



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Γεωργικές και Θερμοκηπιακές κατασκευές (Θεωρία)

Ενότητα 4 : Οι λίθινες κατασκευές
Δρ. Μενέλαος Θεοχάρης



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

4

Οι λίθινες κατασκευές

4.1. Εισαγωγή

Οι φυσικές πέτρες ήταν ως το τέλος σχεδόν του 19ου αιώνα το κυριότερο δομικό υλικό. Το μεγαλύτερο και το πιο μόνιμο μέρος όλων των μεγάλων δομικών έργων ήταν από φυσικές πέτρες. Πριν από εκατό περίπου χρόνια άρχισαν να αναπτύσσονται οι μεταλλικές κατασκευές, οι οποίες μόλις πριν από άλλα εκατό χρόνια είχαν πρωτοεφαρμοσθεί στη γεφυροποιία, ενώ αργότερα άρχισε η διάδοση και η γενίκευση των χυτών κατασκευών. Σύγχρονα η βιομηχανική και κοινωνική ανάπτυξη είχαν σαν αποτέλεσμα να αυξηθεί η χρήση των τεχνητών λίθων, επειδή υπάρχει γενικά μια τάση να αντικατασταθούν τα φυσικά υλικά με βιομηχανικά προϊόντα. Ο λόγος είναι ότι αυτά έχουν πιο ομοιόμορφες ιδιότητες, που ελέγχονται καλύτερα, ενώ το κόστος της παραγωγής τους γίνεται ολοένα μικρότερο, όσο προοδεύει η τεχνολογία.

Έτσι σήμερα ο ρόλος των φυσικών λίθων έχει περιορισθεί πάρα πολύ. Σε περιοχές βέβαια χωρίς βιομηχανία, όπου συνήθως γίνονται μόνο μικρά έργα, οι πέτρες- φυσικές ή τεχνητές - εξακολουθούν να είναι το βασικό δομικό υλικό. Έτσι ατά νησιά και τα βουνά της χώρας μας κτίζουν πάντοτε με πέτρες, ενώ στις πεδινές αγροτικές περιοχές χρησιμοποιούν κυρίως τεχνητούς λίθους.

Οι φυσικές πέτρες σαν δομικό υλικό μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τους ακόλουθους τρόπους:

- α) Να τοποθετηθούν φύρδην - μίγδην και να σχηματίσουν λιθορριπή.
- β) Να τοποθετηθούν σε κατάλληλες θέσεις μία - μία, ώστε να σχηματίσουν ξηρολιθοδομή (ξηρολιθιά ή ξερολίθι).
- γ) Να κτισθούν και να συνδεθούν μεταξύ τους με κονίαμα (λάσπη), ώστε να σχηματίσουν κανονική λιθοδομή.
- δ) Να προστεθούν μέσα στο σκυρόδεμα και να σχηματίσουν έτσι λιθόδεμα, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ογκώδεις χυτές κατασκευές.
- ε) Να σπάσουν σε μικρά κομμάτια ή να θρυμματισθούν, ώστε να μεταβληθούν σε σκυρα (χαλίκια) ή άμμο και να χρησιμοποιηθούν σαν αδρανή υλικά σε κονιάματα και σκυροδέματα, σαν υλικά για κατασκευή οδοστρωμάτων κλπ.
- στ) Να σκιστούν σε λεπτές πλάκες και να χρησιμοποιηθούν για επενδύσεις τοίχων, επιστρώσεις δαπέδων, πεζοδρομίων, αυλών, ταρατσών κλπ.
- ζ) Να υποστούν κατάλληλες χημικές επεξεργασίες, ώστε να δώσουν νέα δομικά υλικά, όπως π.χ. τον ασβέστη, το γύψο, το τσιμέντο κλπ.

Για όλες τις παραπάνω χρήσεις πολλά είδη φυσικών λίθων είναι κατάλληλα. Πρέπει βέβαια να αποκλεισθούν, όσοι προέρχονται από μαλακά ορυκτά, που σπάνε ή θρυμματίζονται με ελαφρά κτυπήματα ή που με τον καιρό χάνουν τη συνοχή και την αντοχή τους και αρχίζουν να ξεφτάνε ή να τρίβονται. Ακατάλληλες είναι ακόμα και οι πέτρες, που έχουν ρωγμές, τρύπες, κενά ή μοιάζουν με σφουγγάρι, γιατί παρουσιάζουν μικρή αντοχή και κυ-

ρίως περιορισμένη στεγανότητα. Τέλος πρέπει να αποφεύγονται οι πέτρες, που τις έχει στρογγυλέψει το νερό, όπως αυτές που βρίσκονται στις κοίτες των χειμάρρων ή κοντά στη θάλασσα, επειδή δεν μπορούν να συνδεθούν εύκολα μεταξύ τους κι έτσι οι κατασκευές μ' αυτές έχουν μικρή συνοχή και ευστάθεια. Αντίθετα οι πέτρες, που έχουν την τάση να παρυσιάζουν επίπεδες επιφάνειες εκεί που σπάνε, είναι οι προτιμότερες, επειδή μπορούν να πατήσουν η μια πάνω στην άλλη με εξαιρετική ευστάθεια.

Στην Ελλάδα οι περισσότερες πέτρες για κτίσιμο προέρχονται από ασβεστολιθικά πετρώματα. Οι ασβεστόλιθοι έχουν κατά κανόνα αρκετή αντοχή, χωρίς να είναι πολύ σκληροί, ώστε η επεξεργασία τους είναι εύκολη. Οι ευγενέστερες ποικιλίες ασβεστολίθων είναι τα μάρμαρα. Σε μερικές περιοχές, όπως π.χ. στο Πήλιο και στις Κυκλάδες, χρησιμοποιούνται και πέτρες από σκληρά και συμπαγή σχιστολιθικά πετρώματα.

Οι πέτρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπως είναι μετά από μια μικρή επεξεργασία, που γίνεται από τον τεχνίτη, την ώρα που τις κτίζει. Χαρακτηρίζονται τότε σαν αργοί λίθοι. Σε ορισμένες περιπτώσεις γίνεται επεξεργασία των λίθων πριν από το κτίσιμο, ώστε να αποκτήσουν την επιθυμητή μορφή. Όταν η επεξεργασία γίνεται σε όλες τους τις όψεις, οι λίθοι λέγονται λαξευτοί (πελεκητοί, ξεστοί), ενώ αν περιορίζεται μόνο στις επιφάνειες τους, που πρόκειται να φαίνονται μετά το κτίσιμο και σε στενές λωρίδες των γειτονικών τους επιφανειών, λέγονται μισολαξευμένοι (ημίξεστοι).

Οι φυσικές πέτρες προέρχονται κατά κανόνα από λατομεία και γι' αυτό λέγονται ορυκτές. Τα λατομεία ανοίγονται σε βραχώδεις περιοχές, όπου το πέτρωμα είναι κατάλληλο για την παραγωγή λίθων για κτίσιμο, όπως και για την παραγωγή σκύρων και άμμου. Η εξόρυξη γίνεται με εκρηκτικές ύλες, εκτός αν το υλικό είναι εξαιρετικής ποιότητας, όπως π.χ. μάρμαρο, και η τιμή του είναι πολύ υψηλή. Συμφέρει τότε να αυξηθεί το κόστος παραγωγής, για να μειωθούν οι φθορές του υλικού και γι' αυτό η εξόρυξη γίνεται με σφήνες και βαρείες ή και με ειδικά μηχανοκίνητα πριόνια. Οι πέτρες, που προέρχονται από τα επιφανειακά στρώματα των λατομείων, πρέπει να απορρίπτονται, επειδή δεν είναι κατάλληλες ούτε για κτίσιμο ούτε για παραγωγή σκύρων και άμμου.

Σπανιότερα χρησιμοποιούνται για κτίσιμο πέτρες συλλεκτές, αλλά δεν είναι κατά κανόνα καλής ποιότητας. Άλλοτε πάλι χρησιμοποιούνται πέτρες, που προέρχονται μετά από σπάσιμο σε μικρότερα κομμάτια ογκολίθων, που συλλέγονται στις κοίτες των χειμάρρων.

4.2. Λιθορριπές

Λιθορριπές λέγονται οι κατασκευές, όπου οι πέτρες τοποθετούνται φύρδην-μίγδην, ριχνονται δηλαδή σε σωρούς και αφήνονται στις τυχαίες θέσεις που παίρνουν μόνες τους μ' αυτό τον τρόπο. Συνήθως οι λιθορριπές εφαρμόζονται σε λιμενικά έργα, όπου χρησιμεύουν είτε ως θεμέλια, είτε ως θεμέλιο και ανωδομή συγχρόνως

Λιθορριπές εφαρμόζονται και για την κατασκευή ορισμένων έργων, που ονομάζονται συνήθως προστατευτικά. Όταν ένα δομικό έργο βρίσκεται συνέχεια ή έστω κατά περιόδους μέσα στο νερό, κινδυνεύει πάντοτε να διαβρωθεί και να καταστραφεί από τη ροή ή τον κυματισμό του νερού. Για να προστατευθούν απ' αυτό τον κίνδυνο τα τμήματα του έργου, που βρίσκονται μέσα στο νερό και ιδιαίτερα κοντά στην επιφάνεια του, σκεπάζονται με ειδικές κατασκευές, που λέγονται προστατευτικά έργα.

Οι λιθορριπές σήμερα κατασκευάζονται σχεδόν πάντοτε με τη βοήθεια δομικών μηχανημάτων. Οι πέτρες συλλέγονται με κατάλληλους εκσκαφείς ή φορτωτές, που τις μεταφέρουν και τις αφήνουν κατευθείαν στη θέση τους ή τις φορτώνουν σε κάποιο μεταφορικό μέσο, π.χ. ανατρεπόμενο αυτοκίνητο, πλωτή φορτηγίδα κ.ο.κ.

