الجمعية الجغرافية المصرية

التساقط الصخري والتراجع الساحلي في منطقة عجيبة السياحية (2012-1995)

الدكتور/ طارق كامل فرج خميس

مدرس بقسم الجغرافيا،

كلية الآداب – جامعة حلوان

سلسلة بحوث جغرافية

العدد التاسع والأربعون – 2012

فهرس المحتويات

الموضوع	صفحة
المقدمة.	**1**
أولاً : موقع وحدود منطقة الدراسة.	**7**
ثانياً : جيولوجية منطقة الدراسة.	**8**
ثالثاً : التساقط الصخري وطرق تسجيله.	**13**
رابعاً : القوى المسئولة عن النحت البحري بالمنطقة.	**17**
1) الأمواج.	**17**
2) التيارات البحرية.	**30**
3) مدي المد.	**31**
4) رذاذ الأمواج.	**31**
خامساً : القوى المسئولة عن التساقط الصخري بالمنطقة.	**32**
1) الخصائص الميكانيكية للصخور.	**32**
2) الخصائص الحرجة للجرف البحري.	**34**
3) عمليات التجوية.	**41**
4) الرياح.	**42**
5) الأنشطة البشرية.	**43**
سادساً : دينامية التساقط الصخري ومراحل تطوره المختلفة بساحل منطقة عجيبة.	**45**
سابعاً : دورة النحت الموجي وتطور ساحل منطقة الدراسة.	**54**
1) المرحلة الأولى.	**56**
2) المرحلة الثانية.	**57**
3) المرحلة الثالثة.	**59**

ثامناً : معدلات التساقط الصخري المتوقع حدوثها بمنطقة الدراسة.	**61**
1) قطاعات ساحلية (فائقة الخطورة). 2) قطاعات ساحلية (شديدة الخطورة). 3) قطاعات ساحلية (خطيرة).	**61** **62** **62**
تاسعاً : الحلول المقترحة للحد من التساقط الصخري والتراجع الساحلي بالمنطقة.	**63**
1) حلول تقليدية. 2) حلول غير تقليدية.	**63** **64**
عاشراً : النتائج والتوصيات.	**65**
1) النتائج. 2) التوصيات.	**65** **67**
الملاحق.	**69**
المصادر والمراجع.	**81**

فهرس الأشكال

م	عنوان الشكل	صفحة
.1	توزيع مواقع القطاعات الصخرية المختارة على الأنماط المختلفة لسواحل المنطقة.	9
.2	الموقع العام لمنطقة عجيبة بالساحل الشمالى الغربى.	9
.3	الأعماق والارتفاعات فى منطقة عجيبة.	10
.4	توزيع السواحل الرملية والصخرية فى منطقة عجيبة.	10
.5	جيولوجية منطقة عجيبة.	12
.6	الأنواع الرئيسية لحركة الكتل الصخرية وعلاقتها بدرجة الانحدار.	14
.7	أشكال حركة الكتل بالسواحل الصخرية.	16
.8	الخريطة المورفولوجية لمنطقة عجيبة.	18
.9	الأنواع الثلاثة من النحت الموجي في ساحل منطقة عجيبة.	18
.10	المتوسطات السنوية للنحت البحري في ساحل منطقة عجيبة موزعة على القطاعات الستة.	21
.11	تصنيف سواحل منطقة عجيبة حسب معدلات النحت البحرى.	24
12.	القطاعات العرضية للفجوات الجانبية ومواقعها فى منطقة عجيبة.	26
.13	قطاعات عرضية للكهوف البحرية في المنطقة ومواقعها.	27
.14	القطاعات العرضية للأرصفة الشاطئية في منطقة عجيبة ومواقعها.	29
.15	نماذج لأهم أشكال القطاعات الجرفية السائدة في منطقة عجيبة ومواقعها.	39
.16	قطاعات الانحدار الرئيسية في منطقة الدراسة.	40
.17	صور من مظاهر التدخل البشري فوق سطح هضبة عجيبة وحافتها البحرية.	45
.18	القطاع الجرفي رقم –6– الذي تعرض للتساقط الصخري.	46

19.	نشاط النحت البحري في ساحل منطقة عجيبة في الفترة من 1995–1997.	**47**
20.	التوقف المرحلي للنحت البحري في ساحل منطقة عجيبة في الفترة من 1998–2000.	**49**
21.	مراحل حدوث التساقط الصخري والتراجع الساحلي بالقطاع رقم (6).	**55**
22.	المراحل الثلاثة لدورة النحت الموجي للساحل الصخري بمنطقة عجيبة.	**56**
23.	مراحل دورة النحت الموجي للساحل الصخري ومستقبل تطوره بمنطقة عجيبة مقدرة بالسنوات خلال الفترة من 1975–2030.	**58**
24.	درجات الخطورة المتوقع حدوثها بمنطقة عجيبة.	**62**

فهرس الجداول

م	عنوان الجدول	صفحة
.1	الخصائص المورفومترية والبنيوية للقطاعات الصخرية المختارة.	5
.2	الخصائص المورفومترية للفواصل الصخرية موزعة على القطاعات الصخرية المختارة.	12
.3	الخصائص المورفومترية لأسطح الطباقية موزعة على القطاعات الصخرية المختارة.	13
.4	معدلات النحت البحري في منطقة عجيبة خلال الفترة من (1995–2012).	20
.5	إجمالي النحت البحري في القطاعات الستة من ساحل منطقة عجيبة خلال الفترة من 1996–2012 (سم).	23
.6	معدلات النحت البحري بسواحل العالم الصخرية مقارنة بساحل منطقة عجيبة.	25
.7	التوزيع التكراري لزوايا انحدار جروف منطقة عجيبة.	37
.8	نسب أشكال التقوس موزعة على فئات معدل التقوس.	38

فهرس الصور الفوتوغرافية

م	عنوان الصورة	صفحة
.1	عدد كبير من أسطح الطباقية المنتشرة بواجهة الجروف البحرية بالمنطقة.	71
.2	أمواج العواصف التي يشهدها ساحل منطقة عجيبة خلال فصل الشتاء.	71
.3	فجوة جانبية ذات أرضية وقاع وشرفة صخرية معلقة على وشك التساقط.	72
.4	أحد أكبر كهوف المنطقة بأقسامه المورفولوجية الأربعة خاصة سقفه المعلق على وشك التساقط.	72
.5	مجموعة من الكهوف البحرية منخفضة المنسوب يعلوها مجموعة أخرى من الكهوف مرتفعة المنسوب.	73
.6	رصيف شاطئي أفقي ينتهي في مياه البحر بحافة بحرية تعرف بجرف الجزر.	73
.7	مسلة عجيبة الصخرية المعلقة، يلاحظ النحت الجانبي بقاعدة المسلة.	74
.8	أحد كهوف نحت الرياح بالقسم العلوى من واجهة الجرف وحذوذ نحت الرياح بالقسم السفلي.	74
.9	طريق المشاة شبه الحلزوني الذي تم شقه بواجهة جرف عجيبة البحري.	75
10	القطاع الجرفي رقم -6- على وشك التساقط.	75
11، 12	القطاع الجرفي رقم -6- عامي 1997، 1998، يلاحظ تساقط القسم السفلي من الواجهة الجرفية للقطاع.	76
13، 14	تضاؤل كميات الحطام الصخري أمام ساحل القطاع في الفترة من عام 1999-2001.	76
.15	الكميات الهائلة من الحطام الصخرى الناتج عن التساقط	77

	الصخرى فى عام 1998م.	
16.	تضاؤل واضح فى كميات الحطام الصخرى فى عام 2003م.	**77**
17، 18	انهيار القسم العلوى من الواجهة الجرفية للقطاع رقم -6- في الفترة من 2004-2005.	**77**
19.	نفس القطاع السابق من زاوية أخرى تظهر فيه الكتلة الصخرية المنهارة مستلقاة فى مواجهة الجرف البحرى.	**78**
20.	الحطام الصخرى أمام ساحل القطاع فى عام 2009م.	**78**
21.	تضاؤل كمية الحطام الصخرى بشكل واضح فى عام 2012 مقارنة بالوضع عام 2009م.	**78**
22.	التصدعات التى تعرض لها ساحل القطاع -6- عام 2012م.	**78**
23.	منظر عام للكتلة الصخرية المتساقطة عام 2005 من زاويتين مختلفتين، يلاحظ جوانبها حادة الزوايا، الخط الأسود يشير الى خط الضعف الرئيسى بالكتلة الصخرية.	**79**
24.	الكتلة الصخرية المتساقطة عام 2012، يلاحظ التكسر الذى أصاب الكتلة عبر خط الضعف الرئيسى مما أدى إلى تفتيتها الى أربع كتل ثانوية.	**79**
25، 26	الأوجه الجرفية المعرضة للتساقط الصخري كما بينتها الدراسة الميدانية عام 2012.	**79**
27.	مراحل حدوث التساقط الصخري في منطقة عجيبة في الفترة من 1995-2012.	**80**
28.	مراحل حدوث التساقط الصخري في منطقة عجيبة من زاوية أخرى في الفترة من 1995-2012.	**80**
29.	القطاع الجرفي رقم -2- عام 2012، يلاحظ نشاط النحت البحري وتكوين كهف بحري حديث.	**80**

مقدمة

تعد عملية تساقط الكتل الصخرية Rock Fall بسواحل العالم الصخرية Rocky Coasts من الموضوعات المهمة التي لفتت انتباه العديد من الباحثين على مستوى العالم لارتباطها الوثيق بخطر النحت وتراجع خط الساحل، علاوة على تهديدها لأرواح الأفراد بسبب فجائية حدوثها خلال ثوان معدودة كما حدث بالمنطقة في عامي 1998، 2005 خاصة مع تزايد أعداد السائحين والمصطافين المترددين على ساحل منطقة عجيبة في الآونة الأخيرة والتي أصبحت من أهم المناطق السياحية بالساحل الشمالي الغربى في مصر، حيث كان يزورها يومياً خلال شهور (يونيو – يوليو – أغسطس – سبتمبر) ما يقرب من (500) زائراً وذلك في الفترة من 1995–2005، وبعد تطوير ساحل المنطقة سياحياً بداية من عام 2005 أصبح يزور المنطقة يومياً خلال الشهور الأربعة السابقة ما يزيد عن (1000) زائراً، بمتوسط عام بلغ نحو (120) ألف زائراً سنوياً وذلك نتيجة توفير الخدمات السياحية المختلفة بالمنطقة من قبل القائمين على النشاط السياحي في محافظة مطروح مثل إقامة عدد من دورات المياه فوق سطح الهضبة، وإنشاء أثنين من الكافيتريات أعلى وأسفل سطح هضبة عجيبة، وتشجير سطح الهضبة وتوفير مقاعد خشبية للاستراحة فوقها، وإنشاء موقف عام للسيارات المترددة على المنطقة، وتطوير الشاطيء الرملي بالمنطقة واستيعابه لأعداد كبيرة من السائحين بعد تنظيفه المستمر وتوفير الشماسي به لخدمة محبى الاستمتاع بمنظر البحر وممارسة هواية السباحة. ومن المعلوم أن هناك علاقة وثيقة للغاية بين كل من النحت البحري، والتساقط الصخري ومن ثم التراجع الساحلي بسواحل العالم الصخرية بصفة عامة، وساحل منطقة عجيبة السياحية بصفة خاصة، فتلك العمليات الثلاث تمثل أهم الركائز الأساسية التي تقوم عليها الدورة المغلقة للنحت البحري للسواحل الصخرية، والتي تبدأ بنحت الأمواج لقواعد الجرُوف البحرية وما يتبعها من حدوث التساقط الصخري وتراجع جزئي للساحل الصخري، يليها انتقال الحطام الصخري الناتج عن عملية التساقط بفعل الأمواج وما يتمخض عنها من تيارات بحرية صوب نطاق الشاطيء القريب، ثم تجدد دورة النحت البحري لقواعد الجرُوف البحرية مرة أخرى (Sunamura, 1973, pp. 6-7).

الدراسات السابقة :

تعددت الدراسات التي تناولت عملية التساقط الصخري بالسواحل الصخرية بما تتضمنه من نحت وتراجع ساحلي وأهمها دراسة (MacFadyen, 1930) التقويض السفلي بصخور الحجر الجيري المرجاني لبعض جزر البحر الأحمر، دراسة (Shepard and Grant, 1947) نحت الأمواج بالساحل الجنوبي لكاليفورنيا، دراسة (Cotton, 1952a) دورة تآكل الرؤوس بواسطة النحت البحري، دراسة (Ritchie, 1963) تقييم التساقط الصخري والعوامل المتحكمة فيه، دراسة (May, 1971) تراجع الجرُوف ذات التكوينات الطباشيرية، دراسة (Vita-Finzi and Cornelius, 1973) نحت الجرُوف البحرية بواسطة الرخويات، دراسات Sunamura المتعددة أعوام (1973) نحت الجرُوف البحرية بواسطة الأمواج، عام (1976) التغذية الاسترجاعية وعلاقتها بنحت الأمواج البحرية، عام (1977) العلاقة بين نحت قواعد الجرُوف البحرية وقوة الأمواج، عام (1982b) دور الأمواج في نحت الجرُوف، دراسة (Edil and Vallejo, 1980) آليات الإنهيالات الصخرية الساحلية وأثرها في أجزاء المنحدر، دراسة (Emery and Kuhn, 1980) نحت الصخور الساحلية بكاليفورنيا، دراسة (Robinson, 1980a) نحت الصخور بساحل أنجليا ببريطانيا، دراسة (Shepard and Kuhn, 1983) تطور نحت الأقواس البحرية والمسلات في ساحل جوالا بكاليفورنيا، دراسة (Davies and Williams, 1985) تطور أحد الكهوف البحرية في شمال ويلز، دراسة (Tjia, 1985) عمليات التقويض بواسطة بري الأمواج، ثم دراسة (Carter, 1988) النحت الساحلي عند أقدام الجرُوف البحرية، دراسة (Pfeiffer, 1990) تحليل أخطار التساقط الصخري باستخدام النموذج الكلورادو في محاكاة التساقط الصخري، دراسة (Azzoni, 1995) تحليل والتنبؤ بعملية التساقط الصخري باستخدام نموذج رياضي، دراسة (Rammer, 2010) تقييم نموذج التساقط الصخري ثلاثي الأبعاد.

أهداف البحث :

يهدف البحث في منطقة الدراسة إلى تحقيق العديد من الأهداف أهمها :

- التعرف على أهم ملامح التساقط الصخري بساحل المنطقة خلال الفترة من (1995-2012) لما في ذلك من أهمية في تحديد مستقبل الأنشطة الاقتصادية بالمنطقة خاصةً تنمية النشاط السياحي.

- التعرف على كافة القوى المسببة للتساقط الصخري والتراجع الساحلي بالمنطقة حتى يمكن وضع الحلول اللازمة للحد أو على الأقل للتقليل من النحت والتساقط الصخري في المستقبل.
- التعرف على أهم ملامح دورة النحت الموجي بساحل المنطقة خلال فترة (17) سنة لما في ذلك من أهمية في تحديد المرحلة التطورية المتوقع أن يبلغها ساحل المنطقة سواء على المدى الزمني القصير أو الطويل.
- تحديد الفترة الزمنية التي استغرقتها دورة النحت الموجي الراهنة في تشكيل ساحل المنطقة، ومن ثم توقع شكل وطبيعة دورة النحت الموجي التالية والفترة الزمنية التي يمكن أن تستغرقها في تشكيل ساحل المنطقة ولو بشكل تقريبي.
- رسم خريطة لأهم القطاعات الجرفية المؤهلة للتساقط على المدى الزمني القصير لما في ذلك من أهمية على حياة السائحين خاصةً أن هذا التساقط يمكن أن يحدث فجأة وبشكل سريع كما حدث عامي 1998، 2005.

مراحل إعداد البحث :

مر هذا البحث منذ بدايته حتى صورته النهائية بمرحلتين رئيسيتين هما :

- **مرحلة العمل المكتبي :**

تم خلال هذه المرحلة قراءة العديد من الدراسات السابقة عن التراجع الساحلي والتساقط الصخري بجهات مختلفة من سواحل العالم الصخرية.

- **مرحلة العمل الميداني :**

تعد هذه المرحلة هى أهم خطوات إعداد هذا البحث، وقد بدأت منذ قيام الباحث بإعداد رسالة الماجستير عن جيومورفولوجية الجروف البحرية في الساحل الشمالي الغربي حيث تم ملاحظة ما تتعرض له المنطقة من أخطار النحت والتساقط الصخري في الفترة من (1996–1999)، وقد تم القيام بإثنى عشر دراسة ميدانية تركزت في معظمها في فصل الصيف حتى يمكن إجراء الدراسة بحرية تامة وبعيداً عن أمواج فصل الشتاء المتلاطمة والتي تعوق إلى حد كبير عملية القياس المورفومتري والتصوير الفوتوغرافي، وقد تم التركيز خلال مرحلة العمل الميداني على الجوانب الآتية :

- **اختيار القطاعات الجرفية التي خضعت للدراسة الميدانية :**

تم اختيار (6) قطاعات جرفية صخرية بمعدل قطاعاً واحداً لكل 204 متراً كما في الجدول رقم (1)، وقد روعي في اختيار هذه القطاعات أن تكون منتشرة في كافة سواحل المنطقة سواء كانت نشطة والمتمثلة في الساحل الشمالي (القطاع رقم 4) والساحل الشمالي الشرقي (القطاع رقم 5)، (القطاع رقم 6)، أو شبه نشطة والمتمثلة في الساحل الجنوبي الشرقي (القطاع رقم 1)، أو ساكنة والمتمثلة في الساحل الشمالي الغربي (القطاع رقم 3)، والساحل الجنوبي الغربي (القطاع رقم 2)، كما روعي في اختيار هذه القطاعات كذلك توزيعها على كافة أنواع سواحل المنطقة سواء كانت ذات رصيف شاطئي منحدر تدريجياً صوب البحر (ساحل الصخور أ)، أو ذات رصيف شاطئي أفقي تماماً (ساحل الصخور ب)، أو منعدمة الرصيف الشاطئي (ساحل الصخور ج) وذلك كما في الشكل رقم (1)، وقد تم وضع (12) علامة حديدية على مسافات محددة من قواعد الجروف البحرية عند هذه القطاعات – اثنتين أمام كل قطاع – ثم القياس الدوري لهذه المسافات وتسجيل مقدار التغير الذي يطرأ عليها بغية التعرف على مقدار النحت البحري بها.

- **القياس الميداني الدوري :**

تم قياس الأبعاد المورفومترية لأنظمة الفواصل والشقوق وأسطح الطباقية المنتشرة بكثافة عالية بالواجهات الجرفية من ساحل منطقة عجيبة، وكذا قياس ارتفاعات القطاعات الجرفية وانحداراتها وأشكال الانحدار الرئيسية لما في ذلك من أهمية كبيرة في التوقع بأكثر القطاعات الجرفية المعرضة للتساقط، كما تم قياس اتساع رصيف الشاطيء الممتد أمام قواعد الجروف البحرية وانحداره كمؤشر لمقدار التراجع الكلي لساحل المنطقة في مرحلة سابقة، علاوة على قياس الأبعاد المورفومترية المختلفة للكتل الصخرية المتساقطة، ومقدار تحركها، كما تم القياس شبه السنوى لمقدار التراجع الجزئي والكلي الناتج عن عملية التساقط الصخري.

- **التصوير الفوتوغرافي الدورى لساحل المنطقة :**

تم تخصيص مجموعة من الصور الفوتوغرافية لكل قطاع من القطاعات الجرفية المختارة التي خضعت للدراسة الميدانية بغض النظر عن تعرضه بعد ذلك

جدول (١) : الخصائص المورفومترية والبنيوية للقطاعات الصخرية المختارة.

رقم القطاع	الموقع	الارتفاع	نمط الانحدار	بنية الصخر	اتساع رصيف الشاطيء	انحدار رصيف الشاطيء
١	الساحل الجنوبي الشرقي	٢٠,٠	رأسي – مقعر	أسطح طباقية	١٤	أفقي مع وجود جرف الجزر
٢	الساحل الجنوبي الغربي	١٩,٦	درجي	فواصل وأسطح طباقية	٩	٣° صوب البحر
٣	الساحل الشمالي الغربي	١٨,٠	محدب – مقعر	فواصل وأسطح طباقية	شاطيء رملي متسع	٨° صوب البحر
٤	الساحل الشمالي	١٩,٠	رأسي – مقعر	فواصل	٢٣	٦° صوب البحر
٥	الساحل الشمالي الشرقي	١٧,٤	رأسي – مقعر	فواصل وأسطح طباقية	٨	٤° صوب البحر
٦	الساحل الشمالي الشرقي	١٢,١	رأسي	فواصل وأسطح طباقية	١٠	٤° صوب البحر
المتوسط		**١٧,٧**			**١٢,٨**	**٤,٢**

المصدر: قياس ميداني.

للتساقط الصخرى، أو عدم تعرضه، وقد تم هذا التصوير من زوايا متعددة، كما تمت المتابعة الدورية أيضاً لساحل المنطقة ككل لتسجيل أية تغيرات مورفولوجية قد تطرأ عليه وذلك في كل دراسة ميدانية تم القيام بها.

المصادر الخرائطية والفضائية للبحث :

تم تحليل الخرائط الطبوغرافية مقياس1: 50000، ومقياس 1: 25000 الصادرتين عن الهيئة المصرية العامة للمساحة عام 1994، وإدارة المساحة العسكرية بالقاهرة عام 1981، بجانب الخرائط الجيولوجية مقياس 1: 100000 الصادرة عن هيئة المساحة الجيولوجية المصرية عام 1986. كما تم الاستعانة بمصدرين رئيسيين من الصور الفضائية وهما :

- المصدر الرئيسي الأول هو بيانات القمر الصناعي GeoEye بتاريخ 2012/1/17 وهذه البيانات تتوفر بصورة تجاريه بنوعين من الصور أولهما ذات دقة مكانيه 50 سم، وثانيهما ذات دقه مكانيه 1متر مربع للخلية، وقد تم الاعتماد علي هذه النوعية من الصور في عمل موزيك بين وحداتها لتسهيل العمل والتعرف البصري علي الوحدات.
- المصدر الرئيسي الثاني هو بيانات القمر الصناعي Land Sat 7 بتاريخ 2005/3/19 من الباند البانكروماتك Band 8 Panchromatic وهي بدق مكانيه 15 متر مربع للخلية وهي مصححة إحداثياً علي النظام العالمي UTM Zone 35N.

موضوعات البحث :

أولاً : موقع وحدود منطقة الدراسة.

ثانياً : جيولوجية منطقة الدراسة.

ثالثاً : التساقط الصخري وطرق تسجيله.

رابعاً : القوى المسئولة عن النحت البحري بالمنطقة.

خامساً : القوى المسئولة عن التساقط الصخري بالمنطقة.

سادساً : دينامية التساقط الصخري ومراحل تطوره المختلفة بساحل منطقة عجيبة.

سابعاً : دورة النحت الموجي وتطور ساحل منطقة الدراسة.

ثامناً : معدلات التساقط الصخري المتوقع حدوثها بمنطقة الدراسة.

تاسعاً : الحلول المقترحة للحد من التساقط الصخري والتراجع الساحلي بالمنطقة.

عاشراً : النتائج والتوصيات.

أولاً : موقع وحدود منطقة الدراسة.

تقع منطقة عجيبة السياحية على ساحل البحر الأبيض المتوسط غرب مدينة مرسى مطروح بنحو 24 كم وذلك عند تقاطع خط طول ً25 َ00 27° مع دائرة عرض ً14 َ25 31° وذلك ضمن ما يعرف بإقليم الساحل الشمالي الغربي الممتد جيومورفولوجياً فيما بين رأس العجمي في الشرق حتى الحدود المصرية الليبية في الغرب (شكل 2). وتمتد منطقة عجيبة بمفهومها السياحي بطول نحو 1223 متراً، بنسبة لا تتعدى 0.2% من طول الساحل الشمالي الغربي ككل، وبإجمالي مساحة بلغت نحو 0.75 كم^2، وتشير الخريطة الكنتورية لمنطقة عجيبة إلى شدة انحدار سطح المنطقة وارتفاعها (أكثر من 20 متراً) بالقسم الشمالي الشرقي والجنوبي الشرقي في حين يقل الارتفاع والانحدار بالقسم الأوسط، كما تشير خريطة الأعماق زيادة العمق البحري أيضاً بالقسم الشمالي الشرقي والجنوبي الشرقي من المنطقة وهو ما أدى إلى تركز ظاهرات النحت البحري بهما في حين يقل العمق بشكل واضح بالقسم الأوسط مما أدى إلى تركز أشكال الارساب البحري به (شكل 3).

وعن أسباب تسمية المنطقة بهذا الاسم (عجيبة)، فإنه لا يوجد إجابة محددة لدى المسئولين عن النشاط السياحي بالمحافظة، وإن كان الباحث يرى من وجهة نظره الجغرافية أن هناك أمرين يميزان المنطقة من الناحية الطبيعية وهما :

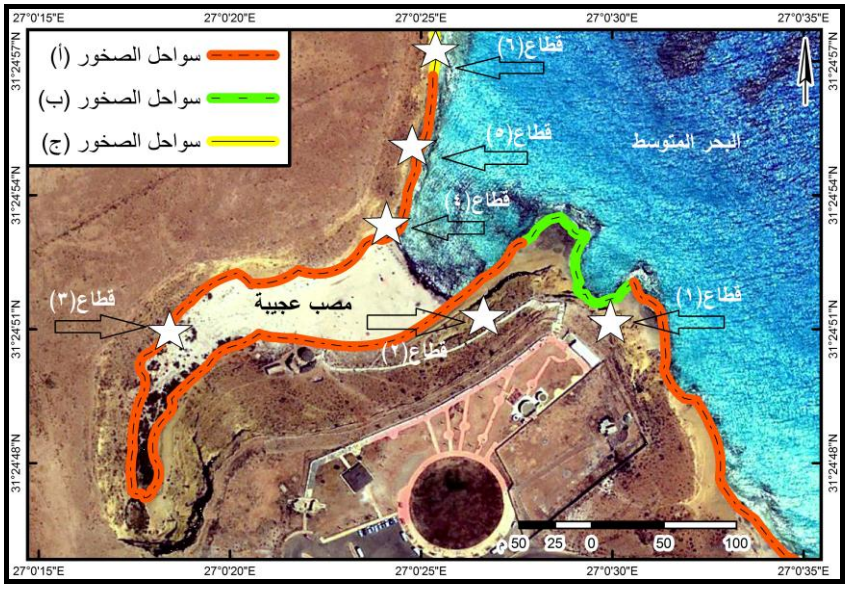
- التقاء مياه النهر العذبة المتدفقة في وادى عجيبة أثناء الجريان السيلي معمياه البحر المالحة وامتزاجهما معاً في لوحة فنية رائعة وعجيبة، وإن كان هذا الأمر قليلاً ما يحدث.
- تعدد وتنوع أشكال السطح الطبيعية ذات المناظر الخلابة بصخور المنطقة والتي نتجت عن رحلة عمل طويلة لعوامل النحت البحري خاصةً الأمواج البحرية وعوامل النحت القاري خاصةً الرياح السطحية منذ آلاف السنين كانت محصلتها النهائية هو نقش ونحت هذه الصخور بهذه الأشكال العجيبة.

