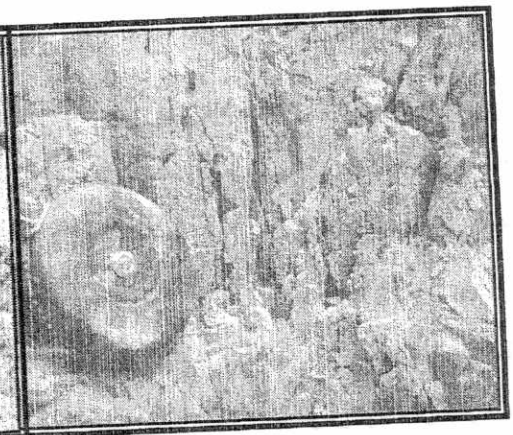
صورة (٢٥) التجوية بواسطة الطحالب البحرية على الساحل شرق الحويطات

٥. التحلل المائى Hydrolysis

تحدث هذه العملية نتيجة تفاعل المعادن المكونة للصخر مع أيونات الماء (الهيدروجين والهيدروكسيل OH – H+) مما يكون عناصر جديدة على أسطح الصخور ، تكون أضعف تماسكاً من الصخر الأصلى نتيجة تفكك التركيب البلورى

تتمدد القشرة الخارجية للصخر ، وتنفصل بتكرار هذه العملية (فتحى عبدالعزيز أبوراضى ،١٩٩٨، ص٢٧٣).

تعُد معادن الهيماتيت Fe203 والانهيدرايت Caso4 والجبس وكبريتات الكالسيوم من أكثر المعادن التى تستجيب لعملية التميؤ ، وذلك لأنها معادن تتشبع بالماء ، مما يزيد من حجم القشرة السطحية وانفصالها عن الصخر الأصلى صورة (٢٤) . يلاحظ أن هذه العملية لاتوجد فى الطبيعة منفردة ، بل تتحد مع باقى عمليات التجوية الأخرى ، لأنها تسهم بشكل فعال فى تكوين ظاهرة القشور الصخرية .



صور(٢٤) انفصال القشرة الخارجية نتيجة التميؤ

صورة (٢٥) التجوية بواسطة الطحالب البحرية على الساحل شرق الحويطات

٥. التحلل المائى Hydrolysis

تحدث هذه العملية نتيجة تفاعل المعادن المكونة للصخر مع أيونات الماء (الهيدروجين والهيدروكسيل OH – H+) مما يكون عناصر جديدة على أسطح الصخور ، تكون أضعف تماسكاً من الصخر الأصلى نتيجة تفكك التركيب البلورى

للمعادن ، وتعتبر حموضة الماء أساسية فى عملية التحلل المائى لأنها تتفاعل مع بعض المعادن المكونة لصخور منطقة الدراسة ، حيث يعتبر أكسيد الكربون الذائب فى الماء على أسطح الصخور والرواسب مهما لتزويد الماء بأيون +H وتوضح المعادلات التالية هذه التفاعلات :

$$Mg2sio4+4Co2+4h20 \longrightarrow 2mg+4Hco3- +H4si04$$

أوليفين + أكسيد الكربون + الماء = محلول أيونات ماغنسيوم وبيكربونات + حامض السيليكى ، (ديرانت ،ترجمة سامى كيرلس وأخرون ،١٩٦٨، ص ٢١١) ويعتبر المصدر الأساسى للهيدروجين +H فى التربة هو الأحماض الطينية Acid Clays والأعشاب والنباتات ، التى تنتشر فى بطون وجوانب مجارى الأودية والمناطق المستوية وقليلة الانحدار .

كما أن أيون الكربونات + الماء = حمض الكربونيك + الأكسجين ، يعتبر الفلسبار المعدن الأساسى لمعظم المعادن الصخرية كما توضحها المعادلة التالية : فلسبار بوتاس+ حامض الكربونيك + الماء = الكاولين + حامض السيلكى + بيكربونات البوتاسيوم (محمد صبرى ومحمود دياب ، ١٩٨٩ ،ص ١٧) وتؤدى هذه التفاعلات إلى تحلل الصخر وتشققه وانفصال القشرة الخارجية بسبب زيادة حجم الكاولنيت ، كما فى منطقة سفاجا وجنوب مصب وادى جاسوس وشمال غرب مدينة القصير .

