



## مجلة جامعة دمشق للآداب والعلوم الإنسانية

اسم المقال: كهف عريقة (دراسة جيومورفولوجية)

اسم الكاتب: د. غزوان محمد أمين سلوم

رابط ثابت: <https://political-encyclopedia.org/library/2820>

تاريخ الاسترداد: 2025/06/06 04:27 +03

الموسوعة السياسية هي مبادرة أكاديمية غير هادفة للربح، تساعد الباحثين والطلاب على الوصول واستخدام وبناء مجموعات أوسع من المحتوى العلمي العربي في مجال علم السياسة واستخدامها في الأرشيف الرقمي الموثوق به لإغناء المحتوى العربي على الإنترنت.

لمزيد من المعلومات حول الموسوعة السياسية – Encyclopedia Political، يرجى التواصل على [info@political-encyclopedia.org](mailto:info@political-encyclopedia.org)

استخدامكم لأرشيف مكتبة الموسوعة السياسية – Encyclopedia Political يعني موافقتك على شروط وأحكام الاستخدام المتاحة على الموقع <https://political-encyclopedia.org/terms-of-use>

تم الحصول على هذا المقال من موقع مجلة جامعة دمشق للآداب والعلوم الإنسانية ورفده في مكتبة الموسوعة السياسية  
مستوفياً شروط حقوق الملكية الفكرية ومتطلبات رخصة المنشاع الإبداعي التي يتضمن المقال تحتها.



## كهف عريقة<sup>□</sup> (دراسة جيومورفولوجية)

د. غزوان محمد أمين سلوم\*

### الملخص

ينتمي كهف عريقة إلى نموذج أنابيب الحمم البركانية Lava tubes، يمتد مسافة نحو (500م)، يتكون من أربع حجرات، وثلاثة ممرات متقاطعة في أبعادها بالاتجاه نحو نهايته.

الحجرات ذات سقف مقوس - مقبب، غني بالكسور والشقوق، وأرضية مستوية، وتتألف جدران الحجرات الثلاث الأولى من بطنان متعددة، كما تهال أجزاء من السقف، فلَ تدخل الإنسان تدريجياً بمظاهر الحجرات بالاتجاه نحو نهايته، لينعدم في الحجرة الرابعة.

تشير الدلائل الجيومورفولوجية والجيولوجية إلى أن الكهف نشأ كقناة حمم بركانية lava channel، ينتمي إلى نموذج أنابيب الحمم شبه المخدقة semi-trench lava tube، والأنباب الداخلية interior tubes، وأنه جزء من أنبوب أكبر تراكم على قطاع من وادي اللوى، يبلغ طوله نحو 21 كم.

يمكن تصنيف الحجرات بالأمانة جيومورفولوجياً باستثناء الرابعة منها، وتمثل المخاطر بمواضع محددة، تتوزع بين الانهيارات الصخرية، وإنهال أجزاء من السقف، وصعوبة اجتياز تلال الركام والممرات الزلقة، فضلاً عن عدم وجود إضاءة، أو ارشادات ترفع من مستوى الأمان في زيارة الكهف.

\* جامعة دمشق، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، قسم الجغرافية.

<sup>1</sup>- يعرف الكهف محلياً باسم مغارة عريقة، إلا أن حجمه الكبير، وامتداده على سوية مدخله- أي إنه لا يغور في جوف الأرض- حُمّل تصنيفه جيومورفولوجيًّا ضمن فئة الكهوف.

## Ariqa Cave (Geomorphological Study)

Dr. Ghazwan Mohammad Ameen Saloum\*\*

### Abstract

Ariqa Cave is an ancient cave that belongs to the Lava tubes, which extends about 500 meters, consisting of four chambers and three descending corridors in their dimensions towards the end.

The chambers have an arched, domed and curved ceiling with cracks, and a flat ground. Parts of the ceiling are falling apart. Man's interference in the decorations gradually decreases towards the end directions until it becomes minimal in the fourth chamber.

Geomorphological and geological evidence indicates that the cave originated as a lava channel belonging to semi-trench lava tube and internal tubes, and that it is part of a larger tube overlaying a section of Al- Leoa Valley extending at 21 Km. length.

Geomorphologically, the chambers can be categorized as safe, except for fourth chamber. Risks are varied and found in specific locations, ranging from collapsing rocks, collapse of parts of the roof, blocked passages of gravel hills and slippery pathways, as well as lack of lighting or guidance to improve the safety of the cave.

---

\*\* Damascus University, Faculty of Arts and Humanities, Department of Geography.

**مقدمة:**

تمثل كهوف أنابيب الحمم البركانية واحدة من أغرب المظاهر تحت السطحية، وهي ذات بيئات معزولة، مما يجعلها من أهم المواقع التي يمكن استثمارها اقتصادياً وسياحياً وعسكرياً، إلا أن ذلك يتطلب معرفة تامة بمظاهرها وخصائصها الجيو-مورفومترية، وتحديد موقع الأمان والخطر فيها.

يقع كهف عريقة في البلدة التي تحمل الاسم ذاته، عند تقاطع دائرة العرض (28°36'43") مع خط الطول (35°53'36")، يمتد مسافة (500 متراً). صورة (1). تبعد بلدة عريقة عن مدينة شهبا نحو (15كم)، ونحو (25كم) عن مدينة السويداء إلى الشمال الغربي منها، وقد استثمرت حديثاً الفسحة المؤدية إلى مدخله، والحجرة الأولى منه.



الصورة (1): يدل السهم على موقع كهف عريقة.

**1- إشكالية البحث:**

يتمحور البحث حول إعداد دراسة جيومورفولوجية لكهف عريقة، ومن ثم تحليل نشأة تضاريسه وتفسير أشكالها.

**2- أهداف البحث:**

- أ- تفسير تشكل الكهف ومظاهره.
- ب- تحديد أهم أنواع المخاطر وتوزعها الموقعي.
- ت- إعداد خريطة جيومورفولوجية للكهف.

**3- فرضيات البحث:**

- أ- تشكل الكهف عن تدفق مهل سطحي .Surficial lava flow
- ب- الكهف غير آمن لمزيد من الاستثمار.

#### 4- الدراسات السابقة:

أجرى دوبرتريه (L. Dobertrt: 1929-1955) دراسات موسعة عن البركنة في سوريا، وأرجع عمر أقدم الصبات البازلتية إلى الميوسين من الحقب الجيولوجي الثالث، وأحدثها إلى الرباعي الحديث. وحدد فريق علماء هولندي زمن تشكيل صبة الكراع بدراسة البقايا الحيوانية العظمية في خربتي الأمبashi والهبارية، باستخدام الكربون المشع  $C^{14}$ ، وقدر بنحو (4200 سنة).

تعُد المذكورة الإيضاحية للأعمال السوفيتية برئاسة (بونيكاروف Ponikarov) الأشهر بين الدراسات الجيولوجية التي أجريت بين عامي (1958-1961م)، وقد وافقت نتائجها ما خلص إليه دوبرتريه في شأن عمر الصبات البازلتية، كما بيّنت أن صبة (B5 Q4) التي تعرف بتشكيلية الكراع -التي تنتهي إليها منطقة البحث- تشغّل الجزء الجنوبي من صبة اللجة، ومصدرها تل شيحان الذي يقع شمال مدينة شهبا. حيث اندفعت الانسكابات البازلتية باتجاه الغرب مسافة تزيد على (45كم) وبعرض (6-8كم). تزخر الأجزاء الهامشية منها بالفقاعات الغازية المنتفخة والاتوءات الفوسيّة المرتفعة، وأكَد (فاروق العمادي: 2006، ص: 13) وجود فقاعات غازية بعرض (15-20م) وارتفاع (3-4م). وأن ثمانية تشكيلية الكراع يراوح بين (2-28م). وهي مكونة من السكوريّا والطف الأحمر، وتنتهي إلى البازلت الأوليفيني.

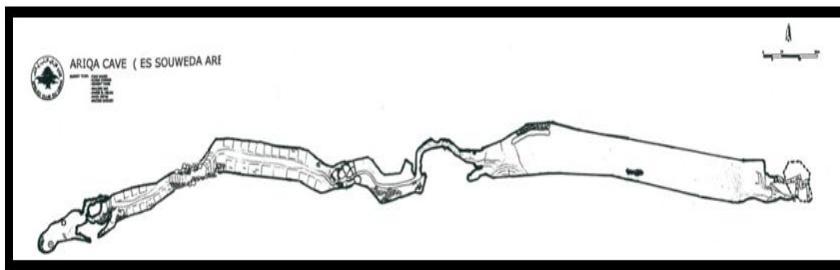
كما أجريت العديد من الدراسات على كهوف مماثلة في المنطقة العربية، كدراسة (Kempe & Al-Malabeh: 2005) عن سبعة كهوف في حرة الجبان شمالي الأردن، صُنفت خمسة منها ضمن فئة كهوف الأنفاق Tunnel caves، واثنان ضمن فئة كهوف التلال (الحافات) Ridge caves، وحدّدت أعمار طفراتها الثلاث بين (26-0,5) مليون سنة مضت، تلا ذلك بحث لـ (Al-Oufi: 2006)، الذي استخدم ثلاثة تقنيات حديثة لاستكشاف أنابيب الحمم البركانية في منطقة أم القطين داخل حرة الجبان الأردنية، هي: التردد المنخفض جداً- الكهرومغناطيسية Very Low Frequency- Electromagnetic (VLF)، السبر الكهربائي العمودي Vertical Electrical Sounding (VES)، والصور الكهربائية Electrical Imaging (EI)، وقد تبيّن وجود علاقة بين توزيعها الجغرافي ومواقع حافات الضغط الخطية linear pressure ridges من جهة، ومواقع التغذية المستمرة من جهة أخرى. كما ارتبط توزع الكهوف بخطوط الضعف البنائي كالكسور والصدوع، وقد لاحظ انتشار الكهوف ضمن دقات الباهوهوي (Pāhoehoe) (AA AA) على حد سواء، وعلى أعماق وصلت إلى (19م) تحت سطح الأرض، وأعد (Al-Amoush: 2010, P: 389) بحثاً معمقاً عن إمكانية تغذية المياه الجوفية عبر الكهوف البركانية، شملت الدراسة أربعة عشر كهفاً في محيط حوض وادي الأزرق شمالي شرقي الأردن، أعقب ذلك دراسة

مشتركة بين الجامعة الهاشمية/قسم علوم الأرض والبيئة، مع معهد العلوم الجيولوجية التطبيقية في جامعة التكنولوجيا الألمانية (Kempe & Others, 2012, P: 38) لكهوف الحمم البركانية في الأردن عموماً -البالغ عددها ثلاثة وعشرين كهفاً- حدد فيها الخصائص الهندسية والشكلية، وأعمار التدفقات الحبيبية، والاختلافات الجيومورفولوجية بينها، وأعدت خرائط تفصيلية لذلك. وكان أطولها كهف الفهد (923,5 م).

