

جيومورفولوجية الانفاق الكارستية في وسط حوض وادي شماس بليبيا

د. نصر الدين محمود أحمد سالم

أستاذ الجغرافيا الطبيعية المساعد

كلية الآداب - جامعة حلوان

تاريخ قبول النشر: ٢٠١٧ / ١ / ٩

مقدمة :

تتعدّد منطقة الدراسة بظاهرة الانفاق الكارستية ، التي تعدّ من الظواهر الجيومورفولوجية النادرة في الوطن العربي ، وقد أشار (شعله ، ٢٠٠٦ ، ص ٥٣) و(مصطفى، ٢٠١٣، ص ٢٥٥) أن أغلب الأشكال الكارستية الكبيرة يتم الكشف عنها ومعرفتها عن طريق الصدفة وليس من خلال المسح الميداني المخطط والمنظم ، وهذا ما حدث عندما كشف النقب عن هذه الظاهرة بالصدفة أثناء التجول في المنطقة عام ٢٠١٢، وتختلف الانفاق Tunnels عن الكهوف والمغارات بان لها مدخل ومخرج وهذا هو النمط البسيط ، اما اذا تعدد المداخل او المخارج فيكون هذا هو النمط المركب .

موقع المنطقة : تقع وسط حوض وادي شماس الذي يحده من الشمال البحر المتوسط، ومن الجنوب الطريق الذي يربط امساعد شرقا بطبرق غربا ، ومن الشرق وادي المريعة ، ومن الغرب وادي الجرفان ، وتقع فلكيا بين دائرتي عرض ٢٩° ٤٢' ٣١" شمالا و ١٨° ٤٢' ٣١" جنوبا، وخطي طول ٥٢° ٥' ٢٥" شرقا و ٤٦° ٥' ٢٥" غربا ، وبذلك تكون مساحة منطقة الدراسة نحو ٧,٣٩ كم^٢ ، شكل (١) .

شكل (١) موقع منطقة الدراسة



أهداف البحث:

يهدف البحث اليأبراز العلاقة بين خصائص الصخر ونظامه وطبيعة عمليات تشكيل الظاهرة، وتحليل الخصائص المورفومترية والمورفولوجية للأنفاق لمعرفة العمليات الجيومورفولوجيةبها، بالإضافة الي دراسة الظواهر الجيومورفولوجية التي تتكون فيها، ثم معرفة نشأة وتطور الظاهرة في المنطقة.

وتكمن أهمية البحث في التوسع في دراسة ظواهر الكارست في الوطن العربي، والتي سوف تضيف الي ما سبق دراسته بعضاً من الأشكال الجيومورفولوجية التي نشأت ابان الزمن الرابع او حتي الازمنة التي سبقتهاالفهم الصحيح للملامح الجيومورفولوجية للقسم الرابع من زمن الحياة الحديثة (الكابنوزوي) .

واعتمد البحث علي عددمن المناهج والاساليب ، كل منهج واسلوب يخدم جانباً من جوانب موضوع البحث ، ومنها المنهج الموضوعي والاقليمي والتاريخي لتتبع نشأة وتطور الظاهرة ، بالإضافة الي المنهج التطبيقي الذي استخدم في بعض جوانب البحث ، خاصة في اظهار الالهمية التطبيقية لمثل هذه الظواهر في منطقة البحث ، بالإضافة الي الاساليب الكمية التي استخدمت في عرض الحقائق العلمية مع تبسيط البيانات بشكل سردي مفهوم يحقق الفهم السريع في اطار تحليلي كمي .

وتمثلت اهم الاساليب التياعتمدت عليها الدراسة فيبعض الاساليب الكمية المستخدمة في جدولة واستخراج النسب المئوية والمعدلات وتوضيح العلاقات والارتباطات بين كثير من عناصر البحث ، كما اعتمدت علي اسلوب الدراسة الميدانية ، بالإضافة الي المقابلات الشخصية ، كما تم الاستعانة ببرمجيات GIS ، ومنها Arc ، Info V10 Map ، GIS V9.3 ، وبرنامج Excel XP في رسم الخرائط والرسوم البيانية ، واستخدم الباحث الصورة الفوتوغرافية لتوضيح خصائص عناصر الانفاق .

وقد تعددت مصادر بيانات البحث وذلك للوصول إلي إرساء قواعد بيانات موضوع الدراسة وكان من أهمها : الخرائط الطبوغرافية مقياس ١: ٥٠,٠٠٠ لسنة ١٩٧٤ ، والخرائط الجيولوجية مقياس ١: ٢٥,٠٠٠ لسنة ١٩٧٧، وكذلك صور الاقمار

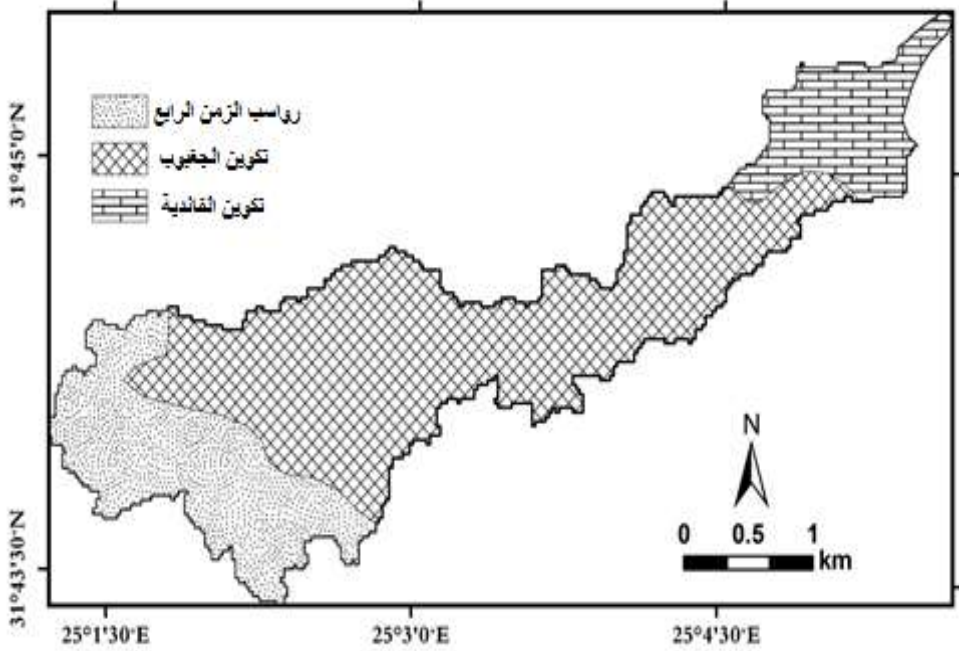
الصناعية TMLand sat بدقة وضوح ٣٠ متر بالإضافة الي العمل الميداني حيث تم رصد سبعة أنفاق كارستية في وسط وادي شماس في شهر مارس عام ٢٠١٢ ، وأجريت القياسات المورفومترية عليها ، والتقاط الصور الفوتوغرافية ، وكذلك الرفع المساحي لقيعان الأنفاق وتوقيعها علي خرائط تفصيلية

ولتحقيق أهداف البحث تم دراسة العناصر التالية :

- ١- الخصائص الطبيعية للمنطقة .
 - ٢-العمليات الجيومورفولوجية المشكلة للأنفاق
 - ٣- توزيع الانفاق .
 - ٤- الخصائص المورفومترية للأنفاق .
 - ٥- الخصائص الشكلية للأنفاق.
 - ٦- الظاهرات الجيومورفولوجية داخل الانفاق
 - ٧- نشأة وتطور الانفاق
 - ٨- الدورة الجيومورفولوجية للأنفاق
 - ٩- الاهمية التطبيقية للأنفاق .
- أولاً:الخصائص الطبيعية للمنطقة:-

١- **جيولوجية المنطقة** : تعد الخصائص الجيولوجية من اهم الركائز التي تعتمد عليها الدراسات الجيومورفولوجية ، فجميع الظاهرات الجيومورفولوجية هي نتاج التفاعل بين عمليات التعرية من ناحية والتكوينات والتراكيب الصخرية من ناحية اخرى أ- التكوينات **الجيولوجية**: تتحكم خصائص الصخر في تشكيل الظاهرات الجيومورفولوجية سواء في نشأتها أم تطورها ، وتتمثل في منطقة الدراسة التكوينات الجيولوجية التالية، شكل (٢).

شكل (٢) التكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة



المصدر:

Industrial Research Centre, 1977 , p.30

(أ-١) تكوينات الزمن الثالث: تغطي تكوينات الزمن الثالث ٥,٤٧ كم^٢ بنسبة ٧٤,٢ % من مساحة منطقة الدراسة ، وتمثلت في تكوينيهما:

(أ-١-١) تكوين الفائية : يتركز هذا التكوين الشمال الشرقي منطقة الدراسة ، ويغطي مساحة ٠,٩٨ كم^٢ بنسبة ١٣,٢٦ % من جملة مساحة المنطقة ، ويظهر بشكل طبقات شبه أفقية تقريبا أسفل تكوين الجبوب ، ويتكون من الحجر الجيري الطباشيري الغني بالحفريات والمنخريات وشظايا الأصداف ، ويظهر بلون أبيض مائل إلي الاصفرار ، ويتراوح حجم حبيباته من متوسط إلى خشن، وتتداخل في بعض المواضع مع صخور الكالكارنيت (Rohlich , 1974 . p. 8) .

(أ-١-٢) **تكوين الجغبوب** : يعد من أكثر التكوينات انتشارا ، ويتركز وسط منطقة الدراسة ، ويتكون من طبقات متداخلة من الحجر الجيري الرملي و الطباشيري الغني بالحفريات ، ويغطي ٤.٤٩ كم ٢ بنسبة ٦٠,٧٦% من مساحة المنطقة ، ويبدو لونه ما بين الأبيض والأبيض المائل إلي الاصفرار ، كما يحتوي علي مارل جبسي مع قليل من الطفل الذي تتراوح حبيباته بين المجهرية والخشنة مع وجود بعض الكوارتز في طبقاتها ، وطبقات الجغبوب أفقية مع وجود ميل في المناطق المتأثرة ببعض التراكيب الجيولوجية والفوالق لوجود الحجر الجيري ذي الطبقات المتقاطعة في بعض الأجزاء (Industrial Research Centre , 1977 , pp. 38- 39).

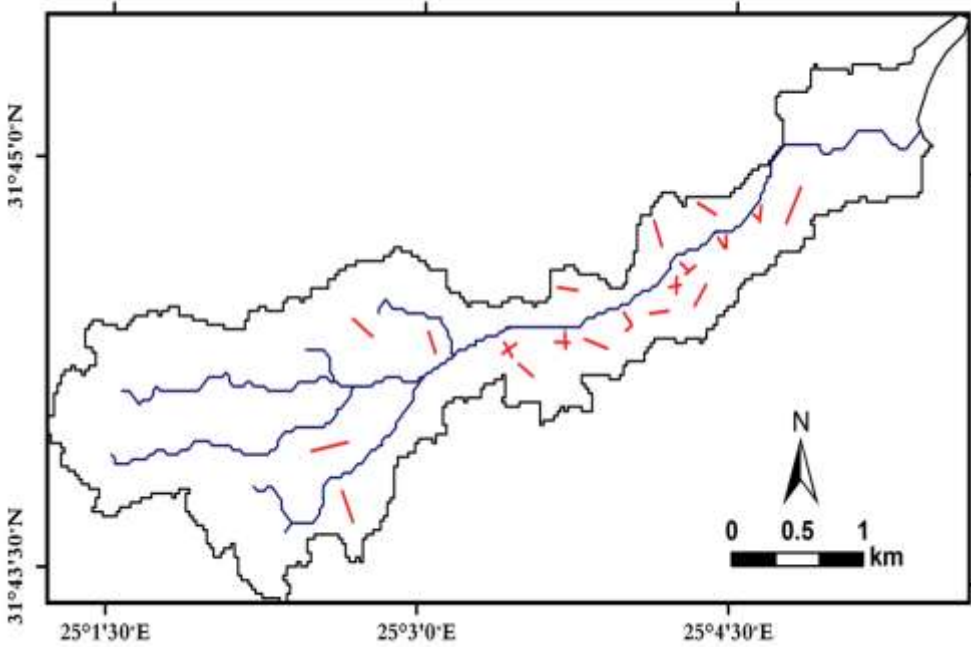
(أ-٢) **تكوينات الزمن الرابع** : تغطي تكوينات الزمن الرابع أجزاء قليلة في جنوب غرب منطقة الدراسة ، ويتراوح سمكها من عدة سنتمترات الي ١ متر، وتتمثل في تكوين أجدابيا ويغطي ١,٩٢ كم ٢ بنسبة ٢٥,٩٨% من مساحة المنطقة ، ويتألف من صخور الكالكارنيت ذات النشأة البحرية ، ويصل سمكه إلي حوالي ١ متر، ويبدو باللون الأبيض المائل إلي الرمادي و الأصفر الباهت مع تداخلات من الحجر الجيري وفتات القواقع والأصداف البحرية وحفريات الفورامينيفرا Foraminefra مع تداخلات من الصلصال الأخضر وبعض حبيبات من الكوارتز والحصى ، ويتميز هذا التكوين بأنه متوسط الصلابة إلي هش القوام ، وبطباقيّة متقطعة (Industrial Research Center, 1977 , P. 40).

