

## Φθορές και Αποκατάσταση – Συντήρηση Έργων Τέχνης από Γυαλί

Ευρύκλεια Καραγιαννίδου

Χημικός MSc, Συγγραφέας

evrykleia21@hotmail.com

### Περίληψη

Πριν την υιοθέτηση των συνθετικών υλικών από τους συντηρητές περίπου 50 χρόνια πριν, οι κολλήσεις και συμπληρώσεις στα γυάλινα αντικείμενα γίνονταν χρησιμοποιώντας ζωικές κόλλες, σελάκη (shellac), νιτρική κυτταρίνη, φυσικά κεριά όπως το κέρι της μέλισσας και ο γύψος του Παρισιού. Τα συνθετικά υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς είναι το διαλυτό νάιλον, πολυοξικός βινυλεστέρας, πολυβινυλική αλκοόλη, πολυβινυλοχλωρίδιο, πολυβινυλοβουτυράλη, πολυουρεθάνες, ακρυλικά, κυανοακρυλικό εστέρες, σιλκόνες, πολυεστέρες και εποξειδικές ρητίνες που σκληραίνουν σε θερμοκρασία δωματίου. Κάθε κόλλα έχει τα καλά και τα κακά της σημεία. Πολλές παραδοσιακά χρησιμοποιούμενες κόλλες είναι υψηλά χρωματισμένες, συρρικνώνονται και ρηγματώνονται με το χρόνο. Οι περισσότερες συνθετικές κόλλες, παρόλο που παρουσιάζουν μερικές βελτιώσεις σε αυτές τις ιδιότητες, μειονεκτούν στη συρρίκνωση κατά τη σκλήρυνση, έχουν ανόμοιους δείκτες διάθλασης με το γυαλί ή είναι πολύ ασθενείς. Μερικές δεν μπορούν να θεωρηθούν κατάλληλες για γυαλιά βιτρό γιατί δεν είναι ανθεκτικές στο νερό.

Λείπουν λέξεις κλειδιά;

### 1. Εισαγωγή – Ιστορική εξέλιξη γυάλινων έργων τέχνης

Κατά τους ιστορικούς χρόνους το γυαλί που παρασκεύασε ο άνθρωπος θεωρήθηκε πολύτιμο υλικό και του προσδόθηκαν μαγικές ιδιότητες και προέλευση. Η μετατροπή της άμμου μαζί με τέφρα φυτών, κάτω από την επίδραση της φωτιάς, σε ένα έγχρωμο υγρό που στη συνέχεια καθώς ψύχεται μπορεί να μεταμορφωθεί σε μια ατελείωτη ποικιλία μορφών και σχημάτων με όψη «στερεού ύδατος» και αφή λεία και δροσερή, αποτελεί ακόμα και σήμερα τη μαγεία της υαλοουργικής τέχνης.

Η ανακάλυψη του γυαλιού έγινε κάπου στην ανατολική Μεσόγειο πριν το 3000 π.Χ. Σύμφωνα με τον Ρωμαίο ιστορικό Πλίνιο, η παραγωγή του γυαλιού συνδέεται με τον ποταμό Belus στη Φοινίκη (σήμερα ποταμό Naaman στο Ισραήλ). Οι περισσότεροι ερευνητές θεωρούν τη Μεσοποταμία ή την Αίγυπτο ως τον τόπο γέννησης του γυαλιού. Είναι γνωστό από γυάλινα αντικείμενα που επιβίωσαν της ταφής, ότι έγχρωμα υαλώματα χρησιμοποιήθηκαν εκτεταμένα στην Αίγυπτο, στη Μεσοποταμία και στο Αιγαίο κατά την 4<sup>η</sup> χιλιετία π.Χ. Η κυρίως έδρα των υαλοργών ήταν το Δέλτα του Νείλου κοντά στα αποθέματα σόδας και καυσίμων. Ο Αιγύπτιος Φαραώ Τουταγχαμών III ίδρυσε εργοστάσιο κατασκευής γυάλινων αγγείων το 1370 π.Χ. Το Αιγυπτιακό γυαλί είναι το πιο γνωστό αυτής της περιόδου και πολλά αντικείμενα έχουν βρεθεί σε τάφους της 18<sup>ης</sup> και 19<sup>ης</sup> δυναστείας. Τα αγγεία είναι μικρά και χρησίμευαν κυρίως ως δοχεία για αρώματα και αλοιφές ή ως ταφικές δωρεές και αντικείμενα τέχνης. Είναι έντονα χρωματισμένα και σχεδόν αδιαφανή, εξαιτίας τόσο της επιθυμίας να μιμηθούν τους ημιπολύτιμους λίθους, όσο και συγκεκριμένων τεχνολογικών περιορισμών. Η παραγωγή γυαλιού, έφτασε στο τέλος της, γύρω στο 1200 π.Χ. μετά την πτώση των βασιλείων της Αιγύπτου και της Συρίας κάτω από την επίδραση των εισβολών. Με την αναβίωση των αυτοκρατοριών τον 8<sup>ο</sup> και 7<sup>ο</sup> αιώνα δημιουργήθηκε η απαραίτητη σταθερότητα και συγκέντρωση πλούτου και πόρων για την αναγέννηση της παραγωγής γυαλιού.