(ولهذين الأمرين فساحل منطقة عجيبة هو بحق أحد عجائب الطبيعة)

وعن أسباب اختيار منطقة عجيبة على وجه التحديد لدراسة التساقط الصخري والتراجع الساحلي بها فلا يرجع فقط إلى أهميتها الكبيرة في مجال السياحة الشاطئية حيث تنتشر بها السواحل الرملية بجانب السواحل الصخرية كما يتضح من الشكل رقم (4)، أو بسبب شهرتها في مجال السياحة التاريخية حيث تم العثور على معبد للملك رمسيس الثاني يمجد فتوحاته بمنطقة أم الرخم المجاورة لساحل المنطقة، أو بسبب كونها تمثل عروس السواحل الصخرية في مصر كما أن هذا الاختيار لم يكن بالطبع وليد المصادفة، إنما جاء الاختيار بناء على سببين رئيسيين، أولهما هو المرحلة الفاصلة التي تمر بها دورة النحت البحري في معظم قطاعات المنطقة والتي يعقبها مباشرة مرحلة التساقط الصخري والتي إن بدأت فلن تتوقف على المدى الزمني القصير، وثانيهما التفوق الكاسح للقوى المهاجمة على حساب القوى المقاومة، وهذين السببين هما ما يجعلا من فترة (17) سنة وهى عمر الدراسة الحالية كافية ومجدية إلى حد كبير لدراسة التساقط الصخري والتراجع الساحلي بالمنطقة، والتوصل إلى مؤشرات وحقائق كمية أولية يمكن الاعتماد عليها في وضع تصور للمرحلة الجيومورفولوجية السابقة لساحل منطقة عجيبة، متى بدأت ؟ ومتى انتهت ؟ كما يمكن من خلالها أيضاً التنبؤ بالمرحلة الجيومورفولوجية التالية لساحل المنطقة، متى ستبدأ ؟ ومتى ستنتهي ؟

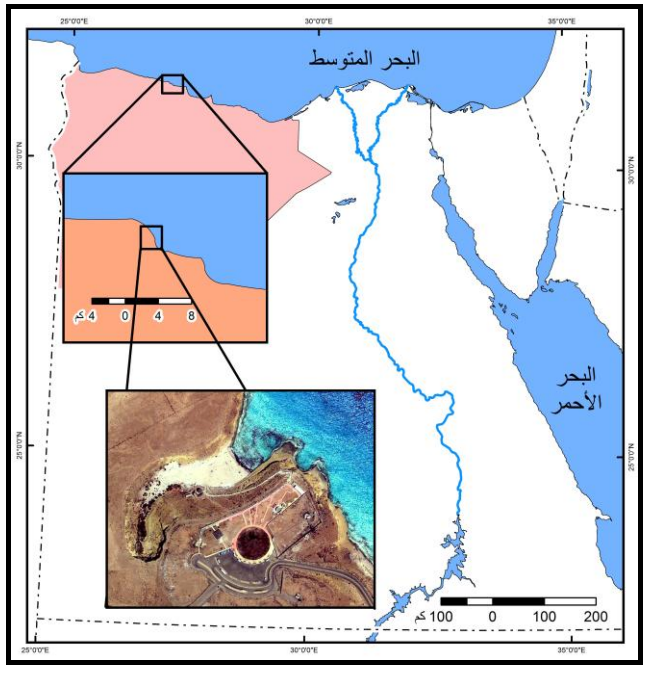
ثانياً : جيولوجية منطقة الدراسة.

يرجع بداية تاريخ ظهور منطقة عجيبة بصورتها الراهنة إلي عصر الميوسين الأوسط حينما تعرضت المنطقة ككل إلي إحدى الطيات أحادية الميل Monocline التي تأخذ محوراً عاماً من الشمال الشرقي صوب الجنوب الغربي (طية رأس أبو لاهو) والتي نجم عنها بروز مقدمات الهضبة الميوسينية في صورة حافات قارية يصل ارتفاعها في بعض المواضع إلى 20 متراً، وبقدوم عصر الهولوسين وارتفاع البحر عن مستواه الحالي بنحو خمسة أمتار خلال موجة الطغيان الفلاندري غمرت مياهه القطاع الأدنى لأحد الأودية الجافة (وادي الهاش المعروف محلياً بوادي عجيبة) مكونة ما يعرف بالمصب الخليجي لوادي عجيبة، وبعد ثبات مستوى البحر عند مستواه الحالي (فترة 5000 سنة السابقة) بدأت مياه البحر تعيد تشكيل جوانب هذا المصب وتحولها من حافات قارية إلى جرُوف بحرية، أو بمعنى آخر إصباغ الحافات القارية بالصبغة البحرية في صورة كهوف بحرية وفجوات جانبية ومسلات صخرية وغيرها، هذا وقد تضاربت الآراء حول الصدوع التي تعرضت لها

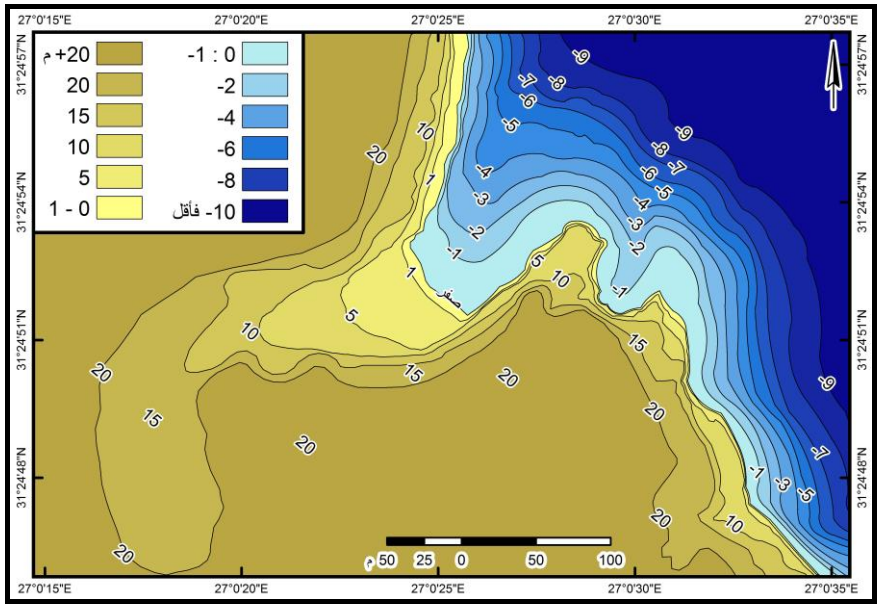


المصدر: الدراسة الميدانية وصور القمر الصناعى GeoEye بتاريخ 2012/1/17م بدقة مكانية 2م.

شكل (1) : توزيع مواقع القطاعات الصخرية المختارة على الأنماط المختلفة لسواحل المنطقة.

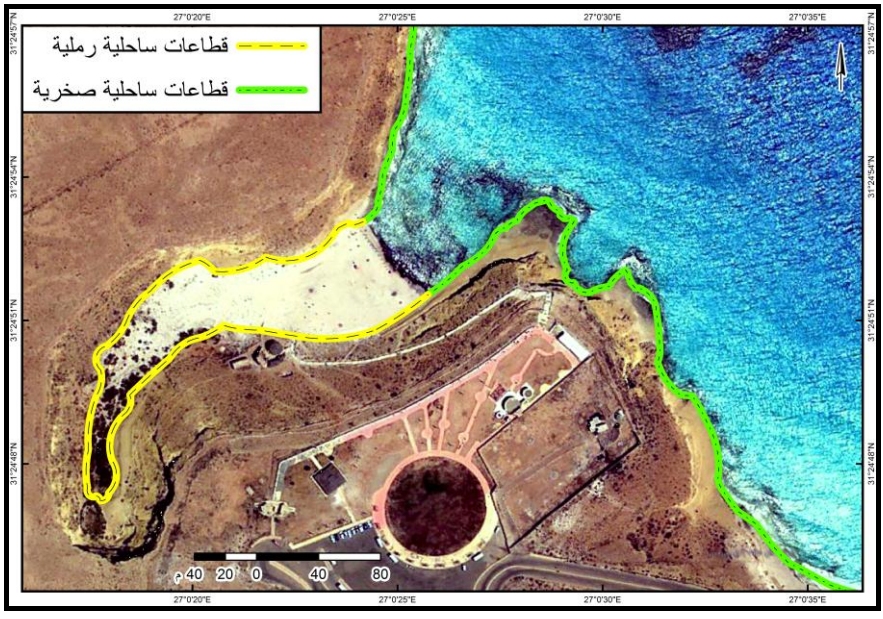


شكل (2) : الموقع العام لمنطقة عجيبة بالساحل الشمالى الغربى.



المصدر: الدراسة الميدانية وبيانات راداراية SRTM.

شكل (3) : الأعماق والارتفاعات فى منطقة عجيبة.



المصدر: الدراسة الميدانية وصور القمر الصناعى GeoEye بتاريخ 2012/1/17م بدقة مكانية 2م.

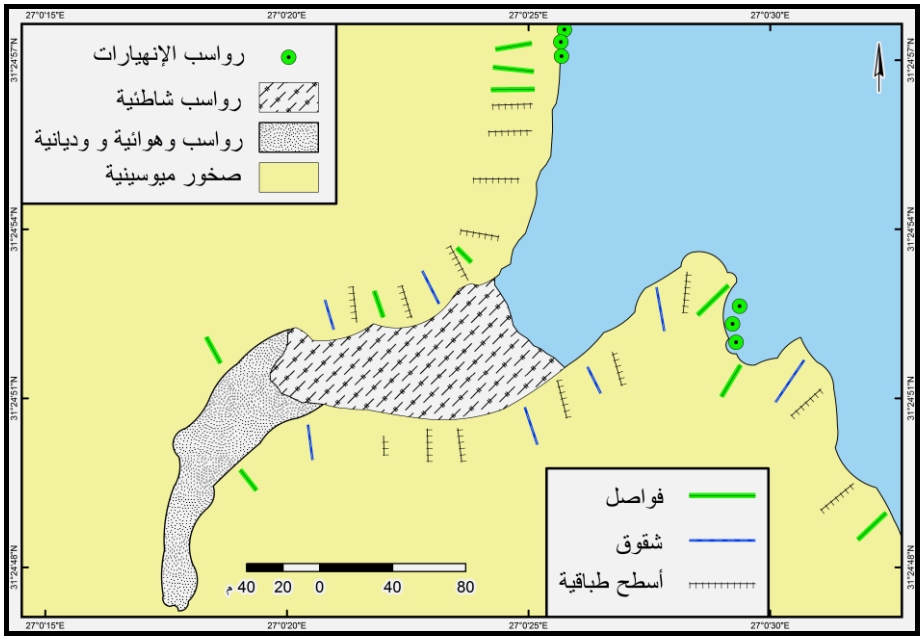
شكل (4) : توزيع السواحل الرملية والصخرية فى منطقة عجيبة.

منطقة عجيبة ففي حين أكد كلا من (El-Shzly, 1964, P. 144; El-Senussy, 1968, P. 94) تأثر امتداد حافة هضبة عجيبة في اتجاهها من الغرب نحو الشرق بحركات تصدع، نجد أن (حسن أبو العينين، 1975، ص 9) قد نفي ذلك تماماً حيث لم يستدل على أية أدلة جيومورفولوجية لذلك، وإن كان ذلك لا يمنع من تسجيل بعض الصدوع إلى الشرق من منطقة عجيبة وتحديداً عند منطقة الأبيض (Taha, 1973, P. 135).

أما بالنسبة للرواسب والتكوينات الجيولوجية السائدة بالمنطقة فهي تنتمي إلى عصرين جيولوجيين فقط وهما كما في الشكل رقم (5) على النحو التالي :

- عصر الميوسين ويمثله تكوينات الهضبة الميوسينية المظاهرة لساحل المنطقة وحافتها الشمالية التي تشرف على ساحل البحر في صورة جرُوف بحرية نشطة وتتألف من المارل الميوسينى.
- عصر الهولوسين وأهم رواسبه هي :
  - الرواسب الشاطئية الرملية الممتدة عند قواعد الجرُوف البحرية، خاصةً عند المدخل البحري لمصب وادي عجيبة حيث يبلغ إجمالي مساحتها نحو 65% من إجمالي مساحة المنطقة.
  - الحطام الصخري الناتج عن عملية التساقط الصخري، وذلك أمام غالبية القطاعات الجرفية بالمنطقة.
  - الرواسب الهوائية والوديانية الحديثة كالحصى والرمال الخشنة المنتشرة بشكل خاص فى القطاعات الدنيا من الأودية الجافة بالمنطقة وتشكل نحو 35% من مجموع مساحة المنطقة.

أما فيما يتعلق بالمظاهر البنيوية الصغرى بصخور المنطقة كالشقوق والفواصل فهي تنتشر بكثافة شديدة فمنها ما هو رأسي ومنها ما هو أفقي وأيضاً ما هو مائل وقد نشأت أغلب الظن عقب عمليات الشد والضغط التي تعرضت لها الهضبة الميوسينية بمنطقة عجيبة في عصر الميوسين، ويوضح الجدول رقم (2) الخصائص المورفومترية للفواصل الصخرية بمنطقة الدراسة حيث بلغ عددها (12) فاصلاً بمتوسط بلغ فاصلاً صخرياً لكل قطاع، كما بلغ متوسط أطوالها 5.5 متراً، واتساعاتها 0.20 متراً، وأعماقها 0.25 متراً، كما تباينت اتجاهاتها بين الفواصل الرأسية والأفقية والمائلة.



المصدر: الدراسة الميدانية وصور القمر الصناعى GeoEye بتاريخ 2012/1/17م بدقة مكانية 2م.

شكل (5) : جيولوجية منطقة عجيبة.

جدول (2) : الخصائص المورفومترية للفواصل الصخرية موزعة على القطاعات الصخرية المختارة.

رقم القطاع	العدد	متوسط الطول (م)	متوسط الاتساع (م)	متوسط العمق (م)	الاتجاه
1	–	–	–	–	–
2	2	9.1	0.2	0.15	مائل
3	1	5.3	0.27	0.25	رأسي
4	3	4.1	0.19	0.19	أفقي
5	3	3.4	0.15	0.21	رأسي
6	3	11.0	0.41	0.7	رأسي
المجموع	**12**	**33**	**1.22**	**1.5**	**رأسي**
المتوسط	**2**	**5.5**	**0.20**	**0.25**	

المصدر: قياس ميداني.

أما بالنسبة لأسطح الطباقية فهي أكثر المظاهر البنيوية انتشاراً في صخور المنطقة، وهي تميل في معظمها تجاه البحر وهو ما انعكس على ظهور الجرُوف الرأسية والمعلقة بالمنطقة، ويوضح الجدول رقم (3) الخصائص المورفومترية لأسطح الطباقية بمنطقة الدراسة حيث بلغ عددها (50) سطحاً بمتوسط بلغ (8.3) سطحاً لكل قطاع، كما بلغ متوسط أطوالها (6.9) متراً، واتساعاتها (0.12) متراً، وأعماقها (0.27) متراً، كما تباينت انحدارات هذه الأسطح فبعضها يميل صوب البحر والبعض يميل صوب اليابس، والبعض الآخر ذات ميول أفقية (صورة 1).

جدول (3) : الخصائص المورفومترية لأسطح الطباقية موزعة على القطاعات الصخرية المختارة.

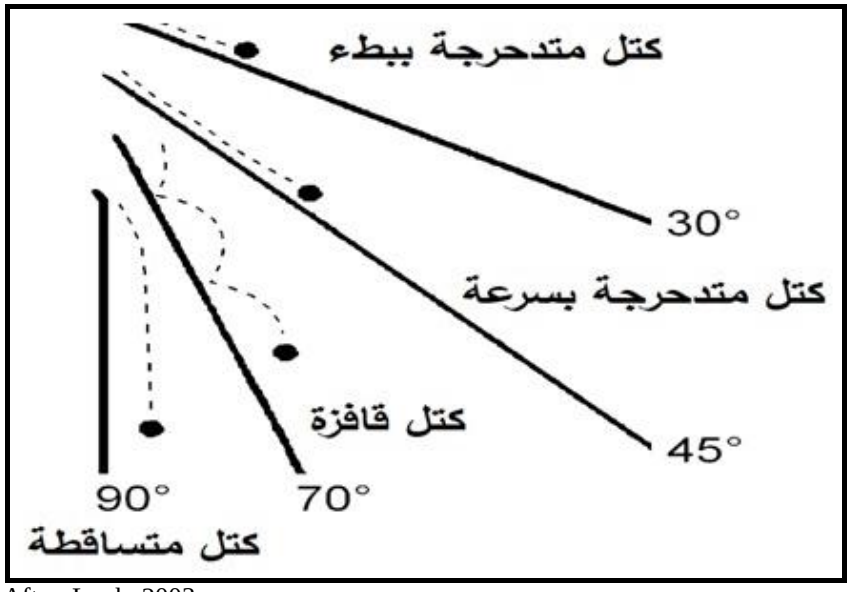
رقم القطاع	العدد	متوسط الطول م	متوسط الاتساع م	متوسط العمق م	اتجاه الميل
1	9	9.6	0.11	0.21	صوب البحر
2	6	8.5	0.14	0.14	صوب البحر
3	4	6.2	0.15	0.32	أفقية
4	–	–	–	–	صوب اليابس
5	11	7.4	0.10	0.43	صوب البحر
6	20	10.0	0.22	0.57	صوب اليابس
المجموع	**50**	**41.7**	**0.72**	**1.67**	
المتوسط	**8.3**	**6.9**	**0.12**	**0.27**	

المصدر: قياس ميداني

ثالثاً : التساقط الصخري وطرق تسجيله.

يعد التساقط الصخري السائد بمنطقة الدراسة هو أحد أبرز أشكال حركة الكتل الصخرية بالسواحل الصخرية بصفة عامة Mass Movement تلك الحركة التي تعني انتقال الكتل الصخرية من أعلى المنحدر إلى أسفله بسبب قوى الجاذبية الأرضية، وهي عملية على قدر كبير من الأهمية فيما يتعلق بتطور السواحل الصخرية (Trenhail, 1987, P. 104). ومن المعروف أن التساقط الصخري يستلزم سقوط مباشر للكتلة الصخرية نحو قاعدة

المنحدر دون حدوث أي ارتكاز لها بواجهة المنحدر، أو انزلاقها على واجهة المنحدر، وهذا يتطلب بالضرورة أن تسقط تلك الكتل من أوجه صخرية شديدة الانحدار Steep Rock Faces، ويوضح الشكل رقم (6) وجود علاقة وثيقة بين درجة الانحدار ونوعية حركة الكتل الصخرية السائدة على المنحدرات، فالانحدارات الطفيفة التي يبلغ متوسطها (30°) يسودها نمط الكتل الصخرية المتدحرجة ببطء، والانحدارات المتوسطة (45°) يسودها نمط الكتل الصخرية المتدحرجة سريعاً، والانحدارات الشديدة (75°) يسودها نمط الكتل الصخرية القافزة، في حين تسود الكتل الصخرية المتساقطة الانحدارات الشديدة جداً (90°) وهو النمط السائد في منطقة عجيبة نظراً لشدة انحدار جروف المنطقة كما سيلي الذكر عند دراسة القطاعات العرضية لهذه الجروف.



After, Luuk, 2003.

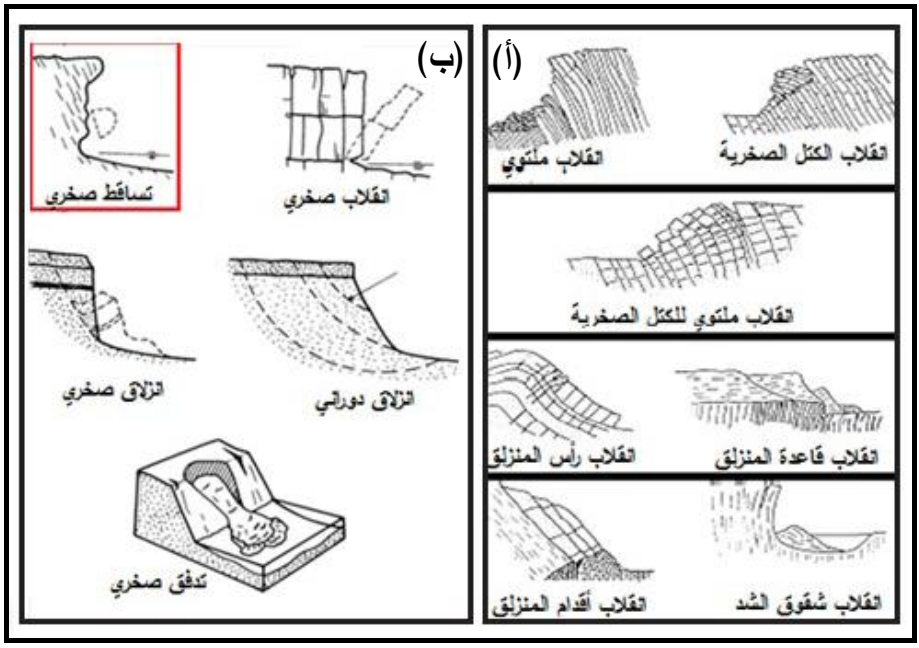
شكل (6) : الأنواع الرئيسية لحركة الكتل الصخرية وعلاقتها بدرجة الانحدار.

ويؤكد (محمد صبري محسوب، 1994، ص 176) على حدوث تلك العملية عند أعالي الحافات الصخرية شديدة الانحدار والجرُفية وبخاصةً تلك المتأثرة بنظم الفواصل المتشابكة. وتتم هذه العملية بصورة فجائية في ثوان معدودة، ودون تدخل أي عامل من عوامل التعرية،

ومن النادر رؤيتها في الحقل، ولكن يمكن الاستدلال على زمن حدوثها بدراسة شكل الكتلة المتساقطة ودرجة تأثرها بعمليات النحت الحديثة من حيث الصقل ودرجة الاستدارة ومدى الاختلاف اللوني لقشرتها الخارجية ومطابقتها على القمة الأصلية لهذه الكتلة. ويرجع أهمية التساقط الصخري رغم صغر أبعاد الكتل الصخرية الناتجة إلى أنه أكثر أشكال حركة الكتل الصخرية انتشاراً في معظم سواحل العالم الصخرية، وتكفي الإشارة على سبيل المثال إلى أن بعض الدراسات قد أوضحت أن عدد السقوط الصخري في ساحل كينت بإنجلترا قد بلغ أكثر من 50 سقوط صخري منذ عام 1800 ورغم كبر هذا العدد إلا أن الكاتب يقر بأن هذا العدد لابد أنه أقل بكثير من الحقيقة (Trenhail, 1987, P. 104)، وقد تفاوتت أحجام وأوزان الكتل الصخرية الناتجة عن التساقط في سواحل العالم المختلفة فعلى سبيل المثال تم تقدير وزن إحدى كتل الطباشير الساقطة في خليج مارجريت بجنوب شرق إنجلترا بنحو 254 كجم، وقد تحركت بعد السقوط لمسافة نحو 360 متر داخل مياه البحر، كما بلغ معدل التساقط خلال فترة (11 سنة) سقوط صخري لكل عام (Hutchinson, 1972). وحقيقة الأمر أنه بالإضافة للتساقط الصخري السائد بمنطقة الدراسة فقد ركزت الدراسات المختلفة على وجود أشكال أخرى من حركة الكتل الصخرية بالسواحل الصخرية، وقد حدد (Sunamura, 1992, P. 221) أهم هذه الأشكال في كل من الانزلاقات الصخرية Landslides التي يتم من خلالها حدوث انزلاق وتزلج للكتل الصخرية، وانقلاب الكتل الصخرية Toppling حيث تسقط الكتل الصخرية مع حدوث ارتكاز لها بقاعدة الجرُف أثناء حركتها لأسفل، وذلك بنوعيه الدوراني Rotational والخطي Planer، وأخيراً التدفق الصخري كما في الشكل رقم (7–أ)، في حين ركز (Trenhail, 1987, pp. 104-114) على أهمية الانقلاب الصخري ودوره في تطور السواحل الصخرية، وقام بتقسيمه إلى عدة أنواع ثانوية وهي الانقلاب الملتوي Flexural Toppling، وانقلاب الكتل الصخرية Block Toppling، ثم الانقلاب الملتوي للكتل الصخرية BlockFlexural Toppling، وانقلاب رأس المنزلق Slide Head Toppling، وانقلاب قاعدة المنزلق Slide Base Toppling، وانقلاب أقدام المنزلق Slide Toe Toppling، وأخيراً انقلاب شقوق الشد Tension Crack Toppling كما هو موضح بالشكل رقم (7–ب) وواقع الأمر أن هناك أربعة طرق يتم استخدامها على مستوى العالم لتسجيل التراجع الساحلي في السواحل الصخرية سواء كان هذا التراجع جزئي، أو كلي وهي كما يلي (Sunamura, 1973, pp. 14-15):

- استخدام الخرائط القديمة والمسح الميداني الحديث كما فعل كل من (Kawasaki, 1954; Valentin, 1954; Yajima, 1964) وآخرون.
- استخدام الخرائط القديمة والحديثة كما فعل كلُ من (Steers, 1951; Yamanouchi, 1964a) وآخرون.
- استخدام أسلوب المسح الميداني في أعوام مختلفة كما فعل (Williams, 1956) وآخرون.
- استخدام التصوير الفوتوغرافي في أعوام مختلفة كما فعل كل من (Shepard & Grant, 1987; Byrne, 1963; Zenkovich et al., 1965) وآخرون.

وقد استخدم الباحث في هذا البحث المسح الميداني شبه الدورى لساحل المنطقة معتمداً في ذلك على أسلوب التصوير الفوتوغرافي لتسجيل تطور التساقط الصخري بالمنطقة، علاوة على الاستعانة بالخرائط الطبوغرافية والصور الفضائية وإن جاءت في مرتبة ثانية في الأهمية بعد المسح الميداني.



شكل (7-أ، ب) : أشكال حركة الكتل بالسواحل الصخرية

(نقلاً عن كلاً من Sunamura, 1992, Trenhail, 1987)

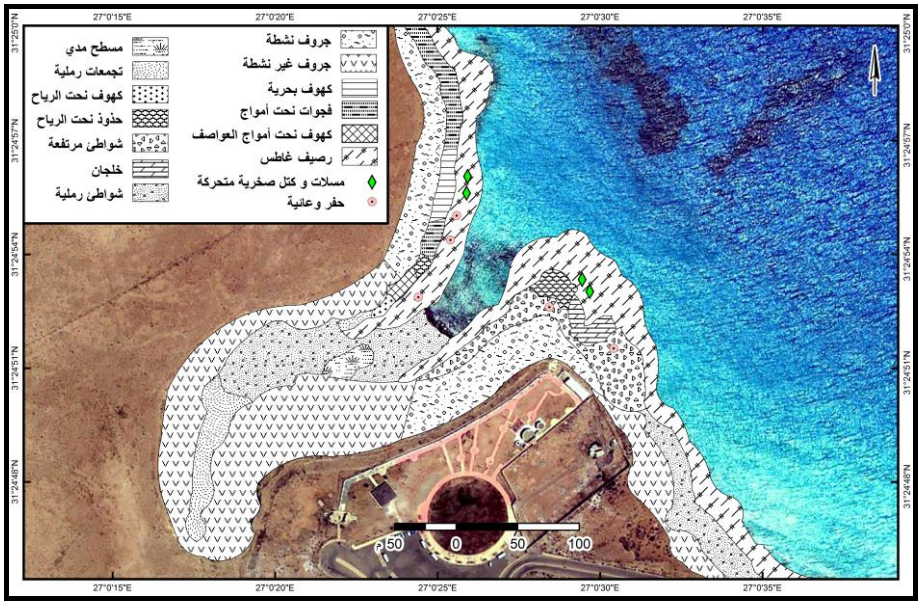
رابعاً : القوى المسئولة عن النحت البحري بالمنطقة.

