

Εξέλιξη τεχνολογίας κονιαμάτων δόμησης

Βασιλική Πάχτα
Ιωάννα Παπαγιάννη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η τεχνολογική εξέλιξη των δομικών υλικών, συνδέεται με τις απαιτήσεις της οικοδομικής εξέλιξης και την οικονομικο-κοινωνική ανάπτυξη κάθε τόπου και εποχής. Τα κονιάματα, ως συνδυαστικά υλικά, ήταν ήδη γνωστά από τις πρώιμες μορφές κατοικιών, όπου χρησιμοποιούσαν τον πηλό ως μέσο συγκράτησης κλαδιών, ξύλων και άλλων υλικών, προκειμένου να διαμορφώσουν το κέλυφος ενός κλειστού χώρου. Είναι αναμίγματα κυρίως κονιών και αδρανών με νερό, που στην αρχή είναι εύπλαστα, αργότερα όμως σκληρύνονται και μπορούν να μεταφέρουν φορτία. Χρησιμοποιούνται ως συνδυαστικά υλικά τοιχοποιιών, ως επιχρίσματα και επιστρώσεις δαπέδων.

Ο πηλός αποτέλεσε την πρώτη κονία που χρησιμοποιήθηκε στις κατασκευές, λόγω της αφθονίας του στη φύση και της εύκολα αντιληπτής χρήσης του. Σταδιακά, μέσω πειραματισμού και εμπειρικής γνώσης, προέκυψαν νέες κονίες που οδήγησαν σε ανθεκτικότερες κατασκευές, όπως η γύψος και η άσβεστος, καθώς και συνδυασμοί κονιών, όπως άσβεστος με ποζολάνη ή κεραμάλευρο.

Πολύ γρήγορα διαπιστώθηκε ότι υπάρχει σχέση ανάμεσα στα συστατικά και τις ιδιότητες των αναμιγμάτων (πλαστικότητα, σκλήρυνση και ανάπτυξη αντοχής μετά την πήξη), με συνέπεια να αποτελέσει αντικείμενο διαρκούς προσπάθειας πειραματισμού.

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιείται μία αναδρομή σε αρχαία κείμενα, ώστε να διαπιστωθεί τόσο η χρήση των εννοιών που σχετίζονται με τις κονίες και τα κονιάματα, όσο και των ίδιων των υλικών κατά την αρχαιότητα. Η χρονολογική τοποθέτηση των κειμένων, καθώς και οι πληροφορίες που εμπεριέχουν, επιτρέπουν να γίνει αντιληπτό το τεχνολογικό επίπεδο κάθε περιόδου. Η ανάγνωση των κειμένων σε συνδυασμό με αποτελέσματα από την ανάλυση κονιαμάτων διαφόρων ιστορικών περιόδων, που έχει πραγματοποιηθεί την τελευταία εικοσαετία στο Εργαστήριο Δομικών Υλικών ΑΠΘ, δίνει σημαντικές πληροφορίες σε σχέση με τη χρήση των υλικών σε διάφορες ιστορικές περιόδους, που μπορούν να συνδυασθούν με άλλα δεδομένα και να φωτίσουν περισσότερο το ιστορικό, κοινωνικό και πολιτισμικό υπόβαθρο κάθε ιστορικής περιόδου.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: κονιάματα, τεχνολογική εξέλιξη,

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα κονιάματα αποτελούν σημαντικό δομικό στοιχείο των κατασκευών από την προϊστορία έως σήμερα. Αφορούν σε αναμίγματα συνδυαστικών κονιών (πηλός, άσβεστος, ποζολάνη), αδρανών (φυσικής προέλευσης-συνήθως ποτάμιας, ή θραυστών-λατομείου), νερού και βελτιωτικών (πρόσθετα, πρόσμικτα) (Papayianni, 1994, Papayianni, 2006, Πάχτα, 2011).

Ανάλογα με το λειτουργικό τους ρόλο στις κατασκευές, μπορούν να διακριθούν σε (Papayianni, 1994, Van Hees et al, 2004):

- Κονιάματα δόμησης (αρμολογήματα)
- Επιχρίσματα (εσωτερικά, εξωτερικά)
- Κονιάματα οροφών ή επικάλυψης στεγών
- Υποστρώματα δαπέδων
- Υποστρώματα τοιχογραφιών
- Υποστρώματα ψηφιδωτών (εντοίχιων, επιδαπέδιων)
- Κονιάματα αρχιτεκτονικών μελών

Βάσει του τύπου τους, τα κονιάματα παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις σε σχέση με τα φυσικο-μηχανικά και χημικά χαρακτηριστικά τους (Middendorf et al, 2005α, 2005β, Papayianni, 2005).

Στην παρούσα εργασία μελετάται η τεχνολογική εξέλιξη των κονιαμάτων δόμησης, μέσω αναφορών από αρχαίους και σύγχρονους μελετητές, καθώς και της αξιολόγησης των αποτελεσμάτων ανάλυσης ενός μεγάλου αριθμού δειγμάτων από μνημεία όλων των ιστορικών περιόδων.

Μέσω αυτής της προσέγγισης, παρατηρείται ότι η εξέλιξη των κονιών είναι αργή. Διαφοροποιήσεις εμφανίζονται ανάλογα με τον τύπο του κονιάματος, τη σπουδαιότητα του κτίσματος, την τεχνογνωσία κάθε ιστορικής περιόδου, καθώς και τις διαθέσιμες πρώτες ύλες σε κάθε περιοχή (Πάχτα, 2011).

2. ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΑΡΧΑΙΩΝ ΜΕΛΕΤΗΤΩΝ ΣΕ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΚΕΙΜΕΝΑ

Σε αρκετά αρχαία κείμενα περιγράφονται τεχνικές επιλογής συστατικών, παρασκευής και εφαρμογής κονιαμάτων, με αποτέλεσμα να προκύπτουν σημαντικά δεδομένα αναφορικά με την τεχνολογία χρήσης τους. Σχετικά αναφέρει ο Leon Battista Alberti (1404-1472) (Alberti, 1965, II, IV, σ.25), «για να μελετήσουμε τη χρήση των δομικών υλικών, θα πρέπει απλά να επαναλάβουμε τα όσα μας δίδαξαν οι αρχαίοι και συγκεκριμένα οι Θεόφραστος, Αριστοτέλης, Cato, Varro, Πλίνιος και Βιτρούβιος».

Η χρήση και η έννοια των λέξεων 'κονίες' και 'κονιάματα', ήταν ίδιες με τις σημερινές, τουλάχιστον από τον 4ο αι. π.Χ. (Πάχτα, 2011). Σχετικές αναφορές: Αριστοτέλης (384-323π.Χ.) (περί χρωμάτων, 791b 27): «καθάπερ τα εν τοις τοίχοις κονιάματα», (794b 32) «μελαίνεται καθάπερ και εν ταις δεξαμεναίς κονιάματα», Δημοσθένης (384-322π.Χ.) (Περί συντάξ. XIII, 30): «και κρήνας και κονιάματα», Θεόφραστος (372π.Χ. – 287/5π.Χ.) (Περί φυτών ιστ. I,16,1): «καταπεσόντος εν τινι κονιάματι». Οι Βιτρούβιος (II, VI, 4) και Πλίνιος (XXXV, XV) ονομάζουν το κονίαμα 'quania' και τις κονίες 'pulveris' (II, VI, 1) και puluerem (XXXV, XLVII) αντίστοιχα.

Σε σχέση με τις συνδυαστικές κονίες, η άσβεστος ονομαζόταν 'τίτανος', 'άσβεστος' ή απλά 'κονία'. Στα Λατινικά (Βιτρούβιος, Πλίνιος) η άσβεστος αποκαλούνταν 'calx'. Σχετικά με την παρασκευή της ασβέστου, αναφορές κάνουν οι Διοσκουρίδης (40-90μ.Χ.) (V, 115), Θεόφραστος (περί λίθων IX, σ.178) και Βιτρούβιος (II, 5, 1996).

Η πρώτη πιθανή αναφορά στην ποζολάνη είναι δυνατόν να αναγνωστεί στο έργο του Αριστοτέλη (384-322π.Χ.) 'Μετεωρολογικά'. Ο Θεόφραστος (372 π.Χ. –287/5 π.Χ.) (Θεόφραστος, 1998, σ.152) αναφέρει σχετικά: «η (κίσηρις) γάρ εν Νισύρω καθάπερ εξ άμμου τινός έοικε συγκείσθαι». Ο Στράβωνας (63-64π.Χ.–23μ.Χ.) παρουσιάζει την πρώτη σαφή ιστορική περιγραφή της ποζολάνης, την 'ευφυή άμμο' όπως την αποκαλεί (Γεωγραφικά, V, C246, 6, σ.714, 1962). Αναλύει ετυμολογικά την προέλευσή της (από το Puteoli, σημερινό Pozzuoli της Ιταλίας όπου υπήρχαν μεγάλες αποθέσεις ποζολάνης), ενώ αναφέρει τη χρήση της στην κατασκευή λιμενικών έργων, λόγω της ιδιότητας της να στερεοποιείται και να πήζει γρήγορα «...και κόλλησιν ισχυράν και πήξιν λαμβάνει...».

Ο Βιτρούβιος (συγγραφή έργου 27-23π.Χ., II, VI, 1) ονομάζει την ποζολάνη pulveris (κονία), όπως ακριβώς και ο Πλίνιος (XXXV, XLVII, 166), puluerem, συμπληρώνοντας appellatam, (όπως την αποκαλούν δηλαδή), γεγονός που υποδηλώνει ότι στα ρωμαϊκά χρόνια ονόμαζαν την ποζολάνη απλώς κονία.

Σε σχέση με την άμμο που χρησιμοποιείται στα κονιάματα, ο Βιτρούβιος την κατηγοριοποιεί σε μαύρη (nigra), υπόλευκη (cana), κόκκινη (rubra) και λιγνιτική (carbunculus), ενώ για την ποιότητα της αναφέρει (Βιτρούβιος, 1996α, σ.123-126): «...Η καλύτερη άμμος είναι αυτή, που όταν τριφτεί στο χέρι 'τρίζει'. Αν έχει μέσα της χώμα, τότε δεν είναι [τόσο] αδρή. Η άμμος είναι κατάλληλη για κτίσιμο, αν, βάζοντας τη σε λευκό ύφασμα και τινάζοντάς την, δεν το λερώνει και δεν αφήνει χώμα...».