٣: التجوية العضوية Organic Weathering

تقوم الكائنات الحية سواء كانت نباتاً أو حيواناً أو إنساناً بدور فعال فى تفكك الصخر وتحوله من الحالة المتماسكة إلى الحالة المفككة ، وتتجلى بوضوح صور التجوية الحيوية فى منطقة الدراسة ، وإن كان لكل منها دوره فى تفكك الصخور خاصة وأن المنطقة تتوافر بها كل المقومات التى تساعد على نشاط هذه العملية ، أهمها كثرة الفواصل والشقوق وسقوط بعض قطرات المياه خلال موسم الشتاء مع

اقتراب الحافة الجبلية من ساحل البحر الأحمر ، علاوة على انتشار العديد من المعادن ذات القيمة الاقتصادية التى تنفرد بها المنطقة .

فالأعشاب والأشجار المنتشرة فى بطون ومنحدرات الأودية تضرب بجذورها فى الفواصل والشقوق الصخرية ، حيث تتوافر التربة الهزيلة ، كما أنها قادرة على تجميع القليل من المياه من الغلاف الجوى أو زخات المطر الساقطة ، والتى تساعد بدورها على نمو جذور هذه الأشجار والأعشاب وبالتالى توسيع الشقوق وتعميقها والضغط على جوانبها ، حتى تنفصل وتتفكك الكتل الصخرية ، كما هو الحال فى أودية سفاجا وجاسوس والقصير ونقارة وسيف وعلى جوانب طريق القصير- فقط وطريق سفاجا- قنا .

تتأثر منطقة الدراسة بموقعها على الساحل الغربى للبحر الأحمر وتعرضها لعديد من حركات المد وتغطية صخور سطح الأرض بالمياه التى تجلب معها كميات من الكائنات البحرية والطحالب ، التى تنتشر على أسطح الصخور، وعندما يتعرض المسطح المائى إلى الجزر، تترك هذه الطحالب ، التى تموت وتتعفن بقاياها ، وعندما تتساقط عليها الأمطار أو تتعرض لتيارات مد ، فإنها تتفاعل مع الماء ، وتكون أحماضاً عضوية تغطى أسطح الصخور بطبقة من الأحماض والمركبات الكيميائية وبالتالى إضعاف القشرة الخارجية ، لتصبح فريسة سهلة للتفكك صورة (٢٥) ، كما هو الحال على امتداد ساحل البحر الأحمر فى منطقة الحويطات والقصير وسفاجا وجاسوس ونقارة .

وقد رصد أثناء الدراسة الميدانية انتشار عديد من الأصداف والقواقع والكابوريا والسراطين Crabs ، التى تخرج من البحر، وتستمر فى سيرها فوق أسطح الصخور، حتى تحشر أجسامها داخل الشقوق والفواصل فتموت وتتعفن بقاياها، فتترك بعض الأحماض على أسطح الصخور ، ثم تتفاعل مع السطح الخارجى فتضعفه ، ويصبح فريسة سهلة لنشاط عمليات التجوية العضوية .

تنتشر بالمنطقة عديد من الحيوانات البرية ، التـــى تقـــوم بحفـــر الأنفـــاق المتباينة الأحجام فى التربة صورة (٢٦) كما تحمل هذه الحيوانات إلى جحورهـــا بعض النباتات والحيوانات ، التى تتغذى عليها ، مما يؤدى إلى زيـــادة المحتـــوى الملحى داخل الطبقات الصخرية.