ومن ذلك يتضح أن أغلب التكوينات الجيولوجية التي تظهر علي السطح ، هي من الصخور الجيرية (حجر جيري مارلي رملي إلي دولوميتي إلي حجر جيري طيني إلي طفلي) وهي متجانسة التركيب تظهر بها الطبقات بوضوح .

ب- **البنية الجيولوجية** : تشمل الخصائص الليثولوجية المتمثلة في نظام الصخر ، وتمثل مناطق ضعف جيولوجي، التي قد اتاحت الفرصة لعوامل التشكيل لتمارس نشاطها، ولذلك نجد ان الانفاق الكارستية من الظاهرات الجيومورفولوجية التي تعكس تأثير التراكيب الجيولوجية وخصائصها في نشأتها وتطورها ، ولذلك فهي خطية المظهر وهذا ما اشار اليه (Monroe ,1976 , p.32)(Lavalle ,1967 , p.59) وهي تتمثل في

(ب-١) الصدوع : اختلفت الصدوع من حيث اتجاهاتها وإطوالها وكذلك توزيعها في منطقة الدراسة ، ومن خلال قراءة وتحليل الخرائط الجيولوجية والدراسة الحقلية قد تبين ان الصدوع موازية في معظمها لخط الساحل ، وقد بلغ عدد الصدوع في المنطقة ٢٠ صدعا تأخذ اتجاهات شرق - غرب إلى شمال غرب - جنوب شرق ، ومعظمها من النوع العادي ، كما لوحظ وجود صدوع صغيرة تأخذ اتجاهها من الشمال إلى الجنوب متفقة مع محاور مداخل الانفاق (شكل ٣).

شكل (٣) الصدوع في منطقة الدراسة



وبلغت جملة أطوالها بالمنطقة ٤,٦٠ كم ، ويتراوح امتدادها بين ٠,٥٠ - ٨ متر ، وتأخذ اتجاه : شرق - غرب ، واتجاه : شمال غرب - جنوب شرق ، واتجاه : شمال شرق - جنوب غرب ، وان معظمها من النوع العادي ، و يرجع إلي الأوليجوسينو الميوسين (Rohlich , 1974 . p.10) ، وانعكس ذلك علي توجيه محاور مداخل الانفاق وبعض مجاري الاودية .

(ب-٢) الشقوق والفواصل : تنتشر في معظم التكوينات الصخرية بالمنطقة ، وقد تم قياس عدد ٤٠ شقا وفاصلا بطول ٤٧٥ متر وتراوح أطوالها بين ٦٠ سم و ٣٥ مترا ، وتأخذ اتجاهات: شرق - غرب ، و شمال - غرب - جنوب شرق ،وشمال- جنوب ، وشمال - شرق - جنوب غرب، ويتراوح متوسط اتساعها ما بين ٣-٦ سم بمسافة فاصلة تتراوح بين ٣ - ٢٥ متر .

ج- **التتابع الطبقي** : تنتمي أقدم التكوينات الجيولوجية التي تظهر في منطقة الدراسة إلي الزمن الثالث من الكريتاسي العلوي إلي الميوسين ، وهي متجانسة مكونة من الصخور الكربونية ويبلغ السمك الكلي الظاهر ١٠٠ م تقريبا ، وهي صخور جيرية تظهر في شكل طبقات غنية بالحفريات تتداخل معها طبقات طينية ورملية ، وتتداخل معها صخور الكالكارنيت الجيرية ، وتبدو بلون أبيض مائل إلي الاصفرار ، ويتميز النصف الأعلى منها بوجود طبقات من الصخور الجيرية البلورية التي تظهر بوضوح في المقاطع الجانبية لمنحدرات الأودية ،وحيث تتركز تكوينات الكريتاسي والأوليغوسين والمتمثلة في تكويني الفائدة و الجغبوب في مساحات واسعة شمال شرق ووسط منطقة الدراسة،اما احدث التكوينات فتتنتمي للزمن الرابع وتتركز في الجنوب الغربي لمنطقة الدراسة والمتمثلة في تكوين اجدابيا ، ومن المعروف جيومورفولوجيا ان تتابع الطبقات يؤثر بصورة كبيرة علي عمليات الإذابة وخاصة المتعمقة منها . **شكل (٤)**

شكل (٤) التتابع الطبقي في منطقة الدراسة

المساحة كم ^٢ %	الرمز Qa Qb Qs Qd	العصر	دليل الرموز	التتابع الطبقي للصخور	السمك (م)	وصف التركيب الصخري للتكوين	التكوين
48.0	2886.8	Qa Qb Qs Qd	الزمن الرابع			جميع الرواسب الحديثة متممة في الطمي ورواسب المسبخت ورمال الشاطئ ورواسب الاودية	رواسب الزمن الرابع
0.29	17.6	QA	صخور الكالكارنيت		٩-٢ متر	تكوين أجدابيا متماسك على شكل صخور كالكارنيت	تكوين الزمن الرابع
51.3	3090	TMJ	أوسط حجر جيرى غير نقي حجر جيرى مارلى طين وطفل حجر جيرى رملى		حوالى ١٢٠ متر	حجر جيرى طباشيرى غنى بالحفريات ويحتوى على ازل جيسى مع قليل من الطفل مع وجود بعض من الكورنيز في طبقاتها ويتراوح لونها ما بين الابيض واللون المائل للاصفرار مع وجود اللون الاخضر في بعض الاجزاء لوجود اكسيد الحديد الذي يملأ بعض الفراغات ويمثل هذا التكوين نمطا واحدا في البيئة الرسوبية البحرية	تكوين الجيوب
0.27	16.7	TOMF	سفلى طين وطفل حجر جيرى مارلى حجر جيرى رملى		حوالى ٨٢ متر	حجر جيرى به حفريات الى حجر جيرى طباشيرى مع وجود طبقات من المارل مع تداخلات من الكالكارنيت يتراوح لونه بين الابيض المائل للاصفرار مع وجود طبقات كلسية لونها احمر وجيباتها متوسطة الى خشنة	تكوين القادية

المصدر:

Industrial Research Center, 1977, p.39

٢-ظروف المناخ القديم واحوال المناخ الحالي:

تساعد دراسة الخصائص المناخية في معرفة العوامل المؤثرة في تشكيل سطح الأرض ، حيث تتأثر جميع العمليات الجيومورفولوجية بالظروف المناخية سواء كانت الماضية او الحالية

أ- **المناخ القديم:** تعرضت منطقة الدراسة كغيرها من مناطق شمال ليبيا في الزمن الرابع لسلسلة متتابعة تتكون من أربع إلي خمس فترات مطيرة فصلت بينها فترات جافة، وهذا التكرار المتشابه لظروف الجليد والمطر يوضح أن فترات الجليد الشمالية كانت تتحكم في فترات المطر في منطقة الدراسة، وان كميات الأمطار تجاوزت ٣٠٠ ملم ، (جوده ، ١٩٧٥، ص ٤٣) كما تأكد حدوث ذبذبة مطر هولوسينية تعاصر اواخر العصر الحجري المتوسط والحديث في نفس عروض منطقة الدراسة ، كذلك حدوث ذبذبة مناخية مطيرة فيما بين ٢٥٠٠ - ٨٥٠ ق.م ، و ان منطقة الدراسة كانت اكثر مطرا فيما بين ١٠٠٠ - ١٢٠٠ ميلاديه (جودة ، ٢٠٠٠ ، ص٢٢٦-٢٢٩) ، وعلي ذلك فان منطقة الدراسة كانت أكثر مطرا عن الوقت الحالي ، والتي تكونت علي اثره الانفاق الكارستية في المنطقة .

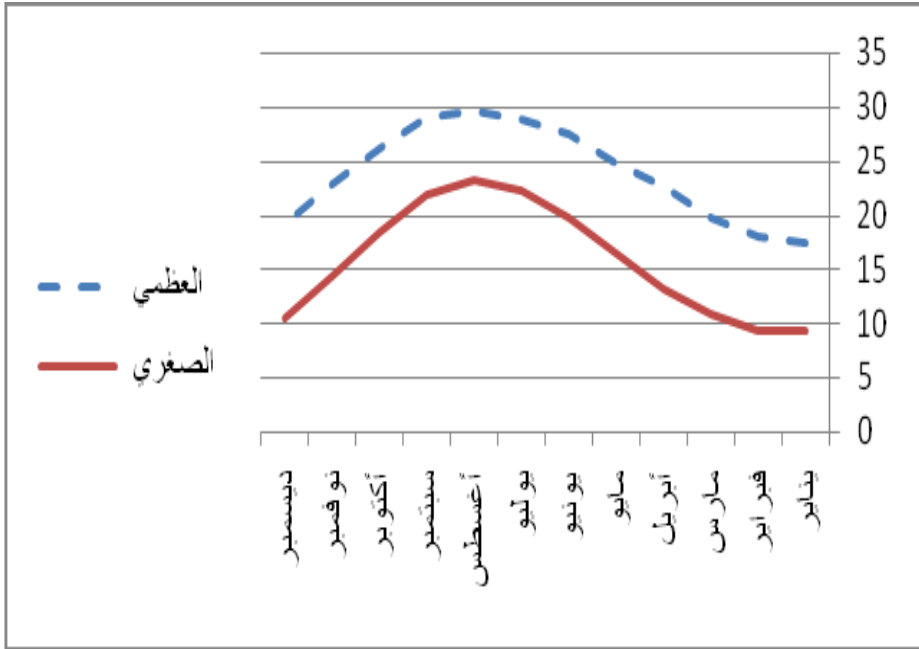
ب- **المناخ الحالي :** علي الرغم من أن المناخ الحالي لم يكن هو السبب الرئيسي في تكوين الانفاق الكارستية في منطقة الدراسة ، الا انه شكل كثير من الظواهر الجيومورفولوجية داخلها وفيما يلي خصائص هذه العناصر :

(ب_١) **الحرارة :** تتباين درجات الحرارة شهريا وفصليا وسنوياً، جدول (١) وشكل (٥).

جدول (١) المتوسطات الشهرية لعناصر المناخ من الفترة ١٩٨٥ - ٢٠١٢، المصدر / محطة ارساد طبرق

التبخر	الرطوبة النسبية	كمية الامطار	درجة الحرارة			الشهور
			المعدل	الصغرى	العظمى	
٣,٨	٧٠,٧	٤٩,٧	١٣,٤	٩,٤	١٧,٤	يناير
٠,٨	٦٨,٥	٣١,٥	١٣,٦	٩,٤	١٧,٩	فبراير
٤,٠	٦٧,٧	١٣,٥	١٥,٣	١٠,٩	١٩,٨	مارس
٤,٨	٧٢,٠	٤,٠	١٧,٩	١٣,٢	٢٢,٧	أبريل
٤,١	٧٤,٣	٣,٥	٢٠,٧	١٦,٥	٢٤,٩	مايو
٤,٢	٧٦,٩	-	٢٣,٧	١٩,٩	٢٧,٦	يونيو
٣,٧	٧٨,٢	-	٢٥,٦	٢٢,٣	٢٩,٠	يوليو
٣,٨	٧٢,٨	-	٢٦,٥	٢٣,٣	٢٩,٧	أغسطس
٤,٦	٧٠,٠	١٠,٩	٢٥,٥	٢١,٩	٢٩,٢	سبتمبر
٤,٤	٦٩,٢	١٢,٦	٢٢,٥	١٨,٥	٢٦,٢	أكتوبر
٤,٠	٧١,٦	٢١,٠	١٨,٦	١٤,٤	٢٢,٩	نوفمبر
٣,٨	٦٩,٦	٤٣,٥	١٤,٨	١٠,٦	١٩,١	ديسمبر
--	--	١٩٠,٢	١٩,٨	١٥,٨	٢٣,٨	المعدل