Ο Alberti (1404-1472) (Alberti, 1965, σ.37-38) (Alberti, 1966, σ.160-161) κατηγοριοποιεί την άμμο σε τρεις τύπους: λατομείου (θραυστή) (di cava), ποταμίσια (di fiume) και θαλάσσια (di mare). Επισημαίνει ότι η καλύτερη για τα κονιάματα δόμησης είναι η θραυστή, ενώ για τα επιχρίσματα πρέπει να επιλέγεται η κάτω στρώση της άμμου των ποταμών. Ο Andrea Palladio (1508-1580) (Palladio, 1965, σ.3) επαναλαμβάνει τα όσα ο Alberti αναφέρει.

Υπάρχουν αρκετές αναφορές σε αρχαία κείμενα και για τη χρήση προσμίκτων και προσθέτων για την παρασκευή ανθεκτικών κονιαμάτων ειδικών εφαρμογών. Ο Πλίνιος (Sickels, 1981, p.9-10) αναφέρεται στο αίμα, το ασπράδι αυγού, το ξινόγαλα, το χυμό σύκου και το ανάμιγμα χοιρινού λίπους. Ο Βιτρούβιος (Βιτρούβιος, 1996β, σ.91-92) αναφέρεται στο κατακάθι λαδιού (για την προστασία επιδαπέδιων ψηφιδωτών από τον παγετό) και στο λάδι (για αρμολογήματα). Ο Γ. Κωδινός (15ος αι.) (Μουτσόπουλος, 1992), όπως και ο Alberti (Alberti, 1965, σ.62) αναφέρονται ομοίως σε λάδι, ενώ ο Alberti (Alberti, 1965, σ.149) περιγράφοντας το επίχρισμα του ναού της αρχαίας Ήλιδας στην Πελοπόννησο (450π.Χ.), αναφέρεται στη χρήση σαφράν (saffron) και γάλα. Ο Cennino d' Andrea Cennini (2ο μισό 15ου αι.) (Cennino, 1954) αναφέρεται σε λινέλαιο.

Σε σχέση με τα πρόσθετα, ο Βιτρούβιος αναφέρεται διεξοδικά στη χρήση καλαμιών (Βιτρούβιος, 1996β, σ.98-100), θραυστών κεραμικών (Βιτρούβιος, 1996β, σ.101), στάχτης (σε υπόδρωμα δαπέδων) (Βιτρούβιος, 1996β, σ.103).

Παράλληλα, σχεδιαστικές απεικονίσεις σε αρχαιολογικά ευρήματα (ομοιώματα, κεραμικά αγγεία, ψηφιδωτά, στήλες) παρουσιάζουν πλήθος πληροφοριών που σχετίζονται με την τεχνογνωσία επιλογής και επεξεργασίας των διαθέσιμων πρώτων υλών, καθώς και με την εφαρμογή των τελικών υλικών δόμησης (εικ. 1-4).



Εικ.1: Εκσκαφή αργιλικού χρώματος στο μελανόμορφο Κορινθιακό αγγείο του Βερολίνου (Ορλάνδος, 1955, 69)



Εικ.2: Ανάμιξη άσβεστου. Στήλη Τραϊανού (Ρώμη, 2ος αι. μ.Χ (Ορλάνδος, 1958, σ.51).



Εικ.3: Κονιάτης με τριπήρα από τοιχογραφία της Πομπηίας (Ορλάνδος, 1958, σ.56).



Εικ.4:Αναπαράσταση παρασκευής κονιάματος από δύο τεχνίτες σε ψηφιδωτό (Μουσείο Bardo, Τυνησία) (Adam, 1994, σ.76).

Συμπερασματικά, παρατηρείται μία συστηματική προσπάθεια καταγραφής των ιδιοτήτων των υλικών από τους αρχαίους συγγραφείς, που συχνά έχει τη μορφή τεχνικών κειμένων και οδηγιών. Η χρονολογική τοποθέτηση των κειμένων, όσο και ο πλούτος των πληροφοριών που εμπεριέχουν, βοηθούν στην εκτίμηση της τεχνολογικής εξέλιξης κάθε περιόδου σε σχέση με τα υλικά δόμησης.

3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΜΕΛΕΤΗΤΩΝ

Η πρωιμότερη μορφή τοιχοποιίας με λίθους και συνδετικό υλικό κάνει την εμφάνισή της στη Νεολιθική εποχή (8η χιλιετία π.Χ.) με την εισαγωγή τεμαχίων λίθων (ως μέσο ενίσχυσης) στον πηλό (Wright, 2005α, σ.93). Στον Ελλαδικό χώρο παραδείγματα αργολιθοδομών με συνδετικά πηλοκονιάματα χρονολογούνται από την 6η χιλιετία (6.000π.Χ.) στη Θεσσαλία, στο Φράχθι Ερμιόνης, το Σιδάρι Κέρκυρας κ.α. (Λάββας, 2002, σ.39). Στους νεολιθικούς οικισμούς του Σέσκλου και Διμηνίου ανακαλύφθηκαν ομοίως συστήματα αργολιθοδομών με πηλοκονιάματα (Τσουντας, 1908 σ.38).

Στη Μινωική Κρήτη (2η χιλιετία π.Χ.), όπως και στις Μυκήνες τα συνδετικά υλικά των λιθοδομών, ήταν βασισμένα συνήθως στον πηλό (Μπούρας, 1991, σ.87). Στο Ακρωτήρι (Παλυβού, 1999, σ. 69,136), οι αργολιθοδομές κατασκευάζονταν από πηλοκονιάματα, που επιφανειακά καλύπτονταν από στρώση ασβεστοκονιάματος (πάχους 2-3cm) (Παλυβού, 1999, σ.62, 183).

