جانب معالي وزيرة السياحة السيدة لورا الخازن لحود المحترمة
التقرير النهائي للجنة المكلفة تقصّي الأضرار وإعطاء التوصيات في مرفق مغارة جعيتا السياحي
بعد الحفل الموسيقي الذي أقيم بها بتاريخ ٢٠٢٥/١٠/٣١

تُعدّ مغارة جعيتا من أبرز المعالم الطبيعية والتراثية في لبنان، وهي موقع سياحي وبيئي محمي ونبع مائي حيوي يغذي بيروت وجبل لبنان، وتحتوي على تكوينات كلسية دقيقة تشكّلت عبر ملايين السنين.

بتاريخ ٢٠٢٥/١٠/٣١، تم تنظيم حفلة خاصة داخل المغارة (٤٥٠ مترا من المدخل في الغارة العليا و ٢٥٠ مترا من المدخل في المغارة السفلى)،

وبناء على قرار معالي وزيرة السياحة رقم ١٥٥ تاريخ ٢٠٢٥/١١/٧ بتشكيل لجنة من الخبراء للكشف على الاضرار وإعطاء التوصيات وهم:

- المهندس جيلبرت زيّو، رئيس دائرة مغارة جعيتا (رئيسًا)
- الدكتورة جوانا دمّر، رئيسة قسم علوم الأرض في الجامعة الأميركية في بيروت
- الدكتور آلان أبي رزق، خبير في الزراعة والتّنوع البيولوجي في جامعة الروح القدس الكسليك
- الدكتورة مارلين براكس، مديرة المركز الوطني للجيوفيزياء وممثلة وزارة البيئة
- المهندس جوني طوق، رئيس النادي اللبناني للتنقيب في المغاور
- المهندس بيار جعارة، خبير عزل صوت وارتجاج

قامت اللجنة المذكورة بالكشف الميداني بتاريخ ٢٠٢٥/١١/٧ على كافة الأقسام التي أقيم فيها الإحتفال، وبناء عليه نفيدكم بالتالي:

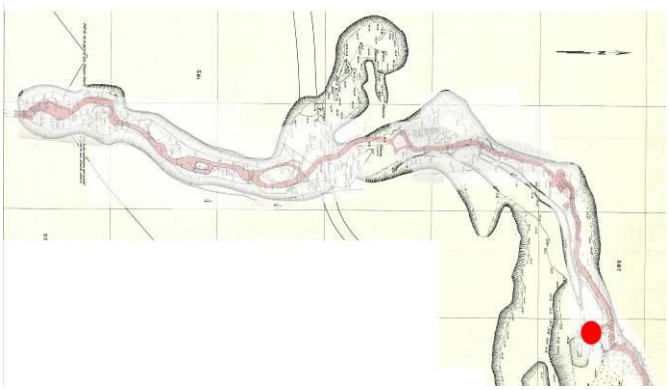
<u>الهدف العام من الكشف</u>

تقييم ما إذا كانت الموسيقى او التجمعات قد تسببا في:
- أضرار ميكانيكية (شقوق، كسور، سقوط أجزاء صغيرة)
- تغيرات في المناخ الداخلي للمغارة (ارتفاع ثاني أوكسيد الكربون، الرطوبة، درجة الحرارة)
- اهتزازات هيكلية يمكن أن تؤثر على استقرار التكوينات الكلسية
- تغيرات بيولوجية او كيميائية ناتجة عن النشاط البشري