وأجرى (Pint: 2009) دراسة مفصلة عن كهوف حرة خير غربى المدينة المنورة في المملكة العربية السعودية، وبين أن نظام كهف أم جيرزان البالغ طوله (1481.4 م)، هو الأطول على مستوى المملكة، مكون من ثلاثة ممرات مفصلة عن بعضها بانهيارين، وقد راوح ارتفاع السقف بين (8-12 م)، وأقصى اتساع للكهف (45 م). وتناولت دراسة (Roobol & Others, 2002) كهوف المنطقة الوسطى من حرة كشب في المملكة العربية السعودية، وتشمل ستة كهوف على طول أنبوب تكون من خمس نقاط انفجارية متتالية، وأعدت خرائط تفصيلية عن كل أنبوب.

قام (Trifonov & Others: 2011, P: 190-191) بتحديد عمر حرة الشام -التي ينتمي إليها جبل العرب- فتبين أنها تعود إلى نهاية الأوليغوسين (24-26 مليون سنة من الحقب الثالث، وأنها شهدت هدوءاً نسبياً خلال الميوسين الأوسط (12-17) مليون سنة، ثم عاودت البركانة نشاطها خلال البليوسين بين (4-6,3) مليون سنة، وشهد النشاط البركاني زيادة في فعاليته خلال المدة بين (3,5-4) مليون سنة مضت في جبل العرب بالتحديد، وكثرت المخاريط البركانية فيه خلال الحقب الجيولوجي الرابع.

استكشف مؤخراً النادي اللبناني للتنقيب في المغارور (SCL) كهف عريقة عبر رحلتين بين عامي (2008-2009)، أعدَّ خلالهما فريق العمل خارطة دقيقه تبين أهم العناصر الجيولوجية، مع تحديد موقع الركام الحجري والبرك والبقايا العظمية الحيوانية، وحدود غرف الإنسان الذي سكنها في الحجرتين الثانية والثالثة، وأبعاد الحجرات والممرات بدقة. الشكل (1). لذلك اعتمد عليها بوصفها خريطة أساس، بعد التأكد من دقتها بالتحري الموضعي.



الشكل (1): مخطط كهف عريقة

### أولاً: جيومورفولوجية كهوف الحمم البركانية:

تواجه الباحث في مجال البركنة كثيراً من العقبات، يأتي في مقدمتها حسب رأي (Halliday: 1963, Pp: 4-5) عدم وجود تصنيف موحد لمظاهرها، فتبعد بعض المصطلحات غامضة، أو تتخذ المعنى ذاته، مع أنَّ آلية نشأتها تختلف، فمثلاً تحتوي معظم كهوف الحمم الأنبوية على نوازل حممية، وقد أعطيت التسمية ذاتها التي أطلقت على نوازل الكهوف الكارستية، إلا أنَّ هذا الخلاف يضيق في قضايا أخرى، فقد أجمع العلماء على أن استخدام مصطلح أنبوب الحمم البركانية Lava tube أكثر دقة من مصطلح كهف الحمم البركانية Cave لدلالة على تلك الكهوف المتشكلة عن تدفق داخلي، أو تحت سطحي للحمم البركانية، في حين يشمل الثاني الفجوات الكبيرة كلُّها التي تشكلت في التدفقات البركانية وبآليات أخرى، كذلك التي نشأت عن تلال المهل المنبع (Webb & Others: 1980). ويمكن القول: إنَّ كلَّ أنبوب حمم بركانية هو كهف، لكن ليس كلَّ كهف بالضرورة هو أنبوب حمم بركانية.

ت تكون كهوف الحمم البركانية من غرف معزولة chambers، أو متصلة بمرات أحادية unbranched passages، وربما شُكّلت شبكات متداخلة ومعقدة، كما يمكن أن تنشأ على مستوى واحد أو عدة مستويات، تختلف فيما بينها بالامتداد، وشكل الجدران، والمقطع العرضي، والتقطيع الطبقي للصخور، إلا أنَّها تشتراك في طبيعة صخورها وسماتها العامة كالشكل الاسطواني. والمبدأ العام لتشكلها، حيث يتبرد السقف أولاً ثم الجدران، وأخيراً القاع. وإذا تدفقت الحمم المنصهرة عبر الأنابيب البارد، تعرضت الحمم للتبريد والتصلب مشكلة بطانة داخلية Internal lining جديدة، وقد تتسرب الحرارة المنبعثة من الحمم بصفق الأنابيب أو إعادة صهر الأجزاء العليا من سقفه صهراً جزئياً partially re-melt.

أكَّد (De Decker: 2015, P: 2) وجود الفوارق الجوهرية بين كلِّ من أنابيب الحمم، وقوات الحمم lava channel، فالثانية هي أنابيب نشطة، وحدَّ علاقتها بمعدل تدفق المهل، إذ توجد علاقة بين طول القنوات ومعدل تدفق الحمم البركانية أو تصريفها، في حين أنَّ هذه العلاقة غير موجودة بين طول الأنابيب ومعدل التدفق، بل هي أكثر وضوحاً مع حجم الحمم المتتدفة، ويمكن أن تتسرب إعادة تدفق الحمم بفتح مخارج جديدة من جوانب الأنابيب، (Duraiswami & Others: 2004, P: 826) و (Bardintzeff & Birneg: 2000, P: 64).

تحكم جملة من العوامل في شكل كهف أنبوب الحمم البركانية وخصائصه، تصنف الأولى ضمن فئة العوامل البنوية - الذاتية، وتتعلق بطبيعة المواد البركانية، ومعدل تدفقها وكميتها، ولكي تتم عملية التبريد فالتصلب، يجب أن يكون معدل صبيب التدفق

المهلي بطبيعاً، يراوح بين (3-1 م/ثا). (Greeley: 1987, P: 1351). كما تتأثر بقرب مصدرها من السطح، إذ تضمن التغذية الكبيرة والمستمرة التي توفرها خزانات الصهارة Magma reservoir، وانخفاض لزوجة اللابة، وارتفاع درجة حرارتها، وانخفاض معدل تبردها انتشاراً واسعاً لها، ومن ثم امتداداً أكبر لأنابيب الحمم البركانية، أما العوامل الخارجية، فتتمثل بخصائص السطح: كالوعورة، والانحدار، وتوزع المنخفضات والمرتفعات في السطح القديم. إذ تسلك الحمم البركانية سللاً هيئة يطلق عليها المسارات الأقل مقاومة least resistance، أو المسارات المتاحة.

يضم الحقل البركاني أنابيباً رئيساً وعدة أنابيب ثانوية، وإذا تعددت الأنابيب شكلت نظاماً من القنوات المفرغة، كذلك التي توجد في حقل كياما Kiama الأسترالي، إذ يبلغ عددها نحو (20 أنابيباً)، يراوح اتساع كهوف الحمم البركانية بين (14-15م)، وتقع دون السطح بين (1-15م)، وتراوح أقطارها بين (10 سم-20 متر)، تتفاوت أطواها بين أقل من (2م) وعشرات الكيلومترات، فقد امتد أحد أنابيب بركان ماونا لو Mauna Loa عام (1859م) داخل المحيط مسافة (50كم)، وبعد كهف كوزومورا Kazumura الواقع في السفح الشرقي لجبل بركان كيلوا Kilauea في جزيرة هاواي أطولها وأعمقها عالمياً، إذ يبلغ طوله (65,5كم)، وعمقه (1102م). (Halliday: 2003).

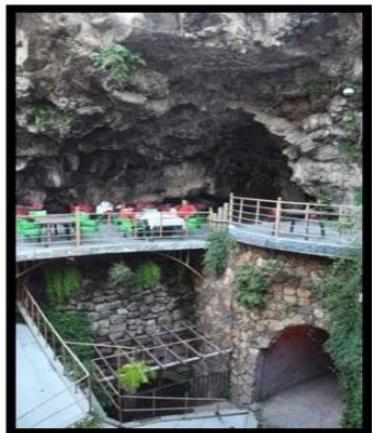
تمثل الأنابيب بحد ذاتها سبل نقل ونشر لللابة، إذ تشير التحليلات الفوتوجولوجية إلى أن ما لا يقل عن (30%) من تدفقات بركان مونا لو، و(58%) من تدفقات بركان كيلوا في جزيرة هاواي، و(18%) من تدفقات بركان جبل إيتنا، نُقلت جزئياً [على الأقل] عن طريق الأنابيب. (Greeley: 1987, P: 1350).

### **ثانياً: جيومورفولوجية كهف عريقة:**

يمتد الكهف على أربع حجرات، باتجاه غربى- شرقى، مع انحناءات بسيطة تحول إلى أ��وا واصحة عند الممرات الثلاثة التي تصل بين الحجرات، ويعزى هذا التعرج Sinuosity، أو الانعطاف meandering إلى درجة س يوله fluidity اللابة ضمن قناة الحركة mobile conduit، وطبيعة المسار المتاح لها فوق سطح الأرض، المنتصب بمجرى وادي اللوى، حيث تتسع أقسام الكهف في المواقع التي كانت واسعة منه، وتضيق عند الضيقية.

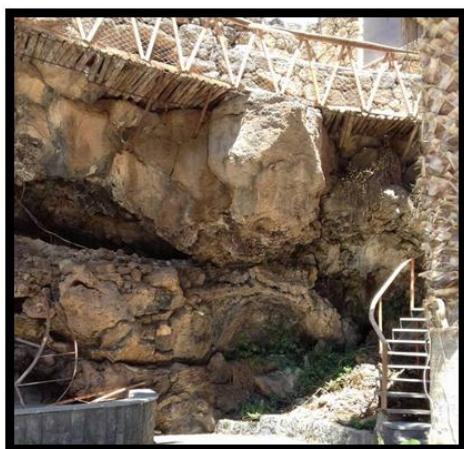
تنفذ فتحة الكهف شكلاً بيضاوياً، بقطرين (25×20م)، يراوح عمقها بين (7-10أمتار)، صورة (2). تدخل الإنسان بأجزاء كبيرة منها، وتدل أفقية طبقات اللابة، على أنها حفرة انهيال collapse pit، نتجت عن هبوط جزء من سقف الكهف، وأزيل الحطام الصخري من قبل الإنسان حين سكن الكهف، وتنشر أسفل جدران الفتحة تكهفات بعمق (2-4أمتار)

ترقع سقوفها بين (2-5 أمتار)، نتجت عن انهيار كتل مفككة عن الجدران بفعل الشقوق والجاذبية، وتأثير أعمال التجوية، وتدخل الإنسان في هندسة الموقع. صورة (3).



