

ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΕΝΑΝΤΙΑ ΣΤΗΝ ΑΠΟΘΕΣΗ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΑ ΕΡΓΑ ΤΗΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΤΗΣ ΕΘΝΙΚΗΣ ΓΛΥΠΤΟΘΗΚΗΣ

Μαρία Κλιάφα¹, Ιωάννης Καρατάσιος² και Μιχαήλ Δουλγερίδης¹

¹Εθνική Γλυπτοθήκη - Εθνική Πινακοθήκη και Μουσείο Αλεξάνδρου Σούτζου

²ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος, Ινστιτούτο Επιστήμης Υλικών

Περίληψη

Η εναπόθεση των σωματιδιακών ρύπων στην επιφάνεια των έργων τέχνης μπορεί να προκαλέσει ή να επιταχύνει τη φυσική, χημική ή βιολογική φθορά των έργων, ενώ παράλληλα δημιουργεί ένα δυσάρεστο αισθητικό αποτέλεσμα. Επιπλέον, η απομάκρυνση των σωματιδίων από την επιφάνεια των έργων με τη διαδικασία του καθαρισμού, αυξάνει την πιθανότητα φθοράς τους, ιδιαίτερα αν επαναλαμβάνεται συχνά. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται και συζητούνται τα μέτρα που έχουν ληφθεί στην Εθνική Γλυπτοθήκη για την πρόληψη του φαινομένου, δηλαδή την ελαχιστοποίηση των πηγών των σωματιδιακών ρύπων μέσα στο μουσείο και την ελαχιστοποίηση της ποσότητας των ρύπων που εισέρχονται στον εκθεσιακό χώρο.

1. Εισαγωγή

Η Εθνική Γλυπτοθήκη βρίσκεται στο Άλσος του Στρατού και στεγάζεται σε δύο διατηρητέα πέτρινα κτίρια που αποτελούσαν στάβλους του στρατού, ανακαινίστηκαν, άλλαξαν χρήση και λειτουργούν ως μουσείο από το 2004. Μέρος της συλλογής εκτίθεται στο προαύλιο, που αποτελείται από αρκετά στρέμματα πρασίνου. Η μόνιμη συλλογή περιλαμβάνει έργα από παραδοσιακά υλικά, όπως πέτρα, γύψο, πηλό, κράματα μετάλλων, ξύλο, και σύγχρονα, όπως πολυεστέρας, ακρυλικές ρητίνες κ.α.

Προκειμένου να επιβραδυνθεί η δράση των αερομεταφερόμενων σωματιδίων, αλλά και να μην υπάρχει δυσφορία των επισκεπτών, τα έργα τέχνης καθαρίζονται σε τακτική βάση. Είναι μια διαδικασία που απαιτεί χρόνο, εξειδικευμένο προσωπικό και, όπως είναι φυσικό, όταν επαναλαμβάνεται συχνά μπορεί να προκαλέσει επιπλέον φθορά στις επιφάνειες των έργων (ιδιαίτερα σε υλικά όπως ο γύψος ή το διαβρωμένο μάρμαρο). Έτσι, το ζητούμενο είναι να επιμηκυνθεί ο χρόνος επανάληψης του καθαρισμού, για να υπάρχει ισορροπία ανάμεσα στις καθαρές επιφάνειες και την ασφάλεια των έργων. Η ισορροπία που αναζητείται περιλαμβάνει τέσσερα όρια ανεκτικότητας: αυτό των επισκεπτών απέναντι στις σκονισμένες επιφάνειες, αυτό των υλικών απέναντι στην εναπόθεση και τη συσσώρευση ρύπων στην επιφάνειά τους, αυτό των υλικών απέναντι στις διαδικασίες καθαρισμού, και τέλος, της δυνατότητας του προσωπικού συντήρησης να αφιερώνει χρόνο στον καθαρισμό των εκθεμάτων.

Στην Εθνική Γλυπτοθήκη, για να προσεγγιστεί το επιθυμητό αποτέλεσμα, κατά τη δημιουργία του μουσείου ελήφθησαν μέτρα ώστε να ελαχιστοποιηθεί η εισροή ρύπων από το εξωτερικό περιβάλλον, να υπάρχει μειωμένη παραγωγή ρύπων από πηγές στο εσωτερικό, αλλά και να ελαχιστοποιηθεί η κίνηση των ρύπων στην ατμόσφαιρα του χώρου.