شكل (٥) متوسط درجات الحرارة العظمي والصغرى في محطة طبرق

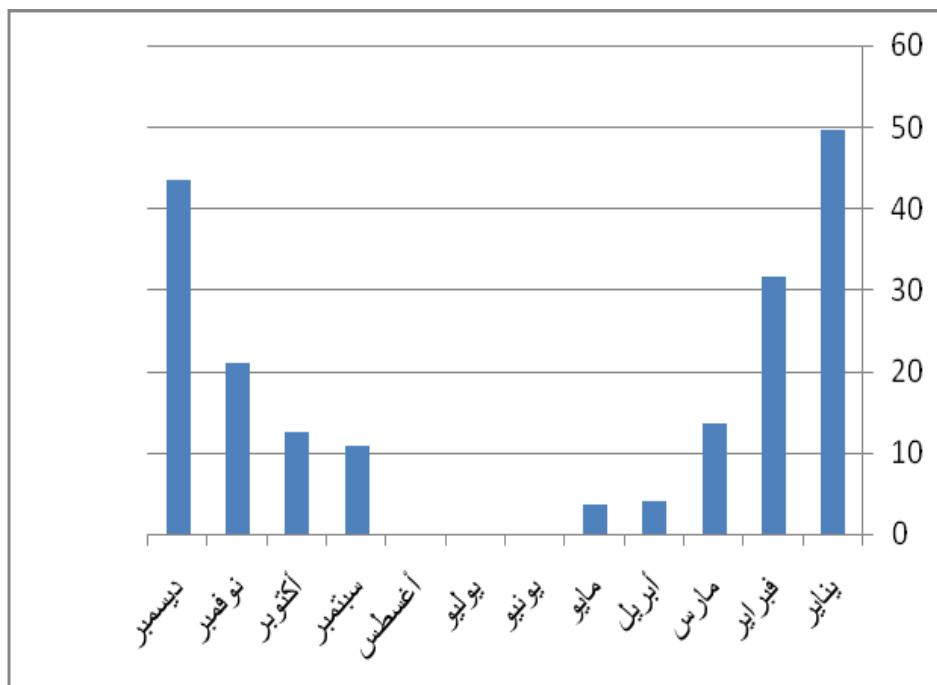


المصدر/ اعتمادا علي بيانات جدول (١)

ويتضح من جدول (١) وشكل (٥) ان المعدل العام لدرجات الحرارة يبلغ $19,8^{\circ}$ ، وأن شهور فصل الصيف قد سجلت أعلى ارتفاع في درجات الحرارة العظمي والتي بلغ متوسطها العام $28,7^{\circ}$ ، وان شهور فصل الشتاء قد سجلت أدنى انخفاض في درجات الحرارة الصغرى والتي بلغ متوسطها العام $14,2^{\circ}$ وسجل شهر يناير ادني معدل لها وبلغ $13,4^{\circ}$ ، بينها اعلي معدل لها $26,2^{\circ}$ في شهر اغسطس

(ب_٢) الأمطار: يتباين سقوط المطر علي منطقة الدراسة من سنة إلي أخرى سواء في الكمية ام التوزيع ، فتزدادكميتها في شهري ديسمبر ويناير ، جدول (١) وشكل (٦) .

شكل (٦) المتوسطات الشهرية للأمطار في محطة طبرق (١٩٨٥ - ٢٠١٢)



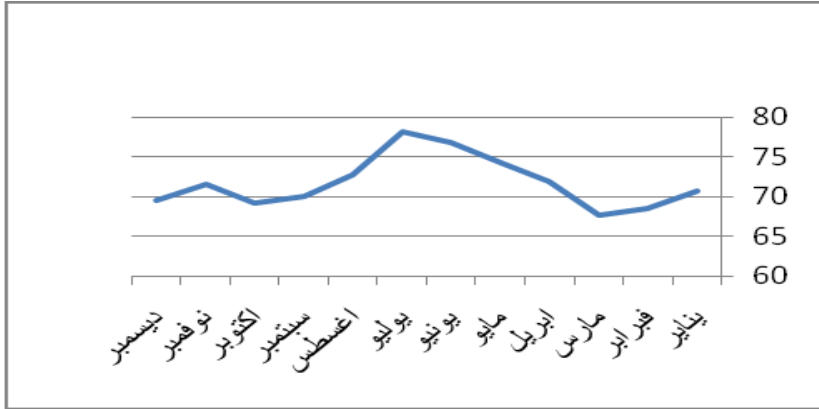
المصدر/ اعتمادا علي بيانات جدول (١)

يتضح من جدول (١) وشكل (٦) أن الامطار تسقط بغزارة في الفترة الزمنية ما بين شهري أكتوبر وأبريل، أما بقية الأشهر فتتعدم الامطار ويبلغ المعدل السنوي لسقوط الأمطار ١٩٠,٢ ملم.

ومن خلال التوزيع يتبين أنها تتركز في فصل الشتاء، وان متوسط عدد الأيام الممطرة قد وصل إلي ٦٥ يوما ، ومتوسط كمية الامطار قد بلغت ١٩٠ ملم (محطة ارساد طبرق ، ٢٠١٢)، ويكون لمثل هذا التركيز الشديد في سقوط الامطار دورا في تطور الانفاق الكارستية وتشكيل الظواهر الجيومورفولوجية بها .

(ب_٣) الرطوبة النسبية : تختلف معدلات الرطوبة النسبية بمنطقة الدراسة مكانيا و زمنيا، جدول (١) و شكل (٧)

شكل (٧) المتوسط الشهري للرطوبة النسبية في محطة طبرق (١٩٨٥-٢٠١٣)

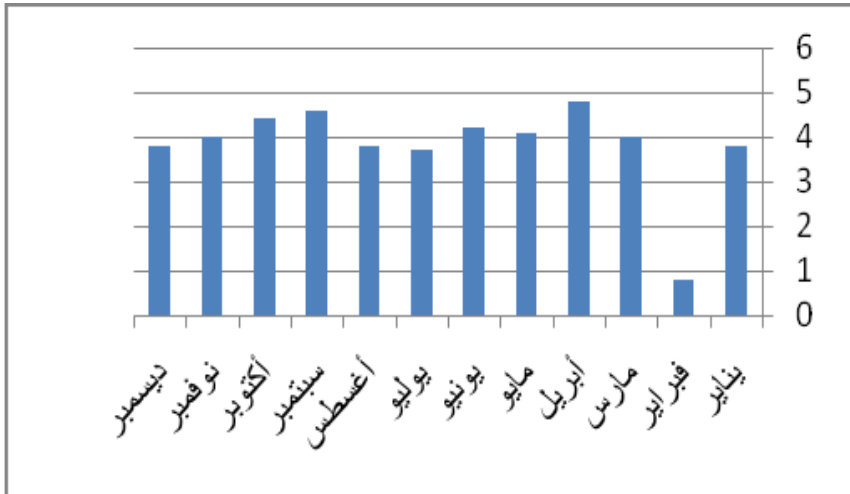


المصدر/ اعتمادا علي بيانات جدول (١)

ويتضح من جدول (١) وشكل (٧) أن المعدل السنوي للرطوبة النسبية يبلغ ٧٥,٥ %، كما يتضح ارتفاع معدلات الرطوبة النسبية في فصل الصيف ، حيث يبلغ المتوسط ٧٦,٤ %، أما فصل الخريف فإن متوسط الرطوبة يبلغ ٧٠ % .

(ب_٤) التبخر: تتباين نسب التبخر خلال شهور السنة ، جدول (١) وشكل (٨).

شكل (٨) المتوسط الشهري لكمية التبخر في محطة طبرق (١٩٨٥-٢٠١٣)



المصدر / اعتمادا علي بيانات جدول (١)

يتضح من جدول (١) وشكل (٨) ان المتوسط الشهري لكمية التبخر يبلغ ٠.٤ مليم ، ويعتبر شهر أبريل أعلى شهور السنة (٨، ٤ مليم)، أما أقل الشهور فهو شهر يناير (٥، ٣ مليم)، ويبلغ أعلى معدل للتبخر في فصل الصيف (٩، ٣ مليم) ، بينما اقل معدل فصل الشتاء (٧، ٣ مليم).

ثانيا : العمليات الجيومورفولوجية المشكلة للأنفاق: أكدت كثير من الدراسات الجيومورفولوجية حدوث عدة عمليات جيومورفولوجية شكلت الظاهرة ومن أهمها عملية الإذابة (Trudgill, 1986, p.72) (Sissokaa et al, 2007, p.6) والتي اشارت الي ان هذه العملية هي الاكثر اهمية في تكوين الاشكال الكارستية والتي تعد الانفاق واحده منها ، وتتميز هذه العملية بان حداثتها متوسطة وشديدة ، فضلا عن تأثرها بالكثير من العوامل أهمها المناخ ونوع الصخر والانحدار، كما اكدت الدراسات الجيومورفولوجية ان عملية اذابة الصخور لا تتم إلا في وجود الماء وثاني اكسيد الكربون، حيث تتفاعل هذه العناصر ومن ثم تتغير خصائص الصخور ، وأشار (Trudgill et al, 1975, p. 58) Hutchison, 1957, p. 58) الي وجود علاقة ارتباط طردية بين نسبة تركيز ثاني اكسيد الكربون وكمية الجير المذاب، كما ساعدت في زيادة عملية الإذابة زيادة نسبة الاس الهيدروجيني (PH) في مياه الانفاق ، وقد اشار (Sweeting, 1973, p. 63) (Cucchi et al, 1997, p.86) (Garreles et al, 1965, p. 63) (Allison, 2002, P. 272) الي ان معدلات الاذابة في الصخور الجيرية تتوقف علي العمق الذي تستطيع ان تنفذ اليه المياه الي داخل مسام الصخور.

وقد وجدت كثير من الادلة علي نشاط هذه العملية داخل الأنفاق مثل انتشار رواسب الترافرتين علي جوانبها ، والتي تدل علي توالي عملية الإذابة الناتجة عن توالي عملية التسرب والتي تزيد من ترسب كربونات الكالسيوم في أشكال مختلفة ، وكذلك كثرة الحفر والثقوب علي جوانب وأسقف الأنفاق ، وقد اشارت دراسة (حسن ، ١٩٩٧ ، ص ٩) و (سالم ، ٢٠١٢ ، ص ٢٣) الي ان زيادة نسبة الشوائب في صخور الحجر الجيري تقلل من حدة عملية الإذابة والعكس .

وهناك تأثير واضح لعمليات اخري في تشكيل هذه الظاهرة وتتمثل في اتحاد الماء مع بعض العناصر المعدنية المكونة للحجر الجيري ، والذي يعد من أكثر الصخور قابلية للتميؤ، ومن ثم يضعف الصخر وتتسع وتعمق وتتهار الانفاق، وتزيد من هذه العملية المياه التي تتسرب في الطبقة السطحية من الرواسب حول مداخل الانفاق، والتي غالبا ما تكون غنية بالمواد العضوية.

كما أن لإذابة الصخور في المياه المحملة بثاني اكسيد الكربون ، حيث تكتسب كمية منه تزيد على خمسة عشر مثلا من الكمية التي تمتصها مياه الأمطار من الغلاف الجوي (Ford,2007,P.232)، كما كان لفقير الغطاء النباتي والرعي والتحطيب في منطقة الدراسة دور مهم في زيادة حامضية مياه الامطار ، ومن ثم زيادة تأثيرها الكيميائي في تحلل واذابة الصخور الجيرية ، هذا وقد اكد كل من (حسن، ١٩٩٦، ص٢٤٧-٢٧٩) و (Allison, 2002, p.275) أن سرعة التحلل الكارستي تتباين حسب النطاقات المناخية، حيث تختلف من نطاق مناخي الى آخر على سطح الارض ، نتيجة تباين حدة تأثير معدلات عناصر المناخ (وخاصة المطر).

هذا وقد تأكد من الدراسة الميدانية أن دور هذه العملية ما زال مستمرا منذ نشأة الانفاق، وساعدها علي ذلك زيادة معدلات التسرب ومن ثم زيادة عمق الأنفاق وبالتالي تطورها تجاه مرحلة الشيخوخة ، ومن ثم الانهيار ، بالإضافة الي نشاط عملية الاكسدة داخل الانفاق والتي قد تؤدي الي تحول المعادن إلي اكاسيدها، وهي عملية من شأنها اتمام عمليات التوسيع والتعميق داخل الانفاق، وفي النهاية تتعرض الاجزاء القريبة من مداخل الأنفاق والتي تتميز بانحدارها المتوسط نسبيا لعمليات النحت التي تتوقف حدها علي كمية وسرعة المياه في الانفاق اثناء سقوط المطر ، وينتج عنها العديد من الظواهر الجيومورفولوجية الدقيقة ، كما تحدث عملية نقل ما ينتج عن العمليات السابقة علي قاع الأنفاق ، إلا انها تتم بشكل سريع في الأجزاء الأكثر انحدارا ، خاصة في الاجزاء الوسطي من الانفاق ، وتختلف هذه الانفاق عن المجاري المائية المكشوفة في ارتفاع وزيادة احجام الرواسب المنقولة وقلة استدارتها ، نتيجة لقصر المسافة التي تنقل عبرها.