Με την ευρεία χρήση της ασβέστου σε κονιάματα δόμησης, οι αρμοί γίνονται περισσότερο ανθεκτικοί με αποτέλεσμα να μεγαλώνει σταδιακά το εύρος τους. Η συνδυαστική χρήση ασβέστου και ποζολάνης, που οδήγησε στην παραγωγή ανθεκτικών στην υγρασία κονιαμάτων, με αυξημένη μηχανική αντοχή, πιστοποιείται από την Αρχαϊκή ακόμη περίοδο (Ορλάνδος, 1958, σ.61-63, Eustathiadis, 1978, Kouï, Ftikos, 1998, Tassios, 1991, Conophagos, Badeca, 1974) και συνεχίζει συστηματικά στην Κλασσική (Parayianni, Stefanidou, 2007) και Ελληνιστική (Παπαγιάννη κ.α. 2012, Ορλάνδος, 1958, σ.46).

Οι Ρωμαίοι χρησιμοποίησαν την άσβεστο και την ποζολάνη ως κύριο συστατικό των κονιαμάτων κατά το τέλος του 3ου αι. π.Χ. (Adam, 1994, σ.79), ενώ η παραγωγή της ασβέστου αποτέλεσε ένα σημαντικό τομέα της ρωμαϊκής οικονομίας (Wright, 2005α, σ.176). Παράλληλα, κατά τη ρωμαϊκή περίοδο ξεκίνησε και η συστηματική χρήση κεραμάλευρου και θραυστού κεραμικού στα κονιάματα, προκειμένου να βελτιωθούν τα υδραυλικά χαρακτηριστικά τους (Παπαγιάννη, Στεφανίδου, 1998).

Η χρήση κεραμάλευρου και θραυστού κεραμικού επεκτείνεται και συστηματοποιείται στη Βυζαντινή περίοδο. Τα κονιάματα παρουσίαζαν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στην υγρασία και εμφάνιζαν τη χαρακτηριστική ρόδινη χροιά των βυζαντινών κονιαμάτων.

Τα αναμίγματα ήταν συνήθως συνδυασμός ασβέστου, κεραμάλευρου, θραυστού κεραμικού και αδρανών, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκαν ασβεστο-ποζολανικά κονιάματα (Parayianni, Stefanidou, 2000, Parayianni, Theocharidou, 2003).

Στην Οθωμανική περίοδο ακολουθούνται οι παραδοσιακές τεχνικές και τα υλικά κατασκευής είναι ανάλογα των τοπικά διαθέσιμων πρώτων υλών. Συνήθως χρησιμοποιούνταν αμιγή ασβεστοκονιάματα, ωστόσο σε ειδικές κατασκευές όπου απαιτούνταν υψηλή ανθεκτικότητα σε υγρασία (λουτρά) παρατηρείται προσθήκη κεραμάλευρου, θραυστού κεραμικού και φυσικής ποζολάνης (Parayianni, 1997).

Κατά το 19ο και 20ο αιώνα, τα κονιάματα ποικίλουν ανάλογα με τις τοπικές παραδόσεις και τους τύπους των κτιρίων. Οι ιδιωτικές οικίες (αργολιθοδομές, ωμοπλινθοδομές) παρουσιάζουν κονιάματα βασισμένα στην άσβεστο, στον πηλό ή σε ανάμειξή τους, με χαμηλή σχετικά μηχανική αντοχή (Παπαγιάννη κ.α., 2009). Σε σημαντικότερες κατασκευές (δημόσια κτίρια, επαύλεις) παρουσιάζουν υψηλότερη ανθεκτικότητα και είναι συνήθως ασβεστο-ποζολανικά (Παπαγιάννη κ.α., 2010, Parayianni, Pachta, 2008).

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ










Η συστηματική ανάλυση ενός μεγάλου αριθμού δειγμάτων κονιαμάτων δόμησης, που πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Δομικών Υλικών ΑΠΘ την τελευταία εικοσαετία, οδήγησε στην καταγραφή των χαρακτηριστικών τους, ανά ιστορική περίοδο και τύπο κτίσματος (Parayianni, 1994, 2006) (Πάχτα, 2011).

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά κονιαμάτων δόμησης ανά χρονική περίοδο και τύπο μνημείου, ενώ στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται φωτογραφίες δειγματοληψίας, μακροσκοπικές και μικροσκοπικές των δειγμάτων.