2. Προέλευση και διάδοση σωματιδίων σε εσωτερικό χώρο

Οι αερομεταφερόμενοι σωματιδιακοί ρύποι χαρακτηρίζονται ανάλογα με το μέγεθός τους ως πολύ-λεπτοί ή λεπτοί (διαμέτρου έως 1 μm), αδροί ή πολύ-αδροί (μεγαλύτερα σωματίδια). Προέρχονται από την οικοδομική δραστηριότητα ή τα οικοδομικά υλικά, το χώμα, τη θάλασσα, τα καυσαέρια οχημάτων, την αιθάλη, θειούχες, νιτρικές και θεικές ενώσεις, καθώς και από βιολογικούς οργανισμούς. Τα μεγάλα, αργιλοπυριτικής κατά βάσει σύστασης σωματίδια (διαμέτρου 2 μm και μεγαλύτερης) προκαλούν καφέ χρώμα όταν συσσωρεύονται πάνω σε λευκή επιφάνεια (όπως χαρτί), ενώ τα μικρά, οργανικής συνήθως προέλευσης (διαμέτρου μικρότερης από 2 μm) προκαλούν ένα χαρακτηριστικό μαύρο (Nazaroff *et al.* 1993:17). Όταν εναποτίθενται στις επιφάνειες των έργων τέχνης και προκαλούν επικίνδυνες αντιδράσεις, κυρίως λόγω της υγροσκοπικής τους φύσης, που επιτρέπει τη μεταφορά οξέων και επιταχύνει διαδικασίες φθοράς.

Μέσα στα μουσεία, κυριότεροι παράγοντες προέλευσης των σωματιδίων είναι το σύστημα θέρμανσης, ο εξαερισμός, η σκόνη που παράγεται κατά τις κτιριακές επισκευές, η φθορά των δομικών υλικών, τα χαλιά, τυχόν δραστηριότητες σίτισης, αλλά και οι ίδιοι οι εργαζόμενοι και οι επισκέπτες. Οι τελευταίοι μεταφέρουν, συνήθως, στην ατμόσφαιρα του μουσείου ίνες και σκόνες από τα ρούχα τους, ιδιαίτερα τις περιόδους που φορούν μάλλινα ρούχα, οι οποίες διασκορπίζονται και αιωρούνται στον αέρα. Η κίνηση των επισκεπτών μέσα στο χώρο αυξάνει την

συγκέντρωση σωματιδίων στην ατμόσφαιρα του χώρου ιδιαίτερα όταν αυτός διαιρείται σε επιμέρους χώρους (Thatcher and Layton, 1995). Επίσης, οι επισκέπτες μεταφέρουν σημαντική ποσότητα μεγάλου μεγέθους σωματιδίων που κουβαλούν στις σόλες των υποδημάτων τους, τα οποία συνήθως εναποτίθενται στο πάτωμα ή σε μικρή απόσταση (ύψος) από αυτό. Τα μεγάλα σωματίδια εναποτίθενται κυρίως σε οριζόντιες επιφάνειες λόγω βαρύτητας, ενώ τα μικρότερα, σε επιφάνειες διαφόρων προσανατολισμών (οριζόντιες ή κάθετες), ακόμη και σε αυτές που έχουν αρνητική κλίση με όψη προς το πάτωμα, λόγω ηλεκτροστατικών φορτίων.

Στις περισσότερες δημοσιευμένες μελέτες τα μεγάλα σωματίδια εντοπίζονται έως και σε ύψος 40 εκατοστών από το πάτωμα, ενώ σε απόσταση 1 μέτρου από το πάτωμα δεν ανιχνεύονται καθόλου (Camuffo et al., 2001). Τα μικρού μεγέθους σωματίδια βρίσκονται σε όλες τις περιοχές, ενώ μετακινούνται και ανακυκλώνονται με την κίνηση του αέρα, ενώ η κινητικότητα και η διασπορά τους αυξάνονται όταν υπάρχει κυκλοφορία επισκεπτών.

Σχετικά με το μέγεθος των σωματιδιακών ρύπων, η Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος (US EPA), έχει θεσπίσει - και έχει γίνει ευρέως αποδεκτή - την παρακάτω κατηγοριοποίηση (Πίνακας 1), καθώς κάθε υποκατηγορία των σωματιδίων επηρεάζει με διαφορετικό τρόπο την ποιότητα της ατμόσφαιρας, τα οικοσυστήματα και την ανθρώπινη υγεία.

Κατηγορία	Μέγεθος κόκκου (διάμετρος)
Πολύ μεγάλο/ αδροί (supercoarse)	$d > 10 \mu\text{m}$
Μεγάλοι/ αδροί (coarse)	$2,5 \mu\text{m} < d < 10 \mu\text{m}$
Λεπτοί/ μικροί (fine)	$0,1 \mu\text{m} < d < 2,5 \mu\text{m}$
Υπέρλεπτοι (ultrafine)	$d \leq 0,1 \mu\text{m}$

Πίνακας 1. Η κατηγοριοποίηση των σωματιδιακών ρύπων κατά EPA (Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος) και το αντίστοιχο εύρος της διαμέτρου τους (<http://www.epa.gov/airscience/quick-finder/particulate-matter.htm>).

3. Χαρακτηριστικά του χώρου έκθεσης

Η συλλογή της Γλυπτοθήκης εκτίθεται σε έναν ενιαίο χώρο, στον οποίο υπάρχει πρόσβαση από μία μόνο είσοδο, ενώ τα παράθυρα του κτιρίου είναι σφραγισμένα. Έτσι, αποφεύγεται η απευθείας μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων σωματιδίων από τον εξωτερικό στον εσωτερικό χώρο, αλλά και η δημιουργία ρευμάτων αερίων μαζών, που θα προκαλούσαν αυξημένη εισροή και κίνηση σωματιδίων.