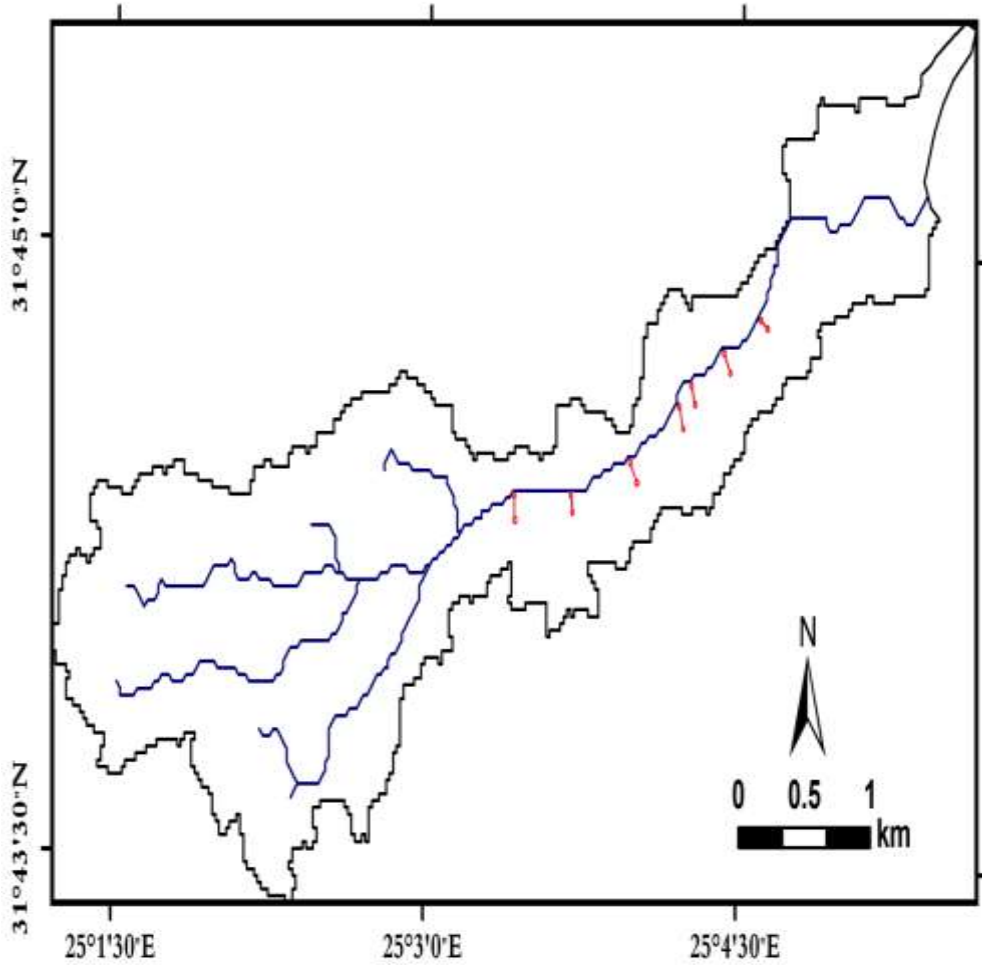
كما يحدث في الأجزاء الوسطي والقريبة من المخارج والتي تتميز بقله انحدارها، عملية ارساب تتوقف حدتها علي سرعة الجريان المائي وكمية الرواسب المنقولة الي المداخل، والتي ينتج عنها العديد من الظواهر الجيومورفولوجية مثل المصيطبات ، والتويتراوح ارتفاعها بين ٣٠-٥٠ سم فوق ارضية الانفاق ، واغلب هذه الرواسب جلبتها مياه الأمطار من الاراضي المحيطة بالمداخل ، ومخلفات عملية الاذابة .

وفي النهاية تقوم المياه بعملها الميكانيكي والكيميائي في تقويض جوانب الانفاق ونحت القاعفي محاولة للوصول إلي حالة الاتزان علي القطاع الطولي للأنفاق .

ثالثا : توزيع الأنفاق: يتضمن الدراسة الميدانية ارتباط مواضع الانفاق الكارستية بطبقات من صخور الحجر الجيري ذات القابلية العالية لعملية الإذابة الكارستية، والتي تكثر بها الشقوق والفواصل ، وهذا ما اكده (Embabi, 2004 , p .13) (Cook et al ., 1993) (p 85) حيث تمثل هذه الخصائص بيئة مثالية لتكوين ظواهر كارستية في ظل مناخ قديم رطب.

كما تأكد للباحث أن توزيع الأنفاق أقرب إلي الانتظامية ، حيث تتركز في مواضع محددة توفرت فيها ظروف مناسبة لتكوينها (وسط حوض وادي شماس) ، حيث انها تمثل سفوحا مواجهة للرياح الغربية والتي تكثر عليها الامطار، شكل (٩) .

شكل (٩) توزيع الانفاق في منطقة الدراسة

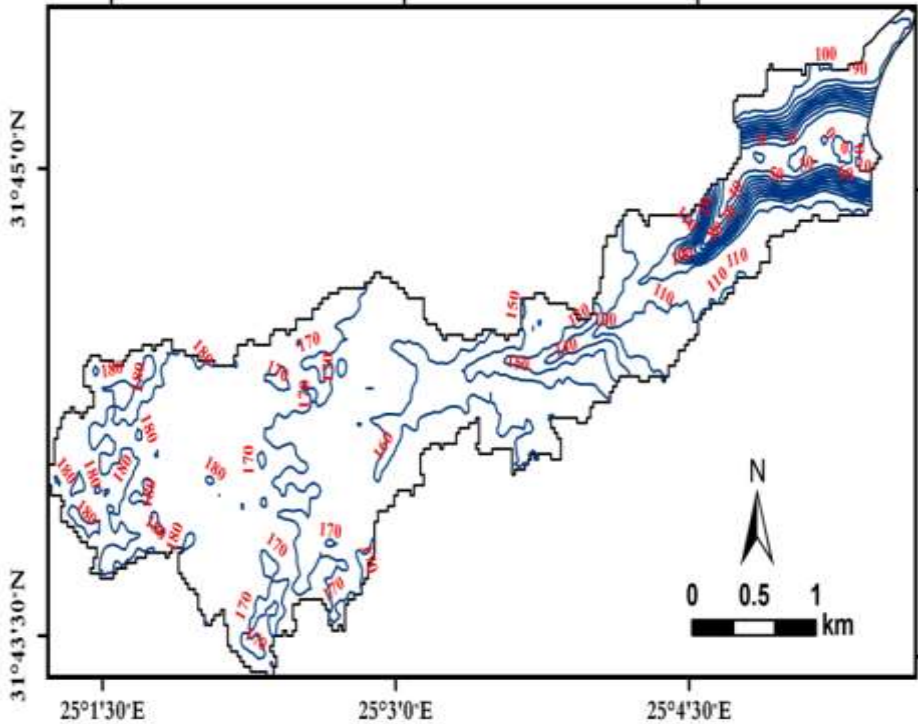


المصدر / الدراسة الميدانية

- تأثير طبيعة السطح علي توزيع الانفاق:

يتضح من شكل (١٠ ، ١١ ، ١٢) ان مداخل الأنفاق لا ترتبط بمنسوب معين بل إنها توجد علي مناسيب مختلفة تتراوح بين ٢-٤ متر فوق منسوب قاع وادي شماس الرئيسي، الذي يعد مستوي قاعدة محلي لصرف مياه الانفاق .

شكل (١٠) الخريطة الكنتورية لمنطقة الدراسة

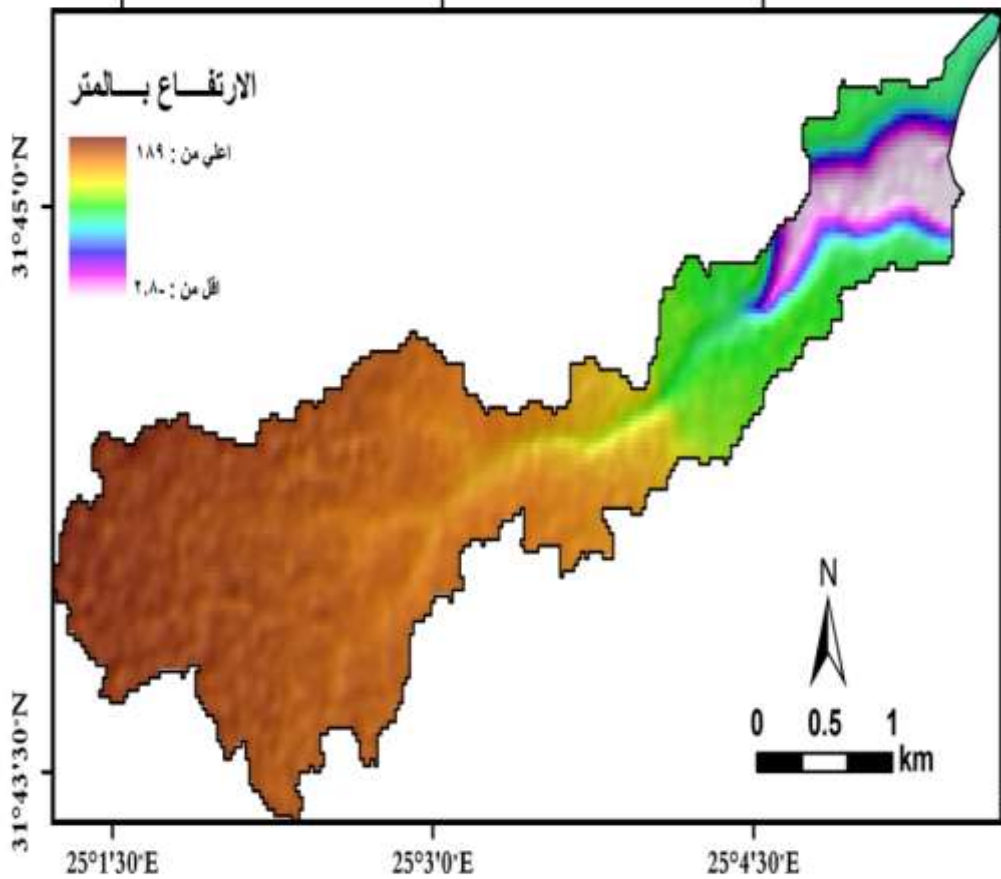


كما لوحظ ان المداخل تقع علي فئة المنحدرات الخفيفة والمتوسطة، والتي ساعدت علي عدم جريان المياه السطحية فوقها ، ومن ثم تسربت مكونة حفرا كارستية ، نتيجة لزيادة معدلات الإذابة السطحية والمتعمقة ومن ثم تطورت الي الانفاق .

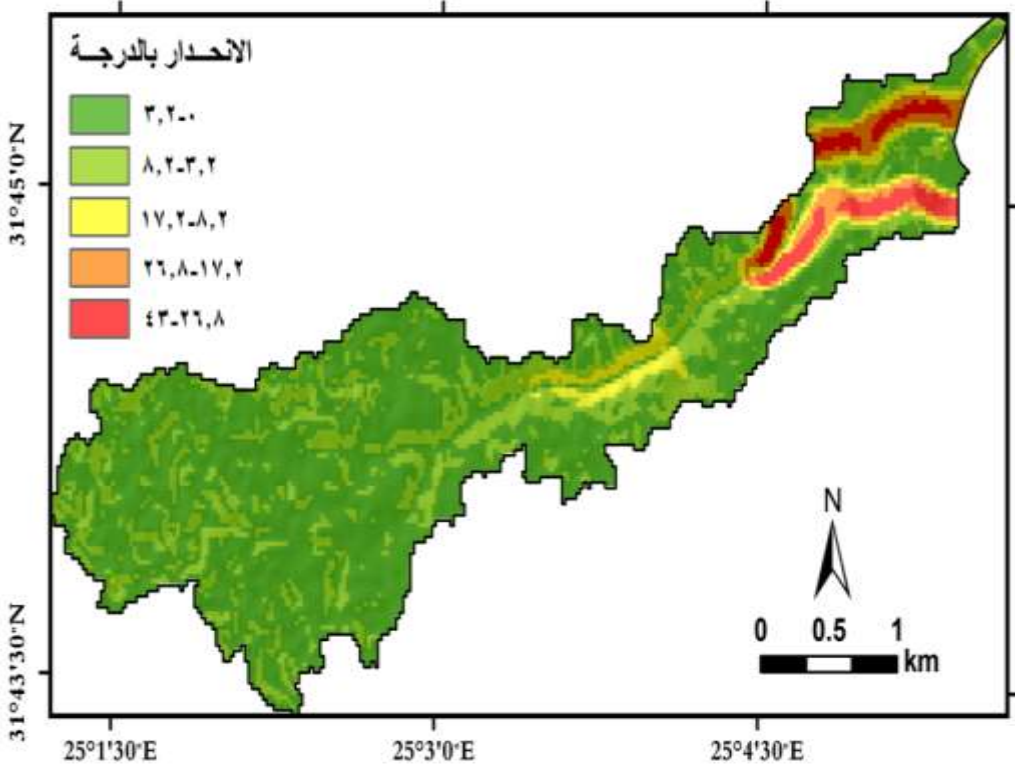
ويتضح أن المداخل (١، ٣، ٥) تقع علي مناسيب أقل من ٣ متر ، أما المداخل (٢، ٤، ٦، ٧) فتقع علي مناسيب أقل من ٥ مترا ، اما المخارج فيتباين مناسيبها بين

٠,٥، ٠,٥- متر (قاع وادي شماس الرئيسي منسوب صفر)، وبذلك يمثل قاع الوادي مستوي قاعدة محلي للأنفاق لتصريف مياهها في فصل الشتاء.

