

01

Το εξωτερικό
του σπηλαίου
των Ανυγρίδων
Νυμφών πριν από
τον καθαρισμό.





—Τα παραδείγματα του σπηλαίου
Βλυχάδας Διρού και Ανυγρίδων Νυμφών

ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΣΠΗΛΑΙΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΛΙΘΙΚΗ ΧΛΩΡΙΔΑ

Δρ Αλεξάνδρα Οικονόμου
*Βιολόγος, Αναπλ. Προϊσταμένη Τμήματος Αρχαιολογικών
Έργων και Μελετών Γεωλογίας και Παλαιοντολογίας
Εφορεία Παλαιοανθρωπολογίας-Σπηλαιολογίας*

ΤΟΝ ΑΠΡΙΛΙΟ ΤΟΥ 1963 ΤΟ ΣΠΗΛΑΙΟ ΤΟΥ ΛΑΣΚΩ ΤΗΣ Γαλλίας, με τις περιφημες βραχογραφίες, έκλεισε για το κοινό. Αιτία ήταν οι μικρές πράσινες κουκκίδες που παρατηρήθηκαν πάνω στην όχρα των βραχογραφιών με τη μοναδική φωτεινότητα.

Επιστήμονες διαφόρων ειδικοτήτων κατέφθασαν στο Λασκώ για να μελετήσουν και να θεραπεύσουν το σπήλαιο από την ασθένεια που το είχε προσβάλει. Από τότε πολλοί ειδικοί έχουν ασχοληθεί με το πρόβλημα του πράσινου φύκου (επιλιθική χλωρίδα), που εμφανίζεται κυρίως στα σπήλαια τα οποία έχουν αξιοποιηθεί τουριστικά, ενώ για την αντιμετώπισή του έχουν συνταχθεί πολλές μελέτες.

Οι κύριες αιτίες εμφάνισης του πράσινου φύκου στα σπήλαια είναι ο φωτισμός, η αύξηση της θερμοκρασίας, η δημιουργία ρευμάτων αέρα από τεχνητές εισόδους, η μεταφορά μικροοργανισμών, κυρίως μυκήτων, από τους επισκέπτες του σπηλαίου και η υψηλή υγρασία στην επιφάνεια του λιθωματικού διακόσμου.

Στην Ελλάδα το φαινόμενο παρατηρήθηκε και μελετήθηκε σε μεγάλη έκταση στα σπήλαια Κουτουκι Παιανίας, Βλυχάδας Διρού, Ανυγρίδων Νυμφών στα Λουτρά Καϊάφα, Πετραλώνων Χαλκιδικής και Δικταίων Άντρο στην Κρήτη, για τα οποία έχουν εκπονηθεί μελέτες επίλυσης του προβλήματος.

Οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί τους, οι οποίοι ήταν λευκοί και λείοι όταν ανακαλύφθηκαν τα σπήλαια, έχουν αποκτήσει χρώμα υπότεφρο και υφή σπογγώδη. Χωρίς αμφιβολία η γενεσιουργός αιτία ανάπτυξης της επιλιθικής χλωρίδας είναι κυρίως ο τεχνητός φωτισμός των σπηλαίων αλλά, σε κάποιες περιπτώσεις, και το φυσικό φως που μπαίνει από μεγάλα ανοίγματα στις εισόδους των σπηλαίων και επηρεάζει τα τοιχώματα.

Η παρουσία φωτοσυνθετικών οργανισμών (φωτοσυνθετική επιλιθική χλωρίδα) εκδηλώνεται συχνά έως πάντα σχεδόν με τη μορφή πράσινων, γαλαζοπράσινων ή σκοτεινόχρωμων καστανών-μαύρων αναπτύξεων επί των τοιχωμάτων των σπηλαίων, του εδάφους και των σπηλαιοθεμάτων. Αναπτύσσεται όπου υπάρχει διαθέσιμο φως, φυσικό ή τεχνητό, ικανό για την πραγματοποίηση της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης. Στα τουριστικά αξιοποιημένα σπήλαια ο σχεδιασμός και η εγκατάσταση ηλεκτροφωτισμού είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα, καθώς συμβάλλει στη θερμική και βιολογική ρύπανση του σπηλαίου.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος έχουν προταθεί διάφορα μέτρα, όπως η παύση λειτουργίας της εγκατάστασης φωτισμού για έναν χρόνο, ο ψεκασμός των φυτικών οργανισμών με ζιζανιοκτόνα και η απομάκρυνσή τους κατόπιν διά πλύσεως, καθώς και η τοποθέτηση δεύτερης πόρτας στην είσοδο και την έξοδο των σπηλαίων προκειμένου να περιοριστεί το δημιουργούμενο ρεύμα αέρα.