Το αρχικό, διατηρητέο δάπεδο του χώρου είναι από κυβόλιθους και κονίαμα, αλλά κατά τη δημιουργία του μουσείου καλύφθηκε από βιομηχανικό δάπεδο (Εικ.1). Καθαρίζεται με επαγγελματικού τύπου ηλεκτρική σκούπα που χρησιμοποιεί υγρό καθάρισμα και επιλέχθηκε γιατί στη σχετική βιβλιογραφία αναφέρεται ότι οι κλασσικές ηλεκτρικές σκούπες αναρρόφησης αέρα επαναδιοχετεύουν στον αέρα μέρος των μεγάλων σωματιδίων και μπορεί ακόμη και να αυξήσουν τη συγκέντρωσή τους κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της σκούπας σε χαμηλά ύψη. Επίσης, κανένα σημείο του δεν είναι καλυμμένο από χαλί, το οποίο θα δεκαπλασίαζε τη συγκέντρωση σωματιδίων (Camuffo et al., 2001). Επίσης, στο χώρο της έκθεσης επιλέχθηκε να μην λειτουργεί καφετέρια ή άλλος χώρος παρασκευής φαγητών, καθώς αυτοί αποτελούν άλλη μία πηγή παραγωγής ρύπων.

Τα έργα της μόνιμης συλλογής τοποθετήθηκαν στο χώρο της έκθεσης δύο χρόνια μετά τη λήξη των εργασιών ανακαίνισης των κτιρίων, και έτσι αποφεύχθηκε η επιβάρυνση από τους σωματιδιακούς ρύπους που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια των εργασιών. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, τα καινούργια υλικά που χρησιμοποιούνται στις ανακατασκευές των κτιρίων εκπέμπουν ρύπους μέχρι και ενάμιση χρόνο μετά την τοποθέτησή τους (Kenjo 1986). Ειδικότερα τα έργα από γύψο και άψητο πηλό, που είναι ευαίσθητα απέναντι στη φθορά, αλλά και στις εργασίες καθαρισμού, τοποθετήθηκαν μέσα σε προθήκες για να μειωθεί η ποσότητα εναπόθεσης ρύπων στην επιφάνειά τους.



Εικ. 1 Άποψη του εκθεσιακού χώρου της Μόνιμης Συλλογής, όπου διακρίνονται κάποια από τα χαρακτηριστικά μέτρα που ελήφθησαν για την ελαχιστοποίηση της εναπόθεσης σωματιδιακών ρύπων πάνω στα έργα (δάπεδο, βάσεις έργων, σφραγισμένα παράθυρα και πόρτες)

Όλα τα έργα τοποθετήθηκαν σε ξύλινες βάσεις επικαλυμμένες με ένα μίγμα άμμου και συνδετικού – συγκολλητικού υλικού. Όπου ήταν δυνατό, οι βάσεις έχουν ύψος πάνω από μισό μέτρο, ενώ ακόμη και τα πολύ μεγάλα έργα τοποθετήθηκαν σε βάσεις μικρού ύψους (ώστε να αποφεύγεται η άμεση επαφή τους με το πάτωμα και επιπλέον να προστατεύονται από την επαφή με τα καθαριστικά προϊόντα).

Στο μουσείο το σύστημα ψύξης-θέρμανσης και αερισμού είναι εγκατεστημένο στο υπόγειο, το οποίο παρέχει αέρα από το πάτωμα μέσω μεταλλικών εσχάρων, που διατρέχουν το χώρο παράλληλα με τους τοίχους και στη μέση του χώρου (Εικ. 2, 3). Ο εξαερισμός γίνεται από σωλήνες, που επίσης καταλήγουν σε μεταλλικές εσχάρες. Το σύστημα κλιματισμού διατηρεί σταθερή τη θερμοκρασία στο χώρο όλο το εικοσιτετράωρο, ενώ η λειτουργία του ελέγχεται διαδικτυακά από εξουσιοδοτημένη εταιρία, μέσω ανιχνευτών που είναι εγκατεστημένοι σε διάφορα σημεία του χώρου. Έτσι, υπάρχουν σταθερές περιβαλλοντικές συνθήκες για τα εκθέματα, αλλά και μειωμένη συγκέντρωση σωματιδίων, αφού αποφεύγεται η δημιουργία ρευμάτων από απότομες θερμοκρασιακές μεταβολές.



Εικ. 2 Οι σχάρες του συστήματος ψύξης-θέρμανσης, κατά μήκος του τοίχου.



Εικ. 3 Οι σχάρες του συστήματος ψύξης-θέρμανσης, στο μέσο του χώρου, στο δάπεδο.

Για την κατακράτηση των σωματιδίων, οι σωλήνες παροχής αέρα του συστήματος ψύξης-θέρμανσης διαθέτουν ένα προκαταρκτικό φίλτρο, ενώ ένα επιπλέον σύστημα σακόφιλτρων κατακρατεί τα σωματίδια πολύ μικρής

διαμέτρου. Το προκαταρκτικό φίλτρο, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του, κατακρατεί έως 85% των αερομεταφερόμενων σωματιδίων, ενώ με την επιπλέον εγκατάσταση των σακόφιλτρων η κατακράτηση αγγίζει το 90%.