شكل (١١) نموذج الارتفاع الرقمي لمنطقة الدراسة



شكل (١٢) درجات انحدار سطح منطقة الدراسة



٢_ تأثير التكوينات الجيولوجية علي توزيع الانفاق: يتضح من شكل (٢، ٩) ان الانفاق الكارستية في منطقة الدراسة تشكلت في تكوين الجيوبوالفاندية وتميزا باحتوائهما علي صخور الحجر الجيري الأيوسيني ، وكذلك بالمسامية العالية والنفاذية المنخفضة Industrial (ResearchCenter , 1977, P.123) ، مما يسمح بحجز كميات كبيرة من المياه ، فتزداد عملية الإذابة ، ومن ثم تتشكل الانفاق ، وهذا يتفق مع ما اشار اليه ، (White , 1988, p.305) و(Trudgill , 1985, p.17).

٣_ تأثير البنية الجيولوجية علي توزيع الانفاق : اشار(عودة، ١٩٨٤، ص٥) الي ان مياه الامطار تستطيع التسرب في مسام الصخور وخلال الشقوق وسطوح الانفصال الطبقي وتتجمع لتكون بعضا من ظاهرات الكارست والتي تعد الانفاق واحداً منها ، ويتضح من شكل

(٩و٣) أن الفواصل والشقوق قد أثرت علي اتجاهات محاور مداخل الأنفاق ، حيث انها كانت تمثل مجالات يتم تسرب المياه عبرها ، فتكونت الحفر ثم الكهوف وأخيرا الأنفاق .

رابعا: **الخصائص المورفومترية للانفاق**: تفيد دراسة الخصائص المورفومترية للانفاق في معرفة حدة وطبيعة عوامل وعمليات تشكيلها وتتمثل في :

١_ **الخصائص المورفومترية للمداخل** : تتباين مداخل الأنفاق في خصائصها المورفومترية حيث يتراوح اتساعها بين ١,٥- ٣,٥ متر ، اما العمق فيتراوح بين ٣-٧ امتار، جدول (٢)

جدول (٢) الخصائص المورفومترية للمداخل المصدر / من عمل الباحث اعتمادا علي الدراسة الميدانية .

المدخل	الاتساع متر	العمق متر
١	١,٢	٣
٢	٢,٤	٣,٤
٣	١,٥	٦,٥
٤	٢	٧
٥	٣,٥	٥,٥
٦	١,٨	٤,٣
٧	٣	٣,٥

ويتضح من جدول (٢) ان المداخل العميقة تتركز في تكوين الجيوب المنكون من صخور الحجر الجيري عالي النفاذية ، مما يسمح بتسرب كميات كبيرة من المياه إلي أعماق كبيرة فتحدث الإذابة ، كما هي الحال في المداخل (٣، ٤، ٥، ٦) بينما تكونت المداخل الأقل عمقا في تكوين الفائدية المنكون من صخور الحجر الجيري عالية المسامية ومنخفضة النفاذية ، مما يسمح بجر المياه علي السطح والذي يسمح بتوفير الوقت المناسب لحدوث عملية الإذابة السطحية ، ومن ثم الإذابة تحت السطحية ، كما هي الحال في المداخل (١، ٢، ٧)

٢_ **الخصائص المورفومترية للمخارج**: تتباين مخارج الانفاق في خصائصها المورفومترية ، حيث يتراوح اتساعها بين ٢-٣,٥ مترا ، أما الارتفاع فيتراوح بين ١,٧٠ - ٣ متر فوق منسوب قاع الانفاق، جدول (٣)

جدول (٣) الخصائص المورفولوجية للمخارج المصدر/ من عمل الباحث اعتماد علي الدراسة الميدانية

الارتفاع متر	الاتساع متر	المخرج
١,٩٠	٢,٣٨	١
٢,٥٠	٣	٢
٢,٠٠	٢,٨٠	٣
٣,٠٠	٢,٥٠	٤
٢,٠٠	٢,٦٠	٥
١,٧٠	٢,٠٠	٦
٢,٢٠	٣,٣٠	٧

٣_ الخصائص المورفومترية للأنفاق : تتباين الخصائص المورفومترية للأنفاق ، جدول

(٤) حيث تتراوح أطوالها بين ٤٥-٨٥ مترا ، واتساعها فيتراوح بين ٢-٣,٥ مترا ، بينما يتراوح ارتفاعها بين ٢-٣ مترا ، كما تتراوح انحداراتها بين ٢-٤ سم / متر ، وزاوية انحدار جوانبها بين ٧٩^٥ - ٩٠^٥

جدول (٤) الخصائص المورفومترية للأنفاق

متوسط الارتفاع م	متوسط الاتساع (العرض) م	الطول م	الأنفاق
٢,١٠	٢,٣٠	٥٥	١
٢,٦٠	٢,٨٠	٧٥	٢
٢,٢٠	٢,٢٠	٥٩	٣
٣	٣	٨٥	٤
٢,٢٥	٢,٦٠	٦٥	٥
٢,٠٠	٢	٤٥	٦
٢,٨٠	٣	٨٠	٧

المصدر/ من عمل الباحث اعتماد علي الدراسة الميدانية .

خامسا: الخصائص الشكلية للانفاق: نتيجة لاختلاف الخصائص المورفولوجية للمداخل والمخارج والأنفاق تختلف اشكالها من نفق الي اخر وتتمثل في:

ا_ أشكال المداخل : تعددت أشكال المداخل حسب شكل المسقط الرأسي ، جدول (٥)

جدول (٥) الخصائص الشكلية للمداخل

الشكل	المداخل
دائري	١
بيضاوي	٢
مستطيل	٣
بيضاوي	٤
مستطيل	٥
مستطيل	٦
بيضاوي	٧

المصدر/ من عمل الباحث اعتماد عل معامل الشكل (ابو راضي ، ٢٠٠٥، ص ٢٥٧)

ويتضح من جدول (٥) أن الشكل السائد لمداخل الأنفاق هو الشكل البيضاوي والمستطيل ، وسيادة هذا الشكل يشير إلي أثر البنية الخطية المتوازية ، اما الشكل الدائري فهو نتيجة لأثر البنية الخطية المتقاطعة (الصدوع و الفواصل والشقوق) في نشأتها وتشكيلها ، ويمكن تصنيف مداخل الأنفاق الي فئات تبعاً لشكل المسقط الرأسي ، صورة (١ : ٤) ، جدول (٦).

جدول (٦) فئات اشكال المداخل

فئات	التكرار (العدد)	%
بيضاوي	٣	٤٢
مستطيل	٢	٢٨
دائري	١	١٤
مربع	١	١٤
الجملة	٧	١٠٠

المصدر/ من عمل الباحث اعتمادا علي جدول (٥)

ويتضح من جدول (٦) ان الشكل البيضاوي يستحوذ علي ٤٢% بينما يستحوذ

الشكل المستطيل علي ٢٨% اما الشكلين الدائري والمربع فيستحوذا علي ١٤% لكل منهما من مجموع نسبة اشكالها .

٢_ أشكال المخارج : تختلف أشكال مخارج الأنفاق حسب تصنيفها تبعا لشكل المسقط الأفقي ، صورة (٥ : ١١) ، جدول (٧)

جدول (٧) الخصائص الشكلية للمخارج

الشكل	المداخل
بيضاوي	١
دائري	٢
بيضاوي	٣
بيضاوي	٤
مستطيل	٥
بيضاوي	٦
دائري	٧

المصدر / من عمل الباحث اعتمادا على معامل الشكل (ابو راضي ، ٢٠٠٥ ، ص ٢٥٧)

ويتضح من جدول (٧) أن الشكل السائد لمخارج الانفاق هو الشكل البيضاوي ، ويمكن تحديد فئات الشكل للمخارج جدول (٨).

جدول (٨) فئات اشكال المخارج

فئات	التكرار (العدد)	%
بيضاوي	٤	٥٦
مستطيل	١	١٤
دائري	٢	٢٨
الجملة	٧	١٠٠

المصدر/ من عمل الباحث اعتمادا على جدول (٧)

ويتضح من جدول (٨) ان الشكل البيضاوي للمخارج يستحوذ على أكثر من النصف، حيث يمثل ٥٦% ، ثم يأتي الشكل الدائري في المرتبة الثانية ويمثل ٢٨% ، بينما يستحوذ الشكل المستطيل علي ١٤% من نسبة اشكالها .



صورة (٢) مدخل النفق (٢)



صورة (١) مدخل النفق (١)



صورة (٤) مدخل النفق (٤)



صورة (٣) مدخل النفق (٣)



صورة (٦) مخرج النفق (٢)

صورة (٥) مخرج النفق (١)



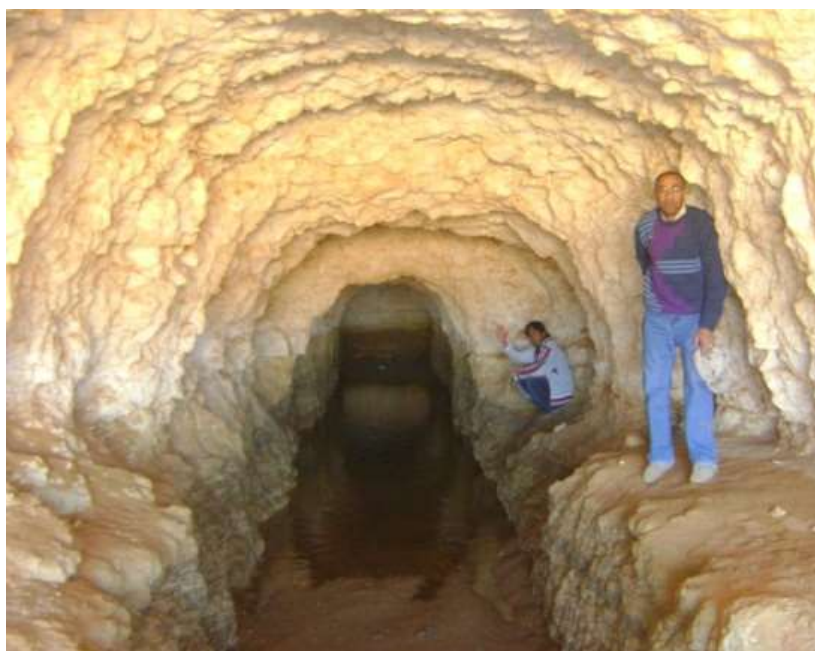
صورة (٨) مخرج النفق (٤)

صورة (٧) مخرج النفق (٣)



صورة (١٠) مخرج النفق (٦)

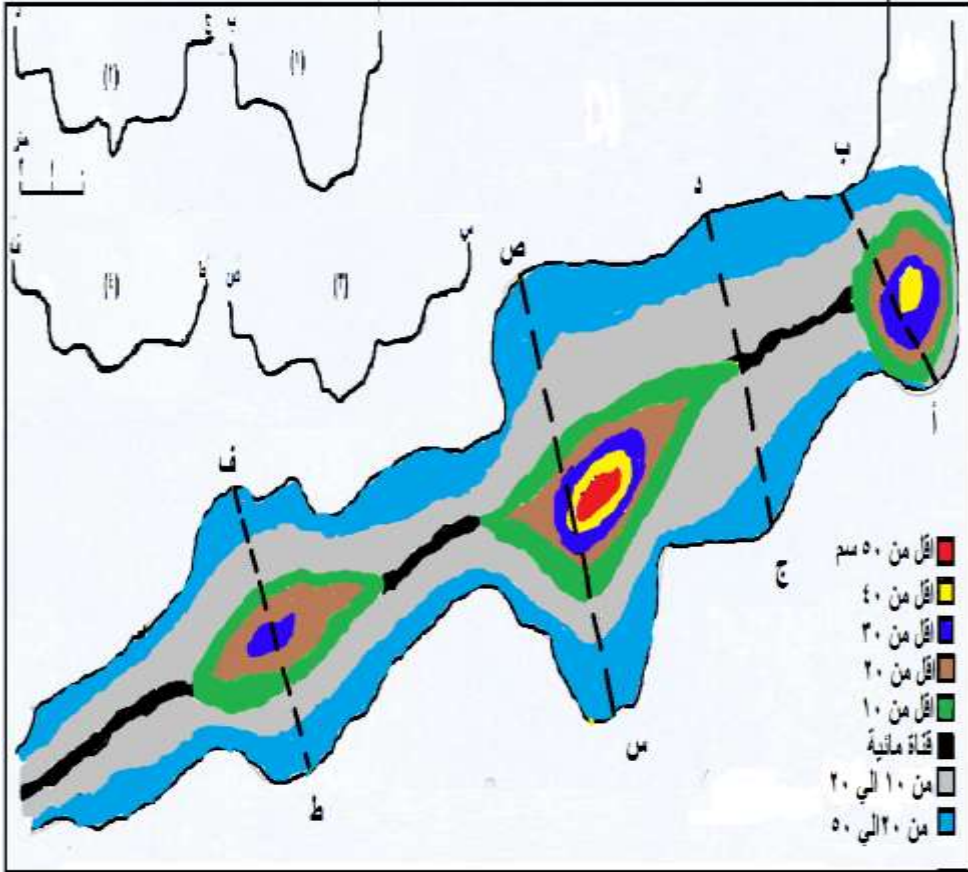
صورة (٩) مخرج النفق (٥)