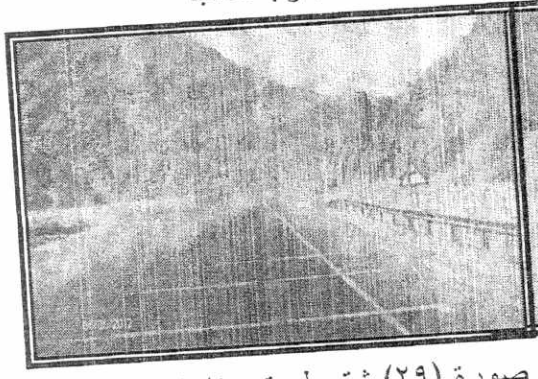
يمثل الإنسان فى منطقة الدراسة عامل حيوى من عمليات التجوية ، وذلك لأن المنطقة تمتد على الحافة الشرقية لجبال البحر الأحمر، التى تقترب أحياناً مـــن البحر كما فى جبل نقارة ، وتبتعد أحياناً أخرى ، كما أن المنطقة تعتبر حلقة الربط بين شمال مصر وجنوبها على امتداد الساحل الشرقى من الأرضى المصرية ، من هنا قام الإنسان بشق الطرق وتمهيدها عن طريق الحفر والتكسير فى الحافة الجبلية وردم المناطق المنخفضة وتسوية سطح الأرض كما هو الحال فى المنطقة الممتدة غرب جنوب مدينة سفاجا صورة (٢٧) ، كما يقوم الإنسان فى منطقـــة الدراســـة بالحفر لإرساء قواعد البناء لإقامة وحدات سكنية وعمل الخدمات صورة (٢٨) كما هو الحال فى مدينتى سفاجا والقصير وقرية الحويطات وبعض المناطق التعدينيـــة لاستخراج وقطع أحجار الفوسفات ، حيث يشتهر الجزء الجنوبى الغربى من منطقة الدراسة بانتشار الفوسفات.

عمل الإنسان فى منطقة الدراسة على الربط بينها على ساحل البحر الأحمر فى الشرق ونهر النيل شريان الحياة للمصريين فى الغرب عن طريق شق الطـــرق العرضية ، التى تقطع جبال البحر الأحمر وتمهيد سطح الأرض وإزالـــة الـــتلال والكتل الصخرية ، التى تعترض الطرق مثل طريق سفاجا – قنا وطريق القصير– قفط صورة (٢٩) وطريق الحويطات ،إلى جانب بعض الطرق الفرعية الأخـــرى التى تخدم المحاجر المنتشرة فى منطقة الدراسة.

صورة (٢٦) دور الحيوانات فى حفر جحورها شمال جبل نقارة

صورة (٢٧) شق الطرق عبر التلال جنوب سفاجا

صورة (٢٨) دور الإنسان فى الحفر لتمهيد الطرق غرب سفاجا



صورة (٢٩) شق طريق سفاجا – قنا داخل المنطقة الجبلية.

* الخلاصة .

تمتد منطقة الدراسة فى شكل طولي على الساحل الغربي للبحر الأحمر فيما بين مدينة القصير جنوباً وسفاجا شمالاً ، ويحدها من الشرق الحافة الجبلية لجبال البحر الأحمر حتى ارتفاع ٢٠٠متر فوق مستوى سطح البحر ، وتتميز المنطقة بالتنوع الواضح فى التكوينات الصخرية فهى تجمع مابين التكوينات القديمة التى يرجع تاريخها الجيولوجى إلى عصر ما قبل الكمبرى ، حيث يغلب عليها طابع

التكوينات النارية والمتحولة شديدة الصلابة ، والتى تغطيها الطفوح البركانيه التى تدفقت مع تكوين الأخدود الأفريقى العظيم ، كما تنتشر أيضا التكوينات الأحدث فى العمر الجيولوجى ، التى تنتمى إلى الأيوسين والميوسين والبليوسين ، وهى عبارة عن صخور من الحجر الرملى والحجر الجيرى والطفل والمارل والصلصال والفوسفات ، وتنتهى برواسب الزمن الرابع ، وهى عبارة عن رواسب شاطئية وبحرية وفيضية ورياحية ، ومعظمها عبارة عن رواسب منقولة .

لعبت هذه التكوينات دوراً بارزاً فى نشاط عمليات التجوية الميكانيكية والكيميائية والعضوية بالاشتراك مع عناصر المناخ وخاصة الإشعاع الشمسى والحرارة والأمطار والرطوبة النسبية والتبخر والرياح ، فكلها اشتركت فى إضعاف الصخر وتفككه وتحلله وتكوين ظاهرات جيومورفولوجية عديدة .