الصورة (2): عمق فوهة الانهيار، ويظهر في الأسفل وإلى اليمين ممر مدخل الكهف.  
صورة (3): تكهفات داخل جدار الفتحة (الحفرة).

وتظهر بين الصبات البازلتية حبوب مختلطة من جلاميد وحجارة بركانية التي جرفتها المهل المتتفق من السطح القديم، أو إنها ناتج الانفجار البركاني الذي صاحب انبعاث المهل وتتدفقها. صورة (4).



الصورة (4): أفقية الصبة البازلتية والحجارة بينها.

## ١- الحجرة الأولى:

تبعد أبعادها ( $16 \times 9 \times 16$  م) حسب (Jaoude. I. B & Tawk. J: 2009, P: 111). يدخل إليها عبر باب بازلي، يفضي إلى ممر بطول (3أمتار)، ويتسع الممر كلما اتجهنا نحو الحجرة، يعلو سقف من طبقات أفقية منفصل بعضها عن بعض بسطح بيئي، ومقطعة بشقوق رأسية، يراوح ارتفاعه بين (1,5-2,5)م.

تمتد على جانبي الحجرة مصطباتان صنعتان متتاظرتان، تعلو كل منهما عن أرضية الكهف بين (1,5-1)م، تلاصق اليمني جدار الحجرة، في حين يفصل ممر ينتهي إلى نبع عريقة -المجاور للدخول بالخارج- المصطبة اليسرى عن الجدار، وهو ممر يضيق بالاتجاه نحو النبع، ويراوح اتساعه بين (2,5-1,5)م، مع سقف مرتفع بين (3,5-2,5)م. ومن خصائص هذه الحجرة ما يأتي:

١. الحجرة مستقيمة مع انحاء بسيطة نحو الشمال، صورة (5)، وهي ذات قاع صنعي من رمال وحصى بركاني، مستوي، تكثر فيه حفر تساقط قطرات الماء من السقف. زلق وخطير في الشتاء.



الصورة (5): انحاء الحجرة الأولى وتغير شكل سقفها. (الشاكبة)

يتغير شكل السقف بين مقبب domed ومقوس arched، ونصف دائري Half- circular، والأخير هو الأساس والأصل، حيث يتخذ أنبوب الحمم البركانية شكلاً أسطوانيًا ومقطعاً عرضياً دائرياً في أثناء تشكله، ومع استواء أرضيته وارتفاع سويفتها بما يترسب عليها من مواد، أو يتراكم فوقها من حجارة، فإن سقف الكهف سيصبح نصف دائري، ويبلغ في الوسط نحو (7أمتار)، صورة (6)، أما نقب السقف في بعض أقسامه،

\* بناء على هذه الحقيقة المؤكدة عالمياً، يقر الباحث ثمانة المواد الروسية التي تعطي أرضية الكهف، بين (5-6أمتار) وهو أمر لا يمكن التأكد منه إلا بعمليات حفر وتنقيب موسعة تكشف القابع مما تخفيه هذه المواد من حقائق جيولوجية وأنثروبولوجية وتاريخية.

فيعزى إلى ما ينهاه منه من حجارة وصخور، فضلاً عن أسباب منشئية، فتحدب لسان المهل المتدقق، بسبب لزوجته من جهة، وضيق القناة التي تدفق عبرها مقارنة بمعدل تصريفه من جهة أخرى، واستمرار التدفق المحتبس تحت السقف المتبرد يدفعه نحو الأعلى، وقد لُحِظَ تقبّل السقف في أكثر من موضع وسط الحجرة، أمّا شكل السقف المقوس فيدلُ على تدفق اللابة في أنبوب واسع ذي قاع مرتفع، ومن ثم فالشكل المقوس دليل تطور متأخر لبعض أجزاء الكهف. وقد تنهار أجزاء من السقف، فيرنقع باطنه عندها، مع بقاء أجزاء أخرى من أصله متسلية، فيتخد السقف شكل قناطر متجاورة، وهي حالة السقف في نهاية الحجرة. صورة (7).

يصبح السقف على شكل صندوق مقلوب في الثلث الأخير من الحجرة قبل الدخول في المر المر الأول، مع انخفاض تدريجي في ارتفاع السقف من (4) إلى (1,5م). صورة (8). ويفسر الترهل في وسط السقف ببهوته بتأثير وزن المواد التي تعلوه.



الصورة (7): انقسام السقف، إلى ثلاثة قناطر عند نهاية الحجرة.



الصورة (6): السقف المقوس.



الصورة (8): السقف الصندوقي (المقلوب).

2. كشفت الانهيارات الجانبية لأجزاء من الجدران عن عدد من الطبقات الداخلية المكونة للأنبوب (البطانات)، وهي على الجانب الأيمن أكثر من الأيسر، وتكون على شكل ألواح مقوسة، الصورتان (9-10)، وهي بثخانات وارتفاعات متباينة، ويفسر ذلك بأن عملية التطبيط Lining تمت بفعل تدفقات مهل بركانية مختلفة في خصائصها البنوية والميكانيكية من لزوجة وسرعة، والأخيرة ترتبط بانحدار قاع الفناة ومعدل تصريف الlapa. بمعنى آخر: إن الثخانات القليلة هي نتاج تدفق قليل الحجم، أو سريع الحركة، ومهل منصهرة بدرجة عالية، والعكس صحيح، وقد راوح ارتفاع هذه الألواح بين (2-4أمتار)، وفي مواضع قليلة من الكهف تم بُطْنَ السقف والجدران بالlapa نفسها؛ ما يدلُّ على أن التدفق ملأ هذا الجزء، إما لضيقه، أو بسبب وجود عوائق سببت اختنات في تصريف lapa، فلامست كامل المقطع العرضي للأنبوب وبطنته.



الصورتان (9-10): الألواح المقوسة على الجانب الأيمن، والألواح على الجانب الأيسر.

3. تظهر عروق الناطر veins of dripping lava، أو ما يعرف بقطرات الحمم المنصهرة molten lava dripped (Gadanyi: 2010, P: 6) على امتداد الثلث الأول من سطح البطانة الداخلية على الجدار الأيمن، وأجزاء من الجدار لأيسر، يتفاوت ارتفاعها بين (1-3,5م)، صورة (11). وتنشر هذه الظاهرة على أجزاء من سطح الطبقة المناظرة في الجدار الأيسر. ويدلُّ استمرار هذه العروق على أن انصراف المهل من الأنبوب تم دفعه واحدة وبمعدل ثابت تقريباً، فلا تعرجات فيها ولا انقطاع.



الصورة (11): عروق السيلان أو دموع المهل.

4. تنتشر نوازل المهل lavacicles على شكل حلمات مخروطية في بعض أجزاء البطانة العليا للجدار الأيمن، ومع كونها من مظاهر بعض أجزاء السقف، إلا أن وجودها في القطاعات العليا المقوسة لبعض الجدران، يخضعها لفعل الجاذبية، وأنها متداولة من السقف في مرحلة كان فيها الكهف لا يزال ساخناً، ومع زيادة لدونتها وتأثيرها بقوى الجاذبية تتحول إلى نوازل مثلثية triangular stalactites تتخذ شكل أسنان ثمانة القرش shark's teeth (Waters & Others, 1990)(Gadanyi, 2010, p8) ، يتغير شكلها الأنبياء أسفل الجدار إلى عروق سيلان بسبب الانحدار الشديد لسطح الجدار الداخلي، ويؤكد احتفاظ هذه المظاهر بشكلها الذي نشأت عليه، عدم تعرضها لاحقاً لإعادة صهر جزئي، ومن ثم فهي آخر مظاهر التدفق الأخير. صورة (12).



الصورة (12): نوازل المهل على جزء من الجدار الأيمن.

البطانة الداخلية على الجدار الأيسر أكثر تماساً من نظيرتها، لقلة تأثيرها بالشقوق، مع وجود انهيار صغير الحجم على مسافة نحو 40م من المدخل، إلا أنَّ هذا الجانب أكثر أماناً من نظيره، فانهيار طبقاته بسيط، وامتدادها مسطح نحو السقف مما يقلل من تأثير قوى الجانبية عليها. وفي هذا الصدد يؤكد (Allred & Allred: 1997, P: 73) أنَّ ضغوطاً تتجه من الجدران نحو قمة السقف، تنتج عن عملية بنائه (التسقيف)، تعمل على تراص قطع المهل المتصلبة، ومع تبرد السقف تتشاءم ضغوطاً معاكسة في الاتجاه، تعرف بقوى الشد، تتجه نحو الأطراف مبتعدة عن محور السقف؛ مما يسبب تمزقاً لبطانة السقف، فتقطع إلى أجزاء يهوي بعضها، ويبقى الآخر معلقاً.

5. خضع السقف والجدران لعملية تبطين lining واحدة في بعض المواضع، بدليل استمرار الطبقة البازلتية دون انقطاع من الجدران إلى السقف، وهي مع أهميتها في زيادة تماساك الكهف، إلا أنها ضيقت جوفه، وفي عملية معاكسة قد يتسع الكهف داخلياً بفعل الحرث الناتج عن تدفق اللابة المنصهرة، حسب (Harter J. W: III, P: 75)، إلا أنه لم يُلحظ وجود أدلة دامجة على تعرض الأنابيب لمثل هذه العملية.

6. تصبح الحجرة في الوسط أكثر تكاملاً بعناصرها التصريمية، فالجدران مقوسة، مع كسور تمتد على طول محور السقف، وكسور أخرى متقطعة ناتجة عن الانكماس contraction خلال عملية التبريد، وتمثل هذه المظاهر الخطية أهم موقع الانهيارات ونقطار الماء من السقف عموماً.