Εκτός από την παρέμβαση στο περιβάλλον των σπηλαίων (έμμεσος τρόπος) για τον μόνιμο περιορισμό της βιολογικής δραστηριότητας με τροποποίηση της έντασης και της ποιότητας του φωτισμού καθώς και της υγρασίας, αναζητήθηκε παράλληλα μια μέθοδος και υλικά άμεσης επέμβασης με γρήγορα και δραστικά αποτελέσματα.

Τα σπήλαια στην Πελοπόννησο στα οποία έγινε καθαρι-

σμός των πετρωμάτων από την επιλιθική χλωρίδα είναι δύο: Τα σπήλαια των Ανυγρίδων Νυμφών στα Λουτρά Καϊάφα του νομού Ηλείας και το σπήλαιο Βλυχάδας Διρού στον νομό Λακωνίας.

ΣΠΗΛΑΙΟ ΒΛΥΧΑΔΑΣ ΔΙΡΟΥ

Οι εργασίες καθαρισμού από την επιλιθική χλωρίδα στο σπήλαιο Βλυχάδας Διρού έγιναν στο πλαίσιο του Υποέργου 1 «Συντήρηση, αποκατάσταση και ανάδειξη των σπηλαίων Αλεπότρυπας και Βλυχάδας Διρού» του έργου «Αποκατάσταση και ανάδειξη των σπηλαίων και των κτηριακών εγκαταστάσεων Διρού, ΠΕ Λακωνίας, Β' φάση» ΕΣΠΑ 2014-2020 και ολοκληρώθηκαν στις 31.12.2022, όπως προέβλεπε το χρονοδιάγραμμα.

Οι εργασίες στο σπήλαιο Βλυχάδας Διρού πραγματοποιήθηκαν τόσο στο χερσαίο όσο και στο λιμναίο τμήμα του. Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Ειδικό Υγρό Εφαρμογής-Καθαρισμού Ασβεστολιθικών Πετρωμάτων MEVAR-CAV, συγκέντρωσης 100 ppm.

Ο καθαρισμός του σπηλαίου έγινε με ήπιο ψεκασμό, στην αρχή με χρήση του νερού του σπηλαίου και στη συνέχεια με εφαρμογή του προαναφερόμενου σκευάσματος.

Τα αποτελέσματα είναι εντυπωσιακά, αφού ο λιθωματικός διάκοσμος του σπηλαίου επανήλθε σε ποσοστό περίπου 90% στην αρχική του μορφή και αναδείχθηκε η λευκότητα και η στιλπνότητά του.

ΣΠΗΛΑΙΑ ΑΝΥΓΡΙΔΩΝ ΝΥΜΦΩΝ ΛΟΥΤΡΩΝ ΚΑΪΑΦΑ

Οι εργασίες καθαρισμού από την επιλιθική χλωρίδα στα σπήλαια των Ανυγρίδων Νυμφών έγιναν στο πλαίσιο του Υποέργου 2 «Προμήθεια εξοπλισμού για τον καθαρισμό-εξυγίανση-παρακολούθηση των υδάτων των σπηλαίων», του έργου «Εκσυγχρονισμός υφιστάμενων εγκαταστάσεων και δικτύων υποδομών περιοχής λίμνης Καϊάφα», ΕΣΠΑ 2014-2020.

Για τον πλήρη καθαρισμό και την απομάκρυνση της επιλιθικής χλωρίδας, των αναπτύξεων κυανοβακτηρίων και ευκαρυωτικών φυκών, που είχαν καλύψει τα τοιχώματα των σπηλαίων και προκαλούσαν έντονη διάβρωση των πετρωμάτων αλλά και επιμόλυνση των υδάτων, έγινε χρήση σκευάσματος-μίγματος από αιθέριο έλαιο κανέλας και αιθέριο έλαιο ρίγανης, σε συγκεντρώσεις 0,2-0,4%.

Το υλικό εφαρμόστηκε τόσο με ψεκασμό μεσαίας πίεσης όσο και με απλή τριβή ή και με απλή επάλειψη, με παρόμοια-ισοδύναμα αποτελέσματα.

Μετά το πέρας του έργου διαπιστώθηκε μακροσκοπικά ο πλήρης καθαρισμός και η απομάκρυνση της επιλιθικής χλωρίδας από τα ασβεστολιθικά πετρώματα των σπηλαίων των Ανυγρίδων Νυμφών.