تتعدد القوى المسئولة عن النحت البحري بالمنطقة (الترجع الجزئي) وفي مقدمتها الأمواج، التيارات البحرية، مدى المد وما يتبعها من إذابة بحرية، رذاذ الأمواج، وفيما يلي دراسة لهذه القوى:

1) الأمواج :

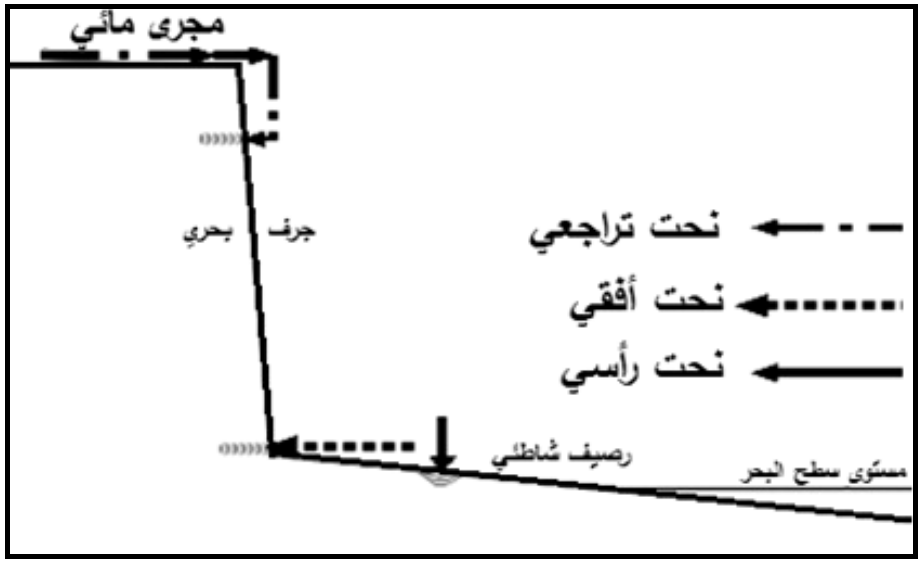
تعتبر الأمواج البحرية من أهم عوامل النحت البحري في سواحل العالم الصخرية بصفة عامة وساحل منطقة عجيبة بصفة خاصة، بسبب الضعف البنيوي والليثولوجي للصخور المشكلة لخط ساحل المنطقة خاصة ما يتعلق بكثافة أنظمة الفواصل وأسطح الطباقية، علاوة على قوة الأمواج التي تشهدها المنطقة خاصةً أثناء فصل الشتاء كما هو موضح في الصورة رقم (2) فى ملحق الصور الفوتوغرافية، وبالملحق رقم (1) الذي يشير إلى أن المتوسط الشهري لارتفاعات الأمواج بالساحل الشمالي الغربي بصفة عامة تتراوح بين 0.5 متراً في شهر أغسطس إلي 2.0 متراً في شهر مارس، كما بلغ المتوسط السنوي لأقل ارتفاع للأمواج 0.81 متراً، في حين بلغ المتوسط السنوي لأعلى ارتفاع للأمواج 1.41 متراً وهناك بعض الأيام التي تشهد أمواجاً قوية قد يصل ارتفاعها إلي 4.5 كما حدث في يوم 2000/4/11، ونحو 4.0 متراً في يوم 2000/11/28، ونحو 3.75 متراً كما حدث في يوم 2000/1/27، ونحو 3.5 متراً كما حدث في يومي 22-2000/3/23 (Egyptian Naval Forces, Final Report, 2002).

وتعد الأمواج الهدامة هي السائدة أمام سواحل المنطقة ككل بدليل ما تشير إليه الخريطة المورفولوجية للمنطقة بالشكل رقم (8) من أن مساحة أشكال النحت بالمنطقة تشكلما يزيد عن نصف مساحة المنطقة، وقد تركزت بالسواحل الخارجية للمنطقة والمتمثلة في الجروف البحرية النشطة، الأرصفة الشاطئية، الكهوف البحرية، الفجوات الجانبية، المسلات الصخرية، الحفر الوعائية وغيرها، أما أشكال الارساب فتشكل مساحة تقل عن النصف وتتركز بالسواحل الداخلية المحمية وأهمها الشواطيء الرملية، المسطحات المدية، الكثبان الساحلية وغيرها. ويتبين من الشكل رقم (9) وجود ثلاثة أنواع من النحت الموجي للساحل الصخري النشط بالمنطقة وهي كما يلي :



المصدر: الدراسة الميدانية.

شكل (8) : الخريطة المورفولوجية لمنطقة عجيبة.



شكل (9) : الأنواع الثلاثة من النحت الموجي في ساحل منطقة عجيبة.

- **النحت الرأسي** Vertical Erosion :

يتركز عمل النحت الرأسي إما من أسفل إلى أعلى كما هو الحال بأسقف الكهوف البحرية بالمنطقة، أو من أعلى إلى أسفل بأسطح أرصفة الشاطىء، ومن أهم مظاهر حدوث النحت الرأسي بمنطقة الدراسة كل من الثقوب الانفجارية Blow Hole بأسقف كهوف المنطقة والتي تساعد فيما بعد على تساقط تلك الأسقف، والحفر الوعائية Shore Potholes التي تتشكل فوق أسطح أرصفة الشاطىء.

- **النحت التراجعي** Headward Erosion :

ينشأ النحت التراجعي بالواجهات العليا من الحافات البحرية بالمنطقة نتيجة نجاح بعض المسيلات المائية الصغيرة من شق طريقها فوق سطح الهضبة لتنحدر عبر القطاعات الجرفية من أعلى إلى أسفل لتؤدي إلي ظهور ما يشبه المساقط المائية الساحلية Coastal Water Falls التي تعمل على نحت التكوينات اللينة من واجهات الجرُوف البحرية لتسقط بعد ذلك التكوينات العليا الصلبة المرتكزة فوق التكوينات اللينة لافتقادها الدعامة الصخري، وقد أطلق (Sunamura, 1976, P. 6) على النحت الذي يتم بواجهات الجرُوف البحرية بنحت الجداول المائية Rill Erosion، ويساعد على حدوث النحت التراجعي بالمنطقة غزارة الأمطار الشتوية خاصةً الفترة من 12/20 إلي 1/4حيث بلغ نسبة تركز المطر بتلك الفترة نحو 72.5% من مجموع المطر السنوي بالمنطقة بالإضافة إلى وجود بعض الأيام التي تشهد أمطار فجائية في المنطقة كما حدث في يوم 1947/11/22 حيث سقط نحو 75.5 مم بنسبة نحو 55% من مجمل مجموع المطر السنوي بالمنطقة الذي يبلغ 137.7 مم، علاوة على الانحدار العام لسطح الهضبة بمنطقة عجيبة صوب قطاعات الحافات البحرية.

- **النحت الأفقي** Horizontal Erosion:

يعد النحت الأفقي هو أهم أنواع النحت البحري بمنطقة الدراسة وهناك العديد من العوامل المؤثرة في مدى نشاط النحت الأفقي في المنطقة وهي:

- طاقة الأمواج وقوتها.
- الفارق المدى.
- طبوغرافية الساحل.
- خصائص الصخر.

ويتضح من الجدول رقم (4)، والشكل رقم (10) الذي يبين معدلات النحت البحري في ساحل منطقة عجيبة في الفترة من (1995–2012) أن متوسط النحت السنوى قد تراوح بين (صفر) في القطاعين (2)، (3) إلى (20) سم في القطاع رقم (5)، وبمتوسط عام بلغ (9.2) سم/سنة، ومن تحليل بيانات الجدول يتضح ما يلي :

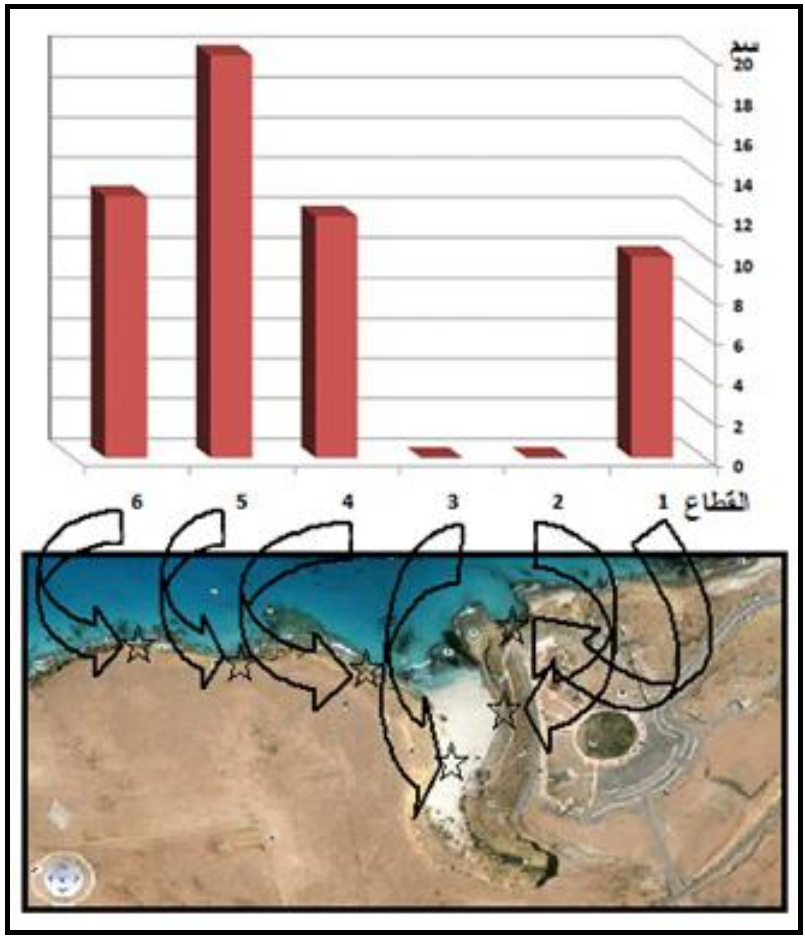
جدول (4) : معدلات النحت البحري في منطقة عجيبة خلال الفترة من (1995–2012).

رقم القطاع	مقدار النحت خلال 17 سنة (م)	المتوسط السنوى للنحت (سم)
1	1.7	10.0
2	–	–
3	–	–
4	2.05	12.1
5	3.4	20.0
6	2.2	12.9
مجموع	**9.35**	**55**
المعدل العام		**9.2**

المصدر: قياس ميداني.

- لم يسجل القطاعين (2)، (3) نحتاً بحرياً خلال الفترة من (1995–2012) والسبب في ذلك يرجع إلى وجود شواطيء رملية كثيفة أمام قواعد هذين القطاعين في الوقت الراهن وهو ما حال دون وصول النحت البحري لقواعدهما ومن ثم استقبال جروفهما تغذية استرجاعية سالبة وبطبيعة الحال توقف النحت البحري بهما، وإن كان هذا لا يحول دون تعرضهما للتساقط الصخري بسبب نشاط عوامل وعمليات النحت القاري.
- يعد القطاع رقم (5) هو أكثر القطاعات تعرضاً للنحت البحري حيث بلغ متوسطه السنوي (20.0) سم، والسبب في ذلك يرجع إلى قلة اتساع الرصيف الشاطئي ووجود رواسب رملية وحصوات فوق سطحه وهو ما يعزز من قدرة الأمواج البحرية على النحت القاعدي بسبب استخدام هذه الرواسب كمعاول للنحت وهو ما أدى إلى استقبال جروف هذا القطاع تغذية استرجاعية موجبة ومن ثم نشاط النحت البحري بقواعد هذه الجروف.

- بلغ مقدار النحت البحري السنوي بالقطاع رقم (6) المنهار حديثاً (12.9) سم، وهو بذلك ثاني أكثر القطاعات تعرضاً للنحت البحري وقد تركز معظمه في الفترة من 1995–1997 وذلك قبل حدوث التساقط الصخري في عام 1998، والسبب في ذلك يرجع إلى استقبال جروف هذا القطاع تغذية استرجاعية موجبة قبل عملية التساقط، ثم تغذية استرجاعية متأرجحة بين السالبة والموجبة بعد حدوث التساقط نتيجة وجود حاجز من الصخور المتساقطة أمام ساحل القطاع.



شكل (10) : المتوسطات السنوية للنحت البحري في ساحل منطقة عجيبة موزعة على القطاعات الستة.

- على الرغم من وقوع القطاع رقم (1) ضمن السواحل الصخرية المكشوفة المعرضة دوماً لهجوم الأمواج إلا أنه قد سجل نحتاً بحرياً سنوياً ضعيفاً بلغ مقداره (10.0) سم، ويرجع ذلك إلى وجود رصيف شاطئي ذات حافة بحرية (جرف الجزر) ممتد أمام قواعد جروف هذا القطاع وهو ما ترتب عليه تكسر الأمواج المهاجمة عند قاعدة هذا الجرف وتعرضه المستمر للتراجع البحري في حين تصل ضعيفة إلى قواعد الجروف الرئيسية المظاهرة.
- بالنسبة للقطاع رقم (4) فقد سجل نحتاً بحرياً ضعيفاً نسبياً (12.1) سم/سنة والسبب في ذلك يرجع إلى عظم اتساع رصيفه الشاطئي (23 متراً) وخلوه من معاول الهدم المختلفة (رمال – حصوات)، وهو ما قلل من قدرة الأمواج على الوصول بقوة إلى قواعد جروف هذا القطاع.

ويتبين من الجدول رقم (5) الذي يوضح مجمل النحت البحري في ساحل منطقة عجيبة في قطاعاتها الستة خلال فترة (17) سنة ما يلي :

- ❖ بالنسبة للقطاع الأول نجد أن إجمالي النحت البحري به خلال الفترة من (1995–2012) قد بلغ (170) سم، وقد لوحظ أن معظم النحت البحري قد سجل في الفترة من (1997–2003) حيث بلغ (66) سم، بنسبة تقترب من (40)% مجمل النحت البحري بالقطاع، يليها الفترة من (2005–2012) بنصيب (56) سم، بنسبة تبلغ نحو ثلث مجمل النحت البحري بالقطاع، ولعل من أبرز مظاهر النحت البحري بهذا القطاع نجاح الأمواج البحرية خلال الفترة من (1995–2012) في تعميق وتوسيع إحدى الفجوات الجانبية بالقطاع وتحويلها إلى كهف بحري حديث كما يتضح من الصورة رقم (29).
- ❖ تعد الفترة من (1995–1997) هي ذروة النحت البحري في القطاع السادس بإجمالي نحت بلغ (160) سم بنسبة تبلغ نحو ثلاثة أرباع مجموع النحت البحري بالقطاع خلال الفترة من (1995–2012) ويرجع ذلك إلى خلو سطح الرصيف الشاطئي في هذه الفترة من الكتل الصخرية المتراكمة أمام ساحل القطاع.
- ❖ بالنسبة للقطاع الرابع لوحظ أن الفترة من (1997–2003) هي ذروة النحت البحري بالقطاع بإجمالي نحت بلغ (102) سم بنسبة تبلغ نصف مجمل النحت البحري بساحل

القطاع، يليها الفترة من (2003–2012) حيث بلغ مقدار النحت البحري بها نحو (66) سم بنسبة تزيد عن (30)%.

- بالنسبة للقطاع الخامس فقد بلغ إجمالي النحت البحري به خلال الفترة من (1995–2012) (340) سم، وهو بذلك أكثر القطاعات التي تعرضت للنحت البحري بساحل المنطقة وذلك بنسبة تقترب من (40)% من مجمل النحت البحري بسواحل القطاعات الستة، والسبب في ذلك يرجع إلى المرحلة النشطة التي يمر بها ساحل القطاع، وقد تركز معظم النحت البحري خلال الفترة من (2005–2012) حيث بلغ (148) سم بنسبة تقترب من (45)% من مجمل النحت البحري بالقطاع، يليها الفترة من (1997–2003) بنصيب (124) سم بنسبة تزيد عن (35)% من مجمل النحت البحري بالقطاع.

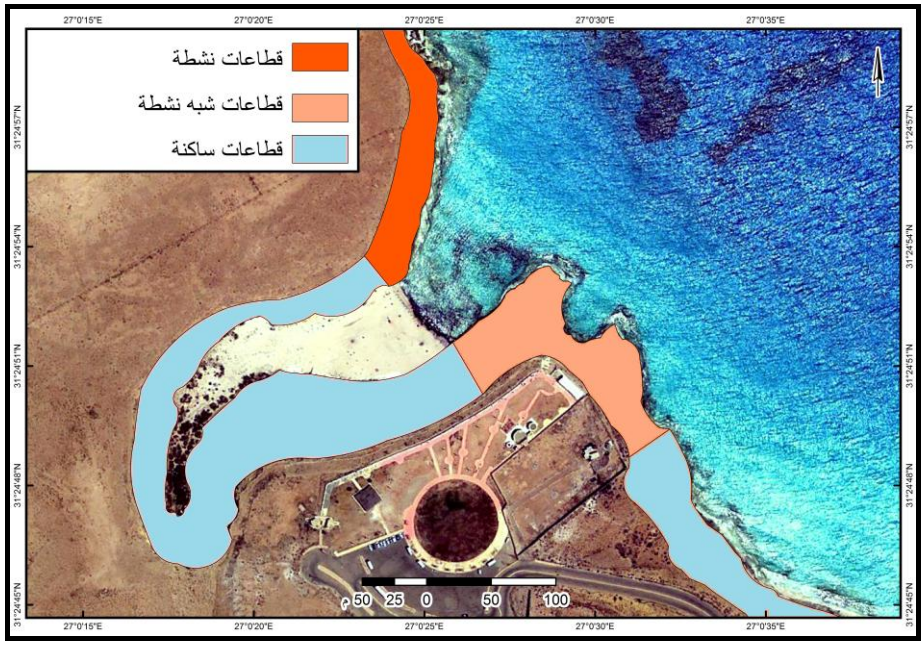
جدول (5) : إجمالي النحت البحري في القطاعات الستة من ساحل منطقة عجيبة خلال الفترة من 1996–2012 (سم).

السنة / القطاع	1996	1997	2003	2005	2012	مجموع
1	0	20	66	28	56	170
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	37	102	0	66	205
5	0	36	124	32	148	340
6	90	70	20	0	40	220
مجموع	**90**	**163**	**312**	**60**	**310**	**935**

المصدر: قياس ميداني

وبناء على ما سبق فإنه يمكن تقسيم سواحل منطقة عجيبة كما يبين الشكل رقم (11) حسب نشاط النحت البحري بها خلال الفترة من (1995–2012) إلى ثلاثة قطاعات رئيسية وهي :

- **قطاعات ساحلية نشطة (15 سم/سنة)** : وتشمل القطاعات الساحلية الخارجية من المنطقة والمتمثلة في السواحل الشمالية الشرقية (السواحل المكشوفة)، وهى أكثر القطاعات بروزاً في مياه البحر وتعامداً على اتجاه الأمواج البحرية المهاجمة.
- **قطاعات ساحلية شبه نشطة (10 سم/سنة)** : وتشمل القطاعات الساحلية الجنوبية والجنوبية الشرقية من المنطقة وهي ثاني أكثر قطاعات المنطقة تعمقاً في مياه البحر وتعامداً على اتجاه الأمواج المهاجمة.
- **قطاعات ساحلية ساكنة** : وهي القطاعات التي لم تشهد نحتاً بحرياً على الإطلاق، وتشمل القطاعات الساحلية الداخلية المحمية من مهاجمة الأمواج المهاجمة من قبل جانبي وادي عجيبة (وادي الهاش الشرقي)، والمتمثلة في السواحل الشمالية الغربية، والجنوبية الغربية، والغربية وهي أكثر القطاعات توغلاً في اليابس.



المصدر: الدراسة الميدانية وصور القمر الصناعى GeoEye بتاريخ 2012/1/17م بدقة مكانية 2م.

شكل (11) : تصنيف سواحل منطقة عجيبة حسب معدلات النحت البحرى.

ويوضح الجدول رقم (6) متوسطات النحت الموجي بساحل منطقة عجيبة مقارنة

ببعض سواحل العالم الصخرية الأخرى ذات الصخور الجيرية.

جدول (6) : معدلات النحت البحري بسواحل العالم الصخرية مقارنة بساحل منطقة عجيبة.

الإقليم	نوع الصخر	معدل النحت (متر/سنة)	المصدر
يوركشير – انجلترا	طباشيرى	0.3	Matthews, 1934
سانتا جريز – كاليفورنيا	حجر طينى ميوسيني	0.4–0.3	Sorensen, 1968
أوريجون الشمالية	حجر رملى ميوسيني	0.6	Byrne, 1963
هارنوماشى–اليابان	حجر رملى بلايوسيني	0.7–0.3	Yamanouchi, 1964a
بيوبوجورا – اليابان	حجر طينى بلايوسيني	1.1–0.4	Kawasaki, 1954
ساحل عجيبة – مصر	حجر جيرى ميوسيني	صفر–0.2	الدراسة الحالية

After, Sunamura, 1976 (Modified)

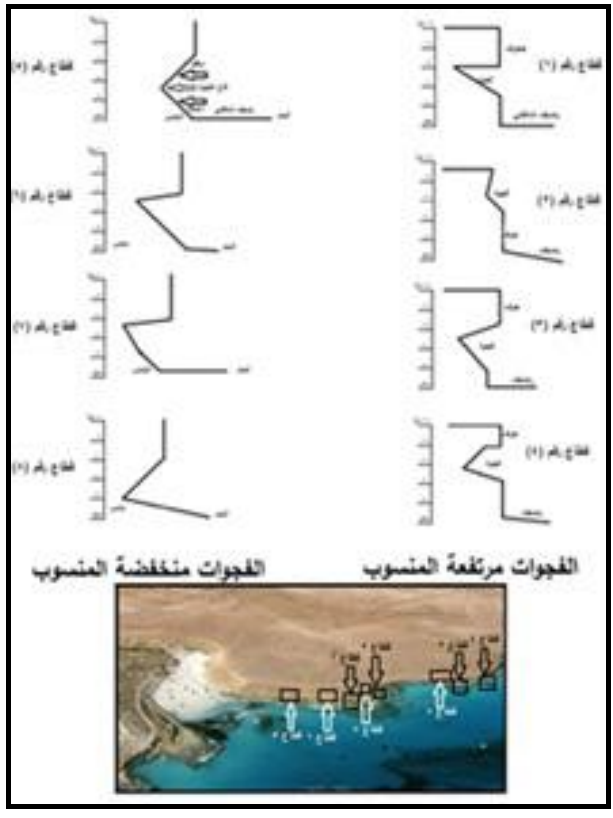
مؤشرات ودلائل النحت البحري في منطقة عجيبة :

هناك العديد من المؤشرات والدلائل الجيومورفولوجية على نشاط النحت البحري والتساقط الصخري في العديد من جهات الساحل الصخري في منطقة عجيبة والمتمثلة في وجود عدد من أشكال السطح الساحلية وهي كما يلي :

- **الفجوات الجانبية :**

تم تسجيل العديد من الفجوات الجانبية في منطقة عجيبة (10) فجوات تقع غالبيتها بالقسم الشمالي الشرقي والجنوبي الشرقي من ساحل المنطقة وهي عبارة عن تجويفات عميقة يتم نحتها بقواعد وواجهات الجروف البحرية وهي ذات أقسام ثلاثة كما يتضح من القطاعات العرضية في الشكل رقم (12) (حافة علوية أو ما يعرف بسقف الفجوة – حافة سفلية أو ما يعرف بأرضية الفجوة – قاع الفجوة أو ما يعرف ببطن الفجوة)، وتشير تلك النوعية من الفجوات إلى نشاط كلاً من النحت القاعدي والتساقط الصخري حيث تتميز الحافات العليا لفجوات المنطقة بوجود ظاهرة الشرفات الصخرية المعلقة شديدة الانحدار Visor المعرضة للتساقط في أية لحظة بفعل الجاذبية الأرضية وهو ما يدل على مرحلة الكهولة التي تمر بها غالبية فجوات المنطقة، ويمكن تصنيف فجوات المنطقة إلى نوعين رئيسيين هما :

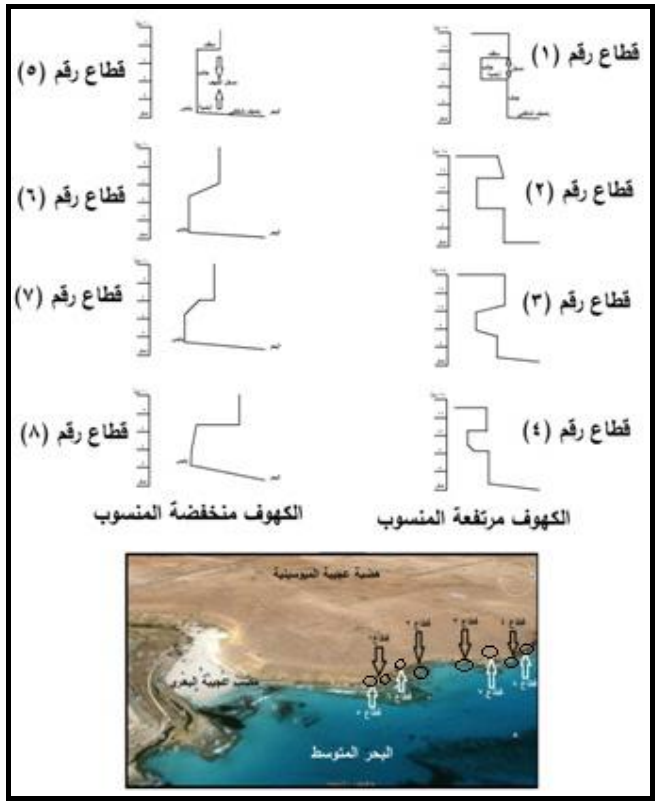
- **فجوات منخفضة المنسوب** : وتقع عند قواعد الجروف البحرية وقد نشأت بسبب النحت الموجي ونشاط عملية الإذابة بفعل عملية التجوية المائية وقد تميزت هذه النوعية من الفجوات بشدة تعمقها وارتفاعها (أكثر من المتر) وأسقفها شديدة الانحدار المخددة بعدد كبير من أسطح الطباقية (6) أسطح (صورة 3).
- **فجوات عالية المنسوب** : وتقع على ارتفاع قد يزيد عن عشرة أمتار في بعض الأحيان وقد تشكلت بسبب تضافر كلاً من عمليات التجوية الملحية بسبب البقع والرذاذ المائي والنحت الموجي المصاحب لأمواج العواصف الشتوية، وقد اختلفت هذه النوعية من الفجوات عن النوع منخفض المنسوب من حيث قلة الامتداد الارتفاع (أقل من المتر).



شكل (12) : القطاعات العرضية للفجوات الجانبية ومواقعها فى منطقة عجيبة (قياس ميدانى).

- **الكهوف البحرية :**

الكهف البحري عبارة عن حفرة صغيرة يتم نحتها بالفواصل والشقوق وأسطح الطباقية المنتشرة بجرُوف المنطقة يتم توسيعها بعد ذلك جانبياً وتعميقها أفقياً إلى أن تصبح ذات أربعة أقسام كما يتضح من تحليل القطاعات العرضية للكهوف في الشكل رقم (13)، والصورة رقم (4) وهي المدخل أو ما يعرف ببوابة الكهف، وسقف الكهف، وأرضية الكهف، وأخيراً جوانب الكهف الداخلية، وقد بلغ عدد الكهوف في منطقة عجيبة (23) كهفاً تركزت غالبيتها في الساحل الشمالي الشرقي للمنطقة، بعض هذه الكهوف تمر بمرحلة الطفولة (كهوف جنينية) بلغ عددها ستة كهوف فقط، وغالبيتها تمر بمرحلة الكهولة (كهوف على وشك التساقط). ومن الممكن تصنيف كهوف المنطقة إلى نوعين من رئيسين (صورة 5) وهما:



المصدر: قياس ميداني.