3. Πειραματική διαδικασία

Προκειμένου με μελετηθούν οι σωματιδιακοί ρύποι μέσα σε μουσεία έχουν προταθεί και χρησιμοποιηθεί διεθνώς διάφορες επιφάνειες (συλλέκτες) για τη συλλογή του δείγματος, επιφάνειες από μίκα επικαλυμμένες με άνθρακα (Ligocki *et al.*, 1990), υποστρώματα αλουμινίου με ή χωρίς κολλώδη επικάλυψη (Kildeso *et al.*, 1999), γυάλινες πλάκες μικροσκοπίου (Ford and Adams, 1999), επιφάνειες από άνθρακα και λίθινα δοκίμια (Esbert *et al.*, 2001), αλλά και δείγμα σκόνης από τις κορνίζες των πινάκων (Camuffo *et al.*, 1999).

. Στην περίπτωση της Εθνικής Γλυπτοθήκης, ως επιφάνεια συλλογής των σωματιδίων, χρησιμοποιήθηκαν λεπτοί αγωγίμοι δίσκοι με κολλώδη επιφάνεια, κατάλληλες για την εξέταση δειγμάτων σκόνης στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM), για την αθροιστική συλλογή δείγματος ανα μήνα, για συνολική χρονική περίοδο ενός έτους. Μία σειρά συλλεκτών τοποθετήθηκε σε ύψος δύο μέτρων από το πάτωμα, προκειμένου να εξασφαλιστεί η προστασία των συλλεκτών κατά τη διάρκεια του ενός έτους, αλλά και για να μην ενοχλούν οπτικά το κοινό και τους εργαζόμενους στο χώρο της έκθεσης. Επίσης, συλλέκτες τοποθετήθηκαν στο πάτωμα και σε ύψος ενός μέτρου, σε δύο θέσεις, μία κοντά στην είσοδο, ώστε να μελετηθεί η αλληλεπίδραση με το εξωτερικό περιβάλλον, και μία στο εσωτερικό της έκθεσης, μακριά από την είσοδο, από όπου συλλέχθηκε ανά εβδομαδιαία η αθροιστική απόθεση των σωματιδίων (Εικ. 4,5). Παρόλο που τα γλυπτά αποτελούνται από επιφάνειες με ποικίλο προσανατολισμό, όλοι οι συλλέκτες τοποθετήθηκαν οριζόντια, αφού για να συσσωρευτούν αντιπροσωπευτικές ποσότητες σωματιδίων σε κάθετες επιφάνειες θα έπρεπε να παραμείνουν για τουλάχιστον ένα χρόνο (Nazaroff, 1990). Τέλος, προκειμένου να συγκριθούν τα σωματιδιακά φορτία μέσα και έξω από το χώρο του μουσείου, και έτσι να ελεγχθεί και η αποτελεσματικότητα του συστήματος φίλτρων, αντίστοιχοι συλλέκτες τοποθετήθηκαν και εξωτερικά, σε στεγασμένες θέσεις, εκατέρωθεν της εισόδου.

Τα ποιοτικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά των σωματιδίων μελετήθηκαν σε στερεή κατάσταση με ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης, σε συνδυασμό με στοιχειακή ανάλυση (SEM/EDX), ενώ για τον υπολογισμό της αθροιστικής συγκέντρωσής τους, οι εικόνες αναλύθηκαν με πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνων. Σύμφωνα με συγκεκριμένες ρουτίνες, επιλέγονται τα σωματίδια που ανιχνεύονται σε συγκεκριμένο εμβαδόν (περίπου 500 X 500 μm), καταμετρούνται το πλήθος και η περιμέτρός τους, και από εκεί υπολογίζεται η ακτίνα τους. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται σε τουλάχιστον πέντε διαφορετικές περιοχές, ώστε να εξασφαλιστεί, κατά το δυνατόν, η αντιπροσωπευτικότητα των αποτελεσμάτων.



Εικ. 4 Αυτοκόλλητα παρατήρησης στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, τοποθετημένα στο δάπεδο και σε ύψος περίπου 1 μέτρο.



Εικ. 5 Ένα από τα αυτοκόλλητα παρατήρησης στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο που τοποθετήθηκαν στο δάπεδο.