Ο καθαρισμός των σπηλαίων είναι μια διαδικασία που καθίσταται αναγκαία εξαιτίας της τουριστικής αξιοποίησής τους με λανθασμένο τρόπο. Στο παρελθόν η διάβρωση των πετρωμάτων ήταν αναπόφευκτη δεδομένου ότι δεν υπήρχε η τεχνολογία και οι τεχνικές που θα εξασφάλιζαν την ορθή αξιοποίησή τους.

Προκειμένου λοιπόν να παρεμποδιστεί η εκ νέου ανάπτυξη



02



03



04



05



06



07

02

Ανάπτυξη επιλιθικής χλωρίδας γύρω από ακατάλληλο φωτιστικό σώμα στο λιμναίο τμήμα του σπηλαίου Βλυχάδας Διρού.

03

Ανάπτυξη επιλιθικής χλωρίδας στα τοιχώματα του χερσαίου τμήματος του σπηλαίου Βλυχάδας Διρού.

04-05

Τμήμα σταλαγμιτικής κολόνας στο λιμναίο τμήμα του σπηλαίου Βλυχάδας Διρού πριν και μετά τον καθαρισμό.

06-07

Τμήμα λιθωματικού διακόσμου στο χερσαίο τμήμα του σπηλαίου Βλυχάδας Διρού πριν και μετά τον καθαρισμό.

08

Καθαρισμός
των τοιχωμάτων
του σπηλαίου των
Ανυγρίδων Νυμφών
από την επιλιθική
χλωρίδα με τη μέθοδο
του ψεκασμού.