Εικόνα 1. Αγγεία από γυαλί

Κατά την Ελληνιστική περίοδο (τέλη του 4<sup>ου</sup> – 2<sup>ου</sup> αιώνα π.Χ.) νέα σχήματα και διακοσμήσεις εισήχθησαν στην κατασκευή του γυαλιού με την τεχνική του πυρήνα. Στην περίοδο αυτή κάνουν την εμφάνισή τους ημισφαιρικά αγγεία από διαφανές, σχεδόν άχρωμο γυαλί. Κατά τη διάρκεια του 1<sup>ου</sup> αιώνα μ.Χ., η ανακάλυψη του φυσητού γυαλιού, πιθανότατα στη Συρία, μετέτρεψε το γυαλί σε φτηνό εμπόρευμα που μπορούσε να παραχθεί μαζικά. Τα γυάλινα αντικείμενα έπαψαν πια να είναι είδη πολυτελείας, μορφολογικά έγιναν πιο απλά και λειτουργικά και χρησιμοποιήθηκαν ευρύτατα για οικιακούς σκοπούς. Δοχεία από γυαλί χρησιμοποιήθηκαν ιδιαίτερα στη μεταφορά και αποθήκευση εδώδιμων προϊόντων, διότι ήταν ελαφρά, διαφανή, επαναχρησιμοποιήσιμα και δεν προσέδιδαν γεύση στο περιεχόμενό τους. Το γυαλί που χρονολογείται από τον 1<sup>ο</sup> μέχρι τον 4<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. περιγράφεται ως ρωμαϊκό. Τον 3<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. η παραγωγή γυαλιού έφτασε στο αποκορύφωμά της τόσο σε ποιότητα όσο και σε ποσότητα.

Το γυαλί ήταν ένα σημαντικό συστατικό των μωσαϊκών της Βυζαντινής περιόδου. Ικανότατοι τεχνίτες διακόσμησαν Βυζαντινές εκκλησίες στη Ραβέννα και σε όλη την επικράτεια, αλλά και μουσουλμανικά τεμένη στη Δαμασκό και την Κόρδοβα της Ισπανίας με εξαιρετικά εντοίχια μωσαϊκά. Τον 13<sup>ο</sup> αιώνα η ποιότητα του γυαλιού είχε φτάσει σε πολύ υψηλό επίπεδο. Μεγάλος αριθμός αντικειμένων από διαφανές σχεδόν άχρωμο γυαλί, που χρονολογούνται στον 12<sup>ο</sup> με 14<sup>ο</sup> αιώνα, βρέθηκαν στην Ιταλία και σε άλλα μέρη της Ευρώπης. Πρόκειται κυρίως για ποτήρια κρασιού με υψηλό πόδι ή κύπελα αξιοσημείωτης κομψότητας. Τον 15<sup>ο</sup> αιώνα η Βενετία υπερίσχυσε επισκιάζοντας και την ανατολική κυριαρχία στην υαλουργία. Η Βενετία όφειλε την κυριαρχία της σε μια σειρά συγκυριών, που αφορούσαν τη γεωγραφική της θέση, την κατάλληλη χρονική στιγμή, την πολιτική της ισχύ και την περίοδο της Αναγέννησης. Πολύ πριν την κατάρρευση της Βενετικής κοσμοκρατίας το 1797 η παραγωγή του καλού γυαλιού πέρασε στα χέρια των υαλουργών της Βρετανίας και της Βοημίας. Με την κήρυξη του 1<sup>ου</sup> Παγκοσμίου πολέμου μια ουδέτερη χώρα, η Σουηδία, πήρε το προβάδισμα στο χώρο του γυαλιού, ενώ μετά το 2<sup>ο</sup> Παγκόσμιο πόλεμο εμφανίζονται υαλουργικά εργαστήρια πρώτα στην Αμερική και μετά στην Ευρώπη.