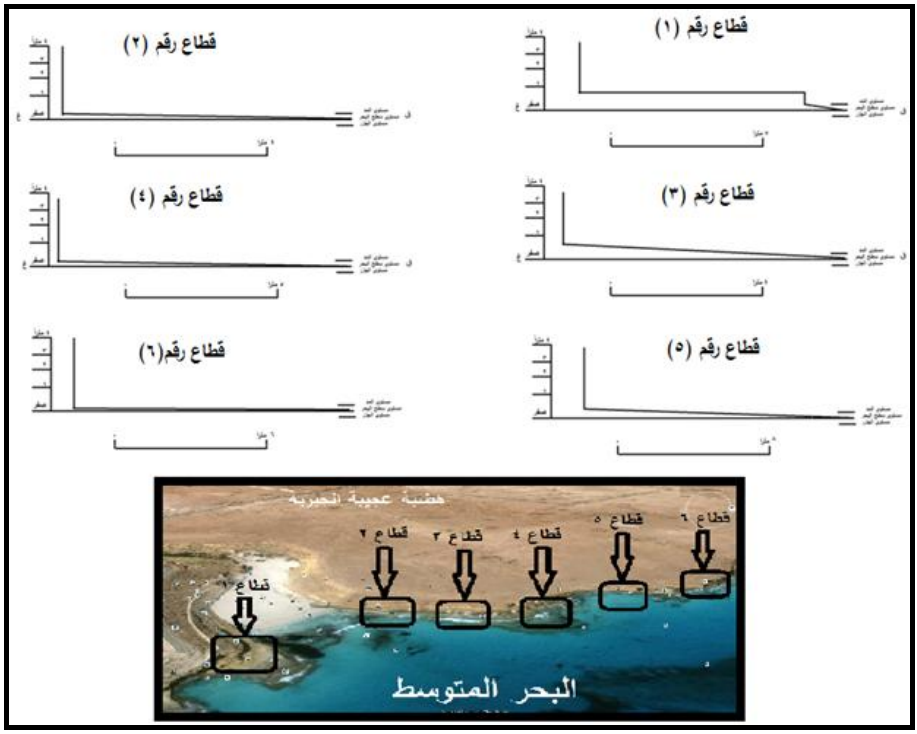
شكل (13) : قطاعات عرضية للكهوف البحرية في المنطقة ومواقعها.

- كهوف منخفضة المنسوب وقد بلغ عددها (17) كهفاً، وقد نشأت عند قواعد الجروف البحرية النشطة بسبب نشاط نحت الأمواج، وقد تميزت معظمها بأسقفها المعلقة على وشك التساقط، وقد بلغ متوسط ارتفاعها (3.1) متراً، واتساعها (2.5) متراً، وأعماقها نحو (3.7) متراً.
- كهوف مرتفعة المنسوب وهي ما يطلق عليها (كهوف أمواج العواصف) وقد نشأت على منسوب يزيد عن ثمانية أمتار عبر أسطح الطباقية الأفقية، وقد بلغ متوسط ارتفاعها (0.5) متراً، وعمقها (0.7) متراً، أما اتساعها فقد بلغ نحو (0.8) متراً.

- **الأرصفة الشاطئية:**

تمتد الأرصفة الشاطئية أمام قواعد الجرُوف البحرية في منطقة عجيبة، وقد نتجت عن تراجع الجُرف البحري عبر مراحل متعددة، ويمكن الاستعانة بالأرصفة الشاطئية للتعرف على مقدار النحت البحري والتساقط الصخري التي تعرض له ساحل المنطقة خلال الفترات السابقة، فمقدار اتساع رصيف الشاطيء هو بمثابة مؤشر لنشاط النحت الأفقي وتوالى حدوث التساقط الصخري وتراجع خط الساحل، وقد تراوح اتساع أرصفة الشاطيء التي تم قياسها بالمنطقة بين (8) متراً أمام القطاع الصخري رقم (5) إلى (23) متراً أمام القطاع رقم (4) بمتوسط عام بلغ 12.8 متراً للأرصفة المقاسة. بعض أرصفة المنطقة أفقية الانحدار تماماً وتنتهي بحافة صخرية في مياه البحر تعرف بجرف الجزر كما هو الحال أمام ساحل القطاع رقم (1) الموضح في الصورة رقم (6) وغالبيتها ذات انحدارات تدريجية صوب مياه البحر تراوحت بين (3) درجات إلى (8) درجات بمتوسط انحدار عام بلغ (4.2) درجة، وبتحليل القطاعات العرضية لهذه الأرصفة في الشكل رقم (14) يتضح وجود ثلاثة أنواع من أرصفة الشاطيء وهي :

- أرصفة الجزر وتكون مغمورة دوماً بمياه البحر وتشكلها عمليات الإذابة البحرية والتجوية البيولوجية.
- الأرصفة المدية وتخضع في تشكيلها لعمليات النحت البحري خاصة الأمواج بما تحمله من معاول هدم ناتجة عن نحت الجرف البحري والقاع الصخري في مرحلة سابقة.
- أرصفة المد العالي وتخضع في تشكيلها لأمواج العواصف الشتوية القوية بجانب عمليات التشكيل القارية خاصة التجوية الكيميائية والميكانيكية.



المصدر: قياس ميداني.

شكل (14) : القطاعات العرضية للأرصفة الشاطئية في منطقة عجيبة ومواقعها.

- **المسلات البحرية :**

تنشأ المسلات البحرية نتيجة اقتطاع أجزاء من النتوءات والرؤوس الصخرية في المنطقة فتظهر بارزة فوق أسطح أرصفة الشاطيء، وقد تم تسجيل (3) مسلات صخرية تقع جميعها في أقصى الساحل الشمالي الشرقي للمنطقة، اثنتين من هذه المسلات تم تسجيلهما داخل نطاق الجزر، وواحدة تم تسجيلها بنطاق المد والجزر، وقد بلغ متوسط ارتفاعها نحو ثلاثة أمتار، واتساعها عند قواعدها نحو مترين، وقد تميزت جميع مسلات المنطقة بتعرضها الشديد لعمليات التقويض السفلي عند قواعدها مما جعل القطاعات العليا منها تبدو على وشك التساقط وهو ما يشير إلى مرحلة الكهولة التي تمر بها بدليل أيضاً انخفاض ارتفاعها مقارنة بارتفاع الجرف المظاهر لها حيث بلغ مقدار الفارق في الارتفاع (−14 متراً)، وقد

ابتعدت هذه المسلات عن خط الساحل الرئيسي بمسافات تتراوح بين 6–14.4 متراً، وهو ما يعنى تراجع خط الساحل بنفس المسافة خلال فترة سالفة، كما يميز مسلات المنطقة بصفة عامة جوانبها شديدة الانحدار، وقواعدها المتآكلة، وقممها المدببة، وتعرض القطاعات العليا منها للأكسدة بدليل لونها البني، على عكس القطاعات السفلى ذات اللون الأسود (صورة 7).

2) التيارات البحرية :

يقتصر دور التيارات البحرية أمام ساحل منطقة عجيبة على نقل الرواسب والحطام الصخري بعيداً عن قواعد الجرُوف البحرية مما يعزز من دور الأمواج كعامل نحت في المراحل التالية، ويعد التيار الساحلي المتجه من الغرب صوب الشرق في اتجاه الرياح السائدة هو المسئول عن نقل الرواسب الناعمة داخل نطاق المياه العميقة، ولولا الضعف النسبي لسرعة هذا التيار وعمله بعيداً عن قواعد الجرُوف البحرية لكان دوره عظيماً في تفعيل عمل الأمواج كعامل نحت (بلغ متوسط سرعته بالمنطقة50 سم/ثانية)، بجانب التيارات المازقة السائدة (الشقية) ذات القدرة الكبيرة على نقل الرواسب. وبالإضافة إلي هذه النوعية من التيارات البحرية فهناك تيارات أخرى ثانوية بإقليم الساحل الشمالي الغربي لا تتفق في اتجاهها مع التيارات السابقة يتجه بعضها في اتجاه شرقي/جنوبي شرقي بسرعة تتراوح بين 0.25–0.75 م/ثانية، وبعضها في اتجاه جنوبي/جنوبي شرقي بسرعة تتراوح بين0.25–0.75 م/ثانية (Egyptian Naval Forces, Final Report, 2002) وهناك كذلك التيارات البحرية الموازية لخط الساحل قرب قواعد الجرُوف البحرية وتنشأ بسبب حركة الأمواج فعندما يكون اتجاه الموجة مائلاً فانه ينتج عنها حركتين الأولى مندفعة صوب قواعد الجرُوف Swash والثانية مرتدة صوب مياه البحر Back Wash، ومحصلة الحركتين هي نشأة تيار دفع على طول خط الساحل Long Shore Drift يعمل على نقل الرواسب بالتدريج على طول امتداده. ويعتقد الباحث أن لهذه التيارات الدور الأكثر أهمية في نقل الحطام الصخري والكتل الصخرية الكبيرة التي سقطت حديثاً من أمام قواعد الجرُوف البحرية، وذلك في الفترة من (1998–2005) ومن ثم تفعيل عمل الأمواج البحرية كعامل نحت لساحل المنطقة خاصةً مع ضيق الرصيف الشاطئي من جهة، وشدة انحداره في بعض القطاعات

من جهة ثانية وقوة الأمواج البحرية الشتوية من جهة ثالثة، وبقياس سرعة حركة المياه المندفعة تجاه قواعد جرُوف المنطقة بداية من تكسر الأمواج بسطح الرصيف الشاطئي فوجد أنها تبلغ في المتوسط نحو 20 متراً لكل 5 ثوان، أما الحركة الرجعية للمياه بداية من اصطدامها بقاعدة الجُرف البحري فقد بلغ سرعتها 20 متراً لكل 10 ثوان.

3) مدي المد Tidal Range :

يقصد بمدى المد مقدار الفارق الرأسي في منسوب المياه عند ارتفاعه أثناء المد وانخفاضه وقت الجزر، وقد أشارت بيانات المد والجزر بالساحل الشمالي الغربي في عام 2000 إلى أن متوسط الماء العالي للمد الكبير Mean High Water Spring قد بلغ 0.26 سم، في حين بلغ متوسط الماء العالي للمد الصغير Mean High Water NEAP (0.18 سم) أما متوسط الماء المنخفض للمد الكبير Mean Low Water Spring فقد بلغ 0.06 سم، أما متوسط الماء المنخفض للمد الصغير Mean Low Water Neap فقد بلغ (صفر) (Egyptian Naval Forces, Final Report, 2002) وبصفة عامة فإنه على الرغم من الانخفاض الشديد لمدى المد بالمنطقة (أقل من نصف متر) فإن تكرارية حدوثه يعزز من قدرته على إذابة الصخور الجيرية في صورة فجوات إذابة بقواعد الجرُوف البحرية (تقويض سفلي)، كما يعزز من قدرة نحت الأمواج لساحل المنطقة خاصةً إذا ما حدث تطابق بين مياه المد العالي وأمواج العواصف الشتوية.

4) رذاذ الأمواج Wave Spray :

عندما تصطدم الأمواج البحرية بالحافة البحرية للرصيف الشاطئي تتطاير كميات كبيرة من رذاذ الأمواج لتستقر في نهاية المطاف بالواجهات الحرة من الجرُوف البحرية، وعندما يجف الرذاذ تتبقي ذرات الملح داخل الصخور ليتزايد حجمها داخل مسام وشقوق الصخر نتيجة النمو البلوري للأملاح لتمارس نوعاً من التجوية الكيميائية والميكانيكية يظهر أثرها في مجموعة من الثقوب والحفر المنتشرة على طول القطاع العرضي للواجهات الجرُفية بمنطقة عجيبة مما يعزز بلا شك من فرص حدوث التساقط الصخري لهذه الأوجه.

خامساً : القوى المسئولة عن التساقط الصخري بالمنطقة.

إذا كانت القوى البحرية هي صاحبة اليد العليا في نحت قواعد الجرُوف البحرية وحدوث التراجع الجزئي بمنطقة عجيبة فإن القوى القارية خاصةً عمليات التجوية هي صاحبة السيادة في نشاط التساقط الصخري وحدوث التراجع الكلي من خلال مهاجمتها لقمم وواجهات الجرُوف البحرية، يساعدها في ذلك كل من الخصائص الميكانيكية للصخور التي تتألف منها جروف المنطقة (القوى المقاومة)، الخصائص الحرجة للجرف البحري، وأخيراً الأنشطة البشرية، وفيما يلي دراسة لهذه القوى :

1) الخصائص الميكانيكية للصخور :

أوضحت الدراسات المختلفة ومن بينها دراسة (Sunamura, 1992, pp. 54-60) أن مدى مقاومة الصخور لقوى النحت المختلفة تتوقف على خصائصها الميكانيكية خاصةً ما يتعلق بمدى مقاومتها لإجهادات الضغط والشد والقص، وفيما يلي دراسة موجزة للخصائص الميكانيكية لصخور المنطقة :

أ- مقاومة الصخور لإجهادات الضغط Compressive Stresses:

يقصد بقوى الضغط إجهادات الضغط اللازمة لكسر عينة من الصخور تحت تأثير قوة ضغط محوري بشرط ألا تكون جوانب العينة واقعة تحت تأثير أي قوى أخرى كقوى الشد أو القص، وينتج عن إجهاد الضغط حدوث انضغاط على طول الكتل الصخرية الموازية لاتجاهات الإجهادات وانبعاج في الاتجاهات العمودية عليها في حالة إذا كان الحمل أقل من الحمل اللازم لإحداث تشققات أو أسطح انهيار، وتعد صخور المنطقة من أقل الصخور مقاومة لقوى الضغط حيث يبلغ تحمل صخور المنطقة لقوى الضغط 350 كجم/ سم2 في حين تصل إلي 2500 كجم/سم2 في صخور الجرانيت (إبراهيم عبيدو، 1981، ص ص 111-114)، ويمكن تقدير قوة تحمل الصخور لإجهادات الضغط كما يلي:

قوة تحمل الصخور لإجهادات الضغط = قوة الضغط المحوري / مساحة المقطع الأفقى للعينة الصخرية.

وتتميز صخور المنطقة بضعفها أمام مقاومة إجهادات الضغط للأسباب الآتية :

- **نـوع المـادة اللاحمـة** : من المعروف أن الصـخور الرسوبية قد تتلاحم بواسطة بعض المـواد المعدنيـة التـي تترسـب بـين حبيباتهـا، ونظـراً لأن المـادة اللاحمـة بـين صـخور المنطقة هي كربونـات الكالسيوم (95.0% من المكونـات المعدنية بالصـخور) فإن ذلك قد أدى إلـي قلـة مقاومـة الصـخور لقوى الضـغط ، حيث إنـه من المعروف أن الكوارتز من أهم اللواحم الذي يزيد من مقاومـة الصـخور الجيرية لإجهادات الضـغط (تبلـغ نسبة الكوارتز بصـخور المنطقة 3.7%).
- **الشقوق والفواصل** : من المعروف أن انتشار أنظمة الشقوق والفواصل يُضـعف من مقاومة الصـخور لقوى الضـغط (Sunamura, 1973, pp. 56-60)، ونظراً لكثرة أنظمـة الشـقوق والفواصـل بصـخور المنطقـة خاصـةً الموازيـة منهـا لقـوى الضـغط فقد أدى ذلك إلـي إضـعاف صـخور المنطقـة تجـاه تحمل إجهادات الضـغط (راجـع الخريطـة الجيولوجية)، علاوة على نشاط النحت القاعدي بقواعد جرُوف المنطقة.
- **مسـامية الصـخور** Porosity : يقصـد بمسامية الصـخور حجم الفراغـات الموجودة فـي الصـخور بالنسبة لحجمها الكلي، وهي التي تسمح بتحرك المياه خلال هذه الفراغات، ومن المعروف أنـه كلما زادت مسامية الصـخور قلت مقاومـة الصـخور لقوى الضـغط، ونظراً لأن صـخور الحجر الجيري بصـفة عامـة وصـخور المنطقـة بصـفة خاصـةً من أكثر أنـواع الصـخور مسـامية حيث تبلـغ نسـبتها 50%، فـي حين تبلـغ 1% فقط فـي الصـخور النارية) فقد أدى ذلك إلي قلة مقاومة الصخور لإجهادات الضغط.

ب- مقاومة الصخور لإجهادات الشد Tensile Stresses :

يـتم اختبـار مـدى تحمـل الصـخور لإجهـادات الشـد فيمـا يعـرف باختبـار الشـد أحـادي المحور Uniaxial Tensile Test ويـتم تقـدير قـوة تحمـل الصـخور لقوى الشـد كمـا أوضـح (Sunamura, 1992, pp. 54-55) كما يلي :

قوة تحمل الصخور لقوى الشد = إجهادات الشد / مساحة المقطع العرضي للعينة

وتتميز صـخور الحجر الجيري التي تتألف منها منطقة عجيبة بصفة عامة بقلة تحملها لإجهادات الشد (35 كجم/سم^2) بسبب كبر حجم حبيبات الصـخور الجيريـة مقارنـة بـأنواع

الصخور الأخرى، وعادةً ما يصاحب إجهادات الشد حدوث استطالة في الصخور وذلك في اتجاه الإجهادات وانكماش في الاتجاهات العمودية وتعد عمليات التجوية الميكانيكية الناتجة عن التغير اليومي والفصلي لدرجات الحرارة من أكثر مسببات إجهادات الشد لصخور المنطقة.

ج- مقاومة الصخور لإجهادات القص Shear Stresses :

يقصد بإجهادات القص مقدار القوى الأفقية التي تتعرض لها صخور المنطقة، وعادةً ما يصاحب إجهادات القص تغير في زوايا التقاء كتل الصخور مع بعضها البعض (إبراهيم عبيدو، 1981، ص 114)، ويتم قياس مقدار تحمل الصخور لقوى القص عن طريق اختبار الضغط ثلاثي المحور Triaxial Compression Test (Sunamura, 1992, pp. 56-57)، وبصفة عامة فإن صخور المنطقة لا تقوي على تحمل إجهادات القص للسببين الآتيين:

- تمارس إجهادات القص دورها في صخور المنطقة بصورة موازية مع أسطح الطباقية مما يعزز من انفصال الصخور عبر هذه الأسطح.
- أن إجهادات القص التي تتعرض لها صخور المنطقة تكون مصاحبة لقوى أخرى هي إجهادات الضغط ففي حين تعمل قوى الضغط بشكل رأسي نجد أن قوى القص تمارس عملها بشكل أفقي بالأقسام العليا من الصخور ونتيجة لذلك فإنه ينتج عن القوتين الرأسية والأفقية إجهادات ضغط وإجهادات قص تؤثر على الأسطح الفاصلة بين الصخور (أسطح الطباقية) وتؤدي في نهاية الأمر إلي انزلاق الصخور وانهيارها على طول الأسطح الصخرية الفاصلة بين الطبقات الصخرية.

2) الخصائص الحرجة للجرف البحري :

أوضحت الدراسات المتعددة أن مقدار تماسك الكتل الصخرية تجاه التساقط يتوقف على بعض الخصائص المرتبطة بارتفاعات الجروف البحرية ودرجات انحدارها وهو ما أطلق عليه (Trenhail, 1987, pp. 115-117) الخصائص الحرجة التي يحدث بعدها التساقط الصخري وذلك في ضوء علاقتها بمقدرة تحمل الصخور للقوى المختلفة المتمثلة في قوى

الضغط، الشد، القص، وهي التي قد تم شرحها سابقاً، وتتمثل أهم الخصائص الحرجة للجرف البحري بالمنطقة فيما يلي:

أ- **الارتفاع الحرج للجرف البحري** Critical Height :

يتحدد مقدار الارتفاع الحرج للجرف كما يلي :

مقدار الارتفاع الحرج = مدى تحمل الصخور لقوى الضغط المحوري / وزن وحدته الحجمية[1]

ففي حالة الصخور شديدة الضعف (الهشة) وجد أن الارتفاع الحرج للمنحدر يبلغ 1.3 متراً فقط، أما في الصخور شديدة الصلابة كالجرانيت وجد أن الارتفاع الحرج يزيد كثيراً عن ذلك، ولولا وجود الشقوق والفواصل المتعددة بأنواع الصخور النارية لبلغ هذا الارتفاع معدلاً كبيراً للغاية، ويعتقد الباحث أن الجرُوف البحرية بمنطقة الدراسة التي يصل ارتفاعها إلى خمسة أمتار تمثل ارتفاعاً حرجاً خاصةً مع انتشار أنظمة الشقوق والفواصل العرضية وأسطح الطباقية بشكل شديد التشابك، ناهيك عن مظاهر التقويض السفلي العميق بقواعد جرُوف المنطقة من قبل عوامل النحت البحري. ونظراً لأن جروف المنطقة يبلغ ارتفاعها في المتوسط نحو18.0 متراً فإن ذلك يشير إلى بلوغ الساحل الصخري في منطقة عجيبة ككل لنقطة الارتفاع الحرج.

---

(1) يحدد وزن وحدة الحجم من الصخر في حالات متعددة أهمها حالة الصخر وهو جاف ،حيث تكون فجواته خالية من المياه، وثانيها حالة الصخر وهو مشبع بالمياه حيث تكون فجواته محتوية على المياه، ويقدر وزن وحدة الحجم بالجرام لكل سم3.

ب- **الزاوية الحرجة للجرف البحري** Critical Angle :

خلص (Terzaghi, 1962) بعد تحليله لتأثير أنظمة الفواصل على الزوايا الحرجة للمنحدرات إلى أن الزاوية الحرجة للكتل الصخرية الصلبة كالصخور النارية تبلغ 70 درجة،

أما في حالة الصخور الأقل صلابة كالصخور الرسوبية فقد وجد أن مقدار الزاوية الحرجة للمنحدر يتوقف على زاوية ميل الطبقات وانحدارها ومدى كثافة أسطح الطباقية والفواصل العرضية. ففي حالة إذا ما كان المنحدر مكون من طبقات صخرية سميكة، وكان ذا فواصل عرضية متسعة فإن ذلك يعزز من عملية السقوط بصرف النظر عن ميل الصخور ذاتها، ونظراً لأن جروف المنطقة لا يقل انحدارها في غالبية القطاعات عن 75 درجة بل تصل في معظم الأحوال إلى 90 درجة، ناهيك عن انتشار عمليات التقويض السفلي بقواعد الجروف وبروز الأوجه الجرفية المعلقة على وشك التساقط في أية لحظة، فإن هذا كله يؤكد على وصول جرُوف المنطقة إلى نقطة الزاوية الحرجة التي يتحتم عندها السقوط.

ج- المرحلة الحرجة للجرف البحري :

يمكن التعرف على المرحلة الجيومورفولوجية التي يمر بها الجرف البحري في منطقة عجيبة من خلال دراسة التوزيع التكراري لزوايا الانحدار، فالانحدارات الشديدة تشير إلى المرحلة النشطة للجرف البحري التي تتميز بنشاط عملية التساقط الصخري، أما الانحدارات المتوسطة فتشير إلى المرحلة شبه النشطة للجرف البحري التي يقل فيها التساقط الصخري نسبياً، وفيما يتعلق بالانحدارات الطفيفة فتشير إلى المرحلة الخاملة للجرف البحري التي يكاد ينعدم بها التساقط الصخري. ويتبين من تحليل الجدول رقم (7) ما يلي :

- سجلت جملة أطوال فئة زوايا الانحدار الشديد (127.1) متراً بنسبة 82.5% جملة الأطوال المقيسة.
- سجلت جملة أطوال فئة زوايا الانحدار المتوسط (16.1) متراً بنسبة نحو 10.5% جملة الأطوال المقيسة.
- سجلت جملة أطوال فئة زوايا الانحدار الطفيف (10.8) متراً بنسبة نحو 7.0% جملة الأطوال المقيسة.
- تعد زوايا الانحدار (90)، (85)، (75) هي الشائعة من بين زوايا الانحدار المقاسة حيث بلغ مجموع أطوالها (78) متراً بنسبة تزيد عن نصف أطوال الزوايا المسجلة وهو ما يؤكد على شدة انحدار جروف المنطقة.
- تبعاً لما سبق فإن أكثر من 80% من جروف منطقة عجيبة (الانحدارات الشديدة) تمر بالمرحلة الجيومورفولوجية الحرجة، مما يعني أنها معرضة للتساقط الصخري.

جدول (7) : التوزيع التكراري لزوايا انحدار جروف منطقة عجيبة[1].

فئات الانحدار	طبيعة الانحدار	المجموع	%
صفر-10	طفيف	10.8	7.0
11-30	متوسط	16.1	10.5
31-90	شديد	127.1	82.5
مجموع		**154**	**100**

المصدر: الدراسة الميدانية.

د- التقوس الحرج للجرف البحري[2]:

يشير معدل تقوس انحدار الجرف البحري إلى مدى نشاط عملية التساقط الصخري، فزيادة نسب الانحدارات المقعرة تدل على نشاط عملية التساقط الصخري، في حين يؤدي زيادة نسب الانحدارات المحدبة إلى ضعف عملية التساقط الصخري، وبتحليل بيانات الجدول رقم (8) يتضح ما يلي :

---

(1) نظراً لصعوبة القياس الميداني الدقيق لزوايا انحدار جروف المنطقة بسبب انحداراتها الشديدة خاصة في قطاعاتها العليا والوسطي فقد لجأ الباحث إلى القياس التقريبي لكلاً من طول وانحدار بعض هذه القطاعات، وقد بلغ إجمالي الأطوال المقاسة 154 متراً توزعت على (8) قطاعات عرضية من ضمنها القطاعات الستة المختارة، بمتوسط بلغ (19) متراً للقطاع الواحد .

(2) يقصد بتقوس الجرف البحري معدل تغير زاوية الانحدار مع المسافة في اتجاه أسفل المنحدر معبراً عنه بالدرجات، حيث تنقسم درجات التقوس إلى مجموعة سالبة تعبر عن العناصر المقعرة، ومجموعة موجبة تعبر عن العناصر المحدبة.

- يبلغ إجمالي الأطوال المقعرة (121.3) متراً بنسبة نحو 80% من مجموع الأطوال المقيسة.
- يبلغ إجمالي الأطوال المحدبة (32.7) متراً بنسبة نحو 20% من مجموع الأطوال المقيسة.
- بحساب معدل تحدب جروف منطقة عجيبة نجده قد بلغ (0.26) وهو معدل قليل للغاية يشير إلى زيادة نسب التقعر في جروف المنطقة مقارنة بنسب التحدب ، وهو ما

يعني وصول جروف منطقة عجيبة لمعدل التقوس الحرج الذي يتحتم عنده حدوث التساقط الصخري.

جدول (8) : نسب أشكال التقوس موزعة على فئات معدل التقوس.