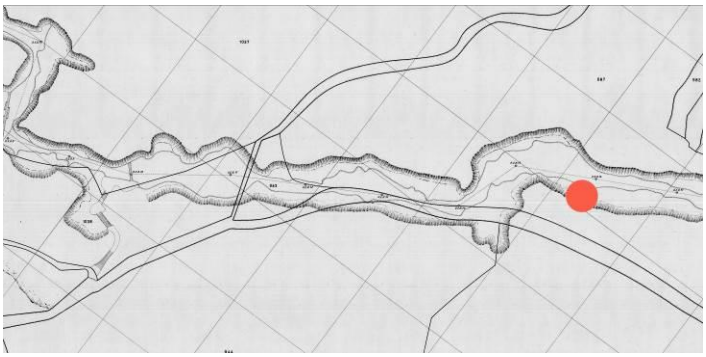
<u>الكشف الميداني</u>

يهم لفت النظر أن الكشف الميداني كان بصرياً ولم يتضمن أي قياسات من أي نوع كانت.
من أجل القيام بتقييم معمق، كان لا بد من التزود بأي بيانات سابقة يمكن الاعتماد عليها من أجل أي مقارنة ممكنة.
لكنه تبين أنه لا يوجد أي صور للتكوينات الأساسية وذات الأولوية أو نماذج ثلاثية الأبعاد أو قياسات سابقة مما يحد من امكانية التقييم الدقيق للتاثيرات المحتملة التراكمية في التكوينات الكلسية.

تم الكشف النظري والحثي في الموقعين المختلفين حيث جرى الاحتفال، في المغارة السفلى والمغارة العليا:



صورة رقم ١: موقع الحفل في المغارة العليا

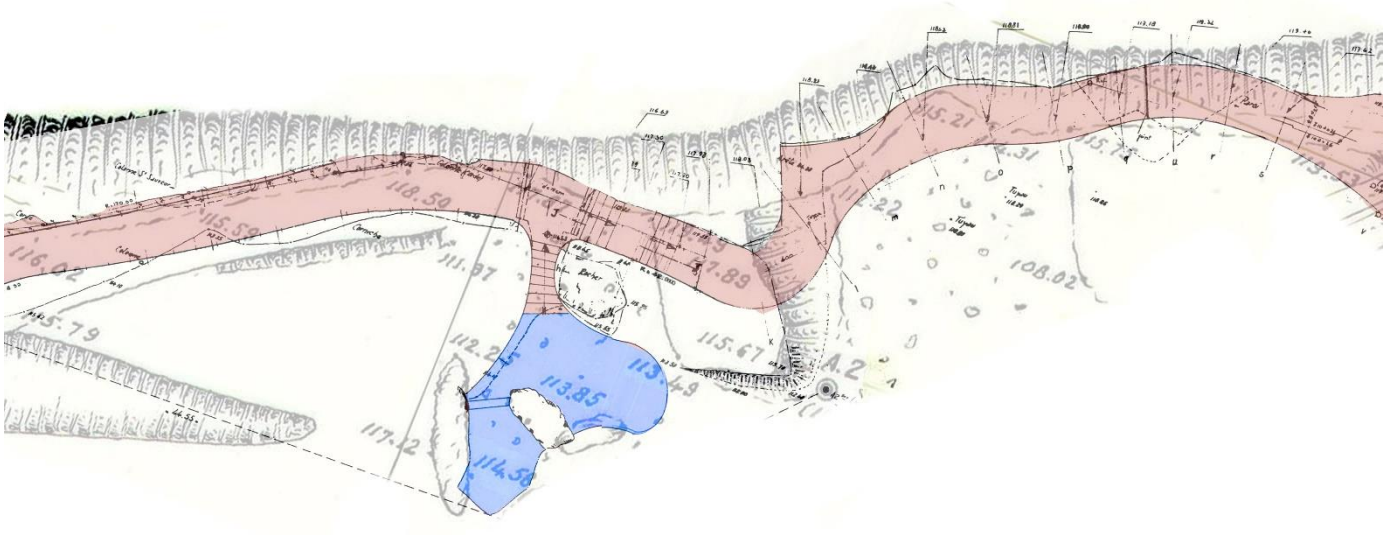


صورة رقم ٢: موقع الحفل في المغارة السفلى

- <u>الممرات الخرسانية في المغارة العليا:</u>

تتضمّن بعض مقاطع الممرّات الخرسانية داخل مغارة جعيتا **إنشاءات معلّقة** ومثبتة جزئياً على **دعامات جدارية (Corbels)** مدمجة في جدران المغارة.

لذلك، وبعد الكشف النظري على كل الدعامات وعلى الأرضية وخاصةً الطبقات السفلى منها ، والكشف على Corbels حيث لم يتبين وجود أي تصدعات مرئية أو تشققات قد تسبب خطورة على الزوار واننا نوصي بإجراء فحص هندسي دوري للدعامات الجدارية وباخذ عينات من الباطون لتحديد قوته.



