

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΑΝΑΣΚΑΦΙΚΩΝ ΕΥΡΗΜΑΤΩΝ

ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΛΑΜΠΡΟΠΟΥΛΟΣ

E-mail: blabro@teiath.gr

Website: www.vlampoopoulos.gr

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΑΦΗΣ

ΓΕΝΙΚΑ

Η διάβρωση και αντίστοιχα η διατήρηση ενός αντικειμένου σε περιβάλλον ταφής εξαρτάται από δύο κυρίως παράγοντες:

α. Τη φύση του αντικειμένου.

β. Τις ιδιαιτερότητες του περιβάλλοντος ταφής.

Συνολικά, η διατήρηση ενός αντικειμένου εξαρτάται από το συνδυασμό αυτών των δύο παραγόντων και οι επιδράσεις στο αντικείμενο πραγματοποιούνται αρχικά στο περιβάλλον που βρέθηκε θαμμένο και στη συνέχεια στο χώρο στον οποίο εκτίθεται ή αποθηκεύεται.

- Οι μορφές φθορών που πραγματοποιούνται στο δομικό υλικό του αντικειμένου είναι δύο ειδών:
- **α. Φυσική διάβρωση**, που έχει σαν αποτέλεσμα την αλλαγή της δομής του υλικού. Για παράδειγμα, φυσική διάβρωση ενός υλικού είναι η διάβρωση της πέτρας από τη δράση του παγετού, η αποτριβή - λείανση των μαλακών οστών από τη δράση του τρεχούμενου νερού και η παραμόρφωση του μολύβδου από υπερκείμενα βάρη του εδάφους.
- **β. Χημική διάβρωση**, που έχει σαν αποτέλεσμα την αλλαγή της χημικής σύστασης του υλικού. Για παράδειγμα, χημική διάβρωση ενός υλικού είναι η διάβρωση του σιδήρου από τη δράση του νερού και του αέρα, η διάλυση των ασβεστολίθων από την όξινη προσβολή και η διάβρωση του δέρματος από τη δράση των βακτηρίων.
- Η διατήρηση ενός υλικού μπορεί να πραγματοποιηθεί με την απουσία όλων ή μερικών παραγόντων διάβρωσης ή με την αύξηση εκείνων των παραγόντων που βοηθούν στη διατήρησή του.

- Οι κύριοι παράγοντες διάβρωσης που συνδέονται άμεσα με το περιβάλλον ταφής, είναι οι εξής:
- **α. Οι αλλαγές στη θερμοκρασία, που μπορούν να συμβούν και μετά την ανασκαφή.**
- **β. Οι αλλαγές στην υγρασία, που μπορούν να συμβούν και μετά την ανασκαφή.**
- **γ. Οι αλλαγές στην οξύτητα ή την αλκαλικότητα.**
- **δ. Οι μικροοργανισμοί, που μπορούν να δράσουν και μετά την ανασκαφή.**
- Οι μικροοργανισμοί αυτοί συνήθως δεν επιζούν σε ξηρό περιβάλλον ή σε περιβάλλον με υπερβολικά υψηλή ή υπερβολικά χαμηλή θερμοκρασία. Επίσης δεν επιζούν από την παρουσία διαφόρων αλάτων, προϊόντων διάβρωσης του χαλκού και διαφόρων οργανικών συμπλόκων που αποτελούν βιοκτόνες ουσίες και συντελούν στην καταστροφή των μικροοργανισμών.
- Τα περισσότερα αρχαιολογικά ευρήματα εξάγονται από ένα περιβάλλον ταφής, στο οποίο είναι εκτεθειμένα για εκατό έως και αρκετές χιλιάδες χρόνια, όπου υφίστανται τις επιδράσεις φυσικών, χημικών και βιολογικών παραγόντων σε συνάρτηση πάντα με τον περιβάλλοντα χώρο.
- Υπάρχουν οι σπάνιες περιπτώσεις, να ανακαλυφθεί ένα μη διαβρωμένο αντικείμενο θαμμένο για μεγάλη χρονική περίοδο και αυτό είναι αποτέλεσμα να μην έχουν επιδράσει στο δομικό του υλικό οι παράγοντες διάβρωσης. Αυτό συμβαίνει είτε διότι απουσιάζουν όλοι οι παράγοντες διάβρωσης είτε διότι οι παράγοντες διατήρησης έχουν επικρατήσει αυτών της διάβρωσης.
- Συνολικά, η διάβρωση δεν εξαρτάται τόσο πολύ από την ταχύτητα της δράσης των παραγόντων διάβρωσης, αλλά από την απουσία ή την αδρανοποίησή τους και όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος ταφής τόσο μεγαλύτερη επίδραση έχουν οι προηγούμενες παράμετροι. Έτσι η ταχύτητα διάβρωσης συνεχώς αυξάνεται, το οποίο σημαίνει ότι το δομικό υλικό του αντικειμένου μεταβάλλει συνεχώς τη σύστασή του ώστε να βρίσκεται συνεχώς σε ισορροπία με το περιβάλλον, μέχρι να φθάσει σε επίπεδο πλήρους αποσύνθεσης.
- Οι δύο κύριοι παράγοντες που επιδρούν σε περιβάλλον ταφής είναι η παρουσία οξυγόνου και υγρασίας και έχουμε ελαχιστοποίηση της διάβρωσης σε περιβάλλον με χαμηλή περιεκτικότητα σε οξυγόνο και υγρασία. Ένα άλλο παράδειγμα, που μπορεί να δείξει τη σπουδαιότητα των προηγούμενων παραγόντων, είναι αυτό διαφόρων οργανικών υλικών, που έχουν εξαφανισθεί σε έδαφος που αερίζεται και έχει υψηλή υγρασία ενώ αντίθετα έχουν διασωθεί σε περιβάλλον που είναι υδατοκορεσμένο χωρίς μεγάλη παρουσία οξυγόνου.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΑΦΗΣ

Το περιβάλλον ταφής ενός αντικειμένου αποτελείται από τους επόμενους παράγοντες:

1. Οξυγόνο.

Το οξυγόνο βρίσκεται συνήθως σε αέρια μορφή στα κενά των διαφόρων στρωμάτων του εδάφους και το ποσοστό παρουσίας του είναι αντιστρόφως ανάλογο με το ποσοστό του νερού στα κενά των στρωμάτων αυτών. Η περιεκτικότητα σε οξυγόνο στους πόρους των στρωμάτων χώματος κυμαίνεται από 0 έως 21% και η σχετικά χαμηλή αυτή περιεκτικότητα είναι συνήθως αποτέλεσμα της εκτόπισης που υφίσταται από το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από τη διαδικασία της αναπνοής των ριζών των φυτών και των μικροοργανισμών που υπάρχουν στο έδαφος.

Η περιεκτικότητα του οξυγόνου μπορεί να αυξηθεί όταν εισχωρήσει στο έδαφος διαλυμένο στον αέρα. Αυτά τα υψηλά επίπεδα οξυγόνου συναντώνται εκεί όπου η περιεκτικότητα των πόρων σε νερό είναι χαμηλή, όπως επίσης και εκεί όπου το πορώδες είναι αρκετά μεγάλο. Το φαινόμενο αυτό παρουσιάζεται στα σημεία όπου τα συστατικά του εδάφους έχουν μεγάλο μέγεθος και τέλος εκεί όπου το βάθος των επιφανειακών στρωμάτων δεν είναι τόσο μεγάλο.

Το οξυγόνο διαλύεται σε μικρό βαθμό σε κάθε τύπο νερού μέσα στους πόρους, όπως συμβαίνει στη θάλασσα και στο νερό που βρίσκεται στο έδαφος. Τα επίπεδα οξυγόνου στο νερό, έχουν πολύ μεγάλες διακυμάνσεις. Εμφάνιση υψηλών επιπέδων σε οξυγόνο παρατηρείται σε επιφάνειες με έντονη κίνηση αέρα, σε βάθη όπου τα φυτά κατά τη διαδικασία της φωτόλυσης αποβάλλουν οξυγόνο και γενικά όπου υπάρχει πλούσια ροή οξυγόνου στο έδαφος.

Επίσης το οξυγόνο είναι ο κύριος οξειδωτικός παράγοντας και παίρνει μέρος στις αντιδράσεις της οξειδοαναγωγής. Επιπλέον η παρουσία ή η απουσία οξυγόνου είναι αυτή που δρα σαν βασικός έλεγχος για τη διαβρωτική δραστηριότητα των οργανισμών, κάνοντάς το έτσι να λειτουργεί σαν έμμεσος κανόνας για τον έλεγχο της διαδικασίας διάβρωσης των υλικών.⁵

- **2. Υγρασία.**

- Στα αρχαιολογικά στρώματα βρίσκεται νερό μέσα στα κενά μεταξύ των κομματιών ανόργανης ύλης και οργανικών θραυσμάτων ή απορροφούμενο.
- Το νερό θεωρείται επίσης ως ένας παράγοντας χημικής φύσης, που παρεμβαίνει στη δομή και στη σύσταση ενός υλικού. Πολλές φορές, σε αρχαιολογικά αντικείμενα συναντάμε υλικά, όπως κόλλες, τα οποία διαλύονται στο νερό και απομακρύνονται από αυτά αρκετά εύκολα. Υπάρχουν όμως και υλικά των οποίων η δομή τους μπορεί να αλλοιωθεί από την επαφή τους με το νερό, σύμφωνα με το φαινόμενο της υδρόλυσης. Έτσι πολλά οργανικά πολυμερή, υδρολύονται σε όλο και πιο μικρά μόρια τα οποία τελικά διαλύονται τελείως σε μονομερή συστατικά.
- Το νερό μπορεί επίσης να ενωθεί με κάποιες χημικές ουσίες, όπως άσβεστος ασβέστης ή και σβησμένος, για τη δημιουργία κονιαμάτων, προκαλώντας κάψιμο και ερεθισμούς. Το νερό είναι ένας καταλυτικός παράγοντας, στη διαδικασία της διάβρωσης με βάση ηλεκτροχημικές αντιδράσεις, στις οποίες διευκολύνει την ανταλλαγή και μεταφορά ηλεκτρονίων, αυξάνοντας έτσι την ταχύτητα των αντιδράσεων αυτών.