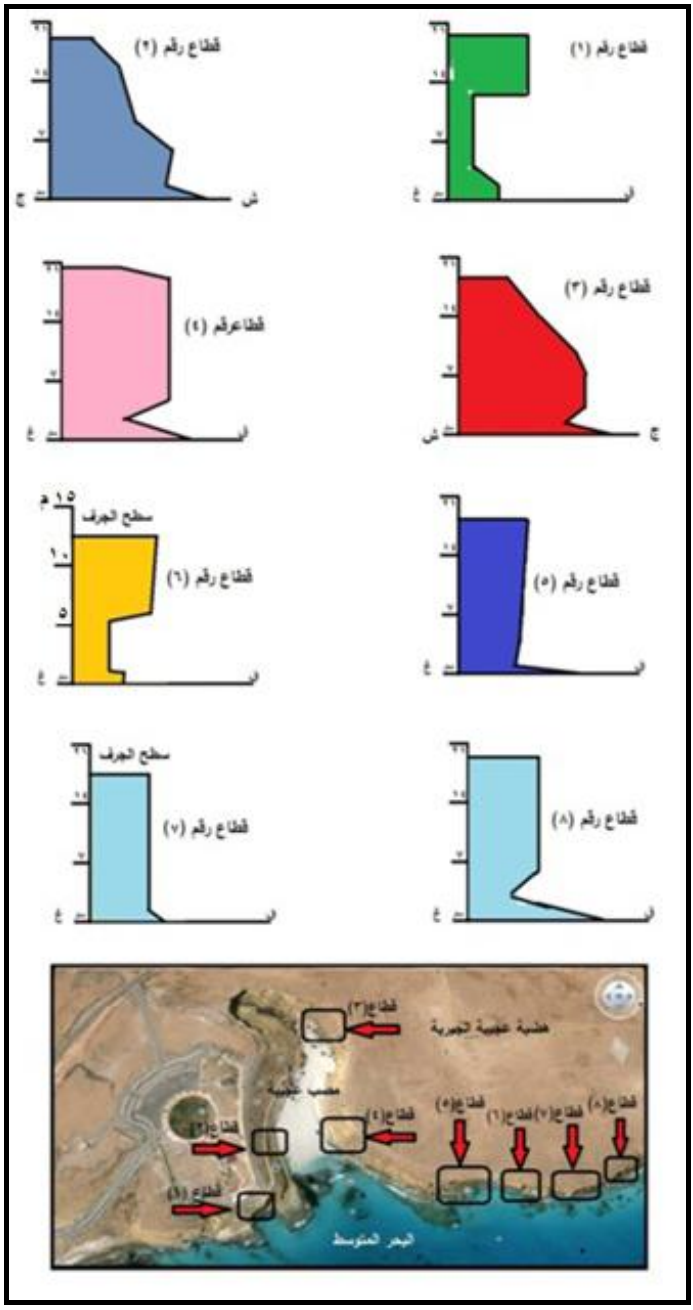
فئة التقوس	طبيعة التقوس	المسافة المقعرة	%	المسافة المحدبة	%
صفر-10	طفيف	19.6	7.5	6.7	4.4
11-30	متوسط	32.5	25.4	8.1	5.3
31-90	شديد	69.2	46.2	17.9	11.7
الجملة		**121.3**	**79.1**	**32.7**	**21.2**

المصدر: الدراسة الميدانية

هـ- شكل وطبيعة انحدار الجرف البحري :

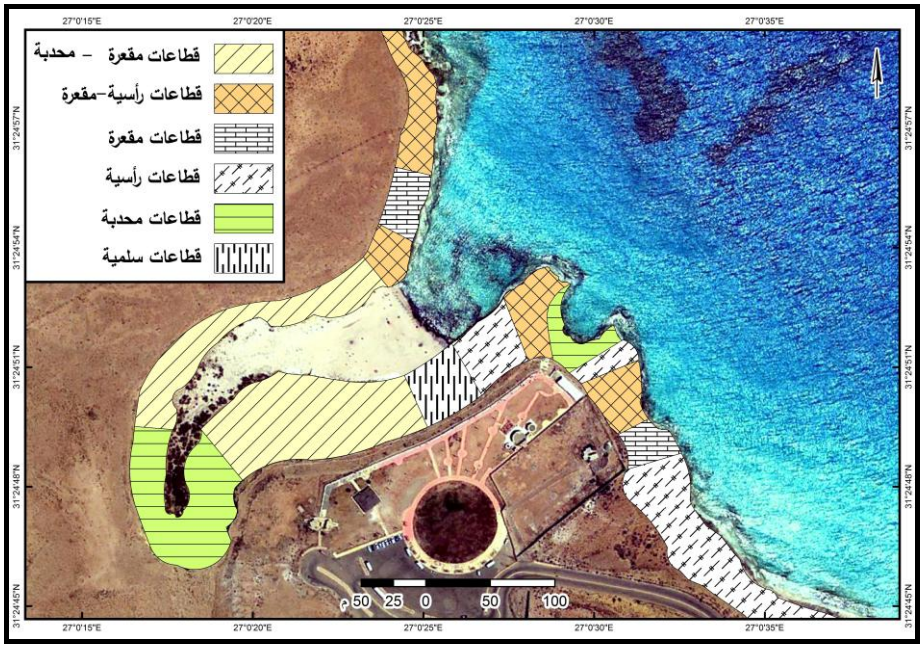
يؤثر أشكال القطاعات الجرفية السائدة وطبيعة انحداراتها في منطقة عجيبة في مدى نشاط التساقط الصخري، وهي في ذلك لا تقل في الأهمية عن بقية الخصائص الحرجة للجرف البحري سابقة الذكر، ويمكن تقسيم القطاعات الجرفية بالمنطقة حسب شكل وطبيعة انحداراتها في ضوء علاقتها بالتساقط الصخري إلى ستة أنماط رئيسية كما في الشكلين رقما (15)، (16) وهي كما يلي :

- **القطاعات الجرفية المحدبة** : يسود هذا النمط من الانحدار بشكل رئيسي أمام السواحل الصخرية شبه النشطة التي يتقدمها شواطيء رملية كثيفة (السواحل الرملية)، ويبلغ طولها 20% من طول سواحل المنطقة، وتعد هذه القطاعات من أقل القطاعات الصخرية تعرضاً للتساقط سواء في الوقت الراهن أو في المستقبل حيث تخضع في تشكيلها لعوامل النحت القاري دون البحري.



المصدر: قياس ميداني.

شكل (15) : نماذج لأهم أشكال القطاعات الجرفية السائدة في منطقة عجيبة ومواقعها.



المصدر: الدراسة الميدانية وصور القمر الصناعى GeoEye بتاريخ 2012/1/17م بدقة مكانية 2م.

شكل (16) : قطاعات الانحدار الرئيسية في منطقة الدراسة.

- **القطاعات الجرفية المقعرة – المحدبة** : يسود هذا النمط من الانحدار هو الأخر أمام السواحل الصخرية شبه النشطة وقد تميزت بنشاط النحت البحري عند قواعدها في الماضي في حين أصبحت أعاليها في الوقت الراهن بمعزل تام عن تأثير البحر بسبب وجود الشواطيء الرملية أمامها، وهو ما ترتب عليه اتخاذ القطاعات السفلي منها الهيئة المقعرة بينما اتخذ تقطاعاتها العليا الهيئة المحدبة لخضوعها تماماً لتأثير العوامل والعمليات القارية، وقد بلغ طولها 30% من طول سواحل المنطقة، وغالبية هذه القطاعات مرشحة للتساقط الصخري مستقبلاً.
- **القطاعات الجرفية الرأسية – المقعرة** : يتواجد هذا النمط من الانحدارات بالقطاعات الجرفية التي نجحت العوامل البحرية خاصةً الأمواج بنحت أسافل الجروف البحرية بمعدلات تفوق كثيراً أعاليها مما يؤدي إلى تقوس قواعد الجروف صوب اليابس في حين تصبح القطاعات العليا رأسية تماماً، ويأتي هذا النمط من الجروف في مقدمة

القطاعات الجرفية المرشحة بقوة للتساقط الصخري بسبب تعاظم الثقل الرأسي الواقع على القطاعات السفلى منها، ويبلغ طول هذا النمط من القطاعات 19% من إجمالي طول السواحل بالمنطقة.

- **القطاعات الجرفية الرأسية :** يعد هذا النمط من قطاعات الجروف متطوراً عن نمط الجروف الرأسية – المقعرة عندما تتساقط قطاعاتها الجرفية العليا الرأسية فيصبح نمط الانحدار رأسي تماماً وهو ما حدث في العديد من القطاعات الجرفية خاصة القطاع الجرفي رقم (6) عندما سقط القسم العلوى من واجهته الجرفية عام (2005)، وقد بلغ طول هذا النمط من الانحدارات ككل 16% من إجمالي طول سواحل المنطقة.
- **القطاعات الجرفية المقعرة :** يتواجد هذا النمط من الانحدارات بقطاعات الجروف البحرية النشطة، حيث يؤدي تركز النحت البحري بأسافل هذه الجروف إلى تكوين كهوف بحرية وفجوات جانبية عميقة وشديدة الارتفاع (المسافة الرأسية بين الحافة العلوية والسفلية للفجوة) مما يؤدي إلى اتخاذ الجرف ككل نمط الانحدار المقعر، ويأتي هذا النمط من الانحدار في المرتبة الثانية من حيث القطاعات الجرفية المرشحة للتساقط الصخري في المستقبل القريب بعد القطاعات الجرفية الرأسية –المقعرة، ويبلغ طولها 10% من طول سواحل المنطقة.
- **القطاعات الجرفية السلمية :** يعد هذا النمط من انحدارات الجروف هو الأقل انتشاراً بالمنطقة حيث يبلغ طوله 5% فقط من طول سواحل المنطقة، وقد تركز بالجانب الجنوبي للمصب الخليجي لوادى عجيبة حيث تبدو الواجهة الجرفية في صورة أكثر من درجة صخرية بسبب التدخل البشري وإنشاء طريق للمشاة على طول الواجهة.

3) عمليات التجوية :

يمكن تقسيم عمليات التجوية التي تسهم في تفكيك وتحلل صخور المنطقة بما يعزز من فرص حدوث التساقط الصخري إلى نوعين رئيسيين هما :

أ- التجوية الكيميائية :

وهي نشطة خاصةً ما يتعلق بعملية التكربن التي تأتي بلا شك في مقدمة القوى القارية المسئولة عن التساقط الصخري لجرُوف المنطقة، بل أنها ربما تأتي في مقدمة كافة العوامل

والعمليات المسئولة عن التساقط الصخري بالمنطقة خاصةً وأن صخور المنطقة تتألف من الحجر الجيري ذات القدرة الفائقة على التأثر بعملية الإذابة الكربونية، وذلك عندما تتسرب وتتغلغل مياه الأمطار التي تتحد مع غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي وتتحول إلى حامض كربونيك مخفف ذات القدرة الكبيرة على إذابة صخور المنطقة محولاً إياها من كربونات الكالسيوم (لا تذوب في الماء) إلى بيكربونات كالسيوم (تذوب في الماء) وهو ما يؤدى إلى تحول الصخور إلى محلول مائي تاركة مكانها حفر وتجاويف وفجوات تعزز من التساقط الصخري، كما تؤدى هذه العملية إلى زيادة توسيع وتعميق أنظمة الشقوق والفواصل المنتشرة بكثافة عالية بصخور المنطقة وانفصالها عن بعضها البعض في صورة تفكك كتلي مما يؤدي في النهاية إلى حدوث التساقط الصخري على طول محاور تلك الأسطح.

ب- التجوية الميكانيكية :

بالنسبة للتجوية الميكانيكية الناتجة عن التغيرات في درجات الحرارة بين الليل والنهار وبين الشتاء والصيف فهي غير نشطة بسبب ضآلة المدى الحراري، حيث بلغ المتوسط السنوي لدرجة الحرارة العظمي (24.2) درجة مئوية في حين بلغ المتوسط السنوي لدرجة الحرارة الصغرى (14.5) درجة، بفارق مدى حراري قليل بلغ (9.7) درجة بسبب الموقع الساحلي، أما فيما يتعلق بالتجوية الميكانيكية الناتجة عن فعل الكائنات الحية فقد أمكن ملاحظة وجود بعض الحيوانات التي تتغذى على النباتات والأعشاب المنتشرة بحافة هضبة عجيبة خاصةً متوسطة الانحدار بالجانب الجنوبي للمصب الخليجي لوادي عجيبة، وقد كان من نتيجة ذلك تفكك حافة الهضبة ميكانيكياً نتيجة انتزاع جذور الأعشاب بما تحتويها من صخور، علاوة على انتشار العديد من النباتات بجروف المنطقة والتي تعمل على توسيع الشقوق والفواصل ومن ثم تعضد من سرعة تعرضها للتساقط الصخري.

4) الرياح :

للرياح دور مهم وفعال في نحت وتراجع ساحل المنطقة خاصةً أثناء الأنواء حيث تتراوح سرعة الرياح من (25-33) عقدة/ساعة ومن ثم تعمل الرياح العمودية بساحل

المنطقة على تكوين الفجوات والكهوف الهوائية وأقراص عسل النحل كما تؤدي الرياح الموازية لأوجه الجروف البحرية إلي نشأة الحذوذ الجانبية وتوسيع أسطح الطباقية البنيوية (نحت جانبي) كما في صورة رقم (8)، كما تقوم الرياح الشمالية كذلك بنوع من التجوية الملحية الكيميائية عن طريق ما تحمله من رذاذ موجي وإلقائه بواجهات الصخور التى تتشكل منها الجرُوف البحرية.

5) الأنشطة البشرية :

عادةً ما ينجم عن التدخل البشري بسواحل العالم المختلفة بصفة عامة وساحل منطقة الدراسة بصفة خاصة العديد من الآثار السلبية فيما يتعلق بنشاط التساقط الصخري، سواء كان هذا التدخل بقصد أو بغير قصد، ويمكن تحديد أهم مظاهر التدخل البشري بسطح وحافة هضبة عجيبة التي تضعف من صخور المنطقة تجاه مقاومة التساقط الصخري كما في الشكل رقم (17) في الآتي :

- **شق طريق للمشاه شبه حلزوني عبر الواجهة الجُرفية شديدة الانحدار :** تم إنشاء طريق للمشاه شبه حلزوني يمتد من قمة هضبة عجيبة إلى قاعدتها على طول الواجهة الجرفية الجنوبية التي لا ترتكز في العديد من قطاعاتها على أية دعامات صخرية سفلية بسبب النحت الموجي بفعل الأمواج، وقد كان من نتيجة شق هذا الطريق كما في الصورة رقم (9) حدوث تفكك كتلي على جانبي الطريق علاوة على حدوث خلخلة وعدم استقرار لجرُوف المنطقة خاصةً مع كثرة عدد السائحين والمصطافين الذين يستخدمون الطريق سنوياً، وهو تقريباً نفس الأمر الذي لاحظه (Sunamura, 1992, P. 223) بساحل سانتا جريز بولاية كاليفورنيا حيث أدى إنشاء أحد الطرق عبر واجهة الجرُوف بالمنطقة إلى الإخلال بتوازن صخور المنطقة وعدم استقرارها، ولعل ما يزيد من خطورة الأمر بالمنطقة هو كثرة التعديلات التي تمت على هذا الطريق خلال فترة (17) سنة، فقبل عام 2005 كان الطريق محاط من الجانبين بسياج حديدي، ثم تم بعد ذلك التخلص من هذا السياج واستبداله بسياج آخر أكثر جمالاً.
- **أعمال التطوير المستمرة لسطح هضبة عجيبة :** بداية من عام 2005 شهد سطح هضبة عجيبة العديد من التغيرات والتعديلات البشرية به جعلته أكثر حضارياً، وقد

اشتملت تلك التعديلات على إقامة التندات الخشبية لحماية السائحين من أشعة الشمس ووضع العديد من المقاعد أسفلها بغرض توفير الراحة للسائحين، وبناء مجموعة من دورات المياه الفخمة، ورغم القيمة الجمالية لهذه التعديلات إلا أن الخطر كل الخطر فيما يخص دورات المياه هو إمكانية تسرب مياه الصرف الصحي بصخور المنطقة لأن من شأن ذلك نشاط التجوية الكارستية في جوف الصخور ونشأة مجموعة من الحفر والكهوف الباطنية التي يعقبها بعد ذلك مجموعة من الانهيارات الصخرية بالمنطقة.

- **زيادة المساحات الخضراء فوق سطح الهضبة :** تم في السنوات العشر الأخيرة زراعة سطح هضبة عجيبة بالنجيلة الكثيفة وبعض الأشجار والخطورة هنا تتعلق بأمرين هما مصير مياه الصرف الزراعي المستخدمة في عملية الري التي تتسرب إلى جوف الصخور الجيرية بالمنطقة القابلة للذوبان، وإمكانية أن تمد الأشجار جذورها داخل الشقوق والفواصل الطبيعية الموجودة بصخور المنطقة فتؤدى إلى توسيعها وتعميقها مما يترتب عليه في نهاية الأمر حدوث التساقط الصخري.
- **إنشاء موقف عام للسيارات المختلفة :** تم في الآونة الأخيرة إقامة موقف عام للسيارات والأتوبيسات السياحية المختلفة مما قد يؤدى إلى توليد قوة ضغط رأسية على صخور المنطقة خاصةً وإن العديد من هذه السيارات والعربات من النوع ثقيل الوزن كأتوبيسات النقل السياحي ذات الأحجام والحمولة الكبيرة.
- **قيام بعض المصطافين بنحت أوجه الجرُوف :** يقوم بعض المصطافين بنحت قواعد وأوجه جرُوف المنطقة عن طريق استخدام أدوات حادة لكتابة أسمائهم عليها كنوع من أنواع الذكرى، كما يقوم البعض من الشباب المتحمس بتسلق جرُوف المنطقة صعوداً أو هبوطاً خاصةً بالقسم الجنوبي من ساحل المنطقة وذلك بغية اختصار المسافة الزمنية في حالة استخدامهم لطريق المشاة المخصص لذلك وهو الأمر الذي قد يساعد على حدوث تفكك صخري بواجهة الجرُف وذلك كما أوضح (Sunamura, 1992, P. 223) عند دراسته لأثر بعض زوار المناطق الصخرية الذين يتسلقون واجهة الجرُوف البحرية صعوداً أو هبوطاً، ناهيك عن إمكانية تعرض هؤلاء الأشخاص للسقوط كما حدث في صيف عام 2006 عندما سقط أحد الأشخاص من ارتفاع 20 متراً وتعرض لإصابات بالغة في جميع أجزاء جسمه.

المصدر: الدراسة الميدانية وصور القمر الصناعى GeoEye بتاريخ 2012/1/17م بدقة مكانية 2م.

شكل (17) : صور من مظاهر التدخل البشري فوق سطح هضبة عجيبة وحافتها البحرية.

سادساً : ديناميـة التساقط الصـخري ومراحـل تطـوره المختلفـة بسـاحل منطقـة عجيبة.

يمكن تتبع ديناميات وآليات حدوث التساقط الصخري بالقطاع رقم (6) من ساحل منطقة عجيبة خلال الفترة الزمنية التي شملتها الدراسة الميدانية (1995–2012) على النحو التالي :

– عام 1995 :

يعد عام 1995 هو عام الجولة الاستطلاعية لمنطقة الدراسة حيث تم انتخاب مجموعة من القطاعات الجرفية التي خضعت للدراسة وقد بلغ عددها (6) قطاعات كما سبق الذكر وتم تصويرها من زوايا مختلفة وأخذ بعض القياسات الميدانية عليها.

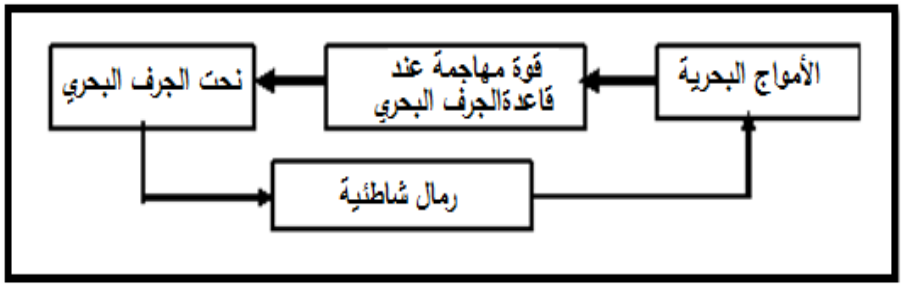
- **عام 1996 :**

في عام 1996تم ملاحظة حدوث تغيرات واضحة في مورفولوجية أحد القطاعات الجرفية المختارة (القطاع رقم 6) والموضح في الشكل رقم (18) والصورة رقم (10)، وقد بلغ طول هذا القطاع نحو 25 متراً، أما جرُوفه فقد بلغ ارتفاعها نحو (12) متراً، ومن أهم التغيرات التي تم ملاحظتها ذلك التزايد النسبى للرواسب الرملية ووجود بعض كتل الصخور الصغيرة أمام القطاع مقارنة عن العام السابق مما يشير إلى حدوث تساقط صخري وإن كان ضعيفاً خلال تلك الفترة من الممكن أن يكون بداية لتساقط صخرى آخر أكثر نشاطاً في الأعوام التالية، كما تم ملاحظة شيء آخر على قدر كبير من الأهمية وهو تعرض القسم السفلي من الواجهة الجُرفية لقوة ضغط رأسية (من أعلى إلى أسفل) ظهرت ملامحها في حدوث حركة إزاحة جانبية للطبقات الصخرية للقسم السفلي وميلها تجاه أعلى ترتب عليه تغير في وضع الطبقات الصخرية فبعد أن كانت أفقية وشبه أفقية كما هو الحال في بقية الواجهات الجُرفية بالمنطقة أصبحت في هذا العام تميل بشكل شديد الوضوح صوب اليابس، وبداية من هذا العام تم التركيز أكثر على القطاع رقم (6) مع الاستمرار في المراقبة الدقيقة لبقية القطاعات الجرفية الستة الأخرى.

شكل (18) : القطاع الجرفي رقم –6– الذي تعرض للتساقط الصخري.

- **عام 1997 :**

لوحظ في هذا العام كما في الصورة رقم (11) استمرار تزايد الكتل الصخرية الصغيرة المنهارة بالقطاع الجرفي رقم (6) نتيجة حدوث تساقط صخري لجزء صغير من القسم السفلي للقطاع، وإن ظلت بعض الأجزاء ملتصقة بالقاعدة السفلية من الواجهة الجرُفية، كما لم يسجل الباحث أي تغير في ميل الطبقات الصخرية عن العام السابق. والحقيقة أنه يمكن القول إن النحت البحري لقواعد الجرُوف البحرية بالقطاع الجرفي السابق قد بلغ ذروته في الفترة من 1995–1997 بسبب وفرة الرواسب والمفتتات الصخرية، سواء كان مصدرها نحت القاع البحري أو نتيجة نحت قاعدة الجرُف البحري والتي تستخدمها الأمواج البحرية في تعظيم عمليات النحت القاعدي ومن ثم استقبال الجرُف البحري لتغذية استرجاعية موجبة Positive Feed Back ومن ثم تزايد معدلات النحت البحري كما في الشكل رقم (19).



After, Sunamura, 1976 (Modified).

شكل (19) : نشاط النحت البحري في ساحل منطقة عجيبة في الفترة من 1995–1997.

- **عام 1998 :**

حدث في هذا العام كما هو واضح من الصورة رقم (12) تساقط صخري واضح للغاية بالقطاع الجرفي رقم (6) حيث تم سقوط القسم السفلى من الواجهة الجرُفية، وقد بلغ ارتفاع القسم المنهار ما يزيد عن (6.0) متراً، وعرضه 2.9 متراً، أما مقدار التراجع فقد بلغ 2.3 متراً، أما عن أسباب سقوط القسم السفلي من الواجهة الجرُفية دون القسم العلوي منها فيرجع إلى وجود أحد أسطح الطباقية المتعمقة بشدة داخل الواجهة الجرُفية وأدى إلى

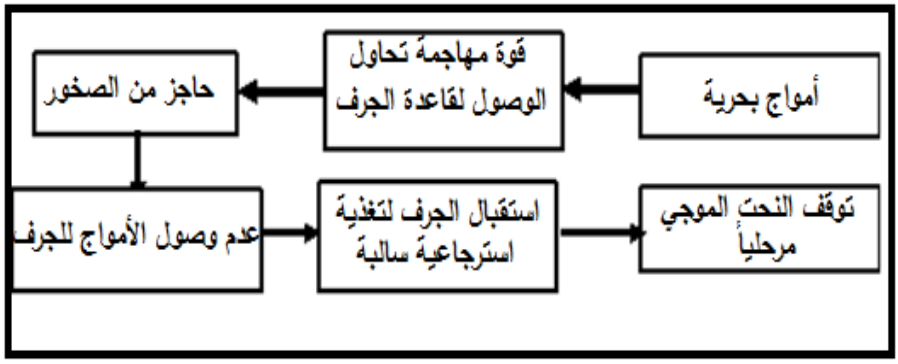
تقسيم تلك الواجهة إلى قسمين الأول سفلي(المنهار)، والآخر علوي (لم يسقط بعد وإن كان على وشك السقوط)، ولعل من أهم أسباب حدوث التساقط الصخري بالقطاع المختار بجانب عمودية الأمواج المهاجمة وقوتها هو ضعف الصخور المكونة لهذا القطاع خاصةً ما يتعلق بالبنية الصخرية حيث يوجد ثلاثة فواصل صخرية عميقة (أكثر من 0.5 متر داخل الصخر)، ومتسعة (أكثر من 0.4 متراً) أدت إلى تجزئة القطاع الصخري إلى ثلاثة أقسام كبرى من الواجهات الجرُفية تأخذ الشكل المستطيل، كما يوجد 20 سطح طباقية بنيوية بواجهة القطاع الصخري تتميز بأنها ذات ميول أفقية وشبه أفقية مما عزز من سرعة التساقط الصخري بالمنطقة، ولعل أهم ما يلفت الانتباه بالنسبة للكتلة الصخرية المنهارة هو تفتتها إلى العديد من الكتل الصخرية صغيرة الأبعاد نسبياً ولم تسقط ككتلة واحدة كما كان متوقع نظراً لاقترابها من سطح الأرض قبل سقوطها حيث بلغ طول المسافة الرأسية بينها وبين سطح الأرض أقل من المتر ولعل السبب في ذلك يرجع إلى قيام الرياح وعوامل التجوية الملحية بتوسيع وتعميق أسطح الطباقية العديدة المتواجدة بالكتلة الصخرية مما جعلها تبدو في صورة أكثر من عشرة شرائح صخرية وليست شريحة واحدة مما عزز من سهولة تفتتها وانشطارها بمجرد اصطدامها بسطح الأرض.

- **عام 1999 :**

لم يلاحظ أي تساقط صخري جديد بالقطاع الجرفي رقم (6)، كما لوحظ الثبات النسبي للكتل الصخرية المتراكمة أمام قاعدة الجرُف (صورة 13)، وكأن هناك حالة من التوازن الديناميكي قد سادت المنطقة سواء من حيث ثبات الجرُف وعدم تراجعه أو لبقاء الكتل الصخرية المنهارة دون أي زيادة أو نقصان، وهذا يشير إلي ضعف عوامل النقل البحري في هذا العام من أمواج بحرية وتيارات بحرية وعدم قدرتها حتى على تحريك الكتل الصخرية من مواقعها، كما لوحظ كذلك توقف النحت البحري بقواعد القطاع الجرفي في الفترة من 1998-2000 بسبب وجود الحاجز الصخري الناتج عن التساقط السابق حيث بلغ متوسط ارتفاعه نحو 2.7 متراً، وقد وقف هذا الحاجز كعائق ومصد طبيعى أمام هجمات الأمواج المتتالية لقاعدة الجرُف وهو ما ترتب عليه استقبال الجرُف البحري لتغذية استرجاعية سالبة Negative Feed Back[1] كما في الشكل رقم (20).