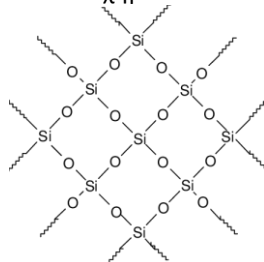
Εικόνα 2. Ποτήρια κρασιού



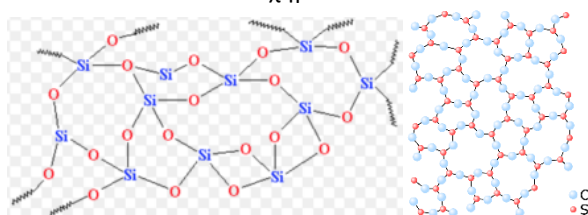
## 2. Δομή και σύσταση του γυαλιού

Το γυαλί μπορεί να φαίνεται ότι περιγράφει μια απλή ουσία αλλά είναι ένας ευρύς όρος που αναφέρεται σε έναν αριθμό διαφορετικών αλλά συσχετιζόμενων υλικών. Το κοινό γυαλί αποτελείται από διοξείδιο του πυριτίου -οξείδιο του ασβεστίου – οξείδιο του νατρίου ( $\text{SiO}_2\text{-CaO-Na}_2\text{O}$ ). Το αλκαλικό οξείδιο αλληλοεπιδρά με το πυρίτιο σπάζοντας τους δεσμούς Si-O-Si και σχηματίζοντας δεσμούς Si-O-Na. Αυτό έχει ως συνέπεια να μειώνεται η θερμοκρασία τήξης. Έτσι σε κατάσταση τήξης, το γυαλί θεωρείται ότι περιέχει κατιόντα νατρίου ( $\text{Na}^+$ ), ασβεστίου ( $\text{Ca}^{2+}$ ) και πυριτικά ανιόντα ( $\text{SiO}_4^{4-}$ ). Κατά την ψύξη τα ανιόντα παράγουν ένα τρισδιάστατο στερεό δίκτυο, το οποίο σε αντίθεση με το κρυσταλλικό πλέγμα (Σχήμα 1\_ Διοξείδιο του πυριτίου στην κρυσταλλική του μορφή), δεν παρουσιάζει κανονικές και σταθερές θέσεις ιόντων. Και εδώ όμως τα τετράεδρα  $\text{SiO}_4^{4-}$  παραμένουν οι βασικές δομικές μονάδες (Σχήμα 2\_ Η δομή του γυαλιού που βλέπουμε καθημερινά σε βάζα και παράθυρα).

Σχήμα 1.



Σχήμα 2.



Το γυαλί είναι μια παράξενη ουσία. Γενικά θεωρείται σαν ένα υπερψυχθέν υγρό, με χαρακτηριστικά στερεών και υγρών φάσεων. Εάν αφεθεί για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα (ίσως για αιώνες) σε κατακόρυφη θέση, τότε μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι γίνεται λεπτό στην κορυφή και πιο παχύ στο κάτω μέρος του, δηλαδή «ρέει». Αυτό δεν είναι το μοναδικό χαρακτηριστικό του που αλλάζει με το χρόνο: παρόλο που το γυαλί είναι δυνατό όταν παράγεται αρχικά, αποκτά επιφανειακές ατέλειες που δρουν ως σημεία συγκέντρωσης πίεσης. Αυτά με τη σειρά τους εκκινούν βαθύτερες ατέλειες και η διεργασία συνεχίζεται με έναν αθροιστικό τρόπο. Γι' αυτό τα μεγάλης ηλικίας γυαλιά είναι πιο εύθραυστα από τα νέα γυαλιά.