- كشفت الدراسة عن زيادة فاعلية وتأثير عمليات التجوية الثلاثة ، **الأولى** الميكانيكية ، والتى ساهمت فى تجوية الصخر عن طريق التغير الحرارى ، فالمنطقة تتميز بالتغيرات الحرارية الواضحة نتيجة موقعها فى الإقليم الصحراوى الجاف وتفاوت المدى الحرارى ، مما نتج عنه العديد من الظاهرات الجيومورفولوجية ، أهمها التقشر الصخرى والتفكك الكتلى والحبيبى نتيجة تمدد وانكماش المعادن المكونة للصخر الناتج عن عملية التسخين .**الثانية** التجوية الكيميائية ، التى تمارس دوراً بارزاً فى تشكيل صخور منطقة الدراسة وتغيير معالمها الخارجية بسبب زيادة فاعلية عناصر الجو وتحلل الصخر وتغيير خواصه المعدنية والكيميائية ، والتى نتج عنها العديد من الظاهرات الجيومورفولوجية ، وذلك لأنها تمارس دورها بشكل فعال فى الجزء الخارجى من الصخر ، وزيادة فاعلية الماء وثانى أكسيد الكربون والأكسجين فى معادن الكربونيك والكالسيوم والفلسبار والحديد والصوديوم ، والتى تتميز بالانتشار الواضح داخل صخور منطقة الدراسة ، مما نتج عنها تكوين حفر إذابة وكهوف صغيرة وحزوز وقشور

جيرية وورنيش الصحراء أو الكاليش ، **والثالثة** التجوية العضوية ، حيث أثرت فى المنطقة بسبب موقعها بين جبال البحر الأحمر فى الغرب والبحر الأحمر فى الشرق ، فالإنسان قام بشق الطرق داخل الكتلة الجبلية مثل طريق القصير – قفط وطريق سفاجا – قنا وطريق الحويطات ، علاوة على استخراج خام الفوسفات، كما كان لموقع البحر الأحمر أكبر الأثر فى خروج بعض الطحالب والكائنات البحرية منه إلى اليابس وتغطية الصخور وموتها وتحول بقاياها إلى أحماض، تتفاعل مع الجزء الخارجى من الصخر ، مما يؤدى إلى أضعافه وتفككه أو تحلله، وبالتالى يصبح فريسة سهلة أمام عوامل التعرية المختلفة السائدة فى المنطقة.

المراجع :

١. **ب.ج. ديرانت ،ترجمة سامى كيرلس وأخرون** (١٩٦٨) الكيمياء العضوية وغير العضوية، الجزء الثانى ، المركز القومى للأعلام والتوثيق ، القاهرة.

٢. **ب. و. سباركس ، ترجمة ليلى محمد عثمان** (١٩٨٣) الجيومرفولوجيا ، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة.

جودة حسنين جودة (١٩٨٨) الجيومورفولوجيا دراسة فى علم أشكال سطح الأرض ، دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية .

جيهان مصطفى البيومى (٢٠١٢) التجوية الملحية وأثرها على المبانى والطرق فى بعض المناطق المصرية ،المجلة الجغرافية العربية ، الجمعية الجغرافية المصرية ،العدد الستون ، الجزء الثانى، القاهرة.

٣. **غزوان سلوم** (٢٠١١) مخاطر أشكال سطح الأرض في بلدة معلولا، مجلة جامعة دمشق– المجلد- 27 العدد الثالث+الرابع

٤. **طارق زكريا إبراهيم سالم** (١٩٩٧) دور المنخفضات الجوية فى مناخ مصر، دراسة فى الجغرافيا المناخية، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا كلية الآداب جامعة الزقازيق.

٥. **محمد صبرى محسوب سليم** (١٩٩١) جيومورفولوجية السواحل، دار الثقافة للنشر والتوزيع، القاهرة.

٦. **محمد صبرى محسوب سليم** (١٩٩٠) جغرافية الصحارى المصرية، الجوانب الطبيعية، الجزء الثانى الصحراء الشرقية، دار النهضة العربية، القاهرة.

