



ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟ ΜΟΥΣΕΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΛΙΘΟΣ

ΗΜΕΡΙΔΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΜΘ 2007





ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟ ΜΟΥΣΕΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΛΙΘΟΣ

ΗΜΕΡΙΔΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΜΘ 2007

Επιμέλεια
Πολυξένη Αδάμ-Βελένη
Δέσποινα Ιγνατιάδου

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2008

ΛΙΘΟΣ

Ημερίδα Συντήρησης 2007 ΑΜΘ

Επιμέλεια κειμένων έκδοσης

Πολυξένη Αδάμ-Βελένη

Δέσποινα Ιγνατιάδου

Δόμνα Τερζοπούλου

ISBN 978-960-89388-4-7

Έκδοση Αρχαιολογικού Μουσείου Θεσσαλονίκης αρ. 3

© ΥΠΠΟ, Αρχαιολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης
Μάρτιος 2008,

Το παρόν έργο πνευματικής ιδιοκτησίας προστατεύεται κατά τις διατάξεις του Ελληνικού νόμου (Ν.2121/1993 όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει σήμερα) και τις διεθνείς συμβάσεις περί πνευματικής ιδιοκτησίας. Απαγορεύεται απολύτως η άνευ γραπτής άδειας του εκδότη κατά οποιοδήποτε τρόπο ή μέσο αντιγραφή, φωτοανατύπωση και εν γένει αναπαραγωγή, εκμίσθωση ή δανεισμός, μετάφραση, διασκευή, αναμετάδοση στο κοινό σε οποιαδήποτε μορφή (ηλεκτρονική, μηχανική ή άλλη) και η εν γένει εκμετάλλευση του συνόλου ή μέρους του έργου.

Παραγωγή

 **ΕΚΔΟΣΕΙΣ
ΖΗΤΗ**
www.ziti.gr



Η ανασκαφή, πέρα από μια γοητευτικά τελετουργική διαδικασία αναμόχλευσης των καταλοίπων του παρελθόντος, είναι αναπόφευκτα και μια διαδικασία καταστροφής. Αφαιρούμε τα αλλεπάλληλα στρώματα που έχει εναποθέσει ο χρόνος για να τα διαβάσουμε αντίστροφα, από τα νεότερα στα παλαιότερα. Και όλη αυτή η πορεία αντίστροφα στον χρόνο είναι μη αναστρέψιμη. Οριστικά και αμετάκλητα οι επιχώσεις καθαιρούνται για να ερμηνευθούν από τον αρχαιολόγο και να αξιοποιηθούν με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια. Το κάθε τι που εμπεριέχεται στο χώμα της ανασκαφής είναι δυνάμει πολύτιμο και αξιοποιήσιμο. Η κάθε πληροφορία θα πρέπει να διασώζεται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Και εδώ καλούνται να συνδράμουν και άλλες επιστήμες και άλλες ειδικότητες.

Παράλληλα με την ανασκαφική έρευνα η συντήρηση των αρχαιολογικών καταλοίπων είναι μέλημα πρωταρχικό και απαρέγκλιτο. Ο λίθος, ο πηλός, το μέταλλο, το γυαλί, οι οργανικές ουσίες και ό,τι ανήκε στο περιβάλλον της κάθε εποχής θα πρέπει να διασωθούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Τελικός στόχος είναι η πιο άρτια «ανάγνωση» τους από τους επιστήμονες, οι οποίοι θα επιχειρήσουν να αναπλάσουν την εκάστοτε μικροϊστορία ενός τόπου ή μιας εποχής.

Το Αρχαιολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης, αναγνωρίζοντας τον κυρίαρχο ρόλο που διαδραματίζουν οι συντηρητές αρχαιοτήτων στη διάσωση, ανάδειξη και προβολή των αντικειμένων της αρχαιότητας, εγκαινιάζει από το 2007 μια ημερίδα συντήρησης. Στην ημερίδα αυτή, ειδικοί από τον χώρο καλούνται να καταθέσουν τις εμπειρίες τους, να διατυπώσουν απόψεις και μεθόδους εφαρμογής και να προτείνουν λύσεις για χρόνια ζητήματα που αφορούν στη συντήρηση των αρχαιοτήτων. Κάθε χρονιά θα αφιερώνεται σε ένα υλικό. Για φέτος επελέγη ο λίθος. Ο παρών τόμος με τα πρακτικά των δέκα ανακοινώσεων αυτής της ημερίδας αποδεικνύει έμπρακτα τη χρησιμότητα αυτής της συνάντησης. Ταυτόχρονα, φιλοδοξούμε να αποτελέσει το παρόν πόνημα σημείο αναφοράς και αφορμή για περαιτέρω μελέτες, συζητήσεις και προβληματισμό.

Η ιδέα για την οργάνωση της ημερίδας προέκυψε από τους συντηρητές του ΑΜΘ, και κυρίως από την Α. Καπιζιώνη, αμέσως μετά τον εξοπλισμό και την οργάνωση των υποδειγματικών εργαστηρίων συ-

ντήρησης του Μουσείου, εργασία στην οποία είχε την εποπτεία η αρχαιολόγος-συντηρήτρια Δ. Ιγνατιάδου. Στη ομάδα εργασίας της ημερίδας του 2007 εντάχθηκαν και συνέβαλαν ουσιαστικά, εκτός από τις δύο προαναφερθείσες, η αρχαιολόγος Δ. Τερζοπούλου, η συντηρήτρια-αρχιτέκτων Μ. Λουκμά και ο χημικός Ι. Ναζλής, όλοι άξιοι συνεργάτες στην κοινή μας πορεία στο Μουσείο. Ιδιαίτερα οφείλω να αναφέρω την άψογη μεταξύ μας συνεργασία, την υψηλού επιπέδου επιδίωξη όλων για όσο το δυνατόν πιο άρτιο αποτέλεσμα για τη διοργάνωση της ημερίδας και κατά τη διάρκειά της, αλλά και για την άμεση κινητοποίησή τους για την έγκαιρη εκτύπωση των πρακτικών.

Η ημερίδα πραγματοποιήθηκε με τη συμβολή των εταιρειών: «In Situ», «Σαμιωτάκης Catering», «Τεχνική Εταιρεία Κατασκευών Χρηστάκης και συνεργάτες» και «Μαρμαροδομική». Το Σωματείο των «Φίλων του Αρχαιολογικού Μουσείου Θεσσαλονίκης», συμπράττοντας πάντοτε ως αρωγός στο έργο μας, επωμίστηκε μεγάλο μέρος της δαπάνης για την εκτύπωση των πρακτικών της ημερίδας. Σε όλους εκφράζουμε τις θερμές μας ευχαριστίες.

Τέλος, η θετική αντιμετώπιση της ημερίδας από την ηγεσία του Υπουργείου Πολιτισμού και η μικρή αλλά άμεση επιχορήγησή της, μας ενθαρρύνει για την επανάληψή της στα επόμενα χρόνια, ελπίζοντας να γίνει ένας ιδιαίτερα εποικοδομητικός θεσμός, ο οποίος θα συμβάλλει ουσιαστικά στην έξοδο της σημαντικής δουλειάς των συντηρητών από την απομόνωση του εργαστηρίου.

δρ. Πολυξένη Αδάμ-Βελένη

Αρχαιολόγος - Θεατρολόγος

Προϊσταμένη Αρχαιολογικού Μουσείου Θεσσαλονίκης



Η συντήρηση αρχαιοτήτων αποτελεί πλέον μια αναγνωρισμένη διεπιστήμη διεθνώς. Πρόκειται για έναν τομέα γοργά αναπτυσσόμενο, με συνεχώς νέα δεδομένα, τόσο σε επίπεδο έρευνας και υλικών, όσο και σε επίπεδο εφαρμογών και μεθόδων. Η ενημέρωση και η κατάρτιση των εργαζομένων στα πεδία της προστασίας και της συντήρησης της πολιτιστικής κληρονομιάς καθίσταται απαραίτητη και πρέπει να στοχεύει στη διεπιστημονική συνεργασία και στην ανταλλαγή εμπειριών σε εθνικό και διεθνές επίπεδο.

Θεωρούμε λοιπόν, ιδιαίτερα σημαντική την πρωτοβουλία του Αρχαιολογικού Μουσείου Θεσσαλονίκης να εγκαινιάσει αυτό το νέο θεσμό των ετήσιων ημερίδων συντήρησης. Η παρουσίαση των τρεχόντων έργων και οι προβληματισμοί που εγείρονται σε κάθε επέμβαση συντήρησης, έρχονται να ενισχύσουν την ανταλλαγή εμπειριών και απόψεων και τη συνεργασία μεταξύ αρχαιολόγων, συντηρητών και άλλων ειδικών επιστημόνων.

Με τη βεβαιότητα ότι η ημερίδα αυτή θα αποτελέσει βάση για ένα πλούσιο και γόνιμο διάλογο πάνω στους προβληματισμούς που προκαλεί το ίδιο το αντικείμενο, χαιρετίζουμε και ευχόμαστε κάθε επιτυχία στη διεξαγωγή της.

Νίκος Μίνωσ

*Προϊστάμενος της Διεύθυνσης Συντήρησης
Αρχαίων και Νεωτέρων Μνημείων*

Ημερίδες Συντήρησης ΑΜΘ

Η αρχή ενός θεσμού

Το Αρχαιολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης υπήρξε ανέκαθεν πρωτοπόρο στον τομέα της συντήρησης αρχαιοτήτων. Η αρχή έγινε το 1963, οπότε συστάθηκε το μικρό πρώτο εργαστήριο, ενώ, τα επόμενα 40 χρόνια, σταδιακά αναπτύχθηκαν στους χώρους του τέσσερα πλήρη εργαστήρια συντήρησης κινητών μνημείων, σε στενή συνεργασία με το αναλυτικό εργαστήριο. Με την πρόσφατη ανακαίνιση του κτηρίου σχεδιάστηκε, και πλέον λειτουργεί, ένα πρότυπο συγκρότημα εργαστηρίων, σε άριστους χώρους, εφοδιασμένο με εξοπλισμό τελευταίας τεχνολογίας και στελεχωμένο με υψηλού επιπέδου προσωπικό. Το επίπεδο όμως ενός εργαστηρίου συντήρησης, σχετίζεται μόνο εν μέρει με την αρτιότητα των χώρων και το υψηλό κόστος του εξοπλισμού. Οι άνθρωποι παίζουν το σημαντικότερο ρόλο, και αυτοί πρέπει να ενισχυθούν ώστε να αξιοποιήσουν τον όποιο εξοπλισμό. Προς την κατεύθυνση αυτή, που παρουσιάζει έλλειψη στη χώρα μας, θεωρήσαμε πως θα συντελούσε μια πρωτοβουλία του ΑΜΘ για την οργάνωση ενός ετήσιου συνεδριακού θεσμού που θα ενθάρρυνε τους συντηρητές αρχαιοτήτων στην προσέγγιση των νέων τεχνολογιών, της εν εξελίξει έρευνας και της εφαρμογής τους στη συντήρηση αρχαιοτήτων.

Η Διευθύντρια του ΑΜΘ Π. Αδάμ-Βελήνη αποδέχτηκε με ενθουσιασμό την αρχική ιδέα της Α. Καπιζιώνη για τη διοργάνωση των ημερίδων και χωρίς καθυστέρηση σύστησε την οργανωτική επιτροπή της πρώτης ημερίδας, με επικεφαλής την υπογράφουσα. Αποφασίσθηκε να απευθύνεται κάθε χρόνο πρόσκληση στους επιστήμονες διαφόρων ειδικοτήτων να παρουσιάσουν την έρευνά τους πάνω στο θέμα ή το υλικό που θα επιλέγεται κάθε φορά. Πρωτογενής ή εφαρμοσμένη, ή έρευνα είναι η βάση της συντήρησης αρχαιοτήτων και οι συντηρητές οφείλουν να παρακολουθούν τις εξελίξεις της. Όμως η ημερίδα δεν απευθύνεται μόνο σε αυτούς αλλά και στους επιστήμονες άλλων κλάδων: τους αρχαιολόγους και τους αρχιτέκτονες που είναι συν-επιφορτισμένοι με την προστασία των μνημείων, καθώς και τους επιστήμονες του αρχαιομετρικού τομέα που στέκονται πολύτιμοι αρωγοί στην προστασία αυτή.

Η επιλογή του θέματος για το 2007 οφείλεται σε δύο δεδομένα. Πρώτον, το ΑΜΘ διαθέτει μία από τις σημαντικότερες συλλογές λί-



θινων ευρημάτων, τα σημαντικότερα από τα οποία ξαναστήθηκαν πρόσφατα στις νέες μόνιμες εκθέσεις. Δεύτερον, το εργαστήριο λίθου του ΑΜΘ έχει μόλις θέσει σε λειτουργία τη νεοαποκτηθείσα συσκευή laser για τον καθαρισμό λίθινων. Στην πρόσκληση που απευθύνουμε ζητήσαμε εισηγήσεις για τα παρακάτω ζητήματα που αφορούν σε λίθινα μνημεία:

- ♦ Ο καθαρισμός της επιφάνειας
- ♦ Τα υλικά καθαρισμού
- ♦ Η προστασία της επιφάνειας
- ♦ Η αφαίρεση graffiti και σύγχρονων υλικών
- ♦ Ο καθαρισμός επικαθήσεων με laser
- ♦ Ο εντοπισμός χρωματικών καταλοίπων
- ♦ Οι τρόποι και οι συνθήκες έκθεσης των γλυπτών



Υπήρξε θερμή ανταπόκριση και η πρώτη ημερίδα πραγματοποιήθηκε την Παρασκευή 3 Νοεμβρίου 2007 στην αίθουσα «Μανόλης Ανδρόνικος» του Αρχαιολογικού Μουσείου Θεσσαλονίκης. Γραπτό χαιρετισμό απηύθυνε ο Διευθυντής Συντήρησης του ΥΠΠΟ, Ν. Μίνως, ενώ την έναρξη των εργασιών κήρυξε η Διευθύντρια του ΑΜΘ. Τις εργασίες ακολούθησε ξενάγηση των συμμετεχόντων στα νέα εργαστήρια του ΑΜΘ. Η συμμετοχή ξεπέρασε κάθε προσδοκία. Η αίθουσα των 90 θέσεων γέμισε ασφυκτικά με 180 συντηρητές, αρχαιολόγους, αρχιτέκτονες και αρχαιομέτρες από 26 υπηρεσίες του Υπουργείου Πολιτισμού, αλλά και 7 άλλους φορείς που δραστηριοποιούνται στην προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς. Έντονο ενδιαφέρον για την παρακολούθησή της εκδηλώθηκε επίσης από τους σπουδαστές των σχολών συντήρησης αρχαιοτήτων.

Με την έκδοση των πρακτικών καταγράφεται η γνώση που παρουσιάστηκε στην ημερίδα, καθιερώνεται ο θεσμός και διατηρείται η προσδοκία για τις επόμενες διοργανώσεις.

Για την οργανωτική επιτροπή
Δέσποινα Ιγνατιάδου



Η οργανωτική επιτροπή της ημερίδας:

Δέσποινα Ιγνατιάδου, αρχαιολόγος

Δόμνα Τερζοπούλου, αρχαιολόγος

Ανδρονίκη Καπιζιώνη, συντηρήτρια αρχαιοτήτων

Μαρία Λουκμά, συντηρήτρια αρχαιοτήτων

Γιάννης Ναζλής, χημικός



Περιεχόμενα

Στρώματα στις επιφάνειες των ασβεστιτικής φύσης λίθινων μνημείων και γλυπτών Προσέγγιση θεμάτων καθαρισμού.	11
<i>Καλλιόπη Κουζέλη</i>	
Αξιολόγηση μεθόδων καθαρισμού Ο καθαρισμός της δυτικής ζωφόρου του Παρθενώνος	27
<i>Αναστασία Πάνου, Κατερίνα Φραντζικινάκη, Εύη Παπακωνσταντίνου, Παρασκευή Πουλή</i>	
Η συντήρηση της επιφάνειας στα μνημεία της Ακρόπολης	41
<i>Γιασεμή Φραντζή, Αναστασία Πάνου, Ανθή Τσιμερέκη, Κατερίνα Φραντζικινάκη</i>	
Η συντήρηση της Αψίδας του Γαλερίου Προβλήματα και μεθοδολογία	51
<i>Δημήτρης Καρολίδης</i>	
Πρόσφατες εργασίες συντήρησης και προστασίας στην Αψίδα του Γαλερίου Επεμβάσεις και έρευνα	57
<i>Χαράλαμπος Τσαγγαλίδης, Σβετλάνα Βιβντένκο</i>	
Πειραματική εφαρμογή της μεθόδου laser στη συντήρηση λίθινων αντικειμένων Μια πρώτη προσέγγιση	65
<i>Μαρία Λουκμά, Γιάννης Ναζλής</i>	
Μία μέθοδος αδιαβροχοποίησης του λίθου με πολυμερή και νανοσωματίδια	79
<i>Παναγιώτης Μανούδης, Ανδρέας Τσακάλωφ, Ιωάννης Καραπαναγιώτης, Ιωάννης Ζουμπουρτικούδης, Κάτια Ματζιάρη, Ελπίδα Μινοπούλου, Κωνσταντίνος Παναγιώτου</i>	

Ζητήματα έκθεσης, στήριξης και αποκατάστασης γλυπτών

Αρχαιολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης

89

Μαρία Μερτζάνη

Για την πολυχρωμία στην αρχαία Ελληνική αρχιτεκτονική και γλυπτική

Μεταξύ πραγματικότητας και οραματισμού

105

Χαρίκλεια Μπρεκουλάκη

Στρώματα στις επιφάνειες των ασβεστιτικής φύσης λίθινων μνημείων και γλυπτών Προσέγγιση θεμάτων καθαρισμού

Καλλιόπη Κουζέλη

Οι επιφάνειες των λίθων αρχαίων μνημείων ή γλυπτών καλύπτονται συχνά από στρώματα¹ ποικίλης φύσης, δομής και μορφής, τα οποία επηρεάζουν σημαντικά την εικόνα που οι αρχαιότητες δίνουν στον παρατηρητή. Το φαινόμενο αυτό είναι σύνηθες στον ελλαδικό χώρο, αλλά και αλλού. Η διερεύνηση της φύσης, της δομής και του τρόπου σχηματισμού των στρωμάτων αυτών παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, δεδομένου ότι οι πληροφορίες που ενδεχομένως αυτά περιέχουν και η επίδρασή τους στο αυθεντικό υλικό (προστατευτική ή διαβρωτική) αποτελούν καθοριστικές παραμέτρους για τον τρόπο αντιμετώπισής τους. Η μελέτη των επιφανειακών στρωμάτων επιβάλλει τη φυσικοχημική, την πετρογραφική και ορυκτολογική εξέτασή τους. Άλλωστε, στους ήδη υπάρχοντες διατυπωμένους κώδικες ηθικής² αναφέρεται ρητά ότι σε θέματα διατήρησης της πολιτιστικής κληρονομιάς η συμβολή των θετικών επιστημών είναι αναγκαία: η λεπτομερής και εις βάθος φυσικοχημική εξέταση πρέπει να αποτελεί το πρώτο και σημαντικότερο βήμα πριν την οποιαδήποτε απόφαση για επεμβάσεις συντήρησης.

Ο διαρκής διάλογος, που τροφοδοτείται από όλες τις πλευρές (από τους επιστήμονες συντήρησης,³ τους αρχαιολόγους και τους συντηρητές) με πληροφορίες, ερωτήσεις και τις αντίστοιχες απαντήσεις, οδηγεί στη διευκρίνιση προβλημάτων και στην αποκάλυψη ιδιαίτερων στοιχείων. Η συνεκτίμηση όλων των δεδομένων για τη λήψη αποφάσεων οδηγεί στην ουσιαστική αξιοποίηση της χρήσης των αναλυτικών τεχνικών.

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΣΤΡΩΜΑΤΑ

Οι όροι “*weathering layer*”, “*alteration layer*”, αλλά και “*patina*” συχνά χρησιμοποιούνται αδιακρίτως διεθνώς για την περιγραφή όλων των τύπων επιφανειακών στρωμάτων, που σχηματίστηκαν πάνω σε λίθους σε περιβάλλον ταφής, στο ύπαιθρο, ή συνδυασμό τους:

1. Ο όρος στρώματα αναφέρεται σε στοιβάδες που μακροσκοπικά δίνουν την εικόνα συνεχούς (τουλάχιστον κατά περιοχές) στρώματος. Όπως αποδεικνύεται από τη μικροσκοπική εξέταση, συχνά οι στοιβάδες αυτές δεν αποτελούν συνεχές στρώμα.

2. Βλ. Παράρτημα 1.

3. Βλ. Παράρτημα 2.

- ♦ *Weathering* είναι το αποτέλεσμα της επίδρασης των καιρικών συνθηκών στα υλικά που εκτίθενται σ' αυτές
- ♦ *Alteration* (εκ του λατινικού alter) σημαίνει αλλαγή, τροποποίηση, μετατροπή
- ♦ Με τον όρο «πατίνα⁴» εννοείται λεπτό στρώμα, που έχει σχηματισθεί στην επιφάνεια ενός αντικειμένου με την πάροδο του χρόνου και είναι αποτέλεσμα φυσικών ή φυσικοχημικών διεργασιών ανεξαρτήτων του ανθρωπίνου παράγοντα, ανθρωπίνων επεμβάσεων που προκάλεσαν φυσικές ή χημικές δράσεις ή συνδυασμού των δύο. Η πατίνα είναι σε καλή συνοχή με το υλικό που καλύπτει, και συνήθως το προστατεύει, συχνά υφιστάμενη αυτή φθορές λόγω του περιβάλλοντος στο οποίο το αντικείμενο είναι εκτεθειμένο. Επιπροσθέτως, δεν αλλοιώνει τη μορφή του αντικειμένου, συμβάλλει δε στη διαμόρφωση της αισθητικής του εικόνας.

Από τα ανωτέρω συνάγεται ότι τα επιφανειακά στρώματα είναι αποτέλεσμα διαφόρων και μακροχρονίων δράσεων υπό ποικίλες και εν πολλοίς άγνωστες συνθήκες, περί των οποίων περιορισμένα συμπεράσματα μπορούν έμμεσα μόνο να εξαχθούν.

Κατά τη μελέτη των επιφανειακών στρωμάτων δίδεται έμφαση στην εξέταση των ακολούθων παραγόντων:⁵ μορφής - αναγλύφου, χρώματος, πάχους, σύστασης (χημικής και ορυκτολογικής), δομής, σχέσης και συνοχής με το υπόστρωμα, εκτίμησης της κατάστασης των κρυστάλλων του αυθεντικού υλικού κάτω από το επιφανειακό στρώμα – σύγκρισης με τους κρυστάλλους, που βρίσκονται στο εσωτερικό του υλικού, εκτίμησης της κατάστασης του αυθεντικού υλικού στη γειτονία περιοχών, που είναι καλυμμένες με επιφανειακά στρώματα, καθώς και συσχετισμού με το περιβάλλον, στο οποίο τα αντικείμενα παρέμειναν εκτεθειμένα επί μακρόν (όταν αυτό είναι εφικτό).

Παρά το γεγονός ότι η κατάσταση των επιφανειών των λίθων αρχαίων μνημείων και γλυπτών είναι αποτέλεσμα της δράσης πολλών παραγόντων, με βάση την υπάρχουσα εικοσαετή εμπειρία στην εξέταση διαφόρων τύπων επιφανειακών στρωμάτων, ευρισκομένων κυρίως πάνω σε μάρμαρο και ασβεστολίθους, μια ευρεία κατηγοριοποίησή τους είναι η ακόλουθη:

1. Επιφανειακά στρώματα σε λίθους εκτεθειμένους επί μακρόν στο περιβάλλον

Ο σχηματισμός των στρωμάτων αυτών μπορεί να είναι αποτέλεσμα:

- Α. Φυσικών διεργασιών (φυσικά στρώματα).
- Β. Εσκεμμένης επίδρασης του ανθρωπίνου παράγοντα (τεχνητά στρώματα).
- Γ. Αμφισβητούμενων αιτιών (πιθανόν είναι αποτέλεσμα συνδυασμού φυσικών διεργασιών, επίδρασης του περιβάλλοντος και ανθρωπίνων επεμβάσεων).

4. Ο όρος πατίνα αρχικά υιοθετήθηκε για μέταλλα, αλλά η χρήση του επεκτάθηκε και στη μελέτη άλλων υλικών (ξύλο, πέτρα). Ο όρος έχει λατινική προέλευση (patina = δίσκος, τρυβλίο), μολονότι η εξέλιξη της σημασίας του είναι αμφίβολη. Εισήχθη στην ελληνική γλώσσα από τους Ενετούς και χρησιμοποιείται συχνά σε σύγχρονα νεοελληνικά κείμενα, για διάφορες περιπτώσεις. Ο F. Baldinucci στο έργο του Vocabolario (Firenze 1681) ορίζει την πατίνα ως σκίαση του χρώματος τοιχογραφιών και ελαιογραφιών. Τον 18ο αιώνα ο όρος χρησιμοποιούνταν πλέον ευρέως.

5. Kouzeli, Zgouleta 2006.



1.Α. Φυσικά στρώματα

Οι επιφάνειες ασβεστιτικής φύσεως, μαρμάρων και γενικότερα ασβεστιτικών υλικών, που είναι εκτεθειμένες άμεσα ή έχουν παραμείνει επί μακρόν εκτεθειμένες άμεσα στη δράση του νερού της βροχής⁶ παρουσιάζουν έντονη εικόνα γήρανσης. Συγκεκριμένα, στα μάρμαρα οι επιφανειακοί κρύσταλλοι έχουν ανώμαλη επιφάνεια, έχει δε λάβει χώρα σημαντική απώλεια υλικού στα όρια των κρυστάλλων (εικ. 1).⁷ Στις περικρυσταλλικές αυτές περιοχές, όπου το υλικό βρίσκεται σε υποχώρηση και, ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες, μπορεί να εγκλωβισθούν οργανικής φύσεως ρύποι (σε αστικό περιβάλλον) ή αργιλοπυριτικά υλικά και οξείδια - υδροξείδια του σιδήρου (εάν λόγω της θέσης της επιφάνειας εννοείται η απόθεση σε αυτήν τέτοιων ενώσεων ή εάν τη μακροχρόνια έκθεση στο περιβάλλον ακολούθησε έκθεση σε περιβάλλον ταφής), ή να λάβει χώρα βιολογική δραστηριότητα. Συχνά, τέτοιου τύπου επιφάνειες φαίνεται μακροσκοπικά να καλύπτονται από στρώμα, το οποίο όμως δεν υφίσταται. Πρόκειται απλά για επιφανειακή στοιβάδα γήρανσης του αυθεντικού υλικού (βλ. αναλυτικότερα κατωτέρω).

Στα φυσικά στρώματα εντάσσονται:

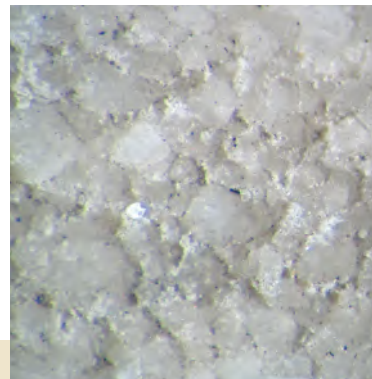
1.Α.1. Στρώματα - επιφανειακές στοιβάδες που περιέχουν κυρίως προϊόντα δράσεως βιολογικών παραγόντων

Η ποικιλία των επιφανειών της κατηγορίας αυτής είναι ευρύτατη και είναι συνάρτηση της φύσεως και της υφής του υλικού και των συνθηκών, στις οποίες αυτό είναι εκτεθειμένο.

Φύκη, βακτήρια, μύκητες, βρύα και λειχήνες συναντώνται συχνά στις επιφάνειες λίθων, ιδίως σε αγροτικές περιοχές. Δημιουργούν αποικίες όταν και όπου υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες υγρασίας, φωτός, θερμοκρασίας και τροφής. Το πορώδες του λίθου μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη μικροοργανισμών (για παράδειγμα, σε πόρους μεγέθους 10 μm μόνο βακτηρίδια μπορούν να αναπτυχθούν, λόγω του πολύ μικρού μεγέθους τους), όμως και οι μικροοργανισμοί μπορεί να επηρεάσουν το πορώδες του λίθου, περιορίζοντας το χώρο των πόρων στις περιοχές όπου έχουν αναπτυχθεί αλλά και με την παραγωγή οξίνων ή χηλικών εκκρίσεων ή ασκώντας δυνάμεις στους γειτονικούς κόκκους.

Φωτοσυνθετικοί οργανισμοί μπορούν να αναπτυχθούν και κάτω από την επιφάνεια των λίθων, σε βάθος που εξαρτάται από τη διείσδυση του φωτός. Μεταβολές στο χρώμα της επιφάνειας λίθων έχουν αποδοθεί σε βιολογικά αίτια.⁸

Γενικά είναι σημαντικό να διακρίνει κανείς ποια είδη απλώς αλλοιώνουν την εικόνα των μνημείων και ποια προκαλούν πραγματική φθορά. Οι λειχήνες αποτελούν μια μεγάλη κατηγορία οργανισμών,⁹ συνήθως δε θεωρούνται παράγοντας μεγίστης βιοδιάβρωσης, περισσότερο σε γεωλογική παρά σε ιστορική κλίμακα χρόνου. Όμως, συ-



1: Επιφάνεια μαρμάρου, μεγέθους κόκκων 0,2-0,6 mm, εκτεθειμένου σε αστικό περιβάλλον, στο στερεοσκόπιο. Η επιφάνεια των κρυστάλλων είναι ανώμαλη και έχει λάβει χώρα σημαντική απώλεια υλικού στα όρια των κρυστάλλων.

6. Το νερό της βροχής, ακόμη και σε αγροτικό περιβάλλον, είναι όξινο, λόγω του διαλυμένου σε αυτό διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας.

7. Kouzeli, Zgouleta 2006.

8. Knight 1777. Liebig 1853. Krumbein 1993. Οι χρωματικές αλλαγές οφείλονται κυρίως στις χρωστικές ουσίες των μικροοργανισμών.

9. Οι λειχήνες είναι συμβιωτικοί οργανισμοί αποτελούμενοι από ένα μύκητα και ένα φύκος.

10. Ο όρος κρούστα αποτελεί απόδοση στα ελληνικά των αγγλικών όρων crust (a coating or deposit on the surface of anything) και encrustation ή incrustation (a concretion or deposit on a surface, εκ του υστερολατινικού incrustatio).

11. Αντίθετα οι στοιβάδες οξαλικών αλάτων του ασβεστίου που συναντώνται σε πολλά μνημεία της Ιταλίας (γνωστές ως scialbatura - άλλοτε χαρακτηρίζονται και ως πατίνα του χρόνου) δεν υπερβαίνουν σε πάχος τα 100 μm.

12. Λειχήνες έχει αποδειχθεί ότι προκαλούν εκτεταμένη διάβρωση και σε βασальτικό υπόστρωμα: στην περίπτωση αυτή καταβυθίζεται οξαλικό ασβέστιο. Επίσης έχει αποδειχθεί ότι στη διεπιφάνεια του λειχήνα *Lecanora atra* πάνω σε σερπεντίνη σχηματίζεται κρυσταλλικό οξαλικό μαγνήσιο.

13. Οξαλικό ασβέστιο με ένα μόριο κρυσταλλικού νερού $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (γουεβελίτης) ή με δύο μόρια κρυσταλλικού νερού $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (γουεδελίτης). Οι παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή μονοδριτή και διωδριτή οξαλικού ασβεστίου στις κρούστες των λειχήνων είναι σημαντικοί και σχετικοί με τον προσδιορισμό της βιολογικής στρατηγικής που υιοθετείται από τον οργανισμό. Από την παρουσία οξαλικού ασβεστίου, με τη μορφή μόνο- και διωδριτή με τη μορφή μίγματος σε κρούστες λειχήνων έχει συναχθεί ότι υπάρχει επίσης πιθανός αποθηκευτικός ρόλος νερού γι' αυτά τα υλικά σε περιβάλλοντα υψηλής υγρασίας. Edwards et al 2003.

14. Αυτό καθίσταται εμφανές εάν λάβει κανείς υπόψη του τη δομή των λειχήνων: φλοιός (cortex), μυκηλιακά νήματα (hyphae) περιβάλλοντα το φύκος (alga), κατώτερος φλοιός (lower cortex), ριζίδια (rhizines). Seaward, Giacobini 1989.

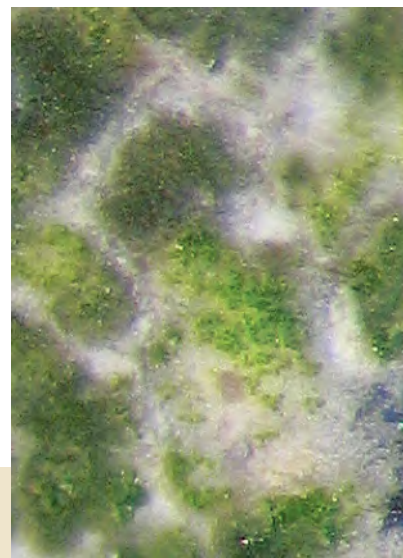
15. Επιβάλλεται εδώ η διευκρίνιση ότι πρόκειται για αγροτικό περιβάλλον, γιατί σε αστικό και βιομηχανικό περιβάλλον στις θέσεις που δεν είναι άμεσα εκτεθειμένες στη δράση του νερού της βροχής σχηματίζεται η «μαύρη κρούστα», που περιέχει σημαντική ποσότητα γύψου, νιτρικών αλάτων κλπ).

χνότατα οδηγούν στο σχηματισμό παχιάς κρούστας¹⁰ (πολλές φορές πάχους μεγαλύτερου των 500 μm¹¹), που αλλοιώνει σημαντικά την εικόνα του μνημείου ή του αντικειμένου (εικ. 2) και ασκεί έντονη χημική επίδραση, σχηματίζοντας οξαλικά άλατα του ασβεστίου στη διεπιφάνεια θαλλού / υποστρώματος,¹² αλλά και στο εσωτερικό του λειχήνα. Η σημασία του οξαλικού οξέος ως παράγοντα διάβρωσης - γήρανσης για ποικιλία λίθων είναι πλήρως σχεδόν επιβεβαιωμένη: οξαλικό ασβέστιο¹³ έχει ταυτοποιηθεί σε όλα τα είδη λειχήνων που έχουν διερευνηθεί, είναι δε σε πολύ μεγαλύτερες ποσότητες σε λειχήνες που αναπτύσσονται πάνω σε ασβεστιτικά υποστρώματα. Η κρούστα παραμένει πάνω στην επιφάνεια του υποστρώματος και μετά το θάνατο διαφόρων τύπων λειχήνων. Πολλά έργα τέχνης είναι πολύ ευάλωτα στα καταστροφικά αποτελέσματα διαφόρων τύπων λειχήνων, καθώς οι κρούστες από οξαλικά άλατα καλύπτουν επιγραφές, «σκιάζουν» λεπτομέρειες γλυπτών και ζωγραφικής ή / και φθείρουν μηχανικά το υπόστρωμα όταν απομακρύνονται από αυτό, φυσικά ή εσκεμμένα.¹⁴

Πέραν αυτών τονίζεται ότι δραστηριότητες καθαρισμού μπορεί να προκαλέσουν διασπορά υλικού πολλαπλασιασμού των λειχήνων ή υπαρχόντων θαλλών και να οδηγήσουν σε «επιδρομή» λειχήνων σε υλικά που βρίσκονται σε γειτνίαση με το υποβληθέν σε καθαρισμό.

1.A.2. Στρώματα που οφείλονται σε απόθεση ανθρακικού ασβεστίου από νερό πλούσιο σε ανθρακικά ιόντα και ιόντα ασβεστίου

Τέτοιου τύπου στρώματα σχηματίζονται σε θέσεις που δεν είναι άμεσα εκτεθειμένες στη δράση του νερού της βροχής (π.χ. κάτω επιφάνειες επιστυλίων) σε αγροτικές περιοχές.¹⁵ Ο σχηματισμός τους οφεί-



2: Λειχήνας *Aspicilia Calcareae*. 2α: Δείγμα από συμπαγή φαιό ασβεστόλιθο Ακρόπολης Λίνδου. 2β: Στο ίδιο δείγμα έχει απομακρυνθεί ο φλοιός και έχει αποκαλυφθεί το φύκος.

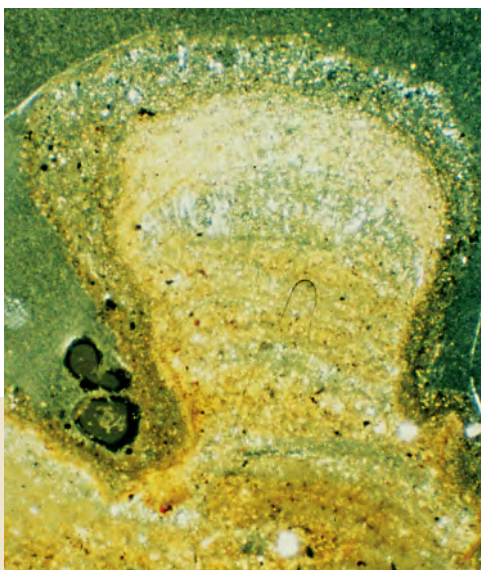
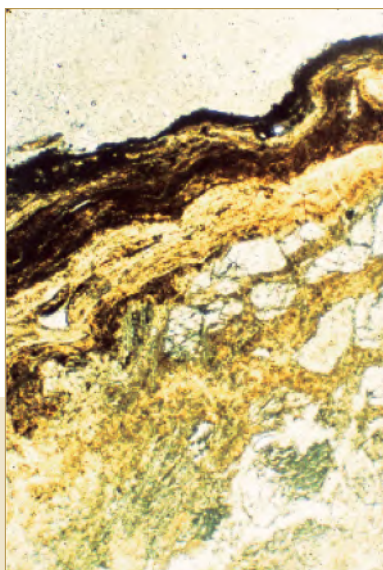
λεται στην καταβύθιση - απόθεση ανακρυσταλλωμένου ασβεστίτη, από νερό που φθάνει στις περιοχές αυτές εμπλουτισμένο με ανθρακικά ιόντα και ιόντα ασβεστίου, λόγω διαλυτοποίησης ασβεστιτικού υλικού κατά την πορεία του νερού πάνω στις επιφάνειες του ασβεστιτικού υλικού. Συχνά, στα στρώματα αυτά είναι εμφανής η παρουσία και δράση του βιολογικού παράγοντα.

1.Α.3. Μαύρη κρούστα και άλλα στρώματα, στο σχηματισμό των οποίων έχει συντελέσει και η ρύπανση του περιβάλλοντος

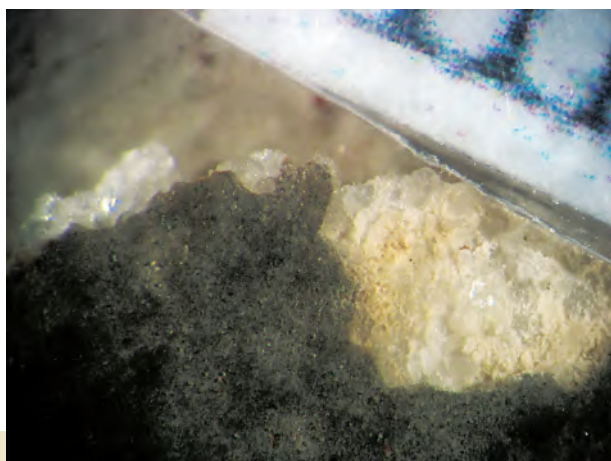
Σε αστικά περιβάλλοντα, οι περιοχές των μνημείων που δεν είναι άμεσα εκτεθειμένες στη δράση του νερού της βροχής (π.χ. κάτω επιφάνειες επιστυλίων) καλύπτονται από την ονομαζόμενη μαύρη κρούστα, η οποία περιέχει κυρίως γύψο και ανακρυσταλλωμένο ασβεστίτη.¹⁶ Αιθάλη και βαρέα μέταλλα περιέχονται στα εξώτατα στρώματά της. Από την ποικιλία των θέσεων και των καταστάσεων των επιφανειών, καθώς και του μικροκλίματος σε κάθε θέση, καθίσταται προφανές ότι η μαύρη κρούστα θα παρουσιάζει πληθώρα μορφών – αναγλύφου, καθώς και ποικίλα πάχη, δομές και σχέση με το υποκείμενο μάρμαρο κλπ. Ενδεικτικά αναφέρονται κάποιες χαρακτηριστικές μορφές που συναντώνται πάνω στα μνημεία:

- ♦ **Μαύρη κρούστα δένδριτικής μορφής:** έχει σημαντικό πάχος, που μπορεί να φτάσει και μέχρι 2 cm, καθώς και χαρακτηριστική μακροσκοπική και μικροσκοπική εικόνα λόγω της παρουσίας ιδιότυπων σχηματισμών σχήματος μανιταριού. Συχνά διεισδύει στο μάρμαρο εγκλωβίζοντας μέρος του αυθεντικού υλικού (εικ. 3).
- ♦ **Μικρού πάχους μαύρη κρούστα:** είναι πιο λεία από την κρούστα δένδριτικής μορφής και πολύ μικρότερου πάχους από αυτήν (της

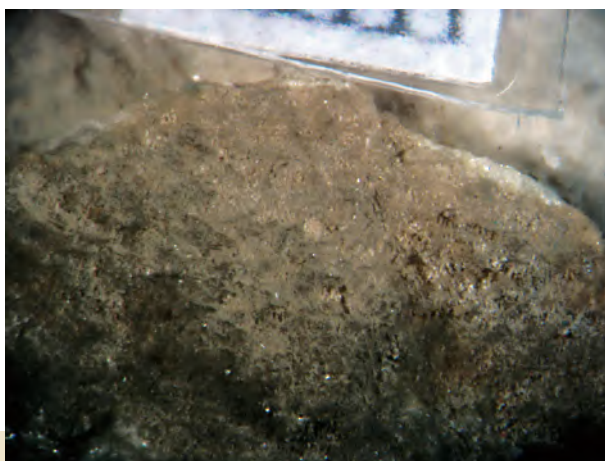
16. Σε αστικό περιβάλλον η μεγαλύτερη συγκέντρωση στον αέρα είναι του CO_2 (περίπου 0,3 %), κατόπιν των NO_x (περίπου $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και ακολούθως του SO_2 ($40 \text{ g}/\text{m}^3$). Η διαλυτότητα του $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ είναι $2,66 \text{ g}/\text{ml}$, του $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ είναι $2,2 \cdot 10^{-3} \text{ g}/\text{ml}$ και του CaCO_3 είναι $1,4 \cdot 10^{-7} \text{ g}/\text{ml}$. Με βάση τις διαλυτότητες αυτές το κινητό στρώμα της βροχής περιέχει πολλά ιόντα ασβεστίου, που αντιστοιχούν στα νιτρικά ιόντα, λιγότερα ιόντα ασβεστίου, που αντιστοιχούν στα θειικά ιόντα, και ακόμα λιγότερα, που αντιστοιχούν στα ανθρακικά. Όταν σταματήσει η βροχή, αρχίζει η εξάτμιση του νερού και αποβάλλεται πρώτα και σε μεγαλύτερο ποσοστό το ανθρακικό ασβέστιο (ανακρυστάλλωση), με τη μορφή αραγωνίτη, εάν η ταχύτητα εξάτμισης του νερού είναι μικρή. Ακολούθως, ή ταυτόχρονα ανάλογα με τις συγκεντρώσεις των SO_2 και NO_x , στον αέρα αποβάλλεται γύψος και νιτρικό ασβέστιο. Τα αυτά ισχύουν και για τη δρόσο. Σκουλικίδης 2000, 156-157.



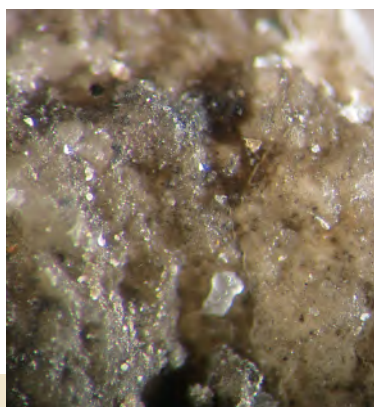
3: Λεπτή τομή μαύρης κρούστας, στο πολωτικό μικροσκόπιο. 3α: Κρούστα δένδριτικής μορφής. 3β: Συσσωματώματα κρυστάλλων μαρμάρου, εγκλωβισμένα μέσα στην κρούστα.



4: Δείγμα μαύρης κρούστας μικρού πάχους, στο στερεοσκόπιο. Διακρίνεται το μέρος της επιφάνειας του δείγματος από το οποίο έχει απομακρυνθεί η κρούστα και έχουν αποκαλυφθεί οι υποκείμενοι κρύσταλλοι μαρμάρου. Κάποιοι από αυτούς καλύπτονται από το λευκό – υπόλευκο λεπτόκοκκο, μαλακό υλικό (γύψο), το οποίο παρεμβάλλεται και μεταξύ των κρυστάλλων μαρμάρου (μέγιστο μέγεθος κρυστάλλων μαρμάρου 300 μm).



5: Δείγμα φαιής κρούστας μικρού πάχους, στο στερεοσκόπιο. Το στρώμα ακολουθεί το μικροανάλυφο της επιφάνειας και επιτρέπει τη διάκριση των κρυστάλλων του αυθεντικού υλικού.



6: Επιφάνεια δείγματος μαρμάρου, εκτεθειμένου σε αστικό περιβάλλον, που φέρει λεπτότατο φαιό στρώμα. Οι περισσότεροι κρύσταλλοι του μαρμάρου διατηρούν τη διαύγειά τους παρ' ότι φέρουν λεπτότατο επίπαγο, που τους προσδίδει ελαφρά φαιοκάστανη χροιά. Μόνο σε εσοχές μεταξύ γειτονικών κρυστάλλων και συσσωματωμάτων κρυστάλλων, καθώς και σε κοιλότητες, η συσσωρευση σκουρόχρωμου υλικού είναι τέτοια που να οδηγεί σε τοπικό σχηματισμό στρώματος με κάποιο πάχος και σε απώλεια της διαύγειας του υλικού.

τάξεως των δεκάτων του χιλιοστομέτρου). Δεν επιτρέπει τη διάκριση των κρυστάλλων της επιφάνειας του υλικού, ακολουθεί όμως συστηματικά το υπάρχον μικροανάλυφο. Συχνά, κάτω από το εξώτατο μαύρο στρώμα υπάρχει σαθρό στρώμα γύψου και ακολουθεί μάρμαρο με σαφή απώλεια της συνοχής των κρυστάλλων των ανωτέρων στοιβάδων (εικ. 4).

- ♦ **Μικρού πάχους φαιή κρούστα:**¹⁷ είναι εξίσου λεία με τη μικρού πάχους μαύρη κρούστα και μικρότερου πάχους (της τάξεως των λίγων εκατοντάδων μm). Ακολουθεί συστηματικά το υπάρχον μικροανάλυφο και επιτρέπει τη διάκριση των κρυστάλλων της επιφάνειας του αυθεντικού υλικού (εικ. 5).
- ♦ **Ακόμα μικρότερου πάχους φαιά στρώματα - Παρουσία επιπάγου στους επιφανειακούς κρυστάλλους:** Πρόκειται για επιφάνειες μαρμάρου που μακροσκοπικά φαίνεται ότι καλύπτονται από είδος λεπτής «κρούστας» σκούρου χρώματος, δίδουν δε την εντύπωση ότι είναι «υγρές». Στις περιπτώσεις αυτές οι περισσότεροι επιφανειακοί κρύσταλλοι του μαρμάρου διατηρούν τη διαύγειά τους (εικ. 6). Αρκετοί από αυτούς φέρουν λεπτότατο επίπαγο που αλλοιώνει ελαφρά το χρώμα τους χωρίς να περιορίζει τη διαύγειά τους. Μόνο σε κοιλότητες, ή στις εσοχές μεταξύ γειτονικών κρυστάλλων, η απόθεση σκουρόχρωμου υλικού είναι σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις και δίνει την εικόνα πολύ μικρής έκτασης στρώματος. Σε τέτοιου τύπου επιφάνειες σημαντική είναι η παρουσία νιτρικών αλάτων, καθώς επίσης και μικρών ποσοτήτων οργανικής φύσεως υλικών και γύψου.

17. Για τους τύπους αυτούς στρωμάτων έχει χρησιμοποιηθεί και ο όρος «χαλαρές επικαθήσεις». Σκουλικίδης 2000, 229.

1.Β. Τεχνητά στρώματα

Αρχαίες και μεταγενέστερες επιφανειακές κατεργασίες.

Χρώματα - Επιχρίσματα

Επιφανειακά στρώματα, που αποτελούν υπολείμματα αρχαίων ή μεταγενέστερων επιφανειακών κατεργασιών (σε αρκετές περιπτώσεις σε συνδυασμό με την παρουσία χρωμάτων), παρατηρούνται συχνά σε αρχαία μνημεία και γλυπτά. Σε αρχιτεκτονικά μέλη αρχαίων ναών εκτεθειμένα επί μακρόν στο ύπαιθρο συχνά σώζονται χρώματα σε ίχνη, σε ελάχιστες δε περιπτώσεις υπάρχει η δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων για την προετοιμασία του μαρμάρου. Ενδεικτικά αναφέρεται η παρουσία κυανού χρώματος (αιγυπτιακού μπλε) στα τρίγλυφα και τις ταινίες των μετοπών της ανατολικής πλευράς του Παρθενώνα (εικ. 7) και κυανού χρώματος (αιγυπτιακού μπλε¹⁸) και κόκκινου χρώματος (αιματίτη) στα γείσα.¹⁹

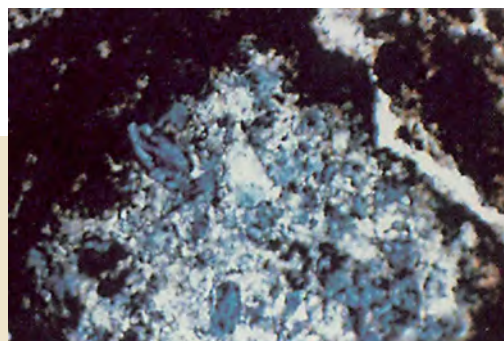
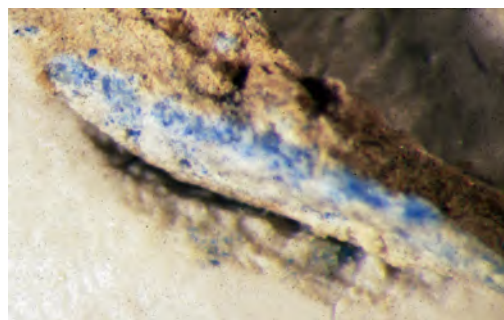
Μεταγενέστερες επιφανειακές επεμβάσεις (συνήθως ασβεστιτικής φύσεως επιχρίσματα) σώζονται σε αρχαία μνημεία αντιπροσωπεύοντας μέρος της ιστορίας τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το μικρού πάχους υπόλευκο στρώμα που απαντά σε πολλές θέσεις και σε μεγάλη έκταση στον Παρθενώνα, το χαρακτηριζόμενο ως «επίστρωμα».²⁰ Πρόκειται για τεχνητό στρώμα ασβεστιτικής φύσεως, που έχει γυψοποιηθεί σε σημαντικό βαθμό. Καλύπτει αρχαία χρώματα (το αιγυπτιακό μπλε στα τρίγλυφα και τις ταινίες των μετοπών της ανατολικής πλευράς του Παρθενώνα - εικ. 7) και επιγραφή του 947 μ. Χ., ενώ δεν καλύπτει φράγκικες επιγραφές.²¹

1.Γ. Στρώματα οφειλόμενα σε ποικίλα και συχνά αμφισβητούμενα αίτια

Τα στρώματα αυτά πιθανόν αποτελούν συνδυασμό φυσικών διεργασιών, επίδρασης του περιβάλλοντος και ανθρωπίνων επεμβάσεων.