- **3. Θερμοκρασία.**

- Είναι κατανοητό ότι τα στρώματα του εδάφους που είναι σε μεγάλο βάθος, παραμένουν ανεπηρέαστα στις αλλαγές της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας, ενώ αυτά που υπόκεινται σε θερμοκρασιακές αλλαγές είναι μόνο τα επιφανειακά στρώματα.
- Περιοδικές συνθήκες παγετού μπορεί να προκαλέσουν καταστροφές, ενώ σε άλλες περιοχές οι υψηλές θερμοκρασίες αυξάνουν τη συχνότητα και την ταχύτητα των χημικών αντιδράσεων και την ανάπτυξη των βιολογικών παραγόντων.
- Ωστόσο η θερμοκρασία στο βάθος των στρωμάτων είναι θεωρητικά χαμηλότερη από αυτή στην επιφάνεια του εδάφους, πολλαπλασιάζοντας έτσι τα προβλήματα, στην περίπτωση που το αντικείμενο αποκαλυφθεί και μεταφερθεί από ψυχρότερο σε θερμότερο περιβάλλον.

• 4. Διαλυτά και αδιάλυτα άλατα.

- Η αντίδραση βάσεων και οξέων έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή αλάτων, όπως για παράδειγμα, το ανθρακικό ασβέστιο ή το χλωριούχο νάτριο. Η διάλυση των αλάτων αυτών έχει σαν αποτέλεσμα το διαχωρισμό τους σε ιόντα ασβεστίου (Ca^{2+}), νατρίου (Na^+), χλωρίου (Cl^-) καθώς και σε όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^-). Μια πολύ συνηθισμένη πηγή ιόντων, που έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή αλάτων, είναι το έδαφος κατά τη διαδικασία της αποσύνθεσης των πετρωμάτων. Με αυτό τον τρόπο παράγονται ιόντα νατρίου (Na^+), ασβεστίου (Ca^{2+}), μαγνησίου (Mg^{2+}), καλίου (K^+), χλωρίου (Cl^-), θειικά ιόντα (SO_4^{2-}), όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^-), αλλά και πυριτικά ιόντα (SiO_3^{2-}). Ειδικότερα, τα όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^-) δημιουργούνται από τη διάλυση και διάχυση του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) αλλά και κατά την αποσύνθεση των οργανικών υλικών. Αυτού του είδους η αποσύνθεση, εντείνει την παραγωγή οργανικών οξέων που οδηγούν στη δημιουργία ακόμα περισσότερων αλάτων. Υψηλά επίπεδα νατρίου και χλωρίου μπορεί να οφείλονται σε πλημμύρες από το νερό της θάλασσας ή λόγω του φαινομένου της αλατονέφωσης.
- Ο άνθρωπος συμβάλει και αυτός στη δημιουργία αλάτων, μέσα από τις διάφορες δραστηριότητές του. Η παραγωγή φωσφορικών ιόντων (PO_4^{3-}) κατά την αποσύνθεση κοπριάς ή των οστών, παίρνουν μέρος στη διαδικασία της δημιουργίας αλάτων. Τα απόβλητα από ζώα ή και ανθρώπους περιέχουν ιόντα χλωρίου (Cl^-) και νιτρικά ιόντα (NO_3^-), ενώ οι στάχτες του ξύλου περιέχουν ιόντα νατρίου (Na^+), ασβεστίου (Ca^{2+}) και όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^-). Επίσης η αποσύνθεση ενός αντικειμένου παράγει μια μεγάλη γκάμα ιόντων, όπως για παράδειγμα η παραγωγή του πυριτικού οξέος από το γυαλί ή η παραγωγή ιόντων σιδήρου (Fe^{3+}) και χαλκού (Cu^{2+}) από τη διάβρωση μεταλλικών αντικειμένων.
- Τα νέα λιπάσματα αυξάνουν ακόμα περισσότερο τα ποσοστά φωσφόρου στο έδαφος, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση αυξάνει την ποσότητα του διοξειδίου του θείου και κατά συνέπεια, αυξάνεται και η ποσότητα του θειικού οξέος και των θειικών ιόντων στο έδαφος.
- Αντίθετα με το έδαφος και το γλυκό νερό, το θαλασσίνο νερό, κατά κύριο λόγο περιέχει διαλυμένα άλατα, με πολύ μικρές διακυμάνσεις σε παράκτιες περιοχές. Τα ιόντα χλωρίου (Cl^-) και τα θειικά ιόντα (SO_4^{2-}), κατέχουν τα μεγαλύτερα ποσοστά. Στην πραγματικότητα οποιοσδήποτε τύπος ανιόντων ή κατιόντων, που υπάρχει στην ξηρά, απαντάται και στη θάλασσα σε μεγαλύτερη ή μικρότερη περιεκτικότητα, αλλά η συγκέντρωσή τους γενικά έχει πολύ μικρές διακυμάνσεις, οι οποίες έχουν άμεση σχέση με τη γεωγραφική θέση και την εποχή του έτους.
- Όταν ένα ζεύγος ιόντων φτάσει σε μια κρίσιμη συγκέντρωση, διαλυμένο στο νερό, τότε μπορεί να δημιουργήσει ένα στερεό αλάτι. Αυτή η κρίσιμη συγκέντρωση είναι γνωστή σαν διαλυτότητα των αλάτων και επιτυγχάνεται είτε με εισροή ιόντων είτε κατά την εξάτμιση του νερού. Η δημιουργία άλατος εξαρτάται άμεσα από τη φύση των ιόντων που θα το αποτελούν, ενώ αυτά με τη σειρά τους εξαρτώνται από τη θερμοκρασία της οποίας η αύξηση δρα καταλυτικά στην όλη διαδικασία.
- Μια αξιοσημείωτη εξαίρεση είναι το θειικό ασβέστιο που είναι περισσότερο διαλυτό σε χλιαρό νερό παρά σε ζεστό. Όλα τα άλατα έχουν κάποιο βαθμό διαλυτότητας στο νερό αλλά μερικές φορές είναι τόσο μικρή που φαίνεται μηδαμινή και έτσι αναφέρονται σαν αδιάλυτα.
- Ο παρακάτω πίνακας μας δίνει τη σχετική διαλυτότητα των αλάτων σε συνάρτηση με τα ανιόντα:

ΥΨΗΛΗ ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ	ΜΕΣΑΙΑ ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ	ΧΑΜΗΛΗ ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ
Νιτρικά άλατα (όλα)	CaSO₄·2H₂O (ένυδρο θεικό ασβέστιο)	Πυριτικά άλατα (τα περισσότερα)
Χλωριούχα άλατα (τα περισσότερα)		Οξείδια (τα περισσότερα)
Θειικά άλατα (τα περισσότερα)		Θειούχα άλατα (τα περισσότερα)
Όξινα ανθρακικά άλατα (τα περισσότερα)		Φωσφορικά άλατα (τα περισσότερα)
Οξικά άλατα (τα περισσότερα)		Ανθρακικά άλατα (τα περισσότερα)

- Παρόλα αυτά, η διαλυτότητα αλλάζει σε συνδυασμό με κάποιους άλλους παράγοντες, όπως για παράδειγμα το pH. Έτσι το αλάτι του ανθρακικού οξέος και του θειικού οξέος είναι περισσότερο διαλυτά σε χαμηλό pH, ενώ τα πυριτικά άλατα είναι περισσότερο διαλυτά σε υψηλό pH. Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι, τα κατιόντα των ιοντικών ζευγαριών σε όλα τα άλατα νατρίου και καλίου έχουν υψηλή διαλυτότητα.
- Είναι φανερό ότι περιοχές με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα είναι οι αλυκές, τα θαλάσσια στρώματα και οι παραλιακές περιοχές, αλλά είναι φανερό ότι ένας λάκκος απορριμμάτων προκαλεί περισσότερο τη διάβρωση ενός μεταλλικού αντικειμένου.
- Η ανάπτυξη αλάτων είναι πολύ συχνή σε ξηρά κλίματα, όπου η εξάτμιση δημιουργεί το φαινόμενο της ιζηματοποίησης. Σε αυτή την περίπτωση τα άλατα συγκρατούνται στην επιφάνεια του εδάφους, λόγω της εξάτμισης η οποία εξελίσσεται γρηγορότερα από το φαινόμενο της διήθησης. Από τη στιγμή που τα επίπεδα υγρασίας είναι τόσο χαμηλά, τα άλατα μπορούν να κρυσταλλώνονται ή να παράγουν ίζημα και να διαχωρίζονται από το διάλυμα. Έτσι με αυτό τον τρόπο μπορούν να είναι ορατά ακόμα και στην επιφάνεια του χρώματος.
- Κατά τη διαδικασία της εξάτμισης του νερού, τα διαλυτά άλατα κρυσταλλοποιούνται πολλαπλασιάζοντας έτσι τον όγκο τους. Εάν αυτό συμβεί μέσα στους πόρους ενός αντικειμένου, η πίεση αυτή μπορεί να καταστρέψει το υλικό. Επίσης αδιάλυτα άλατα, μπορεί να δημιουργήσουν ίζημα πάνω στις επιφάνειες του αντικειμένου παράγοντας μια αδιαφανή κρούστα.
- Πρέπει, παρόλα αυτά, να θυμόμαστε ότι πορώδη υλικά, όπως το ελεφαντόδοντο, τα οστά ή τα διαβρωμένα μεταλλικά αντικείμενα, μπορεί να υποστούν ρηγματώσεις ή ακόμα και ολική καταστροφή, λόγω της κρυσταλλοποίησης των διαλυτών αλάτων που έχουν εισχωρήσει στο εσωτερικό τους. Επίσης, όταν τα άλατα αναπτύσσονται στην επιφάνεια ενός αντικειμένου, όταν αυτή διαθέτει τις κατάλληλες συνθήκες για τη δημιουργία τους, τότε πολλές φορές γίνονται η αιτία για τις χρωματικές αλλοιώσεις των αντικειμένων.
- Τέλος, κάποια άλατα όταν διαλυθούν στο νερό μπορούν να αντιδράσουν άμεσα με το αντικείμενο, με τη μορφή ηλεκτρικού ρεύματος, δημιουργώντας το φαινόμενο της ηλεκτρόλυσης. Έτσι διευκολύνεται η ηλεκτροχημική αντίδραση των μετάλλων, η οποία έχει σαν αποτέλεσμα τη διάβρωσή τους.