Ιστορική περίοδος	Μνημείο/ Χρονολογία	Σύστημα κονιών Π: πηλός Υ: υδράσβεστος Πζ: ποζολάνη Κ: Κεραμάλευρο	Λόγος Κ/Α	Τύπος αδρανών/ Κοκκομετρία (mm)	Θλιπτική αντοχή (MPa)	Πορώδες (%)
Νεολιθική	Τούμπα Θεσσαλονίκη / 1200π.Χ.	Π	1/1	Φυσικής προέλευσης / 0-4	-	-
Ελληνιστική	Αρχαίο Θέατρο Άργους / αρχές 3 ^{ου} π.Χ.	Υ-Πζ	1/2	Φυσικής προέλευσης / 0-4 έως 0-8	0,5-1,3	16-19
Ρωμαϊκή	Γαλεριανό Συγκρότημα/ 3 ^{ος} αι. μ.Χ.	Υ-Πζ-Κ	1/2	Φυσικής προέλευσης + θραυστά κεραμικά / 0-8 έως 0-16	1,2-2,2	22-25
Βυζαντινή	Παλαιοχριστι ανική Βασιλική Γ' Φιλίππων / 6 ^{ος} αι. μ.Χ.	Υ-Κ	1/2 έως 1/3	Φυσικής προέλευσης + θραυστά κεραμικά / 0-6 έως 0-8	1,4-2,8	17-23
Οθωμανική	Παζάρ Χαμάμ / 1500	Υ	1/2	Φυσικής προέλευσης / 0-8	0,7-2,4	19-23
Σύγχρονη 19 ^{ος} -20 ^{ος} αι.	Κολιγόσπιτα Ζωγράφου/ 1845	Π	1/1,5	Φυσικής προέλευσης / 0-8	0,6	23
	Κτίριο Διοίκησης Μύλων Αλλατίνι / 1879	Υ-Πζ	1/2	Φυσικής προέλευσης / 0-8	1,2	21

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά κονιαμάτων δόμησης ανά χρονική περίοδο και τύπο μνημείου.

Ιστορική περίοδος	Μνημείο/ Χρονολογία	Φώτο μνημείου	Μακροσκοπική δείγματος	Μικροσκοπική δείγματος
Νεολιθική	Τούμπα Θεσσαλονίκης / 1200π.Χ.			
Ελληνιστική	Αρχαίο Θέατρο Άργους / αρχές 3 ^{ου} αι. π.Χ.			

Ρωμαϊκή	Γαλεριανό Συγκρότημα/ 3 ^{ος} αι. μ.Χ.			
Βυζαντινή	Παλαιοχριστιανική Βασιλική Γ' Φιλίππων / 6 ^{ος} αι. μ.Χ.			
Οθωμανική	Παζάρ Χαμάμ / 1500			
Σύγχρονη 19 ^{ος} -20 ^{ος} αι.	Κολιγόσπιτα Ζωγράφου/ 1845			
	Κτίριο Διοίκησης Μύλων Αλλατίνι / 1879			

Πίνακας 2: Φωτογραφίες δειγματοληψίας, μακροσκοπικές και μικροσκοπικές δειγμάτων κονιαμάτων δόμησης ανά χρονική περίοδο και τύπο μνημείου.

Από τη συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ανάλυσης προκύπτουν συνοπτικά τα κάτωθι συμπεράσματα (εικ.5-7) (Πάχτα, 2011):

Ο πηλός αποτέλεσε την πρώτη συνδετική κονία που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή κονιαμάτων. Η χρήση του είναι συστηματική από τη Νεολιθική περίοδο, ενώ συναντάται σε λαϊκής αρχιτεκτονικής κατασκευές μέχρι και τις αρχές του 20ου αι..

Τουλάχιστον από την Ελληνιστική περίοδο και μέχρι τις αρχές του 20^{ου} αι., το κύριο σύστημα κονιών που χρησιμοποιήθηκε ήταν η υδράσβεστος και ποζολάνη, δημιουργώντας κονιάματα υψηλής αντοχής και ανθεκτικότητας στην υγρασία. Η χρήση αμιγών ασβεστοπικών κονιαμάτων ξεκινά στη ρωμαϊκή περίοδο, οπότε φαίνεται να έχει συστηματοποιηθεί η διαδικασία παραγωγής ασβέστου. Η χρήση κεραμάλευρου συναντάται από τη Ρωμαϊκή περίοδο και γενικεύεται κατά τη Βυζαντινή.

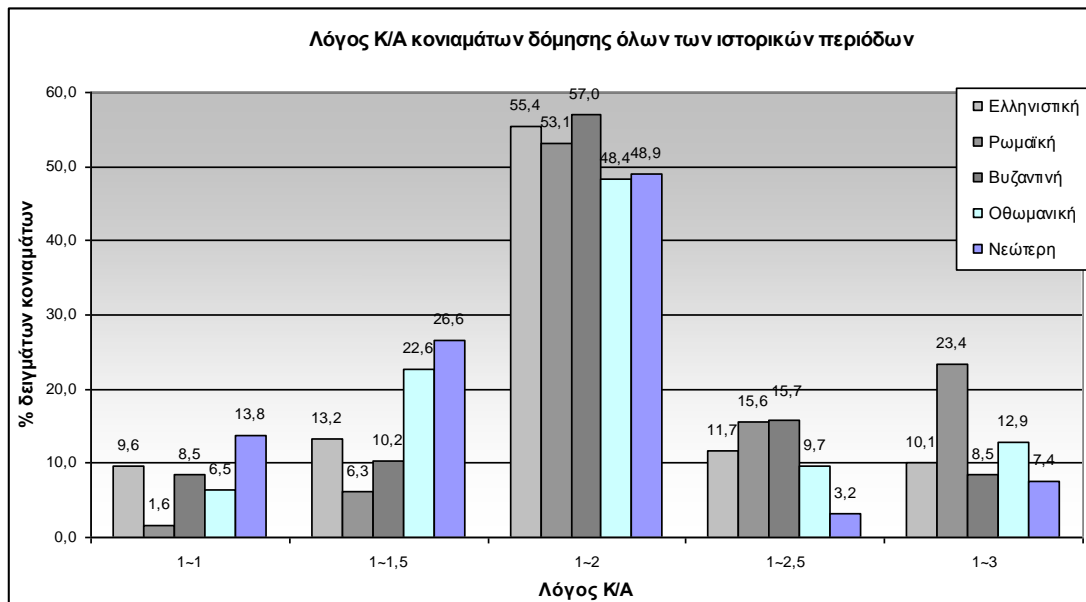
Ο λόγος Κ/Α κυμαίνεται από 1/1 έως 1/3, ενώ παρατηρείται μία γενικευμένη εφαρμογή του λόγου 1/2 σε όλες τις περιόδους (εικ.5). Η διαφοροποίηση του λόγου, οφείλεται στα επιμέρους τεχνολογικά στοιχεία των κατασκευών (εύρος αρμών, κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών, τύπος συστήματος κονιών κλπ).