7: Αρχαίο χρώμα (αιγυπτιακό μπλε) από τον Παρθενώνα, καλυμμένο με επίστρωμα (αποτέλεσμα μεταγενέστερης επέμβασης). 7α: Μακροσκοπικά. 7β: Ελεύθερη τομή, κάθετη στην εξωτερική επιφάνεια του δείγματος, στο στερεοσκόπιο. 7γ: Λεπτή τομή δείγματος, στο πολωτικό μικροσκόπιο.



18. Αιγυπτιακό μπλε: τεχνητό ανόργανο χρώμα, κρυσταλλικό, με χημικό τύπο $\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$. Εμφανίστηκε πρώτη φορά στην Αίγυπτο την 3^η χιλιετία π.Χ. Κατά τα τρεις χιλιάδες χρόνια που ακολούθησαν, η χρήση του ως χρώματος, σε διασπορά σε κάποιο συνδετικό μέσο, για το χρωματισμό επιφανειών καθώς και στην παραγωγή χανδρών, σκαραβαίων και αγαλματιδίων, ήταν ευρύτατα διαδεδομένη στην ανατολική Μεσόγειο και τη Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία.

19. Kouzeli, Beloyannis, Dogani 1990.

20. Κουζέλη κ.ά. 1988. Kouzeli κ.ά. 1989.

21. Εάν η απουσία του επιστρώματος από τις φράγκικες επιγραφές δεν είναι αποτέλεσμα των καιρικών φαινομένων, ίσως μπορεί να υποθέσει κανείς ότι πρόκειται για επιφανειακή επέμβαση που έλαβε χώρα μεταξύ 947 και 1204 μ.Χ. Οι πιθανές περιοδοί για μια τέτοια επέμβαση είναι επί του Μητροπολίτη Νικολάου Αγιοθεοδώριτη ή επί του Μητροπολίτη Μιχαήλ Χωνιάτη.



8: Η Ανατολική πλευρά του Παρθενώνα τον 19^ο αιώνα (υδατογραφία του Stilling, 1853). Η έκταση της πορτοκαλοκάστανης πατίνας ήταν πολύ μεγαλύτερη απ' ό,τι σήμερα.



9: Σχηματική απόδοση της πορτοκαλοκάστανης πατίνας του μαρμάρου με βάση τα αποτελέσματα της πετρογραφικής εξέτασης, της εξέτασης στο Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης και της Μικροανάλυσης Ακτίνων Χ. Τομή κάθετη στην εξωτερική επιφάνεια του δείγματος. Η εξωτερική επιφάνεια είναι στο άνω μέρος της εικόνας. Η κόκκινη γραμμή υποδεικνύει ποιο θα ήταν το αποτέλεσμα προσπάθειας απομάκρυνσης της πατίνας με μηχανικό τρόπο.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτής της κατηγορίας των στρώματων αποτελούν η πορτοκαλοκάστανη πατίνα του μαρμάρου σε κλασικά και ρωμαϊκά μνημεία του ελλαδικού χώρου και τα στρώματα οξάλικου ασβεστίου (scialbatura) σε πολλά ρωμαϊκά μνημεία της Ιταλίας.

1.Γ.1. Πορτοκαλοκάστανη πατίνα του μαρμάρου σε κλασικά και ρωμαϊκά μνημεία του ελλαδικού χώρου

Η συστηματική εξέταση, στο Κέντρο Λίθου, της πορτοκαλοκάστανης πατίνας των μαρμάρων του Παρθενώνα, αρχικά, γνωστής ως «επιδερμίδα»²² του μαρμάρου (1987-1988),²³ οδήγησε στη διευκρίνιση της φύσης και της δομής της και στην αποτροπή της απομάκρυνσής της από τις ελληνικές αρχαιότητες. Το στρώμα αυτό υπήρχε σε πολύ μεγαλύτερη έκταση στο παρελθόν (εικ. 8), η δε σημαντική απομάκρυνσή του μετά το 1960 οφείλεται στην όξινη βροχή. Από την εργαστηριακή εξέταση προέκυψε ότι πρόκειται για στρώμα πάχους 100-200 μμ, που χαρακτηρίζεται από την παρουσία φωσφόρου με τη μορφή υδροξυαπατίτη, ενώ περιέχει επίσης ασβεστίτη και γύψο. Το φωσφορούχο στρώμα διεισδύει στις περικρυσταλλικές περιοχές του υποστρώματος (μαρμάρου). Οξάλικο ασβέστιο ανιχνεύθηκε μόνο σε δείγματα που προέρχονταν από υγρές και «σκοτεινές» περιοχές. Στο εξώτατο μέρος της πορτοκαλοκάστανης πατίνας και σε βάθος από την επιφάνεια 10-30 μμ περιέχονται αργιλοπυριτικά ορυκτά και οξείδια - υδροξείδια του σιδήρου, στην παρουσία των οποίων οφείλεται το πορτοκαλοκάστανο χρώμα (εικ. 9). Η πατίνα αυτή καλύπτει (ακολουθεί συστηματικά) τα ίχνη των εργαλείων κατεργασίας του μαρμάρου, ενώ σε ελάχιστες θέσεις βρέθηκε εγκλωβισμένο σε αυτήν αρχαίο χρώμα (αιγυπτιακό μπλε). Αποτελέσματα, που

22. Ο όρος προτάθηκε από τον Μανώλη Κορρέ λόγω της μεγάλης συνοχής του στρώματος αυτού με το υποκείμενο μάρμαρο και υιοθετήθηκε ευρέως. Αποδίδει στρώμα σαφώς διακρινόμενο μακροσκοπικά, δημιουργεί όμως κενό-αδυναμία εξεύρεσης όρου που να αποδίδει την κατάσταση του εξώτατου μέρους επιφανειακών κρυστάλλων ασβεστίτη εκτεθειμένου σε ποικίλες συνθήκες (σαφώς διακριτού σε μικροσκοπικό επίπεδο).

23. Kouzeli κ.ά. 1989.

επιβεβαιώνουν τη φωσφορούχο φύση και την ανωτέρω περιγραφείσα δομή, προέκυψαν από την εξέταση, στο Κέντρο Λίθου, δειγμάτων πορτοκαλοκάστανης πατίνας από άλλα αρχαία μνημεία (τον ναό του Ολυμπίου Διός και τον ναό του Ηφαίστου στην Αθήνα, τη Στοά των Αθηναίων στους Δελφούς)²⁴ και από την εξέταση δειγμάτων από το Μανσωλείο της Αλικαρνασσού (συνεργασία Βρετανικού Μουσείου και ιταλικού επιστημονικού φορέα).²⁵ Σχετικά με τον τρόπο σχηματισμού της πορτοκαλοκάστανης πατίνας έχουν διατυπωθεί διάφορες απόψεις, που προκάλεσαν εκτεταμένες και έντονες αντιπαραθέσεις: η φωσφορούχος φύση της, ίσως, υποδηλώνει την εφαρμογή κατά την αρχαιότητα κάποιας ειδικής τεχνικής επιφανειακής κατεργασίας των λίθων στον ελλαδικό χώρο (υπόθεση που είναι σε αντίθεση με την παρουσία τέτοιου τύπου πατίνας σε επιφάνειες θραύσης) ή ότι είναι αποτέλεσμα κλιματικών συνθηκών στη νοτιοανατολική Μεσόγειο.

Όμως, οποιαδήποτε και εάν είναι η προέλευση της φωσφορούχου πορτοκαλοκάστανης επιδερμίδας είναι βέβαιο ότι πρόκειται για την «πιο αυθεντική» επιφάνεια του μαρμάρου που σώζεται σήμερα, με την έννοια ότι εμπεριέχει στοιχεία της αρχικής επιφάνειας, «κρύβει» μέσα της πολλές πληροφορίες, λειτουργεί προστατευτικά για το μάρμαρο και στόχος μας πρέπει να είναι η διατήρησή της.

1.Γ.2. Στρώματα με μεγάλη περιεκτικότητα σε οξαλικό ασβέστιο (scialbatura)

Ποικίλα στρώματα, χαρακτηριζόμενα από τη μεγάλη περιεκτικότητά τους σε οξαλικό ασβέστιο, βρίσκονται στις επιφάνειες πολλών ρωμαϊκών μνημείων στην Ιταλία. Είναι γνωστά ως scialbatura, ενώ άλλοτε χαρακτηρίζονται και ως πατίνα του χρόνου. Ο αριθμός των αναλύσεων οι οποίες έχουν γίνει για πολλά μνημεία είναι σημαντικός.²⁶ Παρότι έχουν διατυπωθεί διάφορες απόψεις για τον τρόπο σχηματισμού τους, η προέλευσή τους είναι ακόμα υπό αμφισβήτηση. Ο Liebig²⁷ και οι Del Monte και Sabbioni²⁸ εικάζουν ότι τα οξαλικά αυτά άλατα προέρχονται από τη δράση λειχήνων. Οι τελευταίοι απέδωσαν την απουσία τέτοιας μικροχλωρίδας σε αυτού του τύπου την «πατίνα» στην εξαφάνιση, λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, των λειχήνων από τις επιφάνειες των μνημείων, όπου άφησαν ίχνη παλαιότερου μεταβολισμού τους, υπόθεση που δεν συνάδει με το γεγονός ότι οξαλικά άλατα έχουν ανιχνευθεί και στο εσωτερικό μνημείων, όπου η ανάπτυξη λειχήνων δεν ήταν δυνατή.²⁹ Η υπόθεση ότι η παρουσία οξαλικών αλάτων οφείλεται σε χημικές μετατροπές οργανικών ουσιών, που εφαρμόστηκαν πάνω στις επιφάνειες των λίθων των μνημείων για αισθητικούς λόγους ή/και λόγους συντήρησης και προστασίας,³⁰ φάνηκε επικρατέστερη, ενισχύθηκε δε³¹ με την υπόθεση ότι τα οξαλικά άλατα του ασβεστίου είναι υπολείμματα αρχαίας πρακτικής λείανσης του μαρμάρου με εφαρμογή οξαλικού οξέος ή κάποιων προϊόντων του. Όμως, η συστηματική παρουσία οξαλικών αλάτων του ασβεστίου σε λίθους, που δεν είχαν υποστεί καμία κατεργασία ή γενικότερα ανθρώπινη επέμβαση, θέτει υπό αμφισβήτηση την προαναφερθείσα υπόθεση.³²

24. Kouzeli, Tolias 1996.

25. Gratzju, Jenkins, Middleton 1989.

26. AA.VV 1989, 1996.

27. Liebig 1853.

28. Del Monte, Sabbioni 1987.

29. Chiari κ.ά. 1996.

30. Alessandrini κ.ά. 1988.

31. Guidobaldi, Laurentzi Tabasso, Meucci 1984.

32. Apollonia κ.ά. 1989.

2. Επιφανειακά στρώματα σε λίθους που ανασκάφηκαν πρόσφατα Ανασκαφική κρούστα

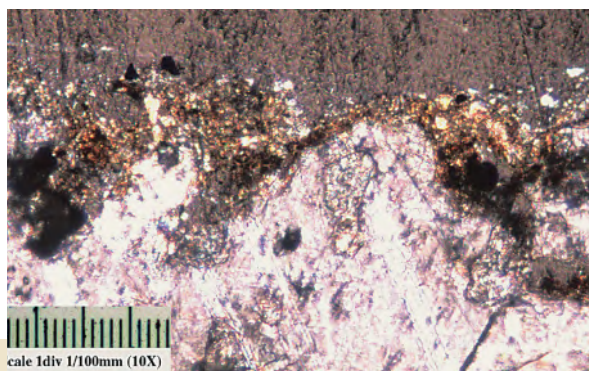
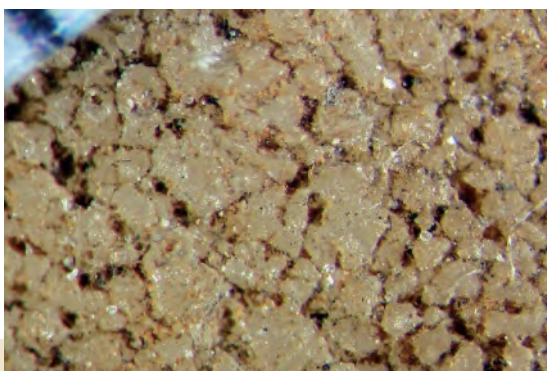
Με τον όρο *ανασκαφική κρούστα* εννοούνται όλα εκείνα τα επιφανειακά στρώματα τα οποία σχηματίστηκαν στην επιφάνεια αρχαίων υλικών και παρέμειναν εκτεθειμένα για μεγάλα χρονικά διαστήματα σε περιβάλλον ταφής.

Παρουσιάζουν πολύ μεγάλη ποικιλία μορφών, ενώ συνηθέστατα φέρουν χρώμα χαρακτηριστικό της σύστασης του περιβάλλοντος ταφής και επηρεάζουν σημαντικά την εικόνα των αντικειμένων. Η κατάσταση διατήρησης των επιφανειών υλικών, που έχουν παραμείνει επί μακρόν σε περιβάλλον ταφής, συσχετίζεται με τη θέση του αντικειμένου (και πιο συγκεκριμένα των διαφόρων επιφανειών του), τη φύση και την υφή του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένο το αντικείμενο, την κατάσταση διατήρησής του κατά τη χρονική στιγμή που ετάφη, καθώς και τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος ταφής (γεωλογία της περιοχής, υδραυλική αγωγιμότητα, δυνατότητα κατακράτησης νερού, χημική και ορυκτολογική σύσταση του χώματος, pH του χώματος, ενδεχόμενη δράση αλάτων, τοπικό υδρολογικό καθεστώς, ιοντοανταλλακτική ικανότητα του εδάφους, δυναμικό οξειδοαναγωγής).

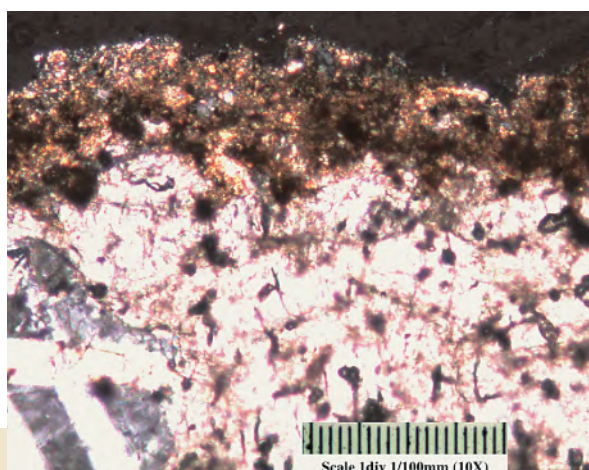
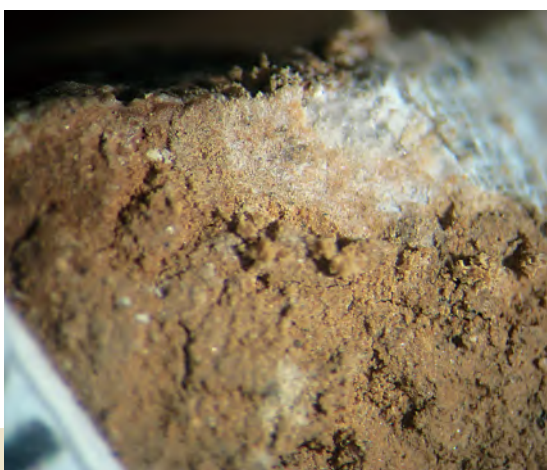
Εμφανής, ακόμα και μακροσκοπικά είναι η μεγάλη ποικιλία μορφών ανασκαφικής κρούστας, ακόμα και στο ίδιο αντικείμενο.

Από μακροσκοπική και *in situ* μικροσκοπική παρατήρηση των επιφανειών, αντικειμένων κατασκευασμένων από ασβεστίτικο μάρμαρο, προκύπτει η ακόλουθη πολύ ευρεία κατηγοριοποίηση:

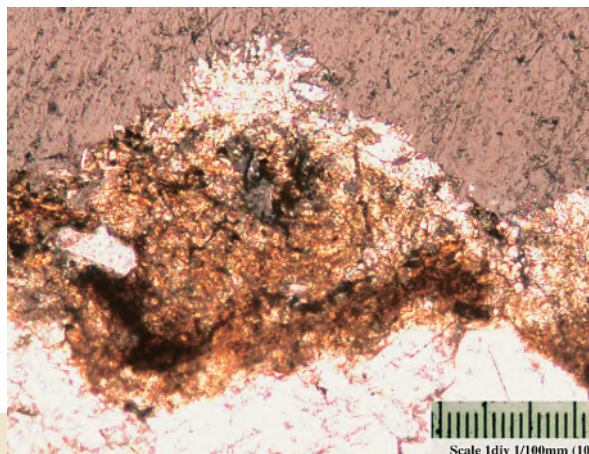
- ♦ Επιφάνειες που καλύπτονται από λεπτότατο στρώμα, το οποίο προσδίδει ελαφρά χρωματική χροιά και επιτρέπει τη διάκριση των χαρακτηριστικών του υποκείμενου αυθεντικού υλικού. Οι κρύσταλλοι της εξώτατης στοιβάδας παρουσιάζουν διάβρωση (ο βαθμός ποικίλει στις διάφορες περιπτώσεις), κατά θέσεις δε καλύπτονται από λεπτότατο στρώμα (μεγίστου πάχους περί τα 10 μm) που περιέχει κυρίως ασβεστίτη, χαλαζία, αργίλους και οξείδια – υδροξείδια του σιδήρου. Ίδιας φύσης υλικό είναι συσσωρευμένο και στις περικρυσταλλικές περιοχές, όπου έχει λάβει χώρα απώλεια αυθεντικού υλικού. Σε πολλές περιπτώσεις αυτό συνοδεύεται από χαλάρωση – μείωση της συνοχής – των κρυστάλλων ασβεστίτη των εξώτατων στοιβάδων (εικ. 10). Δεν πρόκειται για συνεχές στρώμα, αλλά για «στοιβάδα γήρανσης».
- ♦ Κρούστες που καλύπτουν πλήρως το αυθεντικό υλικό και δεν επιτρέπουν τη διάκριση των χαρακτηριστικών του. Στην κατηγορία αυτή υπάγονται πολλοί τύποι:
 - Σκληρές, συμπαγείς και εκτεταμένες κρούστες (με ποικιλία πάχους, δομής, χρώματος και μικροαναγλύφου).
 - Γαιώδους υφής κρούστες (εικ. 11).
 - Ανώμαλες κρούστες (εικ. 12).
 - Συμπαγείς κρούστες με μορφή φλοιών.



10: Επιφάνεια μαρμάρου από περιβάλλον ταφής. **10α:** Στο στερεοσκόπιο: Μακροσκοπικά μοιάζει να καλύπτεται από λεπτότατο στρώμα, το οποίο της προσδίδει ελαφρά χρωματική χροιά, επιτρέπει δε τη διάκριση των χαρακτηριστικών του υποκείμενου αυθεντικού υλικού (μέγεθος κρυστάλλων μαρμάρου 0,2-0,6 mm). **10β:** Στο πολωτικό μικροσκόπιο: Λεπτή τομή, κάθετη στην εξωτερική επιφάνεια. Οι κρύσταλλοι της εξώτατης στοιβάδας παρουσιάζουν διάβρωση σε βαθμό που ποικίλει, κατά θέσεις δε καλύπτονται από λεπτότατο στρώμα που περιέχει κυρίως ασβεστίτη, χαλαζία, αργίλους και οξειδία-υδροξείδια του σιδήρου (μεγίστου πάχους περί τα 10 μm). Στις περιοχές μεταξύ των κρυστάλλων παρατηρείται συσσώρευση ασβεστίτη, χαλαζία, αργίλων και οξειδίων-υδροξειδίων του σιδήρου.



11: Ανασκαφική κρούστα «γαιώδους» μορφής. **11α:** Στο στερεοσκόπιο (διερευνητικός καθαρισμός). **11β:** Στο πολωτικό μικροσκόπιο. Λεπτή τομή κάθετη στην εξωτερική επιφάνεια του μαρμάρου.



12: Ανώμαλη ανασκαφική κρούστα: **12α:** Στο στερεοσκόπιο. **12β:** Στο πολωτικό μικροσκόπιο. Λεπτή τομή κάθετη στην εξωτερική επιφάνεια του μαρμάρου.

Οι ανασκαφικές κρούστες που προαναφέρθηκαν περιέχουν κυρίως ασβεστίτη, αλλά και τα χαρακτηριστικά ορυκτά του χώματος, με το οποίο το μάρμαρο ήταν σε επαφή επί μακρόν σε μικρότερες βέβαια ποσότητες.

Η χημική και ορυκτολογική σύσταση, καθώς και η δομή των διαφόρων τύπων ανασκαφικής κρούστας που έχουν εξετασθεί, διαφοροποιούν αυτές πλήρως από την πορτοκαλοκάστανη πατίνα του μαρμάρου. Επίσης, οξαλικά άλατα του ασβεστίου δεν ανιχνεύθηκαν σε κανένα τύπο ανασκαφικής κρούστας από τις εξετασθείσες, γεγονός που υποδηλώνει μη συμμετοχή βιολογικής δραστηριότητας στο σχηματισμό τους.³³

Ανεξαρτήτως του πάχους της κρούστας ή της χημικής και ορυκτολογικής σύστασης του περιβάλλοντος ταφής, η γενική εικόνα που έχει μέχρι στιγμής προκύψει από την εξέταση ανώμαλης, γαιώδους και σκληρής συμπαγούς ανασκαφικής κρούστας σε διαφόρους τύπους ασβεστιτικού μαρμάρου, μπορεί να περιγραφεί ως εξής:³⁴

- ♦ Ένα λεπτό στρώμα, πάχους περί τα 50 μm αποτελούμενο κυρίως από λεπτόκοκκο ασβεστίτη βρίσκεται σε άμεση επαφή με το μάρμαρο, ακολουθώντας το μικροανάγλυφο της επιφάνειάς του. Στο στρώμα αυτό θεωρείται ότι εμπεριέχεται αυθεντικό υλικό. Σε κάποιες θέσεις (κυρίως μικροκοιλότητες της επιφάνειας) υπάρχουν μικρές συγκεντρώσεις ενώσεων του σιδήρου σε άμεση επαφή με το μάρμαρο.
- ♦ Το στρώμα μικριτικού ασβεστίτη ακολουθεί ένα ακόμα λεπτότερο (πάχους 20-30 μm) στρώμα οξειδίων – υδροξειδίων του σιδήρου, αρκετά συνεχές, το οποίο επίσης συνήθως ακολουθεί το μικροανάγλυφο της επιφάνειας του αυθεντικού υλικού.
- ♦ Τέλος, παρατηρείται στρώμα, ασβεστιτικής κυρίως φύσεως, ποικίλου πάχους με εγκλωβισμένα πιο αδρόκοκκα σωματίδια ορυκτών, προερχομένων από το περιβάλλον ταφής και διάσπαρτα οξείδια – υδροξείδια του σιδήρου.

Όπως προαναφέρθηκε, το περιβάλλον (ή τα περιβάλλοντα), στο οποίο τα αντικείμενα παρέμειναν επί μακρόν εκτεθειμένα, συμβάλλει σημαντικά στη φύση και τη δομή της ανασκαφικής κρούστας. Έτσι έχουν παρατηρηθεί και διερευνηθεί και σπανιότερες μορφές με σημαντικές ιδιαιτερότητες. Ενδεικτικά αναφέρονται ακολούθως κάποιες τέτοιες περιπτώσεις:

- ♦ Επιφάνειες που μακροσκοπικά φαίνεται να καλύπτονται από κρούστες μικρού πάχους έντονου καστανού έως φαιού χρώματος. Συχνά δεν πρόκειται για κρούστα, αλλά για εμποτισμό με ολικά ή μερικά απανθρακωμένο οργανικό υλικό των εξώτατων στοιβάδων κόκκων μαρμάρου, στις οποίες οι κρύσταλλοι έχουν περιορισμένη συνοχή. Το απανθρακωμένο οργανικό υλικό μπορεί να έχει διεισδύσει στις περικρυσταλλικές περιοχές και να προχωρεί σε βάθος αρκετών στοιβάδων (εικ. 13).

33. Tykot κ.ά. 1999.
Kouzeli, Zgouleta 2006.

34. Kouzeli, Zgouleta 2006.

- ♦ Κρούστες, συχνά σημαντικού πάχους (μέχρι και αρκετών mm), με έντονο μικροανάγλυφο και σχηματισμούς χαρακτηριστικούς της αποθέσεως ανθρακικών αλάτων από υδατικά διαλύματα. Αποτελούνται κυρίως από ασβεστίτη, ενώ το ποσοστό του μαγνησίου και άλλων μεταλλικών ιόντων είναι συνάρτηση του περιβάλλοντος στο οποίο έλαβε χώρα ο σχηματισμός των στρωμάτων αυτών.
- ♦ Απανθρακωμένο, οργανικής φύσεως υλικό μπορεί να βρεθεί εγκατεσπαρμένο με διάφορες μορφές μέσα σε ασβεστίτικης φύσεως κρούστες, προσδίδοντάς τους φαιή - φαιοκάστανη χροιά.
- ♦ Η παρουσία περισσότερων του ενός στρωμάτων στην επιφάνεια ενός αντικειμένου, συχνά αλληλοεμπλεκόμενων μεταξύ τους, είναι επίσης σχετικά σύνηθες φαινόμενο.

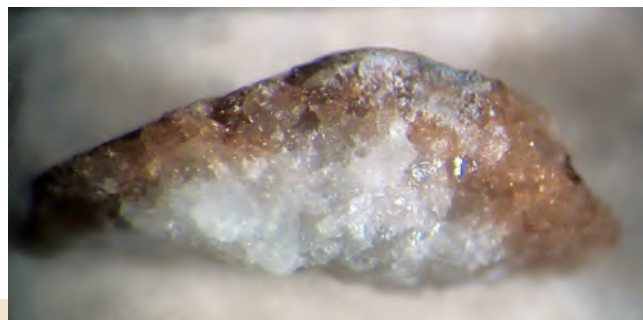
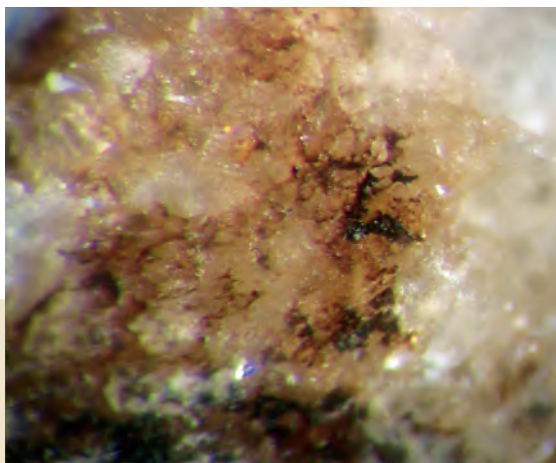
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΙ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΙ – ΚΡΙΤΗΡΙΑ

Ο όρος *αντιστρεψιμότητα*, ο οποίος συναντάται συστηματικά σε χάρτες ηθικής και επαναλαμβάνεται συνεχώς από τους ασχολούμενους με θέματα συντήρησης αρχαίων υλικών, τείνει να αντικατασταθεί από την έκφραση *ελάχιστη δυνατή επέμβαση*.

Επιπλέον, ο όρος *αντιστρεψιμότητα* στερείται νοήματος στα θέματα των επιφανειακών καθαρισμών. Για το λόγο αυτό, τα κριτήρια για τη λήψη αποφάσεων για τέτοιου είδους επεμβάσεις πρέπει να είναι αυστηρότατα.

Σε κάθε περίπτωση καθαρισμού αρχαίου υλικού, προκειμένου να αποφασισθεί η εκτέλεση ή όχι του καθαρισμού και να επιλεγεί η καταλληλότερη μέθοδος ή συνδυασμός μεθόδων, πρέπει να γίνεται εξέταση και συνεκτίμηση πολλών παραγόντων:

- ♦ Της φύσης και της κατάστασης του αυθεντικού υλικού.
- ♦ Της φύσης και της κατάστασης των προς απομάκρυνση προϊόντων.
- ♦ Του τρόπου σύνδεσής τους με το υπόστρωμα (αυθεντικό υλικό).
- ♦ Της ενδεχόμενης προστατευτικής ή διαβρωτικής δράσης των προς απομάκρυνση προϊόντων στο υπόστρωμα.



13: Επιφάνεια μαρμάρου «εμποτισμένη» με οργανικής φύσεως υλικό. **13α:** Στο στερεοσκόπιο: Κατά θέσεις παρατηρείται συσσώρευση οργανικού υλικού. **13β:** Στο στερεοσκόπιο: Ελεύθερη τομή, κάθετη στην εξωτερική επιφάνεια του μαρμάρου.

- ♦ Της ύπαρξης ευγενούς πατίνας στις επιφάνειες του υλικού ή/και αρχαίων πολυχρωμιών που πρέπει να διατηρηθούν.
- ♦ Της παρουσίας, ή μη, ποσότητας αυθεντικού υλικού στα προς απομάκρυνση προϊόντα, καθώς και της μορφής με την οποία αυτό βρίσκεται μέσα στο προς απομάκρυνση υλικό.
- ♦ Του είδους της προς καθαρισμό επιφάνειας: εάν η προς καθαρισμό επιφάνεια είναι επίπεδη, εάν σώζονται αρχαίες ανάγλυφες λεπτομέρειες, εάν υπάρχει φυσικό ανάγλυφο, που είναι αποτέλεσμα φθοράς του αρχαίου υλικού.
- ♦ Της θεώρησης των μεθόδων καθαρισμού και της επιλογής εξ αυτών εκείνων που δεν είναι απαγορευτικές για την περίπτωση.
- ♦ Της επίδρασης των υλικών και μεθόδων καθαρισμού που επελέγησαν στο στάδιο 6 στο υπόστρωμα (αυθεντικό υλικό).
- ♦ Της κατάστασης της επιφάνειας που θα αποκαλυφθεί μετά τον καθαρισμό και του κατά πόσον αυτή θα είναι πιο ευπρόσβλητη σε περαιτέρω φθορά.
- ♦ Των λόγων για τους οποίους ζητείται ο καθαρισμός.
- ♦ Της πρόβλεψης προστασίας του αυθεντικού υλικού μετά τον καθαρισμό από περαιτέρω φθορά.

Η ποικιλία των διαφόρων τύπων επιφανειακών στρωμάτων, αλλά και οι ιδιαιτερότητες και οι διαφορές που, όπως αποδεικνύει η υπάρχουσα εμπειρία, υπάρχουν στις διάφορες θέσεις ακόμα και στον ίδιο τύπο επιφανειακού στρώματος, καθιστά προφανή την αναγκαιότητα περαιτέρω διερεύνησης των θεμάτων αυτών. Ένα ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα έγκειται στο ότι οι μέθοδοι, που συνήθως χρησιμοποιούνται για την εξέταση των στρωμάτων αυτών, είναι καταστροφικές. Η ανάπτυξη και συστηματική χρήση διαγνωστικών μεθόδων μη καταστροφικών θα συμβάλλει σημαντικότερα στον τομέα της διερεύνησης των επιφανειακών στρωμάτων και του τρόπου αντιμετώπισής τους, ιδίως σε αρχαία γλυπτά.

Προέλευση εικόνων

1-7, 9-13: Αρχείο Κέντρου Λίθου, ΥΠΠΟ

8: Αρχείο Επιτροπής Συντήρησης Μνημείων Ακροπόλεως, ΥΠΠΟ

Συντομογραφίες- Βιβλιογραφία

- | | |
|------------------------|---|
| AA.VV. 1989 | Proceedings of the International Symposium on <i>The oxalate films: origin and significance in the conservation of works of art</i> , CNR, Centro “Gino Bozza”, Milan 1989. |
| AA.VV. 1996 | M. Realini, L. Toniolo (eds) Proceedings of the II International Symposium on <i>The oxalate films: origin and significance in the conservation of works of art</i> , CNR, Centro “Gino Bozza”, Milan 1996. |
| Alessandrini κ.ά. 1988 | G. Alessandrini, R. Bugini, R. Peruzzi, I trattamenti superficiali effettuati nel passato, <i>La Certosa di Pavia</i> , Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma 1988, 291-319. |



- Apollonia κ.ά. 1989 L. Apollonia, G. Grillini, D. Pinna, Origin of oxalate films on stone monuments. Nature of films on unworked stone, *The oxalate films: origin and significance in the conservation of works of art*, International Symposium, Milan 1989, 255-268.
- ASMOSIA Association of Marble and Other Stones in Antiquity.
- Chiari κ.ά. 1996 G. Chiari, N. Gabrielli, G. Torracca, Calcium oxalate on mural paintings in internal exposure. Sistine Chapel and other, *The oxalate films: origin and significance in the conservation of works of art*, II International Symposium, Milan 1996, 177-188.
- Del Monte, Sabbioni 1987 M. Del Monte, C. Sabbioni, A study of the patina called *scialbatura* on imperial Roman marble, *Studies in Conservation*, 32, 1987, 114-121.
- Edwards et al 2003 H.G.M Edwards, M.R.D. Seaward, S.J. Attwood, S.J. Little, L.F.C. De Oliveira, M. Tre-tiach, FT-Raman spectroscopy of lichens on dolomitic rocks: an assessment of metal oxalate formation, *The Analyst*, 128, 2003, 1218-1221
- Gratzu, Jenkins, Middleton 1989 C. Gratzu, I.D. Jenkins, A.P. Middleton, Dati preliminary sulle relazioni fra patine e polychromia nei fregi del Mausoleo di Alicarnasso, *The oxalate films: origin and significance in the conservation of works of art*, International Symposium, Milan 1989, 317- 326 .
- Guidobaldi, Laurentzi Tabasso, Meucci 1984 F., Guidobaldi, M. Laurentzi Tabasso, C. Meucci, Monumenti in marmo di epoca im-periale a Roma: indagini sui residui di trattamenti superficiali, *Bollettino d'Arte*, 24, 1984, 121-134.
- Knight 1777 R.P. Knight, *Diary of a Journey to Sicily*, Goethe - Schiller Archiv, Weimar 1777.
- Kouzeli κ.ά. 1989 K. Kouzeli, N. Beloyannis, Ch. Tolas, G. Dogani, Monochromatic layers with and without oxalates on the Parthenon, *The oxalate films: origin and significance in the conservation of works of art*, International Symposium, Milan 1989, 327-335.
- Kouzeli, Beloyannis, Dogani 1990 K. Kouzeli, N. Beloyannis, G. Dogani, Study of the remaining colouring on the ar-chitectural surfaces on the Parthenon, *Superfici dell' Architettura, Le Finiture*, Proceedings, Bressanone 1990, 241-249.
- Kouzeli, Tolas 1996 K. Kouzeli, Ch. Tolas, Structure and composition of superficial orange – brown layers from different classical, Hellenistic, Roman and Byzantine monuments of Greece, *The oxalate films: origin and significance in the conservation of works of art*, II International Symposium, Milan 1996, 69-80.
- Kouzeli, Zgouleta 2006 K. Kouzeli, E. Zgouleta, Investigation of weathering layers on white marble surfaces from Greek antiquities, *ASMOSIA VIII*, Aix-en-Provence 2006.
- Krumbein 1993. W.E. Krumbein, Colour changes of building stones and their direct and indirect biological causes, (J. Delgado Rodrigues, F. Henriques, F. Telmo Jeremias - eds) *Deterioration and Conservation of Stone*, 7th International Congress (Lisbon 1992), Lisbon 1993, 443-452.
- Liebig 1853 J. Liebig, Ueber den Thierschit, *Liebigs Anallen Chemie und Pharmazie*, LXXXVI, 1853, 113-115.
- Seaward, Giacobini 1989 M.R.D. Seaward, C. Giacobini, Oxalate encrustation by the lichen *Dirina massiliensis forma scrediata* and its role in the deterioration of works of art, *The oxalate films: origin and significance in the conservation of works of art*, International Symposium, Milan 1989, 215-219.
- Tykot κ.ά. 1999 R.H. Tykot, R. Newman, N.J. Van der Merwe, Weathering surfaces on classical marble sculptures: isotopic and X-ray Diffraction analyses, (M. Schroever - ed.) *Archéomaté-riaux, Marbres et autres roches*, Actes de la IV^{ème} Conférence internationale de l'Asso-ciation pour l' etude des marbres et autres roches utilises dans le passé. ASMOSIA IV, Bordeaux 1999, 239-244.

Σκουλικίδης 2000

Θ. Σκουλικίδης, *Διάβρωση και συντήρηση των δομικών υλικών των μνημείων*, Ηράκλειο 1980.

Κουζέλη κ.ά 1988

Κ. Κουζέλη, Ν. Μπελογιάννης, Χ. Τόλιας, Γ. Δογάνη, *Τα επιφανειακά στρώματα στον Παρθενώνα*, 1988 (έκθεση δακτυλόγραφη, αρχείο ΕΣΜΑ).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1
ΚΩΔΙΚΑΣ ΗΘΙΚΗΣ

*American Institute for Conservation
of Historic and Artistic Works*

- I. Προσπάθεια για τα υψηλότερα δυνατά πρότυπα.
- II. Σεβασμός στην πολιτιστική κληρονομιά, τη σημασία και τους δημιουργούς της.
- III. Υπεράσπιση της διατήρησης της πολιτιστικής κληρονομιάς.
- IV. Παραμονή εντός των ορίων των ικανοτήτων και των δυνατοτήτων του καθενός, καθώς και των ορίων των περιστάσεων.
- V. Κανένας συμβιβασμός στην ποιότητα της εργασίας.
- VI. Αποφυγή βλαβών στην πολιτιστική κληρονομιά.
- VII. Διαρκής τεκμηρίωση της εξέτασης, διερευνητικών εργασιών (έρευνας) και των επεμβάσεων που λαμβάνουν χώρα.
- VIII. Περιορισμός της φθοράς δια της προληπτικής συντήρησης.
- IX. Σεβασμός των συναδέλφων.
- X. Βελτίωση του επαγγέλματος του συντηρητή.
- XI. Προώθηση της κατανόησης της συντήρησης εκ μέρους του ευρύτερου κοινού.
- XII. Ελαχιστοποίηση των προσωπικών και περιβαλλοντικών κινδύνων στην εργασία.
- XIII. Προώθηση στην κοινότητα της συντήρησης συμπεριφοράς σύμφωνης με την ηθική.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2
ΑΡΜΟΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ
Conservation scientists
The Bologna Document
ICCROM, 1999

- I. Μελέτη, έρευνα και παρακολούθηση της πολιτιστικής κληρονομιάς και του περιβάλλοντός της σε σχέση με τη συντήρηση και τη διατήρησή της.
- II. Χάραξη, ανάπτυξη και αξιολόγηση ιδεών, μεθόδων και τεχνικών, υλικών και μέτρων συντήρησης. Ανάπτυξη προτύπων και χάραξη κατευθυντηρίων γραμμών.
- III. Παροχή επιστημονικής διάγνωσης πριν την οποιαδήποτε επέμβαση συντήρησης, κατά τη διάρκεια των εργασιών και μετά το πέρας της επέμβασης.
- IV. Εκπόνηση ερευνητικών προγραμμάτων που αφορούν στα αίτια και τους μηχανισμούς φθοράς των αρχαίων υλικών και αξιοποίηση των αποτελεσμάτων της έρευνας προς όφελος της συντήρησης της Πολιτιστικής Κληρονομιάς.
- V. Μετάδοση και διάδοση (κοινωνικοποίηση) των επιστημονικών αρχών συντήρησης και προώθηση της επιστημονικής έρευνας προς όφελος της συντήρησης της πολιτιστικής κληρονομιάς.
- VI. Συνεργασία με άλλες ειδικότητες.



Αξιολόγηση μεθόδων καθαρισμού

Ο καθαρισμός της δυτικής ζωφόρου του Παρθενώνος

Αναστασία Πάνου
Κατερίνα Φραντζικινάκη
Εύη Παπακωνσταντίνου
Παρασκευή Πουλή

Εισαγωγή

Η δυτική ζωφόρος αποτελεί τμήμα της ζωφόρου του Παρθενώνα που περιέβαλλε το επάνω μέρος των τοίχων του σηκού και τα μέτωπα πάνω από τα επιστύλια του πρόναου και του οπισθόναου. Θέμα της ανάγλυφης παράστασης των λίθων είναι η πομπή των Παναθηναίων.

Η δυτική ζωφόρος αποτελείται από δεκαέξι λίθους από τους οποίους ο πρώτος (ΒΔ) και ο δεύτερος (ΔΖΙΙ) βρίσκονται στο Βρετανικό Μουσείο. Κατά την παραμονή της στο μνημείο, φθορές υπέστη από την πυρκαγιά του 3^{ου} αι. μ.Χ. (επιδρομή Ερούλων), από την εκστρατεία του Μοροζίνη (1687 μ.Χ.), από βανδαλισμούς κατά τη μετατροπή του ναού σε εκκλησία (450-500 μ.Χ., εποχή Ιουστινιανού) και από την αρπαγή του Έλγιν (1801-1803).¹

Οι επεμβάσεις συντήρησης, που πραγματοποιήθηκαν από το 1802 έως το 1971, με κυριότερα χαρακτηριστικά τους τις σφραγίσεις ρωγμών και αποφλοιωμένων τμημάτων με κονία Meyer, την εκτεταμένη χρήση ορειχάλκινων καρφίδων, για τη συγκράτηση τμημάτων του γλυπτού που κινδύνευαν να αποκολληθούν, και τις αισθητικές αποκαταστάσεις του γλυπτού με κονία Meyer, παράλληλα με την ατμοσφαιρική ρύπανση των τελευταίων πενήντα χρόνων, συνέβαλαν στη διάβρωση της επιφάνειας της δυτικής ζωφόρου.²

Το 1975 αναλαμβάνει την επιστημονική επίβλεψη του έργου η Επιτροπή Συντήρησης Μνημείων Ακροπόλεως, γίνεται συστηματική καταγραφή των φθορών από την ομάδα των χημικών μηχανικών και αποφασίζεται η στέγαση της δυτικής ζωφόρου, το 1978, με σκοπό να αποφευχθεί η όξινη προσβολή της γλυπτής επιφάνειας και η έκπλυση της σχηματιζόμενης γύψου.

Ακολούθησαν άλλες δύο καταγραφές, το 1983 και το 1988, και διαπιστώθηκε ότι, ενώ περιορίστηκε η όξινη προσβολή της γλυπτής επι-

1. Κορρές, Μπούρας 1983, 131-149, 151-167. Smith 1910. Collignon 1912. St. Clair 1999.

2. Γαλανού, Δογάνη 1994, 69-73. Μαλλούχου - Tufano 1998, 61-63, 94-99, 205-207. Μαλλούχου - Tufano 1994, 11-23. Jenkins 1999. Oddy 1999, 11-23. Μπαλά-νος, 1940.

φάνειας, συνεχίστηκε το φαινόμενο της γυψοποίησης, με αποτέλεσμα την αύξηση των περιοχών που καλύπτονται από επικαθήσεις αιθάλης και μαύρης κρούστας.³

Το 1990 αποφασίστηκε από την ΕΣΜΑ η απομάκρυνση της δυτικής ζωφόρου από το μνημείο και το 1993 απομακρύνθηκε από τον Παρθενώνα και τοποθετήθηκε σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο του Μουσείου.⁴

Οι συστηματικές επεμβάσεις συντήρησης άρχισαν το 2000 και χωρίστηκαν σε δύο στάδια. Το πρώτο στάδιο (2000-2002) περιλάμβανε τη στερέωση της επιφάνειας, την απομάκρυνση των φθοροποιών παραγόντων (καρφίδες, κονιάματα προηγούμενων επεμβάσεων) και τη συγκόλληση θραυσμάτων.⁵ Το δεύτερο στάδιο (2002-2005) αφορούσε στην αισθητική αποκατάσταση, η οποία περιλάμβανε τον καθαρισμό της επιφάνειας και την αποκατάσταση των ασυνεχειών.

Καθαρισμός –Αξιολόγηση των μεθόδων

Ο καθαρισμός είχε ως στόχο την αποκάλυψη της αρχικής επιφάνειας και των λεπτομερειών της, που καλύπτονταν από στρώμα επικαθήσεων, με σκοπό την αποκάλυψη των ιστορικών μαρτυριών, όπως τα ίχνη αρχαίων εργαλείων, τα κατάλοιπα χρωστικών και χαραγμάτων καθώς και τα έγχρωμα επιφανειακά στρώματα.

Η επέμβαση του καθαρισμού είναι επέμβαση μη αντιστρεπτή και δημιουργεί πολλούς προβληματισμούς.

Για τη λήψη της απόφασης για τον καθαρισμό έπρεπε να εξετασθούν η χημική - ορυκτολογική σύνθεση της επιφάνειας, η μορφή και η κατάσταση διατήρησης της, η μορφή και η υφή των επικαθήσεων.

Τα κριτήρια για την επιλογή της μεθόδου καθαρισμού ήταν:⁶

- ♦ Η δυνατότητα ελέγχου της εφαρμογής και της αποτελεσματικότητάς της.
- ♦ Η δυνατότητα της συνδυαστικής εφαρμογής των μεθόδων καθαρισμού (πως και κατά πόσο είναι εφικτή).
- ♦ Η πιθανότητα παραγωγής παραπροϊόντων, που μπορεί να την επηρεάσουν μακροπρόθεσμα.
- ♦ Η διατήρηση του στρώματος της γύψου σε γυψοποιημένες επιφάνειες του γλυπτού, της φυσικής πατίνας και των ιστορικών τεκμηρίων της επιφάνειας.⁷
- ♦ Η αλληλεπίδραση και η συσχέτιση με άλλες εργασίες, που θα προηγηθούν ή θα ακολουθήσουν.
- ♦ Το αισθητικό αποτέλεσμα στο σύνολο του έργου, μετά τον καθαρισμό.

Κατά τη μελέτη της επιφάνειας της δυτικής ζωφόρου παρατηρήθηκε η ύπαρξη έγχρωμων επιφανειακών στρωμάτων, τα οποία καλύπτουν το 33%⁸ της επιφάνειας των λίθων και τα οποία διακρίνονται ως εξής:

- α) Η «επιδερμίδα»,⁹ η οποία έχει καλή πρόσφυση στο μάρμαρο, εισχωρεί ανάμεσα στους κρυστάλλους, έχει πάχος 30-150 μm, είναι χρώ-

3. Παπακωνσταντίνου, Χαραλάμπους 1989, 192.

4. Σκουλικίδης κ.ά. 1994, 17, 72-73.

5. Πάνου, Παπασταματίου, Φραντζικι-νάκη 1999.

6. Tabasso 1987. Lazzarini, Tabasso 1986, 107-152, 270-280. Amoroso, Fassina 1983, 269-296. Torracca 1988, 243. Σκουλικίδης 1994, 3-14. Charter of Venice 1964.

7. Skoulikidis κ.ά. 1979.



ματος καστανέρυθρου και απαντά σε πολλά ελληνικά και ρωμαϊκά μνημεία. Τα συστατικά που χαρακτηρίζουν αυτό το στρώμα είναι το οξαλικό ασβέστιο (γουνεβελίτης, γουεδελίτης), το ανθρακικό ασβέστιο, το φωσφορικό ασβέστιο, η γύψος, το νιτρικό κάλιο, τα οξειδία σιδήρου και οι ενώσεις μαγνησίου, αργιλίου, πυριτίου και χλωρίου.

- β) Το επίστρωμα, το οποίο βρίσκεται πάνω από την επιδερμίδα, έχει πάχος περίπου 70 μm, είναι χρώματος υπόλευκου και σε αυτό ανιχνεύονται ανθρακικό ασβέστιο, γύψος, φωσφορικό ασβέστιο και ενώσεις αργιλίου, πυριτίου και χλωρίου καλίου, σιδήρου και νατρίου.¹⁰

Αυτό που έχει παρατηρηθεί και πρέπει να σημειώσουμε είναι ότι, όπου σώζονται έγχρωμα στρώματα, η αρχαία αυθεντική επιφάνεια του μάρμαρου διατηρείται σε εξαιρετική κατάσταση, επομένως αυτά αποτελούν ιστορικά τεκμήρια της επιφάνειας και δεν πρέπει να απομακρυνθούν κατά τον καθαρισμό.

Η αναπόφευκτη και δυσμενής συνέπεια της στέγασης, ήταν η επικάλυψη αιωρούμενων σωματιδίων και ο σχηματισμός μαύρης κρούστας, που προσέδιδαν στην επιφάνεια ένα γκρίζο χρωματισμό. Αποτέλεσμα των επικαθήσεων ήταν η αισθητική υποβάθμιση και η μη αναγνωσιμότητα της γλυπτής επιφάνειας. Παρά τη στέγαση, σε ορισμένα σημεία συνεχίστηκε η διαβροχή των λίθων από τους αρμούς των υπερκείμενων θράνων, με αποτέλεσμα στα σημεία αυτά να συνεχιστεί η όξινη προσβολή και να δημιουργηθούν λευκές ζώνες έκπλυσης.¹¹

Ανάλογα με τη μορφή της κρούστας και την ύπαρξη ή όχι έγχρωμων επιφανειακών στρωμάτων διακρίναμε τις παρακάτω περιπτώσεις¹² (εικ. 1, 2, 3).