Το μέσο αυτό τις μεταφέρει στη θέση του έργου, όπου τις αφήνει μόνο του ή με τη βοήθεια γερανού. Για τις λιθορριπές χρησιμοποιούνται πολύ μεγάλες πέτρες, ιδιαίτερα όταν πρέπει να μην παρασύρονται από δυνατά ρεύματα στη θάλασσα ή τα ποτάμια. Οι λιθορριπές μορφώνονται έτσι, ώστε να δημιουργούνται πρηνή, δηλαδή πλευρικές επιφάνειες, που δεν είναι κατακόρυφες, αλλά παρουσιάζουν κάποια κλίση. Έτσι Εξασφαλίζεται η ευσταθής ισορροπία και δεν υπάρχει κίνδυνος να αλλάξουν θέση οι πέτρες και να καταρρεύσει η λιθορριπή.

Μια κατασκευή συγγενής με τις λιθορριπές είναι οι φάκελλοι ή συρματοκιβώτια λιθορριπών, γνωστά στην Ελλάδα και με το όνομα σαραζανέτια, που εφαρμόζονται κι αυτά για την κατασκευή προστατευτικών έργων. Η λιθορριπή εγκιβωτίζεται μέσα σε φακέλλους από ανθεκτικό, καλά γαλβανισμένο χαλύβδινο πλέγμα (κοτετσόσυρμα), που παίρνουν τελικά το σχήμα ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου ή σπανιότερα κυλίνδρου κι έχουν όγκο αρκετών κυβικών μέτρων. Οι φάκελλοι τοποθετούνται ανοικτοί στην οριστική τους θέση, γεμίζονται με πέτρες και διπλώνονται. Το κλείσιμο τους εξασφαλίζεται, όταν οι άκρες του πλέγματος επικαλύψουν αρκετά η μια την άλλη και ραφτούν με χοντρό γαλβανισμένο σύρμα.

Οι φάκελλοι έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν για το γέμισμα τους να χρησιμοποιηθούν πέτρες πολύ μικρότερες απ' αυτές, που χρειάζονται για τις συνηθισμένες λιθορριπές. Μπορούν ακόμα να χρησιμοποιηθούν πέτρες με οποιοδήποτε σχήμα, έστω και στρογγυλεμένες απ' το νερό. Οι πέτρες έτσι κατά κανόνα δεν χρειάζεται να μεταφερθούν από μακριά, μια και εκεί, όπου κατασκευάζονται τα προστατευτικά έργα, υπάρχουν συνήθως τέτοιες πέτρες. Το σχήμα και το μέγεθος των φακέλλων εξάλλου τους κάνει πολύ πιο ευσταθείς από τις απλές λιθορριπές.

4.3. Ξηρολιθοδομές

Οι ξηρολιθοδομές (ξηρολιθιές ή ξηρολίθια), οι λιθοδομές δηλαδή που κτίζονται χωρίς κονίαμα (λάσπη), εφαρμόζονται μόνο σε κατασκευές με μικρή σημασία, όπως π.χ. μάντρες, που χωρίζουν αγροτικές ιδιοκτησίες, μικρά βοηθητικά κτίσματα, όπως στάβλοι, αποχωρητήρια κλπ. Με τον τρόπο αυτό κατασκευάζονται επίσης χαμηλοί τοίχοι αντιστηρίξεως για δρόμους με μικρή κίνηση, ή για να δημιουργηθούν αυλές, πλατείες ή αγροί για καλλιέργεια σε εδάφη, που παρουσιάζουν μεγάλες κλίσεις.

Τοίχος αντιστηρίξεως ή αναλημματικός, λέγεται ένας τοίχος, όταν από τη μια του όψη η επιφάνεια του εδάφους είναι σημαντικά υψηλότερα σχετικά με την άλλη του όψη (σχήμα 4.1). Το έδαφος τότε σπρώχνει τον τοίχο προς τα κάτω με σημαντικές δυνάμεις, που μεγαλώνουν πολύ γρήγορα, όσο μεγαλώνει η διαφορά της στάθμης του εδάφους ανάμεσα στις δυο όψεις του τοίχου.

Οι ξηρολιθοδομές πρέπει να αντέχουν σε κατακόρυφες δυνάμεις, που προέρχονται κυρίως απ' το ίδιο τους το βάρος, αλλά και σε λοξές, ιδιαίτερα όταν λειτουργούν σαν τοίχοι αντιστηρίξεως, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να γκρεμισθούν ή να φύγουν ορισμένες πέτρες απ' τη θέση τους. Πρέπει λοιπόν οι πέτρες να είναι τοποθετημένες με προσοχή και με τέχνη, ώστε να μη μπορούμε να βγάλουμε καμιά από κει που βρίσκεται, εκτός απ' τις πάνω - πάνω, τις πέτρες της στέψεως του τοίχου, δηλαδή κι αυτές μόνο σηκώνοντας τες προς τα πάνω.

Οι ξηρολιθοδομές, για να εξασφαλισθούν όσα είπαμε προηγουμένως, κτίζονται με ορισμένους κανόνες που τους λέμε κανόνες δομήσεως.

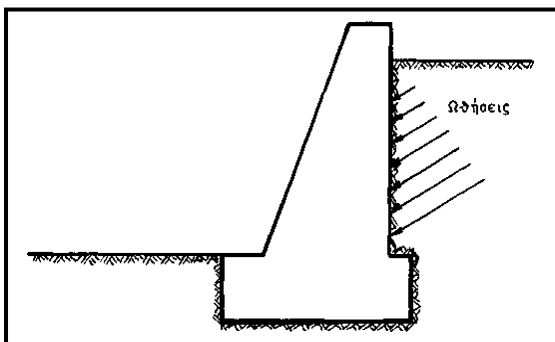
Οι κυριότεροι απ' τους κανόνες αυτούς περιγράφονται ευθύς αμέσως :

α) Επειδή δεν υπάρχει κανένα συνδετικό υλικό, η αντοχή και η ευστάθεια του τοίχου εξαρτώνται μόνο απ' την ποιότητα, το σχήμα και τη θέση των λίθων. Οι πέτρες πρέπει να διαλέγονται με υπομονή και εξαιρετική επιμέλεια για κάθε συγκεκριμένη θέση, ώστε να ταιριάζουν σ' αυτή. Μπαίνουν πρώτα δοκιμαστικά στη θέση τους, διορθώνεται έπειτα το σχήμα τους με ένα σφυρί (σχ.4.2), που τους αφαιρεί μερικά μικρά κομμάτια τους και μόνο τότε μπαίνουν οριστικά στη θέση τους. Τα μικρά κομμάτια (τζιβίκια), που κόβονται, μπαίνουν κι αυτά σε κατάλληλες θέσεις, για να συμπληρώσουν μικρά κενά, αρκεί να βρίσκονται καλά κλεισμένα ανάμεσα στις μεγάλες πέτρες, για να μη μπορούν να μετακινηθούν (σχήμα 4.2).

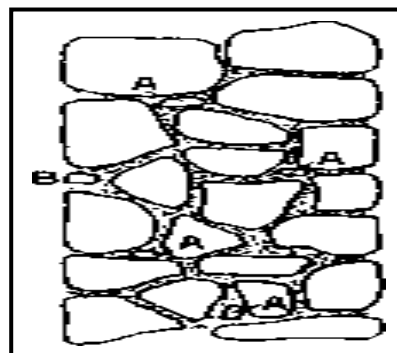
β) Κάθε πέτρα πρέπει να τοποθετείται έτσι, ώστε το ύψος της να είναι μικρότερο και από το μήκος και από το πλάτος της. Οι δύο οριζόντιες επιφάνειες της, πάνω και κάτω, πρέπει να είναι όσο γίνεται πιο επίπεδες, ώστε να στηρίζεται στη θέση της με ευστάθεια και να δημιουργεί καλή βάση για τις πέτρες, που θα μπουν από πάνω της. Οι πέτρες μπαίνουν συνήθως με τη μεγαλύτερη διάσταση τους παράλληλη προς το μήκος του τοίχου (δρομικές), πρέπει όμως μερικές να μπαίνουν και με το μήκος τους κάθετο προς τη διεύθυνση του τοίχου (μπατικές, διάτονες) (σχήμα 4.10. και 4.11).

γ) Οι πέτρες ακουμπούν η μια στην άλλη σε πολλά απομονωμένα σημεία, όπου και εφαρμόζονται οι δυνάμεις. Τα σημεία αυτά πρέπει να είναι όσο γίνεται περισσότερα και πυκνότερα. Στην αντίθετη περίπτωση οι πέτρες γεφυρώνουν μεγάλες αποστάσεις ανάμεσα στα σημεία στηρίξεως (σχήμα 4.4) και, επειδή δεν έχουν μεγάλη αντοχή στην κάμψη, κινδυνεύουν να ραγίσουν και να σπάσουν.

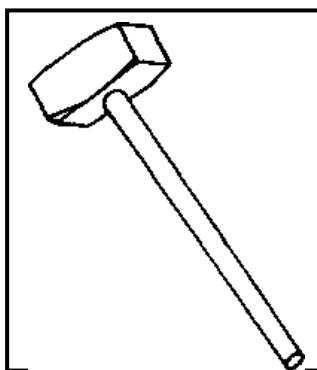
δ) Κάθε πέτρα πρέπει να στηρίζεται τουλάχιστον σε δυο άλλες κάτω απ' αυτή. Αν δε γίνεται αυτό, υπάρχει ο κίνδυνος να σχηματισθούν κατακόρυφοι αρμοί (σχήμα 4.5), που να χωρίζουν την ξηρολιθοδομή σε ανεξάρτητες στήλες που καθεμιά τους μπορεί να μετακινηθεί ανεξάρτητα από τις γειτονικές της.