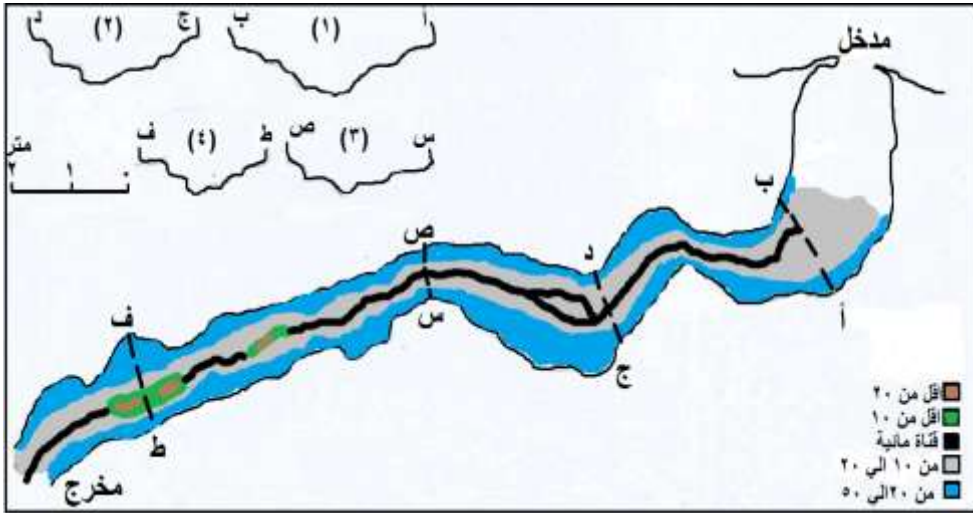
صورة (١١) مخرج النفق (٧)

٣_ أشكال الأنفاق : تختلف الانفاق في أشكالها حسب طبيعة القاع و الجوانب والأسقف ، ويمكن الاستدلال علي خصائص القاع من الخريطة المورفولوجية، والقطاعات العرضية لها، ومنها يتضح ان قيعان الأنفاق مخرسة بين ارتفاع وانخفاض، شكل (١٣-أ-ب-ج-د-هـ) ، وتبدو الجوانب قائمة او مقعرة ، اما الاسقف فتبدو مستوية او محدبة، صورة (١٢، ١٣).

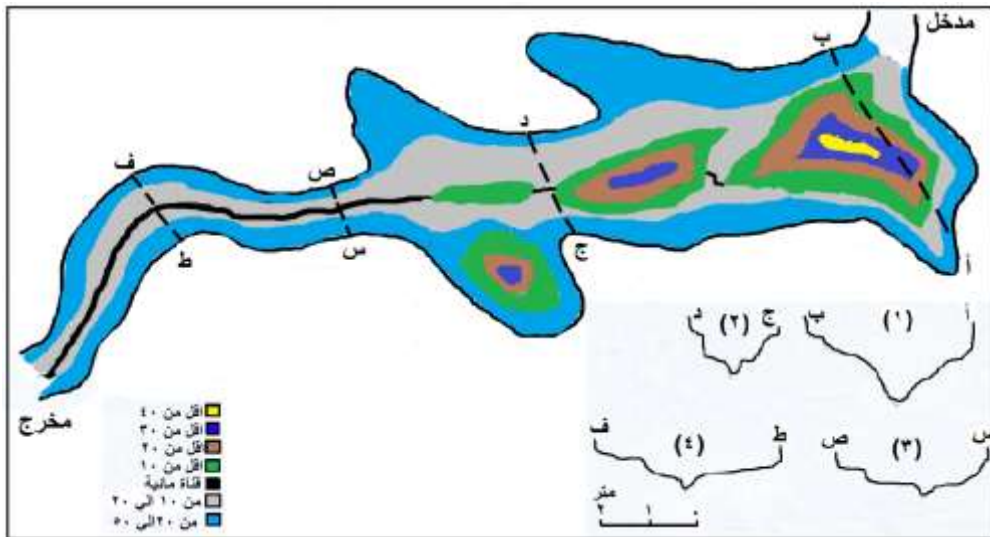
شكل (١٣_أ) مورفولوجية القاع والقطاعات العرضية في النفق (١)



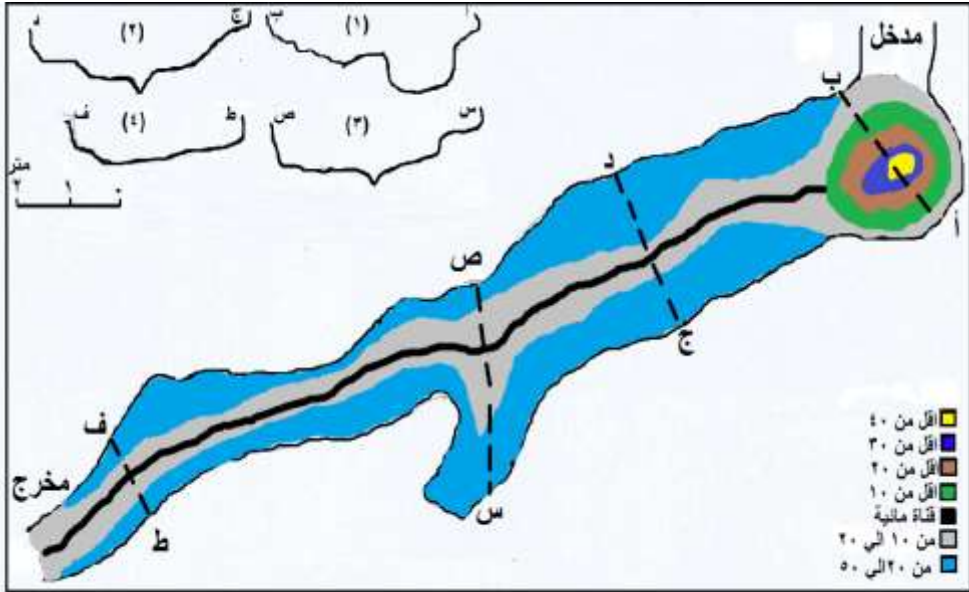
شكل (١٣_ب) مورفولوجية القاع والقطاعات العرضية في النفق (٢)



شكل (١٣_ج) مورفولوجية القاع والقطاعات العرضية في النفق (٣)



شكل (١٣_د) مورفولوجية القاع والقطاعات العرضية في النفق (٥)



(لم يتمكن الباحث من رسم خريطة مورفولوجية للنفق (٤ ، ٧) نظرا لامتلائهما بالماء)

شكل (١٣_هـ) مورفولوجية القاع والقطاعات العرضية في النفق (٦)



سادسا: **الظواهر الجيومورفولوجية داخل الأنفاق**: رصدت اثناء الدراسة الميدانية الكثير من الظواهر الجيومورفولوجية الدقيقة التي توجد داخل الانفاق ، وهي ظواهر دقيقة في شكلها الا انها تتشابه مع اشكال الظواهر التي تتكون نتيجة التعرية النهرية ، ومن تحليل الخرائط الجيومورفولوجية للأنفاق ، شكل (١٤-أ-ب-ج-د-هـ) تبين وجود هذه الظواهر:

١- المصيطبات: وتظهر علي جانبي القاع في شكل ربوات ، نتيجة نحت المياه وتكون مجري مائي في الرواسب التي قد ترسبت عليه تاركة بعضها في شكل مصاطب علي الجانبين ، والذي يتراوح اتساعها بين ٣٠-٦٥ سم ، ويتراوح ارتفاعها بين ٢٠-٥٠ سم ، صورته (١٤)

٢- التشققات الطينية : لاحظها الباحث علي قيعان الأنفاق بالقرب من المخارج ، خاصة مع نهاية فصل الربيع ، نتيجة لجفاف المياه ، وتختلف في خصائصها المورفومترية وأشكالها .

٣- القنوات المائية : وهي مجاري مائية ضحلة تكونت في رواسب قيعان الانفاق ، ويتراوح اتساعها بين ١٥-٤٠ سم ، وعمقها بين ١٠-٤٠ سم ، كما انها تختلف في نمطها من مستقيمة إلي متعرجة ومضفرة ، صورة (١٥) .

٤- المنخفضات المائية: وهي عبارة عن برك مائية موسمية تظهر علي قيعان الأنفاق في شكل تجمعات مائية ضحلة بعد موسم المطر ، والتي تجف في فصل الصيف ، وتتخذ عدة أشكال (بيضاوية - مستطيلة) ، ويتراوح عمقها بين ٢٠-٥٠ سم ، وتتكون نتيجة الحركات الدوامية للمياه اثناء جريانها علي القاع ، صورة (١٦).

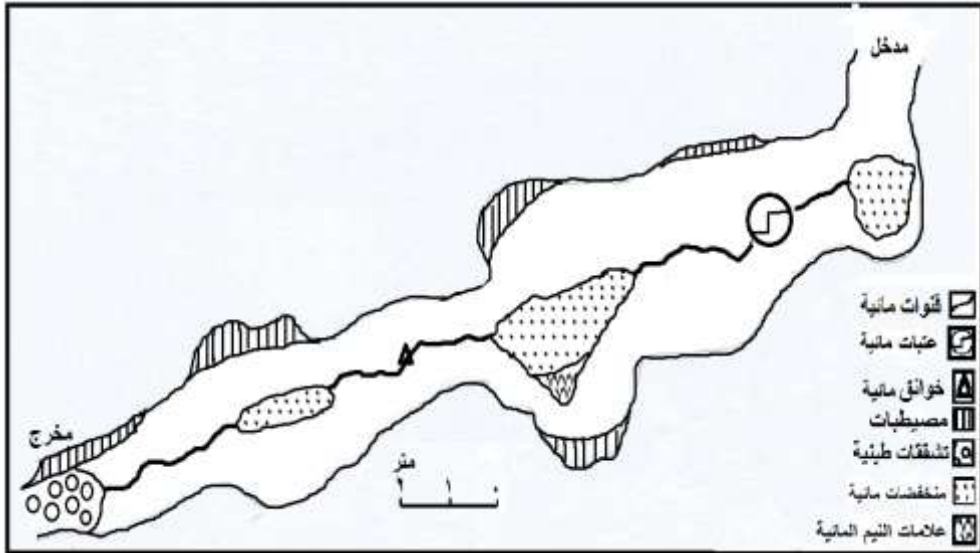
٥- الحفر والثقوب: تتركز علي جدران وأسقف الأنفاق ،نتيجة فعل الإذابة والاكسدة ،صورة (١٧)

٦- التحددات: تتركز علي جوانب الانفاق وتبدو في هيئه اشكال خطية ،صورة (١٨)
٧- الخوانق المائية: قنوات مائية ضيقة ترتبط بالشقوق الطولية التي توجد علي القاع، ويتراوح اتساعها بين ١٠-١٦سم، وتتركز في الأجزاء القريبة من المداخل، صورة (١٩)
٨- العتبات المائية: وترتبط في تركزها بمواضع التغير في الانحدار ،نتيجة اختلاف في الصلابة الصخرية ، ويتراوح فرق منسوبها بين ١٥-٢٠سم ،وتجري عليها المياه فتسقط الي المناطق المنخفضة في شكل المسقط المائي .

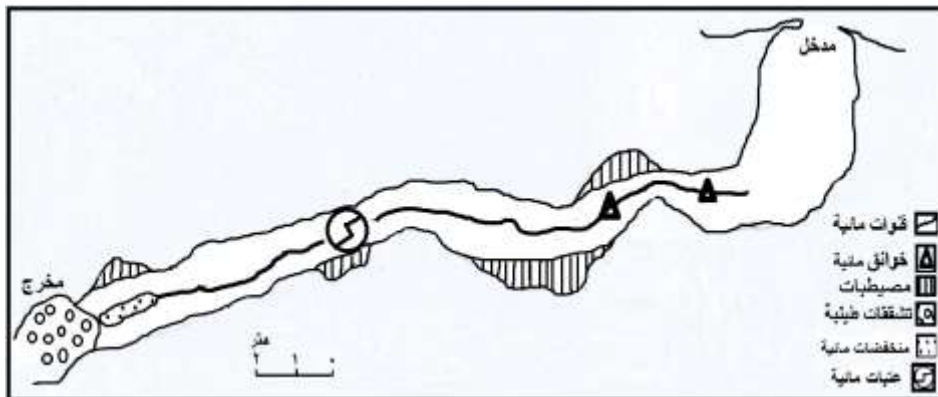
٩- علامات النيم المائية: وهي تموجات طينية تتركز بالقرب منالمخارج عند خروج المياه منها ، كما توجد حول البرك المائية في داخل الانفاق،وتبدو منتظمة في أشكالها ، صورة (٢٠).