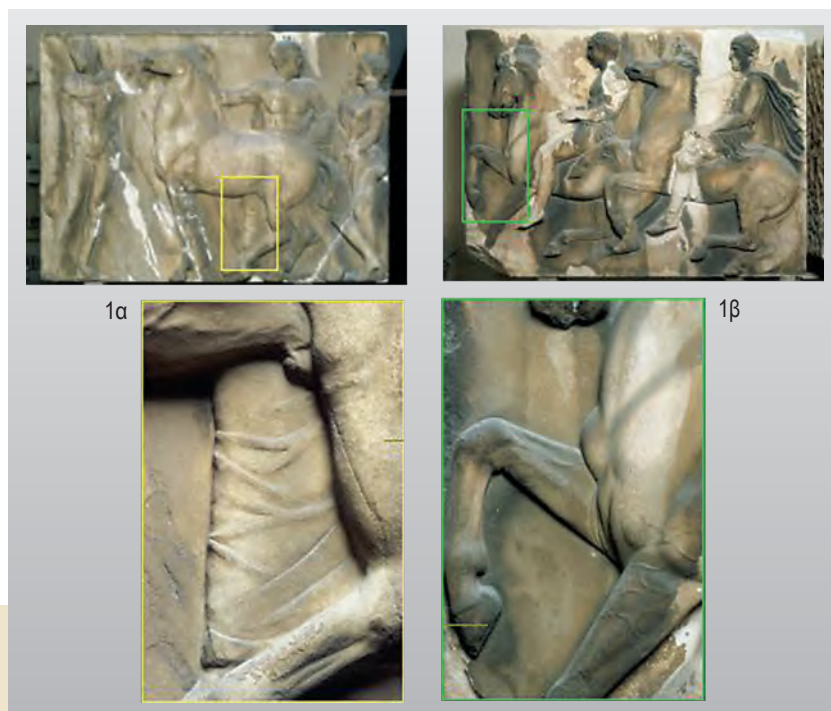
8. Γαλανού, Δογάνη 1994, 84-86.

9. Κορρές, Μπούρας 1983, 309.

10. Kouzeli κ.ά. 1989. Kouzeli, Beloyannis, Dogani 1990. Μαραβέλακη – Καλαϊτζάκη 1997.

11. Παπακωνσταντίνου 1994, 23-24. Π. Μαραβέλακη – Καλαϊτζάκη 1997, σημ. 21.

12. Παπακωνσταντίνου κ.ά. 2002.



1: Χαλαρές επικαθήσεις αιθάλης σε υπόστρωμα 1α: μάρμαρο και 1β: έγχρωμα επιφανειακά στρώματα.



2: Ομοιόμορφη συμπαγής κρούστα με καλή πρόσφυση σε υπόστρωμα 2α: μάρμαρο και 2β: έγχρωμα επιφανειακά στρώματα.



3: Κρούστα με ανακρυσταλλώσεις σε υπόστρωμα 3α: μάρμαρο και 3β: έγχρωμα επιφανειακά στρώματα.

- ♦ Χαλαρές επικαθήσεις αιθάλης σε υπόστρωμα μάρμαρο.
- ♦ Χαλαρές επικαθήσεις αιθάλης σε έγχρωμα επιφανειακά στρώματα.
- ♦ Ομοιόμορφη συμπαγής κρούστα σε υπόστρωμα μάρμαρο.
- ♦ Ομοιόμορφη συμπαγής κρούστα σε έγχρωμα επιφανειακά στρώματα.
- ♦ Επιφάνεια μαρμάρου με κρούστα με ανακρυσταλλώσεις.
- ♦ Έγχρωμα επιφανειακά στρώματα με κρούστα με ανακρυσταλλώσεις.

Μετά την αξιολόγηση των διεθνώς προσφερόμενων μεθόδων καθαρισμού από τον αείμνηστο καθηγητή Θ. Σκουλικίδη και την επιλογή τεσσάρων από αυτές ως αποδεκτών,¹³ έγινε μια συγκριτική μελέτη για τον έλεγχο των μεθόδων αυτών και τον προσδιορισμό των συνθηκών και των παραμέτρων για την κάθε μία.

Οι τέσσερις μέθοδοι καθαρισμού που εξετάστηκαν είναι: η μικροψηγματοβολή, τα επιθέματα με διάλυμα κεκορεσμένο σε ανθρακικό ασβέστιο, η αναστροφή της γύψου με διάλυμα ανθρακικού καλίου κεκορεσμένο σε ανθρακικό ασβέστιο, καθώς και τα laser.

Οι δοκιμές καθαρισμού ξεκίνησαν από τα γωνιακά συμπληρώματα των λίθων της δυτικής ζωφόρου (επέμβαση συντήρησης της δεκαετίας του 1960), συνεχίστηκαν σε τμήματα γλυπτών, με παρόμοιο είδος επικαθήσεων, που παραχωρήθηκαν από την Α' ΕΠΚΑ, σε αρχιτεκτονικά μέλη του μνημείου, ίδιου προσανατολισμού με τους λίθους της δυτικής ζωφόρου, και σε μικρές περιοχές των λίθων της δυτικής ζωφόρου.¹⁴

Περιγραφή των μεθόδων ¹⁵

Μικροψηγματοβολή

Η μέθοδος βασίζεται στην εκτόξευση μικροκόκκων από καθορισμένο κάθε φορά ακροφύσιο μικρής διαμέτρου. Στη συσκευή που χρησιμοποιήθηκε υπάρχει δυνατότητα ρύθμισης της πίεσης και της ροής του υλικού/αέρα. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για τον καθαρισμό ήταν το οξείδιο του αλουμινίου, λευκού χρώματος (σκληρότητας 9 στην κλίμακα Mohs και κοκκομετρίας που κυμαίνεται από 10-88 μm), και τα υαλοσφαιρίδια (σκληρότητας 7 στην κλίμακα Mohs και κοκκομετρίας 0-50μm). Στις δοκιμές καθαρισμού η πίεση εκτόξευσης του υλικού κυμαινόταν από 0,5-3,5 bar, η αναλογία υλικού/αέρα από 45-90% και η εσωτερική διάμετρος των ακροφυσίων ήταν 0,8 ή 1,14 mm.

Επιθέματα με διάλυμα κεκορεσμένο σε ανθρακικό ασβέστιο

Η μέθοδος στηρίζεται στη χρησιμοποίηση προσροφητικών ουσιών, με μεγάλη ειδική επιφάνεια, οι οποίες με το νερό δημιουργούν αναρροφητικές πάστες που διαλύουν τις επικαθήσεις. Ως προσροφητικές ουσίες για τη δημιουργία της πάστας με διάλυμα κεκορεσμένο σε ανθρακικό ασβέστιο χρησιμοποιήθηκαν ο μπεντονίτης, ο τάλκης και ο σηπιδόλιθος. Αρχικά, στις επιφάνειες τοποθετήθηκε ιαπωνικό χαρτί για προστασία των πολύ διαβρωμένων περιοχών και για την ευκολότερη απομάκρυνση της πάστας. Η πάστα καλυπτόταν με φύλλο πολυαιθυλενίου για να μην εξατμίζεται γρήγορα το νερό. Η διαδικασία επαναλαμβανόταν όσες φορές αυτό θεωρούνταν απαραίτητο.

Αναστροφή της γύψου

Η μέθοδος στηρίζεται στη μετατροπή της γύψου της μαύρης κρούστας σε ανθρακικό ασβέστιο, με σκοπό τη σταθεροποίηση των λεπτομερειών που διατηρούνται στην επιφάνεια αυτής και έχουν εξαλειφθεί

13. Σκουλικίδης 1994, 3-14.

14. Παπακωνσταντίνου κ.ά. 2002, σημ. 24.

15. Παπακωνσταντίνου κ.ά. 2002, σημ. 24.

από την επιφάνεια του μαρμάρου. Χρησιμοποιήθηκε διάλυμα ανθρακικού καλίου, μοριακότητας 0,3 M, κεκορεσμένο σε ανθρακικό ασβέστιο. Η εφαρμογή του διαλύματος στις προς καθαρισμό περιοχές έγινε με πινέλο. Μετά από 24 ώρες η διαδικασία επαναλαμβανόταν.

Laser

Το laser είναι ακτινοβολία που εκπέμπεται με μορφή δέσμης σε ορισμένο μήκος κύματος, από την περιοχή του υπέρυθρου μέχρι την περιοχή του υπεριώδους. Το αποτέλεσμα της δράσης του είναι συνάρτηση των εξής παραμέτρων: του μήκους κύματος, της πυκνότητας ενέργειας, του μεγέθους της δέσμης, του αριθμού της επανάληψης των παλμών και της επικάλυψης των παλμών. Οι δοκιμές έγιναν με laser τύπου Q-switched Nd :YAG.

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων των μεθόδων έγινε ως προς τα κριτήρια που ήδη παρουσιάστηκαν εισαγωγικά, ενώ το αποτέλεσμα του καθαρισμού ελέγχθηκε με φυσικοχημικές μεθόδους. Συγκεκριμένα, έγινε παρατήρηση σε στερεομικροσκόπιο, σε πολωτικό μικροσκόπιο και σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης, ενώ επίσης έγινε περιθλαση ακτίνων X, επιταχυνόμενη γήρανση σε θάλαμο αλατονέφωσης και υπεριώδους ακτινοβολίας, καθώς και χρωματομετρία. Υπήρξε συνεργασία για τα παραπάνω με το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, το ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος και το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών.

Αξιολόγηση των μεθόδων ¹⁶

Από τις δοκιμές καθαρισμού συμπεραίνουμε ότι σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα και τη διάρκεια της κάθε μεθόδου παίζουν κυρίως:

1. Το πάχος της κρούστας.
2. Η συνάφεια της κρούστας με το υπόστρωμα.
3. Η κατάσταση διατήρησης της επιφάνειας του υποστρώματος.

Αξιολογώντας την κάθε μέθοδο είχαμε τα εξής :

Στην περίπτωση της μικροψηγματοβολής το αποτέλεσμα κρίθηκε:

- α) Στην περίπτωση που το υπόστρωμα ήταν μάρμαρο: καλό όταν η επιφάνεια καλυπτόταν από επικαθήσεις αιθάλης, καλό όταν η επιφάνεια καλυπτόταν από ομοιόμορφη κρούστα με καλή πρόσφυση και μέτριο έως κακό στην περίπτωση της κρούστας με ανακρυσταλλώσεις. Εδώ, παρατηρήθηκαν στην επιφάνεια υπολείμματα των επικαθήσεων, η απομάκρυνση των οποίων θα οδηγούσε στην αφαίρεση γύψου από την επιφάνεια του μαρμάρου. Το τελικό αποτέλεσμα ήταν ο ανομοιόμορφος καθαρισμός της επιφάνειας (εικ. 4).
- β) Στην περίπτωση που το υπόστρωμα ήταν έγχρωμα επιφανειακά στρώματα: καλό εάν η κοκκομετρία του οξειδίου του αλουμινίου ήταν της τάξεως 10 μm και η επιφάνεια καλυπτόταν από χαλαρές επικαθήσεις αιθάλης, καλό όταν η επιφάνεια καλυπτόταν από ομοι-

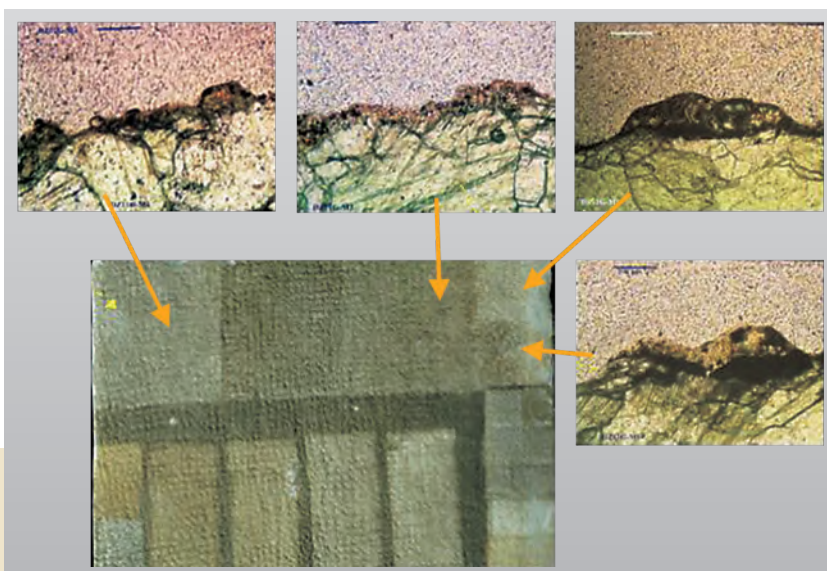
16. Papakonstantinou κ.ά. 2003.



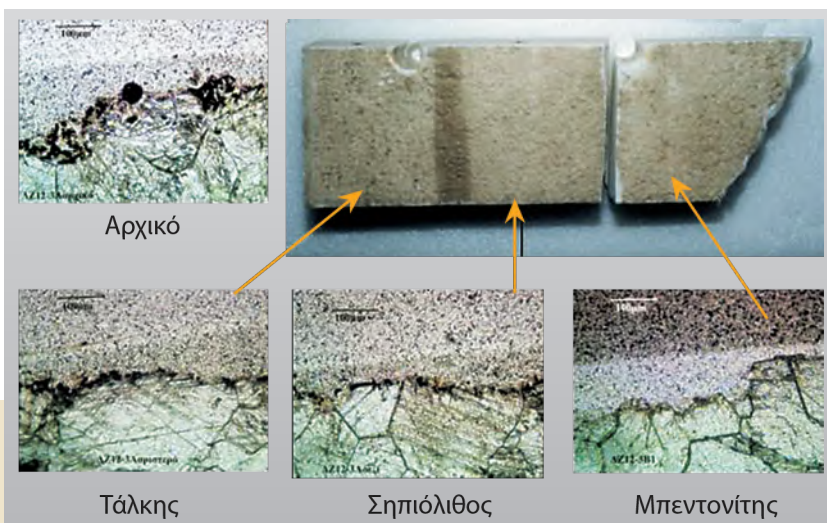
όμορφη κρούστα με καλή πρόσφυση, μέτριο έως κακό στην περίπτωση της κρούστας με ανακρυσταλλώσεις, γιατί παρατηρήθηκαν στην επιφάνεια υπολείμματα των επικαθήσεων, η απομάκρυνση των οποίων θα οδηγούσε στην απομάκρυνση των στρωμάτων. Το τελικό αποτέλεσμα ήταν ο ανομοιόμορφος καθαρισμός της επιφάνειας.

Στην περίπτωση των επιθεμάτων με διάλυμα κεκορεσμένου ανθρακικού ασβεστίου το αποτέλεσμα κρίνεται:

α) Στην περίπτωση που το υπόστρωμα ήταν μάρμαρο: καλό όταν η επιφάνεια καλυπτόταν από επικαθήσεις αιθάλης, μέτριο όταν η επιφάνεια καλυπτόταν από ομοιόμορφη κρούστα με καλή πρόσφυση, γιατί χάθηκε η στιλπνότητα της επιφάνειας, ενώ στην περίπτωση της κρούστας με ανακρυσταλλώσεις ο καθαρισμός δεν είχε ικανοποιητικό αισθητικό αποτέλεσμα (εικ. 5).



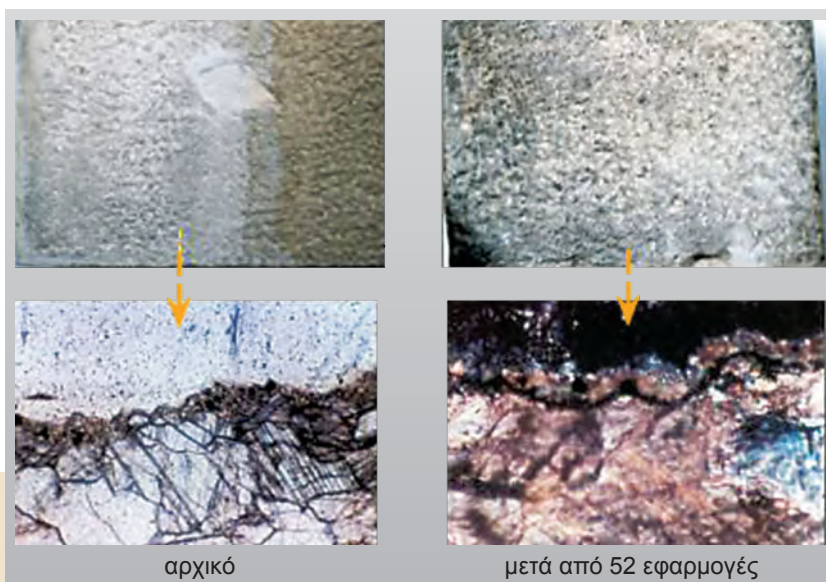
4. Δοκιμές καθαρισμού με μικροψηματοβολή σε διαφορετικά είδη κρούστας. Έλεγχος των αποτελεσμάτων σε λεπτές τομές με πολωτικό μικροσκόπιο.



5: Δοκιμές καθαρισμού με επιθέματα προσροφητικών ουσιών. Έλεγχος των αποτελεσμάτων σε λεπτές τομές με πολωτικό μικροσκόπιο.

β) Στην περίπτωση που το υπόστρωμα ήταν έγχρωμα επιφανειακά στρώματα: μέτριο όταν η επιφάνεια καλυπτόταν από επικαθήσεις αιθάλης, γιατί, ενώ τα στρώματα δεν απομακρύνονται κατά τον καθαρισμό, χάνουν την στιλπνότητά τους. Όταν η επιφάνεια καλυπτόταν από ομοιόμορφη κρούστα με καλή πρόσφυση το αποτέλεσμα του καθαρισμού κρίθηκε πάλι μέτριο, γιατί και εδώ χάθηκε η στιλπνότητα των στρωμάτων. Στην περίπτωση της κρούστας με ανακρυσταλλώσεις ο καθαρισμός δεν είχε αποτέλεσμα.

Σημειώνεται ότι ως προσροφητική ουσία για τη δημιουργία πάστας χρησιμοποιήθηκε τελικά ο σπινόλιθος. Με τη μέθοδο της αναστροφής της γύψου σε όλες τις περιπτώσεις των επικαθήσεων με υπόστρωμα μάρμαρο, το αποτέλεσμα ήταν ατελές, γιατί, ενώ πραγματοποιήθηκε η αναστροφή της γύψου σε ασβεστίτη, εγκλωβίστηκαν οι οργανικοί ρύποι κάτω από αυτόν, με αποτέλεσμα να μην επιτυγχάνεται ο καθαρισμός (εικ. 6). Η μη ύπαρξη γύψου πάνω στα έγχρωμα επιφανειακά στρώματα, οδήγησε στη μη εφαρμογή της μεθόδου στις περιοχές αυτές.



6: Δοκιμές καθαρισμού με αναστροφή της γύψου. Έλεγχος των αποτελεσμάτων σε λεπτές τομές με πολωτικό μικροσκόπιο.

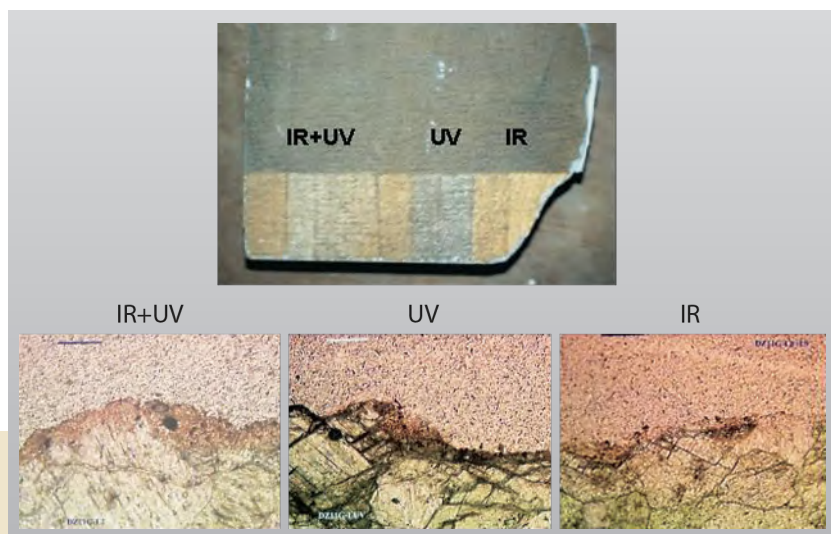
Στην περίπτωση της χρήσης *laser* είχαμε τα εξής: αρχικά, δοκιμάστηκε το υπέρυθρο μήκος κύματος, το οποίο πρέπει να σημειωθεί ότι οδήγησε σε ομοιόμορφο καθαρισμό. Η παρατήρηση του καθαρισμού σε πολωτικό μικροσκόπιο έδειξε την εκλεκτική αφαίρεση των μαύρων οργανικών σωματιδίων αλλά το αποτέλεσμα δίνει ένα κίτρινο χρωματισμό στην επιφάνεια.

Οι δοκιμές καθαρισμού με την χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας δεν είναι ομοιογενείς, ενώ παρατηρήθηκε γκριζος χρωματισμός της επιφάνειας. Στη συνέχεια δοκιμάστηκε για πρώτη φορά ο συνδυασμός των δύο μηκών κύματος, με πολύ καλά αποτελέσματα.

Έτσι, αξιολογώντας τα αποτελέσματα, στην περίπτωση που το υπόστρωμα ήταν μάρμαρο και οι επικαθήσεις ήταν χαλαρές, το αποτέλε-

σμα ήταν καλό, όταν χρησιμοποιούνταν και τα δύο μήκη κύματος.

Στις περιπτώσεις της ομοιόμορφης κρούστας και της κρούστας με ανακρυσταλλώσεις, το αποτέλεσμα ήταν καλό όταν χρησιμοποιήθηκε το υπέρυθρο μήκος κύματος και, σε περιπτώσεις δυσχρωματισμού (κιτρινίσματος) της επιφάνειας, χρησιμοποιήθηκαν κατόπιν και τα δύο μήκη κύματος επάλληλα (εικ. 7).



7: Δοκιμές καθαρισμού με laser. Έλεγχος των αποτελεσμάτων σε λεπτές τομές με πολωτικό μικροσκόπιο.

Το αποτέλεσμα κρίθηκε καλό, όταν το υπόστρωμα καλυπτόταν από έγχρωμα επιφανειακά στρώματα και γινόταν η χρήση μόνο του υπέρυθρου μήκους κύματος σε όλες τις περιπτώσεις κρούστας. Όταν χρησιμοποιήθηκαν και τα δύο μήκη κύματος παρατηρήθηκε δυσχρωματισμός των στρωμάτων.

Από την έρευνα, που παρουσιάστηκε συνοπτικά, διαπιστώθηκε πως η μέθοδος laser ήταν αυτή που ανταποκρινόταν σε όλα τα κριτήρια που είχαν τεθεί, τα πιο βασικά από τα οποία ήταν η διατήρηση της φυσικής πατίνας, των έγχρωμων στρωμάτων, και του στρώματος της γύψου, καθώς και η μη παραγωγή παραπροϊόντων. Επίσης, ήταν η πλέον κατάλληλη μέθοδος για όλες τις περιπτώσεις κρούστας, ανεξαρτήτως του υποστρώματος, και το αποτέλεσμα του καθαρισμού ήταν ομοιόμορφο, παρά την ανομοιογένεια της επιφάνειας και τις διαφορετικές συνθήκες καθαρισμού.

Το πιο σημαντικό πλεονέκτημά της όμως, ήταν ο αυτοελεγχόμενος χαρακτήρας της, ο οποίος εξασφάλιζε την ελεγχόμενη αφαίρεση των ρύπων χωρίς την παραμικρή προσβολή του υποστρώματος, γιατί το σύστημα ρυθμίζεται σε πυκνότητες ενέργειας μικρότερες από την πυκνότητα ενέργειας που προσβάλλει το υπόστρωμα. Σημειώνεται ότι το κατώφλι ενέργειας αποδόμησης του μαρμάρου, για το υπεριώδες μήκος κύματος είναι $1,9 \text{ J/cm}^2$ και για την κρούστα $0,57 \text{ J/cm}^2$, ενώ για το υπέρυθρο μήκος κύματος είναι $3,5 \text{ J/cm}^2$ για το μάρμαρο και $0,84 \text{ J/cm}^2$ για την κρούστα. Για τα έγχρωμα επιφανειακά στρώματα είναι $0,7 \text{ J/cm}^2$.

Καθορισμός της επιφάνειας αναφοράς¹⁷

Η απόχρωση της επιφάνειας του μαρμάρου, μετά τον καθαρισμό, θα πρέπει να εναρμονίζεται με τους υπόλοιπους λίθους της ζωφόρου οι οποίοι είναι οι 56 λίθοι που βρίσκονται στο Βρετανικό Μουσείο, μεταξύ των οποίων και οι δύο της δυτικής, οι 16 λίθοι της βόρειας, οι 7 της νότιας και οι 2 της ανατολικής. Δυστυχώς, καμία από αυτές τις επιφάνειες δεν μπορούσε να θεωρηθεί ως επιφάνεια αναφοράς διότι έχουν εκτεθεί σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες.

Οι λίθοι του Μουσείου της Ακρόπολης διατηρούν πολύ λιγότερα έγχρωμα επιφανειακά στρώματα και πληροφορίες από αυτούς της δυτικής ζωφόρου, αφού παρέμειναν ακάλυπτοι στο μνημείο ή θαμμένοι στο έδαφος μετά την έκρηξη του 1687. Όσο για τους λίθους του Βρετανικού Μουσείου, ο εκτεταμένος καθαρισμός του 1936-37 έχει αναντίστρεπτα αλλοιώσει το χρώμα των επιφανειών σε πολύ λευκότερο από το αυθεντικό.¹⁸

Οι παράμετροι του χρώματος μετρήθηκαν με το σύστημα CIELAB 1976 το οποίο υπολογίζει τη φωτεινότητα (L^* κλίμακα άσπρου-μαύρου), τη χροιά (a^* κλίμακα κόκκινου-πράσινου) και τον βαθμό κορεσμού (b^* κλίμακα κίτρινου-κυανού). Η επιφάνεια αναφοράς για τον καθαρισμό αποφασίστηκε να είναι το χρώμα των αρχιτεκτονικών μελών του οπισθόναου. Οι χρωματομετρικές τιμές των αρχιτεκτονικών μελών του Παρθενώνα, που προαναφέρθηκαν, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

	L^*	a^*	b^*
Περιοχές έκπλυσης της δυτικής ζωφόρου	70,44	2,78	13,3
Λίθοι νότιας ζωφόρου Μουσείου Ακροπόλεως	76,50	3,60	15,6
Λίθοι βόρειας ζωφόρου Μουσείου Ακροπόλεως	70,32	4	17
Δυτικοί κίονες Παρθενώνα	68,4	3,20	13
Δ.Ζ.Ι και Δ.Ζ.ΙΙ Βρετανικού Μουσείου	77,17	1,34	9,80
Νέο μάρμαρο	80,80	1,10	4,90

Οι τιμές για το χρώμα του μαρμάρου μετά τον καθαρισμό κυμαίνονταν για τη φωτεινότητα L^* από 60 έως 70, για τη χροιά a^* από 2,8 έως 5 και για το βαθμό κορεσμού b^* από 13 έως 16.

Καθαρισμός της Δυτικής Ζωφόρου με laser¹⁹

Το αποτέλεσμα της έρευνας οδήγησε στον σχεδιασμό, από το Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας, Ινστιτούτο Ηλεκτρονικής Δομής και Λείζερ, ενός νέου πρωτότυπου συστήματος, ειδικά σχεδιασμένου για τον καθαρισμό της δυτικής ζωφόρου (εικ. 8).

Το σύστημα αυτό έχει τη δυνατότητα λειτουργίας σε δύο μήκη κύματος (υπέρυθρο 1064 nm και υπεριώδες 355 nm) με τη χρήση

17. Frantzikinaki κ.ά. 2005, 132.

18. Mantis κ.ά. 1999.

19. Frantzikinaki κ.ά. 2004. Cooper 1998.





8: Το πρωτότυπο σύστημα λέιζερ, που σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε στο ΙΗΔΛ-ΙΤΕ και λεπτομέρειες από λίθους της δυτικής ζωφόρου κατά τη διάρκεια του καθαρισμού.



9: Αποκάλυψη ιστορικών τεκμηρίων μετά τον καθαρισμό με λέιζερ **9α)** ίχνη αρχαίων εργαλείων και **9β)** ίχνη αρχαίου χρώματος.

ταυτόχρονης ή μεμονωμένης ακτινοβολίας, σε διάφορες μεταξύ τους αναλογίες ενεργειών.

Κατά τον καθαρισμό, οι ενέργειες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν μεταξύ $0,4 \text{ J/cm}^2$ (χαλαρές επικαθήσεις) και $1,8 \text{ J/cm}^2$ (κρούστα με ανακρυσταλλώσεις).

Με τον καθαρισμό αποκαλύφθηκαν πολύτιμες πληροφορίες της γλυπτής επιφάνειας και ιστορικά τεκμήρια, όπως κατάλοιπα χρώματος και ίχνη αρχαίων εργαλείων (απόδειξη ασφαλούς καθαρισμού) (Εικ. 9).

Η έκταση των επιφανειών με τα έγχρωμα στρώματα αποκαλύφθηκε μεγαλύτερη από τις αρχικές εκτιμήσεις, ενώ αποκαλύφθηκαν



10: Λεπτομέρειες του λίθου Δ.Ζ. ΙΧ της δυτικής ζωφόρου κατά τη διάρκεια του καθαρισμού με laser.

προηγούμενες επεμβάσεις συντήρησης, όπως κονιάματα και καρφίδες που δεν ήταν αναγνώσιμα πριν τον καθαρισμό (Εικ. 10).

Τέλος, στο πλαίσιο της τεκμηρίωσης, σημειώθηκαν οι συνθήκες και οι χρόνοι του καθαρισμού σε όλες τις περιοχές επιφάνειας. Οι δεκατέσσερις λίθοι της δυτικής ζωφόρου αρχικά εκτέθηκαν στο Μουσείο Ακροπόλεως και τώρα μεταφέρθηκαν στο Νέο Μουσείο Ακροπόλεως. Στη θέση τους στο μνημείο, τοποθετήθηκαν αντίγραφα από τσιμεντοκονίαμα.

Προέλευση εικόνων

Αρχείο Υπηρεσίας Συντήρησης Μνημείων Ακροπόλεως, ΥΠΠΟ

Συντομογραφίες- Βιβλιογραφία

- | | |
|------------------------|---|
| Amoroso, Fassina 1983 | G. Amoroso, V. Fassina, <i>Stone decay and Conservation</i> , Amsterdam 1983 |
| Charter of Venice 1964 | International Charter of Venice for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites, International Council of Monuments and Sites (ICOMOS), 1964 |
| Collignon 1912 | M. Collignon, <i>Le Parthénon: L'histoire, l'architecture et la sculpture</i> . 166 planches en photographie d'après les photographies de Frederique Boissonas et W.-A. Mansell & Co., Paris 1912 |
| Cooper 1998 | M. I. Cooper, <i>Laser cleaning in conservation: an introduction</i> , Oxford 1998 |

- Frantzikinaki κ.ά. 2004 K. Frantzikinaki, A. Panou, C. Vasiliadis, E. Papakonstantinou, P. Pouli, Th. Ditsa, V. Zafiropoulos, C. Fotakis, The cleaning of the Parthenon west frieze: An innovative laser methodology, *10th International Congress on the Deterioration and Conservation of Stone*, II, 2004, 801-807.
- Frantzikinaki κ.ά. 2005 K. Frantzikinaki, G. Marakis, A. Panou, C. Vasiliadis, E. Papakonstantinou, P. Pouli, Th. Ditsa, V. Zafiropoulos, C. Fotakis, The cleaning of the Parthenon west frieze by means of combined IR and UV radiation, *6th International Congress on Lasers in the Conservation of Artworks*, Book of Abstracts, Vienna 21-25 September 2005.
- Jenkins 1999 J. Jenkins, What happened to the Parthenon sculptures in the 1930's, Δακτυλόγραφη ανακοίνωση, Cleaning the Parthenon Sculptures, The British Museum XXIIIrd Classical Colloquium, 1999
- Kouzeli κ.ά. 1989 K. Kouzeli, N. Beloyannis, Ch. Toliass, G. Dogani, Monochromatic layers with and without oxalates on the Parthenon, *The oxalate films: origin and significance in the conservation of works of art*, Proceedings, Milan 1989, 327-335.
- Kouzeli, Beloyannis, Dogani 1990 K. Kouzeli, N. Beloyannis, G. Dogani, Study of the remaining colouring on the architectural surfaces of the Parthenon, *Superfici dell' Architettura, Le Finiture*, Proceedings, Bressanone 1990, 241-249.
- Lazzarini, Tabasso 1986 L. Lazzarini, M.L. Tabasso, *Il Restauro della pietra*, Padova 1986.
- Mantis κ.ά. 1999 A. Mantis, K. Kouzeli, E. Papakonstantinou, Observation on the Parthenon Sculptures in the British Museum, *Cleaning the Parthenon Sculptures*. The British Museum XXIIIrd Classical Colloquium, 30th November - 1st December 1999, www.britishmuseum.org.
- Oddy 1999 A. Oddy, The conservation of marble sculptures in the British Museum, Δακτυλόγραφη ανακοίνωση, Cleaning the Parthenon sculptures, The British Museum XXIIIrd Classical Colloquium, 1999
- Papakonstantinou κ.ά. 2003 E. Papakonstantinou, K. Frantzikinaki, A. Panou, P. Pouli and V. Zafiropoulos, The conservation project of the Parthenon West Frieze, *XVI Congress of Classical Archaeology*, Harvard University Art Museums, Boston/ Cambridge, 23026 Aug 2003.
- Skoulikidis κ.ά. 1979 Th. Skoulikidis, D. Charalambous, E. Papakonstantinou, N. Beloyiannis, The mechanism of marble sulfation by SO₂ action, *3rd International Congress on the Deterioration and Preservation of Building Stones*, Proceedings, Venice 1979, 439-452.
- Smith 1910 A. H. Smith, *The sculptures of the Parthenon*, London 1910
- St. Clair 1999 W. St. Clair, *Ο Λόρδος Έλγιν και τα μάρμαρα*, Αθήνα 1999
- Tabasso 1987 M.L. Tabasso, Conservation treatment of stone, *The Deterioration and Conservation of Stone, Notes from the International Venetian Course on Stone Restoration*, Unesco 1987, 271-280.
- Torraca 1988 G. Torracca, General philosophy of stone conservation, *3rd International Symposium On the Deterioration and Conservation of Stone*, Proceedings, Venice 1988.
- Γαλανού, Δογάνη 1994 A. Γαλανού, Γ. Δογάνη, Η Δυτική Ζωφόρος - Μελέτη Συντήρησης, *Μελέτη Αποκαταστάσεως του Παρθενώνος*, 3 Γ, Αθήνα 1994.
- Κορρές, Μπούρας 1983 M. Κορρές, X. Μπούρας, *Μελέτη αποκαταστάσεως του Παρθενώνος*, Αθήνα 1983.
- Μαλλούχου - Tufano 1998 Φ. Μαλλούχου - Tufano, Η αναστήλωση των αρχαίων μνημείων στην νεώτερη Ελλάδα (1834-1939), *Το έργο της εν Αθήναις Αρχαιολογικής Εταιρείας και της Αρχαιολογικής Υπηρεσίας*, Αθήνα 1998.
- Μαλλούχου - Tufano 1994 Φ. Μαλλούχου - Tufano, Επεμβάσεις στον οπισθόναο και τη δυτική ζωφόρο του Παρθενώνα τον 19^ο και 20^ο αιώνα, *Μελέτη Αποκαταστάσεως του Παρθενώνος*, 3 Α, Αθήνα, 11-23.

Μαραβελάκη – Καλαϊτζάκη 1997	Π. Μαραβελάκη - Καλαϊτζάκη. <i>Καθαρισμός των μαύρων επικαλύψεων πεντελικού μαρμάρου με την ακτινοβολία λέιζερ</i> , 1997 (Μελέτη δακτυλόγραφη, Αρχείο ΕΣΜΑ αρ. 721).
Μπαλάνος, 1940	Ν. Μπαλάνος, <i>Η αναστήλωση των μνημείων της Ακροπόλεως</i> , Αθήναι 1940.
Πάνου, Παπασταματίου, Φραντζικινάκη 1999	Α. Πάνου, Κλ. Παπασταματίου, Κ. Φραντζικινάκη, <i>Παρθενών- Δυτική Ζωφόρος. Μελέτη- Πρόταση άμεσης επέμβασης</i> , Αθήνα 1999.
Παπακωνσταντίνου 1994	Ε. Παπακωνσταντίνου, Φυσικοχημικές παρατηρήσεις στη δυτική ζωφόρο του Παρθενώνα, <i>Μελέτη Αποκαταστάσεως του Παρθενώνος</i> , 3 Γ, Αθήνα 1994, 17-64.
Παπακωνσταντίνου κ.ά. 2002	Ε. Παπακωνσταντίνου, Κ. Φραντζικινάκη, Π. Πουλή, Β. Ζαφειρόπουλος. Μελέτη Καθαρισμού της δυτικής ζωφόρου, <i>Μελέτη Αποκαταστάσεως του Παρθενώνος</i> , 7, Αθήνα 2002, 9-132.
Παπακωνσταντίνου, Χαραλάμπους 1989	Ε. Παπακωνσταντίνου, Δ. Χαραλάμπους, Επισήμανση φθορών στη δυτική ζωφόρο, <i>Μελέτη Αποκαταστάσεως του Παρθενώνος</i> , 2 Α, Αθήνα 1989, 192-193.
Σκουλικίδης 1994	Θ. Σκουλικίδης, Πρόταση για τον καθαρισμό των μνημείων της Ακρόπολης, <i>Μελέτη Αποκαταστάσεως του Παρθενώνος</i> , 3Γ, Αθήνα 1994.
Σκουλικίδης κ.ά. 1994	Θ. Σκουλικίδης, Ε. Παπακωνσταντίνου, Α. Γαλανού, Γ. Δογάνη, Περί της συντηρήσεως της δυτικής ζωφόρου, <i>Μελέτη Αποκαταστάσεως του Παρθενώνος</i> , 3 Γ, Αθήνα 1994.

Η συντήρηση της επιφάνειας στα μνημεία της Ακρόπολης

Γιασεμή Φραντζή
Αναστασία Πάνου
Ανθή Τσιμερέκη
Κατερίνα Φραντζικινάκη

Ο Παρθενώνας, τα Προπύλαια και ο ναός της Αθηνάς Νίκης είναι τα μνημεία στα οποία σήμερα πραγματοποιούνται εργασίες αναστήλωσης αλλά και συντήρησης, ενώ στο Ερεχθείο, στο οποίο έχει ολοκληρωθεί η αναστήλωση, εκτελούνται αποκλειστικά επεμβάσεις συντήρησης της επιφάνειας. Το κύριο υλικό κατασκευής των μνημείων της Ακρόπολης Αθηνών, είναι το πεντελικό μάρμαρο, στην επιφάνεια του οποίου σώζονται ακόμη και σήμερα περιοχές των δύο έγχρωμων στρωμάτων.¹ Το πορτοκαλοκάστανο, που μοιάζει να είναι σε απόλυτη συνάφεια με το μάρμαρο και χαρακτηρίζεται ως επιδερμίδα του μαρμάρου, και ένα υπόλευκο στρώμα, που καλύπτει την επιδερμίδα, είναι σε μικρότερη συνάφεια με το μάρμαρο και χαρακτηρίζεται ως επίστρωμα. Παράλληλα, πάνω στην επιφάνεια των μνημείων σώζονται αποσπασματικά έως σήμερα ίχνη του αρχαίου γραπτού διακόσμου καθώς και της πολυχρωμίας που τα χαρακτήριζε στην αρχαιότητα.² Έχουν καταγραφεί και αναλυθεί ίχνη κόκκινου (αιματίτης) και κυανού (αιγυπτιακό μπλε) χρώματος, ενώ είναι ορατά ακόμα ίχνη του εγχάρακτου γραπτού διακόσμου (υπογραμμός).

Οι κυριότερες μορφές φθοράς που απαντούν στα μνημεία αποτελούν συνδυασμό της δράσεως φυσικοχημικών και μηχανικών παραγόντων, ανάλογα με το μικροκλίμα και την ιδιοσυστασία του μαρμάρου, που άλλοτε παρουσιάζει ορυκτά εγκλείσματα και άλλοτε αργιλοπυριτικές φλέβες. Επίσης, η σημερινή κατάσταση διατήρησης των μνημείων επηρεάστηκε από την ιστορία τους σε σχέση με καταστροφές, είτε από φυσικά αίτια (λ.χ. σεισμούς ή έντονα καιρικά φαινόμενα), είτε από ανθρώπινα (λ.χ. πυρκαγιές ή βανδαλισμούς). Η διαρκής έκθεση των μνημείων στην όξινη προσβολή³ συνοδεύεται από απώλεια της αρχικής επιφάνειας και των γλυπτών λεπτομερειών. Αυτό είναι εμφανές στη ζωφόρο και τα γλυπτά του Παρθενώνα, καθώς και στη ζωφόρο του ναού της Αθηνάς Νίκης και στις Καρυάτιδες του

1. Kouzeli κ.ά. 1989.
2. Jenkins, Middleton 1988.
3. Skoulikidis κ.ά. 1979.

Ερεχθείου. Σε εσοχές και άλλες περιοχές (όπως οι λεπτομέρειες των γλυπτών) που προστατεύονται από τη βροχή παρατηρείται ο σχηματισμός μαύρης κρούστας. Ο εγκλωβισμός των ομβρίων υδάτων, καθώς και των χωμάτων σε διανοιγμένους αρμούς και θεμελιώσεις επιτρέπει την ανάπτυξη ανώτερων φυτών με συνέπεια μηχανικές παραμορφώσεις. Έτσι, τελικά η εικόνα που παρουσιάζουν τα μνημεία σήμερα συνδυάζει: την *απώλεια συνοχής του μαρμάρου* (περικρυσταλλική φθορά, αποσάθρωση, απολεπίσεις, αποφλοιώσεις, κυψελοειδή και διαφορική φθορά) με τις *μηχανικές φθορές* (διάνοιξη αρμών και δημιουργία ρηγμάτων, εσωτερικών κενών και περιοχών με κίνδυνο πτώσης)⁴, τις *επικαθήσεις ατμοσφαιρικών ρύπων* και τις *εποικίσεις ενδολιθικών και επιλιθικών μικροοργανισμών*.⁵ Επιπρόσθετα, οι εκτεταμένες επεμβάσεις, που πραγματοποιήθηκαν στο παρελθόν,⁶ περιλαμβάνουν μια ποικιλία υλικών, τα οποία αποδεδειγμένα αποτελούν παράγοντες φθοράς. Σε ετοιμόρροπα θραύσματα, σε αποφλοιώσεις, αλλά ακόμη και σε περιοχές που εμφανώς δε χρειαζόταν, είχαν τοποθετηθεί καρφίδες ή σύνδεσμοι, συχνότερα από ορείχαλκο, σπανιότερα από χαλκό και σε κάποιες περιπτώσεις από σίδηρο. Ως υλικό συγκόλλησης είχε χρησιμοποιηθεί πολύ εκτεταμένα η λιθόκολλα Meyer, ενώ σπανιότερα το λευκό τσιμέντο και η μαρμαρόκολλα.

Το έργο συντήρησης της επιφάνειας των μνημείων, καθώς και των γλυπτών τους, ξεκίνησε σε πιλοτικό πρόγραμμα το 1987 στον Παρθενώνα.⁷ Οι εργασίες εποπτεύονται επιστημονικά από την Επιτροπή Συντήρησης των Μνημείων της Ακρόπολης (ΕΣΜΑ) και πραγματοποιούνται από μία μεγάλη ομάδα ανθρώπινου δυναμικού διαφόρων ειδικοτήτων (συντηρητές, τεχνικοί συντήρησης, μαρμαροτεχνίτες). Οι μέθοδοι και τα υλικά βελτιώνονται με την εμπειρία των εργαζομένων και τη συμβολή διαφόρων επιστημονικών ειδικοτήτων (χημικών μηχανικών, πολιτικών μηχανικών, βιολόγων κ.α.)

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι ανόργανα, συμβατά με το μάρμαρο και, όπως και οι μέθοδοι που εφαρμόζονται, έχουν εγκριθεί από την ΕΣΜΑ σε πιλοτικό πρόγραμμα και έχουν παρουσιαστεί σε διεθνή συνέδρια.

Πρωταρχικός στόχος των επεμβάσεων συντήρησης είναι η αποτροπή της δημιουργίας συνθηκών διάβρωσης του μαρμάρου και, ταυτόχρονα, η αντιμετώπιση των ήδη υπαρχόντων προβλημάτων. Οι επεμβάσεις συντήρησης, που πραγματοποιούνται σήμερα στην Ακρόπολη, διακρίνονται σε σωστικές και συστηματικές. Διέπονται από τις ίδιες αρχές και πραγματοποιούνται με ενιαία αντιμετώπιση σε όλα τα μνημεία, αποτελώντας πλέον αναπόσπαστο τμήμα της ιστορίας τους.

Οι *σωστικές επεμβάσεις* συνίστανται σε μεμονωμένες, στερεωτικές κυρίως, εργασίες κατά τις οποίες δεν αντιμετωπίζονται όλα τα προβλήματα ενός μέλους αλλά μόνο σημεία ή περιοχές του που χρήζουν άμεσης επέμβασης. Πολύ συχνά πραγματοποιούνται εκτός του συστηματικού προγραμματισμού εργασιών. Οι εργασίες γενικότερα πε-

4. Σκουλικίδης κ.ά. 1989, 177.

5. Krumbein, Urzi 1992.

6. Μπαλάνος 1940. Μωραΐτου 1994. Μαλλούχου-Tuffano 1998, 61-63, 94-99, 205-207.

7. Δογάνη, Μωραΐτου 1989. Δαμιανός κ.ά. 2002.



ριλαμβάνουν την υποστήριξη των συνεργειών αναστήλωσης σε όλα τα μέτωπα, ιδιαίτερα όμως όπου γίνεται αποξήλωση αρχιτεκτονικών μελών οι συντηρητές λειτουργούν παράλληλα με τα συνεργεία της δομικής αποκατάστασης.

Όσον αφορά στις εργασίες που προηγούνται της αποξήλωσης, αρχικά γίνεται εκτίμηση της κατάστασης διατήρησης του μέλους, στη συνέχεια καταγραφή των φθορών – χαρτογράφηση και σημείωση των ετοιμόρροπων τμημάτων σε σχέδιο. Παράλληλα, γίνονται και παρατηρήσεις σχετικά με τα κονιάματα και καταγράφονται τυχόν ιστορικά στοιχεία. Ακολουθεί στερέωση των αποσπασμένων περιοχών με κονίαμα τσιμέντου – ασβέστη σε αναλογία 1:3 και προσωρινή συγκράτηση των τμημάτων με κίνδυνο πτώσης, με τοποθέτηση ουδέτερου χαρτιού, γάζας ή γυψόγαζας. Κατά τη φάση της αποξήλωσης γίνεται περισυλλογή των θραυσμάτων, συστηματική αρίθμηση, καταγραφή της ακριβούς θέσης τους και της ημερομηνίας και τηρείται κατάλογος θραυσμάτων για κάθε μέλος.

Σε αυτό το στάδιο είναι δυνατό να αποκαλυφθούν διάφορα ιστορικά στοιχεία όπως μετάλλиноι σύνδεσμοι, κατάλοιπα χρώματος, κατάλογοι με ονόματα τεχνητών καθώς και ξύλινα εμπόλια. Ακόμη, συλλέγονται δείγματα από κονιάματα των προηγούμενων επεμβάσεων, ως τεκμήρια. Κατά τη διάρκεια των εργασιών πραγματοποιείται συστηματική φωτογράφιση.

Για την αντιμετώπιση εκτάκτων προβλημάτων, που προκύπτουν από έντονα καιρικά φαινόμενα ή σεισμούς, γίνεται εκτεταμένος έλεγχος, περισυλλογή των θραυσμάτων εάν υπάρχουν, καταγραφή και συγκόλληση, όπου είναι δυνατό. Σε όλα τα μνημεία γίνεται περιοδικός έλεγχος και πολλές φορές επιλέγονται περιοχές που δεν περιλαμβάνονται στον αρχικό (ετήσιο) προγραμματισμό εργασιών αλλά η κατάστασή τους επιβάλλει την άμεση επέμβαση.

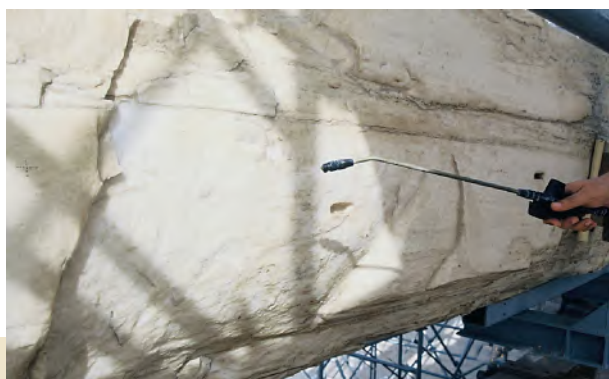
Οι *συστηματικές επεμβάσεις* περιλαμβάνουν όλο το φάσμα των εργασιών, που αποσκοπούν στην πλήρη εξυγίανση ενός αρχιτεκτονικού μέλους και αφορούν στη δομική και επιφανειακή συντήρησή του. Η πρώτη φάση των εργασιών είναι η στερέωση της διαβρωμένης επιφάνειας και η αναστολή των παραγόντων, που προκαλούν την άμεση ή έμμεση απώλεια της συνοχής του μαρμάρου.

Τα μάρμαρα στα μνημεία παρουσιάζουν κατά ένα μεγάλο ποσοστό περικρυσταλλική φθορά και αποσάθρωση σε βάθος. Για την αντιμετώπιση αυτών των περιπτώσεων γίνεται στερέωση των περιοχών με ψεкасμούς ή εμποτισμούς στάγδην, με αιώρημα υδροξειδίου του ασβεστίου και με προσθήκη 6% ανθρακικού ασβεστίου⁸ (εικ. 1). Η διαδικασία εφαρμογής περιλαμβάνει τουλάχιστον 40 ψεкасμούς πριν την έναρξη των επεμβάσεων και 40 μετά το πέρας τους, ενώ επαναλαμβάνεται κάθε δύο χρόνια.