- **عام 2001 :**

لوحظ في عام 2001 اختفاء كثير من الكتل الصخرية التي سقطت في عام 1998 من أمام القطاع الجرفي رقم (6) كما في الصورة رقم (14) مما يشير إلي نشاط عوامل النقل البحري في هذا العام مما جعلها قادرة على نقل كتل الصخور من أمام قاعدة الجرُف البحري إلي نطاق الشاطيء الخارجي في محاولة منها لاستعادة الجرُف البحري لتغذية استرجاعية موجبة، ويرجح الباحث أن التيارات البحرية الناتجة عن الحركة الرجعية للأمواج هي صاحبة اليد العليا في عملية النقل التي تمت في الفترة من 1999–2001، ولعل ما يلفت الانتباه وجود تباين في سرعة نقل الكتل الصخرية بمنطقة الدراسة من فترة لأخرى والذي يشير إلى وجود أعوام أو دورات تنشط فيها عوامل النقل البحري ودورات أخرى يقل نشاطها، وتمثل الفترة من 1999–2001 ذروة نشاط عوامل النقل البحري بالمنطقة خلال الفترة من 1995–2012.



شكل (20) : التوقف المرحلي للنحت البحري في ساحل منطقة عجيبة في الفترة من 1998–2000.

---

(1) توقف النحت البحري لساحل القطاع محل الدراسة نتيجة استقبال الجُروف به لتغذية استرجاعية سالبة لا يعني بالضرورة توقف التساقط الصخري، لأن هذا التساقط قد يتم نتيجة نشاط عوامل النحت القاري كالأمطار، والتجوية، والرياح، وغيرها من العوامل الأخرى كما سبقت الإشارة.

- **عام 2003 :**

لوحظ في هذا العام استمرار قيام عوامل النقل البحري بنقل الكتل الصخرية الجرُفية بعيداً

عن قاعدة الجرُف البحري صوب نطاق الشاطيء القريب وإن كانت بمعدلات أقل مما حدث في عام (2001) وهو ما يمثل خطوة مهمة في سبيل استعادة الجرُف البحري لتغذية استرجاعية موجبة حيث نجحت عوامل النقل البحري في الفترة من 2000–2003 في نقل ما لا يقل عن60% من كمية الكتل الصخرية التي تراكمت في عام (1998) وذلك نحو نطاق الشاطيء القريب كما في الصورتين رقمي(15)، (16)، والحقيقة أن التفتت الشديد الذي تعرضت له الكتلة الصخرية عند سقوطها في عام 1998 قد ساعد على سهولة نقلها سريعاً إلى نطاق الساحل القريب بواسطة الأمواج البحرية والتيارات المصاحبة لها ومن ثم سرعة استقبال ساحل المنطقة لتغذية استرجاعية موجبة مرة أخرى في فترة زمنية قليلة للغاية لم تزد عن خمس سنوات، هذا بالإضافة قطعاً إلى قوة التيارات البحرية بالمنطقة.

- **عام 2004 :**

لم يتم في هذا العام ملاحظة أي تغيرات مورفولوجية رئيسية على ساحل القطاع سواء من حيث نشاط عوامل النحت البحري، أو حدوث أية تراجع لساحل المنطقة، وإن كان قد تم ملاحظة استمرار تضاؤل كميات الصخور ووجود مداخل يمكن أن تستخدمها الأمواج البحرية لمهاجمة ساحل القطاع كما في صورة رقم (17).

- **عام 2005 :**

نتيجة لنشاط العمليات البحرية خاصةً النحت الموجي، والعمليات القارية خاصةً عملية التكربن التي ربما فاق دورها في هذه المرحلة كافة الأدوار الأخرى، ووجود أنظمة الفواصل الرأسية، فقد سقط القسم العلوي من الواجهة الجرفية للقطاع رقم (6) والتي كانت معلقة أعلى الكتلة الصخرية السفلى التي سقطت في عام 1998 بفعل الجاذبية الأرضية كما في الصورة رقم (18)، وقد بلغ ارتفاع القسم المتساقط ما يزيد عن (4) متراً ،أما عرضه فقد بلغ نحو 2.8 متراً. ولعل أهم ما يلاحظ على الكتلة الصخرية المنهارة حديثاً كما في الصورة رقم (19) أنها سقطت فوق الأطلال الصخرية المتبقية من الكتلة الصخرية التي انهارت في عام 1998 مما أدى إلى تفتيتها تماماً، أما الكتلة المنهارة ذاتها فلم تتعرض للتفتت والانشطار الشديد كما حدث للكتلة الصخرية التي انهارت في عام 1998 وهذا بالقطع مخالف لما هو متوقع بسبب طول

المسافة الرأسية بين قاعدة الكتلة التي سقطت وسطح الأرض والتي بلغت نحو (12) متراً، والسبب في ذلك هو عدم نجاح عوامل التشكيل القارية في تعميق وتوسيع أسطح الطباقية المتخللة للكتلة الصخرية مما جعلها تسقط كشريحة صخرية واحدة وليست عدة شرائح صخرية كما حدث في التساقط السابق عام (1998). وبالنسبة لديناميكية تساقط الكتلة الصخرية وآلية تحركها فمن المعتقد أنها سقطت خلال بضع ثواني فقط على قاعدتها المواجهة لسطح الأرض دون حدوث أي حركات دورانية في الهواء أثناء السقوط، ودون حدوث أي ارتكاز أو انزلاق لها على واجهة الجرف، وبعد ارتطامها بسطح الرصيف الشاطئي تفتت أجزاء محدودة من جوانبها وقاعدتها شبه المستوية ثم تحركت بكامل استدارتها 4 حركات كاملة حتى استقرت على بعد نحو 10 أمتار في اتجاه شرق الشمال الشرقي، ونظراً لحداثة سقوط الكتلة فقد خلت من أية مظاهر للنحت البحري الحديث، كما أختفت من جوانبها المختلفة مظاهر الصقل البحري، كما لوحظ كذلك تطابق لون قشرتها الخارجية مع لون الواجهة الجرُفية التي سقطت منها، ولعل أهم ما يميز موضع الكتلة المنهارة بصفة خاصةً هو وقوعها في اتجاه حركة الأمواج البحرية المهاجمة، وهو ما قد يشير إلى أن ساحل المنطقة سوف يستغرق وقتاً طويلاً للغاية حتى يستقبل تغذية استرجاعية موجبة مرة أخرى خاصةً مع عظم الأبعاد المورفومترية لهذه الكتلة ووقوفها في اتجاه متعامد تماماً مع اتجاه الأمواج المهاجمة لخط الساحل.

- **عام 2006 :**

لوحظ في هذا العام حدوث حالة من شبه الثبات للكتل الصخرية التي سقطت في العام السابق باستثناء تحرك إحدى الكتل مستطيلة الشكل للأمام قليلاً صوب مياه البحر بعيداً عن قاعدة الجرف البحري لمسافة لا تزيد عن المترين كما استمر الجرف البحري في هذا العام استقبال تغذية استرجاعية سالبة، وإن كان هذا لا يعنى توقف تام للتساقط الصخري بالقطاع خاصةً مع نشاط العوامل والعمليات القارية بالمنطقة خاصةً ما يتعلق بالتجوية الكيميائية.

- **عام 2009 :**

حدث في هذا العام تناقص محدود في كميات الكتل الصخرية التي سقطت في عام 2005حيث نجحت عوامل النقل البحري في نقلها بعيداً عن قواعد الجروف البحرية، ولعل السبب في بطء عملية النقل في هذه المرحلة يرجع إلى نمو المصطبة الرسوبية أكثر وأكثر

خلال هذه الفترة وهو ما يقلل من قوة عوامل النقل البحري المختلفة، وبصفة عامة فإن ما تبقي من كتل قد قلل من نشاط النحت البحري بساحل المنطقة (صورة 20)، كما لوحظ كذلك بداية تعرض الكتلة الصخرية المنهارة للتآكل والتفتت بسبب النحت الشديد عبر أسطح الطباقية المنتشرة بها وذلك بواسطة أمواج البحر المهاجمة.

- **عام 2012 :**

هناك العديد من الملاحظات المهمة التي تم مشاهدتها في عام 2012 وهي كما يلي:

- تناقص كميات الكتل الصخرية الناتجة عن تساقط الواجهة الجرفية السفلي بنسبة لا تقل عن (70)% مقارنة بما كان عليه الحال بعد حدوث عملية التساقط عام (1998)، ورغم ذلك فالأمواج البحرية ما زالت غير قادرة على الوصول بقوة لقواعد الجروف البحرية وما زالت تستقبل تغذية استرجاعية شبه سالبة (صورة 21).
- حدوث تصدع أسفل الواجهة الجرفية المجاورة شمالاً للقطاع الجرفي المتساقط مما قد يكون بداية حدوث تساقط صخري جديد، بجانب تصدع القسم السفلي من الواجهة الجرفية الأخرى المجاورة جنوباً للقطاع الجرفي المتساقط، كما لوحظ كذلك وقوف البقية المتبقية من القسم العلوى التي انهارت في عام (2005) على وشك السقوط خاصةً مع وجود بعض النباتات فوق سطح الجرف البحري ومدها لجذورها داخل الفواصل الصخرية (صورة 22).
- نجاح الأمواج البحرية في تفتيت الكتلة الصخرية التي سقطت في عام (2005) إلى أربعة أقسام شبه متراصة بجوار بعضها البعض في موازاة لخط الساحل وذلك عبر أسطح الطباقية المنتشرة بها، وقد ساعد على ذلك ما أصابها من ضعف أثناء سقوطها وارتطامها بسطح الرصيف، كما أصبحت جوانب الكتلة الكبيرة منها (الكتلة الأم) ملساء ومصقولة بعد أن كانت ذات جوانب حادة الزوايا، وقد ترتب على عملية التفتت هذه عدم قدرة الأمواج على الوصول لقواعد الجروف المظاهرة لها نهائياً رغم تناقص الحطام الصخري المشار إليه سابقاً بسبب وقوف هذه الكتل الأربعة كحائط صد قوى ومنيع في اتجاه متعامد على اتجاه الأمواج المهاجمة

(صورة 23 و 24)، وعن ديناميكية تفتت الكتلة الصخرية فيمكن القول أن الأمواج المهاجمة من جهة الشمال والشمال الغربي قامت بتوسيع وتعميق أحد أسطح الطباقية بالكتلة الأم مما أدى إلى انفصال قسم كبير منها من ناحية الجنوب والجنوب الشرقي للكتلة بارتفاع بلغ نحو 2.7 متراً، واتساع نحو 1.3 متراً، الا أنه نتيجة ارتطامه بسطح الرصيف الشاطئي بعد عملية الانفصال تفتت إلى أربعة كتل ثانوية، والدليل على ذلك أنه إذا ما تم زحزحة كافة الكتل الأربعة في اتجاه بعضها وتجميعها فإن جوانبها تكاد تنطبق مع بعضها البعض وهو ما يدل كذلك على حداثة عملية الانفصال، وإذا ما تم أيضاً تحريك الكتل الأربعة بعد تجميعها وتحريكها نحو الكتلة الأم فإنها سوف تلتحم بها مكونة الكتلة الصخرية قبل عملية التفتت.

- **عام 2015 :**

بناء على الدراسة الميدانية الأخيرة التي قام بها الباحث في صيف عام 2012، وبناء على التغيرات التي حدثت في ساحل المنطقة خلال فترة (17) السابقة فإنه يمكن التنبؤ بما قد يحدث من تساقط صخري حتى عام 2015 وذلك على النحو التالي :

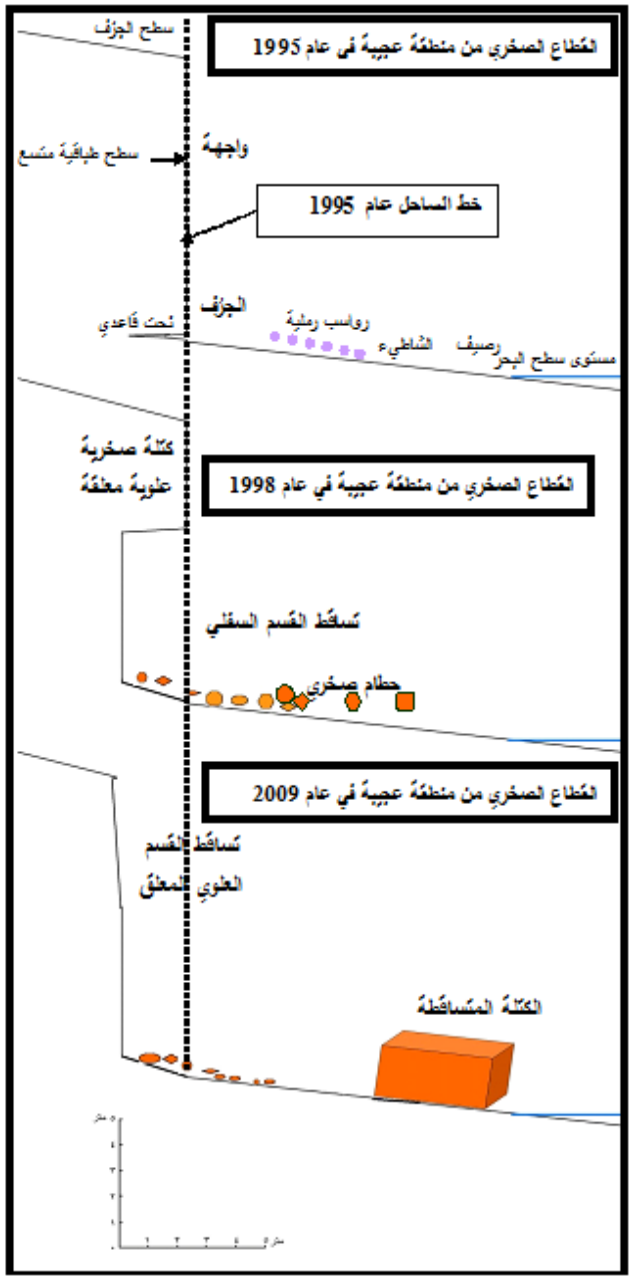
- سوف يكون لعمليات التشكيل القارية خاصة التجوية الكيميائية والميكانيكية الدور الأعظم فيما سيشهده ساحل القطاع من انهيارات صخرية حتى عام 2015.
- سقوط البقية المتبقية من الواجهة الجرفية العلوية التي سقطت في عام (2005) بسبب ما أصابها من تفكك وتصدع شديد في عام 2012.
- انهيار الواجهة الجرفية العليا من القطاع رقم –6– الواقعة إلى الشمال مباشرة من الكتلة الصخرية التي سقطت في عامي 1998، 2005 بسبب تعرضها للتآكل القاعدي الشديد وبروزها كشرفة صخرية معلقة يمكن سقوطها في أية لحظة خاصة مع ما أصاب القسم السفلي منها من تصدع وتفكك في عام 2012 (صورة 25).
- انهيار الواجهة الجرفية من القطاع رقم –6– الواقعة إلى الجنوب مباشرة من الكتلة الصخرية التي سقطت في عامي 1998، 2005 خاصة مع ما أصاب طبقاتها

الصخرية في عام 2012 من حركة إزاحة جانبية ترتب عليه تغير في وضع طبقاتها الصخرية فأصبحت أكثر ميولاً عن وضعها في عام 2009 وهو تقريباً نفس الشيء الذي حدث للكتلة الصخرية المنهارة في عام 1996 أي قبل سقوطها بعامين فقط (صورة 26).

وتوضح مجموعة الصور أرقام (27 أ–ب–ج) وكذا مجموعة الصور المجمعة أرقام (28 أ–ب–ج) مراحل حدوث التساقط الصخري والتراجع الساحلي بمنطقة الدراسة في الفترة من 1995–2012 من زاوية مختلفة، كما يوضح الشكل رقم (21) أيضاً مراحل هذا التساقط ومقداره في نفس الفترة السابقة، والذي يتضح منه مراحل حدوث التراجع الجزئي والكلي بالواجهة الجرفية للقطاع رقم (6)، والذي يعد نموذجاً لما قد يحدث في بقية أجزاء ساحل المنطقة خاصةً مع تشابه الخصائص المورفولوجية والبنيوية والصخرية للساحل الصخري لمنطقة عجيبة ككل.

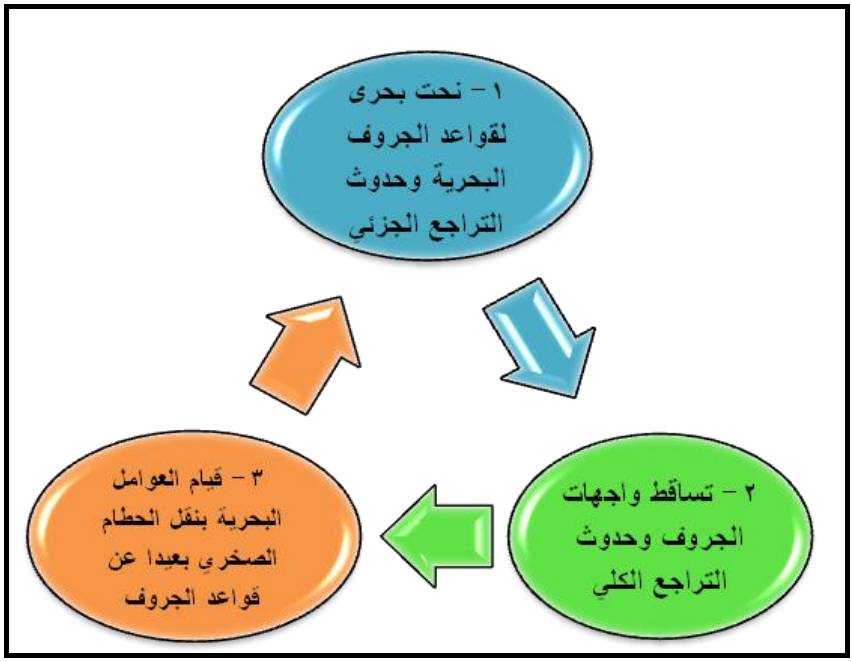
سابعًا : دورة النحت الموجي وتطور ساحل منطقة الدراسة.

هناك مجموعة من المراحل الجيومورفولوجية لتطور الساحل الصخري بمنطقة عجيبة وهي المرحلة النشطة التي تمر بها الآن، فالمرحلة الساكنة، ثم مرحلة الساحل الرملي، كما أن كل مرحلة تطورية من هذه المراحل قد تمر بعدد من دورات النحت الموجي، وكل دورة من هذه الدورات كما يتضح من الشكل رقم (22) ذات مراحل ثلاثة والمعروفة بثلاثية دورة النحت الموجي للساحل الصخري Cycle of Waves، والمتمثلة فيما يلي :



المصدر: من عمل الباحث.

شكل (21) : مراحل حدوث التساقط الصخري والتراجع الساحلي بالقطاع رقم (6).



شكل (22) : المراحل الثلاثة لدورة النحت الموجي للساحل الصخري بمنطقة عجيبة.

1) المرحلة الأولى :

وهي المتمثلة في مرحلة النحت الموجي لقواعد الجروف البحرية وحدوث التراجع الجزئي والذي يستدل عليه من خلال تقعر قواعد هذه الجروف، وبروز قطاعاتها العليا فيما يشبه الشرفات الصخرية البحرية المعلقة على وشك السقوط بفعل الجاذبية الأرضية[1]. ومن المعتقد حسب تقدير الباحث وتبعاً لمعدلات النحت البحري الراهنة والتي تم تسجيلها خلال فترة (17) سنة الأخيرة أن المرحلة الأولى من مراحل دورة النحت الموجي قد بدأت بالمنطقة في عام 1975 واستمرت حتى عام 1996 قبيل حدوث أول تساقط صخري بالمنطقة، أي أنها استغرقت فترة (21 سنة).

---

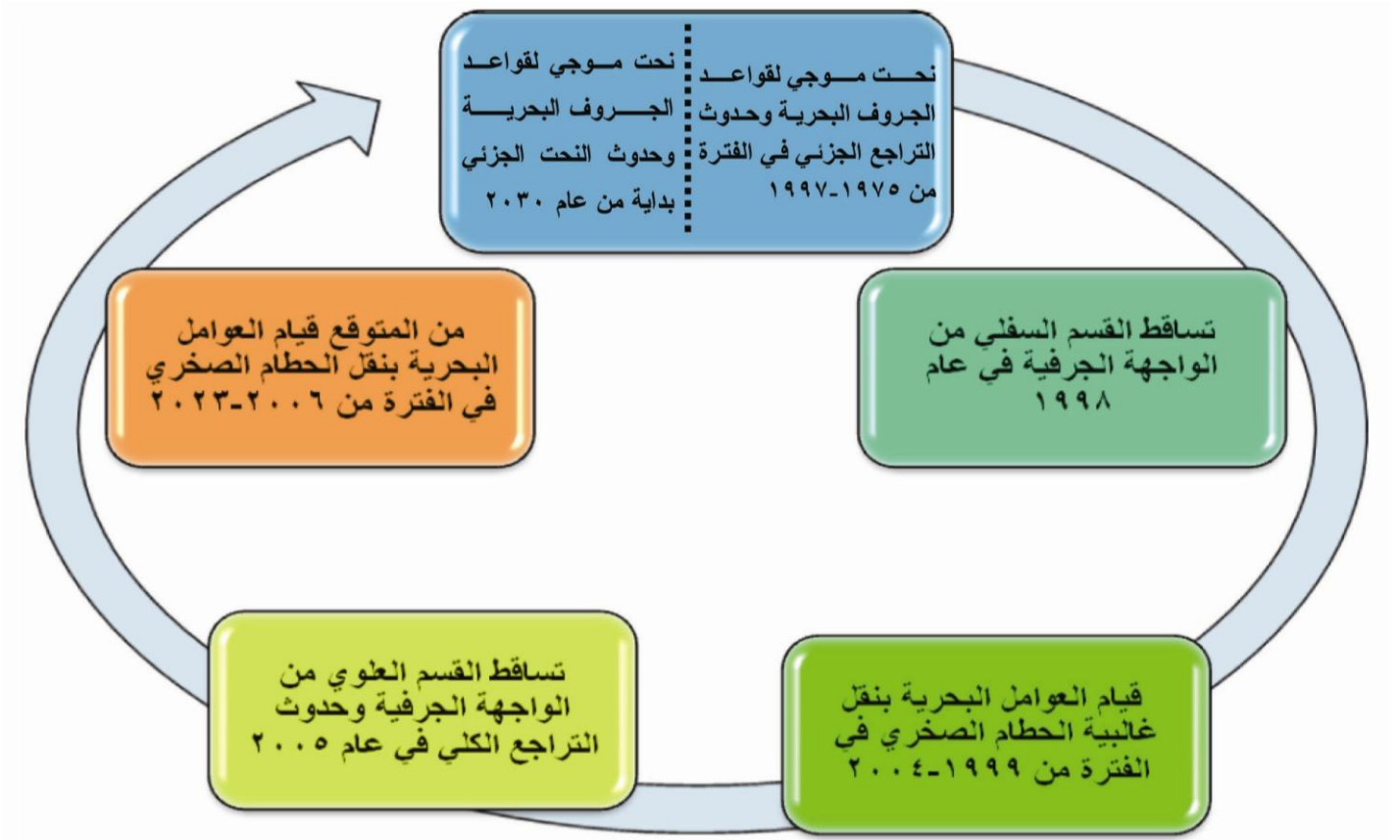
(1) هناك نوعاً واحداً من التراجع الساحلي Coastal Recession بالسواحل الرملية ويكون متزامناً مع النحت الموجي بها، أما في السواحل الصخرية فالنحت الموجي يزامنه تراجع جزئي (تقعر قواعد الجروف) وعادةً ما يعقبه تراجع كلي (تساقط القطاعات العليا من الجروف).

2) المرحلة الثانية :

وهي المتمثلة في مرحلة التساقط الصخري للقطاعات العليا من الجروف البحرية (الواجهات الجرفية المعلقة) وحدوث ما يعرف بالتراجع الكلي كنتيجة مباشره لتقويض أسافل الجروف في المرحلة السابقة وافتقاد الأوجه الجرفية للدعامات الصخرية السفلية التي كانت ترتكز عليها فيما مضى بجانب فعل الجاذبية الأرضية، وقد يكون للعمليات القارية دوراً مهما في هذه المرحلة، وخلال هذه المرحلة يتراكم كميات كبيرة من الحطام الصخري والذي يتباين من حيث الكم والحجم حسب ارتفاع الجرف البحري ذاته فالعلاقة بينهما طردية في أغلب الأحوال، وعادةً ما يمتد هذا الحطام في صورة حاجز من الصخور يمنع ويحول دون وصول الأمواج البحرية لقواعد الجروف البحرية مرة أخرى، وهو ما يؤدى إلى توقف مؤقت للنحت الموجي، وبناء على الدراسة الميدانية فيمكن القول أن الساحل الصخري بمنطقة عجيبة قد مر بما يمكن أن نسميه طورين من مرحلة التساقط الصخري وهما :

- **الطور الأول** وبدأ في عام 1998 حيث تم حدوث تساقط صخري بالقسم السفلي من الواجهة الجرفية، ومن ثم فقد تم الانتقال مرحلياً وبشكل مؤقت إلى المرحلة الثالثة (مرحلة النقل) حيث نجحت العوامل البحرية خلال فترة سبعة أعوام في الفترة من عام 1998–2004 في نقل قسم كبير من الحطام الصخري بعيداً عن قواعد الجروف وبالفعل فقد كان ساحل المنطقة على أعتاب نهاية دورة النحت الموجي وبداية دورة جديدة.

- **الطور الثاني** وبدأ في عام 2005 حيث حدث تساقط ثاني للقسم العلوى من الواجهة الجرفية مما أدى إلى الرجوع خطوة إلى الخلف (مرحلة التساقط الصخري) قبل أن يجتاز ساحل المنطقة هذه الدورة من النحت الموجي وذلك كما يتضح من الشكل رقم (23).



شكل (23) : مراحل دورة النحت الموجي للساحل الصخري ومستقبل تطوره بمنطقة عجيبة مقدرة بالسنوات خلال الفترة من 1975–2030.