Η κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών κυμαίνεται από 0-2,5mm έως 0-16mm (εικ.6). Το συνηθέστερο κλάσμα που συναντάται σε όλες τις περιόδους είναι 0-8mm. Η προέλευση των αδρανών είναι σε μεγαλύτερο ποσοστό φυσικής, ποτάμιας προέλευσης και πυριτικής σύστασης. Θραυστά κεραμικά ως αδρανή, χρησιμοποιούνται από τη Ρωμαϊκή περίοδο, ενώ αποτελούν κύριο συστατικό των Βυζαντινών κονιαμάτων.

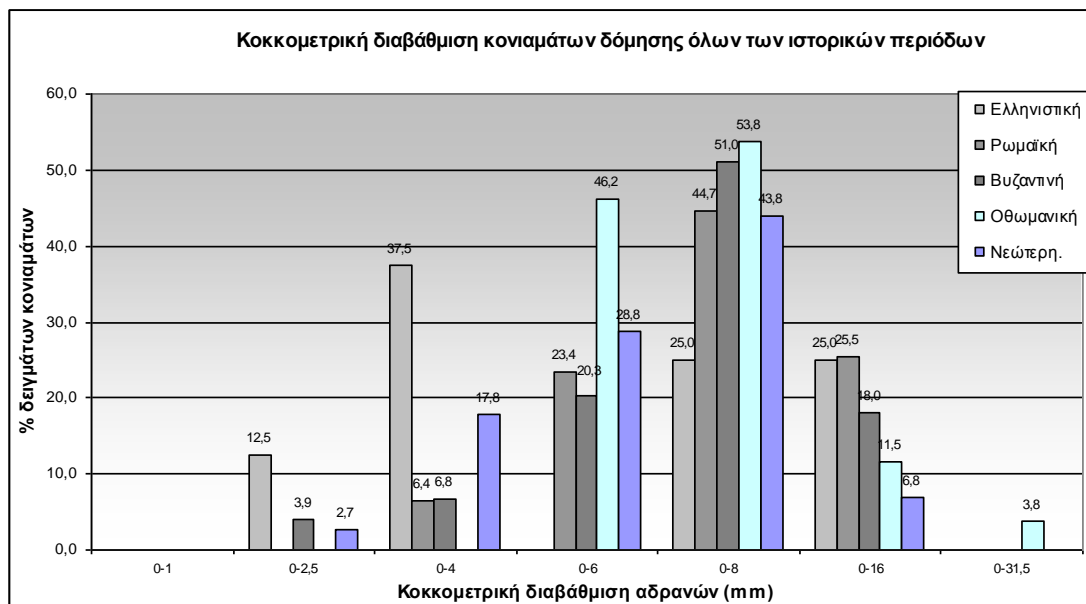
Η χρήση εγκλεισμάτων είναι συνεχής σε όλες τις περιόδους. Υπερτερούν τα συσσωματώματα ασβεστίτη που σχετίζονται με την ατελή σβέση και ανάδευση της ασβέστου, ενώ εμφανίζονται

συχνά κόκκοι κάρβουνου, τεμάχια ξύλου-άχυρου και σε μικρότερο ποσοστό σβώλοι πηλού, κελύφη, φυτικές-συνθετικές ίνες και τεμάχια καλαμιού.

Σε σχέση με τα φυσικο-μηχανικά χαρακτηριστικά των κονιαμάτων, οι περισσότερο συχνά απαντώμενες τιμές πορώδους και θλιπτικής αντοχής κυμαίνονται από 17-22% και 1-2,4MPa αντίστοιχα.



Εικ.5: Λόγος Κ/Α κονιαμάτων δόμησης όλων των περιόδων



Εικ.6: Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών κονιαμάτων δόμησης όλων των περιόδων.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως προκύπτει από τη μελέτη της τεχνολογικής εξέλιξης των κονιαμάτων δόμησης, η αναζήτηση των βέλτιστων υλικών και μεθόδων παρασκευής τους αποτέλεσε αντικείμενο έρευνας από την αρχαιότητα, έως τις αρχές του 20ου αιώνα. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν εμπειρικά κριτήρια (trial and error) που σήμερα επιβεβαιώνονται από πειραματικά δεδομένα και επιστημονική γνώση.

Η μελέτη των αρχαίων κειμένων παρέχει σημαντικές πληροφορίες σε σχέση με τη τεχνολογία κάθε περιόδου και τον τρόπο επιλογής πρώτων υλών και μπορεί να επιβεβαιώσει δεδομένα (π.χ. χρήση συγκεκριμένων υλικών σε συγκεκριμένες περιόδους) που ακόμη και σήμερα αποτελούν αντικείμενο διαξιφισμών της παγκόσμιας επιστημονικής κοινότητας.