7. يلاحظ في الثلث الأخير من الحجرة ارتفاع الجانب الأيسر من أرضية الكهف تدريجياً من (1 إلى 2م) نحو الممر الأول، يقابلها ارتفاع أقل على الجانب الأيمن. نتج عن تراكم الحجارة والطين من الجدران، وهنا يتضح أثر الانهيارات من السقف، إذ يقسم إلى ثلاثة قنابر، أوسعها في الوسط، وهو الذي يفضي إلى الممر الأول، كما يظهر الركام الصخري على الجانب الأيمن، ويتوازى حجماً وعدداً مع تراكب فوضوي وخطير بالاتجاه نحو الممر. تأثرت الحجرة الأولى بالتدخل البشري، فسوبرت أرضيتها، وأزيل معظم الركام الناتج عن انهيار أجزاء من الجدران والسقف، إلا أنَّ بعض المخاطر الجيومورفولوجية التي يمكن تصنيفها حسب موضعها قد رُصدت في فئتين:

أ- مخاطر السقف: تعد سقوف الكهوف أكثر عناصرها الجيومورفولوجية ضعفاً، ذلك لأنَّها الأرق ثمانة والأقل تماساً، فخلال بنائه أو ما يعرف بعملية التسقيف celling، غالباً ما تكون سماكة المهل المتصلبة رقيقة، وتختضع بدورها للعلاقة بين سطوح القص Shear planes - التي تحدث ضمن التتفق - وتطبق اللابة layered lava، لذلك لا توصف عملية البناء بالمستقرة، فهي متغيرة بفارق زمني بسيط يقدر بالساعات وفق عمليات الرصد التي تمت على أنابيب بركان ماونا لوا عام 1921م (Oilier and Brown: 1965)

(Greeley: 1971, P: 5-9) (Greeley: 1987, P: 1352). كما أن عملية التبريد والتصاب تحدث جزئياً، فتلتاحم القطع المتصلبة، أو ما يعرف بالألواح الفشرية crustal slabs بعد تقاربها وتلاصقها، وأحياناً تمزق المهل المتندقة السقف الرقيق إلى أجزاء تسوقها معها، ثم تلتحمها ببعضها لاحقاً (Grimes: 1995, P: 16-20)، وتزداد ثخانة السقف بتamas المهل معه لاحقاً، إلا أنه يخضع للانهيارات، فيترقق عند مواضعها، وهو ما يلاحظ في معظم الأجزاء المقببة التي سقطت عنها بطانة الداخلية من السقف، ومن ثم في بناء السقف ليس مستمراً أو ثابتاً كما هو حال الجدران، كما يتعرض السقف إلى نقل الصبات التي تعلو. فتتشكل شبكة من الكسور والشقوق، وما يزيد من خطر انهيال بطانة السقف، انكشاف الحجارة والصخور التي جرفها التدفق فرق السطح، وهي غير متماسكة عموماً، صور (14-13).

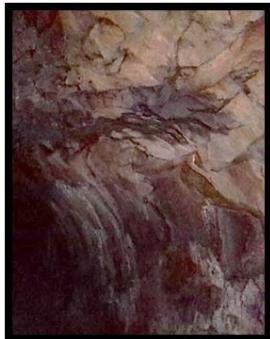


الصورة (13): كتل صخرية متتصقة بسقف  
الكهف تكشفت بعد انهيار بطانته الداخلية.  
المدخل.

يفسر تشكل منظومة الكسور في السقف بتأثير قوى الشد tensile strength الموازية لمحور الأنبوب tube axis، وإن نجت أجزاء من الانهيارات، تعرضت لاحقاً لعمليات التجوية، التي تعمل على إضعاف تماسك السقف في مواضع معينة، مما يسبب انهيال صخور أو طبقات منه (Greeley: 1971, P: 5-9).

**ب- مخاطر الجدران:** تتمثل بالألواح المعلقة أو المنفصلة جزئياً عن الجدران، وهي أجزاء من بطانات داخلية مبتورة من أقدامها، تفصل بينها سطوح بيئية تصنف ضمن مستويات الضعف البنيوي، تستغلها المياه المتسرية، فترتفع فعالية عمليات التحلل الصخري، مما يحولها من سطوح دقيقة إلى فجوات واضحة متعددة بين الألواح الجدارية، يراوح اتساعها في الجدار الأيمن بين (10-20 سم)، وهي أقل من ذلك في الجدار الأيسر. صورة (15).

كما يمكن تصنيف الحجارة المتراصة والمتجمعة في الموضع التي انهارت عنها البطانات الجدارية، ضمن مجموعة الأخطار المحمّلة، فانهيارها مرهون بتوفّر عامل محرض على حركتها. وغالباً ما تكثر هذه الموضع في المنطقة الحدية بين الجدار والسقف، صورة (16).



الصورة (15): جزء من البطانة الداخلية لجدار  
الصورة (16): خطر الحجارة المتراص في الجدار  
خلف البطانة  
الكهف الأيمن.

تنتهي الحجرة الأولى بتل ركامي Talus يرتفع بين 3-4م، مكون من حطام صخري - حجري بازلتي، صورة (17). يعلو فوقه السقف المقبب لارتفاع يراوح بين 4-5أمتار، ويؤكد هذا التقابل بين شكل الأرضية وشكل السقف المقبب، العلاقة العضوية بينهما، فالتل الحجري ما هو إلا نتاج تراكم ما انهال من السقف، فتشكلت بذلك حجيرة صغيرة، ذات سقف مقبب وأرضية وعرة، كما تنتشر الكتل الصخرية المنهارة من الجدران أسفلها، يعقب ذلك ممران: الأيسر قصير ومغلق، في حين أن الأيمن ذو شكل متعرج.



الصورة (17): كتلتان صخريتان من تل الركام، يزيد قطر الواحدة على المتر.

## 2- الممر الأول:

يبلغ طول الممر الأول نحو 100م، يبدأ بعد مرتفع الركام السابق، على شكل أنبوب أسطواني نحو الشمال بانحدار بسيط، ثم يستمر مسافةً متسقّيًّا مسافةً 12م تقريبًا، لينعطف بزاوية قائمة نحو الجنوب، ثم يعود لاتجاه الشرق بزاوية قائمة، ويستمر بتعرجات ملحوظة نحو الحجرة الثانية، إن هذه الخصائص الجيومورفولوجية للممر، لا يمكن تفسيرها إلا باحتمالين: إماً أن تضيقاً موضعيًّا أصاب الحيز المكاني السابق لتشكل الأنبوب – وهو وادي اللوى – وذلك لوجود عائق صخري عند صفيته الجنوبية؛ مما دفع بتتدفق المهل نحو الشمال، ومع انتهاء حدود العائق عاد التدفق إلى المسار الأصلي نحو الشرق. أو أن جزءاً من سقف الأنبوب الأولى قد انهال في هذا الموضع، فشكل عائقاً في وجه التدفقات اللاحقة؛ مما سبب تضيقاً داخل الأنبوب، وشكل ممراً متعرجاً بين الحجرات، ويطلب إثبات صحة أحد الفرضين عملية حفر عميقه في الجدار الأيسر للممر، فلو ظهرت الحصى المدوره – وهي من رواسب الأنهار – دل ذلك على صحة الاحتمال الأول، أما إذا كانت الصخور بازلتينية فهو إثبات لفرض الثاني.

تنتشر الحجارة والصخور والمفترات الصلبة المنهالة من السقف، والمنهارة من جدرانه على جانبيه، مما يؤكّد تدخلًا بشريًّا في توزيعها جانبيًّا. ويتغيّر شكل سقف الممر من المقوس إلى نصف دائري، وقد يصبح مثليًّا غير متراوّح بسبب كسر فيه، ساعد على تفتيت صخوره وانهيارها، فاتخذ السقف شكلاً مثليًّا مائلاً، وقد يصبح سقف الممر غير منتظم بسبب مكوناته الخشنة بسبب تكونه من صخور خشنة، يراوح قطره بين (1-1,7)، لا يمكن تجاوزه إلا منحنيًّا في كثير من أقسامه، تتسلّى الصخور من بعض أجزائه، يزداد انحداره تدريجيًّا من (3) إلى (7) درجات، صورة (18-19).



الصورة (19): السقف نصف دائري، والحجارة على جانبيه، مع تحول أرضيته إلى ملساء، منحدرة وزلقة.



الصورة (18): بداية الممر الأول، لاحظ الحجارة على أرضيته، وشكله النصف دائري.

توجد فجوة في سقف الممر عند ثلثه الأول، ترتفع نحو 1.5م، وهي مسدودة بالحجارة والصخور، تعرف هذه الفتحات بالمنارات Skylights - فهي تسمح لضوء الشمس بالدخول إلى الكهف- وقد نتجت عن انهيار جزء من السقف وترانكم نتاج ذلك داخلها، ويمكن من خلال تتبع توزعها على سطح الأرض تحديد مسار أنبوب الحمم البركانية دونه، كما تمثل نقاط دخول إلى الكهف وخروج منه. (Calvari & Pinkerton:1998, P: 27292).

يستمر الممر بين ضيق وواسع لا يزيد على (1,5م)، مع خطر التنوعات البارزة من السقف، واحتمال انهيار الطبقات المكونة له، بسبب اتساع سطح التقطيع بين الطبقات الدنيا التي تعلوها. صورتان (20-21). مع انتشار الحجارة على كلا الجانبين، أو أحدهما.



الصورة (21): مقطع شبه منحرف.



الصورة (20): السقف المثلثي المائل.

ينعطف الممر عند ثلثه الأخير نحو اليسار بزاوية قائمة، حتى يختفي المار به تماماً، مع انحدار أشد من سابقه (5-10) درجات، وضيق واضح بقطره إذ يراوح بين (0.8-1م) ، وتغير ملحوظ بشكل السقف من مثلثي مائل إلى مقوس غير متاضر. صورة (22).



الصورة (22): الممر عند الانعطاف الحاد

يصبح الممر دائرياً بجدران مصقوله، لترعضاها لإعادة صهر جزئي، ولهذا فالملمر مع أنه ضيق يعد آمناً خالياً من الحجارة المعلقة أو الطبقات المتسلقة، كما أن سقفه حال نسبياً من التنوءات الصخرية. وقبل بلوغ الحجرة الثانية، يجتاز الممر حجارة بيضوية الشكل بأبعاد (6م x 10م)، ذات سقف مقبب يراوح علوه بين (5-10أمتار)، تتميز بانتشار الواجهات الصخرية الحمراء فيها، وقد اكتسبت هذا اللون من أكسدة الحديد الذي تحتويه صخور البازلت. صورتان (23-24).



الصورتان (23-24): حجارة الصخور ذات الواجهات الحمراء (المؤكسدة).

يصعد المسار تلأ ركاميًّا داخل الحجارة بارتفاع (3-4.5م)، ذا سفح منحدرة (30-35 درجة)، مكون من حجارة وجلاميد زلقة شديدة الخطورة- مصدرها السقف والجدران- ولذلك يعُد المسار فوق التل من أخطر الموارد في الكهف، ويوجد على اليمين فجوة بالسقف ترتفع نحو (3أمتار)؛ وهي مغلقة، شكلها مخروطي، تضيق بالارتفاع نحو الأعلى، وتترافق حجارتها رصفاً خطيرًا. ثم يستمر المسار وصولاً إلى مدخل ضيق راوح بين (0.8-1م)، ينتهي إلى الحجرة الثانية.