Οι περιοχές με έντονη διάβρωση, τριχοειδείς ρωγμές και εκτεταμένες απολεπίσεις στερεώνονται με επάλειψη με αραιό μείγμα τσιμέντου και ασβέστη σε αναλογία 1:3.⁹

8. Δογάνη, Μωραΐτου 1989. Skoulikidis, Charalambous, Dramali 1991. Skoulikidis κ.ά. 1995.

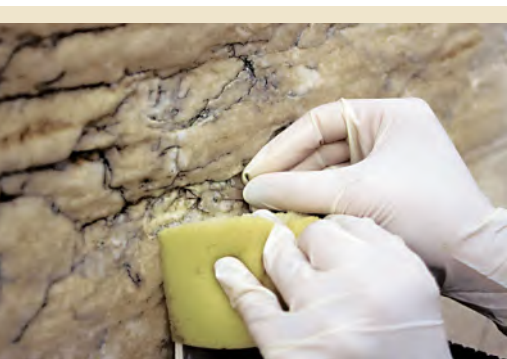
9. Δογάνη, Μωραΐτου 1989.



1: Η στερέωση της επιφάνειας γίνεται με ψεκασμούς με αιώρημα υδροξειδίου του ασβεστίου και προσθήκη 6% ανθρακικού ασβεστίου.



2: Η αφαίρεση των προηγούμενων κονιαμάτων γίνεται με λιθοξοϊκά εργαλεία.



3: Ο καθαρισμός των ρωγμών και των αποφλοιώσεων γίνεται με οδοντιατρικά και χειρουργικά εργαλεία.

Σε περιοχές όπου συναντούμε εκτεταμένες επιφανειακές ρηγματώσεις αρχικά γίνεται έλεγχος με μηχανικά μέσα (μετάλλινα ελάσματα), ή/και ηχοβολιστικά, ώστε να πιστοποιηθεί το βάθος τους και η πιθανή επέκταση σε γειτονικούς λίθους. Στη συνέχεια ακολουθεί απομάκρυνση τυχόν παλαιότερων κονιαμάτων, με λιθοξοϊκά εργαλεία (εικ. 2) και υπερηχητικό ξέστρο, και καθαρισμός της ρωγμής εσωτερικά, με υδροβολή, οδοντιατρικά εργαλεία (εικ. 3) και διάλυμα H_2O_2 10% κ.ό. σε απιονισμένο νερό. Ακολουθεί η πλήρωση των κενών και η σφράγιση τους. Η σύσταση των υλικών πλήρωσεως επιλέγεται ανάλογα με τις απαιτήσεις της περιοχής. Το μείγμα τσιμέντο - θηραϊκή γη,¹⁰ ενδείκνυται για την πλήρωση μεγάλων κενών λόγω της διεισδυτικότητάς του. Στην περίπτωση των εκτεταμένων αποφλοιώσεων με κίνδυνο πτώσης, όπου απαιτείται ισχυρότερη συγκολλητική ικανότητα, χρησιμοποιείται αραιός τσιμεντοπολτός.

Η διοχέτευση των υλικών πλήρωσης γίνεται από αναμονές, καθετήρες και βελόνες, που έχουν τοποθετηθεί σε προσβάσιμα σημεία της ρωγμής (εικ. 4).

Οι συγκολλήσεις θραυσμάτων, που είτε έχουμε περισυλλέξει είτε διατρέχουν κίνδυνο πτώσης, αποτελούν ένα σημαντικό κεφάλαιο των επεμβάσεων. Πριν από οποιαδήποτε ενέργεια γίνεται επιτόπου αποτύπωση των θραυσμάτων, τα οποία στη συνέχεια απομακρύνονται και αριθμούνται (εικ. 5 και 6). Ακολουθεί ο καθαρισμός της επιφάνειας θραύσης (εικ. 7), έτσι ώστε αφενός να έχουμε μία υγιή επιφάνεια απαλλαγμένη από σαθρά μέρη και αφετέρου να ελαχιστοποιήσουμε τη μηχανική παραμόρφωση, που έχει προκληθεί από τη θραύση. Ακολουθεί δοκιμαστική συναρμογή του κομματιού, ενώ σημειώνεται το περίγραμμα της θέσης του. Παρασκευάζεται τσιμεντοπολτός, ο οποίος τοποθετείται και στις δύο επιφάνειες που έχουν ήδη διαβραχεί, το θραύσμα εφαρμόζεται στην αντίστοιχη επιφάνεια θραύσης και ελέγχεται συνεχώς η ακρίβης του θέση (εικ. 8). Κατόπιν καθαρίζεται η περίσσεια του τσιμέντου. Για την ευστοχία της συγκόλλησης παρέχεται

10. Ζάμπας, Μιλτιάδου, Παπακωνσταντίνου 1996. Παπακωνσταντίνου, Μιλτιάδου 1998. Πάνου, Παπασταματίου, Φραντζικινάκη 1998.

διαρκώς υγρασία για τουλάχιστον 24 ώρες.

Στα θραύσματα με σαθρή επιφάνεια προηγείται επικόλληση γάζας με υδατοδιαλυτή κόλλα μεθυλοκυτταρίνης, ώστε να συγκρατηθούν στη θέση τους, μέχρι την επίτευξη της συγκόλλησης. Σε κάποιες περιπτώσεις κατασκευάζεται νάρθηκας με γυψόγαζες, οπότε μεσολαβεί ουδέτερο χαρτί. Είναι πιθανό να μην είναι δυνατή η αποκόλληση των θραυσμάτων, είτε γιατί είναι πολύ σαθρά ή γιατί αποτελούν σύμπλεγμα επάλληλων αποφλοιώσεων. Τότε, γίνεται προσεκτικός καθαρισμός περιμετρικά της περιοχής και ενίσχυση με υλικό πλήρωσης.

Όταν οι παλαιότερες συγκολλήσεις έχουν ενισχυθεί με ορειχάλκινες ή σιδερένιες καρφίδες, οι οποίες έχουν διαβρωθεί, πρέπει να αφαιρεθούν. Η απομάκρυνσή τους επιτυγχάνεται με το σύστημα της «καροταρίας»,¹¹ δηλαδή με ατσάλινο σωλήνα με πριονωτή άκρη, ο οποίος προσαρμόζεται σε περιστροφικό τρύπανο (εικ. 9). Οι καρφίδες που έχουν αφαιρεθεί αντικαθίστανται, για μεγαλύτερη ενίσχυση των συγκολλήσεων, όπου κρίνεται απαραίτητο, με νέες από τιτάνιο στις ίδιες οπές. Στην περίπτωση που απαιτηθεί ενίσχυση, με νέες αφανείς καρφίδες τιτανίου,¹² ανοίγονται οπές περίπου 2 mm μεγαλύτερες από τη διάμετρο της ράβδου που θα χρησιμοποιηθεί (εικ. 10). Η αφαίρεση των λεκέδων σκουριάς, που προκύπτουν από τα σιδερένια συνδετήρια στοιχεία ή τις καρφίδες, πραγματοποιείται με εξουδετερωμένο διάλυμα θειογλυκολικού οξέος.

Η τελική φάση των εργασιών είναι η σφράγιση με κονίαμα, μείγμα χαλαζιακής άμμου, τσιμέντου, ασβέστη και γαιωδών χρωστικών.¹³ Οι περιοχές που σφραγίζονται είναι οι αρμοί των συγκολλήσεων, οι ρωγμές, οι απολεπίσεις, οι αποφλοιώσεις και τα μεγάλα κενά που έχουν



4: Η διοχέτευση των υλικών πλήρωσης γίνεται από αναμονές, καθήρες και βελόνες που έχουν τοποθετηθεί σε προσβάσιμα σημεία της ρωγμής ή της αποφλοιώσης.

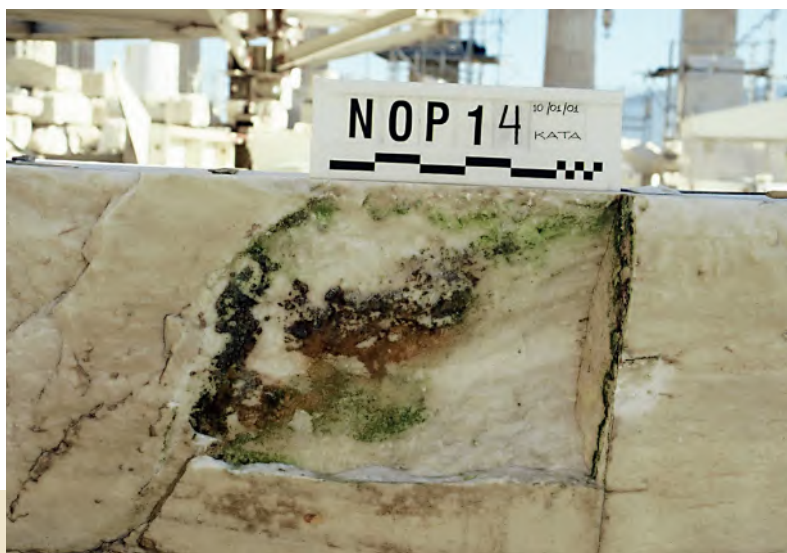
11. Πάνου 2000.

12. Skoulikidis 1972.

13. Δογάνη, Μωραΐτου 1989.



5: Πριν την απομάκρυνση των θραυσμάτων που κινδυνεύουν από πτώση γίνεται επόππου αποτύπωση, ενώ στη συνέχεια αυτά αριθμούνται και απομακρύνονται.

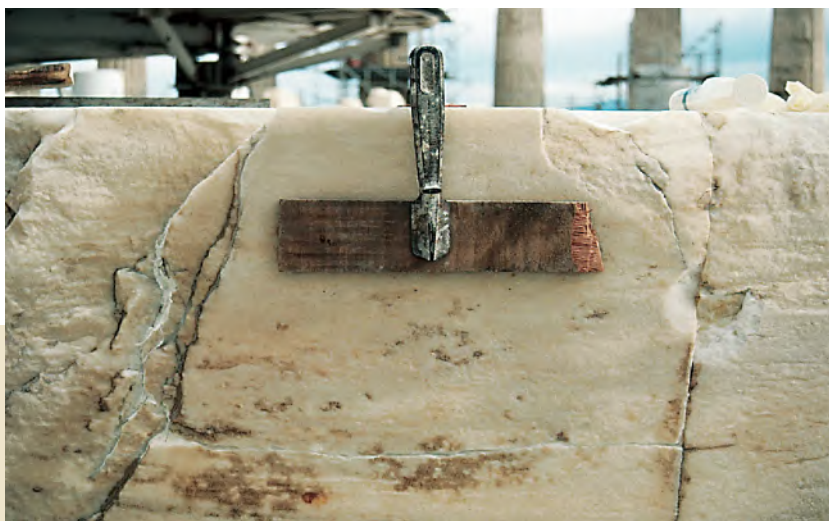


6: Μετά την απομάκρυνση του θραύσματος αποκαλύπτεται η ανάπτυξη βιολογικής παρουσίας στην επιφάνεια θραύσης.

7: Διαδικασία συγκόλλησης θραυσμάτων:
Μετά τον καθαρισμό της με διάλυμα H_2O_2
10% κατ' όγκο, η επιφάνεια θραύσης προ-
ετοιμάστηκε με λιθοξοϊκά εργαλεία.



8: Διαδικασία συγκόλλησης θραυσμάτων:
Κατά τη συγκόλληση με αραιό τσιμεντο-
πολτό, όταν η επιφάνεια είναι κατακόρυ-
φη, συχνά χρειάζεται η τοποθέτηση σφι-
γκτήρων για την εξασφάλιση της σωστής
συναρμογής των θραυσμάτων.



δημιουργηθεί από την απώλεια υλικού. Διαμορφώνεται το κονίαμα έτσι ώστε να εναρμονίζεται με τις κλίσεις της επιφάνειας του μαρμάρου. Έτσι, επιτυγχάνεται η γεωμετρική συνέχεια της επιφάνειας του μέλους. Στόχος είναι αφενός η διευκόλυνση της ροής, και όχι η συγκέντρωση των ομβρίων υδάτων και των χαλαρών επικαθήσεων, και αφετέρου η αισθητική αποκατάσταση.

Όλες οι επεμβάσεις αποκαθιστούν με ουσιαστικό τρόπο τη συνοχή της μάζας του μαρμάρου και διατηρούν τη σωζόμενη επιφάνεια. Απαλλάσσουν το υλικό από τους φθοροποιούς παράγοντες και τις προηγούμενες επεμβάσεις στερέωσης και αναδεικνύουν την αισθητική του αξία. Ωστόσο, ένας τακτικός έλεγχος επιτρέπει την παρακολούθηση των διαφόρων μεθόδων επέμβασης και την ενδεχόμενη πρόταση προληπτικών μέτρων σε περίπτωση εμφάνισης νέων αλλοιώσεων.

Ένα ιδιαίτερα σημαντικό στάδιο των επεμβάσεων είναι η τεκμηρίωση διότι αποσκοπεί στη μετάδοση πληροφοριών. Έτσι, σε όλα τα



9: Η απομάκρυνση των οξειδωμένων καρφίδων επιτυγχάνεται με αστάλινο σωλήνα με πριονωτή άκρη (καροταρία), ο οποίος προσαρμόζεται σε περιστροφικό τρύπανο.



10: Διαδικασία συγκόλλησης θραυσμάτων: Η συγκόλληση του θραύσματος ενισχύεται με την τοποθέτηση δύο αφανών καρφίδων τιτανίου.

στάδια των εργασιών, πριν, κατά και μετά την ολοκλήρωσή τους, γίνεται λεπτομερής καταγραφή τους ως εξής:

Πραγματοποιούνται λεπτομερείς λήψεις πριν την επέμβαση, κατά τη διάρκεια και μετά, σε ασπρόμαυρο φιλμ, έγχρωμες διαφάνειες, καθώς και ψηφιακές. Οι ασπρόμαυρες φωτογραφίες επικολλώνται σε καρτέλα μέλους, οι διαφάνειες αρχειοθετούνται και οι ψηφιακές φωτογραφίες καταχωρίζονται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Γίνεται χαρτογράφηση πάνω στη σχεδιαστική αποτύπωση του κάθε μέλους υπό κλίμακα, σε 5 φύλλα τα οποία περιλαμβάνουν τις εξής κατηγορίες στοιχείων:

- Φύλλο 1: επικαθήσεις και χρωματικές αλλοιώσεις
- Φύλλο 2: φθορές
- Φύλλο 3: αρχαία ιστορικά στρώματα
- Φύλλο 4: προηγούμενες επεμβάσεις
- Φύλλο 5: σημερινές επεμβάσεις

- ♦ Καθημερινά τηρείται ημερολόγιο, το οποίο εμπλουτίζεται με σκίτσα και σχέδια και στο οποίο καταγράφεται λεπτομερώς ότι έχει σχέση με το κάθε αρχιτεκτονικό μέλος αλλά και με τη ροή των εργασιών στο εργοτάξιο.
- ♦ Αποτυπώνονται τα ιστορικά τεκμήρια (χαράγματα και γραπτός διάκοσμος), σε διαφανή φύλλα PVC, σε κλίμακα 1:1 και καταχωρούνται στο φάκελο του μέλους. Η αποτύπωση σε κλίμακα 1:1 μπορεί να γίνει για πρακτικούς λόγους και σε άλλες περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα σε περιοχές με συμπλέγματα θραυσμάτων. Το σχέδιο αυτό επισυνάπτεται επίσης στο φάκελο του μέλους.
- ♦ Τέλος, καταχωρίζονται και ταξινομούνται, σε ηλεκτρονική μορφή, πληροφορίες που αφορούν στην ταυτότητα, στην κατάσταση διατήρησης, στις φθορές και στις επεμβάσεις συντήρησης των αρχιτεκτονικών μελών.

Ο τομέας συντήρησης βρίσκεται σε συνεχή αναζήτηση βελτίωσης είτε των υλικών είτε της μεθοδολογίας, είτε ακόμη και της αντιμετώπισης φθοροποιών παραγόντων. Στο πλαίσιο της επιστημονικής προσέγγισης των διαφόρων θεμάτων, και σε συνεργασία με εξειδικευμένους επιστήμονες και ιδρύματα, μελετώνται τα ακόλουθα θέματα:

Οι παράγοντες φθοράς του μαρμάρου, οι οποίοι, παρόλο που δεν είναι άγνωστοι, παραμένουν στην κορυφή του ενδιαφέροντος σε σχέση με την αντιμετώπιση τους. Έτσι, ερευνάται η αναστολή του φαινομένου της βιοδιάβρωσης¹⁴ (είδη μικροοργανισμών,¹⁵ και ανώτερων φυτών¹⁶), καθώς και ο τρόπος αντιμετώπισης των προσβεβλημένων περιοχών, σε συνεργασία με βιολόγους.

Επίσης, μελετώνται τα είδη λίθων (πόρων) που συναντούμε στην Ακρόπολη και οι φθορές τους, ώστε να προταθούν ανάλογα υλικά και μέθοδοι συντήρησης¹⁷.

Οι εργασίες που πραγματοποιούνται ακολουθούνται παράλληλα από προβληματισμούς σε σχέση με τις μεθόδους, τα υλικά και τους τρόπους εφαρμογής. Έτσι, ερευνώνται τα υλικά που χρησιμοποιούνται (όπως ο ασβέστης, το τσιμέντο, η χαλαζιακή άμμος κ.ά.) ώστε να βελτιώνονται σε σχέση με την κοκκομετρική τους διαβάθμιση, τις μηχανικές αντοχές τους, τη συστολή πήξης και την αισθητική τους εμφάνιση. Αυτό πραγματοποιείται σε συνεργασία και με άλλους επιστημονικούς κλάδους.¹⁸

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε ο καθαρισμός των επικαθήσεων της δυτικής ζωφόρου του Παρθενώνα, σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Ηλεκτρονικής Δομής και Λέιζερ - Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας (ΙΗΔΛ-ΙΤΕ Κρήτης).¹⁹

Οι επεμβάσεις συντήρησης είναι αποτέλεσμα συνεργασίας συντηρητών, τεχνικών συντήρησης και μαρμαροτεχνιτών, που με την εξειδίκευση, την ευαισθησία και τον συνεχή προβληματισμό συμβάλλουν στην εξέλιξη του έργου.

14. Παπιδά, Γαρμπής, Βασιλειάδης 2001.

15. Γαρμπής, Παπιδά, Παπακωνσταντίνου 2006.

16. Μπαμπανίκα 1991.

17. Μαριδάκη κ.ά. 2006.

18. Είναι σε εξέλιξη

19. Παπακωνσταντίνου κ.ά. 2002, 11-132.



Συντομογραφίες- Βιβλιογραφία

ASMOSIA	Association of Marble and Other Stones in Antiquity
Jenkins, Middleton 1988	I. Jenkins, A. Middleton, Paint on the Parthenon Sculptures, <i>The Annual of the British School of Athens</i> , 83, 1988, 183-207
Kouzeli κ.ά. 1989	K. Kouzeli, N. Beloyannis, Ch. Tolia, G. Dogani, Monochromatic layers with and without oxalates on the Parthenon, <i>The oxalate films: origin and significance in the conservation of works of art</i> , International Symposium, Milan 1989, 327-335
Krumbein, Urzi 1992	W.E. Krumbein, C. Urzi, <i>Report of the Acropolis project, Part II: Detailed description of samples of microbial communities and photographic documentation</i> , Athens 1992 (αδημοσίευτη μελέτη, Αρχείο ΕΣΜΑ αρ. 487)
Skoulikidis 1972	Th. Skoulikidis, Deterioration of materials of construction and especially marbles from the corrosion of incorporated steel. Case of Acropolis, 1 st International Colloquium on Deterioration of Stones and Monuments, La Rochelle 1972, 41- 45
Skoulikidis κ.ά. 1979	Th. Skoulikidis, D. Charalambous, E. Papakonstantinou, N. Beloyannis, The mechanism of marble sulfation by SO ₂ action, 3 rd <i>International Congress on the Deterioration and Preservation of Building Stones</i> , Proceedings, Venice 1979, 439-452
Skoulikidis κ.ά. 1995	Th. Skoulikidis, K. Tsakona, P. Vassiliou, P. Papakonstantinou, Consolidation of stones by inorganic solutions, emulsions or pastes, IV ASMOSIA International Congress, Bordeaux 1995, 235-238.
Skoulikidis, Charalambous, Dramali 1991	Th. Skoulikidis, D. Charalambous, D. Dramali, Ways to increase the mechanical resistance of lime CaOCa(OH) ₂ CaCO ₃ used for conservation and restoration of ancient monuments, <i>International Symposium on the Deterioration of Building Materials</i> , La Rochelle 1991, 177-184.
Γαρμπής, Παπιδά, Παπακωνσταντίνου 2006	Δ. Γαρμπής, Σ. Παπιδά, Ε. Παπακωνσταντίνου, Έκθεση για τα συμπεράσματα της μελέτης της μικροβιακής χλωρίδας στα μνημεία της Ακρόπολης, Αθήνα 2006 (έκθεση δακτυλόγραφη, αρχείο ΕΣΜΑ αρ. 306)
Δαμιανός κ.ά. 2002	Δ. Δαμιανός, Κ. Μπαμπανίκα, Α. Πάνου, Α. Τσιμερέκη, Γ. Φραντζή, Γενική επισκόπηση των επεμβάσεων συντηρήσεως στα μνημεία και τα γλυπτά της Ακρόπολης, 5 ^η Διεθνής συνάντηση για την αποκατάσταση των μνημείων Ακροπόλεως, Αθήνα 2002, 71-77
Δογάνη, Μωραΐτου 1989	Γ. Δογάνη, Α. Μωραΐτου, Επεμβάσεις συντήρησης και αποκατάστασης της επιφάνειας - Πρόγραμμα Πιλότος, <i>Μελέτη Αποκαταστάσεως Παρθενώνος</i> , 2 Α, Αθήνα, 207-212
Ζάμπας, Μιλτιάδου, Παπακωνσταντίνου 1996	Κ. Ζάμπας, Ν. Μιλτιάδου, Ε. Παπακωνσταντίνου, <i>Ενημερωτικό σημείωμα σχετικά με την πρόοδο της μελέτης σχεδιασμού υδραυλικών ενεμάτων για τη στερέωση των κιόνων του οπισθονάου του Παρθενώνα</i> , Αθήνα 1996 (έκθεση δακτυλόγραφη, Αρχείο ΕΣΜΑ αρ. 677)
Μαλλούχου - Tufano 1998	Φ. Μαλλούχου - Tufano, Η αναστήλωση των αρχαίων μνημείων στην νεώτερη Ελλάδα (1834-1939), <i>Το έργο της εν Αθήναις Αρχαιολογικής Εταιρείας και της Αρχαιολογικής Υπηρεσίας</i> , Αθήνα 1998.
Μαριδάκη κ.ά. 2006	Α. Μαριδάκη, Χ. Λασκαρίδης, Ε. Τζουμουσλή, Ε. Φραγκιαδάκη, Γ. Φραντζή, <i>Η περίπτωση του Αρρηφορίου-Περιγραφή και τεκμηρίωση της κατάστασης διατήρησης των θεμελιόλιθων του Μνημείου</i> , Αθήνα 2006 (έκθεση δακτυλόγραφη, Αρχείο ΕΣΜΑ).

Μπαλάνος, 1940	Ν. Μπαλάνος, <i>Η αναστήλωση των μνημείων της Ακροπόλεως</i> , Αθήναι 1940
Μπαμπανίκα 1991	Κ. Μπαμπανίκα, <i>Καταπολέμηση ζιζανίων στα μάρμαρα του Παρθενώνα</i> , Αθήνα 1991 (έκθεση δακτυλόγραφη, αρχείο ΕΣΜΑ αρ. 421)
Μωραΐτου 1994	Α. Μωραΐτου, Κατάσταση φθοράς και διατήρησης της επιφάνειας των Προπυλαίων, <i>Μελέτη Αποκαταστάσεως των Προπυλαίων</i> , 1, Αθήνα, 453-466.
Πάνου 2000	Α. Πάνου, <i>Ενημέρωση για τη μέθοδο αφαίρεσης των καρφίδων με το σύστημα της καροταρίας</i> , Αθήνα 2000 (έκθεση δακτυλόγραφη, Αρχείο ΕΣΜΑ αρ. 873)
Πάνου, Παπασταματίου, Φραντζικινάκη 1998	Α. Πάνου, Κλ. Παπασταματίου, Κ. Φραντζικινάκη, <i>Πλήρωση ρηγμάτων των κιόνων του οπισθονάου με ένεμα</i> , Αθήνα 1998 (έκθεση δακτυλόγραφη, Αρχείο ΕΣΜΑ αρ. 786)
Παπακωνσταντίνου κ.ά. 2002	Ε. Παπακωνσταντίνου, Κ. Φραντζικινάκη, Π. Πουλή, Β. Ζαφειρόπουλος, <i>Μελέτη Καθαρισμού της Δυτικής Ζωφόρου, Μελέτη Αποκαταστάσεως του Παρθενώνος</i> , 7, Αθήνα 2002, 9-132
Παπακωνσταντίνου, Μιλτιάδου 1998	Ε. Παπακωνσταντίνου, Α. Μιλτιάδου, <i>Ενημέρωση για τα ενέματα των κιόνων του οπισθονάου</i> , Αθήνα 1998 (έκθεση δακτυλόγραφη, Αρχείο ΕΣΜΑ αρ. 1175/1997)
Σκουλικίδης κ.ά 1989	Θ. Σκουλικίδης, Π. Θεουλάκης, Κ. Κουζέλη, Ν. Μπελογιάννης, Ε. Παπακωνσταντίνου, Δ. Χαραλάμπους, Γ. Δογάνη, Α. Μωραΐτου: Το μάρμαρο του Παρθενώνος και η συντήρησή του. <i>Μελέτη Αποκαταστάσεως του Παρθενώνος</i> , 2Α, 4, Αθήνα 1989, 181-216.

Η συντήρηση της Αψίδας του Γαλερίου Προβλήματα και μεθοδολογία

Δημήτρης Καρολίδης

Η Αψίδα του Γαλερίου αποτελεί μέρος του ανακτορικού συγκροτήματος που έκτισε ο τετράρχης Γαλέριος στη Θεσσαλονίκη. Το συγκρότημα αναπτύσσεται σε δύο άξονες με κάθετη διάταξη. Ο ένας άξονας είχε κατεύθυνση από τα νοτιοδυτικά προς τα βορειοανατολικά και ταυτίζεται με τη σημερινή οδό Δημητρίου Γούναρη. Ο δεύτερος άξονας ακολουθούσε τη σημερινή οδό Εγνατία. Στο σημείο όπου διασταυρώνονται οι δύο άξονες κτίστηκε ένα λαμπρό μνημείο, η Αψίδα, του οποίου ο προορισμός δεν ήταν πρακτικός αλλά αναμνηστικός και τιμητικός. Πρόκειται για ένα θριαμβικό τόξο που κτίστηκε λίγο πριν το 305 μ.Χ., μετά την οριστική νίκη του Γαλερίου κατά των Περσών. Η διάταξη της Αψίδας ήταν τέτοια ώστε να περνούν κάτω από αυτήν, και να διασταυρώνονται ακριβώς στο κέντρο της, οι δύο μεγάλες οδικές αρτηρίες, η σημερινή Εγνατία και η οδός που ξεκινούσε από την Αψίδα και κατέληγε στη νότια πύλη του περιβόλου της Ροτόντας, περίκεντρου κτηρίου με λατρευτικό προορισμό. Από τους οκτώ πεσσούς του αρχικού θριαμβικού τόξου, σώζονται μόνο οι τρεις βορειοδυτικοί, από τους οποίους οι δύο κύριοι καλύπτονται με μαρμαρίνες πλάκες με αφήγηση των πολέμων του Γαλερίου κατά των Περσών.¹

Σύμφωνα με τα αρχεία της ΙΣΤ' ΕΠΚΑ, εργασίες συντήρησης έγιναν στο μνημείο κατά τα έτη 1889, 1945, 1953 και, τελευταία, το 1981-82, οπότε και αντιμετωπίστηκαν οι ζημιές από τους σεισμούς του 1978. Δυστυχώς στα σωζόμενα αρχεία δεν αναφέρονται λεπτομέρειες για τις εργασίες συντήρησης και αποκατάστασης, οπότε αυτά αποκτούν μόνο ιστορική αξία, αφού πρακτικά δε μπορούν να φανούν χρήσιμα.

Οι παράγοντες διάβρωσης, που επιδρούν στο μνημείο, είναι ανθρωπογενείς και φυσικοί. Το χονδρόκοκκο ασβεστίτικο μάρμαρο, από το οποίο είναι κατασκευασμένες οι ανάγλυφες επιφάνειες, είναι ευαίσθητο σε φυσικές και χημικές μεταβολές. Λόγω της συνεχούς αύ-

1. Μακαρόνας 1969.
Velenis 1979.
Αδάμ-Βελένη 2001.

ξησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καθώς το μνημείο βρίσκεται στο κέντρο μιας πυκνοκατοικημένης πόλεως με μεγάλο και δυσεπίλυτο κυκλοφοριακό πρόβλημα, η πρόοδος της φθοράς είναι δυστυχώς αλματώδης τις τελευταίες δεκαετίες.

Τα είδη φθοράς που έχουν καταγραφεί είναι:

- ♦ Καρστική διάβρωση, δηλαδή απομείωση της επιφάνειας του μάρμαρου λόγω της διαλυτικής δράσεως του νερού, που είναι πλούσιο σε CO_2 από την ατμόσφαιρα. Το φαινόμενο είναι εντονότερο στα υψηλότερα τμήματα του μνημείου, αφού το νερό της βροχής έρχεται εκεί πρώτα σε επαφή με το μνημείο, έχοντας χαμηλότερο pH , το οποίο εξαντλείται σταδιακά προς την κάθοδο.
- ♦ Γυψοποίηση λόγω της αυξημένης ατμοσφαιρικής μόλυνσης. Ο όρος χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη μετατροπή του ανθρακικού ασβεστίου σε θειικό ασβέστιο (γύψο). Οι αέριοι ρύποι, κυρίως τα οξείδια του θείου και του αζώτου, μεταφέρονται από τη βροχή, οπότε, με κατάλληλες συνθήκες, μετατρέπονται σε οξέα, ενώ σε επαφή με το ανθρακικό ασβέστιο σχηματίζουν θειικά και νιτρικά άλατα. Τα άλατα αυτά έχουν μεγάλη διαλυτότητα στο νερό, οπότε εκπλένονται από τη βροχή με αποτέλεσμα να απομειώνεται δραστικά η επιφάνεια των αναγλύφων, που είναι εκτεθειμένη στο νερό της βροχής (εικ. 1α, β).



1: Η σταδιακή απομείωση της επιφάνειας των αναγλύφων.



- ♦ Οι περιοχές που δεν είναι εκτεθειμένες στη βροχή, διατηρούνται καλύτερα, όμως καλύπτονται από μαύρη κρούστα με πάχος που ποικίλει από δέκατα του χιλιοστού έως και 2 mm. Αναλύσεις που έγιναν με χρήση περιθλασιμετρίας ακτίνων X και φασματοσκοπίας ατομικής απορρόφησης, έδειξαν ότι η σύστασή της κρούστας αποτελείται κυρίως από γύψο. Βρέθηκαν επίσης οξείδια Ca, Mg (που προέρχονται από το μάρμαρο), οξείδια Fe και Al (που προέρχονται από το πλινθόκτιστο τμήμα και τις σκόνες του δρόμου), οξείδια K, Na και Cl (που προέρχονται από τη θάλασσα και την τσιμεντοκονία) και τέλος αιθάλη (που προέρχεται από τα καυσάερια) (εικ. 2).



2: Η μαύρη κρούστα

- ♦ Επίσης, εμφανίζονται διαλυτά άλατα, κυρίως λόγω της επίδρασης NaCl από τη θάλασσα, καθώς το μνημείο βρίσκεται πολύ κοντά στην παραλία της πόλεως της Θεσσαλονίκης.
- ♦ Μηχανικές και χημικές φθορές (όπως οπές στερέωσης συνδέσμων και καρφιών, πίσσες από στεγανοποιήσεις), που οφείλονται στο γεγονός ότι επί σειρά ετών το μνημείο ήταν σε επαφή με κτίσματα (όπως φαίνεται σε παλιές λιθογραφίες και φωτογραφίες), ενώ μέχρι και το 1953 κάτω από αυτό περνούσε το τραμ της πόλης.

Το έτος 1991 κατασκευάστηκε ικρίωμα με πολλαπλά επίπεδα περιμετρικά του μνημείου και ξεκίνησαν οι εργασίες συντήρησης (εικ. 3). Η επιλογή της μεθόδου συντήρησης έγινε με γνώμονα την κακή κατάσταση διατήρησης της επιφάνειας, αλλά και το γεγονός ότι μετά το πέρας των εργασιών το μνημείο θα συνεχίσει να είναι εκτεθειμένο στις ίδιες, ενδεχομένως και χειρότερες συνθήκες ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Τη μέθοδο συντήρησης επέλεξε επιτροπή του ΥΠΠΟ, μέλη της οποίας ήταν οι: Ν. Μπελογιάννης (χημικός μηχανικός, Κέντρο Λίθου), Μ. Κεσίσογλου και Ε. Μήρτσου (χημικοί, ΙΣΤ' ΕΠΚΑ), Δ. Καρολίδης και Β. Τούσης (συντηρητές αρχαιοτήτων, ΙΣΤ' ΕΠΚΑ). Η ίδια επιτροπή είχε και την ευθύνη της επίβλεψης των εργασιών.² Για τη ολοκλήρωση του κολοσσιαίου, για τα δεδομένα της ΙΣΤ' ΕΠΚΑ, αυτού έργου εργάστηκαν περιοδικά 14 συντηρητές αρχαιοτήτων, απόφοιτοι και τελειόφοιτοι του Τμήματος Συντήρησης Αρχαιοτήτων και έργων τέχνης του ΑΤΕΙ Αθήνας.³

Για τη στερέωση του σαθρού μαρμάρου επιλέχθηκε η μέθοδος εμποτισμού με $\text{Ba}(\text{OH})_2$, επειδή οι θειικές ρίζες από τη γυψοποίηση, αλλά και την ατμοσφαιρική ρύπανση, οδηγούν στο σχηματισμό του εξαιρετικά δυσδιάλυτου BaCO_3 , που δεν αλλοιώνεται από την ατμόσφαιρα. Στα αρνητικά της μεθόδου συγκαταλέγονται η χρωματική αλλοίωση της μαρμάρινης επιφάνειας, με μετατόπιση προς ανοικτό-



3: Το ικρίωμα που κατασκευάστηκε για τις εργασίες συντήρησης.

2. Μπελογιάννης κ.ά. 1991. Beloyannis, Mirtsou 1995. Μήρτσου κ.ά. 1997.

3. Κατά τη διάρκεια των εργασιών συντήρησης ήταν όλοι συμβασιούχοι συντηρητές και όχι μόνιμο προσωπικό.

5: Οι πρώτες εργασίες καθαρισμού.



4: Η εφαρμογή του χαρτοπολτού.

τερο, λευκό χρώμα, αλλά και η προβληματική εφαρμογή της, αφού, σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα, σχηματίζεται πολύ εύκολα επιφανειακή στρώση BaCO_3 που δυσχεραίνει τον επαρκή εμποτισμό του μαρμάρου. Η χρωματική αλλοίωση δεν ενοχλεί, αφενός διότι μετά την προστερέωση ακολουθεί καθαρισμός, αφετέρου διότι οι στερεοί αέριοι ρύποι δυστυχώς επαναφέρουν σύντομα την επιφάνεια του μνημείου στο γνώριμο γκρι χρώμα. Ο εμποτισμός του μαρμάρου έγινε με παραλλαγή της διάταξης που προτείνεται από τους Cavaletti, Lazzarini, Marchesini, και Marinelli,⁴ ενώ η συχνή αντικατάσταση του συστήματος ορών και του χαρτοπολτού απέτρεψε, όσο το δυνατόν, το γρήγορο σχηματισμό BaCO_3 (εικ. 4).

Για τον καθαρισμό του μαρμάρου (εικ. 5) έγιναν πολλές δοκιμές και σε διάφορα σημεία όπου εμφανίζονταν η μαύρη κρούστα. Τα θετικότερα αποτελέσματα έδωσε το διάλυμα NH_4HCO_3 5% σε απιονισμένο νερό. Εφαρμόστηκε με τη βοήθεια σηπιόλιθου και μεθυλοκυτταρίνης, παραμένοντας στην επιφάνεια του μαρμάρου για 24 ώρες.

Κατά το έτος 1992 έγινε κυρίως στερέωση των γλυπτών, μηχανικός καθαρισμός του γλυπτού διακόσμου, δοκιμαστικοί καθαρισμοί με διαλύματα NH_4HCO_3 και EDTA, καθώς και αποκολλήσεις σαθρών μαρμάρινων αναγλύφων.

Κατά το έτος 1993 έγιναν καθαρισμοί του μαρμάρου, αποκολλήσεις σαθρών τμημάτων και μελέτες κονιαμάτων (δειγματοληψίες, δοκιμές, τεχνητή γήρανση).

Κατά το έτος 1994 έγιναν καθαρισμοί, στερεώσεις καθαρισμένων γλυπτών, αφαιρέσεις σαθρών κονιαμάτων και εφαρμογή νέων.

Κατά το έτος 1995 έγιναν καθαρισμοί και στερεώσεις του μαρμάρου, αφαιρέσεις κονιαμάτων από προηγούμενες επεμβάσεις, εφαρμογή νέων κονιαμάτων και επανατοποθέτηση αποκολλημένων τμημάτων.

Κατά το έτος 1996 έγιναν καθαρισμοί και στερεώσεις του μαρμάρου,

4. Cavaletti κ.ά. 1985.



6: Όψη του μνημείου πριν και μετά τις εργασίες.

αφαιρέσεις κονιαμάτων και εφαρμογή νέων, επανατοποθέτηση αποκολλημένων τμημάτων και αισθητική αποκατάσταση νέων κονιαμάτων.

Κατά το έτος 1997 έγιναν καθαρισμοί του μαρμάρου, εφαρμογή νέων κονιαμάτων και αισθητική τους αποκατάσταση.

Κατά το έτος 1998 συντάχθηκε και εγκρίθηκε η μελέτη συντήρησης της πλινθοδομής και ξεκίνησαν οι εργασίες συντήρησης, που περιλάμβαναν αποκατάσταση 75 m^2 όψεων της πλινθοδομής. Έτσι καθαρίστηκαν σαθρά κονιάματα από τους αρμούς σε βάθος 3-5 mm κι έγινε αρμολόγημα με κονίαμα παρόμοιο με το αρχικό σε σύσταση, αντοχή και χρώμα. Επίσης, έγινε μηχανικός καθαρισμός των πλίνθων από μαύρη κρούστα.

Κατά το έτος 1999 συνεχίστηκε η αποκατάσταση των όψεων της πλινθοδομής καθώς και η αποκατάσταση 110 m^2 επίστεψης του μνημείου.

Τέλος, με την ολοκλήρωση των εργασιών (εικ. 6) κατασκευάστηκε η περίφραξη γύρω από τους πεσσούς και έγινε ο ηλεκτροφωτισμός του μνημείου (εικ. 7).

7: Το μνημείο φωταγωγημένο



Προέλευση εικόνων

Αρχείο ΙΣΤ' Εφορείας Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων, ΥΠΠΟ

Συντομογραφίες- Βιβλιογραφία

- | | |
|--------------------------|---|
| Beloyannis, Mirtsou 1995 | N. Beloyannis, E. Mirtsou The Arch of Galerius in Salonica. Problems created by pollution, methodology of intervention, works of conservation, <i>The science of the total environment</i> , 167, 1995, 181-184. |
| Cavaletti κ.ά. 1985 | P. Cavaletti, L. Lazzarini, L. Marchesini, G. Marinelli, A new type of epoxy resin for the structural consolidation of badly decayed stone, 5e Congrès International sur l'altération et la conservation de la Pierre, Lausanne, 1985, 769-778. |
| Velenis 1979 | G. Velenis, Architektonische Probleme des Galeriusbogen in Thessaloniki, <i>Archäologischer Anzeiger</i> 1979, 249-263. |
| Αδάμ-Βελένη 2001 | Π. Αδάμ-Βελένη, <i>Νεράιδα, βασίλισσα, γοργόνα</i> , Θεσσαλονίκη 2001. |
| Μακαρόνας 1969 | Χ. Ι. Μακαρόνας, <i>Η Καμάρα. Το θριαμβικό τόξο του Γαλερίου στη Θεσσαλονίκη</i> , Θεσσαλονίκη 1969. |
| Μήρτσου κ.ά. 1997 | Ε. Μήρτσου, Μ. Τσιταμπάνη, Χ. Σαλβαρά, Ν. Μπελογιάννης, Η Αψίδα του Γαλερίου στη Θεσσαλονίκη. Εργασίες συντήρησης μαρμαρίνων αναγλύφων, <i>Περιβαλλοντική και Πολιτιστική Κληρονομιά</i> , 1 ^ο Σεμινάριο για την προστασία του περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη 1987, 61-70. |
| Μπελογιάννης κ.ά. 1991 | Ν. Μπελογιάννης, Μ. Κεσίσογλου, Ε. Μήρτσου, Δ. Καρολίδης, Β. Τούσης, Η συντήρηση της Αψίδας του Γαλερίου: Προβλήματα και Μεθοδολογία, 5 ^η <i>Συνάντηση Συντηρητών Αρχαιοτήτων</i> (βιβλίο περιλήψεων), Αθήνα 1991. |



Πρόσφατες εργασίες συντήρησης και προστασίας στην Αψίδα του Γαλερίου Επεμβάσεις και έρευνα

Χαράλαμπος Τσαγγαλίδης
Σβετλάνα Βιβντένκο

Αφορμή για τις νέες εργασίες στην Αψίδα του Γαλερίου αποτέλεσε η εκτεταμένη προσβολή του μνημείου από την καταστροφική δράση των πτηνών και ο βανδαλισμός με graffiti. Στη ΒΑ πλευρά του βόρειου πεσσού της Αψίδας εντοπίζεται ένα πρόσφατο graffiti και εμφανή ίχνη δύο παλαιότερων.

Η συνηθισμένη πρακτική στη συντήρηση για τον καθαρισμό των graffiti είναι η χρήση οργανικών διαλυτών.¹ Με παρόμοιο τρόπο οι εξειδικευμένες εταιρίες καθαρισμού επιτυγχάνουν την αφαίρεση των graffiti με εφαρμογή οργανικών διαλυτών και στη συνέχεια ξέπλυμα της επιφάνειας με ζεστό (άνω των 80 °C) νερό –υπό πίεση.

Οι επιπτώσεις από τη χρήση του ζεστού –υπό πίεση– νερού σε ιστορικά και αρχαιολογικά μνημεία αποδεικνύονται καταστροφικές για την αποδυναμωμένη και ευαίσθητη επιφάνεια και δομή τους. Για τους λόγους αυτούς η Διεύθυνση Συντήρησης Αρχαίων και Νεότερων Μνημείων του Υπουργείου Πολιτισμού συνιστά την αποφυγή της χρήσης των συσκευών ζεστού –υπό πίεση– νερού «διότι προκαλούν φθορές σε αρχαία και νεώτερα μνημεία».²

Για την αντιμετώπιση του graffiti στην αψίδα του Γαλερίου κατευθυνθήκαμε αρχικά στην ασφαλή απομάκρυνσή του και κατόπιν στην εξεύρεση τρόπου προστασίας του μνημείου από μελλοντικές απόπειρες βανδαλισμού.

Απομάκρυνση των graffiti

Όσον αφορά στην απομάκρυνση των graffiti, το κυριότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζει κανείς, εφαρμόζοντας διάφορα μέσα καθαρισμού που περιέχουν οργανικούς διαλύτες, είναι η διάχυση του διαλυμένου χρώματος στη γύρω καθαρή επιφάνεια και η εισχώρησή του στους πόρους, κατά τη δράση του διαλύτη. Στο στάδιο αυτό η χρή-

1. Amoroso, Fassina 1983, 291-294.
Λαμπρόπουλος 1992, 66.

2. Έγγραφο της Διεύθυνσης Συντήρησης Αρχαίων και Νεωτέρων Μνημείων του Υπουργείου Πολιτισμού, ΥΠΠΟ/ΣΥΝΤ/φ42/3828/69594 - 26/08/05.

ση του ζεστού –υπό πίεση– νερού είναι η μόνη λύση για την απομάκρυνση της σκιάς.

Οι δοκιμές που έγιναν στην Αψίδα του Γαλερίου για την αφαίρεση του χρώματος με διάφορους οργανικούς διαλύτες (προτεινόμενους από τη βιβλιογραφία, καθώς και δικής μας επιλογής) δεν είχαν ικανοποιητικό αποτέλεσμα. Συγκεκριμένα, ενώ ο διαλύτης απομακρύνει αρκετή ποσότητα χρώματος, η σκιά παραμένει στην επιφάνεια. Εφόσον δεν χρησιμοποιούμε ζεστό νερό –υπό πίεση, η αφαίρεση της σκιάς, ειδικά από παλιά graffiti είναι πρακτικά σχεδόν αδύνατη (εικ. 1). Έτσι, ύστερα από δοκιμές στο εργαστήριο καταλήξαμε σε μια μέθοδο που βασίζεται στη χρήση πολυμερών και αποτρέπει την εξάπλωση του χρώματος κατά τον καθαρισμό.

Στην πρακτική της συντήρησης είναι γνωστές περιπτώσεις καθαρισμού αλάτων και άλλων επικαθήσεων, από λίθινες επιφάνειες και τοιχογραφίες, με τη χρήση πολυμερών. Η αποτελεσματικότητα των μεθόδων αυτών οφείλεται στις ενεργές ομάδες, που περιέχονται στα πολυμερή και δρουν επιλεκτικά σε επιφανειακές επικαθήσεις. Ενδεικτικά, παραθέτουμε παρακάτω ορισμένες από τις μεθόδους αυτές που έχουν εφαρμοσθεί με ιδιαίτερα ικανοποιητικά αποτελέσματα:



1: Σύγχρονη τοιχοποιία επιχρισμένη με τσιμεντοκονίαμα. Μετά την αφαίρεση του χρώματος με οργανικούς διαλύτες, παραμένει η «σκιά»

- ♦ Για την αφαίρεση αλάτινων επικαθήσεων από την επιφάνεια αγαλμάτων έχει χρησιμοποιηθεί μείγμα καρβοξυ-μεθυλοκυτταρίνης με γλυκερίνη και νερό, ενώ, στις περιπτώσεις που η χρήση του νερού είναι ανεπιθύμητη, συνιστάται μείγμα με βάση την πολυβινυλική αλκοόλη ή την πολυβινυλική βουτυράλη σε αιθανόλη.³
- ♦ Για την αφαίρεση επιφανειακών ρύπων από τα έργα τέχνης συνιστάται η χρήση μείγματος πολυμερούς με το αντίστοιχο άλας του. Για παράδειγμα, χρησιμοποιείται μεθακρυλικό οξύ σε μείγμα με άλας νατρίου του μεθακρυλικού οξέος. Η αναλογία οξέος – άλατος στην προκειμένη περίπτωση είναι 2,5:7,5. Για την προετοιμασία του καθαριστικού υλικού προστίθενται 85 μέρη νερού σε 15 μέρη μείγματος πολυμερών.⁴
- ♦ Για την απομάκρυνση επιφανειακών ρύπων από ευαίσθητα γλυπτά χρησιμοποιήθηκε μείγμα με την εξής σύσταση:
 - Άλας νατρίου της καρβοξυ-μεθυλοκυτταρίνης 5-10 μέρη.
 - Γλυκερίνη 5-30 μέρη.
 - Νερό 60-80 μέρη.⁵

Με σκοπό την αφαίρεση του χρώματος από διάφορα δομικά υλικά, δοκιμάστηκαν στο Εργαστήριο Συντήρησης της ΙΣΤ' ΕΠΚΑ διαλύματα πολυμερών σε οργανικούς διαλύτες. Η επιλογή των διαλυτών έγινε με προσοχή, ώστε να είναι κοινός ο διαλύτης για το πολυμερές και για τα χρώματα των graffiti. Βασικό μας μέλημα ήταν το πολυμερές αφενός να εμποδίζει την εξάπλωση του διαλυμένου χρώματος στην καθαρή επιφάνεια και αφετέρου, αντιδρώντας, να απομακρύνει το χρώμα από την επιφάνεια κατά το στέγνωμα του μείγματος.

3. Nikitin, Melnikova 1990, 78-79.

4. Melnikova 1990.

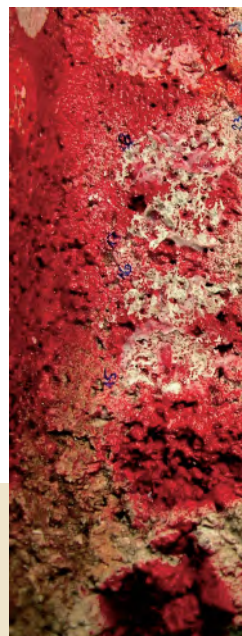
5. Goldberg 1989. Melnikova, Lebel 1979.



2: Επιφάνεια μετά τον καθαρισμό με μείγμα ακρυλικού συμπολυμερούς.



3: Επιφάνεια μετά τον καθαρισμό με μείγμα οξικού πολυβινυλίου.



4: Επιφάνεια μετά τον καθαρισμό με μείγμα αιθέρων κυτταρίνης.



5: Επιφάνεια μετά τον καθαρισμό με μείγμα πολυβινυλικής βουτυράλης.

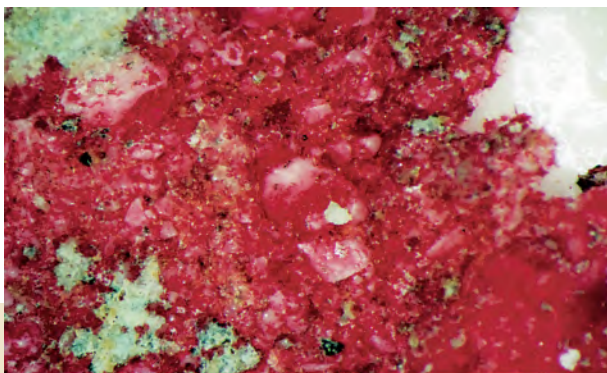
Δοκιμάστηκαν ομάδες από ακρυλικά,⁶ βινυλικά πολυμερή και αιθέρες κυτταρίνης (εικ. 2-9).