١٠-المراوح الطينية: تظهر عند المخارج ، وتأخذ الشكلالمستطيلنظرا لطبيعة الارساب الذي يكون محدد حسب طبيعة جوانب الانفاق و تقطع سطحهاقنوات مائية، صورة (٢١).

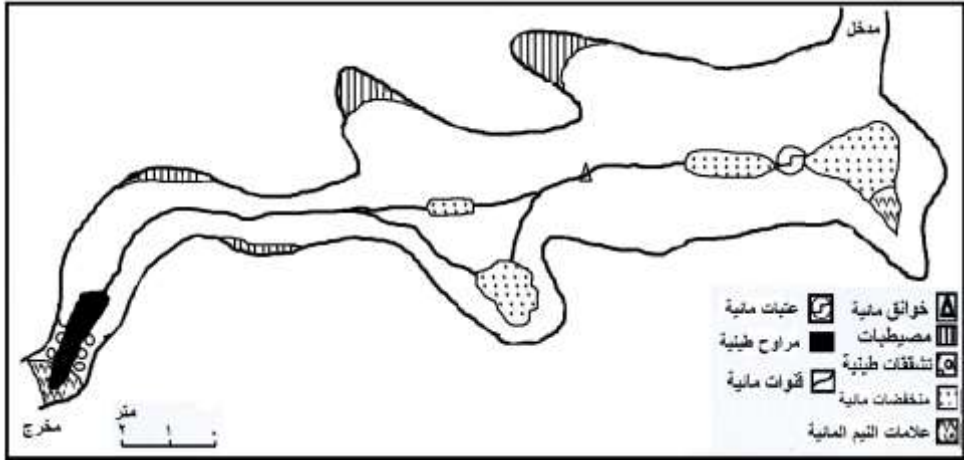
شكل (١٤-أ) جيومورفولوجية قاع النفق (١)



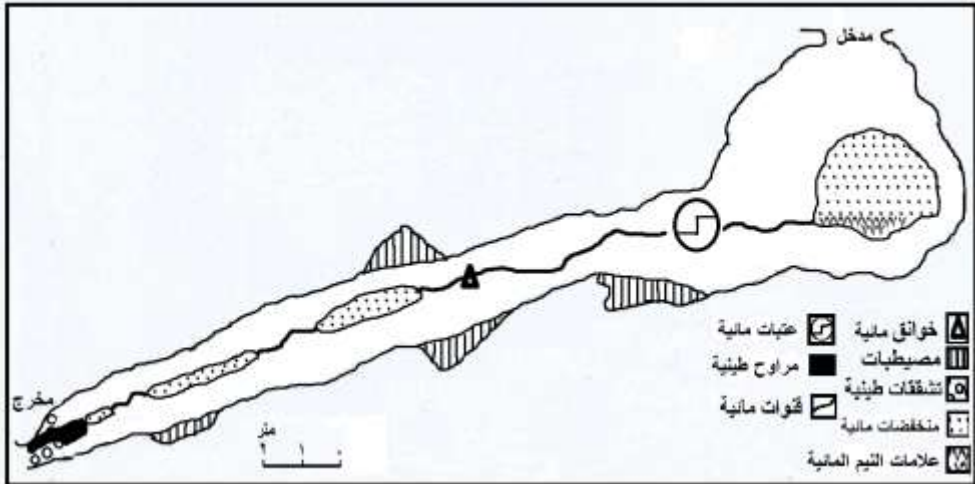
شكل (١٤-ب) جيومورفولوجية قاع النفق (٢)



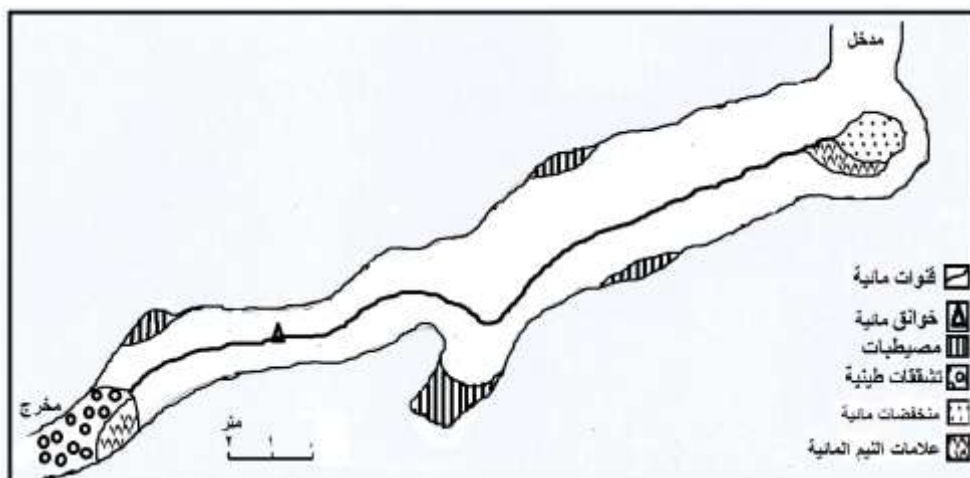
شكل (١٤-ج) جيومورفولوجية قاع النفق (٣)



شكل (١٤-د) جيومورفولوجية قاع النفق (٥)



شكل (١٤-٥) جيومورفولوجية قاع النفق (٦)



ونظرا لسيادة المظهر الطولي للأنفاق فإن الظاهرات الجيومورفولوجية التي تكونت علي قاعها تكون أكثر ارتباطا بطبيعة وخصائص العامل الهيدرولوجي الذي يتميز بأنه احادي الاتجاه ، وهذا ما أشار إليه (Lavalle, 1967 , p . 52) ،



صورة (١٥) قناة مائية بالنفق (٢)



صورة (١٤) مصيطة بالنفق (٥)



صورة (١٦) برك مائية بالنفق (٦) صورة (١٧) حفرة بسقف النفق (٤)



صورة (١٨) تخذدات علي جانب النفق (١) صورة (١٩) مجري خانقي بالنفق (٦)



صورة (٢٠) علامات نيم مائية بالنفق (٥) صورة (٢١) تقطع سطح مروحة النفق (٢)

سابعاً: نشأة وتطور الأنفاق للأنفاق: حسب كثير من الدراسات التي تناولت نشأة الظاهرات الكارستية (Sweeting, 1973, p. 155) و (Waltham et al, 1985) و (Allison, 2002 , P. 272) و (Jennings, 1985, p. 70) و (ابو راضي، ١٩٩٨، ص ٢١٣) و (شعلة، ٢٠٠٦، ص ٧) ، فنشترك مجموعة من العوامل في نشأة وتطور الانفاق الكارستية ، حيث يساهم نوع الصخر ونظامه بدور أساسي في ذلك بحيث نجد ان الصخور الجيرية هي السائدة ، والتي تتميز بضعيف المقاومة أمام عمليات التجوية بصفة خاصة ، كما انها من أشد الصخور نفاذية ، وأن المادة اللاصقة تعد من عوامل ضعفه ، والمتمثلة في الكلس والمركبات الحديدية، كما ان ظاهر التطابق في الصخور الجيرية - كما هي الحال في تكوين الفائدية - تأثر في زيادة معدلات الإذابة والتحلل .

كما تأثرت منطقة الدراسة بحركات ارضية نجم عنها مجموعة من الصدوع و الفواصل والشقوق تعامدت عند مداخل الانفاق وتتخذ اتجاه الشمال الغربي / الجنوب الشرقي ، واتجاه شرق / غرب.

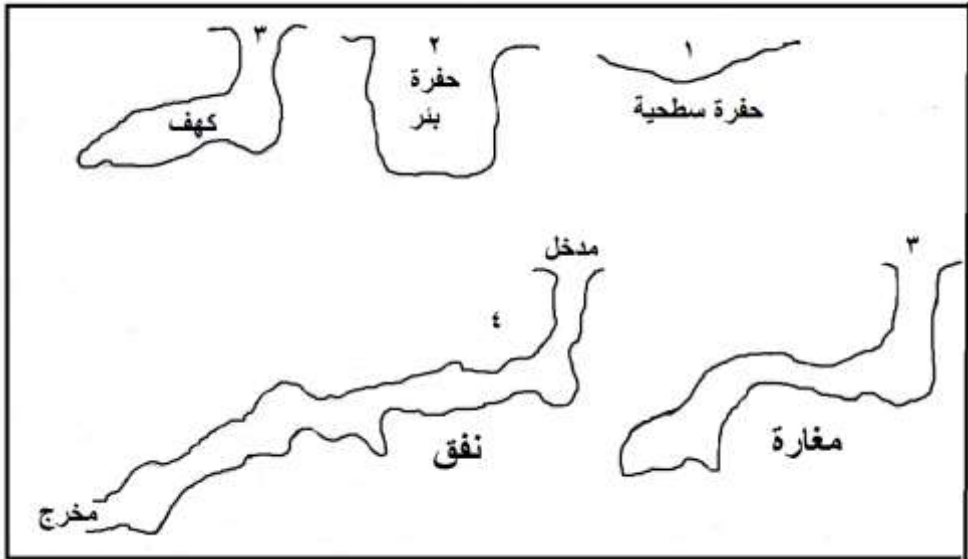
وكذلك فان النسيج الصخري يحدد النفاذية والمسامية ، حيث تعمل الأولي علي توغل المياه لمسافات كبيرة داخل الصخر ، كما هي الحال في تكوين الفائدية ، والذي يتكون من صخور الحجر الجيري عالي النفاذية ، ومن ثم تتكون الكهوف والأنفاق الكارستية ، وعلي العكس من ذلك ساعدة المسامية العالية علي عدم نفاذ المياه لمسافات كبيرة داخل الصخر، مما يسمح لحدوث عملية الإذابة السطحية وتكوين حفر الإذابة السطحية وحفر البئر والكهوف والادوية تحت السطحية والانفاق ، كما هي الحال في تكوين الجيوب الذي تكون من صخور الحجر الجيري ضعيف النفاذية .

كما يعد المناخ من المحددات المهمة التي تتحكم في العمليات الجيومورفولوجية وخاصة عملية الإذابة ، فعندما تقل درجة الحرارة في كثير من ليالي فصل الشتاء إلي بين ما ٥° و ٨° م ، والتي بدورها تعد محدد لمكونات وعناصر الماء الكربونية ، وقد اشار (سليمان ، ٢٠١٠، ص ٦) أن كمية ثاني أكسيد الكربون المحلل في الماء تكون مرتين أكبر في درجة حرارة ٠° م منه في درجة حرارة ٢٠° م ، وهذا يعني أن عملية الإذابة تكون نشطة في كثير

من ليالي فصل الشتاء ، وقد اشار (Hutchison , 1957, p. 56) الي وجود علاقة ارتباط عكسية بين درجة حرارة المياه وتركز ثاني اكسيد الكربون ، اي كلما قلة درجة حرارة المياه زادت نسبة تركز ثاني اكسيد الكربون ومن ثم تزداد عملية الازابة ، كما تتميز منطقة الدراسة بزيادة كمية الامطار قديما والتي تعد المحدد الاساسي في نشأة وتطور الانفاق الكارستية .

ومن الخصائص الجيولوجية والتضاريسية و المناخيةيرجح الباحث ان الانفاق الكارستية تكونت في عدة مراحل، شكل (١٥) هي :

- ١- ساعدت الطبيعة المنخفضة والشقوق والفواصل المتقاطعة والصخور الجيرية في تكون حفر بفعل الإذابة السطحية .
- ٢- تكون حفر البئر وهي نمط يتميز بالعمق الشديد والقطر الصغير والانحدار الحائطي للجوانبوتنتهي عند القاعدة بجوانب مجوفة .
- ٣- تكون الكهوف والتي تتطور الي مغارات.
- ٤- تكون الانفاق الكارستية عندما تخرج المياه منها اليالمجربالرئيسلوادي شماس.



شكل (١٥) رسم تخطيطي لمراحل نشأة وتطور الانفاق الكارستية في منطقة الدراسة.

ثامنا :الدورة الجيومورفولوجية للأنفاق: نتيجة للخصائص الجيولوجية والمناخية والعمليات التي تحدث داخلها فقد تطورت جيومورفولوجيا علي النحو التالي :

١- تأثرت المنطقة ابان البليستوسين لبداية عملية الإذابة الكارستية السطحية ، والتي ساعدت علي توسيع مناطق الضعف الجيولوجي ، ومن ثم تكونت حفر مرحلة الطفولة المبكرة ، ثم ازدادت عمقا وتكونت حفر البئر في نهاية مرحلة الطفولة .