- **5. Οξύτητα και αλκαλικότητα.**

- Το pH σε ένα περιβάλλον εκφράζει την περιεκτικότητα του σε ιόντα υδρογόνου (H^+). Λόγω της μεγάλης ευκινησίας των ιόντων αυτών, το pH αποτελεί έναν πολύ σημαντικό παράγοντα για ένα περιβάλλον το οποίο περιέχει νερό, αφού τα ιόντα υδρογόνου (H^+) αποτελούν τα κατιόντα των μορίων του. Η οξύτητα με pH μικρότερο του 7 μπορεί να αυξηθεί, δηλαδή να μειωθεί το pH για πολλούς λόγους, δυο από τους πιο ισχυρούς περιγράφονται παρακάτω:
- α. Σε περιοχές όπου το έδαφος διαθέτει μικρό ποσοστό κατιόντων. Τέτοια εδάφη είναι αυτά που περιέχουν κομμάτια πηλού ή μαυρόχωμα (χούμο) τα οποία είναι αρνητικά φορτισμένα, λόγω της απουσίας των κατιόντων ασβεστίου (Ca^{2+}), μαγνησίου (Mg^{2+}), νατρίου (Na^+) και καλίου (K^+). Η εμφάνιση νερού, άρα η αύξηση των υδρογονοκατιόντων (H^+) συμπληρώνει το φαινόμενο της πτώσης του pH. Οι βάσεις - ανιόντα παράγονται σε περιπτώσεις διάβρωσης πετρωμάτων όπου τα κύρια συστατικά τους διαλύονται και δίνουν υδροξύλια (OH^-). Το φαινόμενο αυτό παρουσιάζεται σε περιοχές με υψηλό ποσοστό βροχοπτώσεων και μικρή εξάτμιση, όπου τα στοιχεία συνήθως ξεπλένονται με τα βρόχινα νερά, προκαλώντας την ανάπτυξη της οξύτητας. Αυτό είναι προκαθορισμένο ειδικά στα σημεία όπου έχουμε ιόντα αργιλίου, μια και κατά την υδρόλυσή τους μπορούν να δημιουργήσουν pH τόσο χαμηλό σχεδόν μέχρι το 3.
- β. Εκεί όπου η αποικοδόμηση των οργανικών ρύπων είναι ατελής. Εάν το οξυγόνο αποτύχει να εισχωρήσει στην οργανική ύλη κατά τη διαδικασία της αποσύνθεσης, ή αναπνοής των αερόβιων οργανισμών, η αναερόβια αυτή αποσύνθεση παράγει μεγάλες ποσότητες οργανικών οξέων. Σε περιοχές όπου τέτοιου είδους οξέα δεν μπορούν να απομακρυνθούν με τη διαδικασία της έκπλυσης, το pH πέφτει δραματικά και η οργανική δραστηριότητα σταματά, προκαλώντας έτσι το σχηματισμό μαλακής λάσπης (sea beds ή peat dogs). Στρώματα αλκαλικής φύσης, με τιμές pH περίπου 7 - 9, συναντώνται συχνά όταν, κατά την εξάτμιση δημιουργείται ίζημα, κυρίως σε ξηρά κλίματα. Σε αυτές τις περιπτώσεις, τα κατιόντα που δημιουργούνται κατά τη διάλυση των λίθινων κομματιών, παραμένουν στα ανώτερα στρώματα μια και η ανοδική κίνηση του νερού, κατά τη διαδικασία της εξάτμισης είναι ταχύτερη από το ξέπλυμα της βροχής. Έτσι βρίσκουμε αλκαλικά στρώματα με pH: 7 - 9, σε σχετικά ξηρά περιβάλλοντα.

- Ωστόσο, σε γενικές γραμμές, το pH κάποιου στρώματος σπάνια αγγίζει τις ακραίες τιμές του. Αυτό είναι σύνηθες γιατί μικρά φορτισμένα κολλοειδή στοιχεία, πηλού ή μαυροχώματος που υπάρχουν, σε όξινες συνθήκες ελευθερώνουν τα αποθέματά τους σε βασικά ιόντα, αποτρέποντας την υπερβολική πτώση του pH. Αυτή η διαδικασία ποικίλει από στρώμα σε στρώμα και είναι γνωστή ως δυνατότητα ανταλλαγής βάσεων.
- Το θαλασσινό νερό έχει συνήθως pH: 8,2. Η τιμή αυτή καθορίζεται από κάποια στρώματα στο έδαφος, τα οποία περιέχουν ανθρακικά άλατα και διατηρούν το pH στην ουδέτερη ζώνη, η οποία λειτουργεί σαν τροφοδότης ιόντων, που αντιδρούν με οποιοδήποτε προστιθέμενο ιόν H^+ , δίνοντας μη ηλεκτρικά χωριζόμενο ανθρακικό οξύ, αποτρέποντας την πτώση του pH και ασθενές ανθρακικό οξύ που αντιδρά με οποιαδήποτε υδροξυλιόντα, αποτρέποντας την αντίστοιχη άνοδό του.
- $H_2CO_3^- + H^+ \rightarrow H_2CO_3$
- Όξινο ανθρακικό ιόν Ανθρακικό οξύ
- $H_2CO_3 + OH^- \rightarrow HCO_3^- + H_2O$
- Ανθρακικό οξύ Υδροξυλιόντα Όξινο ανθρακικό ιόν Νερό

- Το ανθρακικό οξύ, στα διάφορα στρώματα μπορεί να αποτρέψει την αποσύνθεση του ασβεστόλιθου, της γύψου, των κονιαμάτων αλλά και στη θάλασσα μπορεί να αποτρέψει την αποσύνθεση των σκελετών και των θαλάσσιων οργανισμών που περιέχουν ασβέστιο. Εκεί όπου αυτά τα είδη είναι αρκετά, το pH του στρώματος μπορεί να πάρει ουδέτερες τιμές μεταξύ 7 και 8,5.
- Αναπτύχθηκαν παραπάνω οι βασικές περιπτώσεις ανάπτυξης του pH, χωρίς όμως αυτές να αποκλείουν κάποιες μεμονωμένες περιπτώσεις διαφοροποίησής του.
- Τέλος, διαφοροποιήσεις μπορεί να είναι το αποτέλεσμα διαφόρων φαινομένων, τα οποία έχουν παρατηρηθεί γύρω από ρίζες ή και σε περιοχές όπου δρουν αερόβιοι οργανισμοί. Σε τέτοιες περιπτώσεις οι αερόβιοι οργανισμοί, κατά τη διαδικασία της αναπνοής, παράγουν μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα που με τη βοήθεια της υγρασίας παράγει ανθρακικό οξύ (H_2CO_3). Σε άλλες περιπτώσεις το φαινόμενο αυτό μπορεί να δημιουργηθεί τεχνητά και για παράδειγμα οι στάχτες ξύλου, τα κονιάματα ή οι ασβεστόλιθοι αποσυντίθενται αργά, δημιουργώντας συγκεκριμένες περιοχές αλκαλικής φύσης. Η μελέτη όμως ενός τόσο εξειδικευμένου και πολύπλοκου φαινομένου, όπως είναι οι αντιδράσεις στο μικροπεριβάλλον, είναι ένα άλλο πολύ μεγάλο θέμα.
- Η σταθερότητα των οργανικών υλικών επηρεάζεται αρκετά από το pH. Μερικά υλικά είναι ανθεκτικά σε όξινο περιβάλλον, άλλα είναι σε αλκαλικό και άλλα σε ουδέτερο περιβάλλον. Για παράδειγμα και στο αλκαλικό και στο όξινο περιβάλλον, επιτυγχάνεται η υδρόλυση των οργανικών υλικών, των οποίων οι πρωτεΐνες επηρεάζονται ειδικά από το υψηλό pH, ενώ η κυτταρίνη από το χαμηλό. Η ποσότητα του ανθρακικού ασβεστίου που υπάρχει σε κάποιο ασβεστιτικό αντικείμενο, διαχέεται εύκολα σε χαμηλό pH, καταστρέφοντάς το.