Εξαρχής έγινε προσπάθεια προσομοίωσης των δυσχερέστερων δυνατών συνθηκών στα δοκίμια, δηλαδή επιλογή ασυνεχούς, αποσαθρωμένης επιφάνειας, με πόρους ακανόνιστου σχήματος. Για τις δοκιμές τελικά χρησιμοποιήθηκε ένας διαβρωμένος τσιμεντόλιθος με αρκετά σαθρή και πορώδη επιφάνεια (εικ. 2-5) και μία σύγχρονη τοιχοποιία με επίχρισμα τσιμεντοκονιάματος (εικ. 1 και 10). Ως χρωστική χρησιμοποιήθηκε ένα κοινό στην αγορά σπρέι έντονου κόκκινου χρώματος.

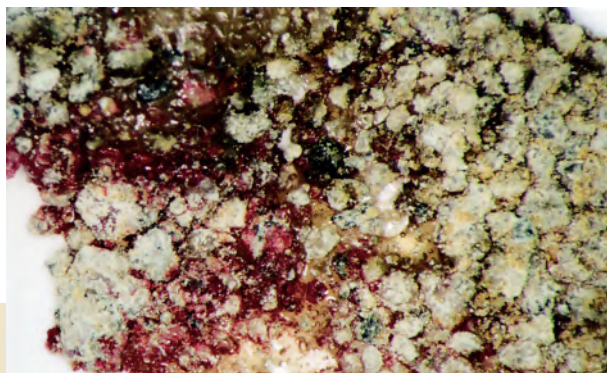
Οι πρώτες δοκιμές έδειξαν την ανάγκη για τροποποίηση κάποιων ιδιοτήτων των μεμβρανών των πολυμερών. Έπρεπε να αντιμετωπισθεί η αποκόλληση κόκκων δομικού υλικού με τη μεμβράνη, καθώς και η χαμηλή ελαστικότητα της μεμβράνης, που είχε ως συνέπεια την ανομοιομορφή προσκόλληση χρώματος και τη μικρή μηχανική αντοχή της μεμβράνης, η οποία σχιζόταν κατά την αφαίρεση.

Για την αποτροπή της αποκόλλησης κόκκων δομικού υλικού και την αύξηση της ελαστικότητας της μεμβράνης, προστέθηκε στο μείγμα γλυκερίνη, ως πλαστικοποιητής. Για την αύξηση της μηχανικής αντοχής και τη διατήρηση της συνοχής της μεμβράνης κατά την αποκόλλησή της (ιδιότητα πολύ σημαντική για την αφαίρεση του χρώματος από τους πόρους) εκτός από τη γλυκερίνη, στο μείγμα προστέθηκε τάλκης (μετά από δοκιμές και με άλλους ανόργανους φορείς).

6. Ακρυλικό συμπολυμερές του αιθυλ-μεθακρυλικού εστέρα με μεθυλακρυλικό εστέρα.



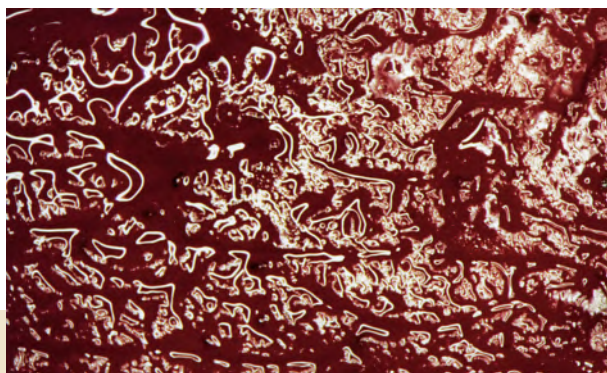
6: Μembrάνη μείγματος αιθέρων κυτταρίνης μετά την αποκόλλησή της από την προς καθαρισμό επιφάνεια. Στερεομικροσκόπιο, μεγέθυνση X12.



7: Μembrάνη οξικού πολυβινυλίου μετά την αποκόλλησή της από την προς καθαρισμό επιφάνεια. Στερεομικροσκόπιο, μεγέθυνση X12.



8: Μembrάνη ακρυλικού συμπολυμερούς μετά την αποκόλλησή της από την προς καθαρισμό επιφάνεια. Στερεομικροσκόπιο, μεγέθυνση X12.



9: Μembrάνη πολυβινυλικής βουτυράλης μετά την αποκόλλησή της από την προς καθαρισμό επιφάνεια. Στερεομικροσκόπιο, μεγέθυνση X12.

Δοκιμές πραγματοποιήθηκαν με μείγματα:

♦ Οξικού πολυβινυλίου

Παρατηρήθηκε έντονη αποκόλληση κόκκων δομικού υλικού και ελάχιστη απορρόφηση χρώματος. Η μεμβράνη παρουσιάζει πολύ χαμηλή αντοχή και χάνει τη συνέχεια κατά την αποκόλλησή της (εικ. 3 και 7).

♦ Ακρυλικού συμπολυμερούς

Παρατηρήθηκε πολύ μικρή αποκόλληση κόκκων δομικού υλικού αλλά και μικρότερη από όλα τα δείγματα απορρόφηση χρώματος. Η μεμβράνη είναι ιδιαίτερα σκληρή (εικ. 2 και 8).

♦ Αιθέρων κυτταρίνης

Παρατηρήθηκε μέτρια αποκόλληση κόκκων δομικού υλικού, σκληρή μεμβράνη και αρκετά ικανοποιητική απορρόφηση χρώματος (εικ. 4 και 6).

♦ Πολυβινυλικής βουτυράλης

Κατά τη διάρκεια των δοκιμών παρατηρήθηκε ότι καλύτερη συμπεριφορά έχει η πολυβινυλική βουτυράλη (PVB) διαλυμένη σε

N-μεθυλ-2-πυρρολιδόνη (N-methyl-2-pyrrolidone (NMP)). Συγκεκριμένα, παρατηρείται συνεχής, ελαστική μεμβράνη που, εφόσον έχει στεγνώσει πλήρως, αποκολλάται εύκολα από την επιφάνεια, συγκρατώντας το χρώμα (εικ. 5 και 9). Όπως έδειξαν η μακροσκοπική και η μικροσκοπική παρατήρηση, μικρά υπολείμματα μείγματος, που παρέμειναν στους πόρους, απομακρύνονται αμέσως μετά την αποκόλληση της μεμβράνης, μηχανικά, αρκετά εύκολα, είτε αργότερα με δεύτερη εφαρμογή του μείγματος. Εντυπωσιακά ευδιάκριτα είναι τα όρια της καθαρισμένης επιφάνειας (εικ. 5). Πρέπει να επισημανθεί ότι το μείγμα της PVB είναι αρκετά πυκνό και σταθερό και εφαρμόζεται εύκολα σε κατακόρυφες επιφάνειες, όπως φάνηκε και από δοκιμές σε σύγχρονη τοιχοποιία επιχρισμένη με τσιμεντοκονίαμα (εικ. 1 και 10).

Από το σύνολο των δοκιμών προκύπτει ότι τα καλύτερα αποτελέσματα δίνουν τα διαλύματα PVB σε NMP με συγκέντρωση 20-40% (κατά βάρος). Σημαντικές διαφοροποιήσεις στον τρόπο λειτουργίας του μείγματος παρατηρούνται εφαρμόζοντας PVB διαφορετικού μοριακού βάρους (από 40000-70000 έως 170000-250000). Μετά από πολλές δοκιμές προτείνεται η εφαρμογή διαλύματος PVB με μοριακό βάρος από 50000 έως 150000, που αντιστοιχεί στις εμπορικές ρητίνες Butvar B79, B76, B74.

Στο διάλυμα προστίθεται τάλκης σε καθαρή μορφή, σε αναλογία διάλυμα:τάλκης 3-4:1. Στο μείγμα, που προκύπτει, προστίθεται γλυκερίνη σε ποσότητα η οποία δεν υπερβαίνει το 10%. Το μείγμα αφήνεται για 5-10' και στη συνέχεια εφαρμόζεται στην επιφάνεια.

Το πάχος της μεμβράνης κατά την εφαρμογή του μείγματος δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2 mm για να είναι σταθερή στην κατακόρυφη επιφάνεια.

Ο χρόνος λειτουργίας του μείγματος, μέχρι το τελικό στέγνωμα και την αφαίρεση, κυμαίνεται από μερικές ώρες έως μία ημέρα, ανάλογα με τη σύσταση του μείγματος και τις συνθήκες του περιβάλλοντος.

Τυχόν περίσσεια των υγρών που περιέχονται στο μείγμα (N-μεθυλ-2-πυρρολιδόνη, γλυκερίνη) αφαιρείται με μικρές ποσότητες απιονισμένου νερού, αιθανόλης ή ακετόνης και ξυλοβάμβακα.

Προστασία του μνημείου από νέους βανδαλισμούς

Όσον αφορά στην προστασία από νέους βανδαλισμούς, εξετάζεται η εφαρμογή στερεωτικών σε εύκολα προσβάσιμα τμήματα του μνημείου. Τα στερεωτικά αυτά εμποδίζουν την εισχώρηση των υλικών των graffiti στους πόρους της επιφάνειας και συμβάλλουν στην ευκολότερη απομάκρυνσή τους. Για την προστασία από graffiti στην αγορά διατίθενται υλικά με βάση τα σιλάνια και την παραφίνη, η εφαρμογή των οποίων μας οδηγεί και πάλι στη χρήση ζεστού νερού υπό πίεση. Το φαινόμενο των graffiti σε μνημεία έχει λάβει τόσο μεγάλες διαστάσεις ώστε, σε ευρωπαϊκό μόνο επίπεδο, υπολογίζεται πως επηρεάζο-



10: Σύγχρονη τοιχοποιία επιχρισμένη με τσιμεντοκονίαμα. Η «σκιά» του graffiti αφαιρέθηκε με μείγμα πολυβινυλικής βουτυράλης. Διακρίνεται τμήμα της ανασκημένης μεμβράνης αριστερά.

νται 3.500.000 προστατευόμενα μνημεία. Ως αποτέλεσμα, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει οργανώσει ερευνητικό πρόγραμμα, στο οποίο συμμετέχουν επτά χώρες, με σκοπό την εξεύρεση αποτελεσματικού συστήματος επί- κάλυψης των μνημείων για προστασία από τα graffiti.⁷

Όσον αφορά στην Αψίδα του Γαλερίου, λόγω της σπουδαιότη- τας και της θέσης του μνημείου, εκτός της διερεύνησης τέτοιων τρό- πων πρέπει να αναζητηθούν πρωτίστως έμμεσοι τρόποι προστασίας, όπως για παράδειγμα η ολοκλήρωση της περιφράξης του και στη βό- ρεια πλευρά.

Απώθηση των πτηνών από το μνημείο

Οι επιπτώσεις της δράσης των πτηνών σε μνημεία, που βρίσκονται σε αστικά περιβάλλοντα, κρίνονται ιδιαίτερα δυσμενείς. Σε διάφορες χώρες έχει δοκιμαστεί σειρά μεθόδων, από την τοποθέτηση ειδικών ακίδων, σε επιλεγμένες περιοχές του κτίσματος, μέχρι την επινόηση χρήσης ηλεκτροφόρων συρμάτων και την τοποθέτηση χημικών απω- θητικών για τα πτηνά.⁸

Καθώς προκύπτει σειρά ζητημάτων δεοντολογίας από διάφορες πλευρές, αναζητήθηκε μια λύση αποδεκτή τόσο ως προς την εμφάνιση του ίδιου του μνημείου όσο και ως προς τις άμεσες επιπτώσεις για τα πτηνά. Μετά την εξέταση όλων των διαθέσιμων μέσων, προτείνεται η χρήση συσκευής απώθησης πτηνών (περιστεριών κυρίως αλλά και γλάρων που συναντώνται στην περιοχή) με τη βοήθεια υπερήχων.

Για τη λειτουργία του συστήματος ένας μετασχηματιστής συνδέ- εται με τέσσερα ηχεία, τοποθετημένα περιμετρικά του μνημείου με φορά προς αυτό ή επάνω σε αυτό με φορά προς την περίμετρο. Στην περίπτωση της Αψίδας του Γαλερίου, το σύστημα αυτό θα μπορούσε να τοποθετηθεί είτε στην επίστεψη του μνημείου (αόρατο για τον θε- ατή) είτε σε στύλους της ΔΕΗ περιμετρικά του μνημείου.

Η συχνότητα λειτουργίας είναι στα 16-23 kHz και απαιτείται απλώς μια παροχή ρεύματος 220 V. Η ακτίνα δράσης μίας τέτοιας συσκευής φθάνει ακόμη και τα 4000 τ.μ. Από την έρευνα δεν έχουν διαπιστωθεί ανεπιθύμητες παρενέργειες για τον άνθρωπο. Η όχληση των υπερήχων απωθεί τα πτηνά από την περιοχή ακτίνας δράσης.

Οι προδιαγραφές των διαθέσιμων συσκευών εξετάζονται. Το ση- μείο τοποθέτησης του μετασχηματιστή και των ηχείων σε σχέση με το μνημείο, θα καθοριστεί με τη σύμφωνη γνώμη αρχαιολόγων, αρχιτε- κτόνων και πολιτικών μηχανικών και το όλο εγχείρημα θα υποβληθεί στις αρμόδιες υπηρεσίες του Υπουργείου Πολιτισμού για έγκριση.

Προέλευση εικόνων

Αρχείο ΙΣΤ' Εφορείας Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων, ΥΠΠΟ

7. Το πρόγραμμα έχει την ονομα- σία Graffitiage project, "Development of a new antigraffiti system, based on traditional concepts, preventing damage of architectural heritage concepts," <http://www.graffitage.com/graffitage.nsf/index?OpenPage>, 21/12/2007.

8. Μία σχετική έρευνα στο διαδίκτυο παρέχει πλήθος πληροφοριών. Παρατί- θεται ενδεικτικά η παρακάτω ιστοσελί- δα που περιέχει μεταξύ άλλων και μεθό- δους απώθησης πουλιών: [www.hsus.org/ web-files/PDF/WILD_Vendor_List.pdf](http://www.hsus.org/web-files/PDF/WILD_Vendor_List.pdf), 20/10/2007.



Συντομογραφίες- Βιβλιογραφία

- Amoroso, Fassina 1983 G. Amoroso, V. Fassina, *Stone decay and Conservation*, Amsterdam 1983.
- Goldberg 1989 L. Goldberg, A fresh face for Samuel Gompers: Methyl cellulose poultice cleaning, *Journal of the American Institute of Conservation*, 28, 1989, 19-29.
- Melnikova 1990 E.P. Melnikova, M.N. Lebel, S.A. Smirnova, S.S. Mnatsakanov, *Σύνθεση για την αφαίρεση επιφανειακών ρύπων από την επιφάνεια των έργων τέχνης*, Πιστοποιητικό ευρεσιτεχνίας USSR, No 969556/30-10-1982.
- Melnikova, Lebel 1979 E. P. Melnikova, M.N. Lebel, *Σύνθεση για την αφαίρεση ρύπων από την επιφάνεια των γλυπτών*, Πιστοποιητικό Ευρεσιτεχνίας USSR, No 701842/05-12-1979.
- Nikitin, Melnikova 1990 M.K. Nikitin, E.P. Melnikova, *Χημεία στη συντήρηση*, Αγία Πετρούπολη 1990 (στη ρωσική).
- Λαμπρόπουλος 1992 Β. Λαμπρόπουλος, *Διάβρωση και συντήρηση της πέτρας*, Αθήνα 1992.

Πειραματική εφαρμογή της μεθόδου laser στη συντήρηση λίθινων αντικειμένων Μια πρώτη προσέγγιση

Μαρία Λουκμά
Γιάννης Ναζλής

Εισαγωγή – Οι συλλογές του ΑΜΘ

Το Αρχαιολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης στεγάζει μία από τις μεγαλύτερες συλλογές λίθινων ευρημάτων της Ελλάδας. Περιλαμβάνει γλυπτά, επιγραφές, ρωμαϊκές σαρκοφάγους και αρχιτεκτονικά μέλη ναών, τα οποία είναι κατασκευασμένα κυρίως από ασβεστόλιθο-μάρμαρο, γρανίτη και πωρόλιθο, ενώ στην επιφάνειά τους διατηρούν αποσπασματικά έγχρωμα επιφανειακά στρώματα, κατάλοιπα αρχαίου γραπτού διακόσμου και χρωματικής ποικιλίας.

Στους υπαίθριους και στεγασμένους χώρους γύρω από το μουσείο υπάρχουν πολλά μεγάλα λίθινα αντικείμενα, αρχιτεκτονικά μέλη, επιγραφές και σαρκοφάγοι που είναι προσβάσιμα στους επισκέπτες, ενώ στην Αποθήκη Λίθινων φυλάσσεται μεγάλος όγκος μικρότερων λίθινων αντικειμένων.

Με την ανακαίνιση του μουσείου, και τη δημιουργία εκ νέου των εργαστηρίων συντήρησης το 2006, αγοράστηκε και μία συσκευή laser για να χρησιμοποιηθεί κυρίως για τον καθαρισμό των λίθινων αντικειμένων αλλά και γενικότερα στη συντήρηση των αντικειμένων του μουσείου.

Το laser

Η λέξη laser προέρχεται από το αγγλικό ακρωνύμιο Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, που αποδίδεται στα ελληνικά ως Ενίσχυση Φωτός με Εξαναγκασμένη Εκπομπή Ακτινοβολίας. Ενώ αρχικά η λέξη laser αναφερόταν στην ενίσχυση του ορατού φωτός (400 nm-700 nm), αργότερα τα laser επεκτάθηκαν και σε άλλες περιοχές του φάσματος ακτινοβολιών, όπως στην υπεριώδη περιοχή (<400 nm) και στην υπέρυθη περιοχή (>700 nm).

Η κατασκευή ενός laser προϋποθέτει την ύπαρξη ενός ενεργού υλικού μέσου και μίας εξωτερικής πηγής ενέργειας.

Η εκπεμπόμενη συχνότητα της ακτινοβολίας από μια συσκευή laser μπορεί να βρίσκεται στην υπέρυθρη, ορατή ή υπεριώδη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, ανάλογα με το ενεργό υλικό που χρησιμοποιείται. Η ακτινοβολία laser παρουσιάζει τις παρακάτω βασικές ιδιότητες που τη διαφοροποιούν σημαντικά από τις άλλες συνήθεις πηγές ακτινοβολίας:

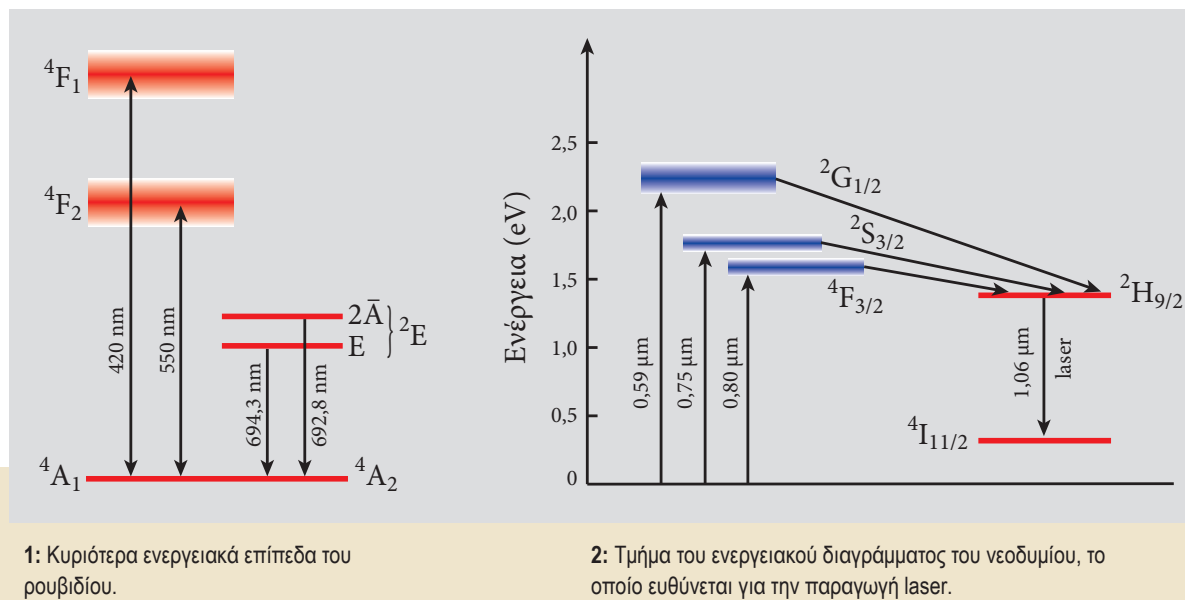
- *Μονοχρωματικότητα.* Είναι η πιο βασική, ίσως, ιδιότητα της ακτινοβολίας laser. Αυτό συμβαίνει διότι μόνο ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα συχνότητας f ενισχύεται από το ενεργό μέσο. Αν και καμία φωτεινή πηγή δεν μπορεί να δώσει απολύτως μονοχρωματικό φως, τα laser δίνουν την καλύτερη προσέγγιση ως προς αυτό.
- *Συμφωνία.* Είναι το σημαντικότερο χαρακτηριστικό της ακτινοβολίας laser. Τα εκπεμπόμενα κύματα έχουν χωρική και χρονική συμφωνία. Έχουν, δηλαδή, ακριβώς την ίδια φάση στο χώρο και στο χρόνο. Αυτό συμβαίνει διότι τα διεγερμένα άτομα δεν αποδιεγείρονται τυχαία και αυθόρμητα, αλλά με τη διαδικασία της εξαναγκασμένης εκπομπής.
- *Κατευθυντικότητα.* Η ιδιότητα αυτή οφείλεται στην κατασκευή της κοιλότητας ενίσχυσης, μέσα στην οποία βρίσκεται το ενεργό υλικό.
- *Λαμπρότητα.* Τα laser είναι πηγές ακτινοβολίας μεγάλης λαμπρότητας. Έχουν δηλαδή υψηλή ισχύ ανά μονάδα επιφάνειας, ανά μονάδα στερεάς γωνίας και περιοχής συχνότητας, η οποία οφείλεται κυρίως στην υψηλή κατευθυντικότητα της εκπεμπόμενης δέσμης και στην εκπομπή, σε περιορισμένο αριθμό, ιδιοσυχνοτήτων εντός της φασματικής περιοχής Δf. Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι ακόμη και ένα laser μικρής σχετικά ισχύος έχει λαμπρότητα που είναι μεγαλύτερη από αυτή των λαμπρότερων συνήθων πηγών.

Τα σημερινά laser κατατάσσονται σε πολλές κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο άντλησης και τη συχνότητα της ακτινοβολίας που εκπέμπουν, αλλά ο πλέον συνήθης τρόπος διαχωρισμού τους γίνεται βάσει της φυσικής κατάστασης του ενεργού τους υλικού. Έτσι έχουμε laser στερεάς κατάστασης, laser υγρών, laser αερίων, laser πλάσματος και laser ελεύθερων ηλεκτρονίων. Ακόμη, τα laser μπορούμε να τα κατατάξουμε σε παλμικά laser ή σε συνεχή, ανάλογα με το αν η ακτινοβολία την οποία εκπέμπουν δίνεται συνεχώς ή στη διάρκεια ενός παλμού. Η χρονική διάρκεια αυτών των παλμών ποικίλλει.

Η τεχνολογία και η βιομηχανία των laser συνεχώς εξελίσσονται, ώστε να δημιουργηθούν νέα laser με ακτινοβολίες μήκους κύματος διαφορετικού από των σημερινών, μεγαλύτερης ισχύος και απόδοσης, αλλά και εύχρηστες φορητές συσκευές laser, που να αντικαθιστούν τις μεγάλων διαστάσεων εργαστηριακές συσκευές.



Η κατηγορία που μας ενδιαφέρει είναι τα laser στερεάς κατάστασης: Έχουν ως μέσο μονωτικό (διηλεκτρικό) κρύσταλλο ή γυαλί και χρησιμοποιούν ως ενεργά συστατικά ιόντα πρόσμειξης που εισάγονται στο κρύσταλλο. Τα ιόντα αυτά ή ανήκουν στις μεταπτώτικές σειρές του περιοδικού πίνακα (π.χ. Cr^{+3}) ή είναι ιόντα σπανίων γαιών (π.χ. Nd^{+3} , Ho^{+3}). Αντιπροσωπευτικά laser της κατηγορίας αυτής είναι το laser ρουβιδίου (Ruby laser) ($\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}^{+3}$) (εικ. 1) και το laser Nd νεοδυμίου σε φιλοξενούμενο κρύσταλλο:YAG (Yttrium Aluminium Garnet, $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$) (εικ. 2).



Το laser νεοδυμίου:YAG είναι το σπουδαιότερο laser στερεάς κατάστασης. Κατασκευάστηκε το 1964 από τους Geusic κ.ά. Το ιόν του νεοδυμίου (Nd^{+3}) μπορεί να εισχωρήσει σε πάρα πολλά φιλοξενούνται υλικά, με βασικότερο το YAG, κυρίως λόγω της υψηλής του ενίσχυσης και των καλών μηχανικών και θερμικών ιδιοτήτων του. Η λειτουργία που μπορούμε να επιτύχουμε είναι είτε παλμική είτε συνεχής. Το μήκος κύματος της ακτινοβολίας laser που εκπέμπει είναι 1064 nm, δηλαδή εκπέμπει στην περιοχή του υπέρυθρου. Αυτό δεν σημαίνει ότι τα laser Nd:YAG δεν μπορούν να ταλαντώνονται και σε άλλες γραμμές, όμως η πιο ισχυρή είναι η 1064 nm, η οποία και χρησιμοποιείται συνηθέστερα.

Τρόπος	Διάρκεια παλμού	Ισχύς παλμού	Ενέργεια παλμού
Κανονικός	0,1-10 msec	10 KW	50 J
Q-μετατροπή	3-30 nsec	10 KW	1 J
Σύζευξη τρόπων	30 psec	Μερικά GW	0,1 J

Ιστορική σημείωση

Η εφαρμογή της ακτινοβολίας laser στον καθαρισμό των έργων τέχνης προτάθηκε από τον J.F. Asmus στις αρχές της δεκαετίας του '70, μέσω ενός συνόλου πρακτικών δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν στη Βενετία, επάνω σε γλυπτά από μάρμαρο Carrara. Για πρώτη φορά στην Κρήτη το 1995 γίνεται Διεθνής Διάσκεψη για "Το Laser στη συντήρηση των έργων τέχνης" (LACONA). Σηματοδοτεί ένα πολύ σημαντικό βήμα για την αποδοχή των θετικών αποτελεσμάτων, τον καθορισμό των παραμέτρων, την άνοδο του επιστημονικού επιπέδου και τη βελτίωση της διεπιστημονικής προσέγγισης, καθώς και την επέκταση εφαρμογής της μεθόδου, από τη συντήρηση λίθου και σε άλλα υλικά. Σήμερα, η διάσκεψη έχει γίνει μια θεμελιώδης αναφορά για την ανάπτυξη και τη διάδοση των συστημάτων laser στον τομέα συντήρησης. Οι έρευνες στο στάδιο καθαρισμού με τη μέθοδο laser στο λίθο, στα μέταλλα, στα έργα ζωγραφικής, στα έγγραφα και άλλα υλικά, καθώς και οι λεπτομερείς αξιολογήσεις των αποτελεσμάτων ακτινοβολίας, καταγράφονται στις επτά διασκέψεις LACONA. Τα τελευταία χρόνια, δύο επιπλέον συνέδρια γεννήθηκαν μέσα στο πλαίσιο της έρευνας της εφαρμοσμένης οπτικής που αφιερώθηκε στην εφαρμογή των συστημάτων laser στη συντήρηση: το "Συνέδριο τεχνικών και συστημάτων laser στη συντήρηση έργων τέχνης" (SPIE - Conference on: Laser techniques and systems in art conservation, Munich 2001-05) και το "Συμπόσιο για την τεχνολογία laser στη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς" (CLEO 2005 - Symposium on: Laser technology for the preservation of cultural heritage).

Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται είναι συσκευές με παλμικά laser. Μέχρι πρόσφατα, τα συστήματα βασίζονταν στο QS (Q-Switching) νεοδυμίου Nd:YAG που εκπέμπει στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος στα 1064 nm, με παλμούς διάρκειας 8-20 ns και ενέργεια μεταξύ 0,1-1 J ανά παλμό. Διαθέσιμο στο εμπόριο είναι και το FR (Free-Running) με παλμούς διάρκειας 200-500 μs και ενέργεια μέχρι 2 J ανά παλμό. Το μεγαλύτερης διάρκειας πλάτος παλμών δεν είχε ικανοποιητικά αποτελέσματα στον καθαρισμό, έτσι δε χρησιμοποιήθηκε στη συντήρηση.

Μία νέα κατηγορία ενδιάμεσης διάρκειας παλμών προτάθηκε τα τελευταία χρόνια (τα Intermediate Pulse Duration (IPD) Nd:YAG lasers, που βασίζονται στο Short Free Running (SFR) και Long Q-Switching (LQS)), με παλμούς διάρκειας μεταξύ 50 ns-3 μs και 20-120 μs και ενέργειες παρόμοιες με τα FR and QS lasers.

Δύο ακόμη κατηγορίες laser προτάθηκαν, μέσω εκτενών εργαστηριακών δοκιμών και μερικών πρακτικών εφαρμογών, για τον καθαρισμό των αντικειμένων. Είναι το excimer KrF laser (248 nm, περίπου 30 ns) και FR ER: YAG (2,94 μm, 250 μs).

Προβλήματα όπως το υψηλό κόστος και η δυσκολία μετακίνησης, αποτρέπουν την αποδοχή και διάδοση της τεχνικής καθαρισμού που βασίζεται στα παραπάνω συστήματα laser. Ειδικότερα, για την αφαίρεση σκουρόχρωμων επικαθήσεων, που προέρχονται κυρίως από τη



Συστήματα	Περιοχή φάσματος	Διάρκεια παλμών	Ενέργεια / παλμό
Q-Switching Nd:YAG	Υπέρυθρη 1064 nm	8 – 20 ns	0,1 – 1 J
Free- Running FR	Υπέρυθρη 1064 nm	200 – 500 μs	μέχρι 2 J
Intermediate Pulse Duration Nd:YAG (Short Free Running / Long Q-Switching)	Υπέρυθρη 1064 nm	50 ns – 3 μs 20 – 120 μs	μέχρι 2 J
Excimer KrF	Υπεριώδης 248 nm	περίπου 30 ns	
FR ER:YAG		250 μs	

ρύπανση του περιβάλλοντος, σε ανοιχτόχρωμες ασβεστιτικές επιφάνειες, η σχετική έρευνα έδειξε ότι τα πιο ικανοποιητικά αποτελέσματα προέρχονται από τη χρήση συστήματος QS (Q-Switching) νεοδυμίου:YAG που εκπέμπει στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος στα 1064 nm. Ο μηχανισμός αυτός αποδείχθηκε ότι δουλεύει ικανοποιητικά στις περισσότερες περιπτώσεις καθαρισμού λίθινων αντικειμένων, κυρίως εξαιτίας του αυτοπεριοριστικού του χαρακτήρα.

Μηχανισμοί απομάκρυνσης των επικαθήσεων με σύστημα laser

Απαραίτητη προϋπόθεση για την απομάκρυνση των επικαθήσεων είναι να παρουσιάζουν έντονη χρωματική διαφορά από το υπόστρωμα. Οι επικαθήσεις μπορεί να είναι μαύρες κρούστες ποικίλου πάχους, graffiti, λεκέδες οξείδωσης και βιολογικές κρούστες.

Έχει παρατηρηθεί ότι, κατά την ακτινοβολήση στερεών επιφανειών με παλμικά laser, υλικό από τις επικαθήσεις εκτινάσσεται στην αέρια φάση, ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης ακτινοβολίας - επικαθήσεως. Αυτό είναι το φαινόμενο της φωτοαποδόμησης (ablation) το οποίο λαμβάνει χώρα πάνω από μία, σε οριακή τιμή, ένταση της ακτινοβολίας, το λεγόμενο κατώφλι αποδόμησης (ablation threshold), φαινόμενο του οποίου η πλήρης κατανόηση αποτελεί αντικείμενο εντατικής έρευνας.

Το πάχος του στρώματος που αποδομείται ανά παλμό πρέπει να είναι της τάξεως του θερμικού βάθους διείσδυσης: $I_T = 2 \cdot [DT \cdot T_l]^{1/2}$ όπου

- α: η απορρόφηση του υλικού
- DT = θερμική διάχυση
- T_l = διάρκεια παλμού του laser

ή θα πρέπει να είναι της τάξεως του οπτικού βάθους διείσδυσης

$$I_a = \alpha^{-1}$$

ανάλογα με το ποιο είναι μεγαλύτερο, δηλαδή:

$$\Delta h = \max(I_a, T_l)$$

Τρεις είναι οι μηχανισμοί που λαμβάνουν χώρα κατά τη διαδικασία της αποδόμησης (ablation):

- ♦ Φωτοθερμικός, με μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του στόχου.
- ♦ Φωτομηχανικός με διαστολή του υλικού και παραγωγή ακουστικών κυμάτων, τα οποία διαδίδονται στο υλικό.
- ♦ Φωτοχημικός, όπου, κατά τη διάσπαση ενός μορίου, το ποσό της ενέργειας που δε χρησιμοποιείται για το σπάσιμο των δεσμών μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του πλάσματος.

Η αφαίρεση ανεπιθύμητων επικαθήσεων με τη χρήση υπέρυθρης ακτινοβολίας laser σε χαμηλές πυκνότητες ενέργειας γίνεται φωτοθερμικά: η απότομη και στιγμιαία αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να προκαλέσει θερμική διαστολή του υλικού που απορροφά την ακτινοβολία και η φωτοαποδόμηση του γίνεται μακριά από την επιφάνεια εξαιτίας πίεσης απόσπασης. Ο αυτοπεριοριστικός χαρακτήρας του συστήματος μπορεί να εξασφαλίσει την ελεγχόμενη αφαίρεση της επικαθήσεως, χωρίς την παραμικρή καταστροφή του υποστρώματος. Η δράση αυτή βασίζεται στη σημαντική διαφορά του συντελεστή απορρόφησης μεταξύ της σκουρόχρωμης επικαθήσεως και της υποκείμενης ανοιχτόχρωμης επιφάνειας, σε συγκεκριμένο εύρος μηκών κύματος. Έχει αποδειχθεί και πειραματικά ότι τα σκουρόχρωμα σωματίδια, που σχηματίζουν την πλειονότητα των επικαθήσεων, απορροφούν την υπέρυθρη ακτινοβολία, που εκπέμπεται από ένα QS (Q-Switching) νεοδυμίου: YAG σύστημα laser κατά μέσο όρο 4 φορές περισσότερο από το ασβεστίτικο υπόστρωμα. Συγκεκριμένα, έχει υπολογιστεί ότι η ελάχιστη ποσότητα ενέργειας, στα 1064 nm, που απαιτείται για την αφαίρεση ομοιόμορφης μαύρης κρούστας, είναι $0,8 \text{ J/cm}^2$, ενώ η αντίστοιχη για το μάρμαρο είναι $3,5 \text{ J/cm}^2$. Με κατάλληλη εστίαση της δέσμης μέσα σε καθορισμένο εύρος τιμών ποσότητας ενέργειας του laser π.χ. $0,8\text{-}3,5 \text{ J/cm}^2$, μπορεί να εξασφαλισθεί η εφαρμογή της μεθόδου. Όταν η χρησιμοποιούμενη ποσότητα ενέργειας του laser είναι μικρότερη από το ενεργειακό κατώφλι απομάκρυνσης του συνδετικού υλικού της επικαθήσεως, τα σκουρόχρωμα σωματίδια, που βρίσκονται εγκλωβισμένα μέσα σε αυτήν, «ατμοποιούνται επιλεκτικά», αφήνοντας στη θέση τους κενά. Τα ατμοποιημένα στοιχεία των σωματιδίων είτε φεύγουν στην ατμόσφαιρα, είτε διαχέονται στην παραμένουσα επικαθήση. Στην περίπτωση αυτή η μάζα της επικαθήσεως επηρεάζεται ελάχιστα, αλλάζει όμως το φάσμα της απορρόφησής της. Τα κενά που δημιουργούνται και η αλλαγή στο φάσμα απορρόφησης της κρούστας οδηγούν στην αντίληψη ότι η τελική επιφάνεια αλλοιώνεται χρωματικά.

Για κάθε αλληλεπίδραση υλικού-laser μπορεί πειραματικά να βρεθεί η ποσότητα του αφαιρούμενου υλικού ανά παλμό laser. Έτσι, μπορεί να υπολογισθεί με ακρίβεια η ποσότητα της ενέργειας ανά cm^2 , καθώς και ο αριθμός των παλμών laser που απαιτείται, προκειμένου

	FIR	FUR
Χαλαρές επικαθήσεις	0,3 – 0,5 J/cm ²	0,08 – 0,2 J/cm ²
Ομοιόμορφη συμπαγής κρούστα	0,4 – 0,8 J/cm ²	0,1 – 0,3 J/cm ²
Κρούστα με ανακρυσταλλώσεις	1,0 – 1,8 J/cm ²	
Μάρμαρο	3,5 J/cm ²	

να αφαιρεθεί στρώμα υλικού συγκεκριμένου πάχους. Επομένως, το ακριβές πάχος της επικαθήσης, καθώς και οι διακυμάνσεις που μπορεί αυτό να έχει σε όλη την επιφάνεια, είναι μείζονος σημασίας για τον ομοιόμορφο καθαρισμό της επιφάνειας.

Στο μηχανισμό αυτό ιδιαίτερο ρόλο μπορεί να έχει η προσθήκη λεπτού στρώματος νερού. Το νερό, που διεισδύει στις κοιλότητες κάτω και γύρω από τα σωματίδια, που σχηματίζουν την κρούστα, δρα ως μέσο μεταφοράς θερμότητας και έτσι αυξάνεται η αποδοτικότητα αφαίρεσης της κρούστας.

Η φορητή συσκευή Artlaser

Σε αυτά τα δεδομένα βασίζεται και η φορητή συσκευή που υπάρχει στο εργαστήριο συντήρησης του ΑΜΘ, ονομάζεται Artlaser και έχει τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά:

Laser	Nd:YAG Q-Switch
Μήκος κύματος	1064nm
Έξοδος παλμού	κεφαλή laser
Έλεγχος λειτουργιών	μέσω οθόνης LCD
Ενέργεια παλμού	ρυθμιζόμενη από 0-350 mJ
Διάρκεια παλμού	8 ns
Συχνότητα	ρυθμιζόμενη από μονό παλμό έως 30 Hz
Παραγόμενη ακτίνα laser	κυκλική ομοιόμορφη ακτίνα
Σύστημα σκόπευσης	δίοδος laser
Εκπομπή	συνεχής
Ισχύς	1 mW
Μήκος κύματος	670 nm (κόκκινο)
Εσωτερική ψύξη	αέρας/απιονισμένο νερό
Βάρος μονάδας	110 kg
Βάρος κεφαλής	3 kg
Κατηγορία laser	4
Συνθήκες λειτουργίας	5-35 °C / 15-90° RH

Η συσκευή αυτή δίνει τη δυνατότητα στον συντηρητή να ρυθμίσει την παραγόμενη ενέργεια του laser (έως 350 mJ) και τη συχνότητα των παλμών, επιλέγοντας μεταξύ μίας ή επαναλαμβανόμενων μεταξύ 5 έως 30 Hz. Η διάρκεια του παλμού είναι σύντομη, για να παρέχεται ασφαλής λειτουργία (8 ns). Η συσκευή αποτελείται από μία ενιαία φορητή (τροχήλατη) μονάδα που ζυγίζει 110 Kg. Με τη βοήθεια ενός βραχίονα η ακτίνα laser κατευθύνεται προς μια κεφαλή. Η ακτίνα εξέρχεται από την κεφαλή (βάρους περίπου 3 Kg), η οποία μπορεί να κρατηθεί στο χέρι. Η κεφαλή φέρει σύστημα σκόπευσης με βοηθητική κόκκινη ακτίνα laser (670 nm), καθώς και διακόπτη λειτουργίας, για άμεσο έλεγχο του χρόνου εφαρμογής. Τέλος, ο συντηρητής ελέγχει και την απόσταση μεταξύ της κεφαλής της συσκευής και της επιφάνειας (θεωρείται καλή η απόσταση περίπου 40 cm.). Στο σώμα του μηχανήματος υπάρχει ένας πίνακας ελέγχου από όπου γίνονται όλες οι απαραίτητες ρυθμίσεις λειτουργίας.

Η συσκευή αποτελείται από εξοπλισμό ηλεκτρικών, οπτικών και ηλεκτροοπτικών στοιχείων, ευαίσθητο κυρίως στις δονήσεις και στις υψηλές θερμοκρασίες. Για τους λόγους αυτούς, η χρήση του πρέπει να γίνεται με προσοχή και να ακολουθούνται όλες οι απαραίτητες προφυλάξεις, τόσο για το μηχάνημα όσο και για την ασφάλεια του χρήστη. Πρέπει να αποφεύγεται η απευθείας ή εξ ανακλάσεως έκθεση των ματιών στην δέσμη laser, διότι μπορεί να προκαλέσει καταστροφή του αμφιβληστροειδούς και του κερατοειδούς. Σε εσωτερικούς χώρους συνιστάται η χρήση προστατευτικών γυαλιών. Επίσης, προσοχή πρέπει να δοθεί στα αέρια που εκπέμπονται ως αποτέλεσμα του καθαρισμού, για αυτό πρέπει να χρησιμοποιείται απαγωγός αερίων, ή οι χώροι να είναι καλά αεριζόμενοι, ώστε να αποφεύγεται τυχόν ανάφλεξη ή δηλητηριάσεις.

Οι δοκιμές και τα αποτελέσματα

Για να επιτευχθεί ασφαλής τρόπος απομάκρυνσης των επικαθήσεων, χωρίς χρωματική ή μορφολογική αλλοίωση του υποστρώματος, είναι απαραίτητο να καθοριστούν κάθε φορά οι κατάλληλες παράμετροι της συσκευής laser. Για την πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκαν δοκίμια στην επιφάνεια των οποίων υπήρχε στρώμα επικαθήσεων παρόμοιας σύστασης με αυτό που συναντάται συνήθως σε αρχαία λίθινα αντικείμενα. Τα δοκίμια είναι από σύγχρονο μάρμαρο, το οποίο ήταν εκτεθειμένο για ένα χρονικό διάστημα στο ύπαιθρο, με αποτέλεσμα στην επιφάνεια του να έχει σχηματιστεί στρώμα επικαθήσεων. Το στρώμα αυτό είναι σκουρόχρωμο και στη σύσταση του περιέχει αιθάλη μαύρου χρώματος, μικροσωματίδια και προϊόντα βιολογικής προέλευσης. Τα δοκίμια είναι ορθογωνίου κανονικού όγκου, διαστάσεων 2×4×4 cm. Το μάρμαρο είναι λευκού χρώματος, μεσοκοκκώδες και η επιφάνεια των δοκιμών είναι ανάγλυφη.

Για την εκτίμηση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν οι εξής φυσικοχημικές μέθοδοι ελέγχου:

- ♦ Παρατήρηση σε στερεομικροσκόπιο
- ♦ Μετρήσεις με φορητό φασματοφωτόμετρο
- ♦ Παρατήρηση στιλπνών τομών σε πολωτικό μικροσκόπιο

Χρησιμοποιήθηκαν 12 δείγματα, στα οποία έγινε σάρωση με διαφορετικές κάθε φορά ρυθμίσεις στη συχνότητα παλμών και την ενέργεια της συσκευής laser.

A/A Δείγματος	Ενέργεια mJ	Συχνότητα Hz	Ενέργεια mJ	Συχνότητα Hz	Ενέργεια mJ	Συχνότητα Hz
Δείγμα 1α	50	5				
Δείγμα 1β	50	15				
Δείγμα 1γ	50	20				
Δείγμα 2α	50	30				
Δείγμα 2β	150	5				
Δείγμα 2γ	150	15				
Δείγμα 3α	100	5				
Δείγμα 3β	100	10				
Δείγμα 3γ	100	15				
Δείγμα 4α	50	15	100	5		
Δείγμα 4β	50	20	100	5	100	10
Δείγμα 4γ	50	30	100	5	100	15

Έτσι, δημιουργήθηκαν τέσσερις ομάδες, με κοινό χαρακτηριστικό την υποβολή σε ίδια ποσότητα ενέργειας αλλά σε διαφορετική συχνότητα παλμών:

Στην πρώτη ομάδα επιλέχθηκε χαμηλή ενέργεια 50 mJ και ρύθμιση της συχνότητας από 5 έως 30 Hz. Στη δεύτερη ομάδα επιλέχθηκε ενέργεια 100 mJ και ρύθμιση της συχνότητας από 5 έως 15 Hz. Στην τρίτη ομάδα επιλέχθηκε ενέργεια 150 mJ και ρύθμιση της συχνότητας από 5 έως 15 Hz. Στην τέταρτη ομάδα έγιναν συνδυασμοί δύο και τριών σαρώσεων της επιφάνειας.

Κατά τη διαδικασία των δοκιμών καθαρισμού παρατηρήθηκε, τόσο μακροσκοπικά όσο και στο στερεομικροσκόπιο, ότι στην πρώτη ομάδα με χαμηλή ενέργεια 50 mJ η διαδικασία δεν είχε αποτέλεσμα και γινόταν πολύ μικρή απομάκρυνση επικαθήσεων (εικ. 3).

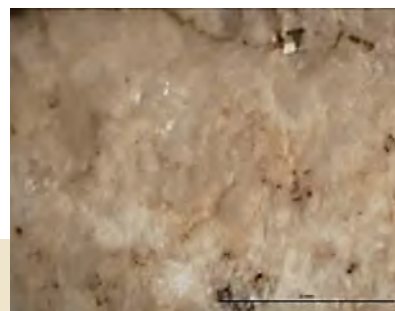
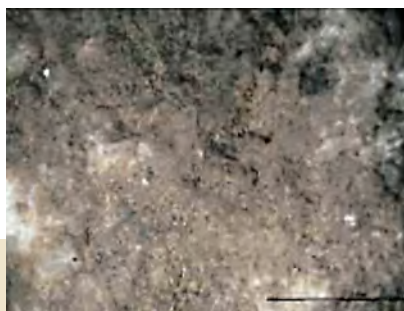


3: Επιφάνεια πριν και μετά τον καθαρισμό.

Για αυτό, στη δεύτερη ομάδα αυξήθηκε η ενέργεια στα 100 mJ, ρυθμίζοντας και πάλι τη συχνότητα σε 5 έως και 15 Hz. Παρατηρήθηκε ικανοποιητική απομάκρυνση επικαθήσεων, όμως η αύξηση της συχνότητας στα 15 Hz δημιουργούσε προβλήματα στον έλεγχο της διαδικασίας απομάκρυνσης.

Στην τρίτη ομάδα αυξήθηκε και άλλο η ενέργεια, δηλαδή στα 150 mJ, ρυθμίζοντας και πάλι τη συχνότητα από 5 έως και 15 Hz. Δεν ήταν δυνατός όμως ο έλεγχος της απομάκρυνσης των επικαθήσεων, ώστε να επιτευχθεί ένα ομοιόμορφο αποτέλεσμα. Συνεπώς, δεν έπρεπε να αυξηθεί άλλο η ποσότητα της ενέργειας, αλλά να παραμείνει σε χαμηλά επίπεδα μέχρι 100 mJ.

Έτσι, στην τέταρτη ομάδα έγιναν δύο και τρεις σαρώσεις της επιφάνειας με συνδυασμούς, ενέργειας και συχνότητας παλμών, που στις προηγούμενες ομάδες δειγμάτων έδωσαν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Η πρώτη σάρωση έγινε με ενέργεια 50 mJ και ρύθμιση της συχνότητας παλμών σε 15, 20 και 30 Hz. Στη δεύτερη σάρωση αυξήθηκε η ενέργεια σε 100 mJ και η συχνότητα παλμών παρέμεινε σταθερή σε 5 Hz. Έγινε και τρίτη σάρωση, σε δύο δείγματα της ομάδας, με αύξηση της συχνότητας παλμών και διατήρηση της ενέργειας σταθερά στα 100 mJ. Σε σύγκριση με τις προηγούμενες, αυτή η ομάδα παρουσίασε τα καλύτερα αποτελέσματα. Οι επικαθήσεις απομακρύνονται σε πολύ μεγάλο βαθμό, με ομοιόμορφο αποτέλεσμα, ενώ το υπόστρωμα δεν έχει υποστεί καμία αλλοίωση (εικ. 4).



4: Επιφάνεια πριν και μετά τον καθαρισμό.

Γενικά, παρατηρήθηκε ότι ικανοποιητικό αποτέλεσμα απομάκρυνσης επικαθήσεων υπήρχε με χαμηλή ποσότητα ενέργειας 100 mJ και συχνότητα παλμών 10 και 15 Hz. Το παραπάνω αποτέλεσμα βελτιώνεται σημαντικά όταν γίνεται με επαναλαμβανόμενες σαρώσεις στα ίδια επίπεδα τιμών.

Μετρήσεις με φορητό φασματοφωτόμετρο ορατού φωτός

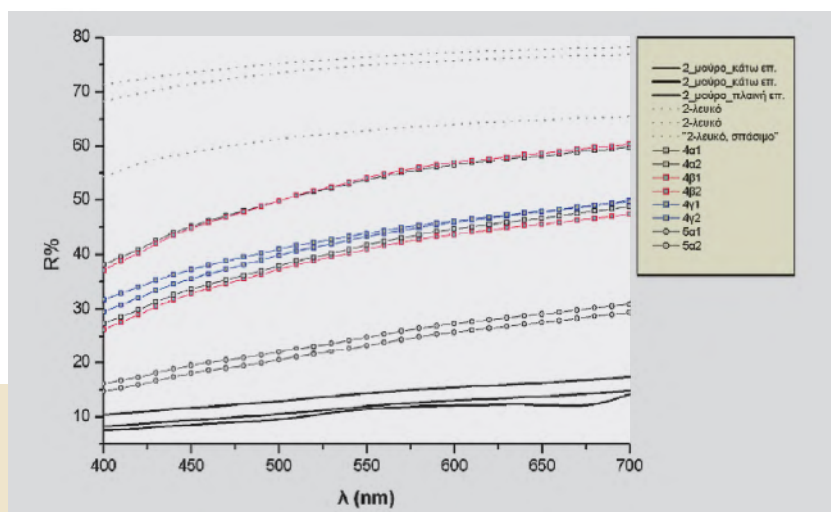
Έγιναν μετρήσεις με φορητό φασματοφωτόμετρο ορατού φωτός, στο Διαγνωστικό Κέντρο Έργων Τέχνης «Ορμύλια», με σκοπό την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας του καθαρισμού ως προς τη μεταβολή του χρώματος μετά τον καθαρισμό.