Οι σύγχρονοι μελετητές τεκμηριώνουν, μέσω ιστορικής προσέγγισης, ανασκαφικών δεδομένων και πειραματικών αναλύσεων την εξελικτική χρήση των κονιαμάτων, ενώ η συστηματική ανάλυση και καταγραφή των ιδιοτήτων τους καθορίζει τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά τους, ανά χρονική περίοδο και κατασκευαστικό τύπο.

Με βάση τη μελέτη και την ανάλυση των παλιών κονιαμάτων φαίνεται ότι για την παρασκευή των κονιαμάτων χρησιμοποιούνταν οι ίδιες πρώτες ύλες για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 4 χιλιετιών (2^η χιλιετία π.Χ. έως αρχές 20^{ου} αιώνα). Παρατηρείται επίσης ότι οι αρχαίοι τεχνίτες βασιζόνταν σε εμπειρικά κριτήρια και προσπαθούσαν να πετύχουν ανθεκτικές στο χρόνο κατασκευές, με τη μέγιστη αξιοποίηση των διαθέσιμων πρώτων υλών.

Βιβλιογραφία

Adam J.P., (1994), *Roman Building. Materials and Techniques*, Translated by Anthony Mathews, B.T. Batsford Ltd, London.

Alberti L.B., (1965), *Ten Books on Architecture*, Translated into English by Leoni J., edited by Rykwert J., Alec Tiranti, London.

Cennino d' Andrea Cennini, (1954), *The Craftsman's Handbook*, Translated by Thompson D.V., Dover Publications, N. York.

Conophagos C, Badeca H, 1974, The water cisterns of ore washeries in Laurion and their special hydraulic mortar. *Annales Geologiques des pays Helleniques*, Vol.26, p.328-37

Eustathiadis E., 1978, *Greek concrete of three milleniums*, Technological Research, Athens, April 1978.

Koui M., Ftikos Ch., 1998, The ancient Kamirian water storage tank: A proof of concrete technology and durability for three millenniums, *Materials and Structures*, Vol. 31, November 1998, p.623-627

Middendorf B., Hughes J. J., Callebaut K., Baronio G., Papayianni I., 2005a, Investigative methods for the characterisation of historic mortars- Part 1: Mineralogical characterisation, RILEM TC 167-COM: '*Characterisation of Old Mortars with Respect to their Repair*', *Materials and Structures*, Volume 38, October 2005, p.761-769.

Middendorf B., Hughes J. J., Callebaut K., Baronio G., Papayianni I., 2005b, Investigative methods for the characterisation of historic mortars- Part 2: Chemical characterisation, RILEM TC 167-COM: '*Characterisation of Old Mortars with Respect to their Repair*', *Materials and Structures*, Volume 38, October 2005, p.771-780.

Papayianni I., 1997, Technology of mortars and bricks used in Ottoman monuments in Thessaloniki, *International Conference on Studies in Ancient Structures*, Istanbul, July 14-18 1997, p.245-253.

Papayianni I., 2005, Design and manufacture of repair mortars for interventions on monuments and historical buildings, *2nd International Workshop Repair Mortars for Historic Masonry*, RILEM TC RMHM, Delft, Holland, 26–28 January 2005.

Papayianni I., 2006, The longevity of old mortars, *Materials Science & Processing*, Applied Physics A, 83, p. 685–688

Papayianni I., Stefanidou M., 2000, Repair mortars for monuments in Byzantine Architecture, *5th International Congress on Restoration of Architectural Heritage*, Firenze, Editor CICOP p.1671-1683

Papayianni I., Theocharidou K., 2003, The Longevity of the Byzantine Church of Hagia Sophia in Thessaloniki, *6th CANMET-ACI International Conerence. on Durability of Concrete*, Thessaloniki, June 1-7 2003.