تشكل على بعض مواضع السقف نتوءات ملساء على هيئة شبكات متداخلة، وقد نتجت عن فعل الجانبية الأرضية لسطح اللابة التي غلفت طبقة السقف، لذلك تعد من المناطق الآمنة في الممر. صورة (25)



الصورة (25): نتوءات السقف عند بداية الممر الأول

أمّا عن مخاطر الممر الأول، فتتمثل بالتنوعات الخطيرة المتسلية من السقف، وبعض القطع المنفصلة عنه بشقوق مائلة وأفقية، وهي قابلة للانهيار. صورة (26).



الصورة (26): نووعات صخرية في سقف الممر المنخفض.

لُحِظَ تغير غير معهود في نمط التدفق، إذ يتغير من تدفقات البااهوي هو ذات السطوح الملساء، وهي التي تشبع فيها ظاهرة الكهوف الأنبوية، إلى تدفق من نوع (A) ذي المكونات والسطح الخشن، وهي حالة قليلة الحدوث حسب رأي (Water & Others: 1990.p: 1)، وتعدُ المنطقة خطيرة لصعوبة تجاوزها واحتمال انهيار الحجارة المزروعة من جرائها. صورة (27)



صورة (27): نمط تدفق آـ آـ.

### -3- الحجرة الثانية:

تشبه الحجرة الثانية سابقتها من حيث الشكل، مع انحراف بسيط نحو الشمال الغربي، تبلغ أبعادها ( $13 \times 72 \times 5$  م)، تبدأ بسفح منحدر بلطف (3-5 درجات)، يعلوه سقف مقوس بارتفاع نحو (3أمتار)، صورة (28).



الصورة (28): المنحدر المؤدي إلى الحجرة مع السقف المقぶب.

وتوصف الحجرة بما يأتي:

1. تتخذ شكلاً منتظمًا فهي مستطيلة عموماً، مقطعها العرضي نصف دائري، ذات أرضية مستوية، وسقف مقبب - أسطواني، وتنتشر الحجارة بنسبة كبيرة على أرضيتها مقارنة بالحجرة السابقة، إلا أنها مرصوفة على شكل غرف متغيرة مقابلة.
2. الجدران مكتملة عموماً، ولا تنهار طبقات البطانة إلا بموضعين متقابلين في الوسط، صورة (29). يكشف الأيمن منها بطنتين على الأقل.



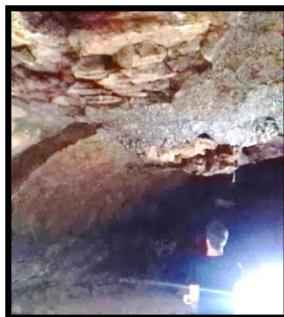
صورة (29): انهيار جزء من بطانة الجدار الأيسر

3. يسود الشكل المقوس للسقف، ولُحِظَ في مواضع قليلة انهيار البطانة السقفية من جزئه الأوسط، فظهرت الحجارة والكتل الصخرية، وهي إما من مكونات السقف التي حُجبت بالبطانة إثر تدفق داخلي لاحق، أو أنها من المواد التي جرفها التدفق الخارجي ووضعها فوق سطح الكهف. وهي من الأماكن الخطيرة لفكك هذه المواد واحتمال انهيالها. صورتان (31-30).



الصورة (31): هبوط بطانة الكهف و هبوط وسطه .  
وتكتشف مكونات الطبقة التي تعلو.

4. تنتشر في أرضية الكهف حُفر صغيرة ناتجة عن تساقط قطرات الماء من السقف، وهي ظاهرة شائعة في الحجرات الثلاث ذات الأرضية الرملية-الحصوية.
5. تضيق الحجرة عند نهايتها، وينخفض سقفها نحو (1-2م).
6. تنهال كتل كبيرة من السقف، وتكتشف طبقات البطانة التي راوحـت بين (2-3) طبقة؛ مما يؤكد أن أكثر من تدفق ملأ الأنابيب بشكل كامل في هذا القطاع. وذلك لاجتماع عدة أسباب، منها: ارتفاع معدل تصريف اللابة القادمة من الحجرة الأولى ذات الحجم الكبير من جهة، وعدم اتساع الكهف في هذا الموضع من أخرى، وضيق المرور الثاني من جهة ثالثة، مما سبب ارتفاع اللابة واحتجازها مدة سمحت بتبريد اللابة وتشكل البطانة الأخيرة على كامل المحيط الداخلي للحجرة، وهذا يعني أن معدل تدفق اللابة عبر المرر الثاني كانت أقل من معدل ورودها إلى الحجرة، وتمتد مسافة خطر انهيار الكتل الصخرية المعلقة في السقف نحو (10 أمتار) من نهاية الحجرة. صورة (32).



صورة (33): أهم عناصر الحجرة الثالثة: ألواح البطانة الجدارية المقوسة، وجزء من السقف المكتشف، والحجارة المرصوفة على الأرضية.

7. لُحظَ أن هذه الحجرة أكثر أماناً من سابقتها، فطبقات جدرانها متکاملة عموماً، وأجزاء السقف ملتحمة وثابتة ومستقرة، وتعدُّ نهاية الحجرة أكثر الموضع خطراً.

**4- الممر الثاني:**

يمتد هذا الممر مسافة نحو (25م)، ويلتوفي قليلاً نحو الغرب، يراوح اتساعه بين (1-2م)، يكون في أضيقه عند الوسط، يرتفع السقف في أجزاء منه إلى (1.5م)، مع حجارة متوضعة على طرفيه، ويتميز سقفه بفجوة مخروطية، مغلقة بحجارة وصخور متراصة. يتخذ المقطع العرضي أشكالاً مختلفة فتارة يكون نصف دائري، وتارة إيجاصياً بجوانب صخرية حادة، صورة (34). وتارة أخرى يكون غير منتظم، مع طبقات صخرية متراكبة عن السقف، وحجارة متراكمة تعيق الحركة داخله. صورة (35).



الصورتان (34-35) الشكل الإيجاصي للممر يميناً، وخطورته في بدايته يساراً.

ثم ينخفض السقف مع اتساع في عرضه، وانتشار واضح للحجارة على جانبيه وفوق أرضيته، صورة (36). إلا أنَّ هذا الضيق ليس أصيلاً في الممر، بل نتج عن انهيار كتل وحجارة من السقف وتوضعها فوق أرضية الكهف، مما رفعها لسوية قريبة من السقف.



الصورة (36): اتساع الممر، وانخفاض سقفه، مع انتشار الحجارة والجلاميد.

### 5- الحجرة الثالثة:

تبدأ الحجرة الثالثة بمنحدر يراوح بين (4-7) درجة، بطول نحو (10أمتار)، ويكون المسار محدداً بالحجارة والصخور البركانية، وصولاً إلى أرضية الحجرة المستوية، صورة (37). تستمر الغرفة الثالثة باتجاه الممر الثاني ذاته، وتمتد نحو (72م)، بمتوسط اتساع (13م)، ومتوسط ارتفاع السقف (5أمتار)، وهي مستطيلة عموماً، أرضيتها مستوية مقطعة إلى مربعات حجرية، تشبه تلك الموجودة في الحجرة السابقة، وهي ذات جدران قوسية، تبدأ بتقوس واضح للسقف بعد مدخلها، مع خطير محتمل بانهيار أجزاء من طبقات الجدار الأيمن، إذ لُحِظَ وجود تجاويف عند قواعد الألواح المقوسة للبطانة الداخلية، فبقيت معلقة بأعلى الجدار والسقف، صورة (38).



الصورة (38): انهيار قواعد البطانة الداخلية للجدار الأيمن.



الصورة (37): بداية الحجرة الثالثة.

الحجرة آمنة في منتصفها، فجدرانها متكاملة ذات ألواح مقوسة، وسقفها مقوس-مستقيم دون هبوط فيه، أو انهيارات ملحوظة فيه، مع انتشار الحجارة في أرضيتها بنسبة أعلى من الحجرين السابقتين. صورة (39). وتحجب البطانة البازلتية كامل الجدران والسقف، وهي حالة مماثلة لتلك التي فُسرت في نهاية الحجرة الثانية.



الصورة (39): منتصف الحجرة الثالثة، يُلحظ أن التبطين مستمر على كامل المقطع من الجدران حتى السقف.

تتكشف طبقات السقف في نهاية الحجرة بسبب انهيال أجزاء من بطانته، بسبب ما تتحمله من نقل فوقها، وتأثرها بكسور عدّة، ولا يمكن إغفال دور حركة المياه المتسرية من السطح، في إضعاف هذه الأجزاء من سقف الكهف. وقد بلغ عدد الطبقات العليا نحو (4) طبقات راوح تأثيرها بين (10-30سم). صورة (40).

تسقّر على أرضية الحجرة كتلة صخرية كبيرة بأبعاد ( $4 \times 3 \times 0,5$ م)، انهالت من السقف، صورة (41). ويليها مباشرة نحو المتر الثالث العديد من الحجارة والصخور التي تحجب الزاوية بين أسفل الجدار والسقف المنخفض المقوس.



الصورة (41): انهيال كتلة ضخمة من السقف.



الصورة (40): طبقات بطانة السقف - الجدران.

تنتهي الحجرة بمرين، الأيسر منها مسدود، مقوس السقف، أرضيته غنية بالحجارة والصخور الضخمة وبالتحديد عند عتبته، التي تصل أبعادها إلى ( $4 \times 2 \times 1$ )م، يمتد بطول نحو (25)م، أما الممر الأيمن فيبدأ بركام مرتفع فوضوي ناتج عن تداعي أجزاء من السقف. صورتان (43-42).



الصورة (42): الضوء عند نهاية الممر الأيسر المسدود.  
الصورة (43): بالاتجاه نحو الممر الثالث

#### 6- الممر الثالث:

هو ممر قصير، لا يزيد طوله على (20 متراً). يتخد شكلاً ملتوياً، ويضيق بشكل طردي بالاتجاه نحو نهايته، يبدأ سقفه مرتفعاً إلى نحو (1,5م)، باتساع يراوح بين (1-2م)، تكثر في أرضيته وجوانبه الحجارة، صورة (44).



الصورة (44): بداية الممر الثالث، متسع ثم يضيق نحو الداخل.