Τροποποιητές (στο αρχαίο γυαλί οι κυριότεροι ήταν το νάτριο και το κάλιο), σταθεροποιητές και χρωστικές (οξείδια κοβαλτίου, χαλκού, σιδήρου, νικελίου κ.α.) προστίθενται στο γυαλί για να μπορεί να δουλευτεί πιο εύκολα και για να προστεθούν σε αυτό διάφορα διακοσμητικά χαρακτηριστικά. Ανάλογα με τα υλικά που περιέχει το αρχικό μίγμα, το γυαλί μπορεί να είναι διαφανές, ημιδιαφανές ή αδιαφανές. Η ποικιλία των γυάλινων ή υαλωμένων αντικειμένων ακόμα και στο μικρότερο μουσείο είναι μεγάλη: από γνώριμα οικιακής χρήσης και διακοσμητικά γυάλινα αντικείμενα, υαλωμένα κεραμικά μέχρι αγάλματα, καθρέφτες, παράθυρα, βιτρό κ.ο.κ.





Εικόνα 3. Ποικιλία των γυάλινων ή υαλωμένων αντικειμένων

### 3. Παρασκευή των Γυάλινων αντικειμένων

Αν και οι μέθοδοι και οι τεχνικές έχουν εξειδικευτεί, η βασική διεργασία παρέμεινε σχεδόν αναλλοίωτη από τότε που ανακαλύφτηκε το γυαλί και αποτελείται από πέντε στάδια: (1) ανάμιξη των πρώτων υλών και τοποθέτησή τους μέσα στο φούρνο, (2) τήξη του μίγματος των πρώτων υλών, (3) μορφοποίηση, (4) βραδεία ψύξη -ανόπτηση, (5) φινίρισμα. Η καλή κονιοποίηση των υλικών και η προσεκτική ανάμιξη έπαιζαν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ενός ομοιογενούς γυαλιού. Τα σημερινά γυαλιά τήκονται σε μια φάση στους 1400°C, ενώ τα αρχαία γυαλιά τήκονταν σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση (850°C) λάμβανε χώρα η αντίδραση στερεάς κατάστασης των πρώτων υλών και στη δεύτερη η λειοτριβημένη μάζα που προέκυπτε από την πρώτη φάση πυρωνόταν σε υψηλότερη θερμοκρασία.

Η μορφοποίηση του γυαλιού πρέπει να γίνει στο μικρό χρονικό διάστημα που απαιτείται για τη στερεοποίησή του (από μερικά δευτερόλεπτα ως λίγα λεπτά). Οι τεχνικές μορφοποίησης είναι πολλές: η χύτευση, το φύσημα, ο εφελκυσμός κ.α. Κατά τη διακόσμηση γίνεται και η χρήση τροχού και άλλων βοηθητικών εργαλείων. Κατά τη βραδεία ψύξη (ανόπτηση) το γυαλί θερμαίνεται για λίγα λεπτά της ώρας σε θερμοκρασία κοντά στο σημείο μαλακώματος και στη συνέχεια ψύχεται με αργό και όσο το δυνατόν ελεγχόμενο ρυθμό. Τέλος το φινίρισμα περιλαμβάνει τις διορθώσεις διαφόρων ατελειών, τη χάραξη διαφόρων διακοσμήσεων και σχημάτων κτλ.



Εικόνα 4. Μορφοποίηση Γυαλιού

### 4. Φθορές έργων τέχνης από γυαλί

Η αντοχή στη φθορά και γενικότερα οι ιδιότητες των διαφόρων τύπων γυαλιού εξαρτώνται από τη χημική τους σύσταση, η οποία ποικίλλει ανάλογα με τις πρώτες ύλες, το τεχνολογικό επίπεδο και τις τάσεις κάθε εποχής. Αποτελέσματα μελετών έδειξαν ότι ανάλογα με το άλκαλι που βρίσκεται στη μάζα του γυαλιού παρατηρείται μείωση της σταθερότητάς του με βάση την σειρά: λίθιο, νάτριο, κάλιο, ρουβίδιο και καίσιο. Επίσης, η παρουσία (τροποποιητών) τριοξειδίου του αργιλίου ( $Al_2O_3$ ) ή πεντοξειδίου του φωσφόρου ( $P_2O_5$ ) στο γυαλί επιφέρει σημαντική αύξηση στην αντοχή του. Τα πολυσθενή αυτά ιόντα έχουν την δυνατότητα να ακινητοποιούν τα αλκαλικά ιόντα, έτσι ώστε αυτά να μην μπορούν να κινούνται ελεύθερα στο δίκτυο του γυαλιού. Τη σταθερότητα του γυαλιού είναι επίσης δυνατόν να επηρεάσουν προσμείξεις ή παγιδευμένες φυσαλίδες αέρα, που δημιουργούν ανομοιογένεια στη μάζα του