Σχήμα 4.1. Τοίχος αντιστηρίξεως.



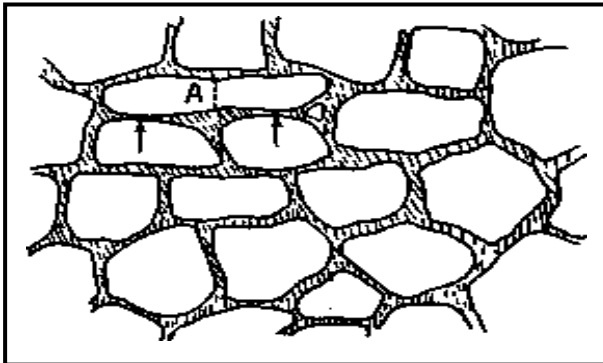
Σχήμα 4.2. Κτίσιμο λιθοδομής.
A = Σωστή. B = Λάθος.



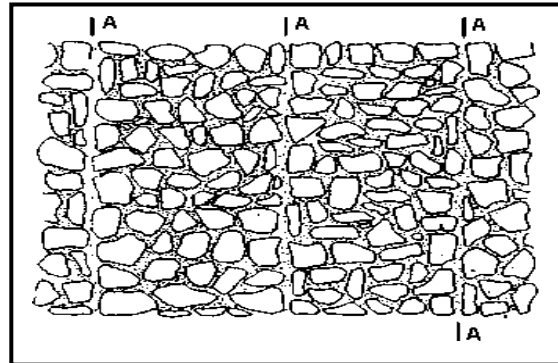
Σχήμα 4.3. Σφυρί κτίστη.

Αν και οι ξηρολιθοδομές εφαρμόζονται σε έργα με μικρή σημασία, χρειάζεται εξαιρετική τέχνη για το κτίσιμο τους. Πρέπει λοιπόν να κτίζονται από καλούς τεχνίτες με μεγάλη πείρα.

Αντίστροφα, το κτίσιμο τους, με τα προβλήματα που παρουσιάζει, είναι ο καλύτερος τρόπος, για να εκπαιδεύονται οι κτίστες. Έτσι εξηγείται, γιατί οι καλύτεροι κτίστες προέρχονται από ορισμένες ορεινές περιοχές της χώρας μας (Λαγκάδια Αρκαδίας, Κυκλάδες, Ήπειρος κλπ.), όπου από μικρά παιδιά μαθαίνουν να κτίζουν ή να διορθώνουν τις ξηρολιθιές, που χωρίζουν τα κτήματα τους ή κρατάνε το χώμα τους στις απότομες πλαγιές των βουνών.



Σχήμα 4.4. Όταν μια πέτρα στηρίζεται σε σημεία, που απέχουν πολύ μεταξύ τους (A), υπάρχει κίνδυνος να σπάσει από την κάμψη



Σχήμα 4.5. Κακό κτίσιμο τοίχου με σχεδόν κατακόρυφους συνεχείς αρμούς A-A.

4.4. Κονιάματα τοιχοποιίας

Αν εξαιρέσαμε τις ξηρολιθοδομές, σ' όλες τις άλλες κατασκευές από φυσικές ή τεχνητές πέτρες, ανάμεσα τους παρεμβάλλεται κονιάμα (λάσπη), για να τις συνδέει και να εξασφαλίζει τη συνοχή της κατασκευής. Τα κονιάματα είναι μίγματα υλικών, που έχουν την ιδιότητα να γίνονται με τον καιρό τεχνητές πέτρες, ενώ, όταν τα χρησιμοποιούμε, έχουν τη μορφή της λάσπης.

Τα κονιάματα αποτελούνται συνήθως από μια κονία (κόλλα), που είναι το ενεργό υλικό, εκείνο δηλαδή που με τον καιρό αλλάζει και στερεοποιείται, και από υλικά αδρανή, συνήθως άμμο, που είναι από την αρχή στερεά και γίνονται ένα σώμα με την κονία, όταν στερεοποιηθεί κι αυτή. Οι περισσότερες κονίες, όταν πηζουν, συστέλλονται με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν ρωγμές (να τριχιάζουν). Τα αδρανή υλικά έχουν δυο σκοπούς, πρώτο να περιορίσουν αυτή τη συστολή, επομένως και τις ρωγμές και δεύτερο να κατεβάσουν το κόστος του κονιάματος.

Ένα κονιάμα λέγεται παχύ, όταν η αναλογία της κονίας είναι τόσο μεγάλη, ώστε μέσα σ' αυτή να πλέουν οι κόκκοι των αδρανών υλικών. Αντίθετα λέγεται ισχνό, όταν η κονία είναι τόσο λίγη, ώστε να μη φθάνει για να γεμίσει τα κενά, που αφήνουν μεταξύ τους οι κόκκοι των αδρανών υλικών, όταν ακουμπούν ο ένας με τον άλλο. Κανονικό είναι το κονιάμα, όταν η κονία είναι τόση ακριβώς, ώστε να συμπληρώσει αυτά τα κενά, χωρίς να περισσεύει καθόλου.

Όσο πιο παχύ είναι ένα κονιάμα, τόσο περισσότερες ρωγμές παρουσιάζει και όσο πιο ισχνό, τόσο μικραίνει η αντοχή του, αλλά και το κόστος του. Ανάλογα με το έργο και τη σημασία του, διαλέγουμε κάθε φορά την κατάλληλη αναλογία κονίας και αδρανών υλικών. Ειδικά για το κτίσιμο χρησιμοποιούνται συνήθως ισχνά κονιάματα ή το πολύ, κανονικά.

Υπάρχουν πολλά είδη κονιαμάτων κατάλληλα για κτίσιμο. Παλιότερα χρησιμοποιήθηκαν ο πηλός, ένα μίγμα δηλαδή νερού με χώμα, η γύψος και η άσφαλτος. Σήμερα τα κονιάματα αυτά εφαρμόζονται σπάνια και έχουν αντικατασταθεί από τα **ασβεστοκονιάματα**, τα **τσιμεντοκονιάματα** και τα **ασβεστοτσιμεντοκονιάματα**.

Τα ασβεστοκονιάματα έχουν σαν κονία πολτό σβησμένου ασβέστη, ένα μίγμα δηλαδή νερού με υδροξείδιο του ασβεστίου $[Ca(OH)_2]$. Τα αδρανή υλικά είναι άμμος, συνήθως λατομείου (νταμαρίσια), χωρίς να αποκλείεται και η ορυκτή, ποταμίσια ή και θαλασσινή, αρκεί να μην περιέχει αλάτι σε μεγάλο ποσοστό. Η άμμος πρέπει να είναι χοντρόκοκκη, οι μεγαλύτεροι κόκκοι της δηλαδή να έχουν διάμετρο 3 mm ή και παραπάνω σε ορισμένες περιπτώσεις. Καλό είναι οι κόκκοι να έχουν διαφορετικά μεγέθη, αλλά μπορούμε να δεχθούμε και άμμους με όλους τους κόκκους τους περίπου ίσους, όταν το κονίαμα προορίζεται για κτίσιμο.

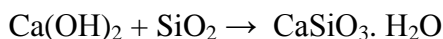
Οι αναλογίες των υλικών των ασβεστοκονιαμάτων ορίζονται με το λόγο του όγκου του πολτού του ασβέστη προς το φαινόμενο όγκο της άμμου. Το κανονικό ασβεστοκονίαμα έχει αναλογία περίπου 1:3, οπότε σε ένα κυβικό μέτρο κονιάματος περιέχονται περίπου $0,32 \text{ m}^3$ πολτού ασβέστη, $0,96 \text{ m}^3$ άμμου και προσθέταμε άλλα $0,20 \text{ m}^3$ ή 200 kg περίπου νερό, για να μπορεί να δουλευτεί η λάσπη. Παρατηρούμε ότι ο συνολικός όγκος των υλικών είναι πολύ μεγαλύτερος απ' τον όγκο του κονιάματος, επειδή το νερό κι ο ασβέστης γεμίζουν τα κενά, που υπάρχουν ανάμεσα στους κόκκους της άμμου.

Στο κτίσιμο μπορεί να χρησιμοποιηθεί κανονικό ασβεστοκονίαμα με αναλογία 1:3, αλλά τις περισσότερες φορές για λόγους οικονομίας τα κονιάματα είναι πιο ισχνά με αναλογίες 1:4 ή 1:5. Η εκλογή της αναλογίας εξαρτάται από τη σημασία του έργου και το σκοπό, που πρόκειται να εξυπηρετήσει η συγκεκριμένη κατασκευή.

Για να πήξει το ασβεστοκονίαμα, πρέπει να πραγματοποιηθεί μια χημική αντίδραση: $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$. Ο σβησμένος ασβέστης απορροφά διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και γίνεται ανθρακικό ασβέστιο, ξαναγίνεται δηλαδή ασβεστόλιθος, ενώ σύγχρονα ελευθερώνεται νερό, που εξατμίζεται σιγά - σιγά. Επειδή η ατμόσφαιρα περιέχει πολύ λίγο διοξείδιο του άνθρακα, περίπου 0,04 %, η αντίδραση γίνεται αργά και μόνο στον ελεύθερο αέρα. Γι' αυτό και τα ασβεστοκονιάματα λέμε πως κατατάσσονται στα αερικά κονιάματα, δεν μπορούν δηλαδή να πήξουν μέσα στο νερό, ούτε και μέσα σε θεμέλια ή σε κατασκευές με μεγάλο πάχος. Επειδή με την αντίδραση ελευθερώνεται νερό, το πήξιμο γίνεται ακόμα πιο αργά, όταν υπάρχει κρύο και υγρασία και το νερό δυσκολεύεται να εξατμισθεί. Μπορούμε τότε να επιταχύνουμε το πήξιμο, αν ανάψουμε δίπλα στις κατασκευές φωτιές με ξύλα, ώστε και περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα να υπάρχει και η υγρασία και το κρύο να λιγοστεύουν.