٧. **محمد صبرى محسوب سليم ومحمود دياب راضى** (١٩٨٩) العمليات الجيومورفولوجية ، دار الثقافة للنشر والتوزيع ، القاهرة .

٨. **محمد مجدى تراب** (١٩٨٤) منطقة أم الرخم غرب مرسى مطروح ، دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير، غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة قناة الأسكندرية.

٩. **فتحى عبدالعزيز أبوراضى** (١٩٩٨) مورفولوجية السطح، الطبعة الأولى، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.

١٠. **و.ف.هيوم** (١٩٧٠) جيولوجية مصر ، مترجم ، الإدارة العامة للثقافة، القاهرة .

Abou El-Enin,H.S. (1993) Rock – Weathering In Jabal Hafit To The South El-Ain city – United Arab Emirates, Geographical Messages 153.

1. **Anderson, S. (2008)** The Little book Of Geomorphology, Exercising The Principle Of Conservation .

2. **CooKe. R.and Warren, A.and Goudi , A.,(1993)** Desert Geomorphology , London.

3. **Edgar Herbas Campos (2009)** Aground Water Flow model for water related damages on historic monuments – case study west Luxor, Egypt, Sweden.

4. **Gindy ,A.,R.,& M.O. Tamisr, (1985)** Some Major and Trace constituents of phanerozoic Egyptian Mud rocks and marls .J.AFR . Earth sci.3:303- 320.

5. **Héctor MORRAS , Ofelia R. TOFALO , Leda SANCHEZ-BETTUCCI (2010)** Weathering Processes At The Boundary Between The Mercedes

(Cretaceous) And Asencio (EOCENE) Formations, Southwestern Uruguay , Sao Paulo, Unesp, Geosciences, v. 29, n. 4, p. 487–500.

6. **Julie, D, A, E,. Henrik, W, J,. Justin, L, H,. Kohling, P,** (2001) Modeling and Rendering of Weathered Stone, New York,

7. **Janna S. Pistiner , Gideon M. Henderson (2003)** Lithium–isotope fractionation during continental weathering processes, Earth and Planetary Science Letters .

8. **Kronfeld .J.,G. Gvirtzman & Buchbinder, (1982)** Quaternary Coral reefs in southern Sinai. Annual Meeting , Geol., Soc., Isr., Elat:45–46.

9. **Molina ,B.,E., Cantioomartin,m., Garcin ,T., (2010)** Role of porosity in rock weathering processes: a theoretical approach , Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe Coruña. Vol. 35, pp. 147 – 162.

10. **Mats Olvmo, (2010)** Review of denudation processes and quantification of weathering and erosion rates at a 0.1 to 1 Ma time scale.

11. **Mahsoub, M.S.,(2004)** Studies in the Geomorphology of Egypt, Cairo.

12. **Philobbos , E.R.& A.A.EL.Haddad , (1983)** Contribution to Miocene and Pliocene lithostratigraphy of the Red sea Coastal zone. 21.Stannual meeting . Geol., soc., Egypt : 5- 6 (Abstr) .

13. **Parise, M. P. Qiriazi, and S. Sala (2004)** Natural and anthropogenic hazards in karst areas of Albania Natural Hazards, Earth System Sciences 4: 569–581.

14. **Said ,R.,(1990)** The geology of Egypt. Rotterdam.pp.345–360.

15. **Samuel,M.D &G.S.Saleeb – Roufaiel (1977)** Lithostratigraphy and petrographic analysis of the Neagene Sediments at Abu Ghusun, ummahara area, Red Sea Coast, Egypt . Beitr .Zur Lithologie , Forsch. 323 (C) :47–56.

16. **Trudgill, S.,(1985)** Limestone Geomorphology , New York.

17. **Youssef, A.M. B.Pradham , A.F.D.Gaber , and M.F. Buchroithner (2009)** Geomorphological hazard analysis along the Egyptian Rad sea Coast between Safaga and Quseir , Natural Hazards and Earth System Sciences , Egypt .pp. 751–766.