γυαλιού. Οι εξωγενείς παράγοντες φθοράς του γυαλιού διακρίνονται σε χημικούς, βιολογικούς και μηχανικούς:

α) Χημικοί Παράγοντες. Το νερό είναι ο σημαντικότερος παράγοντας φθοράς του γυαλιού. Η διάβρωση προέρχεται από την αντικατάσταση των ιόντων καλίου και νατρίου ( $K^+$ ,  $Na^+$ ) του γυάλινου δικτύου από ιόντα υδρογόνου ( $H^+$ ) του νερού και η διαδικασία επιταχύνεται από τη θερμοκρασία. Το γυαλί προσβάλλεται επίσης από το θειϊκό οξύ. Αυτό αντιδρά με τα ιόντα των αλκαλιμετάλλων σχηματίζοντας θειϊκά άλατα που είναι αδιαφανή. Καθώς το στρώμα αυτών των αλάτων ξεπλένεται και απομακρύνεται μια νέα επιφάνεια εκτίθεται και η διεργασία φθοράς συνεχίζεται. Τη φθορά αυτή παρουσίασαν πολλά μεσαιωνικά βιτρό φημισμένων εκκλησιών της Ευρώπης.

β) Βιολογικοί παράγοντες. Μέρος της φυσικής λειτουργίας των μυκήτων είναι να εκκρίνουν νερό και διάφορα μικύλλια και να μπορούν να μεταφέρουν το νερό από το ένα σημείο της επιφάνειας στο άλλο, με αποτέλεσμα τη δημιουργία διαβρωτικού περιβάλλοντος. Επίσης οι μικροοργανισμοί εκκρίνουν διάφορα οργανικά οξέα (οξικό, κιτρικό, οξαλικό) και αμμωνία προσβάλλοντας τα γυάλινα αντικείμενα.

γ) Μηχανικοί παράγοντες. Η θραύση της επιφάνειας του γυαλιού εξαρτάται από τις συνθήκες περιβάλλοντος και από τη δομή και τη σύσταση του γυαλιού. Η ταξινόμηση γενικά των φθορών σύμφωνα με τη μορφολογία τους κατά Harden (1939) και Cronyn (1990) είναι η ακόλουθη:

1) Θόλωμα. Αποτελεί την πιο απλή μορφή διάβρωσης κατά την οποία το γυαλί χάνει την αρχική διαύγεια και διαφάνειά του και γίνεται σταδιακά αδιαφανές.

2) Εφίδρωση. Το φαινόμενο αυτό φθοράς εμφανίζεται σε γυαλιά με μικρό ποσοστό οξειδίου του ασβεστίου ( $CaO$ ) στη σύστασή τους, μικρότερο του επιθυμητού και με περίσσεια αλκαλίου. Στα γυαλιά αυτά συμβαίνει αντικατάσταση μεταξύ των ιόντων υδρογόνου του νερού ( $H^+$ ) και των ιόντων καλίου ( $K^+$ ) και νατρίου ( $Na^+$ ) του υλικού του γυαλιού. Τα ιόντα του υδρογόνου που καταλαμβάνουν τις θέσεις των αλκαλίων έχουν μικρότερο μοριακό όγκο με αποτέλεσμα τη δημιουργία πόρων στο γυάλινο υλικό. Τα ιόντα αλκαλίων ( $K^+$ ,  $Na^+$ ) στην επιφάνεια ενώνονται με τα ιόντα των υδροξυλίων ( $OH^-$ ) του νερού και σχηματίζουν τα αντίστοιχα υδροξείδια ( $KOH$ ,  $NaOH$ ). Τα υδροξείδια των αλκαλίων με τη σειρά τους ενώνονται με το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ) με αποτέλεσμα το σχηματισμό των αντίστοιχων ανθρακικών αλάτων ( $K_2CO_3$ ,  $NaCO_3$ ). Τα ανθρακικά αυτά άλατα, λόγω υγροσκοπικότητας, απορροφούν νερό και αρχίζουν να ρέουν επάνω στην επιφάνεια του γυαλιού. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται «δάκρυσμα (weeping) ή ιδρώμα (sweating)» του γυαλιού.