٢- نتيجة لاستمرار عملية الإذابة تكونت الكهوف في مرحلة الشباب المبكرة ثم المغارات في مرحلة الشباب المتأخرة.

٣- مع استمرار عملية الإذابة زادت اطوال المغارات في مرحلة النضج.

٤- مع توالي واستمرار عملية الإذابة تكونت الأنفاق في مرحلة الشيخوخة .

ومع حلول الهولوسين بدأت عملية الإذابة تقل نتيجة سيادة ظروف الجفاف إلا أثناء فترات المطر ، وخروج الانفاق إلي مجري الوادي الرئيس يؤكد أنها أحدث عمرا من تشكيل وادي شماس، ويرجح الباحث ان تكون حفر البرقد استغرق الفترة المطيرة الاولي ، وتكون الكهوف قد استغرق الفترة المطيرة الثانية، واما تكون المغارات فقد استغرق الفترة المطيرة الثالثة ، وانفتحت المغارات (الانفاق) علي مجري الوادي في بداية الفترة المطيرة الرابعة ، وهذه الفترات المطيرة عاصرت الفترات الجليدية في وسط اوروبا (جونز - مندل - ريس - فيرم) والتي اشار اليها (جودة ، ٢٠٠٠ ، ص ٥١) ، وهذا يؤكد ان ظروف المطر قد امتدت لفترة طويلة بحيث سمحت بتكون المغارات ومن ثم الانفاق.

وبذلك تعد الأنفاق من الظواهر الجيومورفولوجية الدالة علي التغيرات البيئية في منطقة الدراسة ، حيث تطورت نتيجة تناوب من الإذابة والتحلل الكيميائي أثناء فترات المطر البلستوسيني ، وقد أشار (Hey, 1963, p.11) عند دراسته لإقليم برقة في شمال شرق ليبيا إلي وجود ركامات سفوح (رواسب شبه جليدية) تشير الي انخفاض درجات الحرارة في المتوسط علي ما يزيد عن ٦ م، اما في الهولوسين فقلت عملية الإذابة بشكل كبير قد لا تختلف عن الوضع الحالي.

تاسعا:الاهمية التطبيقية للأنفاق:تعد الانفاق من الظواهر النادرة في الوطن العربي ، وقد يمكن استغلالها في بعض الجوانب التطبيقية والتي تتمثل في :

- ١- تعد قيعان بعض الاودية بيئات مثالية للترسيب ، حيث يتكون سمك من الرواسب يصل الي ٥٠ سم ، ويتم استخراجها وفرشها في مواضع منخفضة يعتمد عليها في زراعة القمح والشعير والخضراوات، صورة (٢٢ ، ٢٣).
- ٢- تستخدم بعض مخارج الانفاق المرتفعة المنسوب في السكن ، صورة (٢٤)
- ٣- يستخدمها السكان في تخزين مياه الامطار للشرب والاستخدامات المنزلية وسقاية الحيوانات ، كما فعل اليونانيون ، صورة (٢٥)
- ٤- استخدمها الايطاليون كسجون بعد سد مخارجها بحبس الليبيين ، حيث يصعب خروجهم منها ، وهذا ما اكده كبار السن من سكان المنطقة (مقابلة شخصية مع العمدة فرج شعيب ، عميد عائلة الحبون)
- ٥- يستخدم الاهالي بعضها موضعاً للراحة وتناول الطعام اثناء التنزه ، والبعض الاخر كحظائر للأغنام والماعز .



صورة (٢٢) استخراج الرواسب من النفق (٤) صورة (٢٣) استخراج الرواسب من النفق (٣)



صورة (٢٤) نفق تحول الي مسكن صورة (٢٥) مخرج حوله اليونانيون الي مخزن للمياه

نتائج الدراسة : تغطي منطقة الدراسة تكوينات تنتمي للزمن الثالث والرابع وتتمثل في صخور الحجر الجيري ، وأثرت ظروف المناخ القديم خاصة الفترات المطيرة التي حدثت في الزمن الرابع في تكوينها ، وتتميز الانفاق بان جميعها تأخذ اتجاها واحدا بصفة عامة من الشرق الي الغرب ، وتتوافق مداخلها مع اتجاه الفواصل والشقوق وتفتح خارجها علي المجري الرئيس لوادي شماس ، كما تتميز بانها احادية المدخل والمخرج (النمط البسيط) ، وتختلف في خصائصها المورفومترية والشكلية ، وتتعدد الظاهرات الجيومورفولوجية داخلها، وتتم الظاهرة في نشأتها بعدة مراحل هي الحفرة ، والكهف ، والمغارة، ثم النفق ، كما تؤكد انها تمثل اشكالا كارستية غير نشطة (متبقية عن ظروف مناخ رطب قديم) .

خاتمة :

توصلت الدراسة الي ان روافد وادي شماس متعددة النشأة و قد تم تصنيفها الي ثلاثة انماط هي:

- ١- روافد البنية الجيولوجية والتي تكونت عبر الشقوق والفواصل .
 - ٢- روافد كارستية والتي تكونت نتيجة انهيار الانفاق الكارستية(وادي منبعث).
 - ٣- روافد النحت المائي والتي تكونت بفعل التعرية المائية.
- ويقترح الباحث ضرورة اعلان هذه المنطقة محمية طبيعية علمية وسياحية ، حيث انها تمثل نموذجا جيومورفولوجيا كارستيا فريدا علي مستوي الوطن العربي .

المصادر والمراجع

أولا : المراجع باللغة العربية :-

- ١- ابو راضى ، فتحى عبد العزيز ، ١٩٩٨ ، الاصول العامة للجيومورفولوجيا ، ج ٢ ، دار المعرفة الجامعة ، الاسكندرية.
- ٢- ----- ، ٢٠٠٥ ، التوزيعات المكانية ، دار المعرفة الجامعية ، الاسكندرية.
- ٣- جودة ، جودة حسنين ، ١٩٧٥ ، أبحاث فجيومورفولوجية الارض الليبية ، ج ٢ ، منشورات جامعة بنغازى ، ليبيا .
- ٤- ----- ، ٢٠٠٠ ، الجغرافية الطبيعية للزمن الرابع ، منشاة المعارف ، الإسكندرية .
- ٥- حسن، محمد قائد شوكت حاج ، ١٩٩٦ ، اسس الجيومورفولوجيا المناخية ، جامعة دمشق
- ٦- ----- ، ١٩٩٧ ، الخصائص الهيدروكيميائية ودراسة التحلل الكارستى ، نشرة دورية تصدرها الجمعية الجغرافية السعودية ، العدد ٢٦ ، الرياض.
- ٧- سالم ، نصر الدين محمود ، ٢٠١٢ ، جيومورفولوجية الحفر الكارستية الدقيقة فيما بين درنة والاثرون بالجبل الاخضر - ليبيا ، مجلة كلية التربية جامعة كفر الشيخ ، العدد ٦ .
- ٨- سليمان ، محمد فؤاد ، ٢٠١٠ ، جيومورفولوجية بعض الحفر الكارستية في المنطقة الممتدة بين قرنتي رأس الهلال وبطة بالجبل الاخضر ، شمال شرق الجماهيرية الليبية ، مجلة كلية الآداب ، جامعة طنطا ، المجلد الثاني ، العدد ٢٣
- ٩- شعلة ، ماجد محمد ، ٢٠٠٦ ، مورفولوجية حفر الانهيار الغائرة بسياج القوسين ، بالمملكة العربية السعودية ، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية ، العدد ٣٠٩ .
- ١٠- عودة ، سميح أحمد ، ١٩٨٤ ، جيومورفولوجية الهوائى الجبل الأخضر بليبيا ، الجمعية الجغرافية الكويتية ، العدد ٦٣ ، الكويت .
- ١١- مصطفى ، اشرف ابو الفتوح ، ٢٠١٣ ، جيومورفولوجية كهف وادي الطالعة القبلية بهضبة المعازة ، المجلة الجغرافية العربية ، العدد ٦١ ، ج ١ ، القاهرة.

ثانياً: المراجع باللغة الأجنبية

- (1) Allison, R .J., 2002 , Applied geomorphology , John Wiley and Sons , London .
- (2) Balazs,D,1973, Relief types at Tropical Karst Areas in Symposium on karst morphogenesis , In Tnl . Geogr. Union, Hungary.
- (3) Cooke, R.,Warren, A., and Goudie, A., 1993, Desert Geomorphology, Clays Limited, England .
- (4) Cucchi, F., Forti, F., and Marinetti, 1997, Surface degradation of carbonate rocks in the karst of Trieste (Classical Karst, Italy) fieldtrip guide, meeting, fourth international conference on geomorphology, 38, Trieste .
- (5) Embabi ,N, 2004 , Caves in Egypt, Bull., Soc., Geog., D EGYPT, Vol. LXXV11.
- (6) Ford, D. and Williams , P., 1989, Karst Geomorphology and Hydrology . Union Hyman Ltd., London .
- (7) Ford, D.,P.,2007 ,Karst hydrogeology and geomorphology : John Wiley and Sons , London.
- (8) Garreles, R.M. and Christ , G.L., 1965, Solutions, Minerals and Equilibrium , London .
- (9) Hey, R.W,1968, The geomorphology of the Jebel AL–Akhdar and adyoining Areas , petroleum Soc. Of Libya 10th Annual field Canf. ,Tripolis
- (10) Industrial ResearchCenter , 1977, Geological map of Libya , 1 : 20000 , Sheet No.34–13, Al Bardia , Tripolis,
- (11) Jennings , J. N., 1985. Karst geomorphology, Basil Black well Inc., U.S.A., New York.

- (12) Lavalle, P.,1967, Some aspects of linear karst depression development in South Central Kentucky . Ann. Ass. Am. Geogr. Vol. 57.
- (13) Monroe, W.H., 1976, The Karst Landforms of Puerto Rico. U.S., Geological Survey , New York .
- (14) Rohlich , P.,1974, Geological map of Libya, sheet Al Bardia. explanatory booklet .
- (15) Sissokaa, K.V ,and AL- Mousawi, H., 2007, Karstification and related problems , examples from Iraqi Bulletin of Geology and mining , Vol. 3.
- (16) Sweeting , M.M., 1973, Karst Landforms , New York .
- (17) Tradgill, S., and Atkinson, T.C., 1975, The solution of limestone beneath of Soil Cover, In Karst geomorphology and hydrology , London .
- (18) Trudgill, S., 1985, Limestone geomorphology. New York.
- (19) -----, 1986, Salute processes: John Wiley and Sons, London .
- (20) Waltham, A., Brawn, R., and Middleton, C., 1985, Karst and caves in the Jabal AL-Akhdar, Oman. cave science, Vol.12, No.3 (Sept.1985) , Bridgewater, U.K (Brit. Cave Res Assac).
- (21) White, W.B., 1988, Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains. Oxford university press, Oxford.
- (22) Williams,P.W.,1966, Morphometric analysis of temperate Karst landforms, Irish Speleol.

المخلص

يهدف البحث الي ابراز العلاقة بين خصائص الصخر ونظامه وطبيعة عمليات تشكيل الانفاق الكارستية، ولتحقيق ذلك فقد تم دراسة الخصائص الطبيعية للمنطقة وتحليل الخصائص المورفومترية والمورفولوجية للأنفاق لمعرفة العمليات الجيومورفولوجية بها، بالإضافة الي دراسة الظاهرات الجيومورفولوجية التي تتكون داخلها وكذلك التوزيع المكاني للظاهرة ، ثم معرفة نشأتها وتطورها في المنطقة والعمليات الجيومورفولوجية المشكلة لها ودورها الجيومورفولوجية واهميتها التطبيقية.

واعتمد البحث على عدة مناهج تقوم علي اسلوب الوصف التحليلي والكمي لدراسة عناصر الظاهرة والمتغيرات ذات الصلة بموضوع الدراسة ، وخلصت الدراسة بعدد من النتائج والتوصيات التي تساعد متخذي القرار في استثمار منطقة الدراسة سياحيا.

Abstract

This research aims at highlighting the relationship between the characteristics of boulder and its system and the nature of the operations of forming karstic tunnels. To achieve this goal, the natural features of this region have been studied and the morphometric as well as the morphological traits of these tunnels have been analyzed to find out the geomorphologic operations in it in addition to studying the geomorphologic phenomena that are formed inside them and the spatial distribution of the phenomenon as well. The analysis also has attempted to reveal how they originated and developed in this region and to discover the geomorphologic operations that formulated them and their geomorphologic cycle and their applicative importance.

The research has made use of several approaches that rely on analytic and quantitative description to study the elements of the phenomenon and the changes that are relevant to the topic of the study. The study ends up with a number of results and recommendations that can help the decision maker in the touristic investment of the region selected for this study.