صورة رقم ٣: الممرات المعلقة في اللون الاحمر

صورة رقم ٤: الممرات المعلقة و Corbels

صورة رقم ٥:Crack Monitoring Test

- <u>الكشف على الشقوق لمراقبة مدى اتساعها (Crack Monitoring Test) :</u>

نتيجة تحركات الأرض الطبيعية والعوامل الجيولوجية المتواصلة مع الزمن يتشكل بعض التشققات في الممرات والصخور. لذلك، وضع النادي اللبناني للتنقيب في المغاور سنة ١٩٦٢ عدة علامات لمراقبة هذه الصخور والتشققات وبعد الكشف عليها تبين أنه لا يوجد أي إتساع أو تحرك. (الصورة رقم ٥)

- التشكلات الكلسية في المغارة العليا والمغارة السفلى:

تتميّز مغارة جعيتا بوجود تكوينات كلسية طبيعية من بينها الصواعد والهوابط، وهي عناصر جيولوجية تشكّلت عبر مدة زمنية تمتد لالاف السنين نتيجة ترسّب كربونات الكالسيوم من المياه المتساقطة داخل المغارة.

لم نلاحظ أي تكسير مرئي في هذه التشكلات وخاصةً في المغارة السفلى حيث كان المغنين قريبين جداً منها.

- حالة نظام البيئي العام

تمّ رصد مستعمرات بيضاء خيطية الشكل تُشير إلى وجود بكتيريا شعاعية (Actinobacteria) على بعض الأسطح الكلسية داخل المغارة. تُعتبر هذه الكائنات جزءاً طبيعياً من النظام البيئي الجوفي، إذ تساهم في تفكّك المواد العضوية الدقيقة وتفاعلات المعدنة الحيوية التي تحافظ على توازن النظام الميكروبي.

- الإقفال المؤقّت لمغارة جعيتا بعد الحفل:

إنّ الإقفال المؤقّت لمغارة جعيتا يُعدّ خطوة وقائية تهدف إلى الحفاظ على القيمة الطبيعية والجيولوجية الفريدة للمغارة . ويتيح هذا الإجراء تحقيق مجموعة من الفوائد البيئية منها إتاحة الفرصة لإعادة توازن النظام المناخي الداخلي حيث تستعيد المغارة نسبة الرطوبة الطبيعية، والمعدل الطبيعي لثاني أوكسيد الكربون، واستقرار درجات الحرارة، مما يحافظ على النمو الطبيعي للتكوينات الكلسية. ايضا يؤثر على تخفيف نمو الطحالب(Lampenflora)

- ثاني أكسيد الكربون، الرطوبة والحرارة:

ان ثاني أكسيد الكربون والحرارة والرطوبة عناصر مترابطة تشكّل نظام توازن حيوي داخل المغارة. وأي تغيير في أحدها يؤثر مباشرة على: استقرار التكوينات الكلسية، نمو الصواعد والهوابط، وسلامة البنية الداخلية للمغارة. لذلك يجب تركيب محطّات مراقبة داخل المغارة.

- قوة الصوت للحفلات المستقبلية:

يمكن الرجوع إلى التقرير المفصل المعد من قبل المهندس بيار جعارة.

الخلاصة:

- لم يتبين وجود أي تصدعات مرئية أو تشققات في الممرات الخرسانية في المغارة العليا قد تسبب خطورة على الزوار واننا نوصي بإجراء فحص هندسي دوري للدعامات الجدارية وباخذ عينات من الباطون لتحديد قوته.
- لا يوجد أي إتساع أو تحرك في Crack Monitoring Test
- لم نلاحظ أي تكسير في الصواعد والهوابط وخاصةً في المغارة السفلى حيث كان المغنين قريبين جداً منها.
- ان قوة الصوت للحفلات المستقبلية، يمكن الرجوع إلى التقرير التقني المفصل المرفق ربطا (Annex).