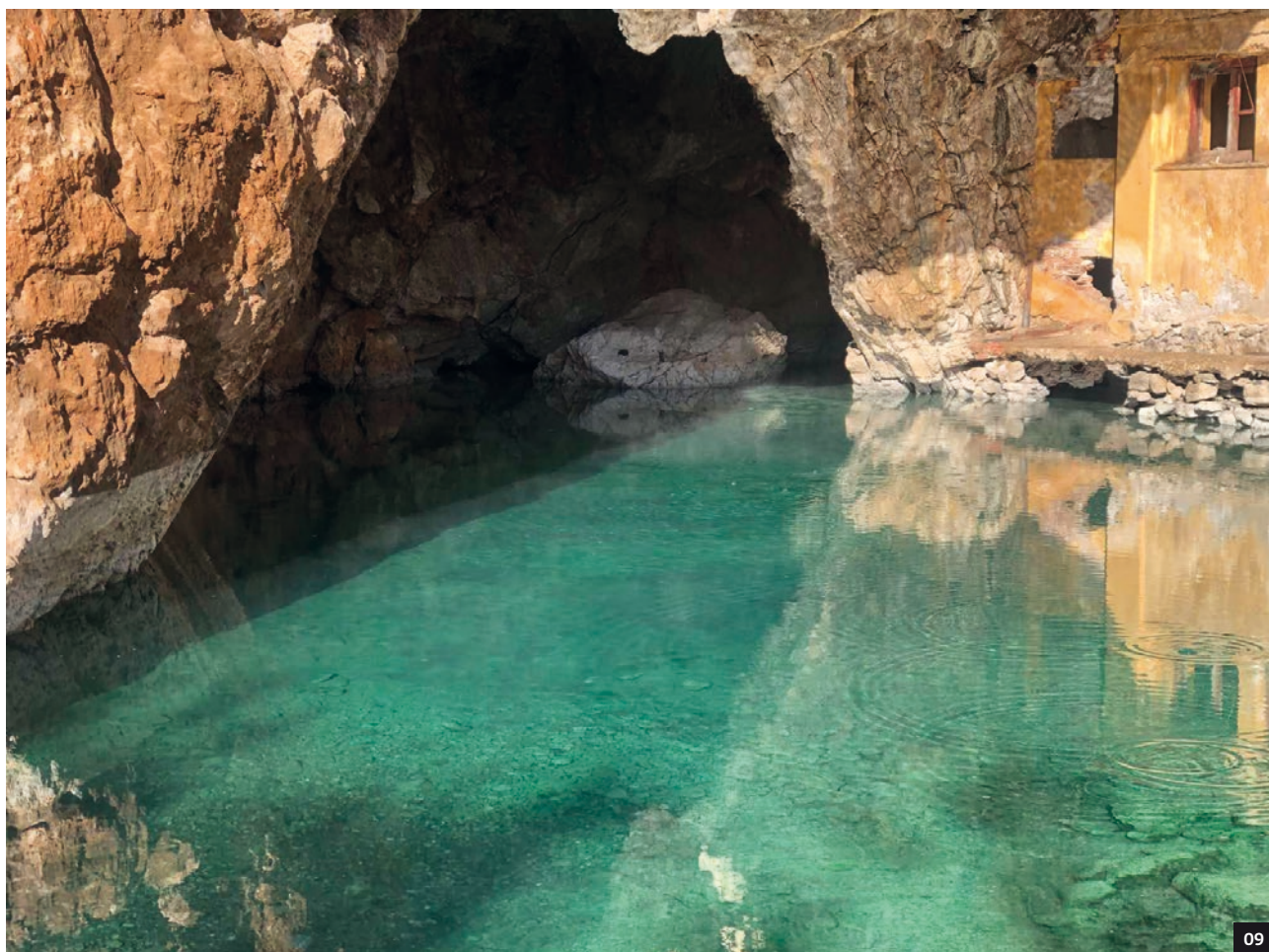
09

Το εξωτερικό
του σπηλαίου των
Ανυγρίδων Νυμφών
μετά τον καθαρισμό.

10-11

Τμήμα από το εσωτερικό
του σπηλαίου
των Ανυγρίδων Νυμφών
πριν και μετά
τον καθαρισμό.





09

της μικροχλωρίδας στο εσωτερικό των σπηλαίων θα πρέπει να γίνει αντικατάσταση του υπάρχοντος ηλεκτροφωτισμού, που αποτελείται συνήθως από λαμπτήρες πυρακτώσεως, με λαμπτήρες LED χαμηλής ισχύος.

Οι πόρτες εισόδου και εξόδου θα πρέπει να είναι αδιαπέραστες από το φως και να μένουν ανοικτές στον ελάχιστο δυνατό χρόνο.

Θα πρέπει να πραγματοποιείται μελέτη του ενυπάρχοντος στο σπήλαιο έμβιου κόσμου, καθώς και των παραμέτρων του μικροκλίματός του, με σκοπό τη λήψη των κατάλληλων μέτρων για τη διατήρηση σε κάθε περίπτωση της βιολογικής ισορροπίας.

Όλα αυτά συνοδεύονται από μία σειρά προτάσεων και μέτρων κατά της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος του σπηλαίου από εξωτερικούς παράγοντες όπως είναι το φυσικό φως,

η μεταφορά σπορίων στο εσωτερικό του κ.λπ., καθώς επίσης το πλήθος και η συμπεριφορά των επισκεπτών.

Εάν τα προτεινόμενα μέτρα εφαρμοστούν σωστά, συμβάλλουν τόσο στη βελτίωση της κατάστασης σε αρκετά αξιοποιημένα σπήλαια των οποίων το περιβάλλον είναι ήδη αρκετά επιβαρυνμένο, όσο και στην προστασία αυτών που πρόκειται να αξιοποιηθούν.

* Στοιχεία έχουν αντληθεί από τη μελέτη για την εξυγίανση των ιαματικών υδάτων των σπηλαίων των Αυνυγρίδων Νυμφών με τίτλο «Μελέτη καθαρισμού-εξυγίανσης των υδάτων» της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου με συντονίστρια και επιστημονική υπεύθυνη την καθηγήτρια Ε.Α. Παυλάτου (2019).

Βιβλιογραφία

Doulgeraki A.I. / Bikouli V. / Argyri A.A. / Chorianopoulos N. / Mitre E. / Charvourou G. / Sourri P. / Tassou Ch. / Oikonomou A., «Exploring the Bacterial Communities of the Kaiafas Thermal Spring Anigrdes Nymphes in Greece Prior to Rehabilitation Actions», *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17/23 (2020), 9133.

Λαμπρινού Β., *Μελέτη καθαρισμού από την επιλιθική χλωρίδα του σπηλαίου Βλυχάδας Διρού στα πλαίσια*

του έργου «Συντήρηση, αποκατάσταση και ανάδειξη των σπηλαίων Αλεπότρυπας και Βλυχάδας Δυρού», 2013.

Lamprinou V. / Danielidis D.B. / Pantazidou A. / Oikonomou A. / Economou-Amilli A., «The show cave of Diros vs. wild caves of Peloponnese, Greece — distribution patterns of Cyanobacteria», *International Journal of Speleology* 43/3 (2014), σ. 335–342.

Oikonomou A. / Tourni I. / Tourni M.–A. (2015),

«A re-evaluation in the lighting of show caves in Greece: a new methodological approach», *Balkan Light 2015. The 6th Balkan Conference on Lighting*, 16–19 September 2015, Athens, σ. 19–24.