Η λήψη του φάσματος διαχεόμενης ανακλαστικής ικανότητας στο ορατό φως και η μέτρηση του χρώματος πραγματοποιήθηκαν με

Measurement Area	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	c*(D65)	h(D65)
1_μαύρο	43,06	1,30	6,98	7,11	79,17
1_λευκό	87,73	0,17	2,70	2,71	86,52
δείγμα 1α	49,90	2,77	12,35	12,66	77,36
δείγμα 1β	58,40	2,30	12,43	12,64	79,58
δείγμα 1γ	52,50	2,34	11,76	11,99	78,73
δείγμα 2α	59,13	2,53	13,03	13,27	79,03
δείγμα 2β	63,92	0,94	8,20	8,25	83,38
δείγμα 2γ	65,55	1,03	7,74	7,81	82,44
δείγμα 3α	63,48	1,93	11,15	11,31	80,18
δείγμα 3β	63,61	1,45	9,54	9,65	81,35
δείγμα 3γ	60,21	1,48	9,05	9,17	80,80
δείγμα 4α	74,28	1,10	9,42	9,49	83,41
δείγμα 4β	74,08	0,95	9,83	9,88	84,50
δείγμα 4γ	71,79	0,96	8,51	8,57	83,58
δείγμα 5α	56,09	2,36	9,83	10,11	76,49

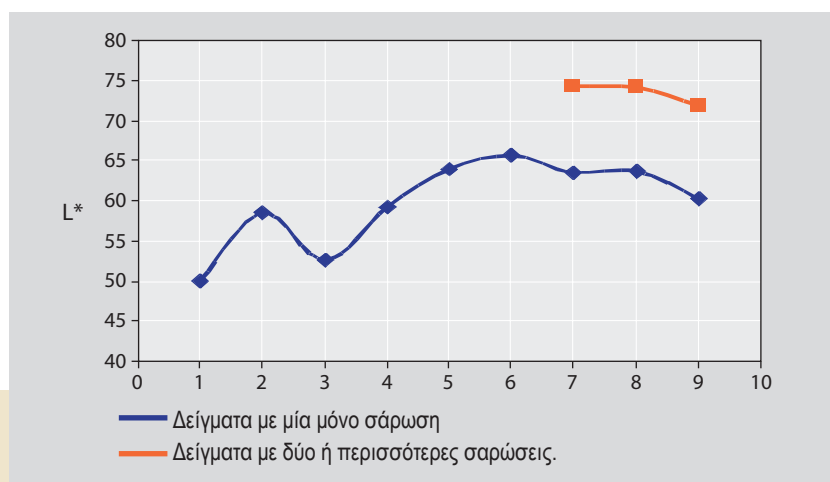
φορητό φασματοφωτόμετρο MINOLTA 2022 που διαθέτει ενσωματωμένη σφαίρα ολοκλήρωσης. Η μέτρηση πραγματοποιείται ανά 10 nm στην φασματική περιοχή του ορατού φωτός. Οι υπολογισμοί έγιναν με βάση τις χρωματικές συντεταγμένες L* λαμπρότητα, a*, b* CIE 1976 (με πρότυπη πηγή D65)

Για την εκτίμηση του αποτελέσματος του καθαρισμού, τα φάσματα ανακλαστικής ικανότητας απεικονίζονται συγκριτικά, ως προς το αρχικό ακάθαρμο (μαύρο) δείγμα και ως προς το καθαρό (λευκό) μάρμαρο έτσι όπως εμφανίζεται σε πρόσφατη τομή. Υπολογίσθηκαν οι χρωματικές διαφορές ως προς το μαύρο και το λευκό, για κάθε δείγμα (εικ. 5):



5: Χρωματικές διαφορές ως προς το μαύρο και το λευκό για κάθε δείγμα (για τον υπολογισμό έχουν ληφθεί υπόψη οι μέσες τιμές).

Σε κάποιες περιπτώσεις παρατηρήθηκε ότι η λαμπρότητα τείνει προς αυτήν της λευκής επιφάνειας (μέτρηση σε τομή), παραμένει όμως στο δείγμα μία υποκίτρινη χροιά. Βέβαια, το χρώμα της επιφάνειας, που μπορεί να θεωρηθεί ως αναφορά, δεν είναι το λευκό μια και η φυσική πάτινα, που υπάρχει σε κάθε επιφάνεια, έχει μία υπόλευκη χροιά. Αυτό σημαίνει ότι, στα δείγματα που είναι πιο κοντά στο λευκό, ο καθαρισμός είναι καλύτερος και ταυτόχρονα συνεχίζει να παρέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες.



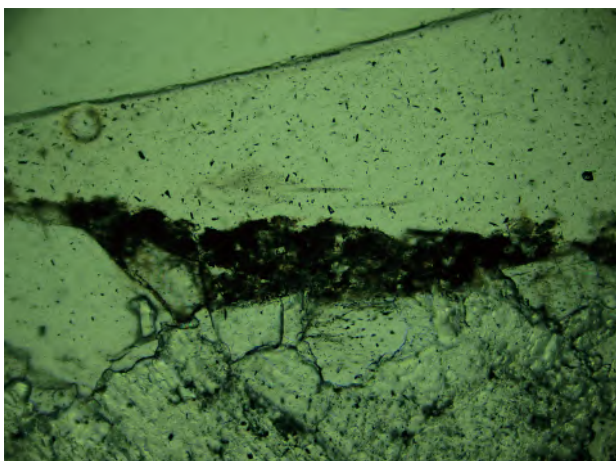
6: Διάγραμμα λαμπρότητας (L*) των δειγμάτων μετά τον καθαρισμό

Από το διάγραμμα (εικ. 6) φαίνεται ότι με την εφαρμογή συνδυασμένων σαρώσεων επιτυγχάνεται μεγαλύτερη λαμπρότητα, περίπου από 70-75, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα δείγματα, όπου η λαμπρότητα κυμαίνεται από 50-65. Οι μετρήσεις του χρώματος και της φασματικής ανακλαστικής ικανότητας επιβεβαιώνουν την αρχική οπτική παρατήρηση για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας του καθαρισμού.

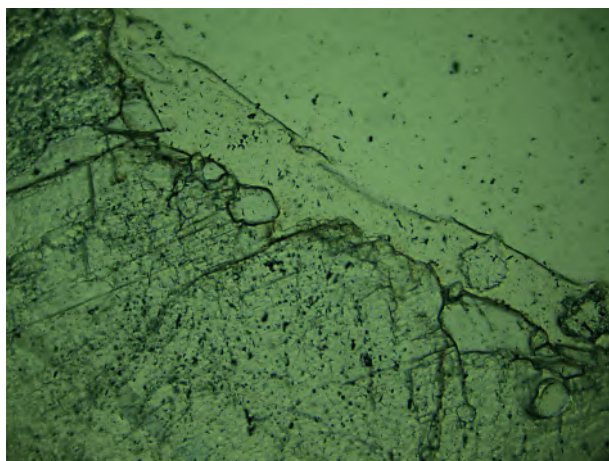
Παρατήρηση στιλπνών τομών σε πολωτικό μικροσκόπιο

Λεπτές τομές προετοιμάστηκαν και εξετάστηκαν σε πολωτικό μικροσκόπιο (στο Εργαστήριο Ορυκτολογίας Γεωλογικού Τμήματος ΑΠΘ) με σκοπό να διαπιστωθεί αν προκλήθηκαν αλλοιώσεις στο ανάγλυφο της επιφάνειας του μαρμάρου μετά την εφαρμογή της μεθόδου laser.

Στις τομές διακρίνονται τρία μέρη (εικ. 7): 1. Το εσωτερικό του μαρμάρου 2. Στρώμα διάβρωσης του μαρμάρου και 3. Διαφορετικού χρώματος στρώμα επικαθήσεων. Παρατηρούμε ότι, ανεξάρτητα από τον βαθμό καθαρισμού των δειγμάτων, το υπόστρωμα δεν παρουσίασε αλλοιώσεις, τόσο στο εσωτερικό του όσο και στο υπερκείμενο στρώμα διάβρωσης του μαρμάρου. Ένα επιπλέον στοιχείο, που αποδεικνύει τον ασφαλή τρόπο με τον οποίο λειτουργεί η μέθοδος, είναι η παρουσία επικαθήσεων μέσα σε μικρορωγμές στη δομή του υποστρώματος, δηλαδή στο σώμα του λίθου.



7.α



7.β

7: Στιλπνή τομή δοκιμίων, σε πολωτικό μικροσκόπιο. Συγκριτική παράθεση αποτελέσματος καθαρισμού σε δύο διαφορετικά αλλά παρόμοια ως προς την μορφή σημεία: 7.α: Πριν τον καθαρισμό 7.β: Μετά τον καθαρισμό. Παραμένει σε μικρές εσοχές και ρηγματώσεις κάποια ποσότητα επικάλυψης που είναι αδύνατο να αφαιρεθεί.

Συμπεράσματα

Σε σύγκριση με τη χρήση μηχανικών μέσων και χημικών μεθόδων, η μέθοδος laser πλεονεκτεί ως προς τον έλεγχο της παρέμβασης στο αντικείμενο. Η ακτινοβολία laser μπορεί να κάνει διάκριση μεταξύ επικαθήσεων και υποστρώματος, με την προϋπόθεση να υπάρχει χρωματική διαφορά μεταξύ αυτών. Πριν τη χρήση της μεθόδου θα πρέπει να γίνονται οι απαραίτητες δοκιμές, έτσι ώστε να ελέγχονται η κατάσταση διατήρησης της επιφάνειας, η ύπαρξη χρωματικών στρωμάτων και η αποτελεσματικότητα της μεθόδου στην ικανοποιητική απομάκρυνση των στρωμάτων επικαθήσεων ποικίλου πάχους. Επίσης, κατά τη διάρκεια εφαρμογής της μεθόδου laser κρίνεται απαραίτητο να ελέγχεται με φυσικοχημικές μεθόδους το αποτέλεσμα του καθαρισμού.

Η μέθοδος laser μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις επικαθήσεων σκουρόχρωμων, χαλαρών και μικρού πάχους.

Απαιτεί ιδιαίτερο έλεγχο όταν πρόκειται να εφαρμοστεί σε αντικείμενα στα οποία διατηρούνται χρωστικές ουσίες, δεδομένου ότι αυτές είναι ευαίσθητες στα συνήθη μήκη κύματος λειτουργίας των συσκευών.

Ευχαριστίες

Δρ Σ. Σωτηροπούλου, Διαγνωστικό Κέντρο Έργων Τέχνης «Ορμύλια»

Δρ Σ. Δημητριάδη, Εργαστήριο Ορυκτολογίας, Τμήμα Γεωλογίας ΑΠΘ

Προέλευση εικόνων

1. Sveto 1982, εικ. 67.

2. Σεραφετεινίδης 1989, εικ. 223.

3, 4, Αρχείο Αρχαιολογικού Μουσείου Θεσσαλονίκης

5, 6. Διαγνωστικό Κέντρο Έργων Τέχνης “Ορμύλια”

7. Εργαστήριο Ορυκτολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ

Επιλεγμένη βιβλιογραφία

- M. Abraham, J. Twilley, A Review of the state-of-the-art of laser cleaning in conservation, *Conservation Research*, The Los Angeles County Museum of Art, Los Angeles 2007, 3-54.
- A. Andreotti, M.P. Colombini, A. Nevin, K. Melessanaki, P. Pouli, C. Fotakis C, Multianalytical study of laser pulse duration effects in the IR laser cleaning of wall paintings from the Monumental Cemetery of Pisa, *Laser Chemistry*, article ID 39046, 2006.
- ARTLASER, user manual, 2007.
- J.F. Asmus, M. Seracini, M.J. Zetler, Surface morphology of laser-cleaned stone, *Lithoclastia* 1, 1976, 23-45.
- M. Cooper (ed.), *Laser cleaning in conservation: an introduction*, Oxford 1998.
- M.I. Cooper, D.C. Emmony, H. Larson, Characterisation of laser cleaning of limestone, *Optics and Laser Technology* 27 (1), 1995, 69-73.
- M.I. Cooper, H. Larson, The use of laser cleaning to preserve patina on marble sculpture, *The Conservator* 20, 1996, 12-25.
- C. Fotakis, W. Kautek, M. Castillejo (eds), Lasers in the preservation of cultural heritage, 2006 *Laser Chemistry*, article ID 74791, 27-28.
- P. Gaspar, R. Vilar, A. Kearns, K. Watkins, M.M. Gomew, A study of the effect of wavelength on Q-switched Nd: YAG laser cleaning of eighteenth century Portuguese tiles, *Studies in Conservation* 2000, 45, 189-200.
- M. Jasinska, J. Bredal-Jorgensen, G. Sliwinski, Observation of the laser cleaning effect on the Gotland Sandstone elemental composition, (C. Fotakis, W. Kautek, M. Castillejo, eds) *Lasers in the preservation of cultural heritage*, Athens 2006, 122-127.
- J. Larson, M. Cooper, S. Sportun, Developments in the application of laser technology for conservation, *Tradition and innovation: Advances in conservation*, Proceedings, Melbourne 2000, 107-110.
- L. Lazzarini, J.F. Asmus, L. Marchesini, Lasers for the cleaning of statuary: initial results and potentialities, *1st International symposium on the deterioration of building stones*, Chambéry 1973, 89-94.
- C.R. Navarro, K. Elert, E. Sebastian, R.M. Esbert, C.M. Grossi, A. Rojo, F.J. Alonso, M. Montoto, J. Ordaz, Laser cleaning of stone materials: An overview of current research, *Reviews in conservation IIC* 4, 2003, 240-258.
- C.R. Navarro, A.R. Navarro, K. Elert, E. Sebastian, Role of marble microstructure in near infrared laser-induced damage during laser cleaning, *Journal of Applied Physics* 2004, 95, 7, 3350-3358.
- J. Nimmrichter, W. Kautek, M. Schreiner (eds.), *Laser in the Conservation of Artwork*, Lacona VI, Austria 2005.
- J.S. Siano, R. Salimbeni, The Gate of Paradise: Physical optimization of the laser cleaning approach, *Studies in Conservation* 46, 2001, 269-281.
- S. Siano, *Handbook on the use of laser in conservation and conservation science*, Italy 2006.
- O. Sveto, *Principles of laser*, New York 1982.
- A.C. Tam, W.P. Leung, W. Zapka, W. Ziemlich, Laser-cleaning techniques for removal of surface particulates, *Journal of Applied Physics*, 7, 71, 1992, 3515-3523.
- C. Theodorakopoulos, V. Zafiropoulos, Laser cleaning applications for religious objects, *European Journal of Science and Theology*, 2005, 1, 63-76.
- M. Vest, *Critical evaluation of laser cleaning of parchment documents*, IIC, no 40, London 2002.
- V. Verges-Belmin, C. Pichot, G. Orial, Elimination des croûtes noires sur marbre et craie; a quel niveau arrêter le nettoyage? (M.J. Thiel, ed) *Conservation of Stone and other Materials*, International RILEM/ UNESCO Congress, Paris 1993, 534-541.
- J. Wilson, J.F.B. Hawkes, *Optoelectronics: An Introduction*, 1983, 254-261.
- Ε. Παπακωνσταντίνου, Κ. Φραντζικινάκη, Π. Πουλή, Β. Ζαφειρόπουλος. Μελέτη καθαρισμού της δυτικής ζωφόρου, *Μελέτη Αποκαταστάσεως του Παρθενώνος*, 7, Αθήνα 2002, 9-132.
- Α. Σεραφετινίδης, *Εισαγωγή στην Οπτοηλεκτρονική*, Αθήνα 1989.



Μία μέθοδος αδιαβροχοποίησης του λίθου με πολυμερή και νανοσωματίδια

Παναγιώτης Μανούδης
Ανδρέας Τσακάλωφ
Ιωάννης Καραπαναγιώτης
Ιωάννης Ζουμπουρτικούδης
Κάτια Ματζιάρη
Ελπίδα Μινοπούλου
Κωνσταντίνος Παναγιώτου

1. Εισαγωγή

Το νερό, είτε ως «μεταφορέας» ατμοσφαιρικών ρυπαντών και αλάτων στην επιφάνεια και στο εσωτερικό του λίθου, είτε με τους κύκλους ψύξης-απόψυξης του, εντείνει σημαντικά τη διάβρωση που προκαλείται στο λίθο. Η προστασία του λίθου μπορεί, μεταξύ άλλων, να επιτευχθεί με την εφαρμογή υδρόφοβων πολυμερικών επιστρώσεων στην επιφάνειά του. Κατά το παρελθόν έχουν χρησιμοποιηθεί πολυμερή, όπως ακρυλικά, σιλικόνες και φθοριωμένα. Τα πολυμερή αυτά, περιόρισαν την απορρόφηση νερού από τον λίθο, αλλά η απόδοσή τους εξαρτώταν από τα χαρακτηριστικά του, όπως η επιφανειακή τραχύτητα και το πορώδες.¹ Πέραν τούτου, η εφαρμογή των υλικών αυτών δεν εξασφάλιζε π.χ. την πλήρη αντιστρεψιμότητα, ώστε κάποιο από τα παραπάνω υλικά να θεωρηθεί ιδανική προστατευτική επίστρωση.² Ως συνέπεια, η αναζήτηση τρόπων βέλτιστης προστασίας με βελτιωμένες αδιαβροχοποιητικές ικανότητες, είτε μέσω σύνθεσης νέων υλικών, είτε μέσω ανάπτυξης νέων μεθοδολογιών επίστρωσης είναι σημαντικό ζήτημα για την προστασία του λίθου.

Η αδιαβροχοποίηση των επιφανειών έχει γίνει αντικείμενο εντατικής μελέτης και έρευνας τα τελευταία χρόνια. Για το σκοπό αυτό έχουν μελετηθεί επιφάνειες φυτών και ζώων που παρουσιάζουν τέτοιες ιδιότητες. Πιο συγκεκριμένα, το αδιάβροχο της επιφάνειας των φύλλων του λωτού βρέθηκε ότι οφείλεται στην ανεπτυγμένη μικρο και νάνο δομή της, η οποία καλύπτεται από το φυσικό κηρό του φυτού. Το ίδιο φαινόμενο έχει παρατηρηθεί ακόμη και στα φτερά κάποιων εντόμων.³

Στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια «μίμησης» της επιφανειακής μορφολογίας του φύλλου του λωτού, με σκοπό να αναπτυχθεί μια νέα μεθοδολογία, κατάλληλη για την προστασία του λίθου

1. Poli, Toniolo, Chiantore 2004. Della Volpe κ.ά. 2000

2. Alessandrini κ.ά. 2000. Delucchi κ.ά. 2002. Ciardelli κ.ά. 2000. Suzuki, Takeishi, Narisawa 2000. Castelvetro κ.ά. 2002. Ciardelli κ.ά. 1997. Malshe, Nivedita, Sangaj 2005. Puterman, Jansen, Kober 1996. Toniolo κ.ά. 2002. Coulson κ.ά. 2000. Tsakalof κ.ά. 2007.

3. Wagner κ.ά. 2003. Wagner κ.ά. 1996. Zhang κ.ά. 2006. Yabu κ.ά. 2005. Hsieh κ.ά. 2005.

σε μνημεία πολιτισμού. Πιο συγκεκριμένα, προστέθηκαν νανοσωματίδια πυριτίου σε διαλύματα σιλικόνης και ακρυλικού πολυμερούς, τα οποία εφαρμόστηκαν σε δοκίμια μαρμάρου. Ακολούθησε μέτρηση της γωνίας επαφής με το νερό. Ακόμη, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της διαπερατότητας των δοκιμίων στους υδρατμούς, στην τριχοειδή υδαταπορρόφηση και τη χρωματομετρία, προκειμένου να ελεγχθεί η συνολική προστατευτική ικανότητα της τροποποιημένης επίστρωσης.

2. Πειραματικό μέρος

Τρία λευκά ελληνικά μάρμαρα (Διονύσου, Νάξου και Θάσου), χρησιμοποιήθηκαν ως υποστρώματα. Τα δύο πρώτα είναι ασβεστίτικα (98% ασβεστίτης, 2% χαλαζίας), ενώ το μάρμαρο της Θάσου είναι δολομιτικό (86% δολομίτης, 12% ασβεστίτης, 2% χαλαζίας). Τα δείγματα του μαρμάρου είχαν μέγεθος 2,5×2,5×1 cm. Υδρόφιλα λευκά νανοσωματίδια πυριτίου (Silica, fumed powder, Aldrich) με μέσο μέγεθος 7nm, αναμίχθηκαν με μία εμπορική σιλικόνη (Rhodorsil Hydrof, Rhodia Silicones, Italy), 7% σε πετρελαϊκό αιθέρα, καθώς και με ένα ακρυλικό πολυμερές (PMMA, Aldrich), 5% σε τολουόλιο. Τα μείγματα που προέκυψαν μετά από ανάδευση εφαρμόστηκαν στα υποστρώματα με ψεκασμό. Για την απομάκρυνση του διαλύτη τα δοκίμια τοποθετήθηκαν σε θερμοκρασία 40 °C για 18 ώρες, υπό χαμηλό κενό. Μετά την απομάκρυνση του διαλύτη πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της γωνίας επαφής με το νερό με τη βοήθεια ενός γωνιομέτρου Krüss DSA 10. Μια επιφάνεια είναι υπέρ-υδρόφοβη όταν η γωνία επαφής με το νερό ξεπερνά τις 150°.

Η διαπερατότητα των δοκιμίων από τους υδρατμούς πραγματοποιήθηκε με μέτρηση της ποσότητας της μάζας του νερού που απομακρύνεται ανά μονάδα επιφάνειας του δοκιμίου σε 24 ώρες, σε θερμοκρασία 40 °C, κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες.⁴

Η μέτρηση της τριχοειδούς απορρόφησης ύδατος πραγματοποιήθηκε ως εξής: τα προζυγισμένα δοκίμια τοποθετήθηκαν για μία ώρα πάνω σε διηθητικό χαρτί (πάχος 1cm, Whatman paper, No 4), το οποίο ήταν μέχρι περίπου τη μέση μέσα σε απιονισμένο νερό. Μετά το πέρας της μίας ώρας τα δοκίμια ζυγίστηκαν και πάλι, προκειμένου να υπολογισθεί το νερό που απορροφήθηκε. Οι μετρήσεις της χρωματικής μεταβολής των δοκιμίων έγιναν με τη βοήθεια ενός φορητού φασματοφωτόμετρου MiniScan® XE Plus (HunterLab Associates Inc, USA) και αξιολογήθηκαν με τις συντεταγμένες $L^*a^*b^*$ της κλίμακας CIE 1976.⁵ Η φασματοσκοπία μ-Raman πραγματοποιήθηκε με ένα φασματόμετρο Renishaw System 1000. Ως πηγή διέγερσης χρησιμοποιήθηκε ένα HeNe laser (632,8nm) με χαμηλή ισχύ (μέγιστο 2mW). Τέλος, η μορφολογία της επιφάνειας εξετάστηκε με τη χρήση Μικροσκοπίας Ατομικών Δυνάμεων (SPM, Veeco Inc.) και με Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης (SEM, Jeol-5900LV).

4. Tsakalof κ.ά. 2007.

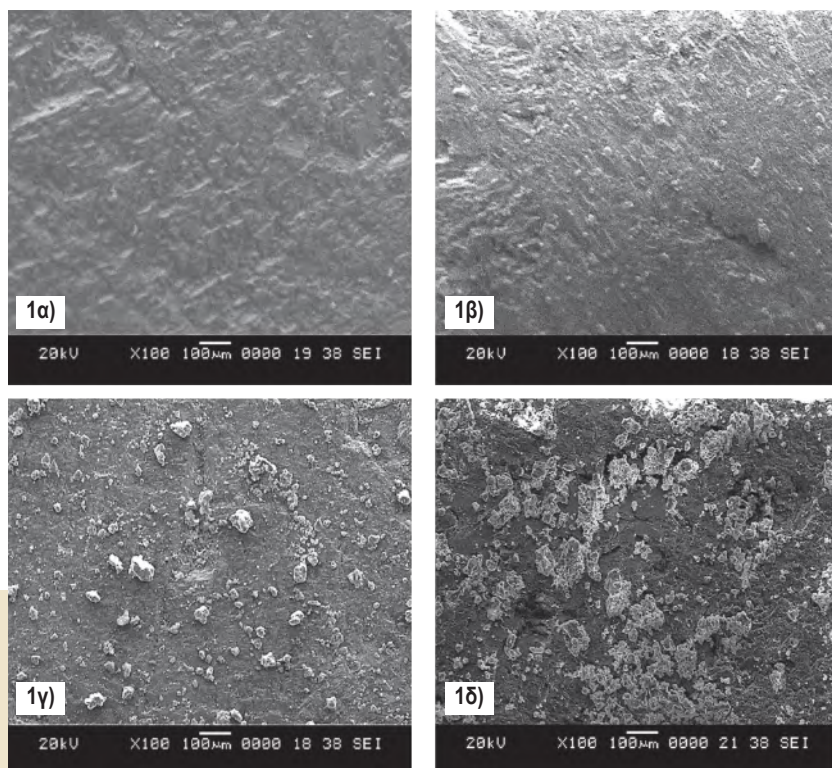
5. Tsakalof κ.ά. 2007.



3. Αποτελέσματα

3.1 Μορφολογία της επιφάνειας

Η επιφάνεια των δοκιμών εξετάστηκε με τη βοήθεια του SEM. Οι εικόνες, που λήφθηκαν, έδειξαν ότι η προσθήκη των νανοσωματιδίων άλλαξε την επιφανειακή μορφολογία των δοκιμών του μαρμάρου. Οι διαφορετικές συγκεντρώσεις νανοσωματιδίων, που προστέθηκαν στο διάλυμα του πολυμερούς, δημιούργησαν και διαφορετικές επιφανειακές μορφολογίες. Τα νανοσωματίδια δημιούργησαν συσσωματώματα με διάμετρο από 10 έως 100 μm (εικ. 1). Επομένως, στην επιφάνεια των μαρμάρων αναπτύχθηκε μια δομή στην κλίμακα του μικρού ($1\mu\text{m}=10^{-6}\text{ m}$, μικροδομή).



1: Εικόνες SEM της μικροδομής στην επιφάνεια των μαρμάρων, η οποία δημιουργήθηκε από τη σιλικόνη και: **1α:** 0%, **1β:** 0,1%, **1γ:** 1% **1δ:** 2% νανοσωματίδια.

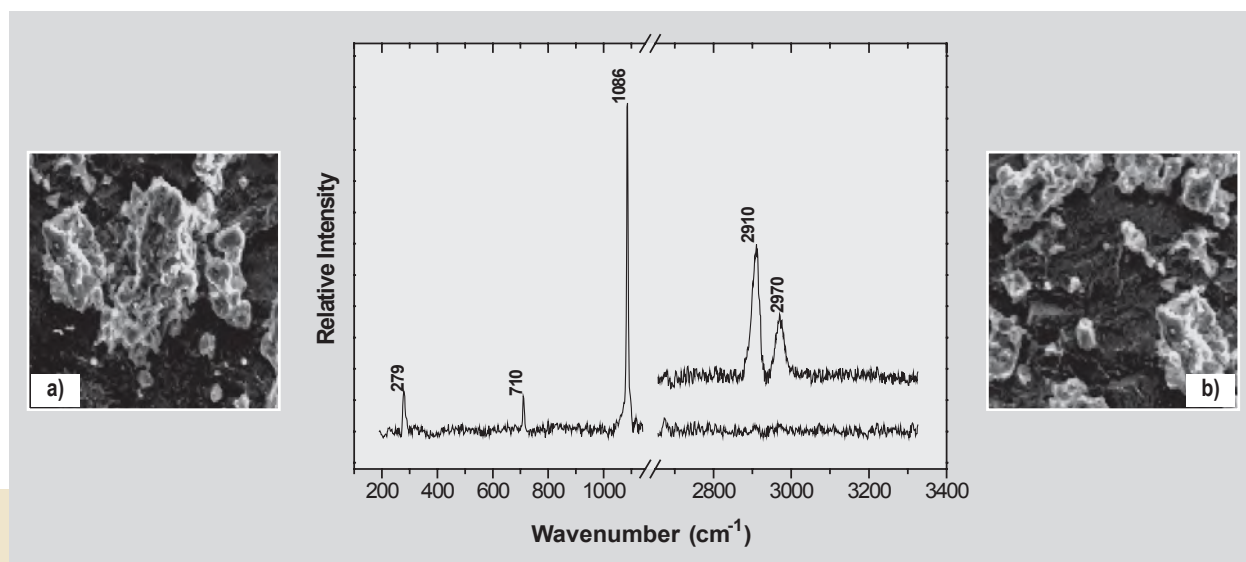
Τα συσσωματώματα που δημιουργήθηκαν προσκολλήθηκαν στην επιφάνεια των μαρμάρων με τη βοήθεια των πολυμερών, τα οποία λειτούργησαν και ως συνδετικό μέσο. Από τις εικόνες που λήφθηκαν από το SEM δεν διακρίνεται η ύπαρξη ενός συνεχούς πολυμερικού φιλμ, πάνω από το υπόστρωμα, όπως συνήθως συμβαίνει όταν γίνεται προστασία μιας επιφάνειας με πολυμερικές ρητίνες. Προκειμένου να ελεγχθεί η παρατήρηση αυτή χρησιμοποιήθηκε η τεχνική μ -Raman. Πιο συγκεκριμένα εξετάστηκαν διαφορετικές περιοχές των δοκιμών. Σε περιοχές όπου υπήρχαν συσσωματώματα, ανιχνεύθηκε σιλικόνη (2910 και 2970 cm^{-1} , δεσμός C-H, συμμετρικές δονήσεις τάσης). Στους ίδιους κυματ αριθμούς δεν ανιχνεύθηκαν δονήσεις, όταν στις περιοχές που εξετάστηκαν δεν υπήρχαν συσσωματώματα. Και στις

δύο περιπτώσεις ταυτοποιήθηκε ($1086, 710, 279\text{ cm}^{-1}$, δεσμός CO_3^{2-}), η ύπαρξη του ανθρακικού ασβεστίου των μαρμάρων (εικ. 2).

Επομένως, τα παραπάνω αποτελέσματα απέδειξαν ότι πράγματι στην επιφάνεια δεν υπήρχε ένα συνεχές πολυμερικό υμένιο, καθώς και ότι υπήρχαν περιοχές ακάλυπτες από πολυμερές. Αυτό είναι ενδιαφέρον συμπέρασμα, κυρίως όσον αφορά στην αντιστρεψιμότητα της επέμβασης. Είναι ευρέως γνωστό ότι τα πολυμερή απομακρύνονται πολύ δύσκολα μετά την εφαρμογή τους σε πορώδη υλικά και ότι δεν είναι δυνατή η πλήρης απομάκρυνσή τους. Αυτό αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για μία επέμβαση σε λίθο που αποτελεί τμήμα ενός μνημείου πολιτισμού, όπου κάθε επέμβαση πρέπει να είναι πλήρως αντιστρεψιμή. Στην περίπτωση της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε, αποδείχθηκε ότι το πολυμερές δεν καλύπτει όλη την επιφάνεια, αλλά μόνο τις περιοχές όπου υπάρχουν συσσωματώματα. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι π.χ. για την περίπτωση όπου έχουμε 2% νανοσωματίδια, το πολυμερές καλύπτει μόνο το 50% της επιφάνειας του μαρμάρου. Επομένως, η μείωση της επιφάνειας επαφής πολυμερούς – υποστρώματος ενισχύει την αντιστρεψιμότητα της επέμβασης προστασίας του λίθου.

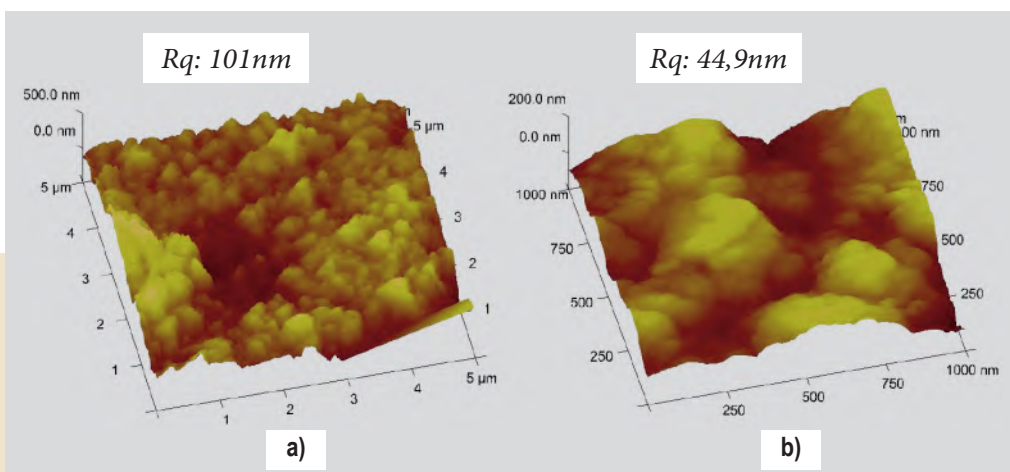
Επιπλέον, η επιφάνεια της μικροδομής εξετάστηκε με τη χρήση της Μικροσκοπίας Ατομικών Δυνάμεων (AFM) σε Tapping Mode. Αποκαλύφθηκε ότι τα νανοσωματίδια οδήγησαν στη δημιουργία δομής στην κλίμακα του νάνο ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{ m}$, νανοδομή), πάνω στην επιφάνεια της μικροδομής (εικ. 3).

Επομένως η προσθήκη των νανοσωματιδίων στο διάλυμα του πολυμερούς οδήγησε στην ανάπτυξη μικρο/νάνο δομής στην επιφάνεια των μαρμάρων.



2: Φάσμα Raman σε μάρμαρο προστατευμένο με σιλικόνη και 2% (w/v) νανοσωματίδια.

2α: Περιοχή συσσωματωμάτων, 2β: Περιοχή χωρίς συσσωματώματα.



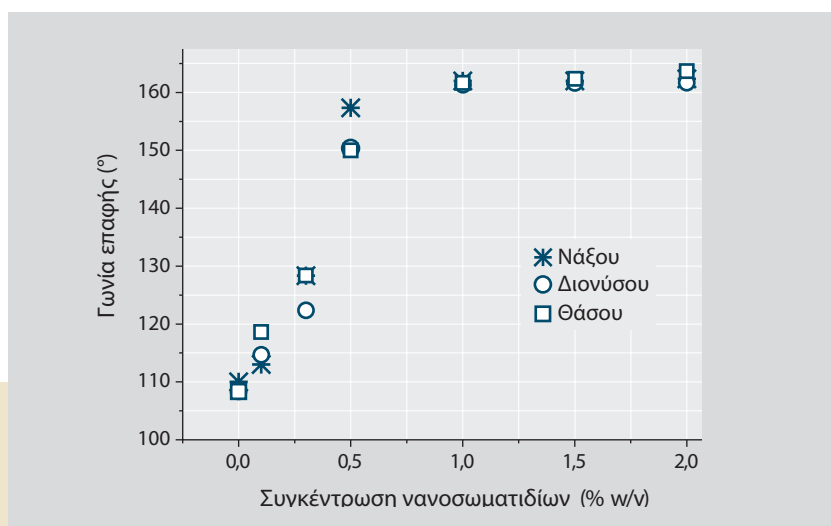
3: Εικόνες AFM της νανοδομής στην επιφάνεια της μικροδομής, που σχηματίστηκε από τη σιλικόνη και 1% (w/v) νανοσωματίδια.

3.2 Γωνία επαφής με το νερό

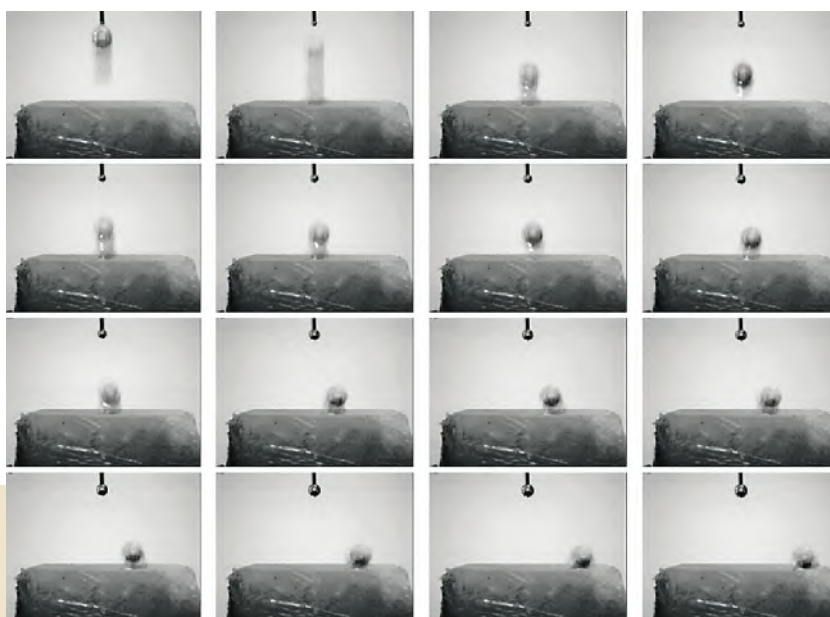
Οι μετρήσεις της γωνίας επαφής με το νερό έδειξαν σημαντική ενίσχυση της υδροφοβικότητας. Πιο συγκεκριμένα, η γωνία επαφής αυξήθηκε από 110° σε περισσότερο από 160° κάνοντας τα μάρμαρα υπέρ-υδρόφοβα (εικ. 4).

Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα, η γωνία επαφής με το νερό δεν ενισχύεται όταν η συγκέντρωση των νανοσωματιδίων ξεπεράσει το 1%. Επομένως, η συγκέντρωση αυτή είναι αρκετή για να μεγιστοποιήσει την υδροφοβικότητα. Στις περιπτώσεις αυτές οι σταγόνες αναπηδούσαν στην επιφάνεια των δοκιμών και ήταν εύκολο να απομακρυνθούν (εικ. 5).

Η ίδια μεθοδολογία εφαρμόστηκε ακόμη ως πρακτική εφαρμογή σε υποστρώματα με τελείως διαφορετικά χαρακτηριστικά. Στην περίπτωση αυτή, η συγκέντρωση των νανοσωματιδίων ήταν σταθερή, 2% (w/v).



4: Γωνία επαφής με το νερό, ως συνάρτηση της συγκέντρωσης των νανοσωματιδίων.

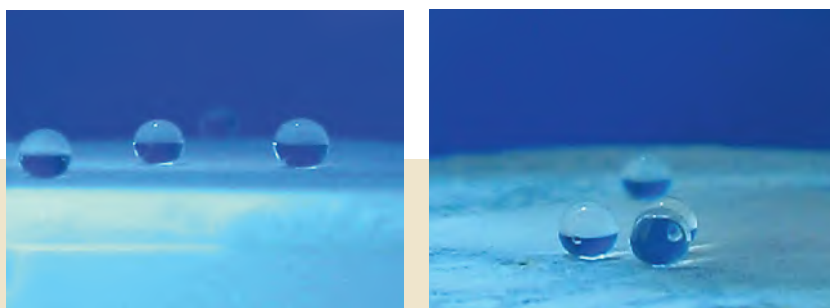


5: Διαδοχικές φωτογραφίες σταγόνας νερού η οποία αναπηδά και κυλάει πάνω σε μάρμαρο Διονύσου, καλυμμένο με σιλικόνη και 1,5% (w/v) νανοσωματίδια.

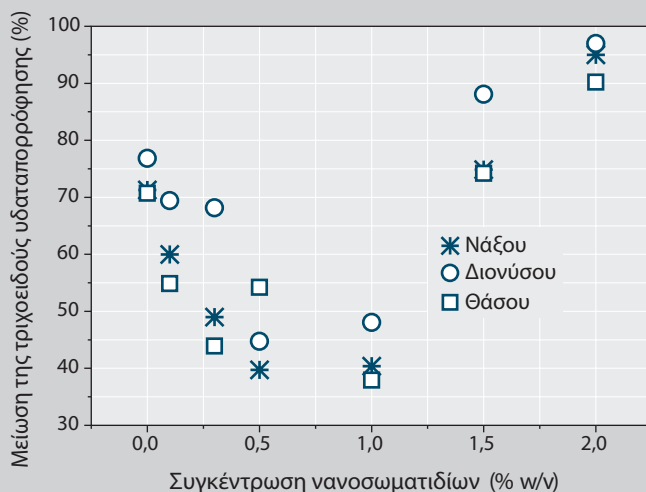
Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της γωνίας επαφής συνοψίζονται στον επόμενο πίνακα:

Γωνία επαφής με το νερό σε διαφορετικά υποστρώματα.	Υπόστρωμα	Rhodorsil		PMMA	
		Χωρίς σωματίδια	2% σωματίδια	Χωρίς σωματίδια	2% σωματίδια
	Γυαλί	95	162	80	153
	Δισκίο Si	85	164	89	153
	Τσιμέντο	130	160	132	153
	Μέταλλο	106	162	90	151
	Ύφασμα	130	162	109	152
	Ξύλο	99	160	105	151
	Μάρμαρο	108	162	108	153

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όλα τα υποστρώματα έγιναν υπέρ-υδρόφοβα. Μάλιστα, σε όλες τις περιπτώσεις η μέγιστη γωνία επαφής ήταν σταθερή και ανεξάρτητη του υποστρώματος (εικ. 6).



6: Σταγόνες νερού πάνω σε μάρμαρο (αριστερά) και τσιμέντο (δεξιά), προστατευμένο με PMMA και 2% νανοσωματίδια.



7: Μείωση της τριχοειδούς υδαταπορρόφησης ως συνάρτηση της συγκέντρωσης των νανοσωματιδίων.

3.3 Τριχοειδής υδαταπορρόφηση

Τα αποτελέσματα της τριχοειδούς υδαταπορρόφησης παρουσιάζονται στον πίνακα 7. Χωρίς την προσθήκη των νανοσωματιδίων η προστασία των δοκιμίων ήταν γύρω στο 70%. Η προσθήκη τους, σε συγκεντρώσεις έως 0,5%, προκάλεσε μείωση της προστασίας του πολυμερούς. Αυτό οφείλεται στη διακοπή της συνέχειας του πολυμερικού φιλμ και στην ύπαρξη περιοχών ακάλυπτων. Η αύξηση της συγκέντρωσης των νανοσωματιδίων οδήγησε σε μία πιο πυκνή επιφανειακή δομή, με αποτέλεσμα την αποτελεσματικότερη προστασία απέναντι στην τριχοειδή υδαταπορρόφηση. Στην περίπτωση που η συγκέντρωση των νανοσωματιδίων ήταν 2%, η μείωση της απορρόφησης ξεπέρασε το 90%, προστατεύοντας άριστα τα δοκίμια από την τριχοειδή υδαταπορρόφηση.

3.4 Διαπερατότητα σε υδρατμούς

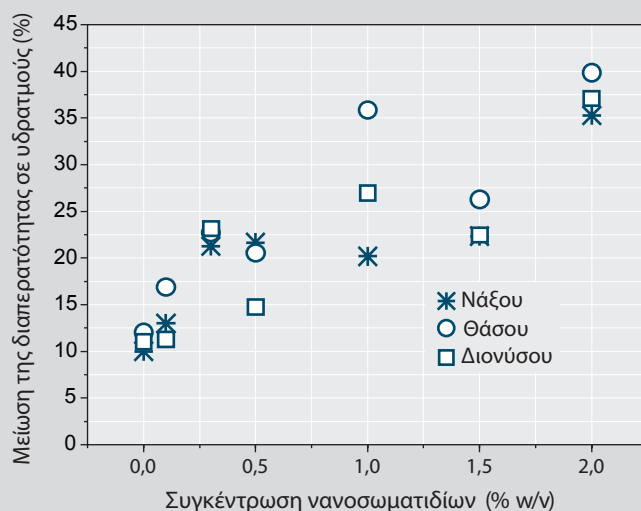
Ο σκοπός αυτών των μετρήσεων ήταν να ελεγχθεί κατά πόσο η παρουσία των νανοσωματιδίων και του πολυμερούς επηρεάζει την «αναπνοή» του λίθου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 8. Η μείωση που προκαλεί η παρουσία της σιλικόνης στην επιφάνεια των μαρμάρων, χωρίς νανοσωματίδια, ανέρχεται σε 10%. Η προσθήκη των νανοσωματιδίων οδηγεί σε μείωση της διαπερατότητας, η οποία αυξάνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης των νανοσωματιδίων. Στην περίπτωση της μέγιστης κάλυψης της επιφάνειας από τα συσσωματώματα, η μείωση της διαπερατότητας φθάνει το 40%.

3.5 Χρωματομετρία

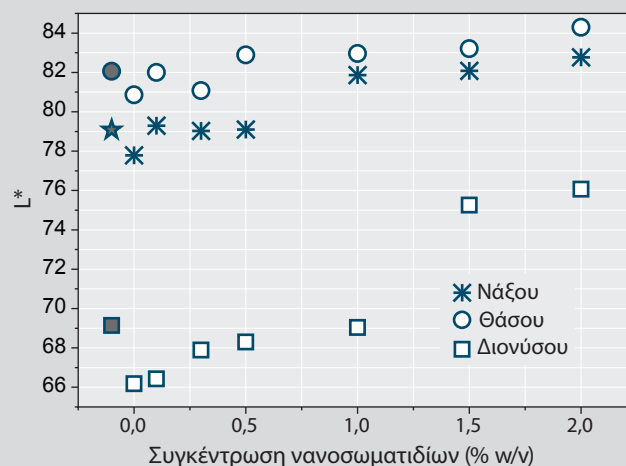
Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη εργασία, η σιλικόνη μείωσε τη φωτεινότητα των λευκών δοκιμίων.⁶ Στον πίνακα 9, τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως τιμές φωτεινότητας (L^*), πριν και μετά την

6. Manoudis κ.ά. 2007.

8: Μείωση της διαπερατότητας των υδρατμών ως συνάρτηση της συγκέντρωσης των νανοσωματιδίων.



9: Μεταβολή της φωτεινότητας (L^*) ως συνάρτηση της συγκέντρωσης των νανοσωματιδίων. Τα σύμβολα με το σκούρο γέμισμα αντιπροσωπεύουν τα δοκίμια χωρίς προστασία.



προστασία. Λόγω της υψηλής φωτεινότητας, που παρουσιάζουν τα νανοσωματίδια ($L^*=88,01$), η φωτεινότητα των δοκιμών ενισχύθηκε. Πιο συγκεκριμένα, η ολοένα και μεγαλύτερη προσθήκη νανοσωματιδίων οδήγησε τη φωτεινότητα των μαρμάρων σε τιμές που είχαν την τάση να προσεγγίσουν αυτή των νανοσωματιδίων. Στις συντεταγμένες a^* και b^* δεν παρατηρήθηκε κάποια αξιοσημείωτη μεταβολή, μετά την προστασία των δοκιμών.

4. Συμπεράσματα

Στην παρούσα μελέτη παρουσιάστηκε μια νέα μεθοδολογία για την προστασία του λίθου. Σε πολυμερικά διαλύματα έγινε προσθήκη νανοσωματιδίων, τα οποία και άλλαξαν την επιφανειακή μορφολογία των δοκιμών. Πιο συγκεκριμένα, δημιουργήθηκε μια μικρο/νάνο δομή, η οποία οδήγησε στην υπέρ-υδροφοβοποίηση των μαρμάρων, καθώς η γωνία επαφής με το νερό ξεπέρασε τις 160° . Οι σταγόνες ανα-

πηδούσαν και κυλούσαν στην επιφάνειά τους. Αποδείχθηκε ακόμη ότι το πολυμερές δεν κάλυψε όλο το δοκίμιο, αλλά συγκεντρώθηκε μόνο στις περιοχές όπου υπάρχουν συσσωματώματα, ενισχύοντας έτσι την αντιστρεψιμότητα της μεθοδολογίας. Η επιφανειακή μορφολογία και η ασυνέχεια που παρατηρήθηκε στο πολυμερικό υμένιο επηρέασαν σημαντικά και τις υπόλοιπες παραμέτρους της προστατευτικής ικανότητας που ελέγχθηκαν, όπως την τριχοειδή υδαταπορρόφηση και τη διαπερατότητα σε υδρατμούς. Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε σε διαφορετικά υποστρώματα παρουσιάζοντας εξαιρετικά αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα της επίδρασης της προσθήκης των νανοσωματιδίων στην προστασία του λίθου συνοψίζονται στον επόμενο πίνακα:

Τεστ	Επίδραση των νανοσωματιδίων	Επίδραση της προσθήκης των νανοσωματιδίων σε πολυμερικά διαλύματα στην προστασία του λίθου.
Αδιαβροχοποίηση	Θετικό	
Απορρόφηση νερού	Θετικό	
Διαπερατότητα σε υδρατμούς	Αρνητικό	
Μεταβολή του χρώματος	Χωρίς επίδραση	

Ευχαριστίες

Ερευνητικό πρόγραμμα ΠΕΝΕΔ 2003 (No. 03ΕΔ91)

Ίδρυμα Κρατικών Υποτροφιών

Προέλευση εικόνων

Αρχείο των συγγραφών

Συντομογραφίες- Βιβλιογραφία

- Alessandrini κ.ά. 2000 G. Alessandrini, M. Aglietto, V. Castelvetro, F. Ciardelli, R. Peruzzi, L. Toniolo, Comparative evaluation of fluorinated and unfluorinated acrylic copolymers as water-repellent coating materials for stone, *Journal of Applied Polymers Science* 76, 2000, 962-977
- Castelvetro κ.ά. 2002 V. Castelvetro, M. Aglietto, F. Ciardelli, O. Chiantore, M. Lazzari, L. Toniolo, Structure control, coating properties, and durability of fluorinated acrylic-based polymers, *Journal of Coatings Technology* 74, 928, 2002, 57-66.
- Ciardelli κ.ά. 1997 F. Ciardelli, M. Aglietto, Montagini di Mirabelo, E. Passaglia, S. Giancristoforo, V. Castelvetro, G. Ruggeri, New fluorinated acrylic polymers for improving weatherability of building stone materials, *Progress in Organic Coatings* 32, 1997, 43-50.
- Ciardelli κ.ά. 2000 F. Ciardelli, M. Aglietto, V. Castelvetro, O. Chiantore, L. Toniolo, Fluorinated polymeric materials for the protection of monumental buildings, *Macromolecule Symposia* 152, 2000, 211-222.
- Coulson κ.ά. 2000 S.R. Coulson, I. Woodward, J.P.S. Badyal, S.A. Brewer, C.J. Willis, Super-repellent composite fluoropolymer surfaces *Journal of Physical Chemistry B*, 104, 2000, 8836-8840.
- Della Volpe κ.ά. 2000 C. Della Volpe, A. Penati, R. Peruzzi, S. Siboni, L. Toniolo, C. Colombo, The combined effect of roughness and heterogeneity on contact angles: the case of polymer coating for stone protection, *Journal of Adhesion Science and Technology*. 14, 2000, 2, 373-399.