التوصيات:

- إنشاء برنامج مراقبة طويلة الأمد للكائنات المجهرية (بكتيريا شعاعية، طحالب، بكتيريا زرقاء، فطريات).
- التعاون مع الجامعات لإجراء تحاليل وراثية (DNA profiling) بهدف التمييز بين الأنواع الأصلية وتلك الناتجة عن الأنشطة البشرية.
- اننا نوصي بإجراء فحص هندسي دوري للدعامات الجدارية وبأخذ عينات من الباطون لتحديد قوته.
- يُوصى بتشكيل لجنة متعددة الاختصاصات لتقديم المشورة العلمية والفنية لأي مشروع أو نشاط يُقترح تنفيذه داخل المغارة أو أي نشاط يتجاوز ذلك.
- عند اجراء أي نشاط موسيقي أو احتفالي داخل المغارة مستقبلاً تقترح احترام الحد الأقصى المسموح به وفقا للممارسات الدولية الفضلى بما يضمن حماية المغارة من جهة وسلامة الزوار من جهة أخرى.
- تركيب نظام مراقبة دائم لقياس الاهتزازات داخل المغارة بحيث يمكن قياس مستوى الاهتزاز الحالي والترددات ومقارنتها بشكل مستمر مع الحدود الآمنة .
- تركيب نظام مراقبة دائم لمراقبة ثاني أوكسيد الكربون والرطوبة ودرجة الحرارة.
- إجراء مسح ثلاثي الأبعاد، أقله للتكوينات الكلسية الأساسية وذات الأولوية من أجل الحصول على نموذج أساسي يعتبر مرجع لهذه التكوينات لمقارنته مع أي نموذج لاحق.
- ضرورة الرجوع إلى جيوكيميائيين فيما خص الأحمضة التي تتولد من تفاعل الرطوبة مع ثاني اوكسيد الكربون، مع ما يعني ذلك من مخاطر إذابة أو تآكل بعض التكوينات، حتى لو على المدى الطويل التراكمي.
- توعية القائمين على إدارة الموقع على حساسية المغاور تجاه الضوضاء والاهتزازات.
- تنظيم فحص سنوي من قبل فريق خبراء متعددي الاختصاصات.

التاريخ ٢٠٢٥/١١/١٣

رئيس اللجنة المهندس جيلبرت زيو	دكتورة جوانا دمّر	دكتور الان أبي رزق
دكتورة مارلين براكس	المهندس جوني طوق	المهندس بيار جعارة

ANNEX

ملحق

Jeita Grotto

Jeita - Lebanon

ACOUSTIC SPECIFICATION

***Purpose**: Framework for musical and artistic events in the natural cave environment of Jeita*

***Reference:** Comparative study inspired by international best practices for acoustic management in natural underground sites*

***Prepared by**: Pierre GEARA and Shannon GEARA*

***Date**: 11/11/2025*

Table of Contents

1. CONTEXT AND OBJECTIVES 3

2. INTERNATIONAL REFERENCE EXAMPLES 4

2.1 Lombrives Cave – Ariège, France 4

2.2 Cuevas del Drach – Mallorca, Spain 4

2.3 Grotta di Castellana – Puglia, Italy 5

2.4 Postojna Cave – Postojna, Slovenia 5

2.5 Cave Without a Name – Texas, USA 6

2.6 Waitomo Glowworm Caves – New Zealand 6

2.7 Summary of Global Practices 7

3. ACOUSTIC AND OPERATIONAL LIMITS AT JEITA GROTTO 8

3.1 Authorized Event Categories 8

3.2 Quantitative Constraints 9

3.2.1 Sound-Level Limits *9*

3.2.2 Spatial and Audience Parameters *9*

3.2.3 Event Frequency Limitation *10*

3.3 Amplification and Equipment Controls 10

3.4 Continuous Acoustic Monitoring system 10

4. IMPLEMENTATION AND COMPLIANCE 11

5. SUMMARY AND GUIDING PRINCIPLES 12

1. Context and Objectives

The Jeita Grotto is a natural heritage site of exceptional geological and acoustic value. Hosting musical events in such an environment requires a **scientific, environmentally responsible** approach that preserves the site's integrity and its unique sound qualities.

This specification defines the **acoustic and operational conditions** for organizing artistic performances that respect the natural balance and avoid any structural or ecological degradation.