- Papayianni I., 1994, Durability lessons from the study of the old mortars and concretes, P.K. Mehta Symposium on Durability of Concrete, Nice, May 23, 1994, Organized by CANMET/ACI, p. 1-30.
- Papayianni I., Pachta V., 2008, Damages of old Lighthouses and their repair, MEDACHS 08, 1st International Conference on "Construction Heritage in Coastal and Marine Environments. Damage, Diagnostics, Maintenance and rehabilitation", January 28-30, 2008, Lisbon, Portugal (proc. in cd).
- Papayianni, I., Stefanidou, M., 2007, Durability aspects of ancient mortars of the archaeological site of Olynthos, *Journal of Cultural Heritage*, Vol.8, p.193-196.
- Sickels L.B., 1981, *Organic Additives in Mortars*, Edinburg Architecture Research, Vol. 8, p.9-10
- Tassios T.P., 1991, *History of Concrete in Greece*.
- Van Hees R.P.J., Binda L., Papayianni I., Toubmakari E., 2004, Characterisation and damage analysis of old mortars, RILEM TC 167-COM: 'Characterisation of Old Mortars with Respect to their Repair', *Materials and Structures*, Vol.37, Issue 273, November 2004, p.644-648.
- Wright G.R.H., 2005a, *Ancient Building Technology*, Parts 1: Text, Brill, Leiden, Boston.
- Αριστοτέλης, 1992α, *Μετεωρολογικά 1*, Άπαντα, Τόμος 13, Αρχαία Ελληνική Γραμματεία «Οι Έλληνες», Μετάφραση Φιλολογική Ομάδα Κάκτου, Εκδότης Χατζόπουλος Ο., Αθήνα.
- Βιτρούβιος, 1996α, *Περί Αρχιτεκτονικής*, Βιβλία I-V, μετάφραση Π. Λέφας, Εκδόσεις Πλέθρον, Αθήνα.
- Βιτρούβιος, 1996β, *Περί Αρχιτεκτονικής*, Βιβλία VI-X, μετάφραση Π. Λέφας, Εκδόσεις Πλέθρον, Αθήνα.
- Θεόφραστος, 1998, *Περί ευσέβειας, Περί λίθων, Περί πυρός*, Άπαντα Τ. 8, Χαρακτήρες, , Μετάφραση Φιλολογική Ομάδα Κάκτου, Αρχαία Ελληνική Γραμματεία, οι Έλληνες, Εκδότης Ο. Χατζόπουλος, Αθήνα.
- Λάββας Γ.Π., 2002, *Επίτομη Ιστορία της Αρχιτεκτονικής, με έμφαση στο 19ο και 20ο αιώνα*, University Studio Press, Θεσσαλονίκη
- Μουτσόπουλος Ν.Κ., 1992, *Εκκλησίες της Καστοριάς, 9ος-11ος αιώνας*, Εκδόσεις Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη.
- Μπούρας Χ.Θ., 1991, *Μαθήματα Ιστορίας της Αρχιτεκτονικής*, τόμος Α', Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
- Ορλάνδος Α. Κ., 1958, *Τα υλικά δομής των αρχαίων Ελλήνων, κατά τους συγγραφείς, τας επιγραφάς και τα μνημεία*, Μέρος Α', Τεύχος 2 Τα μέταλλα, το ελεφαντοστόν, τα κονιάματα και οι λίθοι, Η Αρχαία Ελληνική Αρχιτεκτονική, Αθήναι.
- Παλυβού Κ., 1999, Ακρωτήρι Θήρας: *Η οικοδομική τέχνη*, Βιβλιοθήκη της εν Αθήναις Αρχαιολογικής Εταιρείας Αριθ. 183, Αθήναι
- Παπαγιάννη Ι., Αργυρόπουλος Μ., Πάχτα Β., 2009, *Στερέωση ωμοπλινθοδομών με πηλοενέματα. Υλικά και εφαρμογή*, 2ο Συνέδριο Αναστηλώσεων, ΕΤΕΠΑΜ, Αθήνα, Μάιος 2009.
- Παπαγιάννη Ι., Νικητάκος Η., Σιούτης Α., Πάχτα Β., 2010, Μελέτη των υλικών και της παθολογίας του κτιρίου διοίκησης των Μύλων Αλλατίνι, 3ο Εθνικό Συνεδρίο «*Ηπιες Επεμβάσεις για την προστασία των Ιστορικών Κτιρίων. Νέες τάσεις σχεδιασμού*», Θεσσαλονίκη, 9-11 Απριλίου 2009, Μηνιαίο Επιστημονικό Περιοδικό ΤΕΧΝΙΚΑ, Τεύχος 255, Ιούνιος 2009, σ. 40-48.
- Παπαγιάννη Ι., Πάχτα Β., Στεφανίδου Μ., Ανάλυση κονιαμάτων υποστρώματος δαπέδων Ανακτόρου Αιγών και προτάσεις υλικών αποκατάστασης, 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αναστηλώσεων ΕΤΕΠΑΜ, 1-3 Νοεμβρίου 2012 (proc in cd)
- Παπαγιάννη Ι., Στεφανίδου Μ., 1998, Μελέτη των παλαιών υλικών τοιχοποιίας συγκροτήματος ανακτόρων Γαλερίου, *Οι εργασίες αποκατάστασης των Ανακτόρων Γαλερίου*, ΙΣΤ Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων 24 Σεπτεμβρίου 1998, Θεσσαλονίκη.

Πάχτα Β., 2011, *Ιστορική εξέλιξη κονιαμάτων*, Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Πλίνιος ο Πρεσβύτερος, 1994, *Περί της Αρχαίας Ελληνικής Ζωγραφικής* 35ο Βιβλίο της «Φυσικής Ιστορίας», Μετάφραση Τ. Ρούσσος, Α. Βλ. Λεβίδης, Εκδόσεις Άγρα.

Στράβωνας, 1962, *Γεωγραφικά*, Τόμος όγδοος, Αρχαίον κείμενον, Μετάφρασις-Σημειώσεις Α. Παπαθεοδώρου, Επιστημονική Εταιρεία των Ελληνικών Γραμμάτων ΠΑΠΥΡΟΣ, Εν Αθήναις, σελ. 686-689, 714, 777.

Τσουντας Χρ., 1908, *Αι προϊστορικά Ακροπόλεις Διμηνίου και Σέσκλου*, Βιβλιοθήκη της εν Αθήναις Αρχαιολογικής Εταιρείας, Τύποις Π.Δ. Σακελλαρίου, Εν Αθήναις.

Βιογραφικά Εισηγητών

Βασιλική Πάχτα: Δρ Αρχιτέκτων, Συντηρήτρια, Εργαστήριο Δομικών Υλικών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124, Θεσσαλονίκη, 2310 995882, vpachta@civil.auth.gr

Ιωάννα Παπαγιάννη: Καθηγήτρια, Εργαστήριο Δομικών Υλικών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124, Θεσσαλονίκη, 2310 995783, papayian@civil.auth.gr