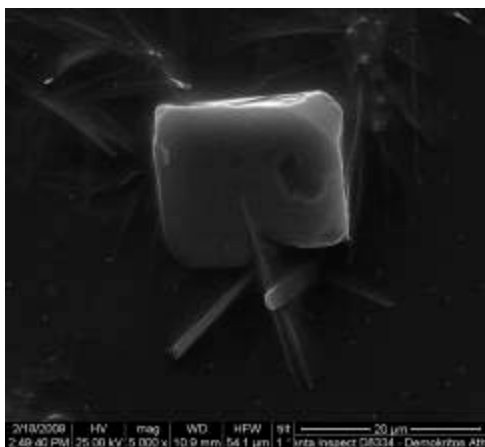
4. Αποτελέσματα - Συμπεράσματα

Μεταξύ των διαφορετικών θέσεων δειγματοληψίας στον εκθεσιακό χώρο της Εθνικής Γλυπτοθήκης δεν παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτες διαφορές ως προς τη σύσταση, τη μορφολογία και το μέγεθος των σωματιδίων. Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά και η στοιχειακή σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων που συλλέχθηκαν τα κατατάσσουν στις παρακάτω κατηγορίες:

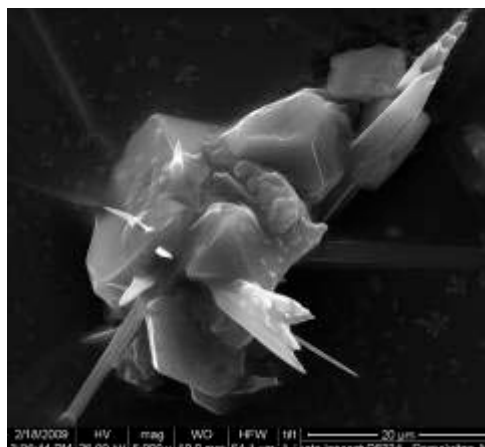
- σωματίδια ανθρακικής σύστασης (CaCO_3), προερχόμενα ως επί το πλείστον από οικοδομικά υλικά
- σχηματισμοί διαλυτών αλάτων, κύριως χλωριούχου νατρίου (NaCl) και θεικού νατρίου (Na_2SO_4) (Εικ. 6,7)
- συσσωμάτωμα διαλυτών αλάτων με σωματίδια αργιλοπηριτικής σύστασης
- παραπροϊόντα καύσης οργανικής σύστασης (Εικ. 8)
- σωματίδια βιογενούς προέλευσης (Εικ. 9) και
- φυτικές και συνθετικές ίνες, προερχόμενες από τα ρούχα των επισκεπτών.

Το σύνολο δηλαδή των σωματιδίων προέρχονται τόσο από το περιβάλλον όσο και από τον ανθρώπινο παράγοντα. Ως κύριες πηγές των σωματιδίων που ταυτοποιήθηκαν θεωρούνται οι μηχανές καύσης πετρελαιοειδών (αυτοκίνητα, καυστήρες κεντρικής θέρμανσης), τα διαλυτά άλατα που μεταφέρονται από τη θάλασσα με τη μορφή σταγονιδίων, η μικροχλωρίδα και η βλάστηση του κήπου της γλυπτοθήκης, καθώς και επισκέπτες και οι υπάλληλοι του Μουσείου, που μεταφέρουν στα παπούτσια και στα ρούχα τους σωματίδια χώματος, σκόνη από δομικά υλικά και ίνες. Ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας για το οργανικό φορτίο των σωματιδίων θεωρείται η γειννίαση με δρόμο μεγάλης κυκλοφορίας (λεωφόρος Κατεχάκη) και η χρήση μεγάλης έκτασης πλησίον του μουσείου ως χώρου στάθμευσης.

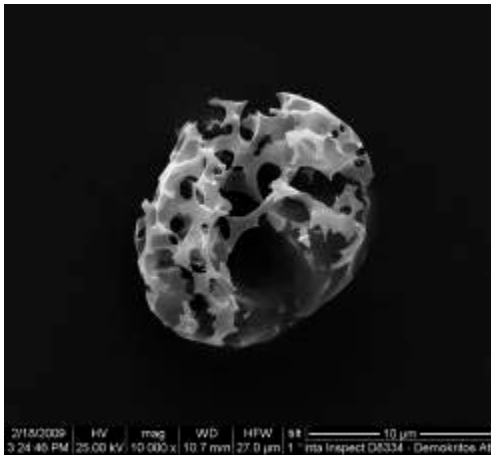
Όσον αφορά στην ποσότητα των σωματιδίων, στο Διάγραμμα 1 παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των αποτιθέμενων σωματιδίων (εκφρασμένες ως αριθμός σωματιδίων ανά μονάδα επιφάνειας, συναρτήσει της ακτίνας τους) στον εσωτερικό χώρο, για χρονικό διάστημα ενός έτους, σε σύγκριση με αυτή στο εξωτερικό περιβάλλον, για χρονικό διάστημα ενός μήνα. Παρατηρείται ότι η εναπόθεση σε δώδεκα μήνες μέσα στο μουσείο είναι μικρότερη από αυτή που συμβαίνει σε έναν μήνα εκτός του μουσείου (Διάγραμμα 1). Επίσης, παρατηρείται ότι το μέγεθος των σωματιδίων είναι μεγαλύτερο εκτός του μουσείου, υποδηλώνοντας την συσσωμάτωση των αιωρούμενων σωματιδίων που αποτίθενται στους συλλέκτες, γεγονός που ευθύνεται και για τη σταδιακή δημιουργία της σκούρας κρούστας στην επιφάνεια των έργων. Στις Εικόνες 11 και 12 φαίνεται και οπτικά η διαφοροποίηση στην ποσότητα και το μέγεθος των σωματιδιακών αποθέσεων μέσα και έξω της έκθεσης.