تكثر عند منطقة الانعطاف الحجارة والصخور الكبيرة، وتتصبح الجوانب أكثر خطورة لتشكلها من صخور غير مستقرة. يصبح ارتفاع الممر أكبر من اتساعه بشكل ملحوظ، إذ يعادل مثليه أو ثلاثة أمثاله. صور (45)، وينتهي الممر على شكل فتحة عدسية، بسقف منخفض، لا يتجاوز ارتفاعه (0,5م)، بمسافة (4)، مع أرضية مغطاة بطبقة من الحجارة، ولا يمكن تجاوزه والدخول إلى الحجرة الرابعة إلا حبوأ أو زحفاً. صورة (46).



الصورة (46): نهاية الممر الثالث.



الصورة (45): منطقة الانعطاف من الممر.

**7- الحجرة الرابعة:**

تمتد الحجرة الرابعة بشكل بيضوي متراوِل، وبأبعاد (30×15×4م)، يُلحَظُ عند الخروج من الممر الثالث وجود ممر آخر، ويقع إلى اليمين من مدخل الحجرة، يرتفع صعوداً بزوايا انحدار لا تقل عن (25) درجة، تولف الحجارة البركانية جدرانه وسقفه، وهو ممر خطير لصعوبة تسلقه، وعدم استقرار بعض مكوناته الصخرية، ينتهي بانسداد بعد قطع مسافة (18م)، شكله منحنٍ، بتقوس معاكس للممر الثالث. صورة (47).



صورة (47) الممر الأيسر الصاعد المسدود، الإنارة بآخر الممر.

ت تكون الحجرة الرابعة من قسمين يفصل بينهما حاجز صخري متصل بالسقف مبتور عند قاعده بفتحة واسعة، يمتد القسم الأول من الحجرة مسافة (13م)، مع سقف مقبب بارتفاع (5-6م)، صورة (48). تكثر في أرضيتها الحجارة والجلاميد الكبيرة، التي سقطت من السقف وانهارت من الجدران، يقع عند الطرف الجنوبي من هذه الحجرة ممر مسدود، بطول (10أمتار)، يتجه عائداً نحو الممر الأيسر في الحجرة السابقة، ويفصل بينهما انهيال صخري، صورة (49)، وهو مقوس السقف، يضيق بالاتجاه نحو نهايته.



الصورة (48): مؤخرة الحجيرة الأولى وفي نهايتها إلى الحاجز القوسى.

إن اتجاه الممر السابق، ومقارنته بمقابله في الحجرة السابقة، يؤكد أنهما كانا في الأصل ممراً واحداً، انقطع في وسطه بسبب انهيال جزء من سقفه؛ مما يعني أن التدفق المائي قد تشعب في هذه المنطقة إلى ثلاثة شعب، تنتهي جميعها إلى الحجرة الرابعة، وسبب هذا التشعب وجود عائق صخري في الوسط.

ينقطع الحاجز الصخري عند قاعدته مشكلاً فتحة عدسية واسعة على طول الحجرة الرابعة، ويبلغ ارتفاعها عند منتصفها (1م)، ومتوسطها عند أطرافها (0,5م)؛ مما يسمح بالدخول إلى الحجيرة الثانية، لكن مع احتمال التعرض لخطر انهيال بعض الكتل الصخرية منه، أو المتوضعة توضعاً فوضوياً على أرضية الحجرة عموماً. صورة (50).



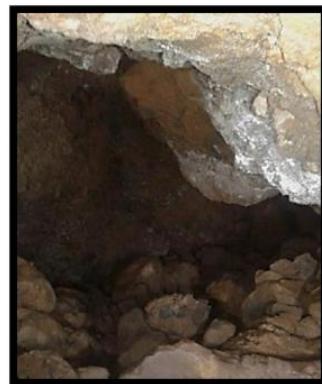
الصورة (50): جزء من الحاجز القوسى بين الحجيرتين.

أما القسم الثاني من الحجرة الرابعة، الذي يمثل نهاية الكهف فيمتد مسافة نحو (17)م، ينخفض سقفه بتدرج من (4) أمتار إلى (1)م عند نهايته المسودة، وينتشر الركام الصخري في أرضيتها انتشاراً واضحًا وكبيرًا. صورة رقم (51). تتميز الحجرة الأخيرة بصغر أبعادها، وكثرة حجارتها وجلاميدتها التي تغطي معظم أرضيتها، وتغيب

فيها الجدران اللوحيّة المرتفعة التي لُحِظَت في الحجرات السابقة، حيث يتصل سقفها مع أرضيتها بجدران قصيرة مجوحة خلف الصخور المنهارة من الجدران، وهي أقل الحجرات تأثراً بالتدخل البشري، تتمثل مخاطرها بصعوبة السير على أرضيتها، ووجود العديد من الحجارة والكتل الصخرية المعلقة في سقفها. صورة (52).



الصورة (52): كتل صخرية محاطة بالحجارة في سقف الحجرة الثالثة.



الصورة (51): نهاية الحجرة الرابعة والكهف.

### ثالثاً - تشكيل الكهف:

يتطلب تحديد آلية تشكيل كهف الحمم البركانية تدقيقاً في خصائصه الشكلية والمورفومترية، وقد فصل (Harter: 2009, P: 25) (Harter: 2009, P: 75-79) بين الفوارق بين أكثر الطرائق شيوعاً لتشكل هذا النوع من الكهوف، على النحو الآتي:

- 1- أنابيب السطح surface tubes: تتكون من طبقتين: الأرضية المسطحة flat floor، الممتدة على طول الكهف، وطبقة السقف المقوس arched roof. تكون فيه الطبقات الداخلية والخارجية من السقف متوازية تقريباً، تتعذر طبقات الأرضية. وعادة ما يكون عرض الممر أكبر بمرتين من ارتفاعه، ويختلف شكل نقوس السقف اختلافاً كبيراً. من أهم ميزاتها أن السقف والجدران تتكون من طبقة رقيقة واحدة، حتى لو دفن الكهف تحت تدفقات لاحقة. تتصلب القشرة الخارجية وفق هذا الأسلوب، ويبقى تدفق المهل السائلة تحتها، ومع انقطاع التغذية، تتصرف الحمم البركانية من الأنابيب بفعل الجاذبية وانحدار قاع الأنابيب، في أثناء ذلك تتصلب القشرة الخارجية للحمم البركانية، وينبني السقف وفق عملية تسقيف سطح قنوات الحمم البركانية Roofing of surface lava channels، التي تصبح أكثر فاعلية كلما كان التدفق المائي بطبيعاً (Grimes: 2005, P: 2).

2- أنابيب الخنادق *trenches tube*: من صفاتها وجود زاوية قائمة بين الجدران والأرضية، وغالباً ما يظهر رف *Shelf* بين الجدران والسقف، ويكون الارتفاع والعرض متقاربان، ونادرًا ما تكون النسبة بينهما (3:2)، ويمكن أن يندرج تحت هذه الفئة نوعان من الكهوف:

أ/2- أنابيب الخنادق الحقيقية *true trenches*: تتكون جدرانها من طبقة واحدة، وتكون الطبقة السفلية من السقف مقوسة، في حين تكون السطحية مسطحة، يمتد الكهف مستقيماً، وفيه الجدران منحنية حتى خمسي ارتفاعها (2/5) تقريباً، وقد يتجاوز عرض الرف عرض الجدار، ويلاحظ انخفاض الجدران بالاتجاه نحو نهاية الأنبوب، ويكون الكهف من تدفق واحد، مع جدران ضخمة ذات ركام واضح.

ب/2- الأنابيب الشبيهة بالخنادق *semi-trenches*: تمتلك هذه الأنابيب بنية داخلية معقدة *complex internal structure*، مع وجود زاوية بين السقف والجدار لا تقل عن (45) درجة، والسقف مكون من عدة طبقات صخرية متصلة، تتميز الجدران بطبقات ذات ثمانات متقاربة. وتكون منحنية فوق المرء، لكن بقوس أقل مما كانت عليه في الخنادق الحقيقة، حتى تقترب من وضعية شاقولية، كما يغيب الرف بين السقف والجدران غالباً كاملاً.

3- أنابيب الصدع *fault tubes*: تتشكل في الفوالق والشقوق البركانية، وتمثل الجدران بجوانب الفوالق، وبلغ على التوازي، وأحياناً تتخذ حرف V، مغطاة ببطانات داخلية، وطبقات السقف مسطحة تقريباً، إلا أنها قد تصبح مقوسة بفعل عملية التبطين اللاحقة، تتوضع على الأرضية الحجارة والصخور، ويكون الارتفاع مساوياً لمثيل عرض الأرضية أو ثلاثة أمثاله. تكون الجدران الخارجية لأنابيب الصدع أقدم من الحمم التي ملأتها، وشكلت سقفها لاحقاً.

4- الأنابيب الداخلية *interior tubes*: في الممرات المستقيمة *straight passages* منها يكون المقطع العرضي بيضاوياً *elliptical*، ويزيد العرض على الارتفاع بنسبة (10%)، في الممرات المنحنية، يصبح الشكل مسدساً منتظمًا مع زوايا مدوره *rounded corners*. ويتشكل هذا النوع من تدفق حمي واحد، أي إن الجدران والسقف تتشكل في الوقت ذاته، وهي بالأساس قنوات مغطاة *Covered conduits*، تكونت ضمن كتلة مهنية متقطعة سميكة ومنفردة، وقد تتعرض الطبقة العليا أو السقف بفعل الحقن إلى الرفع والتقبّب *inflates*.  
إلا أنّ تصوراً أبسط قدّمه (Spudis & Others: 1988) مؤكدين أنّ أنابيب الحمم البركانية، تتشكل [في الغالب] ضمن الأقسام الأكثر ثخانة من تدفق اللاءة، وتحل مكان المظاهر الخطية الأخضر من سطح الأرض، التي تمثل بالمجاري المائية، أو مناطق الضعف البناي - البنوي، كالاغوار *Grabens*، والأخدود الخطية *Linear grooves*، ومناطق التكسير *fracture zones*.