- **6. Φαινόμενα οξειδοαναγωγής.**
- Καθώς ένα στρώμα ενός περιβάλλοντος ανάγεται ή οξειδώνεται, επηρεάζει την κινητικότητα και τη σταθερότητα των χημικών στοιχείων, όπως και τη δραστηριότητα των βακτηρίων.
- Εκεί όπου το οξυγόνο είναι άφθονο και κατά συνέπεια ελέγχει τις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις στις οποίες παίρνει μέρος, τα στοιχεία θα είναι σε μορφή οξειδίου και έτσι ο δισθενής σίδηρος μετατρέπεται σε τρισθενή σίδηρο.
- Στα σημεία που έχουμε χαμηλή περιεκτικότητα οξυγόνου, η συνεισφορά ακόμη και ελάχιστων οξειδωτικών και αναγωγικών μέσων, γίνεται σημαντική. Μια και ο αριθμός των παραγόντων είναι συνήθως μεγάλος και οι αλληλεπιδράσεις πολυσύνθετες, το αποτέλεσμα των αντιδράσεων είναι αναμενόμενο και προσδιορισμένο.
- Σύμφωνα με μετρήσεις που έχουν γίνει στα διάφορα στρώματα του περιβάλλοντος και αφορούν το δυναμικό οξειδοαναγωγής, μπορεί να γίνει κατηγοριοποίηση αυτών ως εξής:
- **Οξειδωτικό στρώμα +700 με +400 mVolts**
- **Μέτρια αναγωγικό στρώμα +400 με +100 mVolts**
- **Αναγωγικό στρώμα +100 με -100 mVolts**
- **Πολύ αναγωγικό στρώμα -100 με -300 mVolts**
- Σύμφωνα με τα παραπάνω, η κινητικότητα ή η σταθεροποίηση των χημικών υλικών στην οξειδοαναγωγή μπορεί να προβλεφθεί από το χρώμα. Για παράδειγμα, εκεί όπου το δυναμικό οξειδοαναγωγής είναι λιγότερο από 200 mVolts, η σταθερή μορφή του σιδήρου, η οποία είτε προέρχεται από διαβρωμένο υλικό είτε σαν απλό στοιχείο μόλυνσης στο στρώμα, έχει μαύρο χρώμα, ενώ εάν το δυναμικό είναι λιγότερο από 200 mVolts, τότε ο σίδηρος έχει καφέ - κόκκινο χρώμα.
- Συγκεκριμένα σε στρώματα επικαθίσεων που έχουμε μέτριο αναγωγικό περιβάλλον, το δισθενές μαγγάνιο είναι σε ευκίνητη μορφή, ενώ σε οξειδωτικό περιβάλλον καθιζάνει με τη μορφή τετρασθενούς μαγγανίου, το οποίο έχει μαύρο χρώμα. Τέτοιου είδους χημικές ενώσεις όχι μόνο χρωματίζουν τα στρώματα επικαθίσεων, αλλά μπορούν να λεκιάσουν αντικείμενα, ειδικά στις περιπτώσεις οργανικών υλικών και ανοιχτόχρωμων κεραμικών.
- Πρέπει να σημειωθεί ότι το οξειδοαναγωγικό δυναμικό ενός διαλύματος έχει άμεση σχέση με το pH, αφού και τα ιόντα υδρογόνου καθώς δέχονται ηλεκτρόνια λαμβάνουν μέρος στην αντίδραση οξειδωσης. Θεωρητικά λοιπόν, εάν το pH ενός στρώματος αυξηθεί, το οξειδοαναγωγικό δυναμικό πέφτει. Στην πραγματικότητα όμως, αφού η σύσταση του εδάφους είναι τόσο πολύπλοκη, το αποτέλεσμα μπορεί να είναι διαφορετικό.

- **7. Παρουσία οργανικών συμπλόκων.**

- Πολλά κατιόντα προέρχονται από σύμπλοκα οργανικών συνδυασμών μιγμάτων, τα οποία υποβάλλονται σε διάλυση που έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή ιόντων, σε συνθήκες στις οποίες σε άλλες περιπτώσεις θα μπορούσαν να μείνουν σταθερά.
- Τέτοιοι παράγοντες σε ειδικές συνθήκες συγκεκριμένου pH και οξειδοαναγωγικού δυναμικού θα μπορούσαν να κάνουν το ασβέστιο να διαχυθεί από το γυαλί στο περιβάλλον ή ακόμα και το σίδηρο από τα μεταλλικά αντικείμενα.
- Αν και απλές μορφές συμπλόκων χρησιμοποιούνται σε υλικά συντήρησης για τον καθαρισμό διαβρωμένων αντικειμένων, παρόλα αυτά, η έκταση του ρόλου τους στη διαδικασία διάβρωσης των αντικειμένων, κατά την περίοδο ταφής τους, είναι ένα θέμα που βρίσκεται ακόμα υπό μελέτη.

- **8. Μικροοργανισμοί.**

- Η επίδραση των μικροοργανισμών στην καταστροφή των υλικών, γνωστή σαν βιοδιάβρωση, είναι περισσότερο γνωστή για τη δράση της σε οργανικά κυρίως υλικά, εφόσον και αυτά συμπεριλαμβάνονται στο φυσικό κύκλο της διάβρωσης.
- Τέτοιου είδους υλικά θα μπορούσαν να διασπαστούν, ώστε να προμηθεύσουν τροφή σε τρωκτικά, σε έντομα και σε μύκητες ή ακόμα να δώσουν κατοικία στα θαλάσσια σαλιγκάρια ή σκουλήκια, που σχηματίζουν τρύπες στα ξύλα.
- Ακόμα θα μπορούσε να εξασθενίσει η χημική σύσταση των οργανικών υλικών, από απορρίμματα ζώων, όπως τα ούρα των τρωκτικών ή τα οργανικά οξέα που παράγονται από μικροοργανισμούς.
- Η εμφάνιση των αντικειμένων μπορεί να αλλοιωθεί από χρωστικές που παράγουν οι μύκητες και τα βακτήρια, όπως είναι το μαύρο χρώμα από το θείο, το οποίο είναι αποτέλεσμα της δραστηριότητας θειοαναγωγικών βακτηρίων. Ακόμα, η επιφάνεια των αντικειμένων μπορεί να μαυρίσει και να γίνει αδιαφανής με την ανάπτυξη φυτών ή μικροοργανισμών.
- Τα ανόργανα υλικά αν και δεν μπορούν να δώσουν τροφή στους διάφορους οργανισμούς, μπορεί να προσβληθούν με όλους τους τρόπους που αναπτύξαμε παραπάνω. Έτσι ορισμένα θαλάσσια σκουλήκια μπορούν να ανοίξουν τρύπες ακόμα και σε πέτρες. Κατά τον ίδιο τρόπο, καταστροφικοί μπορεί να είναι και οι διάφοροι παρασιτικοί οργανισμοί που εισχωρούν στους πόρους των αντικειμένων ή αποβάλλουν διαβρωτικές χημικές ουσίες κατά τη διαδικασία του μεταβολισμού τους. Το λέκιασμα ανοιχτόχρωμων κεραμικών είναι ένα από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα.

- **9. Υπερκείμενες πιέσεις του εδάφους.**

- Το βάρος του χώματος, των κτηρίων κ.λπ., που βρίσκονται πάνω από ένα στρώμα ταφής, μπορεί πολύ εύκολα να παραμορφώσει εύκαμπτα και ευαίσθητα υλικά που είναι θαμμένα μέσα σε αυτό. Ελάχιστα υλικά, όπως το δέρμα, μπορούν να επανέλθουν στην αρχική τους μορφή, μετά την αποκάλυψή τους και την απομάκρυσή τους από αυτό το περιβάλλον, ενώ κάποια άλλα όπως ένα ευαίσθητο κεραμικό μπορεί να υποστεί μόνιμες ζημιές στο σχήμα και τη μορφή του.
- Οι παρακάτω πίνακες παρουσιάζουν συνοπτικά πώς αντιδρούν τα διάφορα υλικά, διαβρώνονται ή επιβιώνουν, σε διαφορετικές συνθήκες. Για να επιτευχθεί αυτό κατηγοριοποιούνται το κάθε περιβάλλον ανάλογα, με τους παράγοντες διάβρωσης, ενώ τα υλικά διαχωρίζονται σε αυτά που μπορούν να διατηρηθούν και σε αυτά που καταστρέφονται.
- Εξαιρέσεις συμβαίνουν συχνά, ενώ στους πίνακες δεν περιέχονται αρκετά υλικά. Πρέπει ακόμα να σημειωθεί ότι δεν περιγράφονται τα αποτελέσματα που μπορεί να έχουμε στην περίπτωση ταυτόχρονης χρήσης δύο ή και περισσότερων διαφορετικών υλικών, στο ίδιο αντικείμενο ή τα αποτελέσματα της επαφής δύο διαφορετικών υλικών:

ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΠΙΘΑΝΑ ΔΙΑΤΗΡΟΥΝΤΑΙ	ΥΔΑΤΟΚΟΡΕΣΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	ΟΞΙΝΟ	Χρυσός, Σκουριές, Πορσελάνη, Stonewares, Σχιστόλιθοι, Ξύλο, Δέρμα, Ύφασμα (μετάξι, μαλλί), Κερατίνη, Κεχριμπάρι, Γαγάτης (ανθρακοποιημένο ξύλο), Ασήμι, Κέρατα
		ΟΥΔΕΤΕΡΟ	Χαλκός, Ασήμι, Ψευδάργυρος, Μόλυβδος, Κασσίτερος, Χρυσός και τα κράματά τους, Σίδηρος, Σκουριές, Γυαλί, Οστά, Κεραμικά, Σχιστόλιθοι, Ασβεστόλιθοι, Αλάβαστρο, Ξύλο, Ύφασμα, Δέρμα, Κεχριμπάρι, Κέρατα
		ΑΛΚΑΛΙΚΟ	Χαλκός, Ασήμι και τα κράματά τους, Σίδηρος, Χρυσός, Σκουριές, Οστά, Κεραμικά, Σχιστόλιθοι, Ασβεστόλιθοι, Αλάβαστρο, Ξύλο, Ύφασμα (λινό, καννάβινο), Κεχριμπάρι, Γαγάτης (ανθρακοποιημένο ξύλο), Δέρμα, Κράματα μολύβδου
	ΥΓΡΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	ΟΞΙΝΟ	Χρυσός, Σκουριές, Πορσελάνη, Stonewares, Σχιστόλιθοι, Γαγάτης (ανθρακοποιημένο ξύλο), Ασήμι και τα κράματά του, Earthenwares, Ρωμαϊκό γυαλί, Κεχριμπάρι
		ΟΥΔΕΤΕΡΟ	Χαλκός, Ασήμι, Μόλυβδος, Χρυσός και τα κράματά τους, Σίδηρος, Σκουριές, Γυαλί, Οστά, Κεραμικά, Σχιστόλιθοι
		ΑΛΚΑΛΙΚΟ	Χαλκός, Ασήμι, Μόλυβδος, Χρυσός και τα κράματά τους, Οστά, Πορσελάνη, Stonewares, Ασβεστόλιθοι, Σκουριές, Αλάβαστρο, Τερακότες, Earthenwares

**ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ
ΠΙΘΑΝΑ ΔΕΝ
ΔΙΑΤΗΡΟΥΝΤΑΙ**

ΥΔΑΤΟΚΟΡΕΣΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	ΟΞΙΝΟ	Μόλυβδος, Κασσίτερος, Ψευδάργυρος και τα κράματά τους, Γυαλί, Οστά, Κεραμικά χαμηλής όπτησης, Ασβεστόλιθοι, Αλάβαστρο, Ύφασμα (λινό, καννάβινο)
	ΟΥΔΕΤΕΡΟ	
	ΑΛΚΑΛΙΚΟ	Κασσίτερος, Ψευδάργυρος, Γυαλί, Ύφασμα (μετάξι, μαλλί), Κέρατα
ΥΓΡΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	ΟΞΙΝΟ	Χαλκός, Κασσίτερος, Μόλυβδος, Ψευδάργυρος και τα κράματά τους, Σίδηρος, Μεσαιωνικό γυαλί, Οστά, Κεραμικά χαμηλής όπτησης, Ασβεστόλιθοι, Αλάβαστρο, Ξύλο, Δέρμα, Ύφασμα, Κέρατα
	ΟΥΔΕΤΕΡΟ	Ασβεστόλιθοι, Αλάβαστρο, Ξύλο, Κασσίτερος, Ψευδάργυρος, Δέρμα, Ύφασμα, Κέρατα
	ΑΛΚΑΛΙΚΟ	Κασσίτερος, Ψευδάργυρος, Γυαλί, Σχιστόλιθος, Ξύλο, Ύφασμα, Δέρμα, Κέρατα

• ΠΥΡΙΤΙΚΑ ΚΑΙ ΑΛΛΑ ΣΥΓΓΕΝΗ ΥΛΙΚΑ

• ΓΕΝΙΚΑ

- Τα περισσότερα από αυτά τα υλικά, όταν μορφοποιούνται σε αντικείμενα από τον άνθρωπο, παραμένουν αναλλοίωτα όσον αφορά την κατάσταση στην οποία βρίσκονταν στο φλοιό της Γης για χιλιάδες χρόνια, ενώ άλλα τα οποία έχουν μορφοποιηθεί με θέρμανση σχηματίζουν παρόμοια υλικά, τα λεγόμενα ορυκτά υψηλής θερμοκρασίας. Είναι φυσικό λοιπόν η διάβρωσή τους κατά την ταφή να είναι περιορισμένη. Ωστόσο, επειδή συχνά είναι θαμμένα σε περιβάλλον που διαφέρει από εκείνο στο οποίο είχαν σχηματιστεί και επομένως η φυσική γεωλογική αλλοίωση συνεχίζεται, λαμβάνει χώρα σε κάποιο βαθμό διάβρωση.
- Πολλά από αυτά τα υλικά είναι χημικά σταθερά, γι' αυτό το κύριο είδος φθοράς είναι η φυσική φθορά με πιθανή θραύση, αφού είναι χαρακτηριστική η ευθραυστότητά τους και πιθανόν η πιο κοινή φθορά οφείλεται στην κρυστάλλωση των διαλυτών αλάτων. Αφού τα περισσότερα από τα υλικά σε αυτήν την ομάδα είναι πορώδη, όταν το έδαφος στεγνώνει, κρατούν νερό μέσα στα τριχοειδή αγγεία πολύ μετά από την απομάκρυνσή τους από το έδαφος και έτσι τα άλατα στο διάλυμα τείνουν να συγκεντρώνονται στο εσωτερικό αυτών των υλικών. Όταν τελικά το διάλυμα μέσα στους πόρους στεγνώσει είτε κατά την ταφή είτε μετά την ανασκαφή, τα άλατα κρυσταλλοποιούνται.
- Η φθορά συμβαίνει όταν το διάλυμα των αλάτων έχει τόσο μεγάλη συγκέντρωση, που οι κρύσταλλοι γεμίζουν τους πόρους ασκώντας τεράστια πίεση στα τοιχώματα των πόρων, καθώς αναπτύσσονται. Μεγαλύτερη και πιο επιβλαβής πίεση αναπτύσσεται όταν η υγρασία αυξάνει ξανά και τα άλατα ενυδατώνονται λαμβάνοντας νερό στην κρυσταλλική τους δομή χωρίς να διαλύονται. Αυτή η αύξηση όγκου παράγει πιέσεις εκατοντάδων, αν όχι χιλιάδων, ατμοσφαιρών.
- Η φθορά μπορεί να συμβεί πολύ γρήγορα, για παράδειγμα το Na_2SO_4 ενυδατώνεται προς το $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ σε σύντομο χρονικό διάστημα και χρειάζεται μόνο μια μικρή αύξηση της σχετικής υγρασίας. Αν κατόπιν η RH μειωθεί λίγο, το νερό που αποδίδεται από τους αφυδατωμένους κρυστάλλους μπορεί επίσης να προκαλέσει φθορά με την άσκηση πίεσης. Αν η RH εναλλάσσεται, οι πιέσεις αυτές είναι επαναλαμβανόμενες και μπορεί να προκαλέσουν σημαντική φθορά. Η συσσώρευση αλάτων και η επικείμενη φθορά τείνει να συμβεί στην επιφάνεια του υλικού, αφού κάθε φορά που ο αέρας ξηραίνεται τα άλατα παρασύρονται προς την επιφάνεια στο μέτωπο των τριχοειδών.
- Η φθορά της επιφάνειας είναι ακόμα πιο έντονη όταν υπάρχει κάποιο "φράγμα" για την υγρασία, όπως λειασμένη επιφάνεια, χρώμα, υάλωμα στα κεραμικά, στρώμα χρώματος ή κεριού σε κονίαμα ή πέτρα. Στην περίπτωση αυτή αναπτύσσονται υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων κάτω από αυτά τα στρώματα, αφού δεν μπορούν να μεταφερθούν στην επιφάνεια. Στην πραγματικότητα, αν όλα τα άλατα μεταφερθούν πάνω στην επιφάνεια, όπως μπορεί να συμβεί με το αργό στέγνωμα ενός αντικειμένου με μεγάλο πορώδες, οι κρύσταλλοί τους μπορεί να μη φθείρουν καθόλου το υλικό.
- Αν και φθορά λόγω διαλυτών αλάτων μπορεί να συμβεί κατά τη διάρκεια της ταφής, είναι πολύ πιο πιθανό να εμφανιστεί έντονα μετά την ανασκαφή, όταν η RH του περιβάλλοντος πέφτει και μπορεί να κυμαίνεται σε μεγαλύτερο εύρος απ' ότι συμβαίνει συνήθως στο έδαφος. Υψηλά επίπεδα αλάτων μπορεί να παρατηρηθούν όχι μόνο πλούσια σε άλατα εδάφη, αλλά μπορούν να εκδηλωθούν μετά από έκθεση των αντικειμένων σε θαλάσσιους ανέμους, καθαρισμό με χημικά μέσα, επαφή με το έδαφος κατά την αποθήκευση κ.λπ.. Αναλυτική περιγραφή του φαινομένου της διάβρωσης των πορωδών υλικών από κρυστάλλωση διαλυτών αλάτων γίνεται στο κεφάλαιο διάβρωσης από την υγρασία.