Εικ. 6 Κρύσταλλος χλωριούχου νατρίου (NaCl), περιτριγυρισμένος από σχηματισμούς θεικού νατρίου (Na_2SO_4).



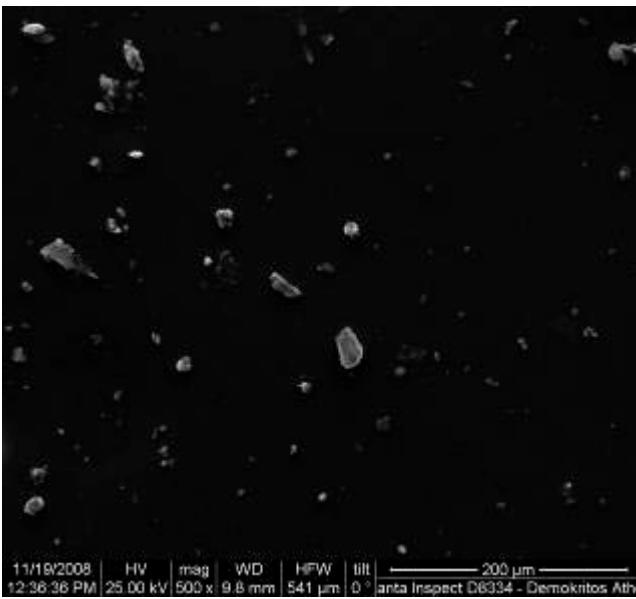
Εικ. 7 Συσσωμάτωμα αργιλοπηριτικών φάσεων με κρυσταλλικούς σχηματισμούς χλωριούχου νατρίου (NaCl) και θεικού νατρίου (Na_2SO_4).



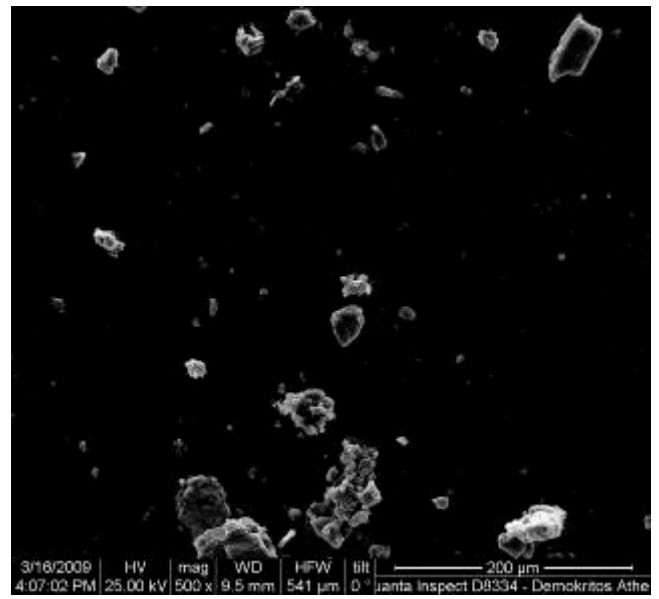
Εικ. 8 Σωματίδιο άνθρακα (C), με αυξημένη συγκέντρωση σιδήρου (Fe) και θείου (S).



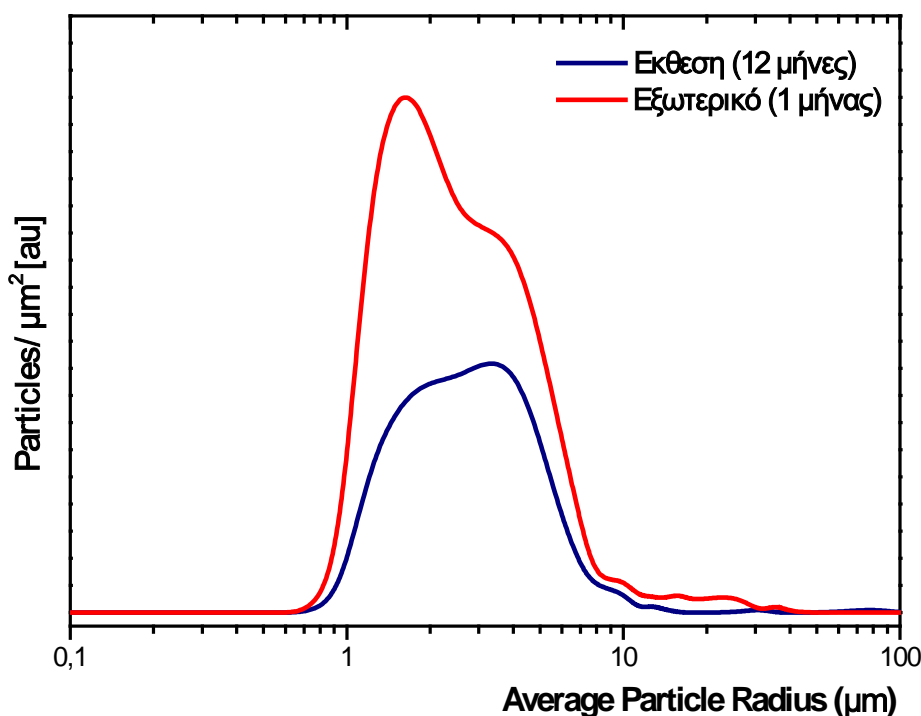
Εικ. 9 Σωματίδιο βιογενούς προέλευσης.