Εικόνα 5. Το «δάκρυσμα» του γυαλιού

3) Μικρορηγμάτωση (crizzling). Τα γυαλιά που παρουσιάζουν αυτό το είδος φθοράς έχουν μειωμένη διαφάνεια και μη διαυγή όψη, εξαιτίας της παρουσίας πολλών μικρών επιφανειακών ρωγμών. Σε έντονα διαβρωτικές συνθήκες, τμήματα γυαλιού μπορούν να απολεπιστούν, ενώ προβλήματα παρουσιάζονται από την έκπλυση αλκαλικών ιόντων. Τα γυαλιά που παρουσιάζουν μικρορηγμάτωση χαρακτηρίζονται ως «άρρωστα γυαλιά».



4) Αλλοίωση χρώματος (solarization). Πρόκειται για μια διεργασία που μπορεί να οδηγήσει στην αλλοίωση του χρώματος του γυαλιού και προκαλείται με έκθεση στο ηλιακό φως του γυάλινου αντικειμένου για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η αλλοίωση του χρώματος οφείλεται στην οξειδωση των συστατικών του γυαλιού. Για παράδειγμα το πράσινο χρώμα ενός γυαλιού, που οφείλεται στο οξείδιο του σιδήρου ( $\text{FeO}$ ), μπορεί να αλλοιωθεί, εξαιτίας της οξειδωσης του οξειδίου του σιδήρου σε τριοξείδιο του σιδήρου ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) και να δώσει ένα καφέ ή κίτρινο χρώμα.

5) Δημιουργία κρούστας ή κερένιων επικαθίσεων πάνω στην επιφάνεια, η οποία μπορεί να έχει μια άσπρη κρυσταλλική εμφάνιση. Έχει αποδειχθεί ότι ένα γυαλί μπορεί να παρουσιάσει κρούστα, εάν το ποσοστό του διοξειδίου του πυριτίου δεν ξεπερνά τα 62% moles.

6) Ιριδισμοί. Έτσι χαρακτηρίζεται το φαινόμενο όπου υπάρχουν αλληπάλληλα στρώματα διάβρωσης στην επιφάνεια του γυαλιού, τα οποία εμφανίζουν ποικιλία χρωμάτων (ιριδισμούς) τόσο στο ανακλώμενο όσο και σε διερχόμενο φωτισμό.

### 5. Αποκατάσταση/Συντήρηση έργων τέχνης από γυαλί

Στην αποκατάσταση ενός γυάλινου αρχαιολογικού ευρήματος περιλαμβάνονται:

- Η εξέταση του υλικού και των μορφών διάβρωσης
- Ο καθαρισμός και η απομάκρυνση των επικαθίσεων
- Η στερέωση της σαθρής επιφάνειας
- Η κόλληση των διαφόρων θραυσμάτων
- Η συμπλήρωση των περιοχών που λείπουν
- Η αισθητική αποκατάσταση του αντικειμένου

Τα συνθετικά υλικά που χρησιμοποιούνται γενικά στη συντήρηση (στερέωση, κόλληση) είναι διάφορα πολυμερή και η επιλογή τους γίνεται με βάση τις ιδιότητες και τις αντοχές τους στους διάφορους διαβρωτικούς παράγοντες του περιβάλλοντος. Τα περισσότερα πολυμερή εφαρμόζονται στα διάφορα αντικείμενα με την ελπίδα η επανάληψη της εφαρμογής τους να γίνει το ελάχιστο μετά από είκοσι έως εκατό χρόνια στις περισσότερες περιπτώσεις. Η ιδανική ρητίνη για την κόλληση γυάλινων αντικειμένων θα πρέπει να είναι ένα προϊόν:

- οπτικά καθαρό και άχρωμο ώστε να γίνεται αόρατο στη γραμμή της κόλλησης,
- να είναι όσο το δυνατόν κοντά στον ίδιο δείκτη διάθλασης (refractive index) με αυτό του γυαλιού που πρόκειται να αποκατασταθεί,
- να σκληραίνει σε θερμοκρασία δωματίου,
- να μπορεί να χυθεί σε καλούπια,
- να σκληραίνει με την ελάχιστη συρρίκνωση,
- να μην ρηγματώνεται κατά τη γήρανση και να μην κιτρινίζει με το χρόνο,
- δε θα πρέπει να είναι κολλώδες σε θερμοκρασία δωματίου έτσι ώστε να μη μπορεί να συγκεντρώσει σκόνη επάνω του,
- να έχει διάρκεια,
- να είναι σταθερό και ανεπηρέαστο από την υγρασία,
- να μπορεί να απομακρυνθεί όταν αυτό ζητηθεί,
- να μην απελευθερώνει οποιαδήποτε επιβλαβή πτητικά κατά τη γήρανση ή τη σκλήρυνσή του,
- να είναι εύκολο στη χρήση και γρήγορο στη σκλήρυνση και
- να μην είναι ακριβό.

Καμιά κόλλα δε μπορεί να ικανοποιήσει όλες αυτές τις απαιτήσεις, παρόλο που μερικές τις πλησιάζουν. Γι' αυτό, η επιλογή μιας κόλλας στην περίπτωση των γυάλινων αντικειμένων πάντοτε ήταν και συνεχίζει να είναι μια υπόθεση συμβιβασμού. Για τους παραπάνω λόγους,



προτού ξεκινήσει η διαδικασία της αποκατάστασης, η ρητίνη που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να εξετάζεται πρωταρχικά με ανάμιξη της και χύσιμό της σε καλούπι του ιδίου υλικού που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί στην τελική ανακατασκευή. Με τον τρόπο αυτό ελέγχεται εάν έχει λήξει ο χρόνος ζωής της και εάν η συμπεριφορά της είναι η αναμενόμενη, δηλαδή ο παραγωγός δεν έχει αλλάξει τον τύπο του προϊόντος από τότε που έγινε η παραγγελία για τελευταία φορά.

Γενικά, στην κόλληση γυάλινων αντικειμένων, έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς κυανοακρυλικές κόλλες, οι οποίες όμως κιτρινίζουν εύκολα με την επίδραση του φωτός και της θερμοκρασίας, ακρυλικές, οι οποίες εμφανίζουν σχετική σταθερότητα κατά την έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία και σε ήπια θερμοκρασία αλλά σταδιακά εξασθενίζουν με την επίδραση του νερού και οπτικά καθαρές εποξειδικές κόλλες. Οι τελευταίες προσκολλώνται στο λείο, μη πορώδες γυαλί πιο εύκολα, στεγνώνουν πιο καθαρά και συρρικνώνονται λιγότερο από ότι οι ρητίνες με διαλύτη γι' αυτό είναι και λιγότερο αισθητοί και πιο ισχυροί οι δεσμοί που δημιουργούν.



Εικόνα 6. Γυάλινα αγγεία που έχουν κολληθεί με εποξειδικές κόλλες

### Βιβλιογραφικές αναφορές

- Agers, El., & Jägers, Er. (1999). Volatile Binding Media - Useful Tools for Conservation. In A. Oddy & S. Carrol (Ed.), *In Reversibility - Does it Exist?, British Museum Occasional Paper no. 135* (pp. 37–42). London: The British Museum.
- Brill, R. (1999). Chemical Analyses of Early Glasses. In *The Corning Museum of Glass Vol 1* (pp. 144-145). New York: Korning.
- Clayton, A. M. (1998). *Epoxy Resins Chemistry and Technology*. Marcel Dekker, Inc.
- Davison, S. (2003). *Conservation and Restoration of Glass* (2<sup>nd</sup> ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Down J. L. (2001). Review of CCI research on epoxy resin adhesives for glass conservation, *Reviews in Conservation. The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (IIC), 2*.
- Earl, N. (1999). The Investigation of Glass Deterioration as a Result of Storage Systems for Waterlogged Archaeological Glass. In N. Tennent (Ed.), *The Conservation of Glass and Ceramics* (pp. 96–113). London: James and James Science Publishers.
- Koob, S. (2000). New Techniques for the Repair and Restoration of Ancient Glass, in Tradition and Innovation, *Advances in Conservation*. In A. Roy & P. Smith (Eds.), *The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works* (pp. 92–95). London.
- Newton, R., & Davison, S. (1996). *In Conservation of Glass*. Oxford: Butterworth-Heinemann Ltd.