- Παρόμοια φθορά προκαλείται από την αύξηση του όγκου του νερού καθώς παγώνει στο εσωτερικό των πορώδων αντικειμένων που είναι εκτεθειμένα σε παγετό. Τα συμπεράσματα της διάβρωσης του πορώδους πέτρινου ή κεραμικού υλικού από τον παγετό είναι:
- 1. Η μηχανική φθορά του υλικού είναι ανάλογη με την περιεκτικότητα των πόρων σε νερό και για κορεσμό 100%, κανένα υλικό δεν εξέρχεται χωρίς ζημιά, ακόμα και μετά από ένα κύκλο ψύξης - απόψυξης.
- 2. Το μέγεθος του πορώδους υλικού επηρεάζει την ευαισθησία σχετικά με τη διάβρωση, δηλαδή η αντίσταση στον παγετό αυξάνει με τη μείωση του μεγέθους.
- 3. Η διάβρωση αυξάνεται με αυξανόμενο ρυθμό ψύξης.
- 4. Όταν έχουμε στερεό με μεγάλο ή μικρό πορώδες, έχουμε μικρή διάβρωση παγετού, ενώ τα υλικά μέσου πορώδους έχουν εντονότερο πρόβλημα.
- 5. Τα κύρια χαρακτηριστικά της φθοράς από τον παγετό είναι κοινά για όλα τα πορώδη υλικά.
- 6. Η μηχανική διάβρωση είναι πολύ μεγαλύτερη, αν το πορώδες στερεό περιέχει διάλυμα αντί για καθαρό νερό και η έκταση της διάβρωσης δεν εξαρτάται από τη χημική φύση του διαλυμένου σώματος, αλλά από τη συγκέντρωσή του. Οι μεγαλύτερες μορφές διάβρωσης συμβαίνουν σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις, της τάξης του 2 - 5% κ.ό..

- Η δομή των πυριτικών και των συγγενών τους υλικών επιτρέπει τη δημιουργία κρούστας λευκών - φαιών αδιάλυτων αλάτων κατά την ταφή, συνήθως ανθρακικού, θεικού και πυριτικού ασβεστίου ή μαγνησίου. Πολλοί είναι οι παράγοντες που συμβάλλουν σε αυτό: όπως δείξαμε παραπάνω, η επιφάνεια ενός πορώδους σώματος στο έδαφος είναι το τελευταίο "καταφύγιο" του νερού σε ένα έδαφος που στεγνώνει και έτσι τα άλατα που βρίσκονται διαλυμένα στο νερό του εδάφους καθιζάνουν εδώ, προκαλώντας τη δημιουργία κρούστας.
 - Το ασβέστιο ή το μαγνήσιο που απομακρύνεται από ένα διαβρωμένο αντικείμενο μπορεί να επανακαθιζήσει εδώ, καθώς συναντά τη διεπιφάνεια νερού - εδάφους/αέρα. Επιπλέον, το υάλωμα παρέχει μία ψυχρή επιφάνεια μέσα στο έδαφος που επιτρέπει τη συμπύκνωση των υδρατμών, οδηγώντας τοπικά στη διάλυση και την καθίζηση των αλάτων. Κρούστες εμφανίζονται επίσης συχνά σε ζεστές θάλασσες, όπου το ανθρακικό ασβέστιο καθιζάνει και αναπτύσσονται θαλάσσιοι οργανισμοί. Τέλος, αν το υλικό είναι πολύ διαβρωμένο, το νερό μπορεί ουσιαστικά να είναι η αιτία που διατηρείται συνεκτικό. Αυτό αληθεύει κυρίως στην περίπτωση αδύναμων και εύθραυστων ζωγραφισμένων επιφανειών, σε μαλακά κεραμικά και σε διαβρωμένο αρχαιολογικό γυαλί. Αν τέτοια υλικά, που οφείλουν τη συνεκτικότητά τους στο περιεχόμενο νερό, στεγνώσουν κατά την ανασκαφή, μπορεί να γίνουν σαθρά και να θρυμματιστούν.
 - Η χημική αλλοίωση των πυριτικών είναι συνήθως αργή, αφού περιορίζεται από τη διάλυση, η οποία ευνοείται από τις αλκαλικές συνθήκες. Το ανθρακικό ασβέστιο επίσης διαλύεται με πολύ αργό ρυθμό, που αυξάνει όμως σημαντικά σε υψηλές θερμοκρασίες και χαμηλό pH ή υψηλά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα. Αυτό φαίνεται από τις αντιδράσεις:
- **Κανονικές συνθήκες:** $\text{CaCO}_3(\text{στ.}) + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$
 - **Χαμηλό pH:** $\text{CaCO}_3(\text{στ.}) + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + \text{HCO}_3^-$
 - **Υψηλά επίπεδα CO₂:** $\text{CaCO}_3(\text{στ.}) + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$

- **ΓΥΑΛΙ**

- **Φύση του διαβρωμένου υλικού.**

- Η διάβρωση του γυαλιού εξαρτάται από τη σύστασή του, τη διαδικασία παραγωγής του, τη διάρκεια και το περιβάλλον ταφής. Το γυαλί μπορεί να εμφανιστεί σε πολύ διαφορετικές καταστάσεις διατήρησης και αφού εμπλέκονται τόσοι πολλοί παράγοντες, μερικές φορές είναι ριψοκίνδυνο να υποθέσουμε τη σύσταση του γυαλιού από την κατάσταση διατήρησής του. Γενικά, το γυαλί που περιέχει πολύ λίγο διοξείδιο του πυριτίου δεν είναι σταθερό στην υγρασία. Αστάθεια επίσης έχουμε αν περιέχεται οξείδιο του ασβεστίου (CaO) εκτός του φάσματος τιμών 5% έως 10%, ποσοστό που θεωρείται βέλτιστο για τη διατήρηση του γυαλιού.
- Τα γυαλιά σόδας είναι δύο φορές σχεδόν πιο ανθεκτικά από τα γυαλιά ποτάσας, ίσως λόγω του ότι το μέγεθος του ιόντος καλίου είναι μεγαλύτερο από του νατρίου και η απώλειά του από το δίκτυο του γυαλιού κατά την ταφή προκαλεί μεγαλύτερη φθορά. Επίσης λόγω της προηγούμενης θέσης του καλίου σχετικά με το νάτριο στην ηλεκτροχημική σειρά των στοιχείων, με αποτέλεσμα να αντικαθίσταται ευκολότερα από τα ιόντα υδρογόνου. Ένα μικρό ποσοστό αλουμίνιας (Al_2O_3) αυξάνει τη σταθερότητα.
- Εκδορές και ατέλειες στο γυαλί ενισχύουν τη φθορά και μπορεί με αργό ρυθμό να μετατραπούν σε βαθιές εγχαράξεις. Αν και η έρευνα πάνω στη διάβρωση του γυαλιού είναι ιδιαίτερα εκτενής, υπάρχουν ακόμα πολλά να μελετηθούν ιδιαίτερα σε ότι αφορά την πρόβλεψη της διάβρωσης. Ο τρόπος με τον οποίο η διάβρωση εξαρτάται από το περιβάλλον αναφέρεται παρακάτω, ο κυρίαρχος όμως παράγοντας είναι η υγρασία. Η διάβρωση είναι γνωστή γενικά σαν "weathering" και αν και στα αγγλικά ο όρος αυτός χρησιμοποιείται για τη διάβρωση των υλικών στην ατμόσφαιρα, συγκεκριμένα όμως στο γυαλί χρησιμοποιείται ευρέως και για τη διάβρωση κατά την ταφή και οι διαβρωμένες περιοχές του γυαλιού σαν "weathering crusts" (στρώματα διάβρωσης ή κρούστες).

- **Εμφάνιση - καλή κατάσταση.**
- Αν η σύσταση του γυαλιού είναι κατάλληλη για τη σταθερότητά του ή ακόμα και αν παρεκκλίνει λίγο από αυτή τη σύσταση, μπορεί να διατηρηθεί σε άριστη κατάσταση ακόμα και μετά από χιλιάδες χρόνια ταφής αρκεί να απουσιάζει το νερό από το περιβάλλον. Το πιο σύνηθες είναι να μην πληρούνται και οι δύο αυτές συνθήκες, με αποτέλεσμα ακόμα και αν το γυαλί εμφανιστεί σε καλή κατάσταση, στην πραγματικότητα να έχει διαβρωθεί σε μικρό επιφανειακό πάχος. Αυτό συμβαίνει διότι η επιφάνεια έχει διαλυθεί όπως περιγράφεται παρακάτω, τα προϊόντα διάβρωσης όμως έχουν χαθεί και το γυαλί παρουσιάζεται λείο και γυαλιστερό. Αν το γυαλί είναι υγρό, μπορεί στην πραγματικότητα να είναι πιο διαβρωμένο απ' ό τι φαίνεται, αφού το νερό μπορεί να κρύβει την αληθινή του κατάσταση.
- **Χρωματική αλλοίωση.**
- Τα ιόντα των ευτηκτικών δεν είναι τα μόνα που απομακρύνονται από το δίκτυο του γυαλιού κατά τη διάβρωση, αλλά και τα ιόντα των χρωματιστών δικτύου. Ακόμα όμως και αν δεν απομακρυνθούν, τα ιόντα αυτά μπορεί να αλλάξουν το χρώμα *in situ* μέσω οξειδωσης. Έτσι από τα ιόντα μαγγανίου, μπορεί να εναποτεθεί το μαύρο διοξείδιο του μαγγανίου (MnO_2) και το κόκκινο οξείδιο του χαλκού - κυπρίτης μπορεί να γίνει πράσινο οξείδιο του δισθενούς χαλκού. Τέλος, ιόντα που δίνουν χρώση μπορεί να προσληφθούν από το περιβάλλον, με αποτέλεσμα η άχρωμη κρούστα για παράδειγμα να μαυρίσει από το σίδηρο ή το μαγγάνιο ή να γίνει πράσινη λόγω επαφής με προϊόντα διάβρωσης του χαλκού. Τα γυαλιά μολύβδου μπορεί να μαυρίσουν λόγω του σχηματισμού θειούχου μόλυβδου σε υγρές αναερόβιες συνθήκες. Είναι πιθανό τα βακτήρια να παίζουν ρόλο στην αποσύνθεση και το μαύρισμα αυτού και άλλων ειδών γυαλιού.