Εικ. 11 Αθροιστική συγκέντρωση στο χώρο της έκθεσης, για χρονικό διάστημα δώδεκα (12) μηνών.



Εικ. 12 Αθροιστική συγκέντρωση στον εξωτερικό χώρο, για χρονικό διάστημα ενός (1) μήνα.



Διάγραμμα 1 Αθροιστική συγκέντρωση [au] και κατανομή των σωματιδιακών ρύπων, συναρτήσει της ακτίνας τους (μm), στην επιφάνεια των συλλεκτών στην έκθεση και στον εξωτερικό χώρο, για χρονικό διάστημα ενός (1) έτους και ενός (1) μήνα αντίστοιχα.

Από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι τα μέτρα που έχουν ληφθεί για την ελαχιστοποίηση της μεταφοράς σωματιδιακών ρύπων από το εξωτερικό περιβάλλον στον εκθεσιακό χώρο είναι αποτελεσματικά. Οι συγκέντρωση των σωματιδιακών ρύπων στο εσωτερικό του μουσείου είναι πολύ λίγοι και έτσι, επιτυγχάνεται η προστασία των έργων, επιμηκύνεται το χρονικό διάστημα που απαιτείται για τον καθαρισμό τους και ελαττώνεται ο φόρτος εργασίας των συντηρητών. Το οικονομικό όφελος από την εγκατάσταση των φίλτρων, αλλά και των υπολοίπων επιλογών είναι αναμφίβολα μεγάλο, καθώς διατηρείται η αισθητική, η καλλιτεχνική αλλά και η εμπορική αξία των έργων, που συνήθως αλλοιώνονται και υποβαθμίζονται από τη φθορά που προκαλούν οι σωματιδιακοί ρύποι (Ford and Adams, 1999).

Προϋπόθεση για την επιτυχή λειτουργία του συστήματος ελέγχου της ποιότητας της ατμόσφαιρας στον εκθεσιακό χώρο αποτελούν η σωστή μηχανολογική και αρχιτεκτονική μελέτη του συστήματος, καθώς και ο τακτικός έλεγχος και ρύθμιση του συστήματος. Οι παράμετροι που πρέπει να ελέγχονται αφορούν στον καθαρισμό και αντικατάσταση των φίλτρων, τη ρύθμιση των επιπέδων της θερμοκρασίας και του αερισμού (και μέσω αυτών και της υγρασίας), συναρτήσει της εποχής, του ωραρίου λειτουργίας του μουσείου και του αριθμού των επισκεπτών που εισέρχονται ταυτόχρονα στο χώρο της έκθεσης.

Αποδεικνύεται, λοιπόν ότι οι αρχιτεκτονικές, μουσειολογικές και μηχανολογικές επιλογές, σε συνδυασμό με τη σωστή επιλογή και χρήση υλικών και μεθόδων συντήρησης από τους συντηρητές μπορούν να συμβάλουν ουσιαστικά στην προστασία των έργων, αφενός από την φθορά λόγω της εναπόθεσης των σωματιδιακών ρύπων και αφετέρου από την συνεχή «καταπόνηση» και έκθεση σε κίνδυνο (risk) που υπόκεινται τα έργα κατά την συχνή συντήρησή τους. Επιπλέον, τα έργα εκτίθενται σε μικρότερο βαθμό στους κινδύνους φθοράς κατά τις διαδικασίες συσκευασίας, μεταφοράς, καθαρισμού και επιφανειακής προστασίας.

Βιβλιογραφία

Camuffo D., Brimblecombe P., Van Grieken R., Busse H-J., Sturaro G., Valentino A., Bernardi A., Blades N., Shooter D., De Bock L., Gysels K., Wieser M., and Kim O. (1999) Indoor air quality at the Correr Museum, Venice, Italy, *The Science of the Total Environment*, 236, pp. 135-152.

Camuffo D., Van Grieken R., Busse H-J., Sturaro G., Valentino A., Bernardi A., Blades N., Shooter D., Gysels K., Deutsch F., Wieser M., Kim O. and Ulrych U. (2001) Environmental monitoring in four European museums, *Atmospheric Environment*, 35 Supplement No1, pp. 127-140.