2. International Reference Examples

2.1 Lombrives Cave – Ariège, France

- **Event type:** Acoustic concerts and candlelight performances.
- **Frequency:** < 5 per year.
- **Audience:** 80–100 people.
- **Amplification:** None; natural acoustics only.
- **Duration:** ≤ 1 h 15.
- **Monitoring:** Permanent SPL monitoring.

The French model prioritizes acoustic purity and preservation through very low event frequency, small audiences, and mandatory real-time monitoring — a reference of restraint and technical discipline.

2.2 Cuevas del Drach – Mallorca, Spain

- **Event type:** Daily classical concert over the underground lake "Martel."
- **Format:** 4 acoustic musicians (violin, cello, harpsichord, viola).
- **Duration:** ~10 minutes, once per guided visit.
- **Amplification:** None.
- **Audience:** ~300 visitors seated in silence.
- **Restrictions:** No talking, photography, or movement during performance.

The Spanish model demonstrates that even with higher audience capacity, strict control of duration, silence, and sound level ensures sustainable daily acoustic experiences.

2.3 Grotta di Castellana – Puglia, Italy

- **Event type**: “Hell in the Cave” – theatrical and musical performance.
- **Frequency:** Weekly during tourist season.
- **Audience**: ≤ 200 per show.
- **Amplification**: Controlled directional sound (≤ 85 dB(A)).

The Italian model balances cultural continuity and acoustic control — showing that semi-regular performances remain sustainable through precise dB limitation and disciplined acoustic design.

2.4 Postojna Cave – Postojna, Slovenia

- **Event type**: Seasonal Christmas and New Year concerts within the “Concert Hall.”
- **Frequency**: Limited to several nights per year (typically December only).
- **Audience**: Around 150 seated guests.
- **Amplification**: Light reinforcement with limiters at ≤ 80 dB(A).

The Slovenian model demonstrates seasonal cultural programming under strict acoustic moderation — combining limited event frequency, directional sound control, and precise sound-level management to preserve the natural reverberation.

2.5 Cave Without a Name – Texas, USA

- **Event type:** “Concerts in the Cave” series (~12 per year).
- **Audience:** ≤ 200.
- **Amplification:** Limited to 85 dB(A), no subwoofers.
- **Monitoring:** Continuous SPL meter with visual alarm when approaching threshold.

The American model represents a technically driven approach, where permanent SPL monitoring and real-time alarms ensure compliance and performer self-regulation during each concert.

2.6 Waitomo Glowworm Caves – New Zealand

- **Event type**: Occasional choral and orchestral concerts under the glowworm dome.
- **Frequency**: 1–2 per year.
- **Audience**: ~100.
- **Amplification**: None.

The New Zealand model showcases the integration of acoustic measurement and natural reverberation, proving that even delicate environments can host rare, acoustically pure performances under active sound supervision.

2.7 Summary of Global Practices

Parameter	*Common Range*
Event Frequency	**1 – 300 events per year**
Audience Capacity	**75 – 300 people per event**
Average sound Level (LAeq)	**75 – 85 dB(A)**
Peak Level (LCpeak)	**90 – 100 dB(C)**
Duration	**10 – 90 minutes**
Amplification	**None**
Monitoring	**Continuous SPL systems**

3. Acoustic and Operational Limits at Jeita Grotto

3.1 Authorized Event Categories

The organization of any artistic or musical activity within Jeita Grotto must align with the **acoustic, environmental, and structural sensitivity** of the site.

Drawing on the global benchmarks observed in comparable venues the following categories define **permitted** and **restricted** event formats.

Permitted Event Type	*Description and Conditions*
Acoustic Concerts	**Live performances using unamplified instruments (e.g., violin, cello, harp, flute, pan flute, guitar) and/or natural voice**
Small-Scale Ensembles	**Intimate formats (solo, duo, trio)**
Choral And Vocal Performances	**A cappella or lightly accompanied voices**
Traditional / Meditative Music	**Performances using regional acoustic instruments or ambient textures (e.g., oud, flute, handpan, harp) with low percussion**
Spoken-Word or Lecture Sessions	**Readings, poetry, or educational talks**
Audio-Visual Recordings (Closed Sessions)	**Professional recording or filming sessions without public attendance (duration and sound pressure must comply with limits below)**

Not permitted: amplified rock, pop, techno, rap, deep bass, heavy percussion, or sound systems exceeding 500 W total power.