- **Ιριδισμός - θάμπωμα.**

- Όταν το γυαλί βρίσκεται σε περιβάλλον υψηλής υγρασίας, τα ιόντα των αλκαλίων (Na^+ , K^+) απομακρύνονται με αργό ρυθμό και αντικαθίστανται από πρωτόνια (H^+) του νερού. Το επιφανειακό στρώμα χάνει τη γυάλινη φύση και το χαρακτηριστικό δείκτη διάθλασης του με αποτέλεσμα να εμφανίζεται θαμπό ή ιριδίζον. Όπως ακριβώς ένα λεπτό στρώμα λαδιού πάνω στο νερό παρουσιάζει ιριδισμούς, έτσι και η ημιδιαφανής διαβρωμένη επιφάνεια του γυαλιού παρουσιάζει ιριδισμούς, όταν είναι λεπτότερη από $0,9 \mu\text{m}$. Ωστόσο, αν ένα υγρό όπως το νερό εισέλθει μέσα στο διαβρωμένο στρώμα, οι διαφορές στο δείκτη διάθλασης εξαλείφονται και η διάβρωση δεν είναι ορατή. Έτσι, στην ανασκαφή, τέτοια υγρά γυαλιά μπορεί να παρουσιαστούν σε πολύ καλύτερη κατάσταση από αυτή στην οποία πράγματι βρίσκονται. Μία ιριδίζουσα επιφάνεια μπορεί να αποτελείται στην πραγματικότητα από έναν μεγάλο αριθμό πολύ λεπτών στρωμάτων διάβρωσης.
- Δεν έχει ακόμα αποσαφηνιστεί πλήρως ο λόγος για τον οποίο κατά τη διάβρωση του γυαλιού σχηματίζονται στρώματα. Ένα πιθανό αίτιο είναι ότι, καθώς τα μεγάλα ιόντα νατρίου ή τα ακόμα μεγαλύτερα ιόντα καλίου αντικαθίστανται από πρωτόνια, οι πιέσεις στη δομή προκαλούν την απόσχιση του διαβρωμένου επιφανειακού στρώματος. Το νερό κατόπιν μπορεί να διεισδύσει και να προσβάλλει το υγιές υποκείμενο γυαλί, επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία.

- **Αδιαφανής επιφάνεια με επάλληλα στρώματα.**

- Κατά την εξέταση τέτοιων διαβρωμένων επιφανειών, θα βρεθεί πως αποτελούνται επίσης από στρώματα, αυτή τη φορά όμως πολύ περισσότερα. Τα στρώματα μπορεί να βρίσκονται ενωμένα μεταξύ τους και να καταλαμβάνουν ολόκληρο το υλικό ή να είναι διαχωρισμένα μεταξύ τους και να βρίσκονται μόνο στην εξωτερική επιφάνεια. Αφού τα στρώματα αυτά είναι ενυδατωμένα, αν η υγρασία στις αποθέσεις εναλλάσσεται, μπορεί να διαστέλλονται και να συστέλλονται, με αποτέλεσμα την αποκόλληση και απομάκρυνσή τους. Ο πυρήνας του γυαλιού που αποκαλύπτεται με την απομάκρυνση τέτοιων στρωμάτων είναι τραχύς, αφού εμφανίζονται οι ατέλειες και οι φυσαλίδες στο εσωτερικό του γυαλιού. Επιπλέον, η διάβρωση δεν προχωρά ομοιόμορφα και ο πυρήνας διαβρώνεται με κυματισμούς και βαθουλώματα με αποτέλεσμα να παρουσιάζει έντονα ανάγλυφη επιφάνεια.
- Μερικές φορές, το γυαλί των υαλωμάτων των κεραμικών φαίνεται ότι δεν παρουσιάζει επάλληλα στρώματα όπως περιγράφεται παραπάνω, αλλά ότι έχει γίνει αδιαφανές και έχει κρακελάρει κατά τη διάβρωση. Πολλά υαλώματα έχουν κατασκευαστεί από αδιαφανές γυαλί που έχει κονιορτοποιηθεί και ανατηχθεί επιτόπου, χωρίς η σύντηξη να ήταν πάντα πλήρης. Έτσι είναι πιθανό πολλές φορές να μη διακρίνουμε τη διάβρωση των υαλωμάτων, από σφάλματα της κατασκευής.

- **Πλήρης απώλεια της υαλώδους φάσης.**
- Γυαλί το οποίο έχει διαβρωθεί σε μεγάλο βαθμό μπορεί να διατηρείται απλά σαν μία κοκκώδη μάζα ζελέ διοξειδίου του πυριτίου που είναι σχετικά δύσκολο να αναγνωριστεί σαν γυαλί.
- Αναλυτική παρουσίαση των μορφών διάβρωσης του γυαλιού, γίνεται στο κεφάλαιο διάβρωσης από την υγρασία.
- **Παρουσία ή απουσία γυαλιού από αποθέσεις.**
- Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η διάβρωση του γυαλιού εξαρτάται από ένα πλήθος παραγόντων. Όσον αφορά τη σύστασή του, αν δεν έχει παραχθεί σωστά και βρίσκεται σε υγρές αποθέσεις, μπορεί να αποσυντεθεί πλήρως στη διάρκεια μερικών εκατοντάδων χρόνων με ρυθμό αποσύνθεσης περίπου 3 - 5 χιλιοστά ανά χιλιετία. Τα κυριότερα παραδείγματα τέτοιων γυαλιών στη δυτική Ευρώπη είναι τα λεγόμενα μεσαιωνικά γυαλιά "δάσους" που είναι κατασκευασμένα με ποτάσα και πολύ λίγο πυρίτιο, μερικά γυαλιά του Ravenscroft από τον 17ο αιώνα και μερικά βενετσιάνικα του 18ου αιώνα, όπου και τα δύο είδη περιέχουν πολύ μικρό ποσοστό σταθεροποιητών δικτύου.
- Η απουσία νερού βοηθά στη διατήρηση κάθε είδους γυαλιού, ενώ αλκαλικές υγρές αποθέσεις και το νερό της θάλασσας αποτελούν ιδιαίτερα διαβρωτικά περιβάλλοντα. Αυτό συμβαίνει διότι δεν απομακρύνονται μόνο τα ευτηκτικά, αλλά διασπάται και το δίκτυο του ζελέ (gel) πυριτίου που απομένει. Για το λόγο αυτό μια απόθεση με αλκαλικό pH επιδρά στο γυαλί δέκα φορές πιο γρήγορα από μία με όξινο pH. Κανένα γυαλί δεν διατηρείται όταν το pH του περιβάλλοντος ταφής είναι μεγαλύτερο από 9.

- **Διάβρωση μετά την ανασκαφή.**
- Παρατηρείται ανάπτυξη του στρώματος διάβρωσης πάνω σε γυαλί με φαινομενικά καλή κατάσταση, διαχωρισμός, αποκόλληση και απομάκρυνση των στρωμάτων ή θρυμματισμός τους.
- Όλα τα παραπάνω είναι αποτελέσματα της απομάκρυνσης του νερού από το διαβρωμένο γυαλί. Η παρουσία νερού μπορεί να κρύβει τη φθορά, διατηρώντας το στρώμα διάβρωσης σε διαστολή ή με επιφανειακές τάσεις που συγκρατούν την πολυστρωματική και διασπασμένη κρούστα ενωμένη. Φιάλες πράσινου γυαλιού από τη θάλασσα παρουσιάζουν πολύ έντονα αυτό το φαινόμενο. Όσο πιο διαβρωμένο είναι το γυαλί και όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός αφυδάτωσης, δηλαδή όσο πιο γρήγορα γίνεται η ξήρανση των επιφανειακών στρωμάτων, τόσο μεγαλύτερη είναι η φθορά μετά την αποκάλυψη του αντικειμένου. Η αποκόλληση και απομάκρυνση των στρωμάτων σίγουρα ενισχύεται και από την κρυστάλλωση των διαλυτών αλάτων που υπάρχουν στην πορώδη κρούστα. Η φθορά επίσης επιδεινώνεται από τη συστολή του χωμάτινου υλικού που έχει παραμείνει στην επιφάνεια του διαβρωμένου γυαλιού μετά την ανασκαφή.
- **Εφίδρωση - δάκρυσμα του γυαλιού.**
- Το γυαλί που περιέχει πολύ λίγο ποσοστό σταθεροποιητών δικτύου μπορεί να διαβρωθεί ακόμα και σε συνθήκες έκθεσης σε μουσείο. Όταν η RH είναι μεγαλύτερη από 42%, τα ευτηκτικά μπορεί να μεταναστεύσουν στην επιφάνεια, σχηματίζοντας "δάκρυα" από ανθρακικά άλατα των αλκαλίων που προκαλούν έπειτα σημαντική φθορά στο γυαλί. Αν το γυαλί ήταν θαμμένο σε σταθερά πολύ ξηρές συνθήκες, η εφίδρωση είναι πιθανό να έχει αποφευχθεί κατά την ανασκαφή.