Όπως είπαμε προηγουμένως, υπάρχουν κατασκευές, όπου δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν αερικά κονιάματα. Είναι λοιπόν απαραίτητα και τα υδραυλικά κονιάματα, που μπορούν να πήξουν χωρίς αέρα, ακόμα και μέσα στο νερό.

Ένα υδραυλικό κονίαμα, που χρησιμοποιήθηκε πολύ στη Ρωμαϊκή εποχή, ήταν το **κουρασάνι**, ένα ασβεστοκονίαμα δηλαδή, που αντί για άμμο περιέχει αλεσμένα τούβλα και κεραμίδια. Ένα μέρος από τους κόκκους αυτούς είναι αδρανές και παίζει το ρόλο της άμμου, υπάρχουν όμως και μερικοί, που περιέχουν διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) σε κατάλληλη μορφή, ώστε το πήξιμο του κονιάματος γίνεται σύμφωνα με μια διαφορετική χημική αντίδραση:



Στην αντίδραση αυτή δεν παίρνουν μέρος πρόσθετα στοιχεία από το περιβάλλον, ούτε παράγονται προϊόντα, που να πρέπει να αποβληθούν από το κονίαμα. Η αντίδραση αυτή λοιπόν μπορεί να γίνει κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες.

Παρόμοιο υδραυλικό κονίαμα παράγεται, αν αντί για αλεσμένα κεραμίδια χρησιμοποιηθεί ένα ειδικό χώμα, που βρίσκεται συνήθως κοντά σε ηφαίστεια και λέγεται **Πουζολάνα** από το όνομα της πόλεως **Pozzuoli**, που βρισκόταν κοντά στο Βεζούβιο. Υπάρχει και στην Ελλάδα τέτοιο υλικό, η **θηραϊκή Γη**, που παράγεται στη Σαντορίνη δίπλα στο ηφαίστειο και οι ντόπιοι κατά παραφθορά τη λένε και Πορσελάνα, αλλά και στο νησάκι Γυαλί κοντά στη Νίσυρο στα Δωδεκάνησα. Τα **θηραϊκοκονιάματα**, μίγματα δηλαδή θηραϊκής γης με πολύ ασβέστη, ήταν σε μεγάλη χρήση ως την αρχή του εικοστού αιώνα, ιδιαίτερα για τα λιμενικά έργα,

Υδραυλικά κονιάματα μπορούν να γίνουν και με ειδικές ποικιλίες ασβέστη, που λέγεται **υδραυλικός ασβέστης**. Ο ασβέστης αυτός προέρχεται από το ψήσιμο ασβεστόλιθων, που περιέχουν εκτός από τον ασβεστίτη (ανθρακικό ασβέστιο = CaCO_3) και σημαντική αναλογία ορυκτών πλουσίων σε πυρίτιο. Μετά το ψήσιμο ο υδραυλικός ασβέστης περιέχει αρκετό διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) σε κατάλληλη μορφή, ώστε να μπορεί να γίνει η χημική αντίδραση, που αναφέρθηκε προηγουμένως.

Ένας υδραυλικός ασβέστης πολύ καλής ποιότητας παραγόταν από ένα πέτρωμα στην περιοχή του Portland στην Αγγλία και η βιομηχανία προσπάθησε να βρει τρόπους να παράγει παρόμοιο υλικό και μ' άλλα πετρώματα. Έτσι άρχισε να παράγεται η τεχνητή κονία Portland, που είναι πιο γνωστή με την ονομασία τσιμέντο. Σε όλο τον κόσμο σήμερα παράγεται βιομηχανικά τσιμέντο σε τεράστιες ποσότητες κι έτσι όλα τα παλιότερα είδη υδραυλικών κονιαμάτων ανήκουν πια πρακτικά στην ιστορία κι έχουν αντικατασταθεί με τα τσιμεντοκονιάματα, που είναι μίγματα τσιμέντου, άμμου και νερού.

Κονία των τσιμεντοκονιαμάτων είναι ο τσιμεντοπολτός, το γαλάκτωμα δηλαδή του τσιμέντου μέσα στο νερό, ενώ η άμμος αποτελεί το αδρανές συστατικό. Για την άμμο των τσιμεντοκονιαμάτων ισχύουν, όσα αναφέρθηκαν για την άμμο των ασβεστοκονιαμάτων.

Οι αναλογίες των υλικών καθορίζονται με το λόγο του όγκου του τσιμέντου προς τον όγκο της άμμου και είναι συνήθως 1:3, 1:4, 1:5 ή και 1:6, όταν το κονίαμα πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για κτίσιμο. Σπανιότερα χρησιμοποιούνται κονιάματα ακόμα πιο ισχνά. Στο μίγμα τσιμέντου και άμμου πρέπει να προστεθεί και νερό σε τόση αναλογία, ώστε να προκύψει ένας πλαστικός και ευκατέργαστος πηχτός πολτός.

Σ' ένα κυβικό μέτρο τσιμεντοκονιάματος με αναλογία 1:3, που είναι περίπου το κανονικό, περιέχονται γύρω στα 420 kg ή $0,35 \text{ m}^3$ τσιμέντου, $1,04 \text{ m}^3$ άμμου και 240 kg ή $0,24 \text{ m}^3$ νερού. Παρατηρούμε ότι ο όγκος του κονιάματος είναι μικρότερος όχι μόνο απ' το άθροισμα των όγκων των τριών συστατικών του, αλλά κι από τον όγκο μόνο της άμμου, ενώ στα ασβεστοκονιάματα συμβαίνει το αντίθετο. Ο λόγος του όγκου του κονιάματος προς τον όγκο της άμμου λέγεται απόδοση του κονιάματος. Η απόδοση λοιπόν των τσιμεντοκονιαμάτων είναι μικρότερη από τη μονάδα, ενώ των ασβεστοκονιαμάτων είναι μεγαλύτερη.

Όταν πηξουν τα τσιμεντοκονιάματα, συμβαίνουν στη μάζα τους πολύπλοκες χημικές αντιδράσεις, που αρχίζουν αμέσως μόλις το τσιμέντο έλθει σ' επαφή με το νερό. Για τις αντιδράσεις αυτές δε χρειάζονται στοιχεία από την ατμόσφαιρα, επομένως το πήξιμο γίνεται οπουδήποτε, αρκεί να υπάρχει αρκετό νερό. Για το λόγο αυτό τα τσιμεντοκονιάματα, που, όπως, είπαμε, κατατάσσονται στα υδραυλικά κονιάματα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και μέσα στο νερό και μέσα στη γη (σε θεμέλια) και στον ελεύθερο αέρα.

Οι χημικές αντιδράσεις, που προκαλούν το πήξιμο του τσιμέντου, γίνονται γρήγορα σε σύγκριση με το πήξιμο του ασβέστη. Γι' αυτό τα τσιμεντοκονιάματα πρέπει να παρασκευάζονται σε μικρές ποσότητες, κι αν αρχίσουν να δείχνουν σημάδια πήξιματος, πρέπει να τα πετάμε σαν άχρηστα, χωρίς να προσπαθούμε να τα ανανεώσαμε προσθέτοντας νερό ή έστω και τσιμέντο.

Τα **ασβεστοτσιμεντοκονιάματα** είναι μίγματα ασβεστοκονιαμάτων και τσιμεντοκονιαμάτων ή, πιο απλά, μίγματα ασβέστη, τσιμέντου, άμμου και νερού. Οι αναλογίες μπορούν να ποικίλλουν ανάλογα με το αποτέλεσμα, που επιδιώκαμε. Όταν το ποσοστό του τσιμέντου είναι μικρό, επικρατούν τα χαρακτηριστικά του ασβεστοκονιάματος, αλλά η αντοχή είναι κάπως πιο μεγάλη και το πήξιμο γίνεται πιο γρήγορα. Αντίθετα, όταν το ποσοστό του τσιμέντου είναι μεγάλο, επικρατούν τα χαρακτηριστικά του τσιμεντοκονιάματος, αλλά η αντοχή είναι κάπως πιο μικρή και το πήξιμο γίνεται πιο αργά. Συνήθως μας ενδιαφέρει να επιβραδύναμε το πήξιμο του κονιάματος, ώστε το κτίσιμο να γίνεται με μεγαλύτερη άνεση κι αυτός είναι ο κύριος λόγος, που προτιμούνται τα ασβεστοτσιμεντοκονιάματα από τα τσιμεντοκονιάματα.