- Delucchi κ.ά. 2002 M. Delucchi, S. Turri, A. Barbucci, M. Bassi, S. Novelli, G. Cerisola, Fluoropolyether coatings: relationships of electrochemical impedance spectroscopy measurements, barrier properties, and polymer structure, *Journal of Polymer Science Part B.*, 40, 2002, 52-64
- Hsieh κ.ά. 2005 C. Hsieh, J.M. Chen, R.R. Kuo, T.S. Lin, C.F. Wu, Influence of surface roughness on water- and oil-repellent surfaces coated with nanoparticles, *Applied Surface Science*, 240, 2005, 318-326.
- Malshe, Nivedita, Sangaj 2005 V.C. Malshe, S. Nivedita, Sangaj, Fluorinated acrylic copolymers, Part I: Study of clear coatings, *Progress in Organic Coatings.*, 53, 2005, 207-211.
- Manoudis κ.ά. 2007 P. Manoudis, S. Papadopoulou, I. Karapanagiotis, A. Tsakalof, I. Zuburtikudis, C. Panayiotou, Polymer-silica nanoparticles composite films as protective coatings for stone-based monuments *Journal of Physics: Conference Series* 61, 2007, 1361-1365.
- Poli, Toniolo, Chiantore 2004 T. Poli, L. Toniolo, O. Chiantore, *The protection of different Italian marbles with two partially fluorinated acrylic copolymers*, *Applied Physics A*, 79, 2004, 347-351.
- Puterman, Jansen, Kober 1996 M. Puterman, B. Jansen, H. Kober, Development of organosilicone-polyurethanes as stone preservation and consolidation materials *Journal of Applied Polymer Science*, 59, 1996, 1237-1242.
- Suzuki, Takeishi, Narisawa 2000 H. Suzuki, M. Takeishi, I. Narisawa, Synthesis of polysiloxane-grafted fluoropolymers and their hydrophobic properties *Journal of Applied Polymer Science*, 78, 2000, 1955 -1963.
- Toniolo κ.ά. 2002 L. Toniolo, T. Poli, V. Castelvetro, A. Manariti, O. Chiantore, M. Lazzari, Tailoring new fluorinated acrylic copolymers as protective coatings for marble, *Journal of Cultural Heritage*, 3, 2002, 309-316.
- Tsakalof κ.ά. 2007 A. Tsakalof, P. Manoudis, I. Karapanagiotis, I. Chrysoulakis, C. Panayiotou, Assessment of synthetic polymeric coatings for the protection and preservation of stone monuments, *Journal of Cultural Heritage*, 8, 1, 2007, 69-72.
- Wagner κ.ά. 1996 T. Wagner, C. Neinhuis, W. Barthlott, Wettability and contaminability of insect wings as a function of their surface sculptures, *Acta Zoologica (Stockholm)* 77, 3, 1996, 213-225.
- Wagner κ.ά. 2003 P. Wagner, R. Furstner, W. Barthlott, C. Neinhuis, Quantitative assessment to the structural basis of water repellency in natural and technical surfaces, *Journal of Experimental Botany*, 54, 385, 2003, 1295-1303.
- Yabu κ.ά. 2005 H. Yabu, M. Takebayashi, M. Tanaka, M. Shimomura, Superhydrophobic and lipophobic properties of self-organized honeycomb and pincushion structures *Langmuir* 21, 2005, 3235-3237.
- Zhang κ.ά. 2006 L. Zhang, Z. Zhou, B. Cheng, J.M. DeSimone, E.T. Samulski, Superhydrophobic behavior of a perfluoropolyether lotus-leaf-like topography, *Langmuir* 22, 2006, 8576-8580.

Ζητήματα έκθεσης, στήριξης και αποκατάστασης γλυπτών

Αρχαιολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης

Μαρία Μερτζάνη

Εισαγωγή

Το Αρχαιολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης άνοιξε τις πύλες του στο κοινό το καλοκαίρι του 2006, μετά από 4 χρόνια ανακαίνισης. Οι νέες, μόνιμες εκθέσεις του αφηγούνται την ιστορία της Θεσσαλονίκης, και γενικότερα της Μακεδονίας, διαμέσου των αιώνων, από την προϊστορία έως και την εξέλιξή της πόλης σε πρωτεύουσα της ρωμαϊκής επαρχίας της Μακεδονίας.

Γλυπτά απαντούν σε δύο κυρίως ενότητες, τις «Μακεδονία» και «Θεσσαλονίκη, Μακεδονίας Μητρόπολις». Ένα γλυπτό υποδέχεται τον επισκέπτη στην έκθεση «Προϊστορική Μακεδονία».

Κατά την εξέταση των βασικότερων ζητημάτων αισθητικής αποκατάστασης, στήριξης και παρουσίασης των γλυπτών εκθεμάτων αυτών των μόνιμων εκθέσεων, τίθεται το ζήτημα της αναγκαιότητας μιας συνολικής στρατηγικής στη λύση των θεμάτων αυτών, με συστηματική προσέγγιση μέσω της ένταξής τους στον αρχικό σχεδιασμό της έκθεσης. Η περίπτωση του ΑΜΘ δεν είναι παρά ένα παράδειγμα του προβληματισμού που τίθεται. Υπάρχουν πολλά παραδείγματα και άλλων εκθέσεων, πιθανότατα και περισσότερο εξειδικευμένων, που αντιμετωπίζουν παρόμοια προβλήματα.

Η μελέτη αυτή έγινε με βαθιά πίστη ότι, κοιτώντας καλοπροαίρετα αλλά κριτικά ένα έργο, είναι δυνατό να μεταβούμε από το καλό στο καλύτερο και να διεκδικήσουμε το ιδεώδες. Το ιδεώδες που αύριο θα είναι απλώς καλό. Μόνο μετά από μια τέτοια διαδικασία είναι δυνατό να υπάρξει νέα εισροή ιδεών.¹

Μεθοδολογία

Τα αντικείμενα που εκτίθενται διακρίθηκαν για την ανάγκη της μελέτης αυτής σε:

- Α. Στήλες, ανάγλυφα, επιγραφές (δηλαδή επίπεδα γλυπτά, ουσιαστικά δύο διαστάσεων).

1. Η μελέτη βασίστηκε στη γραπτή αναφορά-υπόμνημα με θέμα «Προβλήματα συντήρησης, αποκατάστασης και στήριξης των γλυπτών εκθεμάτων του ΑΜΘ» που εκπόνησα και κατέθεσα ως υπάλληλος της υπηρεσίας αυτής. Σε αυτήν περιλαμβάνεται πλήρης κατάλογος όλων των περιπτώσεων. Εδώ δίνονται, συνοπτικά, χαρακτηριστικά παραδείγματα.

Β. Πορτρέτα και προτομές (τρισδιάστατα αντικείμενα, μικρών κατά κύριο λόγο διαστάσεων).

Γ. Αγάλματα, τμήματα αγαλμάτων και συμπλέγματα.

Τα ζητήματα που εξετάστηκαν είναι ο τρόπος στήριξης, η σχέση αντικειμένου / βάθρου (αναλογία, απόσταση, υλικά), η ποικιλία των τύπων των αποκαταστάσεων, αλλά και το είδος της προστασίας ορισμένων έργων.


Α. Στήλες, ανάγλυφα, επιγραφές


Α. 1. Αναλογία ύψους αντικειμένου / βάθρου


Διαπιστώνεται ότι η αναλογία ύψους αντικειμένου / βάθρου ποικίλλει ακόμα και σε αντικείμενα με παρόμοιες διαστάσεις. Η ποικιλία αυτή δεν έχει στόχο την ένταξη των γλυπτών σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο θέασης από τον επισκέπτη.


Στην Εικόνα 1 παρουσιάζονται τέσσερα παραδείγματα (χωρίς βάθρο, με αναλογία 1:1, 1:3, 1:6) αντικειμένων με ανάλογες διαστάσεις στα οποία έχουν δοθεί τέσσερις διαφορετικές λύσεις στην αναλογία ύψους αντικειμένου προς βάθρο. Το αισθητικό αποτέλεσμα αλλά και η αναγνωσιμότητα της στήλης στην κάθε περίπτωση ποικίλλει.

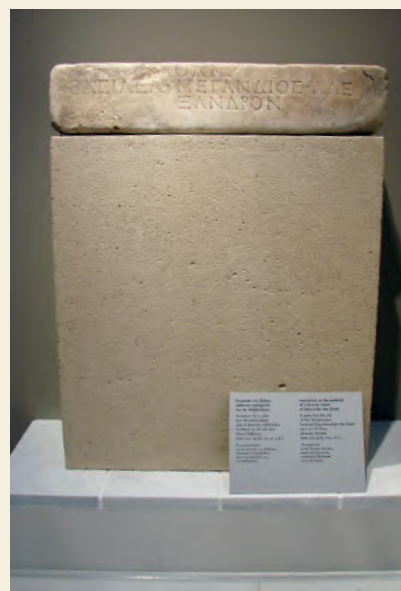
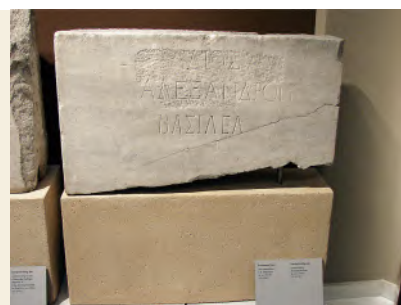
1: Αναλογία ύψους αντικειμένου / βάθρου

 Χωρίς βάθρο.

 Αναλογία ύψους αντικειμένου / βάθρου 1:1.

 Αναλογία ύψους αντικειμένου / βάθρου 1:3.

 Αναλογία ύψους αντικειμένου / βάθρου 1:6.



A. 2. Απόσταση του αντικειμένου από το βάθρο

Η απόσταση του αντικειμένου από το βάθρο, καθώς και τα υλικά που χρησιμοποιούνται για να επιτευχθεί, επηρεάζει όχι μόνο την αισθητική του αντικειμένου και την ερμηνεία του, αλλά και το ύφος της έκθεσης συνολικά. Οι λύσεις που δίνονται είναι διαφορετικές ως προς το ύφος αλλά και ως προς τα υλικά.

Στην Εικόνα 2 παρουσιάζονται τέσσερις περιπτώσεις με διαφορετική λύση αλλά και χρήση διαφορετικών υλικών. Άλλη εικόνα δημιουργεί το μεταλλινό βάθρο, άλλη το βάθρο από κονίαμα ή γύψο και άλλη ο διαχωρισμός του αντικειμένου από το βάθρο με μεταλλικά στοιχεία.



2: Απόσταση του αντικειμένου από το βάθρο



Το αντικείμενο βρίσκεται σε αρκετή απόσταση από το βάθρο. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση μεταλλικών στοιχείων.



Το αντικείμενο βρίσκεται σε απόσταση από το βάθρο. Εδώ το βάθρο και τα μεταλλικά στοιχεία είναι κατασκευασμένα από το ίδιο υλικό.



Το αντικείμενο βρίσκεται σε μικρή απόσταση από το βάθρο. Στην περίπτωση αυτή, τα μεταλλικά στοιχεία είναι λιγότερο ορατά.



Το αντικείμενο βρίσκεται πάνω σε βάθρο από γύψο.



Το αντικείμενο εκτίθεται χωρίς βάθρο, αλλά πάνω σε μια σχηματική συμπλήρωση από κονίαμα.

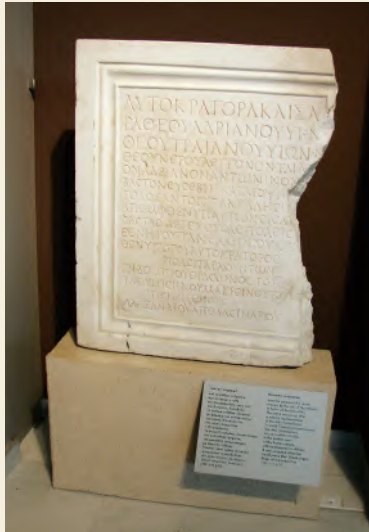
A. 3. Διαστάσεις ελλιπούς αντικειμένου / βάθρου

Ορισμένα αντικείμενα σώζονται αποσπασματικά αλλά το αρχικό τους μέγεθος μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια. Σε αυτές τις περιπτώσεις παρατηρείται ότι το βάθρο παρακολουθεί τις σωζόμενες και όχι τις αρχικές διαστάσεις του αντικειμένου.

Στην Εικόνα 3 παρουσιάζονται τρεις περιπτώσεις βάθρων όπου δεν έχουν υπολογιστεί οι αρχικές διαστάσεις των αντικειμένων.



Το βάθρο έχει πλάτος οριακά μεγαλύτερο αυτού που θα είχε το αντικείμενο εάν σωζόταν ολόκληρο. Το πλάτος του κατώτερου μέρους θα μπορούσε να υπολογιστεί με ασφάλεια.



Το βάθρο έχει υπολογιστεί με βάση το σωζόμενο και όχι το αρχικό πλάτος του αντικειμένου. Και σε αυτή την περίπτωση το αρχικό πλάτος θα μπορούσε να υπολογιστεί.



Το βάθρο έχει πλάτος μικρότερο αυτού που θα είχε το αντικείμενο εάν σωζόταν ολόκληρο. Το πλάτος του κατώτερου μέρους θα μπορούσε να υπολογιστεί με ασφάλεια.

3: Διαστάσεις ελλιπούς αντικειμένου / βάθρου

A. 4. Πλάτος και περίμετρος αντικειμένου / βάθρου

Διαπιστώνεται ότι το πλάτος ή η περίμετρος του βάθρου μπορεί να είναι από αρκετά μεγαλύτερα από του αντικειμένου έως και αρκετά μικρότερα, σε όλες τις δυνατές παραλλαγές.

Στην Εικόνα 4 παρουσιάζονται τρεις περιπτώσεις με διαφορετική προσέγγιση στην αναλογία πλάτους ή περιμέτρου του αντικειμένου προς το πλάτος ή την περίμετρο του βάθρου.

4: Πλάτος και περίμετρος αντικειμένου / βάθρου



Η περίμετρος του βάθρου ακολουθεί αυτή του αντικειμένου

Το πλάτος αλλά και η περίμετρος του βάθρου είναι αρκετά μεγαλύτερα από του αντικειμένου



Το πλάτος του βάθρου είναι μικρότερο αυτού του αντικειμένου

A. 5. Συμπλήρωση ή μη του αντικειμένου, καθώς και συστηματοποίηση της συμπλήρωσης ως προς τα υλικά, την υφή και το χρώμα

Παρατηρείται ότι δεν υπάρχει στρατηγική ως προς τη συμπλήρωση ή μη των αντικειμένων. Όπου υπάρχει συμπλήρωση απουσιάζει η συστηματοποίηση των συμπληρώσεων, ως προς τα υλικά, την έκταση κάθε επέμβασης και, κυρίως, το ύφος της (εικ. 5).



Το αντικείμενο βρίσκεται σε απόσταση από το βάθρο. Ο τρόπος έκθεσης υπαγορεύεται από το σχήμα του αντικειμένου. Χωρίς συμπλήρωση.



Το κενό έχει συμπληρωθεί με κονίαμα.



Η συμπλήρωση έχει και το ρόλο της αποκατάστασης της αρχικής μορφής του αντικειμένου. Η συμπλήρωση έχει γίνει με γύψο και η επιφάνεια είναι εσκεμμένα αδρή.



Η συμπλήρωση κρύβει το μεταλλικό στοιχείο σύνδεσης και ακολουθεί το περίγραμμα του αντικειμένου. Είναι κατασκευασμένη από γύψο, η επιφάνεια είναι λειασμένη και το χρώμα είναι ανάλογο αυτού του αντικειμένου.



Η συμπλήρωση εδώ απλώς κρύβει το μεταλλικό στοιχείο σύνδεσης του αντικειμένου με το βάθρο. Είναι κατασκευασμένη πρόχειρα από αδρό κονίαμα.



Η συμπλήρωση έχει και ρόλο αποκατάστασης. Ουσιαστικά όμως δεν αποδίδει την αρχική μορφή ή τις διαστάσεις του αντικειμένου. Είναι κατασκευασμένη από γύψο, με αρκετά επεξεργασμένη επιφάνεια και χρώμα ανάλογο αυτού του αντικειμένου.

5: Συμπληρώσεις αντικειμένων

A. 6. Προστασία των όψεων

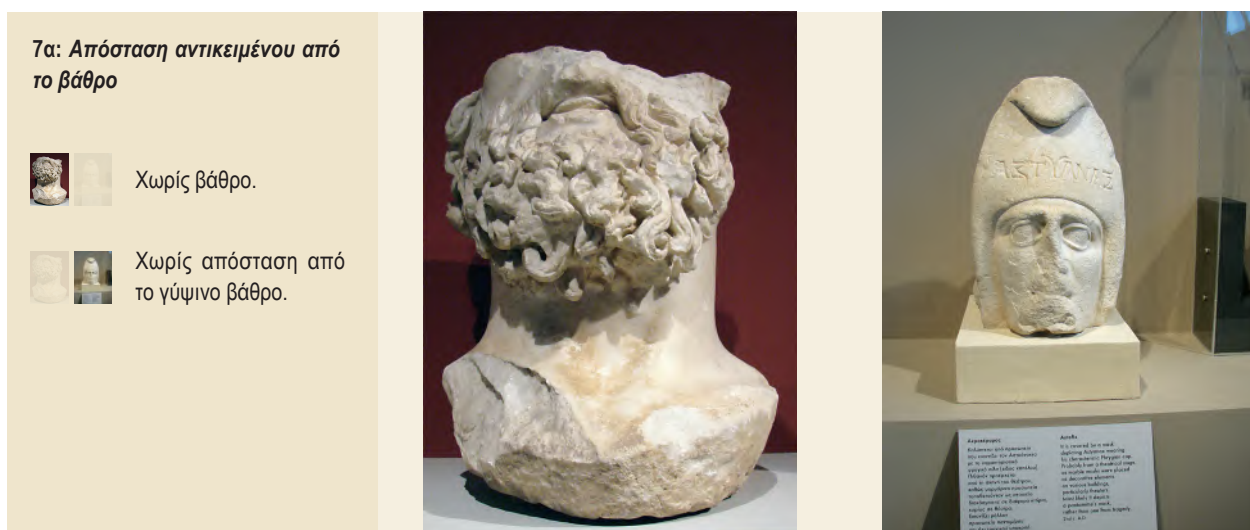
Σε δύο περιπτώσεις αντικειμένων που σώζουν χρώμα τοποθετήθηκε πολυκαρβονικό φύλλο για την προστασία των όψεων. Παρατηρείται και σε αυτή την περίπτωση ποικιλία ως προς το μέγεθος του φύλλου και τον σχεδιασμό, άρα και το αισθητικό αποτέλεσμα (εικ. 6).



B. Πορτρέτα και προτομές

B. 1. Απόσταση αντικειμένου από το βάθρο

Παρατηρείται και πάλι ποικιλία στην απόσταση αντικειμένου από το βάθρο, όπως και στην πρώτη ομάδα (εικ. 7).





7β: Απόσταση αντικειμένου από το βάθρο



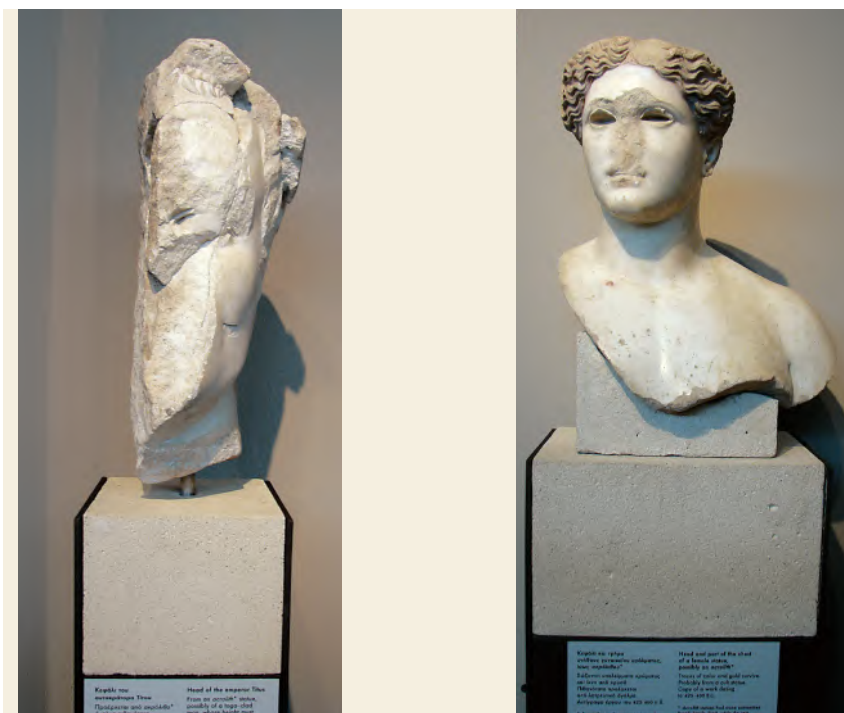
Το αντικείμενο σχεδόν βυθίζεται στο βάθρο από κονιάμα.



Το κεφάλι βρίσκεται σε αρκετή απόσταση από το βάθρο. Το μεταλλικό στήριγμα είναι ορατό.

Β. 2. Διαστάσεις ελλιπούς αντικειμένου / βάθρου

Παρουσιάζονται περιπτώσεις όπου οι διαστάσεις του βάθρου δεν έχουν υπολογιστεί βάσει των αρχικών διαστάσεων του γλυπτού (εικ. 8). Σε αυτή την ομάδα αντικειμένων ο υπολογισμός των αρχικών διαστάσεων του γλυπτού μπορεί να αποτελεί πολύπλοκο ζήτημα. Απαιτείται εκτενής μελέτη ώστε να υπάρξει ικανοποιητικό αποτέλεσμα.



8: Διαστάσεις ελλιπούς αντικειμένου / βάθρου



Οι αρχικές διαστάσεις του αντικειμένου δεν έχουν υπολογιστεί. Ο τρόπος έκθεσης δυσχεραίνει την κατανόηση του γλυπτού.



Οι αρχικές διαστάσεις του αντικειμένου δεν έχουν ληφθεί υπόψη στο σχεδιασμό του βάθρου.

Β. 3. Συστηματοποίηση των βάθρων ως προς τα υλικά

Παρατηρείται μεγάλη ποικιλία υλικών για τη δημιουργία βάθρων (εικ. 9).



Β. 4. Συστηματοποίηση των βάθρων ως προς τον αριθμό

Παρατηρείται ποικιλία ως προς τον αριθμό των βάθρων (εικ. 10). Θα πρέπει να τονιστεί ότι η ποικιλία είτε βάθρων, είτε υλικών (κ.ά) δεν είναι απαραίτητα εσφαλμένη. Η ένταξη ποικίλων βάθρων στο σχεδιασμό, ωστόσο, θα μπορούσε να είναι στοιχείο που έχει χρησιμοποιηθεί με συγκεκριμένο στόχο, αντί να έχει προκύψει τυχαία.



Β. 5. Συστηματοποίηση των βάθρων ως προς τα υλικά και τις αναλογίες

Παρατηρείται μεγάλη ποικιλία στα υλικά που χρησιμοποιούνται στα βάθρα και υπόβαθρα ακόμα και σε γλυπτά της ίδιας ενότητας μιας έκθεσης (εικ. 11).



11: Συστηματοποίηση των βάθρων και υποβάθρων ως προς τα υλικά και τις αναλογίες



Βάθρο από κονίαμα.



Βάθρο από κονίαμα σε μεταλλικά στηρίγματα.



Βάθρο από κονίαμα σε υπόβαθρο από συνεχές μεταλλικό φύλλο.

Γ. Αγάλματα, τμήματα αγαλμάτων και συμπλέγματα

Ως προς την τρίτη αυτή ομάδα γλυπτών τα ζητήματα που τίθενται μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες:

Γ.1 Προβλήματα με τα βάθρα και τη στήριξη (ανάλογα αυτών που παρατηρούνται στις στήλες και τις προτομές):

Γ.1.1. Αναλογία ύψους αντικειμένου / βάθρου

Παρατηρείται και πάλι μια ποικιλία στην αναλογία ύψους αντικειμένου / βάθρου. Αυτή η ποικιλία, δεν έχει στόχο την ένταξη του γλυπτού σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο, ώστε να διευκολύνεται η παρατήρηση από τον επισκέπτη, ούτε συναρτάται με την ύπαρξη άλλου φορέα στον εκθεσιακό χώρο, εάν δηλαδή το γλυπτό είναι τοποθετημένο στο δάπεδο, ή πάνω σε ξύλινη ή άλλη πλατφόρμα (εικ. 12).



12α: Αναλογία ύψους αντικειμένου / βάθρου



Αναλογία 6:1.



Αναλογία 3:1.

12α: Αναλογία ύψους αντικειμένου / βάθρου



Αναλογία 3:4.



Αναλογία 1:1.



Γ.1.2. Συστηματοποίηση των βάθρων ως προς τον αριθμό

Παρατηρείται και πάλι μια ποικιλία στην ύπαρξη και τον αριθμό των βάθρων (εικ. 13).

13: Συστηματοποίηση των βάθρων ως προς τον αριθμό



Χωρίς βάθρο.



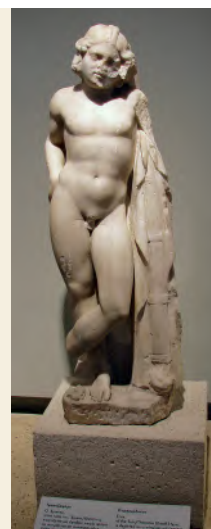
Σε ένα βάθρο.



Σε δύο βάθρα.



Σε τρία βάθρα.



Γ.2. Προβλήματα αποκατάστασης και στήριξης

Γ.2.1. Τύποι αποκατάστασης

Τα προβλήματα αποκατάστασης, που παρατηρούνται, είναι αρκετά πιο σύνθετα σε σχέση με τις άλλες κατηγορίες που εξετάστηκαν, αφού επηρεάζουν άμεσα την αισθητική θεώρηση ενός έργου τέχνης. Οι επιλογές εδώ είναι (εικ. 14):

- ♦ Χωρίς συμπλήρωση. Το τμήμα που λείπει αφήνεται κενό.
- ♦ Πλαστική συμπλήρωση. Το τμήμα που λείπει συμπληρώνεται με γύψο ακολουθώντας το σχήμα του γλυπτού. Η επιφάνεια της γύψου λειαίνεται και χρωματίζεται ανάλογα. Αρκετές πλαστικές συμπληρώσεις παρατηρούνται στις βάσεις των γλυπτών.



14: Τύποι αποκατάστασης



Χωρίς συμπλήρωση.



Με πλαστική συμπλήρωση.

Γ.2.2. Τύποι στήριξης-αποκατάστασης

Παρατηρούνται πολλές περιπτώσεις όπου η στήριξη παίζει και ρόλο αποκατάστασης. Σε αυτές τις περιπτώσεις απαντούν πολλές παραλλαγές. Υπάρχει σχηματική συμπλήρωση όπου το μεταλλικό στήριγμα είτε αφήνεται ορατό, είτε καλύπτεται σχηματικά με γύψο ή κονίαμα. Αυτό βελτιώνει τη στήριξη του γλυπτού και περιορίζει την ταλάντωση. Δημιουργεί, όμως, προβλήματα αισθητικής και ερμηνείας του γλυπτού έργου. Ανάμεσα στους δύο αυτούς τύπους απαντούν και ενδιαμεσοί τύποι - παραλλαγές, όπου για παράδειγμα τα γλυπτά στοιχεία αφήνονται κενά και τα μεταλλικά στηρίγματα τοποθετούνται σε δευτερεύοντα μέρη του γλυπτού στο πίσω μέρος (εικ. 15).

15: Τύποι αποκατάστασης



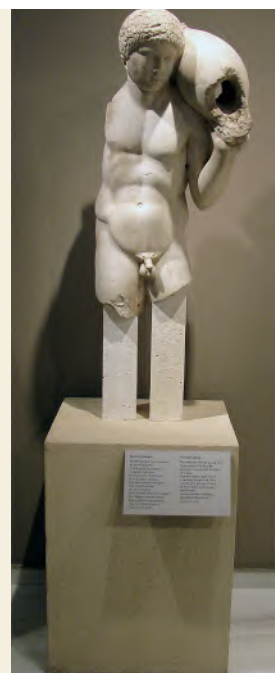
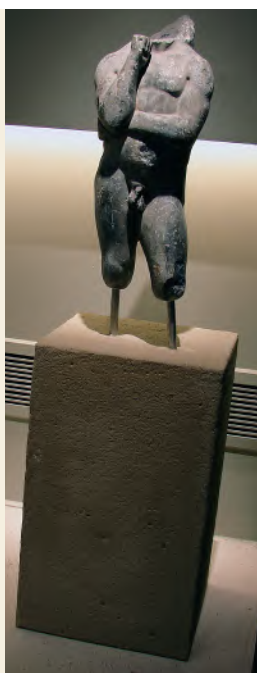
Σχηματική συμπλήρωση. Το μεταλλικό στήριγμα αφήνεται ορατό.



Τα μεταλλικά στηρίγματα τοποθετούνται σε δεύτερο επίπεδο, στο πίσω μέρος του γλυπτού.



Σχηματική συμπλήρωση. Τα μεταλλικά στηρίγματα καλύπτονται με κονίαμα.



Γ.2.3. Στήριξη και αναλογίες

Σε κάποια γλυπτά η σχηματική συμπλήρωση τηρεί τις αναλογίες του έργου, σε άλλες περιπτώσεις όμως όχι. Το γεγονός αυτό δημιουργεί σύγχυση στον επισκέπτη αλλά και παρεμβαίνει στην τελική εικόνα του εκθέματος (εικ. 16).

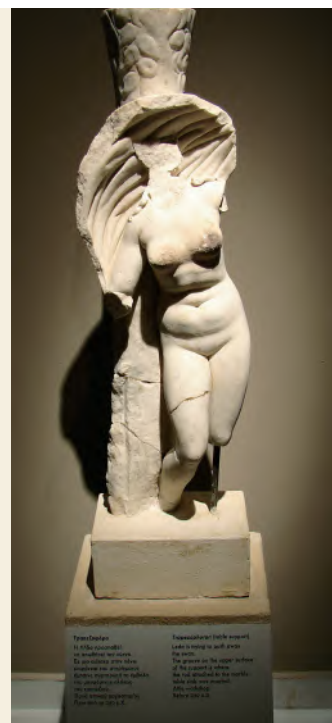
16α: Στήριξη και αναλογίες

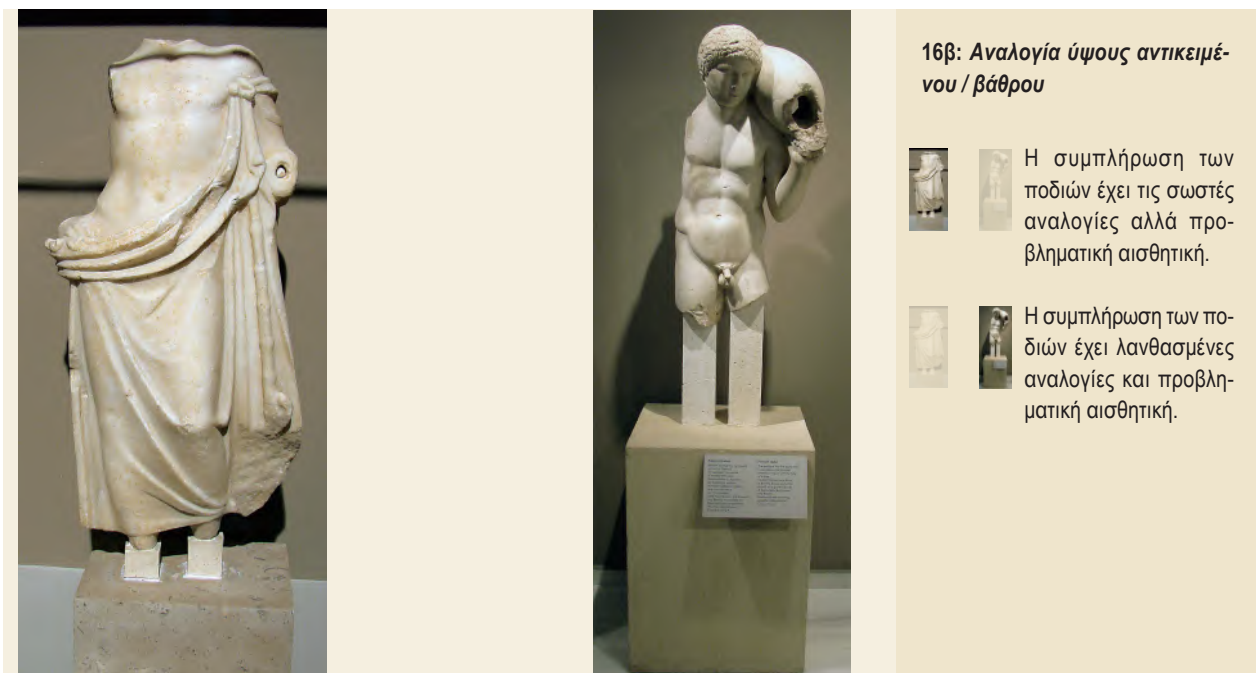


Αν σώζονταν τα πόδια της μορφής θα ήταν βυθισμένα στο κονίαμα του βάθρου.



Η συμπλήρωση έχει λανθασμένες αναλογίες.





Το γλυπτό ΜΘ 23766

Μικρό χρονικό διάστημα πριν τα εγκαίνια προέκυψε το ζήτημα του τρόπου στήριξης του μοναδικού γλυπτού της ενότητας της προϊστορίας.² Πρόκειται για ένα ιδιαίτερο γλυπτό (εικ. 17), η κατάσταση διατήρησης του οποίου επέβαλε μη παραδοσιακό τρόπο στήριξης, καθώς δεν επέτρεπε το τρύπημά του.

Για το σχεδιασμό και την υλοποίηση της στήριξης του γλυπτού αυτού συνεργάστηκαν όλα τα εμπλεκόμενα τμήματα. Το γλυπτό συγκρατήθηκε μηχανικά με δύο μετάλλινα στηρίγματα στο κατώτερο, καθώς και δύο στο ανώτερο, μέρος του, πάνω σε βάθρο από κονίαμα. Το σύνολο στηρίχθηκε σε ένα μεταλλικό φορέα με υπόβαθρο πάνελ όμοια με της επένδυσης των προθηκών της έκθεσης της Προϊστορίας (εικ. 18). Ο σχεδιασμός έγινε από τον αρχιτέκτονα Ν. Χατζηδάκη, με τη συνδρομή της υπεύθυνης αρχαιολόγου Λ. Στεφανή και του Τμήματος Συντήρησης. Η υλοποίηση έγινε από την ομάδα της συντήρησης λίθου του ΑΜΘ.

Το γεγονός ότι πρόκειται για ένα και μόνο γλυπτό διευκόλυνε την ένταξή του στο σύνολο της έκθεσης, τουλάχιστον ως προς το ύψος και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν. Η στήριξη αυτή είναι απολύτως αντιστρεπτή.

2. Σήμερα το γλυπτό έχει μετακινηθεί στη δεύτερη είσοδο της έκθεσης.



17: Το γλυπτό ΜΘ 23766, όπως υποδέχεται τον επισκέπτη στην είσοδο της ενότητας Προϊστορία της Μακεδονίας



Τα μετάλλινα στηρίγματα στο κατώτερο μέρος του γλυπτού και το βάθρο από κονίαμα.



Τα μετάλλινα στηρίγματα στο ανώτερο τμήμα του γλυπτού.

18: Η στήριξη του προϊστορικού γλυπτού

Διαπιστώσεις

Η αισθητική αποκατάσταση, οι μέθοδοι στήριξης και έκθεσης των γλυπτών έχουν μέχρι τώρα αντιμετωπιστεί κατά περίπτωση, ανάλογα με τη χρονική στιγμή της επέμβασης, το προσωπικό και τα διαθέσιμα υλικά. Οι περισσότερες από τις στηρίξεις έγιναν πριν από πολλά χρόνια και πριν αρχίσει ο σχεδιασμός της παρούσας έκθεσης. Παρόλα αυτά διαπιστώνεται ότι υπήρξε μια τάση για ενιαία αντιμετώπιση ορισμένων ζητημάτων. Έτσι, έχουμε κοινό τρόπο στήριξης, αν και παραδοσιακό.

Γίνεται χρήση ενός τύπου κονιάματος για μεγάλο αριθμό βάθρων. Όπου έχει χρησιμοποιηθεί μέταλλο, πρόκειται για ένα κοινό τύπο και χρώμα. Όλα αυτά τα στοιχεία συνθέτουν μια αξιόλογη προσπάθεια, η οποία, ωστόσο, δεν θα μπορούσε να είναι καλύτερη υπό τις δεδομένες συνθήκες.

Είναι, όμως, φανερό ότι απουσιάζει μια συνολική στρατηγική στην αντιμετώπιση και λύση των ζητημάτων που θα είχαν τεθεί αν υπήρχε συστηματική προσέγγιση. Τέλος, στην περίπτωση όπου υπήρξε συλλογική εργασία και λεπτομερής σχεδιασμός, το αποτέλεσμα εντάχθηκε με επιτυχία στο σύνολο.

Συμπεράσματα

Η ένταξη των εργασιών αυτών στον αρχικό σχεδιασμό:

- ♦ Θα διευκόλυνε και θα επιτάχυνε το έργο των συντηρητών.
- ♦ Θα διευκόλυνε τον επισκέπτη στην κατανόηση των εκθεμάτων.
- ♦ Θα βελτιστοποιούσε το αισθητικό αποτέλεσμα του συνόλου της έκθεσης.

Ως εκ τούτου, θεωρείται ότι η συμμετοχή των συντηρητών στην ομάδα σχεδιασμού μιας έκθεσης είναι απαραίτητη σε όλα τα στάδια. Η στρατηγική αντιμετώπιση της συντήρησης των αντικειμένων μιας έκθεσης έχει μόνο να προσθέσει στο συνολικό ύφος της.

Προτάσεις

Η αντιστροφή ορισμένων επεμβάσεων σε αυτή τη χρονική περίοδο είναι σε άλλες περιπτώσεις εξαιρετικά δυσχερές, σε άλλες εφικτή και σε ορισμένες επιβεβλημένη. Ωστόσο υπάρχει τρόπος βελτίωσης αρκετών ζητημάτων, από αυτά που αναφέρθηκαν, με ένα πλάνο εργασιών σε ένα εύρος χρόνου. Το Αρχαιολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης έχει τα μέσα, το προσωπικό και, κυρίως, το όραμα για να το πραγματοποιήσει.

Η αξιοποίηση της εμπειρίας αυτής θα μπορούσε να είναι δυνατή στο σχεδιασμό μελλοντικών εκθέσεων και όχι μόνο όσον αφορά στα γλυπτά.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως την προϊσταμένη του ΑΜΘ Πολυξένη Αδάμ-Βελένη, την υπεύθυνη για θέματα συντήρησης αρχαιολόγο Δέσποινα Ιγνατιάδου και τη συνάδελφο Ανδρονίκη Καπιζιώνη, η βοήθεια και η στήριξη των οποίων ήταν για μένα καταλυτική. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τους συναδέλφους Βάσω Μιχαλοπούλου, Σόνια Αθανασιάδου και Δημήτρη Καρολίδη, καθώς και τους Δημήτρη Δημητριάδη, Χρήστο Πλιάκο, και Στέλιο Καραμπίκα για τη συνεργασία. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την προϊσταμένη μου Νικολέτα Διβάρη-Βαλάκου για την άδεια απουσίας, ώστε να συμμετάσχω στην ημερίδα αυτή.

Προέλευση εικόνων

Αρχείο Αρχαιολογικού Μουσείου Θεσσαλονίκης, ΥΠΠΟ

Επιλεγμένη βιβλιογραφία

- J. C. Podany, Advances in the reassembly of large stone sculpture at the J. Paul Getty Museum, (J. Black, comp.) *Recent Advances in the Conservation and Analysis of Artifacts*, London 1987.
- N. Stolow, *Conservation and Exhibitions. Packing, transport, storage and environmental considerations*, London 1987.
- Θ. Σκουλικίδης, *Διάβρωση και συντήρηση των δομικών υλικών των μνημείων*, Ηράκλειο 2000.

Για την πολυχρωμία στην αρχαία Ελληνική αρχιτεκτονική και γλυπτική

Μεταξύ πραγματικότητας και οραματισμού

Χαρίκλεια Μπρεκουλάκη

Με δέος και απορία θα κοίταζαν οι ευρωπαίοι φιλότεχνοι και επαΐοντες του 19ου αι. τα παρθενώνια γλυπτά στο Βρετανικό Μουσείο, εκτεθειμένα στο ύψος του βλέματος, και τα εναέτια του ναού της Αφαίας στη γλυπτοθήκη του Μονάχου, προδιαγράφοντας μια άλλη ιστορία για την αρχαία Ελληνική αρχιτεκτονική και πλαστική, βασισμένη ως τότε σε λιγοστά ελληνιστικά πρωτότυπα και σε αμέτρητα ρωμαϊκά αντίγραφα.¹ Η λευκότητα των μαρμάρων, ως παγιωμένη αισθητική αξία χάριν της εμμονής του Winckelmann,² ο οποίος δε γνώρισε την ελληνική πλαστική παρά μόνο μέσω ρωμαϊκών αντιγράφων, ή της εγγελιανής «ιδεαλιστικής» αισθητικής, για την οποία η διαφάνεια και η λευκότητα του μαρμάρου αποτελούσαν *ad hoc* το εφελτήριο του βλέματος,³ έμοιαζε παρωχημένη πλέον αντίληψη, μετά τις συστηματικές τεκμηριώσεις χρωματικών καταλοίπων στους ελληνικούς ναούς και τα γλυπτά τους, που είχαν αρχίσει να έρχονται στο φως ήδη από το δεύτερο μισό του 18ου αι. Μολονότι οι διαμάχες μεταξύ αρχαιολόγων και αρχιτεκτόνων θα συνεχίζονταν και μέχρι το τέλος του 19ου αι., όσον αφορά στην αποκατάσταση της χαμένης πολυχρωμίας, ή καλύτερα στην «επαναφορά στην πρωταρχική της κατάσταση», για να μεταφράσουμε ακριβέστερα την πρόθεση που ενείχε η λέξη *restoration* στο συγκεκριμένο ιστορικό πλαίσιο, ήταν γεγονός ότι οι αρχαίοι Έλληνες χρωμάτιζαν τα αγάλματά τους και μέρη των ναών τους. Τα «γραπτά ανδρεία» των αρχαίων πηγών αποτελούσαν πλέον απτό τεκμήριο. Το ζήτημα ήταν σε τι έκταση και ένταση εφαρμοζόταν αυτή η πολυχρωμία. Ποιες ήταν οι κλίμακες και οι αρμονίες της. Κι εδώ, η φαντασία καλούνταν να βοηθήσει τη διάνοια να καλύψει την απόσταση που χώριζε τα ερείπια, τα απομεινάρια, από την πραγματικότητα της αρχαιότητας. Οι υποστηρικτές μιας «καθολικής πολυχρωμίας», η οποία θα κάλυπτε εντελώς τις επιφάνειες των γλυπτών και των αρχιτεκτονικών μελών με λαμπερά χρώματα, ερ-

1. Billot 1982.

2. Winckelmann 1802-1803.

3. Hegel 1953.

χόταν σε αντιπαράθεση με την ιδέα μιας πιο περιορισμένης κλίμακας αμβλυμένων εντάσεων, ενώ κάποιοι άλλοι θεωρούσαν ως πιο πιθανή τη διχρωμία κόκκινο-κυανό, ίσως εξαιτίας της καλύτερης διατήρησης των συγκεκριμένων χρωστικών που την παρήγαν.⁴

Η εξέταση των μαρμάρινων επιφανειών των ναών από ικρίωματα, προνόμιο μιας ομάδας βρετανών αρχαιοδιφών, της περίφημης *Society of Dilettanti*, επεφύλασσε τις πρώτες αξιόπιστες, αν και σχετικά περιορισμένες, παρατηρήσεις για υπολείμματα πολυχρωμίας σε αρχιτεκτονικά μέλη.⁵ Γύρω στο 1780, μετά την επιστροφή τους από την Ελλάδα, οι Stuart, Revett, Pars και Chandler γνώριζαν τουλάχιστον τρία αθηναϊκά οικοδομήματα του 5ου αι. π.Χ. - τα Προπύλαια (εικ. 1), το Θησείο (εικ. 2) και το μικρό ναό του Ιλισσού - στα οποία σαφώς αποδεικνυόταν η εφαρμογή χρωμάτων, την οποία και θα επιβεβαίωναν τα προπύλαια και το τελεστήριο της Ελευσίνας.⁶ Οι Γάλλοι με τη σειρά τους θα περιέγραφαν αναλυτικά τα κατάλοιπα χρωμάτων στη ζωφόρο του Παρθενώνα, σωζόμενα μέχρι και πριν τον καθαρισμό τους. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Millin το 1803⁷ το βάθος της ζωφόρου ήταν κυανό, ενώ τα άλογα και ορισμένα σημεία των ανδρικών κορμών διατηρούσαν χρύσωμα (εικ. 3). Ο Fauvel διέκρινε επιπλέον κι ένα πράσινο χρώμα στους πετάσους των νέων ανδρών,⁸ τονίζοντας ότι κάθε αντικείμενο στα ανάγλυφα του Παρθενώνα και του Θησείου παρουσίαζε τη δική του απόχρωση, αποδίδοντας έτσι δίκιο στον Πανσανία, ο οποίος περιέγραφε τα ανάγλυφα σαν να ήταν ζωγραφικοί πίνακες. Ωστόσο, τα πιο εντυπωσιακά ευρήματα αρχαίας πολυχρωμίας θα έρχονταν στο φως μόλις μερικά χρόνια μετά, με την αποκά-

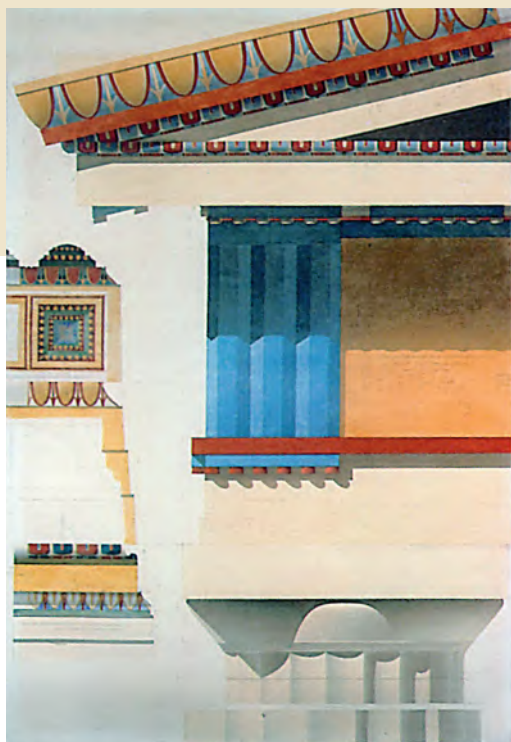
4. Για διάφορες προτάσεις αποκαταστάσεων βλ. Billot 1982. Prater 2004.

5. Chandler 1776.

6. Stuart, Revett 1762-1816. Stuart, Revett 1817.

7. Millin 1803, 48.

8. Legrand 1897.



1: Προπύλαια, ανατολικό αέτωμα, χρωματική αποκατάσταση από τον L. F. Boitte.

2: Θησείο, κύρια όψη, χρωματική αποκατάσταση από τον L.-J. André.





3: Παρθενώνας, δυτική ζωφόρος, χρωματική απο κατάσταση από τον L. Fenger (1886)

λυψη, το 1811, του μεγάλου αρχαϊκού ναού της Αφαίας στην Αίγινα από τους Haller von Hallerstein, Foster, Cockerell και Linck.⁹ Όπως επισημαίνει ο Cockerell, “Ο ναός της Αίγινας μας παρέχει ένα πολύ εντυπωσιακό και πολύ πρώιμο δείγμα μιας πρακτικής που επικρατούσε στους Έλληνες, αυτής του να χρωματίζουν τα γλυπτά τους... Το βάθος του τυμπάνου ήταν ζωγραφισμένο κυανό ώστε να εξαίρονται πάνω του τα αγάλματα, που διατηρούσαν ακόμη χρώματα σε εκτενείς περιοχές, καθώς τα σηκώναμε από το έδαφος”.¹⁰ Όταν, στα τέλη του ίδιου αιώνα, ήρθαν στο φως οι πώρινες αετωματικές συνθέσεις της Ακρόπολης, από το στρώμα της περσικής καταστροφής,¹¹ με την εξαιρετική διατήρηση της πολυχρωμίας τους, απλώς επιβεβαίωσαν την πρακτική της αρχαίας πολυχρωμίας (εικ. 4).

Για δεκαετίες μετά, μέχρι και το ξέσπασμα του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου, θα συνεχίζονταν οι λεπτομερείς καταγραφές κάθε ίχνους χρώματος που θα εντοπιζόταν επάνω σε λίθινες επιφάνειες και θα εκπονούνταν με ακρίβεια σειρές υδατογραφιών, από τις οποίες ίσως οι πιο χαρακτηριστικές είναι αυτές της οικογένειας Ελβετών ζωγράφων Gillieron, που εγκαταστάθηκαν στην Ελλάδα. Παράλληλα όμως, ήδη από τις αρχές του αιώνα, είχαν αρχίσει και οι πρώτες προσπάθειες για μια πιο «επιστημονική» προσέγγιση της αρχαίας πολυχρωμίας. Ο Lermann επιχείρησε μια πρώτη σειρά αναλύσεων σε

9. Cockerell 1860.

10. Cockerell 1819.

11. Heberdey 1919. Boardman 1978, 188-199. Για έγχρωμες φωτογραφίες βλ. Τριάντη 1998, εικ. 9-31.



4: Ακρόπολη, πώρινο σύμπλεγμα από το δυτικό αέτωμα του Εκατόμπεδου. Ο τρισώματος δαίμονας.