يُبني الكهف الأنبوبي البركاني من تدفق أحادي الاتجاه، وفق أسلوب أنابيب السطح سابق الذكر، ويكون هذا النوع من الأنابيب قريباً من مصدر المهل. في حين ينشأ بعضها من تدفق اللابة باتجاهات شعاعية أو مروحة، حيث تتعدد المسارات على شكل ألسنة منبقة من مركز الانفجار الأولى، وهو ما يشيع بتدفقات الباهوي هوبي، وكما سبق تتم عملية بناء السقف وزيادة الثخانة مع استمرار التغذية، وقد تكتسب هذه التدفقات مزيداً من الدفع مع مرورها بالقرب من مصدر آخر للمهل أو ما يطلق عليه نقطة انفجار لابية lava eruption point، فتتجدد قدرتها على التقدم، وتتبثق منها باتجاهات تضبط بوصلاتها طبوغرافية السطح. ومن ثم تختلف أبعاد الأنابيب البركانية اختلافاً واضحاً عند كل نقطة انفجار، ولذلك تتصف هذه الكهوف بالإمداد والبعد عن المصدر مقارنة بالنوع الأول. ([https://en.wikipedia.org/wiki/Lava\\_tube](https://en.wikipedia.org/wiki/Lava_tube)) . ويتمثل الفرق بين الأسلوبين أن البناء يتم خلال مرحلة واحدة في الأول، في حين يتطلب عدة مراحل في الثاني.

تؤكد الخصائص الجيومorfية للكهف، فكرة أنه ينتمي إلى نمطين على الأقل وهما: كهوف أنابيب الحمم البركانية شبه الخندقية، والداخلية، كما تدعم الصورة الفضائية هذا الرأي، إذ تؤكد أن الكهف جزء من أنبوب أطول يتراكم على وادي اللوى بين تل شيحان شرقاً، وحتى شمال بلدة حران غرباً، الصورة رقم (53) – وقد قيس طوله فبلغ نحو (23كم) \*



الصورة (53): المسار المحتمل لأنبوب الذي ينتمي إليه كهف عريقة.

\* إن التحقق ميدانياً من ارتباط الكهف بالمسار المحتمل يتطلب فريقاً من العمل فضلاً عن ظروف أمنية أكثر استقراراً.

سلكت الحمم البركانية التي شكلت صبة الكراع مجرى وادي اللوى، محولة إياه إلى قناة حمم بركانية، واكتسب الأنابيب الصفات الأصلية ذاتها للجري المائي من انحدار لقاع واسع للفناة، ثم بدأت الجوانب تتبرد ثم السطح، ومع صلبة الابنة الخارجية، تشكل أنابيب متعرج كشكل الوادي، ثم تعرض لاحقاً لتغيرات في شكله الداخلي، نتيجة الدفعات الداخلية وعمليات الانهيار والانهيال والتطبيخ والصقل الجبئي. صورة (54-55)، وتدل البطانات المتعددة على أن الكهف تحول في بعض الأوقات إلى أنابيب حممي، شهد حالات تدفق داخلي، وصل بعضها إلى حد الماء الكامل لأنابيب، فتشكلت بطانة كاملة كَسَّت الجدران والأسقف في بعض المواقع الضيقة.



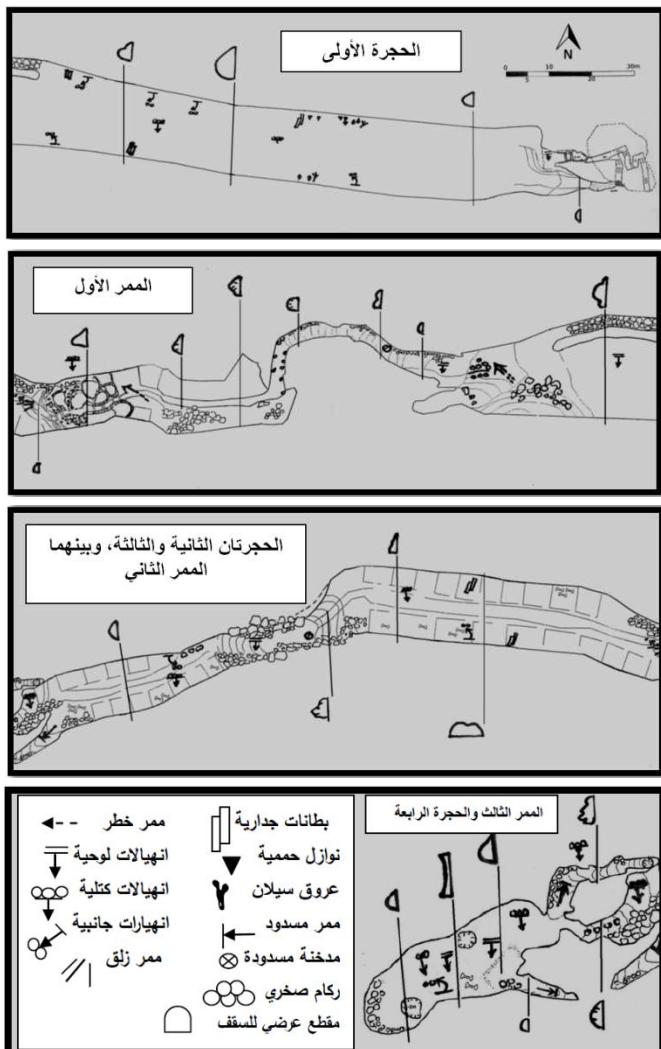
الصورتان (54-55): طبقات البازلت التي كانت جدران الكهف قبل تطمينها بتدفقات لاحقة.

#### رابعاً: الخارطة الجيومورفولوجية:

حدد (1: Otto & smith: 2013, P: ) أهمية الخريطة الجيومورفولوجية بكونها إحدى التقنيات الأساسية لتمثيل قاعدة بيانات ذات قيمة جيومورفولوجية وبيئية، تصور الأشكال الأرضية والسطحية، وكذلك المواد تحت السطحية. كما تمثل أداة أولية لإدارة الأراضي، وإدارة المخاطر الجيومورفولوجية.

أعدّت الخارطة الجيومورفولوجية الشكل (2/أ-ب-ج)، بالاعتماد على خارطة النادي اللبناني، على معلومات تبيّن موقع أهم المظاهر الجيومورفية، كالبطانات الجدارية، ونوازل الحمم البركانية، وعروق الحمم أو دموع الحمم البركانية، و(21) مقاطعاً عرضياً لسقف الكهف الرئيس والممرات الفرعية المسودة، والفتحات المغلقة أو المداخن، وحدّدت الممرات المسودة، والركام الصخري الجانبي، وتلال الركام الصخري، وبعض قيم الانحدارات، أمّا على صعيد المخاطر، فحدّدت مواقع الانهيارات الكثيفة

(صخور وجلاميد وحجارة) والطبقية (البطانات الجدارية والسلقية)، والأنهيالات، والممرات الزلقة، ومواقع السقوف المسننة ذات التنويعات الخطيرة. وهنا تجب الإشارة إلى أن المسارات الطينية تصبح زلة أكثر خلال فصل الشتاء، فترتفع خطورة تجاوزها.



الشكل (2/أ-ب-ج): الخارطة الجيومورفولوجية لكهف عريقة  
من إعداد الباحث اعتماداً على خريطة النادي اللبناني SCL

### **خامسًا - أهمية الكهوف الأنبوية البركانية وإدارتها:**

لكهوف الحمم البركانية أهمية سياحية وعلمية وثقافية وتاريخية وعسكرية واقتصادية، فمثلاً اعتمد عليها سكان هواي الأصليون، في تأمين الشرب والماوى، كما استخدمت للزراعة بسبب رطوبتها، وتسمح عملية العزل التي توفرها القشرة الخارجية، باستخدامات خاصة مع توافر الجفاف، حفظ الفاكهة والطعام (Olhoeft & Others: 2000)، وتدل اللقى الفخارية والحيوانية التي وجدت في الحجرات الثلاث، على أن كهف عريفة سُكن سابقًا.

فقد دعت المخاطر المنطقية على استكشاف هذا النوع من الكهوف واستثماره، العديد من المؤسسات العلمية، مثل وكالة الفضاء الأمريكية ناسا إلى تبني طريق استكشاف مبتكرة، تعتمد على الإنسان الآلي Robotic exploration of skylights and caves، والمندقة الحاسوبية modeling، والاستشعار تحت الأرضي subsurface sensing. وذلك للانتقال بهذا النوع من الدراسات إلى مستويات أكثر فائدة على الصعيد الاقتصادي، بل العسكري. (NASA: 2012, P: 1).

إن من شروط إدارة الكهوف تكاملها مع الأنظمة البيئية السطحية، وتطبيق مبدأ الوقاية precautionary principle الاستباقية لمنع حدوث أي خلل أو تدمير لنظام الكهف البيئي، وذلك بالحفاظ على مكوناته الجيومورفولوجية والجيولوجية والحيوية والهيكلولوجية ومناخه المحلي. ووضعها تحت وصاية قوانين حماية التراث الطبيعي Natural Heritage Charter. وذلك من خلال فهم مدى حساسية هذه النظم، وقابليتها لتحمل التدخلات البشرية. (Kiernan & Mc Connell: 2000, P: 5). كما أن إدارة هذه الكهوف تتطلب جهودًا مضاعفة عن نظيرتها الكهوف الكارستية، فبعض العناصر الجيومورفولوجية في الأخيرة تستمر بالنمو حتى لو لحقها ضرر أو قطع، كالصواعد والنوازل والأعمدة، في حين أن مثيلاتها في الكهوف الأنبوية لا تتمتع بآلية التجدد regenerate، لانقطاع العمليات التي شكلتها؛ وهي تدفق الحمم، لكن ما يدعوه إلى الطمأنينة هو أن النظام الجيومورفولوجي أكثر ثباتًا واستقرارًا من الأنظمة الحيوية. ومع ذلك لابد من الأخذ بالحسبان بعض الحقائق المتعارف عليها دولياً في مسألة إدارة الكهوف، بدءاً من تحديد عدد الزائرين والسائح، ومراقبة درجة حرارة المناخ الأصغرى للكهف، إذ إن زيادة درجة الحرارة فيه درجة مئوية واحدة، يرفع من قدرة تبخّر الماء بنسبة (%8). فتزاد بذلك فرص ارتفاع درجة الحرارة في الغلاف الجوي الداخلي للكهف، (Kiernan & Mcconnell: 2000, Pp:16-64)، كما يمكن منع باتاً إشعال الحرائق والسماد والمصابيح الحرارية. وعدم إجهاض السقوف بإنشاءات هندسية غير قادرة على

تحملها، وقد حدد عامل الأمان الإنشائي فوق الكهوف، بالعلاقة بين متغيرين هما: عرض الكهف، وثخانة طبقات السقف، بأن تكون نسبة الأولى إلى الثانية (1/3)، شرط أن تكون الصخور غير مجوأة *unweathered rock*، أو ذات كثافة منخفضة من الكسور. ولابد من عزل الكهف عن مياه الصرف الصحي، لما لحركتها وتجمدها ضمن الشقوق من أثر سلبي في استقرار السقف.