Άσχετα με το είδος του, το κονίαμα είναι το αδύνατο στοιχείο της λιθοδομής. Η αδυναμία του διορθώνεται με τον καιρό και δεν αποκλείεται τελικά μερικά κονιάματα να γίνουν πιο ανθεκτικά από τις ίδιες τις πέτρες. Στις πρώτες όμως φάσεις, όσο το κονίαμα πήζει και σκληραίνει, η αντοχή του είναι μικρή και οι παραμορφωθείς του από τα φορτία, που του επιβάλλονται, μεγάλες. Το αποτέλεσμα είναι ότι οι λιθοδομές παρουσιάζουν μια **καθίζηση** (κάθονται). Αυτό συμβαίνει, πρώτα γιατί τα κονιάματα συστέλλονται, όταν πήζουν και έπειτα, γιατί παραμορφώνονται και συμπιέζονται κάτω απ' το βάρος της ίδιας της λιθοδομής και των φορτίων, που μπορεί να ενεργούν πάνω της. Η καθίζηση αυτή, που μπορεί να φθάσει και σε μερικά εκατοστά του μέτρου για ψηλούς τοίχους, πρέπει να προβλέπεται, όταν κατασκευάζεται το έργο, ώστε να μην προκαλέσει ύστερα δυσάρεστες εκπλήξεις.

Η ανάμιξη των υλικών, που χρειάζονται, για να παρασκευασθεί ένα κονίαμα, μπορεί να γίνει είτε μηχανικά είτε με τα χέρια. Οι ποσότητες των υλικών μετριούνται με κατάλληλα δοχεία και ρίχνονται μέσα στον αναμικτήρα, όπου ανακατεύονται με το νερό, που τρέχει σιγά - σιγά στο εσωτερικό του.

Όταν τα κονιάματα παρασκευάζονται χωρίς μηχανήματα, χρειάζεται πρώτα να προετοιμασθεί μια καθαρή επιφάνεια, για να γίνει πάνω σ' αυτή το κονίαμα. Η επιφάνεια αυτή μπορεί να είναι μια στρώση από σκυρόδεμα, μια μεγάλη λαμαρίνα, ή ακόμη και το φυσικό έδαφος, αν είναι σκληρό και έχουν αφαιρεθεί όλες οι πέτρες και τα χαλαρά χώματα. Πρώτα γίνεται ένας σωρός από άμμο και στο κέντρο του σχηματίζεται με το φτυάρι ή την τσάπα μια λακκούβα. Η άμμος παίρνει έτσι το όχημα μιας στεφάνης με ύψος 15 ως 20 cm και μέσα σ' αυτή ρίχνεται ο ασβέστης ή το τσιμέντο ή και τα δύο αυτά υλικά μαζί. Έπειτα ένας βοηθός ρίχνει σιγά - σιγά το νερό στο κέντρο της στεφάνης, ενώ σύγχρονα ο τεχνίτης μεταφέρει με το (φτυάρι ή την τσάπα μικρές ποσότητες άμμου από το εσωτερικό της στεφάνης προς το κέντρο και τις ανακατεύει με τον ασβέστη ή το τσιμέντο. Η ανάμιξη πρέπει να γίνεται με προσοχή, ώστε η στεφάνη της άμμου να μην παρουσιάσει διακοπή και να εμποδίζεται έτσι το νερό να φύγει προς τα έξω, ώσπου να αναμιχθούν τα υλικά αρκετά και να γίνουν ένας πηχτός πολτός. Η ανάμιξη πρέπει να συνεχίζεται αρκετή ώρα και να σταματά μόνον, όταν το μίγμα αποκτήσει παντού το ίδιο χρώμα και δε διακρίνονται πια τα υλικά, που το αποτελούν.

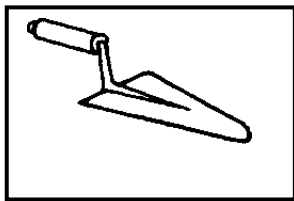
Το μέτρημα των στερεών υλικών γίνεται με κατάλληλα δοχεία, π.χ. δοχεία πετρελαίου (γκάζοντενεκέδες), μονότροχα (καροτσάκια) κλπ., ενώ η ποσότητα του νερού κανονίζεται συνήθως εμπειρικά. Ο τεχνίτης καθορίζει την ποσότητα του νερού, ώστε το κονίαμα να εί-

ναι πηκτό, να πιάνεται δηλαδή με το μυστρί και να σχηματίζει σωρούς χωρίς να χύνεται, αλλά και πλαστικό, ώστε να μπορεί να δουλεύεται με ευκολία.

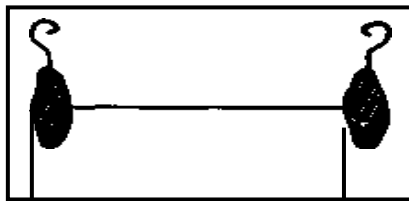
4.5. Αργολιθοδομές

Αργολιθοδομές λέγονται οι κατασκευές, που γίνονται με αργούς λίθους και κονίαμα. Εφαρμόζονται κυρίως σε τοίχους, τόσο κοινούς όσο και τοίχους αντιστηρίξεως. Στο κτίσιμο τους ακολουθούνται οι κανόνες δομήσεως, που αναφέρθηκαν για τις ξηρολιθοδομές, και γενικά η εργασία γίνεται με τον ίδιο τρόπο.

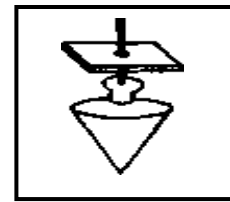
Η μόνη διαφορά είναι ότι, πριν μπει στη θέση της κάθε πέτρα, στρώνεται με το μυστρί (σχήμα 4.6.) κονίαμα πάνω στις πέτρες, που έχουν ήδη κτισθεί και πρόκειται πάνω τους να στηριχθεί η νέα πέτρα. Έπειτα τοποθετείται η νέα πέτρα κολυμπητή μέσα στο κονίαμα και σπρώχνεται με το σφυρί με ελαφρά κτυπήματα ώστε να πάει στη σωστή της θέση.



Σχήμα 4.6. Μυστρί



Σχήμα 4.7. Ράμμα.



Σχήμα 4.8. Ζύγι

Οι πέτρες δεν πρέπει να σφηνώνονται μεταξύ τους, αλλά να κτίζονται με άνεση, ώστε το κονίαμα να τις περιβάλλει από παντού, εκτός από τις επιφάνειες τους, που ανήκουν στις όψεις του τοίχου. Το μέσο πάχος των αρμών είναι αρκετά μεγάλο, περίπου 2 ως 3 cm, επειδή οι πέτρες έχουν ανώμαλες επιφάνειες. Όπου το πάχος των αρμών είναι πολύ μεγαλύτερο, πρέπει να μπαίνουν μικρές πέτρες (τζιβίκια) και να γεμίζουν το κενό (σχήμα 4.3.).

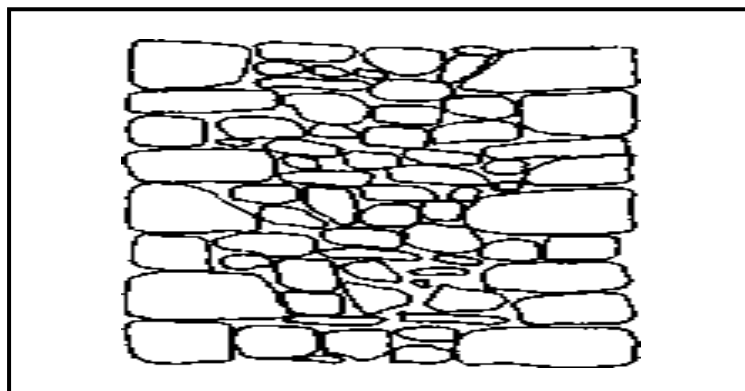
Οι όψεις των αργολιθοδομών δεν μπορεί να είναι επίπεδες, αφού οι πέτρες είναι ακατέργαστες, οι ανωμαλίες τους όμως πρέπει να είναι όσο γίνεται μικρότερες. Κανένα σημείο του τοίχου δεν πρέπει να εξέχει από τη θεωρητική του επιφάνεια, ενώ κανένα σημείο της ορατής επιφάνειας κάθε πέτρας δεν πρέπει να βρίσκεται πιο μέσα από τη θεωρητική επιφάνεια του τοίχου περισσότερο από 3 ως 4 cm. Η θεωρητική επιφάνεια του τοίχου καθορίζεται με οριζόντια ράμματα (σχήμα 4.7.), τεντωμένους σπόγγους δηλαδή, που στηρίζονται στις δυο τους άκρες είτε πάνω σε ήδη κτισμένα στοιχεία του έργου, είτε σε προσωρινούς ξύλινους οδηγούς. Όταν η επιφάνεια του τοίχου είναι κατακόρυφη, υλοποιείται ανάμεσα από τα οριζόντια ράμματα με το ζύγι (νήμα της στάθμης) (σχήμα 4.8), που βοηθά τον τεχνίτη να βάλει τις πέτρες στη σωστή τους θέση. Αν η επιφάνεια είναι λοξή, αντί για ζύγι χρησιμοποιούνται ξύλινες πήχεις.

Είναι φυσικό ότι, για να γίνει η επιφάνεια του τοίχου ομαλή, χρειάζεται πρώτα να διαλεχτεί κάθε πέτρα, που θα έχει ορατή επιφάνεια, και να γίνει μια επεξεργασία αυτής της επιφάνειας με το σφυρί, ώστε να πάρει όσο γίνεται πιο επίπεδη μορφή. Δεν πρέπει όμως να ξεχάμε ότι και οι οριζόντιες επιφάνειες των λίθων πρέπει να είναι όσο μπορούμε πιο επίπεδες, για να εδράζονται με μεγαλύτερη ασφάλεια, επειδή και η αργολιθοδομή, αν και ενισχύεται με το κονίαμα, δεν παύει να είναι ένα σύνολο από πέτρες, που πρέπει να συμπεριφέρονται σαν ενιαίο στερεό σώμα.