3) المرحلة الثالثة :

وهي المتمثلة في مرحلة نقل الحطام الصخري بعيداً عن قواعد الجروف البحرية صوب نطاق الشاطيء القريب بواسطة عوامل النقل البحري خاصةً التيارات البحرية المختلفة، وتتوقف الفترة الزمنية التي تستغرقها هذه المرحلة على كمية الحطام الصخري المتواجد من جهة ومدى قوة ونشاط عوامل النقل البحري من جهة أخرى، وبعد إتمام عملية النقل هذه وتمشيط أسافل الجروف من الحطام الصخري، تأتي المرحلة الأولى من جديد والخاصة بتجدد النحت الموجي لقواعد الجروف تليها المرحلة الثانية، ثم المرحلة الثالثة، وهكذا حتى يتم انتقال الساحل الصخري ككل إلى المرحلة الجيومورفولوجية التالية، مع العلم بأن المرحلة الجيومورفولوجية الواحدة للساحل الصخري قد تحتاج لعدة دورات من النحت الموجي حتى ينتقل إلى مرحلة أخرى جديدة، وبالتطبيق على منطقة عجيبة فالباحث يرى أنه من المتوقع أن تطول مرحلة نقل العوامل البحرية للحطام الصخري الناتج عن التساقط الصخري الأخير بسبب كبر أحجام الكتل الصخرية والتي يصعب على عوامل النقل البحري تحريكها ونقلها من مواضعها لذا سيتحتم عليها أولاً تكسيرها وتفتيتها قبل نقلها وهو ما سوف يستغرق فترة زمنية طويلة يمكن تقديرها بناء على نشاط العوامل البحرية في نقل الحطام السابق بما لا يقل عن 20 سنة، خاصةً وأنها معنية كذلك بنقل بقايا الحطام الصخري الناتج عن التساقط الصخري السابق (عام 1998)، ومن ثم فمن المتوقع أن تنتهى هذه الدورة من نحت الأمواج للساحل الصخري في عام 2030 تقريباً، وعلى الرغم من ذلك فمن غير المتوقع في هذا التاريخ أن يحدث انتقال للساحل الصخري بالمنطقة ككل من المرحلة الجيومورفولوجية الراهنة (المرحلة النشطة) إلى المرحلة الجيومورفولوجية التالية (المرحلة الساكنة) حيث سيظل الجرف البحري شديد الانحدار والارتفاع، والرصيف الشاطئي ضيق مما يعزز من مقدرة الأمواج البحرية في نحت الساحل الصخري من جديد. وخلاصة ما سبق أن الدورة الواحدة من دورات النحت الموجي للساحل الصخري بمنطقة عجيبة تستغرق فترة زمنية قد تزيد عن (نصف قرن)، وذلك دون أن يجتاز خلالها الساحل الصخرى المرحلة النشطة التي يمر بها وهو ما يؤكد على بطء عوامل التعرية المختلفة في نحت وتراجع السواحل الصخرية بصفة عامة والساحل الصخري بمنطقة عجيبة بصفة خاصة، حيث يبدو أن الأمر سوف

يتطلب العديد من دورات النحت البحري فيما يتراوح بين 3–5 دورات حتى ينتقل ساحل منطقة عجيبة إلى المرحلة الساكنة، ناهيك عن أن الدورة الحالية بالمنطقة ليست هي الأولى بل من المؤكد أنه سبقتها دورات أخرى بدليل وجود العديد من الكتل الصخرية التي تم تسجيلها في عام 1995 وهي ربما نتجت عن مرحلة التساقط الصخري في دورة النحت الموجي السابقة، مع ضرورة التأكيد كذلك على أن عمر هذه الدورات سوف يختلف نسبياً من مرحلة جيومورفولوجية إلى أخرى حسب طبيعة ونتيجة العلاقة بين القوى المهاجمة والقوى المقاومة لصخور المنطقة، فدورات النحت الموجي الأولى ذات أعمار قصيرة بعكس الدورات المتقدمة، حيث تتميز الدورات الأولى بقوة الأمواج البحرية المصاحبة وقدرتها على الوصول سريعاً وبفاعلية شديدة إلى قواعد الجروف البحرية وليس بعيداً عن خط الساحل كما يحدث في المراحل المتقدمة لتطور الساحل الصخري وذلك للأسباب الآتية :

- قلة اتساع الرصيف الشاطئي وربما اختفاءه تماماً في المراحل الجيومورفولوجية الأولى لتطور الساحل الصخري.
- خلو سطح الرصيف من أية عقبات صخرية تعوق حركة الأمواج تجاه قاعدة الجرف.
- اختفاء المصطبة الرسوبية من نطاق الساحل القريب مما يؤدى إلى تكسر الأمواج البحرية مباشرة عند قاعدة الجرف البحري وليس بعيداً عنه.
- قوة العوامل البحرية الأخرى مثل قدرة مدى المد للوصول إلى مناسيب عليا من الجرف البحري بسبب قلة اتساع رصيف الشاطيء، علاوة على وصول الرذاذ والبقع الموجية إلى قطاعات كبيرة من الأوجه الجرفية العليا بسبب تكسر الأمواج عند القاعدة الجرفية مباشرة.[1]

---

(1) ينبغي التأكيد في هذا المجال على أن أعمار دورات النحت الموجي تتباين كذلك من ساحل صخري لآخر فما ينطبق على ساحل منطقة عجيبة قد لا ينطبق بالضرورة على سواحل صخرية أخرى حتى ولو كانت سواحل مجاورة لها.

ثامناً : معدلات التساقط الصخري المتوقع حدوثها بمنطقة الدراسة[1].

كما سبق الذكر فإن لعملية التساقط الصخري وغيرها من حركات الكتل الصخرية دوراً مهما

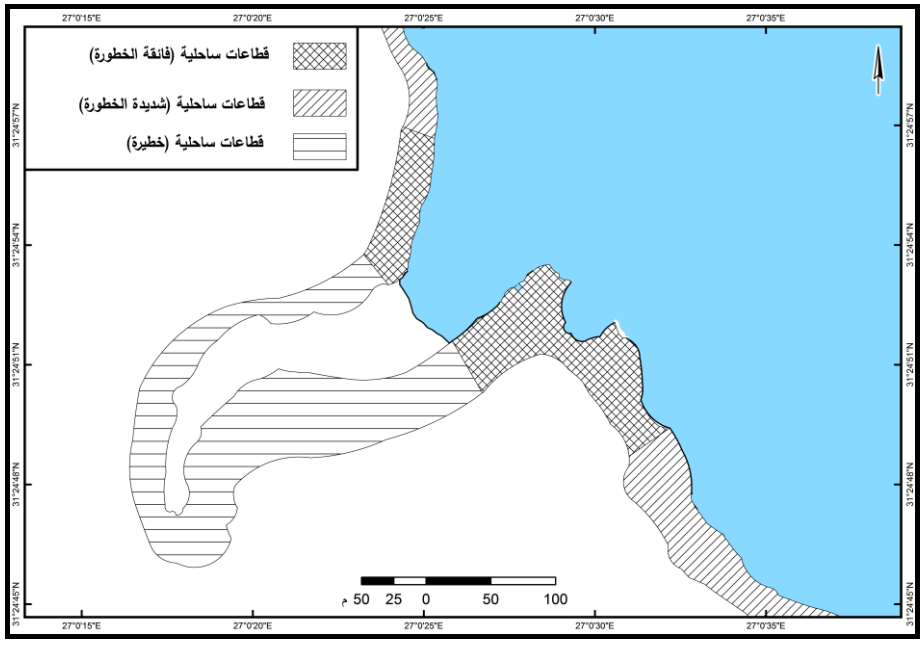
في تطور السواحل الصخرية لارتباطها الوثيق بتراجع الجرُوف البحرية ومن ثم انتقال الساحل الصخري إلى مرحلة جيومورفولوجية أكثر تطوراً، وتبعاً لزوايا انحدار جرُوف المنطقة، وأشكال الانحدار السائدة، ومقدار ارتفاع جروفها البحرية، وأنظمة الشقوق والفواصل المنتشرة بالصخور، ومعدلات التساقط الصخري الراهنة، يمكن تقسيم ساحل منطقة عجيبة حسب معدلات التساقط الصخري المتوقع حدوثها إلى ثلاثة قطاعات تبعاً لخطورتها تتدرج جميعها تحت الفئة الخطرة بدرجاتها، كما في الشكل رقم (24) وهي :

1) قطاعات ساحلية (فائقة الخطورة) :

هي تلك القطاعات التي يتوقع لها أن تشهد تساقط صخري عنيف جداً خلال الفترة القادمة وتتركز بالسواحل الخارجية للمنطقة، بنسبة نحو (30%) من طول الساحل ككل، وفي مقدمتها كما في الصورة رقم (29) القطاعات الجرفية الرأسية – المقعرة التي قطعت شوطاً كبيراً في مجال النحت البحري لقواعدها مما يجعل أجزاءها العلوية على وشك السقوط (أسقف صخرية معلقة) بفعل الجاذبية الأرضية، وهي التي تمر بمرحلة التساقط الصخري من مرحلة النحت الموجي، وكما يتوقع لهذه القطاعات أن تشهد تساقطاً صخرياً نشطاً في المستقبل، يتوقع لها كذلك أن تشهد نحتاً قاعدياً غير نشط مستقبلاً، على الرغم مما شهدته في الماضي من نحت قاعدي نشط جداً سمح بوجود قطاعات الجروف المعلقة في صورتها الراهنة.

---

(1) حاول الباحث حلال فترة الدراسة الميدانية تصميم أكثر من نموذج رياضى يعتمد على الخصائص الليثولوجية والبنيوية المقاومة للصخور بجانب القوى البحرية والقارية المهاجمة وذلك في أعوام 2003، 2005، 2009 بهدف تطبيقه في مناطق أخرى أو التوقع بما قد يحدث من تساقط صخرى مستقبلا، وفي كل مرة وبعد كل دراسة ميدانية يتضح صعوبة تطبيق مثل هذه النماذج ميدانياً بسبب تشابك بل وتعقد القوى المتحكمة في حدوث عملية التساقط وحدوث أمور غير متوقعة في الطبيعة وهو ما جعل الباحث يستبعد تلك النوعية من النماذج.



المصدر: الدراسة الميدانية وصور القمر الصناعى GeoEye بتاريخ 2012/1/17م بدقة مكانية 2م.

شكل (24) : درجات الخطورة المتوقع حدوثها بمنطقة عجيبة.

2) قطاعات ساحلية (شديدة الخطورة) :

هي تلك القطاعات التي من المتوقع أن تشهد تساقط صخري عنيف وتضم أجزاء صغيرة نسبياً من طول ساحل منطقة عجيبة حيث يبلغ طولها نحو (20%) من طول الساحل ككل، وتتمثل في أجزاء من الجوانب الخارجية لمصب عجيبة والتي تعرضت للغرق بجانب القطاعات الجرفية ذات الانحدار الرأسي المتطورة عن القطاعات الجرفية الرأسية – المقعرة السابقة الذكر.

3) قطاعات ساحلية (خطيرة) :

هي تلك القطاعات التي يتوقع لها أن تشهد تساقط صخري شديد في المستقبل وهي تضم أجزاءً يبلغ طولها نحو (50%) من طول الساحل ككل وتتواجد في المقام الأول بالسواحل الداخلية للمنطقة، وعلى الرغم من انعدام النحت القاعدي بواسطة الأمواج في

الوقت الراهن أمام هذه القطاعات بسبب قلة العمق البحري، وانعزالها نسبياً عن تأثير البحر الأمر الذي يؤدي إلى وصول الأمواج إليها ضعيفة للغاية غير قادرة على النحت (نتيجة اتساع المسافة الأفقية بين خط تكسر الأمواج وخط الساحل)، إلا أن نشاط التساقط الصخري بها يرجع إلى عظم ارتفاع هذه الجروف وشدة انحدارها وكثرة أنظمة الشقوق بها، وتعاظم أهمية عوامل وعمليات التشكيل القارية خاصة التجوية الكيميائية التي تعد أهم بواعث التساقط الصخري بهذه القطاعات.

تاسعاً : الحلول المقترحة للحد من التساقط الصخري والتراجع الساحلي بالمنطقة.

يمكن تقسيم الحلول المقترحة لحماية ساحل منطقة عجيبة من أخطار التساقط الصخري وما يرتبط به من نحت وتراجع ساحلي إلى نوعين من الحلول هما :

1) حلول تقليدية :

تشير الدراسات المتخصصة في مجال جيومورفولوجية السواحل الصخرية إلي وجود مجموعة من الوسائل التقليدية التي يمكن بها حماية السواحل الصخرية بصفة عامة وساحل المنطقة بصفة خاصة من النحت البحري والتساقط الصخري، وهي ما تعرف بالتحصينات الدفاعية الساحلية سواء كانت مصمتة أو منفذة مثل الحوائط البحرية التي قد تتكون من الكتل الخرسانية أو الحديدية أو من كومات الحجارة، وهي إما تكون ملاصقة للجرف أو تبعد عنه بمسافات قصيرة، وحواجز الأمواج الممتدة بصورة عمودية على خط الساحل، ومصدات الأمواج التي يتم تصميمها بشكل موازي لخط الساحل، والحقيقة إن لهذا الحل عدة عيوب تتلخص من وجهة نظر الباحث في الآتي :

- أنها باهظة التكاليف إذا ما تم تشييدها بالشكل الصحيح علمياً حيث أن تكلفة حاجز أمواج بطول كيلو متر واحد قد يُكلف ما يزيد عن عشرات الألوف من الجنيهات.
- أن هذا الحل قد يمكن من خلاله الحد من النحت البحري المستقبلي، ولكن لا يمكنه الحد من معدلات التساقط الصخري الحالية أو المستقبلية لأن ساحل المنطقة من الناحية الجيومورفولوجية يمر كما سبق الذكر بمرحلة التساقط الصخري وطالما أنها قد بدأت فقد يستحيل إيقافها نظراً لتآكل قواعد هذه الجرُوف وبروز ساحل المنطقة بصورة

معلقة حتى لو افترضنا تشييد قواعد خرسانية لها لمنع تساقطها، أو تم عمل أي شكل من أشكال التحصينات الدفاعية للحد من نحت الأمواج، فكيف نحد من عمل عمليات التشكيل القارية خاصةً التجوية الكيميائية والرياح والأمطار وغيرها، ولذا فإنه لاستخدام هذا الحل ينبغي الانتظار طويلاً جداً حتى يكون ساحل المنطقة على أعتاب مرحلة جيومورفولوجية جديدة بعد أن تنهار الأسقف المعلقة الراهنة وبعدها يمكن حماية ساحل المنطقة من النحت ومن ثم التساقط الصخري بإنشاء مجموعة التحصينات الدفاعية السابقة الذكر.

- من عيوب إنشاء التحصينات الدفاعية الساحلية السابقة سواء كانت حوائط بحرية منفذة أو مصمتة وسواء كانت بعيدة عن قواعد الجرُوف البحرية بالمنطقة أو ملاصقة لها أن من شأنها أن تقف عائقاً في سبيل سهولة تحرك السائحين بالمنطقة.
- تشويه المنظر الجمالي لساحل المنطقة الذي هو عماد النشاط السياحي بها.

2) حلول غير تقليدية :

بجانب الحلول التقليدية السابقة فإنه لكي تكون هناك حماية سريعة وفعالة للمنطقة من أخطار التساقط الصخري الراهنة والمتوقعة في المستقبل فيقترح الباحث إتباع حلول غير تقليدية تتم على مرحلتين رئيسيتين هما:

- **المرحلة الأولى : يتم فيها وقف التساقط الصخري الراهن والمستقبلي.**

يقترح الباحث لوقف التساقط الصخري الراهن والمستقبلي الذي تشهده وستشهده منطقة الدراسة على المدى الزمني القصير أنه يجب عدم الانتظار حتى يبلغ ساحل المنطقة لمرحلة جيومورفولوجية جديدة ليتوقف التساقط الصخري من تلقاء نفسه لأن ذلك قد يستغرق فترة زمنية طويلة كما سبق الذكر، علاوة على صعوبة بل استحالة وصول ساحل المنطقة ككل لمرحلة تطورية واحدة في نفس التوقيت، لذا فإنه يكون من الأفضل التدخل بشرياً للوصول بساحل المنطقة للمرحلة التطورية المطلوبة بأن يتم تهذيب الانحدارات الرأسية والمعلقة للجرُوف البحرية النشطة عن طريق تقليل هذه الانحدارات أو جعلها بصورة متدرجة أو شبه متدرجة مع الأخذ في الاعتبار أن يتم ذلك بطريقة حضارية ومنسقة، وحس جمالي يراعي من خلاله البعد الجيومورفولوجي والنسق الجمالي لساحل المنطقة الذي هو عماد السياحة

بها، لأنه بدون مراعاة ذلك فإننا قد ننجح بالفعل في وقف التساقط الصخري إلا إننا سوف نفقد في ذات الوقت الأهمية السياحية للمنطقة لتصبح منطقة طاردة للسياحة بعد أن كانت جاذبة لها، كما ينبغي أن يشارك في هذه العملية خبراء من كليات الهندسة والجيولوجيا وغيرهما من التخصصات العلمية الأخرى وثيقة الصلة بالموضوع لتحديد أنسب الطرق التي يمكن استخدامها في تقليل انحدارات جروف المنطقة.

- **المرحلة الثانية : يتم خلالها الحد من النحت البحري المستقبلي.**

تقترح الدراسة هنا حلاً سريعاً وجذريا للحد من النحت البحري المستقبلي لساحل المنطقة وذلك بالحد من قوة الأمواج البحرية المهاجمة لساحل المنطقة بنطاق الساحل القريب أي قبل وصولها لقواعد الجرُوف البحرية بالمنطقة بأن يتم تقليل العمق البحري أمام ساحل المنطقة عن طريق تغذية نطاق الساحل القريب Near Shore بالرواسب الرملية المختلفة والكتل الصخرية بما يؤدى إلى بناء مصطبة رسوبية سميكة ومتسعة به وهو ما سيؤدى إلى اصطدام الأمواج البحرية المهاجمة بها فتتكسر فوقها لتصل إلى خط ساحل المنطقة ضعيفة للغاية فتقوم بإلقاء حمولتها على شكل شواطيء رملية بعد أن كانت قبل ذلك تستخدم حمولتها في تغذية النحت البحري كنوع من التغذية الموجبة، وتقترح الدراسة أيضاً إمكانية استخدام نواتج تهذيب منحدرات الجرُوف البحرية من الكتل الصخرية المختلفة في التغذية الإرسابية لنطاق الساحل القريب بغرض تقليل التكلفة، والتخلص في نفس الوقت من تلك الكتل الصخرية التي قد تشوه المنظر الجمالي لساحل المنطقة.

عاشراً : النتائج والتوصيات.

1) النتائج :

- يعد نشاط كل من عوامل التشكيل القارية، بجانب عوامل التشكيل البحرية، بالإضافة للعوامل البنيوية كانتشار الشقوق والفواصل وأسطح الطباقية البنيوية من أهم أسباب النحت والتساقط الصخري بالمنطقة.
- يمثل الشكل الرئيسي لحركة صخور المنطقة في التساقط الصخري كانعكاس للخصائص الصخرية من جهة، وطبيعة عمل القوى المهاجمة من جهة أخرى.

- تشير القطاعات العرضية لساحل منطقة عجيبة إلى تفوق القوى المهاجمة خاصةً الأمواج البحرية والقوى القارية خاصةً عملية التكربن عن سائر بواعث النحت الأخرى مما يتطلب أولوية في مواجهتهما حتى يمكن وقف أو تقليل التساقط الصخري الراهن الذي تشهده المنطقة.
- فقدان ساحل المنطقة لأراضٍ جديدة غاية في الأهمية نتيجة التساقط الصخري الذي بلغ معدله خلال فترة الدراسة سقوط صخري لكل 8.5 – سنة.
- تراوح المتوسط السنوي للنحت البحري في ساحل منطقة عجيبة على مدار (17) سنة بين (صفر–0.2) م، بمعدل عام بلغ 9.2 سم/سنة.
- حدوث تغيرات جوهرية في دورة نحت الأمواج لساحل المنطقة الأمر الذي ترتب عليه تباين في معدلات النحت والتراجع بالمنطقة في فترة (17) سنة.
- حدوث تغير في الشكل السائد لقطاعات الجروف البحرية بالمنطقة بسبب عملية التساقط، حيث تتحول القطاعات الجُرفية المقعرة وهو الشكل السائد إلى القطاعات الجُرفية الرأسية.
- التغير المستمر في طبوغرافية القاع البحري المتاخم لساحل المنطقة حيث يتناقص عمقه تدريجياً بسبب توالى نقل الحطام الصخري الناتج عن التساقط الصخري إليه، وهو ما يؤدى بالضرورة إلى تغير طبيعة الأمواج المهاجمة في المستقبل من أمواج هدامة إلى أمواج بناءة.
- حدوث خلخلة وعدم توازن لصخور المنطقة بسبب الهزات الناتجة عن عملية ارتطام الصخور المنهارة بسطح الأرض، وهو الأمر الذي يعزز من حدوث انهيارات تابعة وسريعة في القطاع نفسه خاصةً وأن الكتلة الصخرية المنهارة قد تركت فراغاً كبيراً بالواجهة الجرُفية جعل الكتلتين المستطيلتين المجاورتين لها (يمين ويسار الكتلة المنهارة) تبدوان كأنهما معلقتان في الفضاء حيث تفتقدان الدعامات السفلي بسبب نشاط النحت البحري والتساقط الصخري في المراحل السابقة، كما تفتقدان الدعامات الجانبية في الوقت نفسه بسبب تساقط الكتلة الصخرية سابقة الذكر.
- فقدان المنطقة لأهم معالمها السياحية كالكهوف والفجوات الجانبية التي تنهار، كما تصبح جرُوف المنطقة ذات انحدارات رأسية تخلو من أشكال النحت المختلفة الجاذبة

للسائحين حتى تتغير المرحلة الجيومورفولوجية التي تمر بها المنطقة والتي قد تستغرق مئات الأعوام.

2) التوصيات :

- على المسئولين بالمحافظة الإسراع في تغيير مسار طريق المُشاة الحلزوني الذي يقطع قمة الحافة الجنوبية لهضبة عجيبة وصولاً إلى ساحل منطقة عجيبة (القطاع الصخري رقم 1) خاصةً في القسم العلوي منه الذي يسير فوق أحد الأسقف الصخرية المعلقة (شرفة بحرية) والتي ينتظر سقوطها في القريب العاجل مما يهدد حياة مرتادي المنطقة من المصطافين والسائحين خاصةً إنه الطريق الوحيد المستخدم بالمنطقة.
- إنشاء ما يمكن أن نطلق عليه شبكة رصد خطر النحت والتساقط الصخري في بقاع مختارة – على قدر كبير من الأهمية الاقتصادية – بطول الساحل الشمالي الغربي بصفة عامة، ومنطقة عجيبة بصفة خاصةً حتى يمكن التعرف على معدلات النحت والتراجع، ومن ثم وضع أنسب الحلول لمواجهة ذلك، ومحاولة رسم خريطة مستقبلية بدرجات النحت الموجي والتساقط الصخري المتوقع في السنوات القادمة.
- تحذير زائري ساحل عجيبة من إمكانية حدوث تساقط صخري بشكل فجائي وسريع حتى يمكنهم توخي الحذر أثناء تحركهم وانتقالهم عبر ساحل المنطقة وعليهم توخي الحذر أيضاً أثناء سيرهم فوق سطح الأرصفة الصخرية الساحلية لكثرة الطحالب الجيرية ذات الطبيعة الملساء التي تساعد على سهولة الانزلاق.
- تحذير زائري ساحل عجيبة من وجود العديد من الكائنات الحية الضارة كالعقارب والثعابين أسفل الحطام الصخري الناتج عن التساقط الصخري بالمنطقة، وهو الحطام الذي يستمتع السائحون بالتقاط الصور الفوتوغرافية عنده بجانب نحت أسمائهم به تخليداً للذكرى.
- وضع لافتات تحذر من ممارسة هواية السباحة بالمنطقة الصخرية من عجيبة حفاظاً على أرواح المصطافين كما فعلت المحافظة في منطقتي الغرام وكليوباترا الصخريتين، مع وضع علامات تحذيرية بالمنطقة الرملية من عجيبة تحذر هواة السباحة من خطورة تجاوزها أثناء السباحة حتى لا ينزلقوا إلى المنطقة الصخرية الخطرة.

- على القائمين بالتطوير الراهن للمنطقة توخي الحذر من أعمال الحفر والإزالة المستمرة التي تتم الآن فوق سطح المنطقة حتى لا يتسبب ذلك في الإخلال بالتوازن الديناميكي لصخور المنطقة وتعرضها لأخطار الهبوط.
- عدم صرف مياه الصرف الصحي والزراعي بالمنطقة إلى صخور الهضبة لما في ذلك من خطورة بالغة فيما يتعلق بنشاط التجوية الكارستية ومن ثم نشاط التساقط الصخري.
- منع تشجير سطح هضبة عجيبة بالأشجار ذات الجذور العميقة حتى لا تتغلغل في شقوق وفواصل الصخور وتساعد على حدوث التساقط الصخري بالمنطقة، مع استخدام نظام الري بالتنقيط في حالة الإصرار على زراعتها.
- إنشاء بعض نقاط الإسعاف بمناطق المزارات الساحلية الصخرية تحسباً لأي طارىء قد يهدد حياة السائحين والمصطافين.

الملاحـق

ملحق (1) : المتوسطات الشهرية لارتفاعات الأمواج عام 2000.

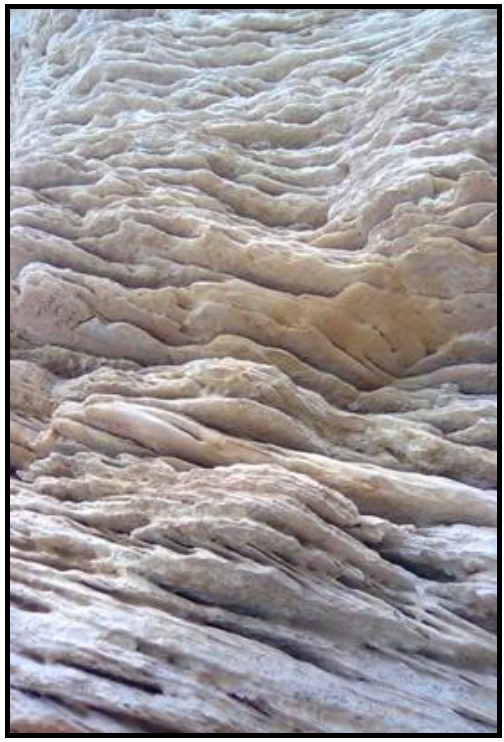
الشهر	متوسط أقل ارتفاع (بالمتر)	متوسط أعلى ارتفاع (بالمتر)
يناير	1.25	1.75
فبراير	0.75	1.5
مارس	1.25	2.0
أبريل	1.0	1.5
مايو	0.75	1.25
يونيو	0.75	1.25
يوليو	0.75	1.25
أغسطس	0.5	1.25
سبتمبر	0.75	1.25
أكتوبر	0.75	1.25
نوفمبر	0.75	1.25
ديسمبر	0.5	1.5

ملحق (2) : أعلى وأقل ارتفاع للأمواج عام 2000.

الشهر	أقل ارتفاع (بالمتر)	اليوم	أعلى ارتفاع (بالمتر)	اليوم
يناير	0.25	14-13	3.75	27
فبراير	0.5	12-9-8-7-2 -1	2.5	28
مارس	0.5	29	3.5	23-22
أبريل	0.25	28-25-23-21	4.5	11
مايو	0.25	28-22-21-20-14-13	3.5	3
يونيو	0.25	10	2.5	3
يوليو	0.25	12-9-1	2.0	11
أغسطس	0.25	21	2.5	14
سبتمبر	0.25	10	1.5	7
أكتوبر	0.25	28	2.5	26-23
نوفمبر	0.25	18-2	4.0	28
ديسمبر	0.25	2	3.5	13

Egyptial Naval Forces
Hudrographic Department
Oceanography in Egyptian Coast
(Saloum to Alexandria)
For Tanta Univer
Final Report 2002

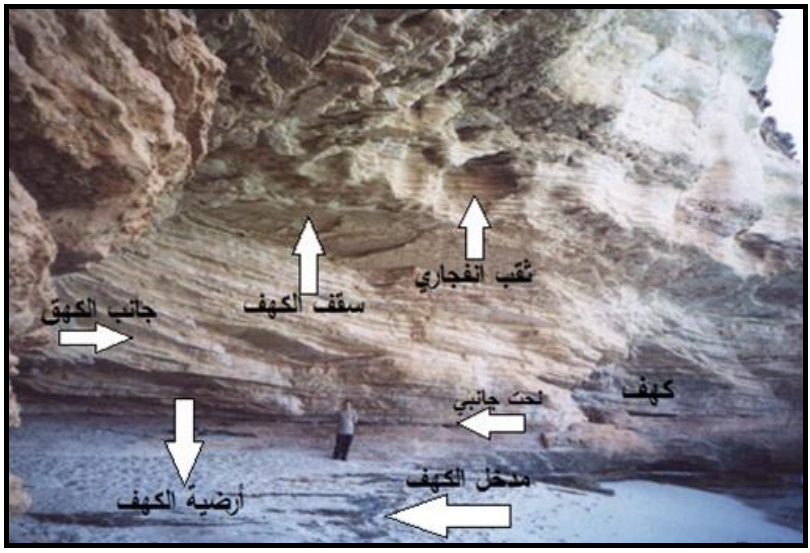
ملحق (3) : الصور الفوتوغرافية



صورة (1) : عدد كبير من أسطح الطباقية المنتشرة بواجهة الجروف البحرية بالمنطقة.