#### نتائج البحث:

- 1- ينتمي الكهف لنموذج أنابيب الحمم البركانية الشبيهة بالخنادق، إلا أنه تطور وفق نمط أنابيب الحمم البركانية الداخلية. وقد اشتراك عدة آليات في أشاء ذلك وبعده بوصول الكهف إلى شكله الحالي، كعمليات التبطين والانهيارات والانهيارات.
- 2- يتكون الكهف من أربع حجرات، يصل بينها ثلاثة ممرات، تصغر أبعادها بالاتجاه نحو نهاية الكهف.
- 3- من مظاهر الكهف: السقف المقوس والمقبب وغير المنتظم، وتتعدد الممرات مقاطعة دائرية وإجاصية وعدسية، كما تكشف البطانات الداخلية (جدارية-سفينة)، ومن مظاهرها نوازل الحمم، وعروق السيلان، والمداخن (الفجوات) المغلقة، والممرات المسوددة.
- 4- يتزايد التدخل البشري في تعديل المظاهر الجيومورفية في الحجرات الأولى والثانية والثالثة، ولا يظهر في الرابعة، حيث سويت الأرضية، وأزيل معظم ركام الانهيارات والانهيارات في الحجرة الأولى، في حين توزعت الحجارة على شكل مربيعات - غرف - في الحجرتين الثانية والثالثة، أما الحجرة الرابعة فتنتشر فيها الحجارة والجلاميد انتشاراً فوضوياً.
- 5- تتوزع مخاطر الكهف بمواقع محددة، فالكهف آمن عموماً، وتزداد خطورة استئماره بالاتجاه نحو الحجرة الرابعة، وبالاقتراب من بعض مواقع الانهيارات الجدارية والانهيارات، وتتمثل: بانهيارات صخرية من الجدران والسلق، وانهيارات صخرية (كتلية ولوحية)، وخطير الانزلقات في الممرات ذات الأرضية الطينية، أضعف إلى ذلك عدم استقرار تلال الركام الحجري والصخري، ومخاطر التنوءات في سقوف الممرات الضيقة.

**المراجع:****المراجع العربية:**

1- العمادي، فاروق: المذكرة الإيضاحية، رقعة شهبا، مقياس 1/50000، خريطة سوريا الجيولوجية، الجمهورية العربية السورية، وزارة النفط والثروة المعدنية، المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية، مديرية المسح والدراسات الجيولوجية، دمشق، 2006.

**المراجع الأجنبية:**

1. Al-Amoush. H: "Integration of Vertical Electrical Sounding and Aeromagnetic: Data Using GIS Techniques to Assess the Potential of Unsaturated Zone and Natural Basalt Caves for Groundwater Artificial Recharge in NE-Jordan, Jordan" Journal of Civil Engineering, Al-al-Bayt University, Jordan. Vol (4), No (4), 2010
2. Allred. K & Allred. C : "Development and Morphology of Kazumura Cave", Hawaii. Journal of Cave and Karst Studies 59(2). Box 376, Haines, AK 99827 USA, 1997.
3. Al-Oufi. A. N :"Geophysical Exploration of Lava Tubes in Umm El-Quttein Area NE Jordan", B. Sc. Geophysics, Faculty of Earth Sciences, King Abdul Aziz University, 2006.
4. Bardintzeff. J. M & Mc Birney. "A: Volcanology", 2ed, Jon and Bartlett publishers, Boston, 2000.
5. De Decker. J: "Evaluation of Lava tube formation mechanisms using three-dimensional mapping and viscosity modeling". 2nd International Planetary Caves Conference. Colorado School of Mines, Department of Geology . and Geological Engineering, 1516 Illinois Street, Golden, Colorado 80401, email:jdedecke@mymail.mines.edu, 2015.
6. Duraiswami. R. A & Bondre .N.R & Dole. G: "Possible lava tube system in a hummocky lava flow at Daund, western Deccan Volcanic Province, India". Proc. Indian Acad. Sci. (Earth Planet. Sci.), 113, No(4) , December 2004, Printed in India, 2004.
7. El-Beblawi. H: "Investigation of the Regional Basalt Aquifer System in Jordan and the Syrian Arab Republic", United Nations, Economic and

Social Commission, for Western Asia, Hashemite Kingdom of Jordan, Ministry of Water and Irrigation, Syrian Arab Republic, Ministry of Irrigation. Library IRC, 1996.

8. GADÁNYI. P: "Formation, Types and Morphology of Basalt Lava Caves". Ph D thesis's. University of Pécs. Faculty of Natural Sciences. Doctoral School of Earth Sciences. Pécs, 2010.

9. Greeley. R: "Geology of Selected Lava Tubes in the Bend Area", Oregon, Space Sciences Division, National Aeronautics and Space Administration, Moffett Field, California, Bulletin 71, 1971.

10. Greeley. R: "the Role of Lava Tubes in Hawaiian Volcanoes, Volcanism in Hawaii. U.S". Geological Survey Professional, 1987.

11. Grimes. K: Lava caves and channels at Mount Eccles, Victoria. Text and diagrams of a paper in Baddeley, G (Ed) Vulcon Precedings (20 th Australian Speleological Federation Conference, 1995) , Victorian Speleological Association Inc., Melbourne, 1995.

12. Grimes. K: "Lava Flows and their Caves, Consultant Geologist", Regolith Mapping, PO Box 362, [Australia.regmap1@ozemail.com.au](mailto:Australia.regmap1@ozemail.com.au), 2005.

13. Halliday. W. R: Hawaii "Lava Tube Caves", United States, 2003. <http://cw.routledge.com/ref/caves/hawaii.pdf>

14. Halliday. W. R: "What Is a Lava Tube?" AMCS Bulletin 19 / SMES Bulletin 7, Honorary President, Commission on Volcanic Caves of the International Union of Speleology, 6530 Cornwall Court, Nashville, TN USA 37205, 2002.

15. Halliday. W: "Caves of Washington". Washington Department of Conservation Division of Mines and Geology Information Circular NO. 40. Washington, 1963.

16. Harter. W: "Pisgah. Southern California Grotto. Western Region", National Speleological Society-Speleo-Ed Seminar Rainbow Basin - Barstow, 2009.

17. Kempe. S & Al-Malabeh. A: Newly discovered lava tunnels of the Al-Shaam plateau basalts, Jordan. Geophysical Research Abstracts, Vol( 7, 03204, SRef -ID: 1607-7962/gra/EGU05-A-03204. © European Geosciences Union, 2005.
18. Kempe. S, Al-Malabeh. A, Henschel. H-V, Jordanian lava caves, an overview, 15 International Symposium on Vucanospaleontology. University of Technology Darmstadt, Schnittspahnstr. Germany, 2012.
19. Kiernan. K. & Mcconnell, A: Management considerations for the Heard Island lava tube caves. In Banks, M. R. & Brown, M. J. (Eds): Head Island PAPh"RS. Pap. Proc. R. Soc. Tasm. 133(2): 13-22. ISSN 0080-4703. Department of Geography and Environmental Science, University of Newcastle, Callaghan, NSW, Australia; postal address 15 Summerleas Road, Fern Tree, Tasmania, Australia 7054, 2000.
20. NASA: Technologies Enabling Exploration of Skylights, Lava Tubes and Caves, Innovative Advanced Concepts (NIAC) Phase I , office of the chief Technologist ,national aeronautics and space administration, grant number: NNX11AR42G, 2012.
21. Olhoeft. G. R, Sinex. D. B, Sander .K. A, Lagmanson .M. M, Stillman. D. E, Lewis. S, Clark. B. T, Wallin. E. L, Kauahikaua .J. P: Hot and cold lava tube characterization with Ground penetrating radar. Department of Geophysics, Colorado School of Mines Golden, CO 80401, Hawaiian Volcano Observatory, U.S. Geological Survey, USA, 2000.
22. Otto. J. Ch & Smith. M. J: Geomorphological mapping. British Society for Geomorphology, Geomorphological Techniques, Chap. 2, Sec. 6, 2013
23. Pint. J : the Lava Caves of KHAYBAR, SAUDI ARABIA. UIS Commission on Volcanic Caves. 15th International Congress of Speleology, July 2009, Kerrville, Texas, pp. 1873-1878. Ceibas 172, Pinar de La Venta, CP 45221 Zapopan, Jalisco, Mexico, [ThePints@Saudicaves.com](mailto:ThePints@Saudicaves.com), 2009.

24. Roobol. M. J; & Pint. J. J; & Al-Shanti. M. A; & Al-Juaid. A. J; & Al-Amoudi. S. A; & Pint. S; & Al-Eisa. A .M; & Allam .F; & . Al-Sulaimani. G. S; & Banakhar. A .S: preliminary survey for Lava-Tube Caves on Harrat Kishb, Kingdom of Saudi Arabia. A Open-File Report prepared by the Saudi Geological Survey, Jeddah, Kingdom of Saudi Arabia, 2002.
25. Sonia Calvari; & Harry Pinkerton: Formation of lava tubes and extensive flow field during the 1991-1993 eruption of Mount Etna, Journal of Geophysical Research, Vol (103), No(B11), November (10), 1998.
26. Spudis. P. D; Awann. G. A; Greeley. R: Formtion of Hadley Rill and Implications for the Geology of the Apollo 15 Region, Cambridge University Press, Lunar and Planetary Institute, 1988.
27. Trifonov. V. G; Dodonov. A. E; Sharkov. E. V; Golovin. D. I; Chernyshev. I. V; Lebedev. V. A; Ivanova. T. P; Bachmanov D. M; Rukieh. M; Ammar. O; Minini. H; Al Kafri. A.-M; Ali. O: New data on the Late Cenozoic basaltic volcanism in Syria, applied to its origin. journal of Volcanology and Geothermal Research 199. [www.elsevier.com/locate/jvolgeores](http://www.elsevier.com/locate/jvolgeores), 2011
28. Waltham. A. C & Park. H .D: Roads over lava tubes in Cheju Island, South Korea .Engineering Geology 66, 2002, 53–64. [www.elsevier.com/locate/enggeo](http://www.elsevier.com/locate/enggeo).
29. Waters. A. C; & Donnelly-Nolan. J. M; & Rogers. B. W: Selected Caves and Lava-Tube systems in and near Lava beds national Monument, California, U.S. Geological Survey Bulletin. 1673. United States Government Printing Office, Washington, 1990.
30. Webb. J. A; & Joyce. E. B; & Sterens . N. C: Lava Caves of Australia, University of Melbourne, 1980. [www.vulcanospeleology.org/sym](http://www.vulcanospeleology.org/sym).
31. Wikipedia, the free encyclopedia.