Επειδή οι πέτρες δεν παρουσιάζουν πολλές επίπεδες επιφάνειες, υπάρχει πάντα η τάση να χρησιμοποιούνται οι καλύτερες έδρες τους, για να μορφώνονται οι ορατές επιφάνειες της λιθοδομής. Έτσι υπάρχει ο κίνδυνος να παρασυρθεί ο τεχνίτης και να κατασκευάσει

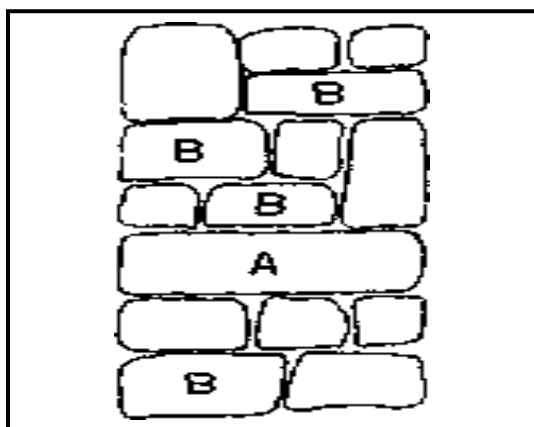
δύο επιμελημένες όψεις στη λιθοδομή, ασύνδετες μεταξύ τους, που τις αποτελούν πέτρες, που στηρίζονται πολύ άσχημα η μια στην άλλη.

Το κενό ανάμεσα στις δύο όψεις συμπληρώνεται με μικρές πέτρες και πολύ κονίαμα (σχήμα 4.9). Μια τέτοια κατασκευή δε θα μπορούσε ούτε να σταθεί, αν δεν υπήρχε κονίαμα, αλλά και με το κονίαμα η ευστάθεια της είναι πολύ αμφίβολη και τέτοιες λιθοδομές πρέπει να απορρίπτονται. Αντίθετα, οι καλύτερες έδρες κάθε πέτρας, οι μεγαλύτερες δηλαδή και πιο επίπεδες, πρέπει να μπαίνουν οριζόντιες, για να εξασφαλίζουν την καλύτερη έδρασή τους.

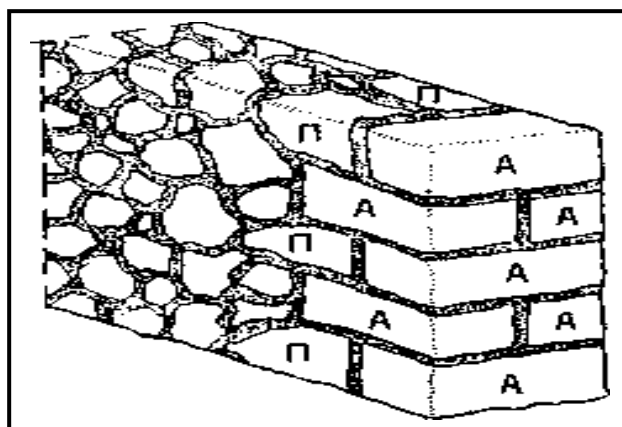


Σχήμα 4.9. Κακό κτίσιμο λιθοδομής με δύο ασύνδετες προσεγμένες όψεις και συμπλήρωση του κενού με μικρές πέτρες και πολύ κονίαμα.

Αρκετές πέτρες πρέπει να μπαίνουν με τη μεγαλύτερη διάσταση τους κάθετη προς την όψη της λιθοδομής (μπατικές ή διάτονες). Όταν μάλιστα το πάχος του τοίχου δεν ξεπερνά τα 50 ως 60 cm, είναι καλό να υπάρχουν και μερικές πέτρες διαμπερείς, που να φθάνουν δηλαδή από τη μια όψη της λιθοδομής ως την άλλη (σχήμα 4.10.). Έτσι ο τοίχος συνδέεται σ' όλο του το πάχος και συμπεριφέρεται σαν ένα στερεό σώμα.



Σχήμα 4.10. Ιδανικό κτίσιμο λιθοδομής
A = Πέτρα διαμπερής.
B = Πέτρες μπατικές.



Σχήμα 4.11. Αγκωνάρια (A) και παραγκώνια (Π) σε παραστάδα λιθοδομής

Συνήθως είναι απαραίτητο στις αργολιθοδομές να χρησιμοποιούνται και μερικές πέτρες μισολαξευμένες (ημίξεστες). Αυτό χρειάζεται κυρίως εκεί, όπου οι λιθοδομές σχηματίζουν γωνίες ή έχουν ανοίγματα, π.χ. πόρτες και παράθυρα. Στις θέσεις αυτές χρησιμοποιούνται αγκωνάρια (γωνιόλιθοι). Τα αγκωνάρια (A) τοποθετούνται έτσι, ώστε να συμπλέκονται και μεταξύ τους, αλλά και με το κύριο σώμα της λιθοδομής (σχήμα 4.11.). Οι διαστάσεις

τους είναι συνήθως 50 x 25 x 25 cm ή λίγο μικρότερες. Δίπλα στα αγκωνάρια είναι σκόπιμο να μπαίνουν και άλλες μισολαξευμένες πέτρες, τα παραγκώνια (Π), ώστε να γίνεται ομαλή μετάβαση από το ένα σύστημα δομήσεως στο άλλο.

Στην Αττική από την αρχαιότητα τα αγκωνάρια προέρχονταν από τα λατομεία της Πειραιϊκής Χερσονήσου (πώροι λίθοι). Τα τελευταία χρόνια για λόγους οικονομίας χρησιμοποιούνται σαν αγκωνάρια κυρίως τεχνητοί λίθοι, δηλαδή τσιμεντόλιθοι.

Για ένα κυβικό μέτρο λιθοδομής χρειάζονται περίπου 1,15 m³ πέτρες και 0,33 m³ κονίαμα. Όταν χρησιμοποιούνται αγκωνάρια, ο όγκος του κονιάματος μικραίνει, αλλά ασήμαντα, ενώ ο όγκος των αργών λίθων μικραίνει κατά 0,02 m³ για κάθε αγκωνάρι. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο όγκος της λιθοδομής είναι σημαντικά μικρότερος από τον όγκο των λίθων, που χρησιμοποιούνται για το κτίσιμο της. Η απόδοση δηλαδή της αργολιθοδομής είναι αρκετά μικρότερη από τη μονάδα.

Όσο κτίζεται η αργολιθοδομή, οι αρμοί παίρνουν τυχαία σχήματα, πρέπει όμως να γίνεται προσπάθεια, ώστε κάθε τόσο να σχηματίζεται ένας οριζόντιος αρμός εδράσεως, που να εκτείνεται πέρα για πέρα σ' όλη τη λιθοδομή (ντουζένη). Οι αρμοί αυτοί γίνονται συνήθως εκεί, όπου διακόπτεται προσωρινά η δουλειά, είτε επειδή τέλειωσε η μέρα, είτε επειδή πρέπει να ψηλώσουν οι σκαλωσιές (ικριώματα).

Γενικά για το κτίσιμο των λιθοδομών χρειάζονται σκαλωσιές, ώστε οι τεχνίτες να βρίσκονται πολύ κοντά στο σημείο, όπου γίνεται η δουλειά, χωρίς να χρειάζεται να τεντώνουν τα χέρια τους ή να σκύβουν υπερβολικά. Οι σκαλωσιές αποτελούνται από κατακόρυφα ξύλα (ελατάκια), που στήνονται από τη μια ή και από τις δύο όψεις της λιθοδομής και συνδέονται μεταξύ τους με άλλα ξύλα οριζόντια και διαγώνια. Τα οριζόντια ξύλα (καδρόνια), που είναι κάθετα προς την επιφάνεια της λιθοδομής κατά κανόνα τη διαπερνούν κι έτσι χρειάζεται να μένουν τρύπες (ξυλότρυπες ή σκαλότρυπες) στην κατασκευή. Οι τρύπες αυτές κλείνονται αργότερα, όταν ξηλώνεται η σκαλωσιά. Σε τοίχους αντιστηρίξεως οι σκαλότρυπες μπορούν να μείνουν και μόνιμα, για να διευκολύνουν την αποστράγγιση του εδάφους, που βρίσκεται πίσω από τον τοίχο.

Πάνω στα οριζόντια αυτά ξύλα στηρίζονται μαδέρια (δίπλακες), όπου πατούν και κυκλοφορούν οι εργαζόμενοι και ακουμπούν τα εργαλεία τους, τις πέτρες και το κονίαμα (σχήμα 4.12). Όσο προχωρεί το κτίσιμο, οι σκαλωσιές επεκτείνονται προς τα πάνω και τα μαδέρια μεταφέρονται ψηλότερα. Κάθε ένα μέτρο περίπου πρέπει να προβλέπεται και μια σειρά μαδέρια.

Εκτός από τις ξύλινες σκαλωσιές, χρησιμοποιούνται στη χώρα μας και μεταλλικές. Οι σκαλωσιές αυτές αποτελούνται κυρίως από σωλήνες, που συνδέονται με κατάλληλους συνδέσμους, που διαφέρουν από το ένα σύστημα στο άλλο. Και στις μεταλλικές σκαλωσιές σα δάπεδο εργασίας χρησιμοποιούνται κατά κανόνα ξύλινα μαδέρια.