3.2 Quantitative Constraints

The acoustic thresholds defined below ensure preservation of the cave's natural balance while allowing safe, high-quality sound reproduction. All parameters are grounded in **international field data** from best practices and in **relevant environmental-acoustics standards** (e.g., ISO 1996-2, UNE-EN 61672, UNESCO karst-heritage guidelines).

3.2.1 Sound-Level Limits

Parameter	*Definition*	*Jeita Limit*
Average Sound Pressure Level (LAeq)	Equivalent continuous A-weighted sound level over the full event	**≤ 85 dB(A)**
Peak Level (LCpeak)	Highest instantaneous C-weighted pressure	**≤ 90 dB(C)**
Low-Frequency Content	20 – 125 Hz band energy	**< 65 dB(A)**
Maximum duration of Exposure	Cumulative time including rehearsals	**≤ 2 h (including setup and rehearsal)**

3.2.2 Spatial and Audience Parameters

Parameter	*Jeita Limit*	*Purpose / Rationale*
Source-to-Wall Distance	**≥ 5 m**	Avoids reflection focusing / micro-vibration on formations
Stage-to-Ceiling Clearance	**≥ 3 m**	Prevents direct energy coupling with stalactites
Audience Capacity	**≤ 120 persons**	Matches structural load

3.2.3 Event Frequency Limitation

Based on comparative analysis of global cave venues and environmental-acoustic standards, the acceptable operational threshold for Jeita-type karst chambers is defined as a **maximum of one (1) event per week**. This interval allows the cave's acoustic, geological, and micro-vibratory equilibrium to return to baseline conditions between sessions, in line with ISO-defined measurement cycles and UNESCO's "periodic recovery" principle.

3.3 Amplification and Equipment Controls

- Subwoofers and low-frequency reinforcement are prohibited.
- Microphones are prohibited.
- Only low-power directional systems that must include a calibrated SPL limiter set to 85 dB(A) LAeq are permitted (total ≤ 500 W).

3.4 Continuous Acoustic Monitoring system

To ensure compliance, Jeita Grotto must operate a **real-time sound-level monitoring network linked to the cave management system**:

- Minimum of **one Class 1 sound level meter (SLM)** positioned at audience centroid.
- **Real-time display** visible to performers and technicians.
- **Alarm system:** visual or audible alert triggered at 83 dB(A) LAeq or 87 dB(C) LCpeak.
- **Data storage:** recordings archived ≥ 24 months.

4. Implementation and Compliance

- Every event must be **approved in advance** by a qualified **acoustic engineer**.
- **Pre-event calibration** of all sound-monitoring equipment (Class 1 sound level meter or equivalent) shall be conducted and documented.
- **Continuous sound-level monitoring** must operate throughout rehearsals and performances:
  - The system shall record **LAeq** and **LCpeak** values in real time.
  - An **audible or visual alert** must activate when thresholds of **85 dB(A)** LAeq or **90 dB(C)** LCpeak are approached or exceeded.
- A **trained acoustician or technician** must supervise the monitoring system during all performances and take **immediate corrective action** or **temporarily suspend** the event if limits are exceeded.
- All readings shall be **archived for a minimum of 24 months**.
- Within **15 days after each event**, a **post-event acoustic compliance report** shall be issued, summarizing measurements and confirming adherence to limits.
- **Annual verification and calibration** of all measurement devices must be performed by a **certified acoustic laboratory**.
- All technical and production personnel must receive **training in acoustic management and sensitivity of karst environments**.

5. Summary and Guiding Principles

This specification establishes a **comprehensive framework** ensuring that musical events in the Jeita Grotto:

- Respect the site's **natural acoustic balance**
- Preserve its **geological and biological formations**
- Maintain **minimal vibrational and acoustic footprint**
- Align with **internationally recognized best practices** from France, Spain, Italy, Slovenia, the United States, and New Zealand

When applied correctly, this framework will allow Jeita Grotto to become a **global reference for harmony between music, science, and nature**, ensuring its **acoustic and ecological sustainability** for generations to come.