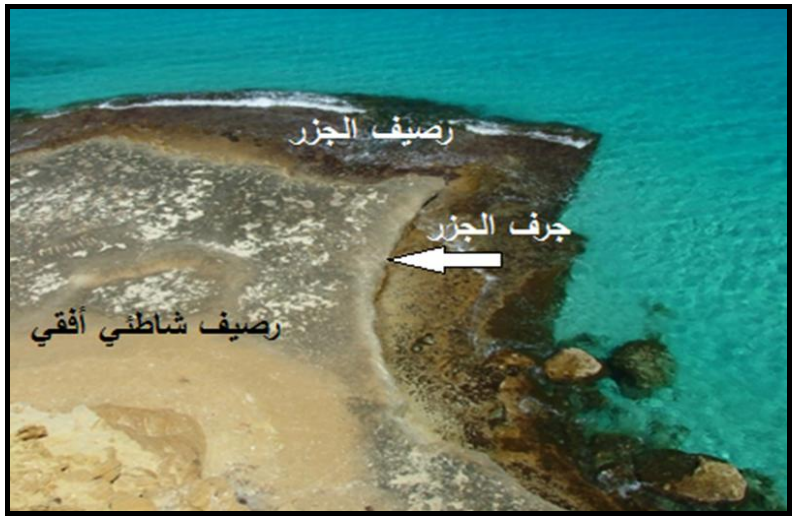
صورة (2) : أمواج العواصف التي يشهدها ساحل منطقة عجيبة خلال فصل الشتاء.

صورة (3) : فجوة جانبية ذات أرضية وقاع وشرفة صخرية معلقة على وشك التساقط.



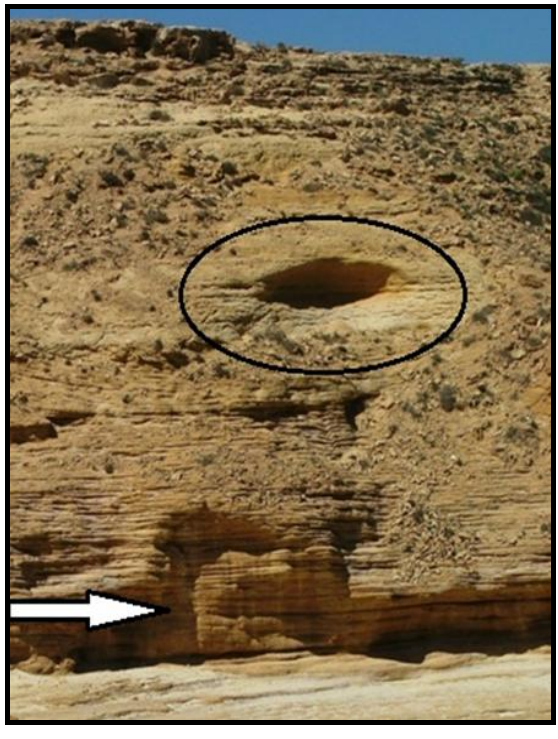
صورة (4) : أحد أكبر كهوف المنطقة بأقسامه المورفولوجية الأربعة
خاصة سقفه المعلق على وشك التساقط.

صورة (5) : مجموعة من الكهوف البحرية منخفضة المنسوب يعلوها مجموعة أخرى من الكهوف مرتفعة المنسوب.



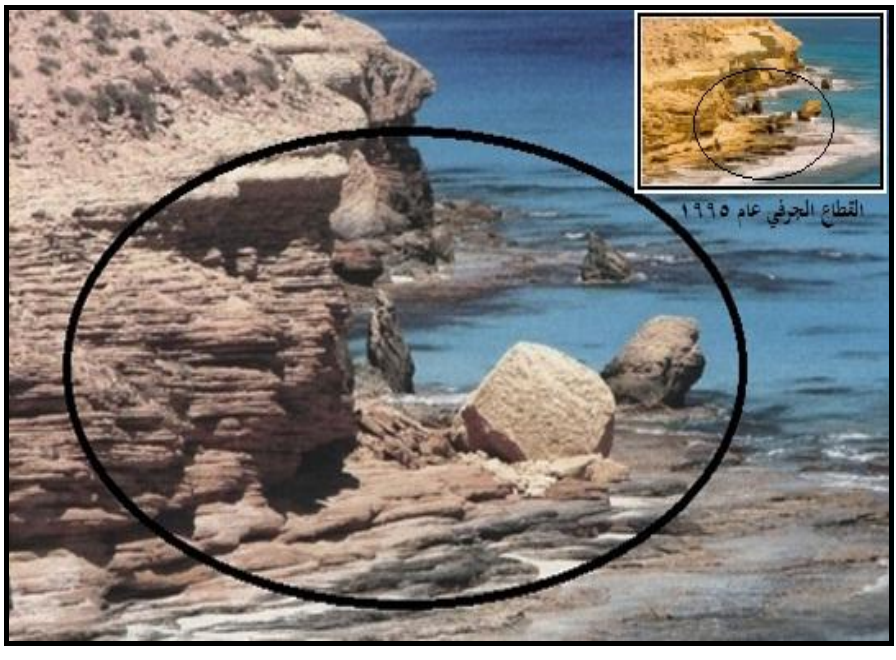
صورة (6) : رصيف شاطئي أفقي ينتهي في مياه البحر بحافة بحرية تعرف بجرف الجزر.

صورة (7) : مسلة عجيبة الصخرية المعلقة، يلاحظ النحت الجانبي بقاعدة المسلة.

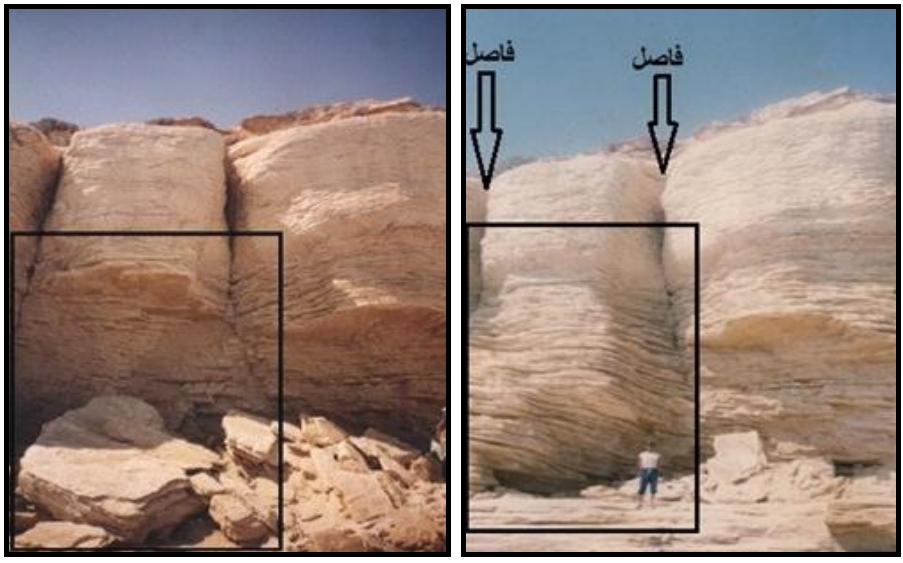


صورة (8) : أحد كهوف نحت الرياح بالقسم العلوى من واجهة الجرف وحذوذ نحت الرياح بالقسم السفلي.

صورة (9) : طريق المشاة شبه الحلزوني الذي تم شقه بواجهة جرف عجيبة البحري



صورة (10) : القطاع الجرفي رقم –6– على وشك التساقط.



صورة (11، 12) : القطاع الجرفي رقم -6- عامي 1997، 1998،
يلاحظ تساقط القسم السفلي من الواجهة الجرفية للقطاع.

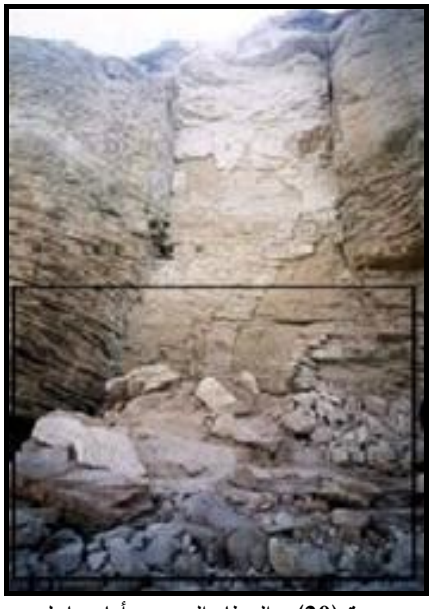
صورة (13، 14) : تضاؤل كميات الحطام الصخري أمام ساحل القطاع
في الفترة من عام 1999-2001.

صورة (15) : الكميات الهائلة من الحطام الصخرى الناتج عن التساقط الصخرى فى عام 1998م.

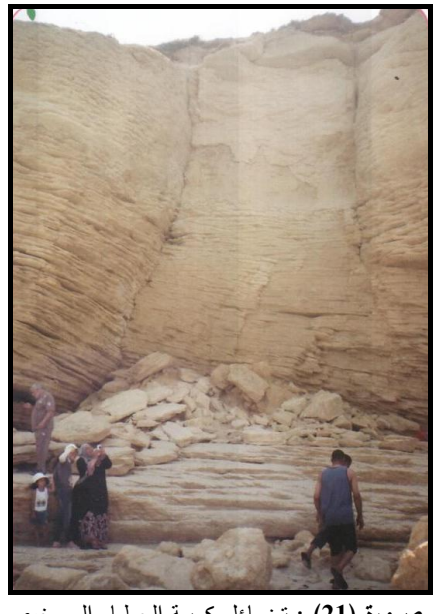
صورة (16) : تضاؤل واضح فى كميات الحطام الصخرى فى عام 2003م.

صورة (17، 18) : انهيار القسم العلوى من الواجهة الجرفية للقطاع رقم -6- في الفترة من 2004-2005.

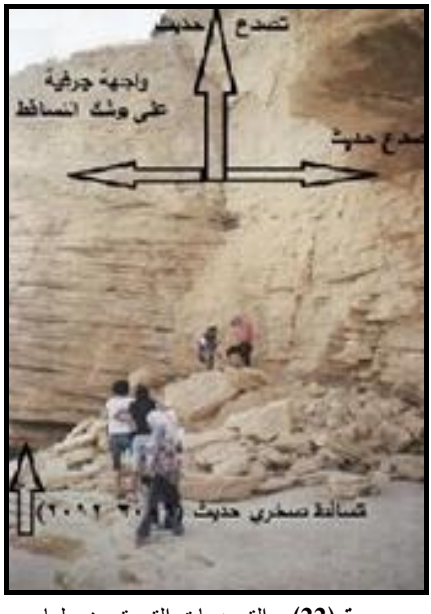
صورة (19) : نفس القطاع السابق من زاوية أخرى تظهر فيه الكتلة الصخرية المنهارة مستلقاة فى مواجهة الجرف البحرى.



صورة (20) : الحطام الصخرى أمام ساحل القطاع فى عام 2009م.



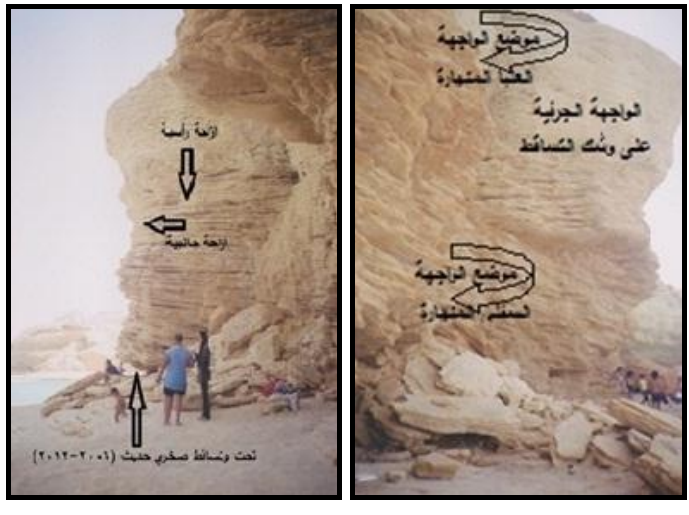
صورة (21) : تضاؤل كمية الحطام الصخرى بشكل واضح فى عام 2012 مقارنة بالوضع عام 2009م.



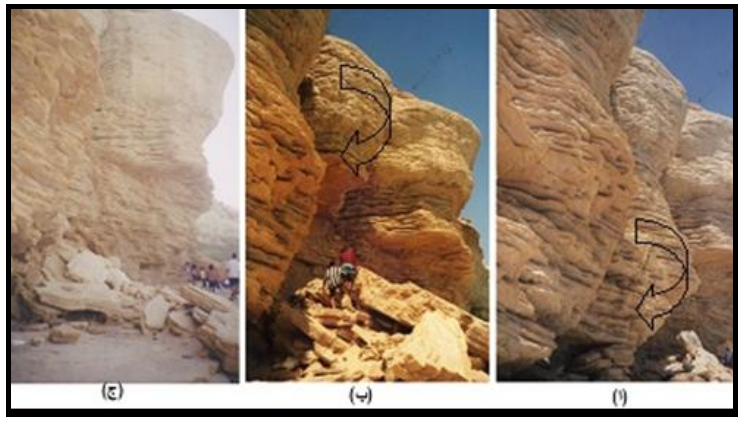
صورة (22) : التصدعات التى تعرض لها ساحل القطاع –6– عام 2012م.

صورة (23) : منظر عام للكتلة الصخرية المتساقطة عام 2005 من زاويتين مختلفتين، يلاحظ جوانبها حادة الزوايا، الخط الأسود يشير الى خط الضعف الرئيسى بالكتلة الصخرية.

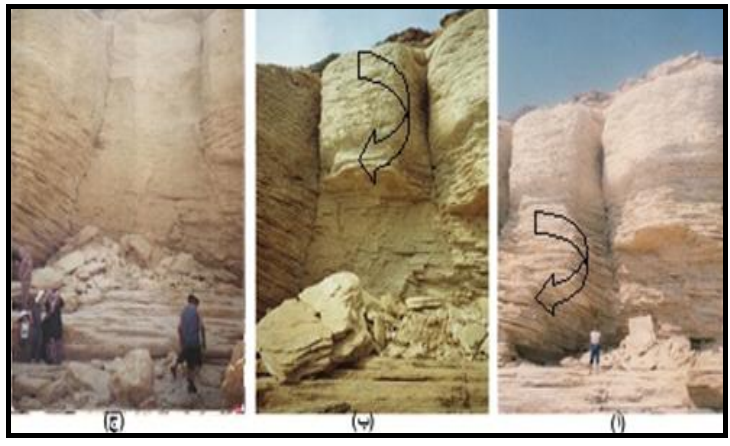
صورة (24) : الكتلة الصخرية المتساقطة عام 2012، يلاحظ التكسر الذى أصاب الكتلة عبر خط الضعف الرئيسى مما أدى إلى تفتيتها الى أربع كتل ثانوية.



صورة (25، 26) : الأوجه الجرفية المعرضة للتساقط الصخري كما بينتها الدراسة الميدانية عام 2012.



صورة (27) : مراحل حدوث التساقط الصخري في منطقة عجيبة في الفترة من 1995–2012.



صورة (28) : مراحل حدوث التساقط الصخري في منطقة عجيبة من زاوية أخرى في الفترة من 1995–2012.

صورة (29) : القطاع الجرفي رقم –2– عام 2012، يلاحظ نشاط النحت البحري وتكوين كهف بحري حديث.

المصادر والمراجع

أولاً : المصادر والمراجع العربية.

1. إبراهيم عبيدو (1981) : الجيولوجيا الهندسية والخرائط الجيولوجية، منشأة المعارف، الإسكندرية.
2. جودة حسنين جودة (1996) : الجيومورفولوجيا – دراسة في علم أشكال سطح الأرض، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
3. حسن سيد أبو العينين (1966) : أصول الجيومورفولوجيا – دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض، مؤسسة الثقافة الجامعية، الإسكندرية.
4. حسن سيد أبو العينين (1975) : منطقة مرسى مطروح وما جاورها (دراسة جيومورفولوجية) المجلة الجغرافية العربية، العدد الثامن، ص ص 7–48.
5. فتحي أبو راضي (1990) : ديناميات التعرية الشاطئية في دلتا النيل، مجلة كلية الآداب، جامعة طنطا، العدد السادس.
6. محمد صبرى محسوب (1991) : جيومورفولوجية السواحل، دار الثقافة للنشر والتوزيع، القاهرة.
7. محمد صبرى محسوب (1994) : سواحل مصر، بحوث فى الجيومورفولوجيا، دار الثقافة للنشر والتوزيع، القاهرة
8. محمد صفي الدين أبو العز (1966) : مورفولوجية الأراضي المصرية، دار النهضة العربية، القاهرة.
9. محمد فوزي أحمد (1992) : مناخ الساحل الشمالي بمصر وآثاره الجغرافية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة القاهرة.
10. محمد مجدي تراب (1984) منطقة أم الرخم غربي مرسى مطروح – دراسة جيومورفولوجية – رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.
11. طارق كامل فرج خميس (2000) : جيومورفولوجية الجروف البحرية فى الساحل الشمالى الغربى بمصر، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة حلوان.

ثانياً : المصادر والمراجع الأجنبية.

1. Azzoni, A.G.L. (1995): Analysis and prediction of rock falls using a mathematical model, Int. J. Rock Mech. Min., 32, pp. 709-724.
2. Barrett, R. K.(1989) Rock fall Modeling and Attenuate Testing, Colorado State Dept. of Highways, Denver, USA.
3. Carter, C.H, & Guy, D.E. (1988): Coastal erosion :processes ,timing and magnitudes at the bluff toe, Marine Geology, 84, pp.1-17.
4. Edil, T.B. & Vallejo, L.E. (1980): Mechanics of coastal landslides and the influnce of slope parameters, Eng. Geology,16, pp. 83-96 .
5. Egyptial Naval Forces, Hudrographic Department, Oceanography in Egyptian Coast Saloum to Alexandria (2002) For Tanta Univer Final Report.
6. El Senussy, Y. (1968): The Geology of Water and Soil Resources of Umm El Rakham Area, Ph.D. Thesis, Fac. Sci. Cairo Univ.
7. El-Shzly, M.N. (1964): Geology, Pedology and Hydrogeology of Marsa Matruh Area, Ph.D. Thesis, Fac. Sci. Cairo Univ.
8. Emery, K.O. & Kuhn, G.G. (1980): Erosion of rock shores at La Jolla, California, Marine Geology,37, pp. 197-208.
9. Luuk, K.A., (2003): A review of rock fall mechanics and modeling approaches Progress in Physical Geography 27, pp. 69-87.
10. MacFadyen, W.A. (1930): The undercutting of coral reef limestone on the coast of some islands in the Red Sea ,Geogr.Jour.,75, pp. 27-34.
11. May, V.J. (1971): The retreat of chalk cliffs, Geogr. Jour., 137, pp. 203-6.
12. Pfeiffer, T.J. and Higgins J.A., (1990): Rock fall Hazard Analysis Using the Colorado Rock fall Simulation Program. Transportation Research Record, No. 1288, Washington, D.C., pp. 117-126.
13. Rammer, W. (2010): Evaluation of a 3-D rock fall module within a forest patch model Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10, pp. 699-711.
14. Ritchie, A.M. (1963): Evaluation of Rock fall and Its Control. Highway Research Record, No. 17, pp. 13-28.
15. Robinson, A.H.W. (1980): Erosion and accretion along part of the Suffolk coast of East Anglia, England, Marine Geology, 37, pp.133-46.
16. Shepard, F.P. & Grant, U.S. (1947): Wave erosion along the Southern California coast, Bull. Geol. Soc. Am., 58, pp. 919-26.
17. Sunamura, T. (1973): Coastal cliff erosion due to waves-field investigations and laboratory experiments ,Jour. Faculty Eng., University of Tokyo, 32, pp. 1-86.
18. Sunamura, T. (1976): Feedback relationship in wave erosion of laboratory rocky coast, Jour. Geology, 84, pp. 427-37.
19. Sunamura, T. (1977): A relationship between wave- induced cliff erosion and erosive force of waves, Jour. Geology, 85, pp. 613-18.
20. Sunamura, T. (1982): A predictive model for wave- induced cliff erosion ,with application to Pacific coasts of Japan, Jour. Geology, 90, pp. 167-78 .
21. Sunamura, T. (1992) Geomorphology of Rocky Coasts. John Wiley, London.
22. Tjia, H.D. (1985): Notching by abrasion on a limestone coast, Zeit Geomorphologie N.F., 29, pp. 367-72.

23. Taha, A. (1973): Geology of Water Supplies of Matruh Barrani Area, Ph.D. Thesis, Fac. Sci. Alex. Univ.
24. Trenhaile, A.S. (1987): The Geomorphology of Rock Coasts, Oxford, University Press, Oxford.
25. Wright, L.W. (1970): Variation in the level of the cliff/shore platform junction along the south coast of great Britain, Marine Geol., 9, pp.347-53.

* * *

الإصدارات السابقة
لسلسلة البحوث الجغرافية

1. Dental Conditions of the Population of Maadi Culture as Affected by the Environment. (In English) by "F. Hassan et al." (1996).
2. هضبة الأهرام: أشكالها الأرضية ومشكلاتها، أ.د. سمير سامى، 1997.
3. القرى المدمرة فى فلسطين حتى عام 1952، أ.د. يوسف أبو مايلة وآخرون، 1998.
4. جيومورفولوجية منطقة توشكى وإمكانات التنمية، أ.د. جودة فتحى التركمانى، 1999.
5. موارد الثروة المعدنية وإمكانات التنمية فى مصر، د. أحمد عاطف دردير، 2001.
6. صورة الأرض فى الريف، د. محمد أبو العلا محمد، 2001.
7. القاهرة: الأرض والإنسان، أ.د. سمير سامى محمود، 2003.
8. الماء والأفلاج والمجتمعات العمانية، د. طه عبد العليم، 2004.
9. المناطق الخضراء فى القاهرة الكبرى، د. أحمد السيد الزاملى، 2005.
10. التنمية السياحية بمدينة الغردقة وأثرها السلبى على البيئة، د. ماجدة محمد أحمد، 2005.
11. بين الخرائط التقليدية وخرائط الاستشعار عن بعد، د. هناء نظير على، 2006.
12. الواقع الجغرافى لمدينة سيوة، د. عمر محمد علي، 2006.
13. صادرات الموالح المصرية إلى السوق العربية الخليجية، أ.د. إبراهيم على غانم، 2006.
14. الجغرافيا الاقتصادية فى ضوء المتغيرات العالمية المعاصرة، أ.د. محمد محمود إبراهيم الديب، 2006.
15. الأبعاد الجغرافية للسياحة العلاجية فى مصر، د. فاطمة محمد أحمد، 2006.
16. تحليل جغرافى لحركة النقل على مداخل مدينة المحلة الكبرى، د. عبد المعطى شاهين، 2007.
17. المقومات الجغرافية للتنمية السياحية فى محافظة الوادى الجديد، د. المتولي السعيد، 2007.
18. الهجرة العربية الدائمة إلى الولايات المتحدة الأمريكية من 1980 إلى 2004، د. أشرف على عبده، 2007.
19. مياه الشرب فى مدينة الجيزة، د. فاطمة محمد أحمد عبد الصمد، 2007.
20. الجيوب الريفية المحتواة فى التجمعات الحضرية المخططة بمدينة الجيزة، د. أشرف على عبده، 2007.
21. الأبعاد الجيوديموجرافية لانتخابات مجلس الشعب المصرى عام 2005، د. سامح عبد الوهاب، 2008.
22. الأوقاف الخيرية فى مصر، أ.د. صلاح عبد الجابر عيسى، 2009.
23. صناعة السيارات فى مصر، أ.د. محمد محمود إبراهيم الديب، 2009.
24. المناخ والملابس فى مدينة الرياض، د. هدى بنت عبد الله عيسى العباد، 2009.
25. قضايا الطاقة فى مصر، أ.د. محمد محمود إبراهيم الديب، 2009.
26. الثروة المعدنية فى محافظة المنيا، د. أحمد موسى محمود خليل، 2009.
27. التباينات اليومية لدرجة الحرارة بمدينة مكة المكرمة. د. مسعد سلامة مسعد مندور، 2009.
28. التحليل الجغرافى لدلالة أسماء المحلات العمرانية بمنطقتي عسير وجيزان، د. إسماعيل يوسف إسماعيل، 2009.

29. تحليل جغرافى لمنطقتين عشوائيتين فى مدينة جدة، د. أسامة بن رشاد جستنية و أ. مشاعل بنت سعد المالكي، 2009.
30. الفقر فى غرب إفريقيا، د. ماجدة إبراهيم عامر، 2010.
31. بعض ملامح التنمية العمرانية فى محافظة المجمعة (السعودية)، د. علاء الدين عبد الخالق علوان، 2010.
32. تنمية السياحة البيئية والأثرية بمنطقة حائل، د. عواطف بنت الشريف شجاع علي الحارث، 2010.
33. سكان سلطنة عُمان، د. جمال محمد السيد هنداوى، 2010.
34. التجديد العمرانى للنواة القديمة بالمنصورة، د. مجدى شفيق السيد صقر، 2011.
35. تغير المعطيات المكانية وأثرها فى التنمية السياحية بقرية البهنسا فى محافظة المنيا، د. ماجدة محمد أحمد جمعة، 2011.
36. الاتجاهات الحديثة فى جغرافية الصناعة، أ.د. إبراهيم على غانم، 2011.
37. المعايير التخطيطية للخدمات بالمملكة العربية السعودية، د. نزهه يقظان الجابري، 2011.
38. تداخل المياه البحرية والجوفية بشمال الدلتا بين فرعي دمياط ورشيد، د. أحمد إبراهيم محمد صابر، 2011.
39. أحجار الزينة فى المملكة العربية السعودية، د. شريفة معيض دليم القحطاني، 2011.
40. التنوع الحيوى بإقليم الجبل الأخضر بالجماهيرية العربية الليبية، د. عادل معتمد عبد الحميد، 2011.
41. التحليل المكاني للتغيرات العمرانية واتجاهاتها الحالية والمستقبلية في المدينة المنورة للفترة من (1369-1450هـ) الموافق (1950-2028م)، د. عمر محمد على محمد، 2011.
42. المراوح الفيضية وأثرها على طريق قفط - القصير، د. محمد عبد الحليم حلمي عبد الفتاح، 2012.
43. أطالس فرنسية : عرض وتحليل، د. عاطف حافظ سلامه، 2012.
44. التنوع المكانى لأنماط النمو الريفى فى المنطقة الغربية للمملكة العربية السعودية، د. محمد عبد الحميد مشخص، 2012.
45. الحافة الحضرية لمدينة المحلة الكبرى : رؤية جغرافية، د. أحمد محمد أبو زيد، 2012.
46. الخصائص المكانية والخدمية للمجمعات التجارية، د. عبدالله براك الحربي، 2012.
47. أخطار التجوية الملحية على المباني الأثرية بمدينة القاهرة، د. أحمد إبراهيم محمد صابر، 2012.
48. تقدير أحجام السيول ومخاطرها عند المجرى الأدنى لوادي عرنة جنوب شرق مدينة مكة المكرمة، أ.د. محمد سعيد البارودي، 2012.

* * *