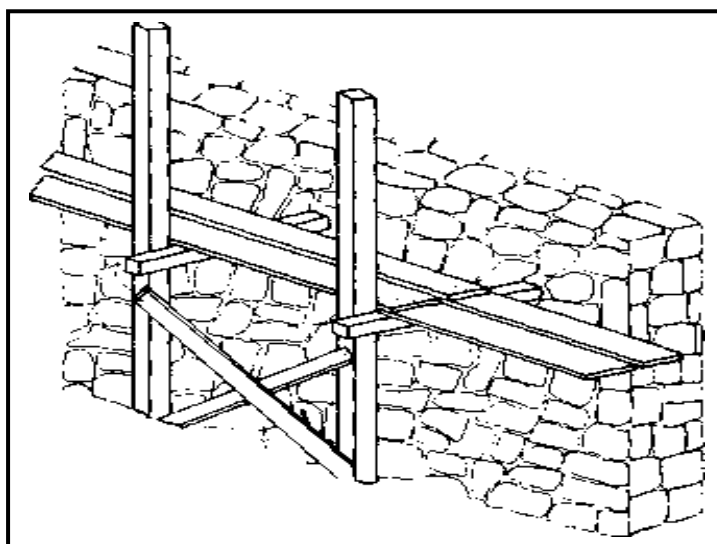
Στις αργολιθοδομές χρησιμοποιούνται πέτρες με βάρος 20 ως 50 kg, με όγκο δηλαδή 8 ως 20 dm³. Οι μεγαλύτερες πέτρες δημιουργούν προβλήματα στη μεταφορά και την τοποθέτηση τους, επειδή έχουν υπερβολικό βάρος και δεν μπορεί να τις δουλέψει ένας τεχνίτης μόνος του.

Παλιότερα χρησιμοποιήθηκαν πέτρες με τεράστιες διαστάσεις, στην Ελλάδα π.χ. έχομε τα Κυκλώπεια τείχη και ιδιαίτερα το υπέρυθρο του Θησαυρού του Ατρέα στις Μυκήνες, που ζυγίζει πάνω από 120 τόνους. Η τεχνική αυτή ήταν απαραίτητη τότε, γιατί δεν υπήρχαν αλλά κατάλληλα δομικά υλικά, για να κατασκευασθούν έργα με απαιτήσεις μεγάλης αντοχής.

Πέτρες ελαφρότερες από 20 kg πρέπει να αποφεύγονται στις αργολιθοδομές, επειδή μειώνουν την αντοχή της κατασκευής για δύο λόγους:

α) Επειδή οι πέτρες είναι ελαφριές, μικρές σχετικά δυνάμεις οριζόντιες ή λοξές μπορούν να υπερνικήσουν τις τριβές και να τις μετακινήσουν. Τέτοιες δυνάμεις υπάρχουν πάντοτε μέσα στις αργολιθοδομές, επειδή οι αρμοί εδράσεως δεν είναι ποτέ εντελώς οριζόντιοι.

β) Όσο οι πέτρες είναι μικρότερες, αυξάνεται το ποσοστό του κονιάματος, που έχει γεωμετρικά αντοχή πολύ μικρότερη από τις πέτρες.



Σχήμα 4.12. Ξύλινη σκαλωσιά για το κτίσιμο τοίχου

Αυτά βέβαια ισχύουν για τις κύριες πέτρες της λιθοδομής, γιατί, όπως είπαμε, χρησιμοποιούνται και τα αποκόμματα (τζιβίκια), για να συμπληρώνουν ορισμένα κενά.

Αφού οι πέτρες πρέπει να είναι μεγάλες, είναι φυσικό ότι οι διαστάσεις των αργολιθοδομών δεν μπορούν να είναι μικρότερες από ορισμένα όρια. Καμιά διάσταση δομικού στοιχείου από αργολιθοδομή δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από 50 cm ή σε εξαιρετικές περιπτώσεις από 45 cm. Τα όρια αυτά είναι μια πρόσθετη αιτία, που περιόρισε τη χρήση των λιθοδομών, τουλάχιστον για τις κατασκευές εκείνες, όπου ο χώρος είναι πολύτιμος, όπως π.χ. στις αστικές κατοικίες.

Μέγιστο όριο για τις διαστάσεις των λιθοδομών δεν υπάρχει, όταν όμως μια κατασκευή έχει πολύ μεγάλο μήκος, πρέπει να δημιουργείται ένας ανοικτός κατακόρυφος αρμός κάθε 30 m περίπου. Οι αρμοί αυτοί λέγονται αρμοί διαστολής.

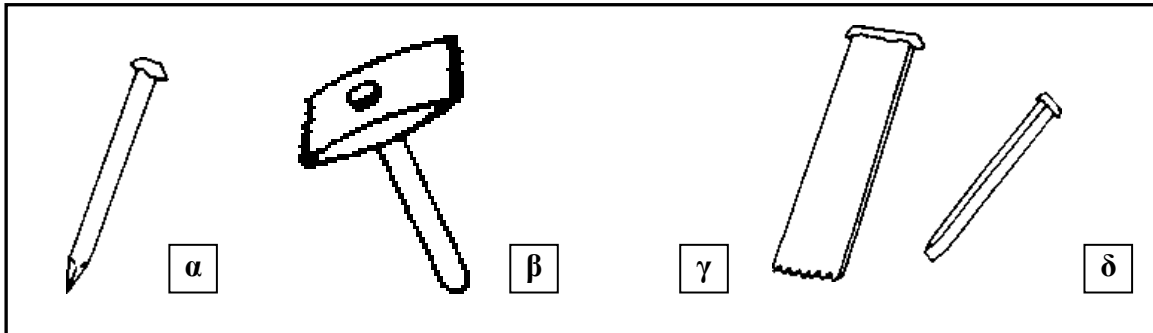
Το κτίσιμο της αργολιθοδομής συμπληρώνεται με μια εργασία, που λέγεται μύντρισμα. Το μύντρισμα πρέπει να γίνεται, είτε ο τοίχος πρόκειται να σοβαντιστεί είτε όχι. Μόνο όταν προβλέπεται συστηματικό αρμολόγημα της λιθοδομής, πράγμα που δε συμβαίνει κατά κανόνα στις αργολιθοδομές, το μύντρισμα παραλείπεται.

4.6. Λιθοδομές με λαξευτές πέτρες

Οι λαξευτές (πελεκητές, ξεστές) πέτρες, πριν χρησιμοποιηθούν, έχουν αποκτήσει μετά από κατάλληλη επεξεργασία το ακριβές γεωμετρικό σχήμα, που χρειάζεται για την κατασκευή της λιθοδομής. Ο βαθμός της επεξεργασίας δεν είναι πάντα ο ίδιος, αλλά εξαρτάται από τις απαιτήσεις του έργου. Αντίστοιχα είναι και τα εργαλεία, που χρησιμοποιούνται κάθε φορά.

Στο σχήμα 4.13. φαίνονται μερικά από τα εργαλεία των μαρμαράδων (λιθοξόων), των τεχνιτών δηλαδή, που λαξεύουν τις πέτρες.

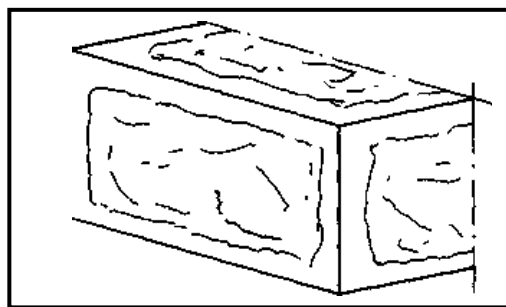
Με το **βελόνι** γίνεται η πρώτη επεξεργασία, που συνήθως θεωρείται αρκετή για τις έδρες των λίθων, που δεν πρόκειται να φαίνονται μετά το κτίσιμο. Μερικές φορές λαξεύονται και οι ορατές έδρες μόνο με το βελόνι εκτός από ένα στενό περιθώριο γύρω - γύρω και διαμορφώνονται μάλιστα έτσι, ώστε να εξέχουν από τη θεωρητική επιφάνεια της λιθοδομής.



Σχήμα 4.13. Εργαλεία των λιθοξόων. (α) Βελόνι, (β) Θραπίνα, (γ) Χτένι, (δ) Καλέμι (σμίλη).

Με τη **θραπίνα** (πλακοειδής σφύρα) γίνεται τελειότερη επεξεργασία, ώστε οι επιφάνειες των λίθων να παρουσιάζουν ανωμαλίες το πολύ 2 ως 3 mm. Το ίδιο περίπου αποτέλεσμα έχει και η επεξεργασία με το χτένι. Τα περιθώρια των ορατών επιφανειών των λίθων και λουρίδες με πλάτος περίπου 5 cm στις γειτονικές τους έδρες πρέπει να έχουν τουλάχιστον αυτή την επεξεργασία.

Με το **καλέμι** (σμίλη) μπορούν οι επιφάνειες των λίθων να εξομαλυνθούν τέλεια. Αυτή η εργασία περιορίζεται μόνο στις ορατές επιφάνειες και σε στενές λουρίδες των επιφανειών, που συνορεύουν με τις ορατές. Μπορεί να γίνει και τελειότερη επεξεργασία, αν οι πέτρες τριφτούν με ελαφρόπετρα, στοκαριστούν κλπ., οπότε οι επιφάνειες τους γίνονται λείες ή και στιλπνές, αρκεί οι πέτρες να είναι σκληρές. Τέτοια επεξεργασία όμως γίνεται μόνο σε πλάκες (μάρμαρα, γρανίτες κλπ.), που χρησιμοποιούνται για επενδύσεις τοίχων κι όχι σε πέτρες για κτίσιμο.



Σχήμα 4.14. Πέτρα λαξευμένη μόνο στην περίμετρο της ορατής της έδρας.