- Esbert R.M., Diaz-Pache F., Grossi C.M., Alonso F.J. and Ordaz J. (2001) Airborne particulate matter around the Cathedral of Burgow (Castilla y Leon, Spain), *Atmospheric Environment*, 35, pp. 441-452.
- Ford D. and Adams S. (1999) Deposition rates of particulate matter in the internal environment of two London museums, *Atmospheric Environment*, 33, pp. 4901-4907.
- Kenjo T. (1986) Certain deterioration factors of works of art and simple devices to monitor them, *International Journal of Museum Management and Curatorship*, 5, pp. 295-300.
- Kildeso J., Vallarino J., Spengler J.D., Brightman H.S. and Schneider Th. (1999) Dust build-up on surfaces in the indoor environment, *Atmospheric Environment*, 99, pp. 699-707.
- Ligocki M.P., Harvey I.H.L. and Cass G.R. (1990) Measurements of particulate deposition rates inside Southern Californian Museums, *Aerosol Science and Technology*, 13, pp. 85-101.
- Nazaroff W.W., Salmon L.G. and Cass G.R. (1990) Concentration and fate of airborne particles in museums, *Environmental Science and Technology*, 24, pp. 66-77.
- Nazaroff W.W., Ligocki M.P., Salmon L.G., Cass G.R., Fall T., Jones M.C., Liu H.I.H. and Ma T. (1993) *Airborne Particles in Museums*, The Getty Conservation Institute, USA. (available on line: http://www.getty.edu/conservation/publications/pdf_publications/airborne.pdf)
- Thatcher T.L. and Layton D.W. (1995) Deposition, resuspension, and penetration of particles within a residence, *Atmospheric Environment*, v.29 (13), pp. 1487-1497.

Βιογραφικά σημειώματα

Η Μαρία Κλιάφα έχει πτυχίο στη Συντήρηση Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης από το ΤΕΙ Αθήνας (1997) και διδακτορικό στην Επιστήμη της Συντήρησης από το De Montfort University της Αγγλίας (2005). Είναι υπάλληλος της Εθνικής Πινακοθήκης και εργάζεται στην Εθνική Γλυπτοθήκη ως Υπεύθυνη του Εργαστηρίου Συντήρησης Γλυπτών.
(mariakliafa@nationalgallery.gr)

Ο Ιωάννης Καρατάσιος είναι Συντηρητής Αρχαιοτήτων (ΤΕΙ Αθήνας), με εξειδίκευση στα αρχαιολογικά ευρήματα και στα αρχιτεκτονικά μνημεία. Είναι κάτοχος διδακτορικού (De Montfort University, UK) και εργάζεται στο Ινστιτούτο Επιστήμης Υλικών του Εθνικού Κέντρου Έρευνας Φυσικών Επιστημών «Δημόκριτος». Ασχολείται με την τεχνολογική μελέτη και την παθολογία των δομικών και διακοσμητικών υλικών στα αρχιτεκτονικά μνημεία, με έμφαση στα κονιάματα. Επίσης, ασχολείται με τη μελέτη του αρχαιολογικού γυαλιού, των κεραμικών και των τοιχογραφιών. Είναι μέλος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Προτυποποίησης CEN/TC 346/ WG2 'Materials constituting cultural property'.
(ikarat@ims.demokritos.gr)

Ο Μιχαήλ Δουλγερίδης είναι πτυχιούχος Ζωγραφικής και χαρακτικής της Ακαδημίας Καλών Τεχνών της Φλωρεντίας, με δίπλωμα Μουσειολογίας και Συντήρησης Έργων Τέχνης, Certificat Καλλιτεχνικής Εκτίμησης Έργων Τέχνης από το Πανεπιστήμιο Τεχνών της Φλωρεντίας. Είναι κάτοχος Μεταπτυχιακού στην Ιστορία της τέχνης του Ε.Κ.Π.Α. και Διδακτορικού από το τμήμα Ιστορίας και Αρχαιολογίας του Ε.Κ.Π.Α.. Από το 1980 εργάζεται ως συντηρητής πινάκων στην Εθνική Πινακοθήκη – Μουσείο Αλεξάνδρου Σούτζου (Ε.Π.Μ.Α.Σ.) και από το 1991 είναι προϊστάμενος της Διεύθυνσης Καλλιτεχνικής Συντήρησης και Αποκατάστασης Έργων Τέχνης της Ε.Π.Μ.Α.Σ.. Παράλληλα με τη μακρόχρονη εμπειρία του στη συντήρηση και αποκατάσταση ζωγραφικών έργων τέχνης, συγκαταλέγεται μεταξύ των πρωτοπορών στην εφαρμογή των νέων τεχνολογιών στον τομέα αυτό. Παράλληλα, έχει αναπτύξει πλούσια συγγραφική δραστηριότητα στα παραπάνω γνωστικά αντικείμενα, καθώς και σε θέματα μουσειολογίας και ερμηνείας έργων τέχνης.
(michaildoulgeridis@nationagallery.gr)

Abstract

The accumulation of particulate matter on the surface of works of art can initiate or accelerate the physical, chemical or biological weathering of the material made of, while additionally creates an unpleasant aesthetic appearance. The removal of surface depositions through the cleaning procedures at sort time intervals increases the risk for damage or accident during interventions. This work presents and discusses the preventive measures considered during the permanent exhibition setup, aiming to face efficiently the amount and effect of particulate matter that enters and dispersed in the exhibition area.