- **ΚΕΡΑΜΙΚΑ**

- **Φύση των διαβρωμένων κεραμικών.**

- Παρουσιάζεται μείωση της σκληρότητας ή μετατροπή του υλικού σε μικρά κομμάτια (θρυμματισμός).
- Σε υγρό έδαφος, τα earthenwares και οι τερακότες που είναι ανεπαρκώς ψημένα επανυδατώνονται σταδιακά προς πηλό, με αποτέλεσμα να μαλακώνουν και να θρυμματίζονται εύκολα, κυρίως όπου η δομή είναι χονδρόκοκκη και ιδιαίτερα πορώδης. Τα earthenwares, τα stonewares και η πορσελάνη με μικρούς κόκκους και χαμηλό πορώδες, παραμένουν ανθεκτικά. Ο θρυμματισμός μπορεί να γίνει πιο έντονος σε όξινα ή μαλακά νερά του εδάφους, λόγω της απώλειας του ασβεστίτη ή της διασποράς του ανθρακικού ασβεστίου.
- Είναι πιθανό, τα κεραμικά που είναι ψημένα σε υψηλές θερμοκρασίες να μαλακώνουν σε αλκαλικές αποθέσεις λόγω της διάλυσης της υαλώδους φάσης, γεγονός όμως που δεν έχει παρατηρηθεί σε θαλάσσιες συνθήκες.

- **Αποφλοιώση επιφάνειας, υαλώματος ή χρώματος.**

- Αν κάποιο κεραμικό, στο οποίο ο συντελεστής διαστολής του επιχρίσματος, του υαλώματος ή του χρώματος είναι ανόμοιος από αυτόν του υποκείμενου σώματος, εκτεθεί σε αλλαγές θερμοκρασίας, μπορεί να εμφανιστεί ρηγμάτωση και κατόπιν θρυμματισμός αυτών των στρωμάτων. Όταν οι στιλβωμένες ή γυαλισμένες επιφάνειες και τα λεπτά στρώματα υπόκεινται σε τάσεις, παρουσιάζουν έντονη τάση προς αποφλοιώση. Όπως συμβαίνει με όλα τα πορώδη υλικά, τα earthen-wares και οι τερακότες φθείρονται από τη δράση του παγετού και των διαλυτών αλάτων και όταν η υγρασία μεταβάλλεται συχνά, το υάλωμα ή το χρώμα απομακρύνεται πολύ εύκολα από το σώμα των earthen-wares και τις τερακότες.

- **Λευκές - φαιές κρούστες.**

- Επικαθίσεις αδιάλυτων αλάτων σχηματίζονται εύκολα στα κεραμικά, ιδιαίτερα στη θάλασσα όπου η κρούστα αποτελείται κυρίως από ανθρακικό ασβέστιο από τον εξωτερικό σκελετό περιπλεκόμενων οργανισμών όπως οστρακόδερμα ή βρυόζωα. Αυτά είναι δυνατό να καλύψουν ολόκληρη την επιφάνεια, μαζί με τις επιφάνειες θραύσης των κομματιών και μπορεί να συγκρατηθούν γερά πάνω σε διαβρωμένο υάλωμα, όπως συμβαίνει και στην περίπτωση του γυαλιού. Στην επιφάνεια των κεραμικών μπορεί να βρεθεί ένα λεπτό άσπρο ή γκρι στρώμα που απλά αποτελεί τα υπολείμματα του υαλώματος. Το στρώμα αυτό διαφοροποιείται από τις επικαθίσεις αδιάλυτων αλάτων, αφού παρουσιάζεται μόνο στις περιοχές όπου υπήρχε υάλωμα. Για παράδειγμα δεν παρουσιάζεται στις επιφάνειες θραύσης, σε αντίθεση με τα αδιάλυτα άλατα.

- **Χρωματική αλλοίωση.**

- Τα πορώδη κεραμικά είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στη δημιουργία λεκέδων από υλικά που βρίσκονται στις αποθέσεις, γεγονός που είναι πιο εμφανές στα ανοιχτού χρώματος κεραμικά χωρίς υάλωμα. Τα οξειδία του σιδήρου μπορούν στην πραγματικότητα να εισδύσουν στο σώμα ενός κεραμικού, ως αποτέλεσμα του υψηλού pH που προκαλείται τοπικά από την παρουσία ανθρακικού ασβεστίου στον πηλό. Οξειδία του σιδήρου εμφανίζονται επίσης συχνά σε ενάλια κεραμικά, είτε σαν εναποθέσεις με τη μορφή πούδρας είτε σαν μεγάλου πάχους κρούστες στην επιφάνειά τους. Επιπλέον, κάποιο από τα συστατικά του κεραμικού μπορεί να μεταχρωματιστεί κατά την ταφή.
- Η καύση των παρακείμενων αντικειμένων κατά την κάλυψη του αντικειμένου από τις αποθέσεις ή κατά την ταφή, μπορεί τυχαία να αλλάξει την ολική απόχρωση ενός θραύσματος που περιέχει σίδηρο στη σύστασή του. Κατά το δεύτερο αυτό "ψήσιμο", το κεραμικό μπορεί να γίνει μαύρο από κόκκινο ή πιο πιθανά κόκκινο από μαύρο, ανάλογα με την παρουσία ή απουσία οξυγόνου. Μερικές φορές τα υαλώματα μολύβδου εμφανίζουν γκρι μεταλλική λάμψη. Η αλλαγή αυτή στην εμφάνιση του υαλώματος σε αναγωγικές αποθέσεις μπορεί να οφείλεται στην αναγωγή του οξειδίου του μολύβδου που περιέχεται στο γυαλί προς θειούχο μόλυβδο ή στην περίπτωση τυχαίας καύσης, λόγω μεταλλικού μολύβδου. Ο ιριδισμός του υαλώματος μπορεί να οφείλεται σε ελαφρά διάλυση των τροποποιητών του υαλώματος, όπως και στην περίπτωση του γυαλιού.
- Τα κεραμικά με υαλώματα μολύβδου και κασσιτέρου από τη θάλασσα, συχνά παρουσιάζουν μαύρους λεκέδες από αντίστοιχα θειούχα άλατα, από το υδρόθειο (H_2S) που εκλύουν αναερόβια βακτήρια που ανάγουν τα θειικά άλατα. Το μαύρισμα αυτό μπορεί να εμφανιστεί σε μικρά μόνο τμήματα της επιφάνειας ή σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να προσβάλει όλο το υάλωμα, καθιστώντας αδύνατο να δούμε το πραγματικό χρώμα και τη διακόσμηση του κεραμικού.

- **Στρέβλωση.**

- Το βάρος του υπερκείμενου υλικού μπορεί εύκολα να προκαλέσει τη στρέβλωση των αγγείων ή των οστράκων που η σκληρότητά τους έχει μειωθεί. Αφού ο πηλός συρρικνώνεται κατά την όπτηση, στα ψημένα κεραμικά με κοίλα τοιχώματα υπάρχουν σημαντικές εσωτερικές τάσεις. Όταν ένα αγγείο σπάει, ελευθερώνονται οι δυνάμεις που συγκρατούν το υλικό στο συγκεκριμένο σχήμα και τα ξεχωριστά θραύσματα μπορεί να γίνουν πιο επίπεδα χάνοντας το αρχικό κοίλο σχήμα τους. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως "στρέβλωση" των κεραμικών αντικειμένων.

- **Διάβρωση μετά την ανασκαφή.**
- **Σκλήρυνση των ξένων ουσιών ή των επικαθίσεων αλάτων.**
- Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται όταν τα θραύσματα από υγρές αποθέσεις στεγνώνουν. Την ίδια στιγμή, οι επικαθίσεις μπορεί συρρικνωθούν, προκαλώντας την αποκόλληση ενός ευαίσθητου στρώματος χρώματος ή υαλώματος ή να συνδεθούν ισχυρά με το υάλωμα ή το κεραμικό σώμα, με αποτέλεσμα ο καθαρισμός τους να γίνει πιο δύσκολος. Ωστόσο, με το στέγνωμα μερικών κεραμικών μπορεί η δομή τους να σκληρύνει, γεγονός που φυσικά είναι πολύ χρήσιμο για τον καθαρισμό. Η αφυδάτωση των υγρών αποθέσεων, που βρίσκονται στο εσωτερικό ενός αγγείου, μπορεί να δυσχεράνει την αναγνώριση αν τα υπολείμματα οργανικών υλικών, όπως οι σπόροι, συρρικνωθούν και θρυμματιστούν. Αυτού του είδους οι αποθέσεις αντιμετωπίζονται σαν δείγματα εδάφους για βοτανολογικές μελέτες.
- **Λευκές εξανθήσεις με ή χωρίς θρυμματισμό της επιφάνειας ή κονιοποίηση του υλικού.**
- Όταν ένα κεραμικό με μεγάλη συγκέντρωση διαλυτών αλάτων στεγνώνει ή εκτίθεται σε εναλλαγές υγρασίας, τα διαλυτά άλατα κρυσταλλώνονται προκαλώντας φθορά, όπως περιγράφηκε στο κεφάλαιο της διάβρωσης από την υγρασία.
- **Θρυμματισμός του υλικού.**
- Ενώ ορισμένα κεραμικά γίνονται πιο ανθεκτικά μετά το στέγνωμα, άλλα, ιδιαίτερα τα χονδρόκοκκα ανεπαρκώς ψημένα earthenwares και τερακότες, παρουσιάζουν εντονότερη τάση προς θρυμματισμό. Αυτό συμβαίνει διότι οι επιφανειακές τάσεις που αναπτύσσονται από το περιεχόμενο νερό συγκρατούν τα θρύμματα - κόκκους ενωμένα.
- **Θραύση και απόξεση.**
- Ίσως η πιο εμφανής φθορά των κεραμικών κατά την ανασκαφή και μετά από αυτήν είναι η θραύση, η απόξεση και η απώλεια του χρώματος ή του υαλώματος λόγω της κακής μεταχείρισής τους.