χρωστικές από Κόρες της Ακρόπολης, ενώ ο Furtwängler και ο Coste-Messelière επεσήμαναν την ανάγκη πιο εμπεριστατωμένων τεχνικών φωτογραφικής τεκμηρίωσης για τα γλυπτά της Αίγινας και τα ανάγλυφα του θησαυρού των Σιφνίων στους Δελφούς, αντίστοιχα.¹²

Οι πρώτες συστηματικές μέθοδοι φωτογραφικών τεχνικών με υπεριώδη ακτινοβολία εφαρμόστηκαν σε αντικείμενα από τη γλυπτοθήκη του Μονάχου. Μια ομάδα με επικεφαλής τον καθηγητή αρχαιολογίας V. von Graeve επρόκειτο να εξελίξει τη συγκεκριμένη τεχνική, μειώνοντας αισθητά τον απαιτούμενο χρόνο έκθεσης, στα γλυπτά της Αφαιάς και την περίφημη σαρκοφάγο του Αλεξάνδρου, η οποία διατηρεί ίσως την εκτενέστερη πολυχρωμία αναγλύφου της ελληνικής αρχαιότητας¹³ (εικ.5). Οι έρευνες στο συγκεκριμένο πεδίο συνεχίζονται μέχρι σήμερα από τον, μαθητή του V. von Graeve, V. Brinkmann (και την ομάδα του), ο οποίος με συστηματική χρήση πλάγιου φωτισμού, φθορισμού και υπεριώδους ακτινοβολίας κατάφερε να καταγράψει ίχνη ζωγραφικών στρωμάτων σε μεγάλο αριθμό αγαλμάτων της αρχαϊκής και κλασικής εποχής και να αναγνωρίσει στοιχεία σχεδίου, σε επιφάνειες γλυπτών και επιτύμβιων στηλών, τα οποία δεν ήταν ορατά με γυμνό μάτι.¹⁴ Σημαντικές τεχνικές πληροφορίες προέκυψαν όσον αφορά στη χρήση χαράξεων και γραπτού προσχεδίου. Η χάραξη φαίνεται ότι συχνά βοηθούσε στην αποτύπωση του περιγράμματος μιας μορφής ή στον ακριβή σχεδιασμό διακοσμητικών μοτίβων, ενώ ανάλογα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και το γραπτό προσχέδιο, εφαρμοσμένο με σκούρο χρώμα και λεπτό πινέλο. Η χρωματική απόδοση του βάθους, επάνω στο οποίο προβάλλονταν οι ανάγλυφες ή ολόγλυφες μορφές, αποτελούσε μια πολύ συνηθισμένη πρακτική. Σύμφωνα με τις παραπάνω έρευνες, στην ύστερη αρχαϊκή εποχή το βάθος από κόκκινο χρωματίζεται σταδιακά κυανό, μια πρακτική που φαίνεται να εξελίσσεται παράλληλα με το πέρασμα από τη μελανόμορφη στην ερυθρόμορφη τεχνική της αγγειογραφίας.¹⁵ Η εξαι-

12. Γενικά για τις πρώτες μελέτες της πολυχρωμίας στα αρχαία γλυπτά βλ. Brinkmann 2004 a.

13. Von Graeve 1970.

14. Brinkmann 1987. Brinkmann 2003. Βλ. επίσης κατάλογο έκθεσης Bunte Götter 2004.

15. Walter-Karydi 2004.



5: Σαρκοφάγος Αλεξάνδρου, Αρχαιολογικό Μουσείο Κωνσταντινούπολης.

ρετική διατήρηση των προσόψεων μνημειακών μακεδονικών τάφων, που έχουν έρθει στο φως τα τελευταία τριάντα χρόνια, μας επιτρέπει να προσεγγίσουμε με μεγάλη πιστότητα την αισθητική εντύπωση αλλά και την τεχνική δημιουργίας ενός τέτοιου βάθους. Στο τύμπανο του τάφου των Ανθεμίων στη Μιέζα, για παράδειγμα, ή στη ζωφόρο με την αρματοδρομία του τάφου ΙΙΙ της Βεργίνας, το σκούρο μαύρο-κυανό βάθος εξυπηρετεί στη ζωγραφική ακριβώς τον ίδιο σκοπό που εξυπηρετεί και στα εναέτια γλυπτά ή τα ανάγλυφα. Το ζητούμενο είναι πάντα η εντονότερη απόδοση μιας αίσθησης της τρίτης διάστασης.¹⁶

Ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις έχουν επίσης προκύψει και όσον αφορά στο χρωματισμό των επιμέρους στοιχείων των γλυπτών.¹⁷ Το δέρμα των ανδρικών μορφών έφερε συνήθως θερμές αποχρώσεις, όπως καθαρά διακρίνεται στο αέτωμα του τρισώματος δαίμονα, το λεγόμενο «ανδρείκελο» των αρχαίων πηγών, από τον πώρινο ναό της Ακρόπολης. Για τις γυναικείες μορφές η χρωματική κλίμακα κυμαινόταν περισσότερο σε τόνους καστανοκίτρινου ή ανοιχτού πορτοκαλί. Με κόκκινη ώρα επίσης διαγραφόταν η ίριδα του ματιού, όπως χαρακτηριστικά αποτυπώνεται σε κόρες της Ακρόπολης (βλ. για παράδειγμα τις κόρες με αρ. Ακρ. 679, 670, 671, 674), ενώ σε ορισμένα γλυπτά διατηρείται ακόμη και το μαύρο χρώμα της κόρης. Κατάλοιπα κόκκινου και καστανοκόκκινου συχνά διακρίνονται και στην κόμη των αγαλμάτων, άλλοτε εφαρμοσμένα με μια μόνο στρώση και άλλοτε με την επίθεση δυο τουλάχιστον στρώσεων. Οι χაίτες και οι ουρές των ζώων συχνά αποδίδονταν με έντονα, μη ρεαλιστικά χρώματα –κυανό, κόκκινο, πράσινο– όπως για παράδειγμα οι χαίτες των λιονταριών στη ζωφόρο του θησαυρού των Σιφνίων, του λιονταριού από το Λουτράκι, ή του ίππου του ιππέα Ramrin της Ακρόπολης. Έντονα χρώματα φαίνεται να είχαν χρησιμοποιηθεί και στα ενδύματα των γλυπτών. Η απόδοση τους όμως συχνά γινόταν και με καθαρά ζωγραφικό τρόπο, ο οποίος δημιουργούσε από μακριά την ψευδαίσθηση της τρίτης διάστασης, όπως για παράδειγμα στο θραύσμα λεκάνης ιππέα από την Ακρόπολη (Ακρ. 568).¹⁸ Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι προφανές πόσο καθοριστικής σημασίας ήταν η ζωγραφική παρέμβαση στο τελικό αισθητικό αποτέλεσμα του γλυπτού (εικ. 6). Κατάλοιπα πολυχρωμίας έχουν διατηρηθεί συχνά καλύτερα ανάμεσα στις πτυχές των χιτώνων, όπως καθαρά φαίνεται για παράδειγμα σε πολλές κόρες της Ακρόπολης (Ακρ. 674, 675, 680 και 682) όπου σε ορισμένες περιπτώσεις διακρίνεται ένας συνδυασμός κυανού και πράσινου (εικ. 7). Η εξέταση, με αναλυτικές τεχνικές, δείγματος χρωματικής στρώσης από τον χιτώνα της κόρης 674 από τον J. Twilley έδειξε ότι πρόκειται για ανάμειξη αιγυπτιακού κυανού και μαλαχίτη, μια πρακτική που έχει διαπιστωθεί και στην αρχαία ζωγραφική της ύστερης κλασικής και ελληνιστικής περιόδου.¹⁹ Η παρουσία κόκκων κονιχαλκίτη, μιας σπάνιας πράσινης χαλκούχου χρωστικής, οι οποίοι εντοπίστηκαν στο ίδιο στρώμα, πιθανότατα αποδίδεται σε τυχαία συνύπαρξή της με το μαλαχίτη. Κατάλοιπα κόκκινης χρωστικής διακρίνονται εμφανώς και στο χιτώνα της γνωστής «Φρασίκλειας» του



6: Θραύσμα ιππέα από την Ακρόπολη (Ακρ. 568) εκτεθειμένο σε υπεριώδη ακτινοβολία.



7: Κόρη Ακρόπολης (Ακρ. 674).

16. Brécoulaki 2006, 442-443.

17. Brinkmann 2004 β.

18. Brinkmann 2004 β, 48, Abb. 64-65.

19. Twilley 1990.

Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου.²⁰ Με μια σειρά μη καταστρεπτικών μετρήσεων με φθορισμό ακτίνων Χ ταυτίστηκαν, σε ζωγραφικά στρώματα, οξείδια του σιδήρου και σε κάποια σημεία ίχνη υδραργύρου, καθιστώντας πιθανή και την περιστασιακή ανάμειξη κόκκινης ώχρας με κιννάβαρι.²¹ Η εφαρμογή των σύγχρονων, συχνά μη καταστρεπτικών, αναλυτικών μεθόδων θεωρείται πλέον όχι μόνο απολύτως εφικτή αλλά και ευκαταία, τόσο για την ταύτιση και αξιολόγηση των υλικών και των τεχνικών της αρχαίας πολυχρωμίας, όσο και για την ορθότερη κατανόηση της διατήρησης και χρήσης του χρώματος στα αρχαία γλυπτά. Ο συνδυασμός φωτογραφικών τεχνικών, που μας επιτρέπουν να διακρίνουμε στοιχεία μη ορατά με συμβατικό φωτισμό (κυρίως όσον αφορά στο σχέδιο), και φυσικο-χημικών μεθόδων ανάλυσης των χρωματικών στρώσεων, προσφέρει σήμερα εξαιρετικές δυνατότητες για πιστότερες και πειστικότερες αποκαταστάσεις της αρχαίας πολυχρωμίας. Η αποτελεσματικότητα μιας τέτοιας «συνδυαστικής» μεθοδολογικής προσέγγισης διαπιστώθηκε άλλωστε και στην πρόσφατη ενδελεχή μελέτη για την πολυχρωμία των ελληνιστικών γλυπτών της Δήλου από τους B. Bourgeois και Ph. Jockey, όπως θα δούμε παρακάτω.

Ωστόσο, μολονότι οι έρευνες για την πολυχρωμία στην αρχαϊκή και κλασική πλαστική, από την ομάδα του V. Brinckmann, τεκμηριωμένες μέσω φωτογραφικών τεχνικών, έχουν προσκομίσει νέα και πολύ σημαντικά στοιχεία όσον αφορά στην έκταση της αρχαίας πολυχρωμίας, αλλά και στην ορθότερη ταύτιση ορισμένων γλυπτών, καμία αναλυτική μέθοδος εξέτασης δεν χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να διερευνηθούν η σύσταση και οι τεχνικές εφαρμογής των ζωγραφικών υλικών. Έτσι, τα συμπεράσματα για τη χρήση του χρώματος στα αρχαία γλυπτά βασίστηκαν αποκλειστικά σε μακροσκοπικές παρατηρήσεις, ενώ τα νέα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για τις πολυάριθμες αποκαταστάσεις επιλέχθηκαν σύμφωνα με ατεκμηρίωτες πεποιθήσεις. Αναφέρω ενδεικτικά εδώ την επιλογή του ορυκτού αζουρίτη για την απόδοση του κυανού χρώματος στην αποκατάσταση του ενδύματος της κόρης 679 από την Ακρόπολη.²² Ο αζουρίτης, χαλκούχος χρωστική που είναι γνωστή για την προβληματική της διατήρηση και εφαρμογή,²³ ουδέποτε ανιχνεύτηκε μέχρι τώρα σε ζωγραφικά στρώματα στην αρχαία Ελλάδα, αν και συνυπάρχει με το μαλαχίτη σε μεταλλοφορίες χαλκού στον ελλαδικό χώρο. Είναι γνωστό ότι από πολύ νωρίς οι αρχαίοι Έλληνες ζωγράφοι χρησιμοποίησαν αποκλειστικά σχεδόν τη συνθετική χρωστική γνωστή ως «αιγυπτιακό κυανό», η οποία παρουσίαζε εξαιρετική σταθερότητα, αλλά και συμβατότητα με τις υπόλοιπες χρωστικές της ελληνικής αρχαιότητας.²⁴ Αντίστοιχα, μπορούμε να αναρωτηθούμε για την «ελεύθερη απόδοση», όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται από τον Brinckmann, του κίτρινου χρώματος του χιτωνίσκου, στο ίδιο γλυπτό, με τη μάλλον σπάνια αρσενικούχο χρωστική «auripigmentum», αντί της εξαιρετικής κίτρινης ώχρας για την οποία η Αττική φημιζόταν, όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Πλίνιος (HN 33.158-159). Η παρουσία τέτοιων «ασυνήθιστων» χρωστικών θα μπορούσε βεβαίως να υποστηριχθεί στις

20. Καλτσάς 2001, 48-49.

21. Καρύδας 1999.

22. Brinckmann 2004γ, 58.

23. Gettens, West Fitzhugh 1993.

24. Brécoulaki 2006, 423-425.

περιπτώσεις όπου αυτές ταυτίζονται μέσω αναλυτικών τεχνικών (δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που η τεχνολογία μας επιφυλάσσει τέτοιες εκπλήξεις), αλλά μέχρι τότε δεν μπορούν παρά να συνιστούν αβάσιμες εικασίες. Στα συνδετικά που χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή των χρωστικών αναφέρεται κυρίως το αυγό. Αυτό αποτελούσε πράγματι βασικό υλικό των αρχαίων ζωγράφων, οι οποίοι το χρησιμοποιούσαν μόνο του ή σε συνδυασμό με φυτικά κόμματα, όπως διαπιστώσαμε μετά από εκτεταμένη σειρά αναλύσεων σε δείγματα αρχαίας ζωγραφικής,²⁵ ωστόσο η ανάμειξή του με καρυδέλαιο,²⁶ φαίνεται μάλλον αναχρονιστική (η πρώτη αναφορά χρήσης τέτοιου ελαίου για την τεχνική του χρυσώματος και της εγκαυστικής γίνεται από τον φυσικό Αέτιο Αμιδηνό (*De Medic.* I.106) τον 4 αι. μ.Χ.²⁷ Στις πολλαπλές αποκαταστάσεις της αρχαίας πολυχρωμίας σε τρισδιάστατα μοντέλα, οι οποίες έγιναν από τη γερμανική ομάδα, δεν λήφθηκε υπόψη μια σειρά από «αντικειμενικά» δεδομένα που διαθέτουμε σήμερα και αφορούν στη μορφολογία, στην ακριβή σύσταση και στην τεχνική εφαρμογής των χρωστικών, ακόμα και με μη καταστρεπτικές μεθόδους. Ως αποτέλεσμα, οι χρωματικές αποκαταστάσεις που παρουσιάστηκαν εκφράζουν μια υποκειμενική αισθητική προσέγγιση (εικ. 8, 9).²⁸ Προβλήματα στις εν λόγω αποκαταστάσεις αποτελούν, κατά τη γνώμη μου, α) ο χρωματισμός των μοντέλων από μη ειδικούς, δηλαδή όχι επαγγελματίες ζωγράφους, β) η επιλογή μιας πολύ συγκεκριμένης χρωματικής κλίμακας από την οποία, για παράδειγμα, απουσιάζουν ολότελα αποχρώσεις του ιώδους, ενός χρώματος που ήταν ιδιαίτερα αγαπητό στους αρχαίους, γ) η εφαρμογή των χρωμάτων με κορεσμένους, καθαρούς και αδιαβάθ-

25. Brécoulaki 2006, 400-405.

Bonaduce κ.ά. 2007.

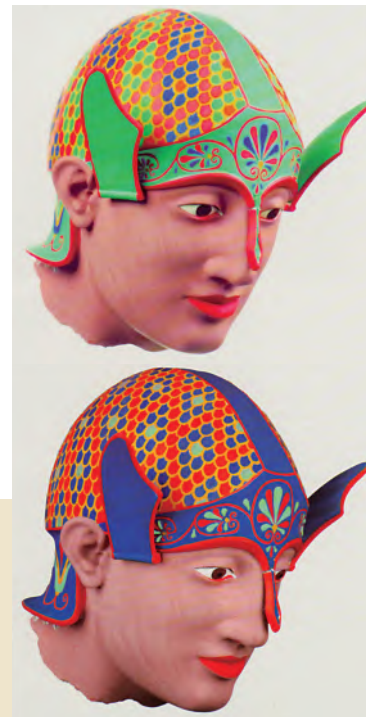
26. Brinkmann 2004γ, 58.

27. Reinach 1985, 26.

28. Bunte Götter 2004, βλ. για παράδειγμα εικ. 43, 171, 177-178, 198-199. Για βιβλιοκρισία του καταλόγου βλ. B. Holtzmann, *Revue archéologique*, 2005, 2, 382-384.



8: Χρωματική αποκατάσταση σε ομοίωμα αγάλματος Αθηνάς, από το δυτικό αέτωμα του ναού της Αφαίας στην Αίγινα, από V. Brinkmann.



9: Χρωματική αποκατάσταση σε ομοίωμα κεφαλής πολεμιστή του ανατολικού αετώματος του ναού της Αφαίας στην Αίγινα από V. Brinkmann.

29. Brinkmann 2004 δ, 241.

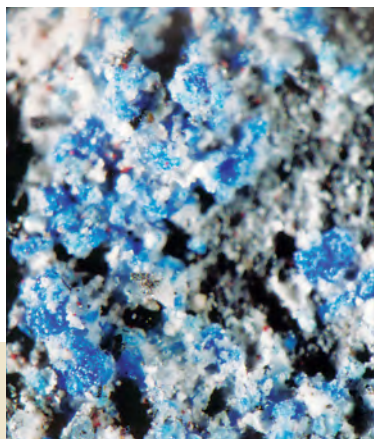
30. Brinkmann 2004 β, 32.

31. Για παράδειγμα, σχετικό δείγμα από τη ζωφόρο του τάφου του Αγίου Αθανασίου (Θεσσαλονίκη), βλ. Τσιμπίδου-Αυλωνίτη, Μπρεκουλάκη 2002. Brécou-laki 2007.

32. Στις *Εικόνες* του Λουκιανού (6-8), ο Λυκίνος μαζί με τον Πολύστρατο, σχολιάζοντας και εγκωμιάζοντας τα ομορφότερα κατά την κρίση τους αγάλματα, επιχειρούν να συνδυάσουν τα καλύτερα στοιχεία από αυτά σε μια φανταστική εικόνα. Ο Λυκίνος διερωτάται από ποιους θα μπορούσαν να δανειστούν τα χρώματα για το ομοίωμά τους και αμέσως μόνος του δίνει την απάντηση: “Μήπως πρέπει να ανατρέξουμε στους ζωγράφους, το δίχως άλλο, και προπάντων σε όσους αποδείχτηκαν άριστοι στην ανάμειξη των χρωμάτων και στην κατάλληλη εφαρμογή τους” (*των χρωμάτων ακριβή την κράσιν και εύκαιρον την επιβολήν ποιήσασθαι...*) και αναφέρει αμέσως μερικά από τα ονόματα των πιο επιφανών ζωγράφων της εποχής: Απελλής, Ευφράνωρ, Αετίων. Την ίδια ακριβώς πρόταση ξαναβρίσκουμε στον Λουκιανό σχετικά με τη σημασία της ανάμειξης των χρωμάτων σε σχόλιο του για έναν πίνακα του Ζεύξη (*Ζεύξης ή Αντίοχος* 5), αναφερόμενος στα στοιχεία εκείνα μιας ζωγραφιάς, που δεν είναι βέβαια φανερά σε ανίδεους, τα οποία όμως ενέχουν όλη την δύναμη της τέχνης.

33. Bourgeois, Jockey 2001. Bourgeois, Jockey 2007.

34. Couve 1897.



μητους τόνους (χωρίς δηλαδή την παραμικρή χρήση φωτοσκίασης, αν και έχει σαφώς αναγνωριστεί η πρακτική των αναμειξεων και επιθέσεων χρωματικών στρώσεων στην αρχαιότητα)²⁹. Ως αποτέλεσμα προκύπτει η δημιουργία μιας εντύπωσης “kitsch”³⁰ (όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο ίδιος ο Brinckmann, ο οποίος ωστόσο μας προτρέπει να εξοικειωθούμε με αυτή τη νέα πραγματικότητα) αλλά και η αποδυνάμωση του τρισδιάστατου χαρακτήρα των γλυπτών, στα οποία προσδίδεται μια επίπεδη και στατική επιφάνεια. Ενδεικτικά αναφέρω εδώ το παράδειγμα της τεχνικής δημιουργίας του σκούρου βάθους σε ζωφόρους και τύμπανα μακεδονικών τάφων, τεχνική που χρησιμοποιούσαν επίσης και στα τρίγλυφα, και που θεωρώ ότι αποτελούσε κοινό τόπο για τους ζωγράφους και τους τεχνίτες της αρχαϊκής και κλασικής αρχαιότητας. Η μικροσκοπική εξέταση της ζωγραφικής επιφάνειας και η μικροανάλυση τομών σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο έδειξε ότι το χρώμα του βάθους είναι αποτέλεσμα μιας στρώσης μαύρου του άνθρακα επάνω στην οποία έχει εφαρμοστεί μια στρώση αιγυπτιακού κυανού, περισσότερο ή λιγότερο αδρής κοκκομετρίας³¹ (εικ. 10). Η επίθεση αυτή διασφάλιζε ακριβώς μια πολλαπλότητα επιπέδων, ενίσχυε την αίσθηση του βάθους, αλλά και βοηθούσε σε μια καλύτερη διατήρηση της χρωματικής επιφάνειας γενικότερα (είναι κάτι αντίστοιχο με την τεχνική του χρυσώματος όπου το φύλλο χρυσού εφαρμόζεται επάνω σε στρώμα ώχρας). Κι αυτό είναι μόνο ένα παράδειγμα. Η αφομοίωση αντίστοιχων τεχνικών γνώσεων θα απέτρεπε, ίσως, την απόδοση τόσο ομοιογενών χρωμάτων στις αποκαταστάσεις της ομάδας του Μονάχου. Εξάλλου, η πρακτική των αναμειξεων από τους αρχαίους ζωγράφους έχει ευρέως τεκμηριωθεί και με αναλύσεις χρωματικών στρώσεων, όσο για τη γνώση και τη σωστή εφαρμογή της, σύμφωνα με τις πηγές αυτή φαίνεται να αποτελούσε αξιοσημείωτη αρετή.³²

Όταν το 2003 η γαλλική αποστολή της Δήλου, με επικεφαλής τη συντηρήτρια του μουσείου του Λούβρου B. Bourgeois και τον καθηγητή αρχαιολογίας Ph. Jockey, μου πρότεινε να συνεργαστώ στη μελέτη της πολυχρωμίας των ελληνιστικών γλυπτών, είχε ήδη διεκπεραιωθεί το μεγαλύτερο μέρος μιας εξαντλητικής τεκμηρίωσης κάθε ίχνους χρώματος που είχε σωθεί από τους πολλαπλούς και επίμονους καθαρισμούς που υπέστησαν τα γλυπτά μετά την αποκάλυψή τους.³³ Μολονότι η λεπτομερής καταγραφή της πολυχρωμίας των γλυπτών δεν φαίνεται να αποτελούσε το κυριότερο μέλημα των αρχαιολόγων που ανέσκαπταν το χώρο, ο L. Couve θα περιέγραφε με ενάργεια τα διατηρημένα χρώματα στις επιφάνειες της λεγόμενης μικρής Ηρακλειώτισσας, που ήρθε στο φως το 1894.³⁴ Ακολούθησαν κι άλλες μελέτες σχετικές με την πολυχρωμία του εξαιρετικά καλά διατηρημένου αυ-

10: Μικροφωτογραφία ζωγραφικής επιφάνειας από το μαυροκύανο βάθος της ζωφόρου του τάφου του Αγίου Αθανασίου. Διακρίνεται μια πρώτη στρώση μαύρου επάνω στην οποία έχει εφαρμοστεί μια αδρόκοκκη στρώση αιγυπτιακού κυανού (στερεομικροσκόπιο X100).

τού συνόλου, οι οποίες ωστόσο λίγο διεύρυναν τους ορίζοντες και τις γνώσεις μας στο συγκεκριμένο πεδίο.³⁵ Η μόνη αναλυτική μελέτη που είχε διενεργηθεί, και που είχε αποφέρει τα πρώτα αποτελέσματα σε σχέση με τη σύσταση των χρωμάτων, αφορούσε στην εξέταση, με περίθλαση ακτίνων X, μιας σειράς δειγμάτων από τους Χρυσουλάκη, Queyrel και Περδικάτση.³⁶ Η προσέγγιση της γαλλικής αποστολής επεφύλασσε αρκετές καινοτομίες και αποκαλύψεις. Εφαρμόζοντας σε μια πρώτη φάση εξελιγμένες μεθόδους τεχνικού φωτισμού και φωτογράφισης,³⁷ αντίστοιχες με αυτές των von Graeven και Brinckmann, διαπίστωσαν πολύ γρήγορα ότι, σε αντίθεση με τα αρχαϊκά και κλασικά γλυπτά, όπως είχε παρατηρηθεί από τη γερμανική ομάδα, στα γλυπτά της Δήλου δεν είχε πουθενά χρησιμοποιηθεί προσχέδιο, ούτε εγχάρακτο, ούτε γραπτό. Η φωτογράφιση με υπεριώδη ακτινοβολία έδωσε κι εδώ σημαντικά αποτελέσματα, τόσο σε σχέση με τον εντοπισμό ζωγραφικών στοιχείων τα οποία δεν ήταν ορατά με γυμνό μάτι, όσο και σε σχέση με τον φθορισμό συγκεκριμένων χρωστικών. Ο έντονος πορτοκαλοκόκκινος φθορισμός, των ρόδινων και μωβ αποχρώσεων των ενδυμάτων για παράδειγμα, χαρακτηρίζει την οργανική χρωστική που προέρχεται από την επεξεργασία του αρχαίου «ερυθροδάνου», του γνωστού σε μας ριζαρίου ή madder lake³⁸ (εικ. 11).

Μετά την ολοκλήρωση της πρώτης αυτής εξέτασης, ακολούθησε μια εκτεταμένη και μακροχρόνια τεκμηρίωση, με τη χρήση ενός φορητού video-μικροσκοπίου, κάθε καταλοίπου χρώματος που είχε διατηρηθεί στις επιφάνειες των αγαλμάτων, ακόμα και απειροελάχιστων κόκκων, που δεν ήταν βέβαια ορατοί ούτε με γυμνό μάτι ούτε με άλλο τεχνητό φωτισμό. Πρόκειται για μια μέθοδο εξαιρετικά αποτελεσματική για κάθε είδους επιτόπια εξέταση, σε αρχαία αντικείμενα τα οποία δεν μπορούν να μετακινηθούν ώστε να εξεταστούν με τα συμβατικά στερεομικροσκόπια. Τα αποτελέσματα αυτής της εξέτασης όμως δεν αφορούν μόνο τη λεπτομερή και απολύτως ακριβή καταγραφή της πολυχρωμίας, αλλά μας παρέχουν και σημαντικά στοιχεία για τη μορφολογία των χρωματικών στρώσεων, τις χρωστικές και τους τρόπους εφαρμογής τους (εικ. 12). Η επιτόπια, μη καταστρεπτική, ανάλυση των χρωστικών με φθορισμό ακτίνων X, και αφού είχαμε ήδη αποκομίσει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τις τεχνικές της αρχαίας πολυχρωμίας, μας επέτρεψε να ταυτίσουμε τα περισσότερα ανόργανα υλικά, που χρησιμοποιήθηκαν στα γλυπτά, και να ανασυνθέσουμε την κλίμακα των αρχαίων ζωγράφων που εργάστηκαν σε αυτά.³⁹ Για τις κίτρινες και κόκκινες αποχρώσεις χρησι-



11: Δήλος, αγαλματίδιο Αφροδίτης (Α 4200) από την οικία του Ερμή, εκτεθειμένο σε υπεριώδη ακτινοβολία.

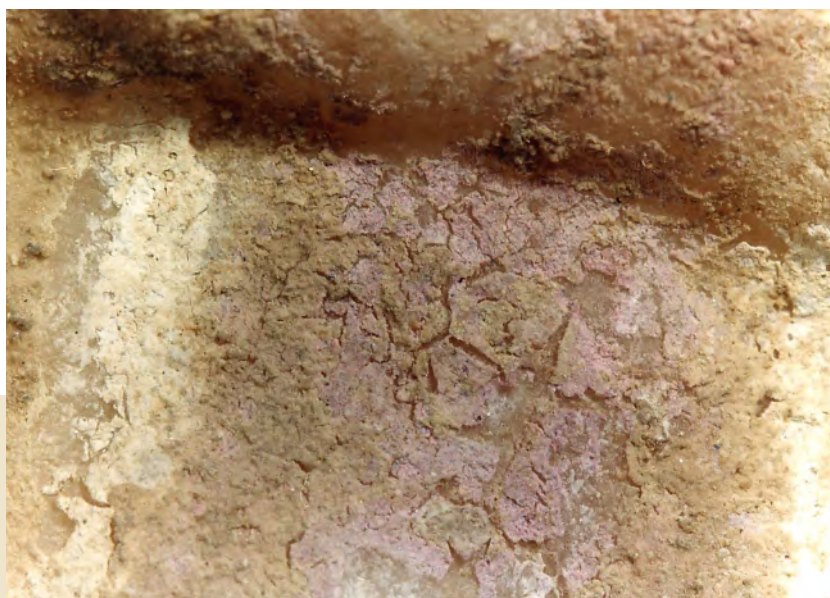
35. Yfantidis 1984.

36. Chryssoulakis, Queyrel, Perdikatsis 1989.

37. Collet 1989.

38. Schweppe, Winter 1997. Colombini, Carmignani, Brecoulaki 2005.

12: Δήλος, αγαλματίδιο Αφροδίτης (Α 4200) από την οικία του Ερμή. Λεπτομέρεια παρυφής όπου διακρίνεται στρώση λευκού του μολύβδου και οργανικής ρόδινης χρωστικής.



μοποιήθηκαν χρωστικές που αποτελούνται κυρίως από οξείδια του σιδήρου. Ωστόσο, προς μεγάλη μας έκπληξη, στο χιτώνα της Αρτέμιδος Α4126, το έντονο ανοιχτό κίτρινο της ταινίας ταυτίστηκε με το σπάνιο ορυκτό βαναδινίτη, που πρόσφατα ανιχνεύτηκε και σε γραπτές στήλες της Αλεξάνδρειας από τη συλλογή του Λούβρου (δεν είναι λοιπόν τυχαίος ο εντοπισμός της συγκεκριμένης χρωστικής στην ιερά νήσο δεδομένων των εμπορικών της σχέσεων με τη μεγάλη μητρόπολη της πτολεμαϊκής Αιγύπτου στην ελληνιστική εποχή, όπως επισημαίνει η Bourgeois).⁴⁰ Το αιγυπτιακό κυανό χρησιμοποιήθηκε σε διαφορετικές κοκκομετρίες, συχνά αναμειγμένο με λευκό του μολύβδου. Το λευκό του μολύβδου είναι το υλικό που κυριαρχεί στα γλυπτά της Δήλου, μιας που το βρίσκουμε όχι μόνο σε αναμειξεις αλλά και ως στρώση προετοιμασίας της ζωγραφικής επιφάνειας. Παρατηρήθηκε ότι, σχεδόν σε όλα τα γλυπτά που εξετάστηκαν, είχε εφαρμοστεί μια παχιά στρώση λευκού του μολύβδου, η οποία χρησίμευε αφενός στη δημιουργία μιας λείας και ομοιόμορφης χρωματικά επιφάνειας και αφετέρου στην καλύτερη πρόσφυση των επικείμενων χρωματικών στρώσεων.⁴¹ Ο πολύτιμος μαλαχίτης ταυτίστηκε μόνο σε μια περίπτωση, ενώ, εκτός από τη φυτική οργανική χρωστική, που όπως είπαμε φαίνεται να αντιστοιχεί στο ριζάρι, είναι πιθανή και η χρήση της δαπανηρής πορφύρας. Η τεχνική του χρυσώματος διερευνήθηκε σε βάθος. Διαπιστώθηκε ότι στις περισσότερες περιπτώσεις το φύλλο χρυσού είχε απλωθεί επάνω σε μια στρώση κίτρινης ώχρας, η οποία με τη σειρά της ήταν εφαρμοσμένη επάνω σε στρώση λευκού του μολύβδου. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η πολύ συχνή ανάμειξη αιγυπτιακού κυανού με οργανικές χρωστικές ρόδινων αποχρώσεων, την οποία έχουμε συναντήσει συχνά και σε ζωγραφικές επιφάνειες τοιχογραφιών.⁴² Οι αναλύσεις μιας σειράς μικροδειγμάτων, που πρό-

39. Karydas κ.ά. 2008.

40. Bourgeois, Jockey 2007, 177.

41. Brécoulaki 2006, 408-410.

σφατα ελήφθησαν από τη συλλογή γλυπτών της Δήλου, θα προσφέρουν περισσότερα και λεπτομερέστερα στοιχεία, μέσω της μελέτης των στρωματογραφικών τομών αλλά και της ταύτισης των οργανικών χρωστικών (φυτικής και ζωικής προέλευσης) και συνδετικών, για τις τεχνικές και τα μυστικά της αρχαίας πολυχρωμίας. Τέλος, μια σειρά μετρήσεων με μη καταστρεπτικές τεχνικές (XRF, micro RAMAN), που προβλέπεται να διενεργηθεί σε αρχαϊκά γλυπτά του Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου, ελπίζουμε, επίσης, να διευρύνει τις γνώσεις μας για τις χρωστικές και τους τρόπους εφαρμογής τους και γι αυτή την περίοδο. Ωστόσο, θα ήθελα παράλληλα να επισημάνω ότι, αν και η τεχνολογία μπορεί να προσφέρει σήμερα στοιχεία που θα βοηθούσαν στην καλύτερη κατανόηση των ζωγραφικών υλικών και τεχνικών, δεν θα μπορούσε από μόνη της να δώσει συνολικές αισθητικές λύσεις στην αποκατάσταση της αρχαίας πολυχρωμίας, όπως, άλλωστε, ούτε ένας εξαιρετικής ευαισθησίας σύγχρονος ζωγράφος δεν θα μπορούσε να εγγυηθεί την απόλυτη πιστότητα του ομοιώματος σε σχέση με το τόσο μακρινό, και αποκομμένο από το περιβάλλον του, πρωτότυπο. Οι αποκαταστάσεις της αρχαίας πολυχρωμίας στα γλυπτά, ιδιαίτερα όταν τα κατάλοιπα των πρωτογενών χρωματισμών τους είναι πενιχρά, αποτελούσαν και αποτελούν ένα πολυσχιδές πεδίο πειραματισμών. Η εντυπωσιακή παρουσίαση της έκθεσης “Πολύχρωμοι θεοί” σε ένα ευρύτατο κοινό,⁴³ ασφαλώς και πέρασε το μήνυμα ότι τα αρχαία γλυπτά δεν ήταν λευκά. Διαμόρφωσε όμως παράλληλα και μια νέα αντίληψη σχετικά με την αρχαία πολυχρωμία και τη φυσιογνωμία της αρχαίας γλυπτικής, και της τέχνης γενικότερα, η οποία ενέχει πολλούς κινδύνους εφόσον όχι απλώς προτείνεται ως άποψη, αλλά προσπαθεί να επικυρώσει μια πολύ συγκεκριμένη αισθητική προσέγγιση.

Προέλευση εικόνων

1. Paris – Rome – Athènes 1982, 204, εικ. 12.
2. Paris – Rome – Athènes 1982, 194, εικ. 3.
3. L. Fenger (1886).
4. Τριάντη 1998, εικ. 21.
5. Bunte Götter 2004, εικ. 299.
6. Bunte Götter 2004, εικ. 48.
7. Τριάντη 1998, εικ. 127.
8. Bunte Götter 2004, εικ. 99.
9. Bunte Götter 2004, εικ. 178.
10. Χ. Μπρεκουλάκη.
11. Bourgeois, Jockey 2007, εικ. 4b.
12. B. Bourgeois, Ph. Jockey.

42. Brécoulaki 2006, 419-422.

43. Η έκθεση *Bunte Götter. Die Farbigkeit antiker Skulptur* παρουσιάστηκε και στο Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο της Αθήνας από τις 29 Φεβρ. – 25 Μαρτ. 2007, βλ. Πολύχρωμοι Θεοί 2007.

Συντομογραφίες- Βιβλιογραφία

- Billot 1982 M. F. Billot, Recherches aux XVIII et XIX siècles sur la polychromie de l'architecture grecque, *Paris – Rome – Athènes. Le voyage en Grèce des architectes français aux XIXe et XXe siècles*, Catalogue d'exposition, École Normale Supérieure des Beaux-Arts, Paris 1982, 61-125.
- Boardman 1978 J. Boardman, *Greek Sculpture. The archaic period*. London 1978.
- Bonaduce κ.ά. 2007 I. Bonaduce, H. Brecolouki, M.P. Colombini, A. Lluveras, V. Restivo, E. Ribechini, Gas chromatographic-mass spectrometric characterisation of plant gums in samples from painted works of art, *Journal of Chromatography A*, 1175, 2007, 275-282.
- Chrysoulakis, Queyrel, Perdikatsis 1989 B. Bourgeois, Ph. Jockey, Y. Chrysoulakis, F. Queyrel, V. Perdikatsis, Étude systématique des couches picturales trouvées sur quelques portraits en marbre conservés au musée de Délos, (Y. Maniatis, ed) 25th International Archaeometry Symposium, Athens 1986 (New York 1989), 231-236.
- Bourgeois, Jockey 2001 B. Bourgeois, Ph. Jockey, Approches nouvelles de la polychromie des sculptures hellénistiques de Délos, *Comptes Rendus de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, 2001, 253-216.
- Bourgeois, Jockey 2007 B. Bourgeois, Ph. Jockey, Le marbre, l'or et la couleur. Nouveaux regards sur la polychromie de la sculpture hellénistique de Délos, (S. Descamps-Lequime ed.) *Peinture et couleur dans le monde grec antique*, Paris 2007, 163-192.
- Brécoulaki 2006 H. Brécoulaki, *La peinture funéraire de Macédoine. Emplois et fonctions de la couleur IV-IIe s. av. J.-C.*, Αθήνα 2006.
- Brécoulaki 2007 H. Brécoulaki, Splendeur ou durabilité? Peintures et couleurs sur les tombeaux macédoniens: aspects de leur conservation, (S. Descamps-Lequime ed.) *Peinture et couleur dans le monde grec antique*, Paris 2007, 95-108.
- Brinkmann 1987 V. Brinkmann, La polychromie de la sculpture archaïque en marbre, (F. Delamare, T. Hackens, B. Helly, eds) *Datation-caractérisation des peintures pariétales et murales*, PACT 17, 1987, 35-70.
- Brinkmann 2003 V. Brinkmann, *Die Polychromie der archaischen und frühklassischen Skulptur*, München 2003.
- Brinkmann 2004 α V. Brinkmann, Die Erforschung der Farbigkeit antiker Skulptur, (V. Brinkmann, R. Wünsche, eds) *Bunte Götter. Die Farbigkeit antiker Skulptur*, München 2004, 24-33.
- Brinkmann 2004 β V. Brinkmann, Die Farben der archaischen und der frühklassischen Skulptur, (V. Brinkmann, R. Wünsche, eds) *Bunte Götter. Die Farbigkeit antiker Skulptur*, München 2004, 34-51.
- Brinkmann 2004 γ V. Brinkmann, Mädchen oder Göttin? Das Rätsel der Peploskore von der Athener Akropolis, (V. Brinkmann, R. Wünsche, eds) *Bunte Götter. Die Farbigkeit antiker Skulptur*, München 2004, 53-59.
- Brinkmann 2004 δ V. Brinkmann, Farben und Maltechnik, (V. Brinkmann, R. Wünsche, eds) *Bunte Götter. Die Farbigkeit antiker Skulptur*, München 2004, 239-244.
- Bunte Götter 2004 V. Brinkmann, R. Wünsche (eds) *Bunte Götter. Die Farbigkeit antiker Skulptur*, München 16/12/2003-29/2/2004 (München 2004).
- Chandler 1776 R. Chandler, *Travels in Greece or an account of a tour made at the expense of the Society of Dilettanti*, Oxford 1776.



- Cockerell 1819 C. R. Cockerell, On the Aegina Marbles, *The Quarterly Journal of Literature, Science and the Arts* 1819, VI, 327-341, VII, 229-235.
- Cockerell 1860 C. R. Cockerell, *The Temples of Jupiter Panhellenius at Aegina and of Apollo Epicurius at Bassae near Phigaleia in Arcadia*, London 1860.
- Collet 1989 Ph. Collet, Trois techniques photographiques appliquées à l'archéologie, *Les nouvelles de l'archéologie* 75, 1989, 31-34.
- Colombini, Carmignani, Brecoulaki 2005 M. P. Colombini, A. Carmignani, H. Brecoulaki, Characterisation of organic dyes on funerary paintings in Greece (Macedonia) and pre-roman Italy, *Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies* 3, 2005, 69-73.
- Couve 1897 L. Couve, Note sur une statue de femme trouvée à Délos, *Revue archéologique* 1897, 23-27.
- Gettens, West Fitzhugh 1993 R. J. Gettens, E. West Fitzhugh, Azurite and blue verditer, (A. Roy, ed) *Artists' Pigments. A handbook of their history and characteristics*, 2, Oxford 1993, 23-36.
- Heberdey 1919 R. Heberdey, *Attische Porosskulptur*, Wien 1919.
- Hegel 1953 G. F. W. Hegel, *Ästhetik*, Berlin 1953.
- Holtzmann 2005 B. Holtzmann, *RA* (2005 fasc.2) 382-384.
- Karydas κ.ά. 2008 A. Karydas, H. Brecoulaki, B. Bourgeois, Ph. Jockey, In-situ X-ray fluorescence analysis on raw pigments and traces of polychromy on Hellenistic sculpture at the archaeological museum of Delos, *Bulletin de Correspondence Hellenique*, suppl. 51, 2008 (υπό έκδοση).
- Legrand 1897 Ph.-E. Legrand, Biographie de Louis-François-Sébastien Fauvel, antiquaire et consul (1753-1838), *Revue archéologique*, 1897, 1, 41-66.
- Millin 1803 A.-L. Millin, *Monuments antiques inédits ou nouvellement expliqués*, II, Paris 1803.
- Paris – Rome – Athènes 1982 L. F. Paris – Rome – Athènes. *Le voyage en Grèce des architectes français aux XIXe et XXe siècles*, Catalogue d'exposition, Ecole Normale Supérieure des Beaux-Arts, Paris 1982.
- Prater 2004 A. Prater, Streit um Farbe. Die Wiederentdeckung der Polychromie in der griechischen Architektur und Plastik im 18. Und 19 Jahrhundert, (V. Brinkmann, R. Wünsche, eds) *Bunte Götter. Die Farbigkeit antiker Skulptur*, München 2004, 256-267.
- Reinach 1985 A. Reinach, *Textes grecs et latins relatifs à l'histoire de la peinture ancienne. Recueil Milliet*. (Introduction et notes par A. Rouveret), Paris 1985.
- Schweppe, Winter 1997 H. Schweppe, J. Winter, Madder and alizarin, (E. West Fitzhugh, ed) *Artists' Pigments. A Handbook of Their History and Characteristics*, 3, Oxford 1997, 109-142.
- Stuart, Revett 1762-1816 J. Stuart, N. Revett, *The Antiquities of Athens*, I-IV, London 1762, 1787, 1794 and 1816.
- Stuart, Revett 1817 J. Stuart, N. Revett, *The unedited antiquities of Attica*, London 1817.
- Twilley 1990 J. Twilley, Analysis of pigments from a late fifth century kore found on the Athenian Acropolis, *αδημοσίευτη αναφορά στο ΥΠΠΟ*, Αύγουστος 1990.
- Von Graeve 1970 V. von Graeve, Die Alexandersarkophag und seine Werkstatt, *Istanbuler Forschungen* 28, 1970.

- Walter-Karydi 2004 E. Walter-Karydi, Das Kolorit des Reliefgrundes in der archaischen und der klassischen Plastik der Griechen”, (V. Brinkmann, R. Wünsche, eds) *Bunte Götter. Die Farbigkeit antiker Skulptur*, München 2004, 180-185.
- Winckelmann 1802-1803 J. J. Winckelmann, *Histoire de l'art chez les anciens*, Paris 1802-1803.
- Yfantidis 1984 K. Yfantidis, *Die Polychromie der hellenistischen Plastik*, Mainz 1984.
- Καλτσάς 2001 Ν. Καλτσάς, *Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο. Τα γλυπτά*, Αθήνα 2001.
- Καρύδας 1999 Α. Καρύδας, Έκθεση αποτελεσμάτων αναλύσεων XRF. Μαρμάρινο άγαλμα Φρασίκλειας, Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο, 17/9/99.
- Πολύχρωμοι Θεοί 2007 V. Brinkmann, R. Wünsche, Ν. Καλτσάς (εκδ) *Πολύχρωμοι Θεοί. Χρώματα στα αρχαία γλυπτά*, Κατάλογος έκθεσης, Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο, Αθήνα 2007.
- Τριάντη 1998 Ι. Τριάντη, *Το Μουσείο Ακροπόλεως*, Αθήνα 1998.
- Τσιμπίδου-Αυλωνίτη, Μπρεκουλάκη 2002 Μ. Τσιμπίδου-Αυλωνίτη, Χ. Μπρεκουλάκη, Χρώμα και χρωστικές ουσίες, ύλη και εικόνα σε δύο ταφικά μνημεία της Μακεδονίας, (Μ. Τιβέριος, Δ. Τσιαφάκη, εκδ.) *Color in Ancient Greece*, Διεθνές συνέδριο, Θεσσαλονίκη 2000 (2002) 117-128.



Συγγραφείς του τόμου

- ♦ **Σβετλάνα Βιβντένκο**, χημικός, δρ ιστορίας και κριτικής καλών τεχνών, ΙΣΤ' Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων, Προέκταση Μεγάλου Αλεξάνδρου, έναντι Ποσειδωνίου, 54646 Θεσσαλονίκη.
- ♦ **Ιωάννης Ζουμπουρτικούδης**, δρ χημικός μηχανικός, λέκτωρ, ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Βιομηχανικού Σχεδιασμού, 50100 Κοζάνη.
- ♦ **Ιωάννης Καραπαναγιώτης**, δρ χημικός μηχανικός, «Διαγνωστικό Κέντρο Έργων Τέχνης Ορμύλια», 63071 Χαλκιδική.
- ♦ **Δημήτρης Καρολίδης**, ΤΕ συντηρητής αρχαιοτήτων, ΙΣΤ' Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων, Προέκταση Μεγάλου Αλεξάνδρου, έναντι Ποσειδωνίου, 54646 Θεσσαλονίκη.
- ♦ **Καλλιόπη Κουζέλη**, δρ χημείας, Προϊσταμένη Κέντρου Λίθου ΥΠΠΟ, Πειραιώς 79, 10553 Αθήνα.
- ♦ **Μαρία Λουκμά**, ΤΕ συντηρήτρια αρχαιοτήτων και αρχιτέκτων μηχανικός, Αρχαιολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης, Μ. Ανδρόνικου 6, 54621 Θεσσαλονίκη.
- ♦ **Παναγιώτης Μανούδης**, χημικός μηχανικός, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, 54124 Θεσσαλονίκη.
- ♦ **Κάτια Ματζιάρη**, γεωλόγος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, 54124 Θεσσαλονίκη.
- ♦ **Μαρία Μερτζάνη**, ΠΕ συντηρήτρια αρχαιοτήτων, Γ' Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων, Αιόλου και Πελοπίδα, 10555 Αθήνα.
- ♦ **Ελπίδα Μινοπούλου**, δρ χημικός μηχανικός, «Διαγνωστικό Κέντρο Έργων Τέχνης Ορμύλια», 63071 Χαλκιδική.
- ♦ **Χαρίκλεια Μπρεκουλάκη**, δρ αρχαιολογίας, The Wiener Laboratory of the American School of Classical Studies at Athens, Souidias 54, 10676 Αθήνα.
- ♦ **Γιάννης Ναζλής**, χημικός, Αρχαιολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης, Μ. Ανδρόνικου 6, 54621 Θεσσαλονίκη.
- ♦ **Κωνσταντίνος Παναγιώτου**, χημικός μηχανικός, καθηγητής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, 54124 Θεσσαλονίκη.
- ♦ **Αναστασία Πάνου**, ΤΕ συντηρήτρια Αρχαιοτήτων, Υπηρεσία Συντήρησης Μνημείων Ακροπόλεως, Πολυγνώτου 10, 10555 Αθήνα.
- ♦ **Εύη Παπακωνσταντίνου**, χημικός μηχανικός, Προϊσταμένη Τομέα Συντήρησης, Υπηρεσία Συντήρησης Μνημείων Ακροπόλεως, Πολυγνώτου 10, 10555 Αθήνα.
- ♦ **Παρασκευή Πουλή**, δρ φυσικής, Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας, Ινστιτούτο Ηλεκτρονικής Δομής και Λέιζερ, Ρ.Ο. Box 1527, Βασιλικά Βουτών, 71110 Ηράκλειο.
- ♦ **Χαράλαμπος Τσαγγαλίδης**, ΔΕ συντηρητής αρχαιοτήτων, ΙΣΤ' Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων, Προέκταση Μεγάλου Αλεξάνδρου, έναντι Ποσειδωνίου, 54646 Θεσσαλονίκη.
- ♦ **Ανδρέας Τσακάλωφ**, χημικός μηχανικός, λέκτωρ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Ιατρικής, 41222 Λάρισα.
- ♦ **Ανθή Τσιμερέκη**, ΤΕ συντηρήτρια αρχαιοτήτων, Υπηρεσία Συντήρησης Μνημείων Ακροπόλεως, Πολυγνώτου 10, 10555 Αθήνα.
- ♦ **Γιασεμή Φραντζή**, ΤΕ συντηρήτρια αρχαιοτήτων, Υπηρεσία Συντήρησης Μνημείων Ακροπόλεως, Πολυγνώτου 10, 10555 Αθήνα.
- ♦ **Κατερίνα Φραντζικινάκη**, ΤΕ Συντηρήτρια Αρχαιοτήτων, Υπηρεσία Συντήρησης Μνημείων Ακροπόλεως, Πολυγνώτου 10, 10555 Αθήνα.