Με λαξευτές πέτρες κατασκευάζονται τοίχοι σε οικοδομικά έργα, βάθρα σε γέφυρες, αψίδες και θόλοι, τοίχοι αντιστηρίξεως κλπ. Το κτίσιμο με λαξευτές πέτρες είναι εξαιρετικά δαπανηρό και γι' αυτό όλο και πιο σπάνια εφαρμόζεται. Παλιότερα τέτοιες λιθοδομές ήταν συνηθισμένες, τουλάχιστον σε έργα με κάποια ιδιαίτερη σημασία. Σήμερα συνήθως

γίνονται απομιμήσεις είτε με λίθινες επενδύσεις είτε με επιχρίσματα αρτιφισιέλ (τύπου τεχνητού λίθου).

Στις λιθοδομές με λαξευτές πέτρες χρησιμοποιείται κονίαμα, αλλά η σημασία του είναι πολύ μικρότερη, επειδή με την κατεργασία των λίθων εξασφαλίζεται η καλή τους έδραση. Το πάχος των αρμών είναι συνήθως 3 έως 6 mm, ενώ όπως είπαμε, στις αργολιθοδομές είναι 2 έως 3 cm και το κονίαμα αντιπροσωπεύει το 1/3 του όγκου των αργολιθοδομών

Οι αρχαίοι Έλληνες, όταν χρησιμοποιούσαν σε μνημειώδη έργα άριστα επεξεργασμένα μάρμαρα, δε χρησιμοποιούσαν καθόλου κονίαμα, αλλά μόνο μια πολύ λεπτή στρώση από γαλάκτωμα ασβέστη. Αντίθετα στη Ρωμαϊκή εποχή γενικεύθηκε η χρήση των κονιαμάτων.

Οι τοίχοι με λαξευτές πέτρες κτίζονται με κάποιο από τα ακόλουθα συστήματα:

α) Το ισόδομο σύστημα. Οι πέτρες τοποθετούνται κατά στρώσεις με το ίδιο ύψος, είναι επομένως όλες ισουψείς, μπορεί όμως είτε να είναι όλες ίσες μεταξύ τους είτε όχι. Κάθε πέτρα έχει ορατή επιφάνεια σε σχήμα ορθογώνιου παραλληλόγραμμου.

β) Το ψευδισόδομο σύστημα. Οι πέτρες τοποθετούνται κατά στρώσεις, αλλά κάθε στρώση μπορεί να έχει διαφορετικό ύψος από τις άλλες. Οι πέτρες είναι άνισες, αλλά οι ορατές τους επιφάνειες έχουν πάλι σχήμα ορθογώνιου παραλληλόγραμμου. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιήθηκε πολύ στη Βυζαντινή αρχιτεκτονική και μάλιστα με την ακόλουθη παραλλαγή. Οι στρώσεις ήταν μια φαρδιά από λαξευτές πέτρες και μια στενή από τούβλα και αυτό επαναλαμβανόταν σε όλο το ύψος της κατασκευής.

γ) Το ανισόδομο σύστημα. Οι αρμοί εδράσεως είναι οριζόντιοι και οι υπόλοιποι αρμοί, που λέγονται αρμοί ώσεως, κατά κανόνα αλλά όχι απαραίτητα είναι κατακόρυφοι, δεν υπάρχουν όμως στρώσεις, που να συνεχίζονται σ' όλο το μήκος του τοίχου και οι πέτρες δεν έχουν όλες τις ορατές τους επιφάνειες με σχήμα ορθογώνιου παραλληλόγραμμου.

Σε όλα τα συστήματα αυτά ισχύει ένας γενικός κανόνας. Οι αρμοί στις όψεις της λιθοδομής, που δεν είναι οριζόντιοι, πρέπει να διασταυρώνονται έτσι, ώστε κάθε πέτρα να στηρίζεται σε δυο τουλάχιστον πέτρες της από κάτω στρώσεως.

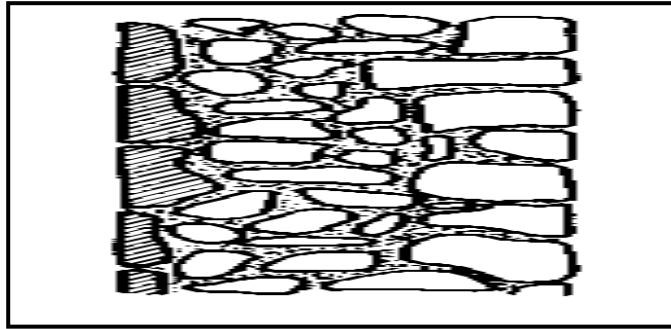
4.7. Λιθοδομές με πέτρες μισολαξευμένες

Οι λιθοδομές με πέτρες μισολαξευμένες (μισοπελεκημένες, ημίξεστες), όπως και οι λιθοδομές με λαξευτές πέτρες, εφαρμόζονται εκεί, όπου ενδιαφέρει η καλή εμφάνιση της λιθοδομής. Η κατασκευή αυτή είναι πολύ φθηνότερη από την προηγούμενη, εξακολουθεί όμως να είναι πολύ ακριβή σε σύγκριση με την αργολιθοδομή. Γι' αυτό η χρήση της περιορίζεται σε πολυτελείς κατοικίες, κτίρια με μνημειακή εμφάνιση κ.ο.κ., όπου είναι δικαιολογημένο να αυξηθεί το κόστος, για να βελτιωθεί η εμφάνιση του έργου.

Οι μισολαξευμένες πέτρες χρησιμοποιούνται συνήθως μόνο για τη μια όψη της λιθοδομής και σπανιότερα για τις δύο, ενώ ο υπόλοιπος όγκος της λιθοδομής κτίζεται με πέτρες αργές. Είναι λοιπόν πολύ πιο πιθανό από ό,τι στις αργολιθοδομές να γίνει η κακοτεχνία του σχήματος 4.9, να κατασκευασθεί δηλαδή ο τοίχος από δύο λεπτές εξωτερικές στρώσεις, που συνδέονται πολύ άσχημα μεταξύ τους. Γι' αυτό είναι απαραίτητο να υπάρχουν δυο μπατικές πέτρες σε κάθε τετραγωνικό μέτρο λιθοδομής.

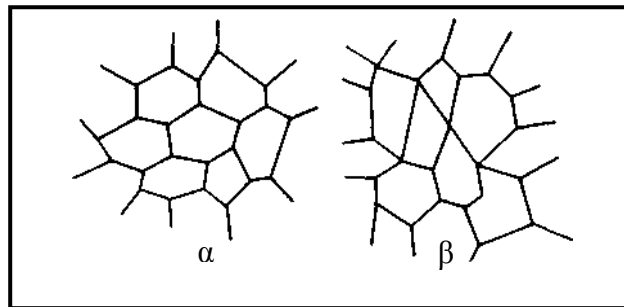
Οι μισολαξευμένες πέτρες της όψεως δεν πρέπει να έχουν πάχος μικρότερο από τη μικρότερη διάσταση της ορατής τους επιφάνειας. Απαγορεύεται δηλαδή να χρησιμοποιούνται πέτρες πλακοειδείς και να κτίζονται όρθιες (παναγίες), ώστε να αποτελούν ουσιαστικά επένδυση της λιθοδομής (σχήμα 4.15). Στις λιθοδομές με πέτρες μισολαξευμένες εφαρμόζονται τα ίδια συστήματα δομήσεως, όπως και, όταν χρησιμοποιούνται πέτρες λα-

ξευτές ήτοι το ισόδομο, το ψευδισόδομο και πιο συχνά το ανισόδομο. Εκτός απ' αυτά, εφαρμόζεται και το μωσαϊκό σύστημα, που μπορεί να είναι ομαλό ή ανώμαλο.



Σχήμα 4.15. Κακό κτίσιμο τοίχου με πέτρες μισο-λαξευμένες, που έχουν μπει όρθιες (παναγίες) στη μια του όψη.

Στο ομαλό μωσαϊκό οι πέτρες έχουν ορατές επιφάνειες με σχήμα κανονικού εξαγώνου ή εξαγώνου με ένα κατακόρυφο και έναν οριζόντιο άξονα συμμετρίας» έχουν όλες το ίδιο μέγεθος. Το ένα τρίτο των αρμών είναι κατακόρυφοι και οι υπόλοιποι λοξοί, δεν υπάρχουν δηλαδή καθόλου οριζόντιοι αρμοί.



Σχήμα 4.16. (α) Καλό ανώμαλο μωσαϊκό
(β) Κακό ανώμαλο μωσαϊκό.

Στο ανώμαλο μωσαϊκό οι πέτρες έχουν άνισες ορατές επιφάνειες. Το σχήμα τους είναι πάλι πολυγωνικό, όχι όμως αναγκαστικά εξαγωνικό, αν και γίνεται προσπάθεια να κυριαρχούν τα εξάγωνα. Δε χρειάζεται να υπάρχουν αυστηρά κατακόρυφοι αρμοί, αλλά γενικά δεν πρέπει να υπάρχουν αρμοί οριζόντιοι. Χρειάζεται προσοχή, ώστε σε κάθε κορυφή να συναντώνται μόνο τρεις αρμοί και ανάμεσα σε δυο γειτονικά σημεία συναντήσεως οι αρμοί να είναι όσο γίνεται πιο ευθύγραμμοι. Στο σχήμα 4.16 φαίνεται ένα παράδειγμα καλού και ένα παράδειγμα κακού ανώμαλου μωσαϊκού.

Προτεινόμενη Βιβλιογραφία

1. EN13031-1. Greenhouses-Design and construction - Part 1: Commercial production Greenhouses, CEN/TC284, December 2001.
2. EN 1990. Eurocode 0 – Basis of structural design, CEN, April 2002.
3. EN 1991. Eurocode 1: Actions on structures, General actions. Part 1-1: Densities, self-weight, imposed loads for buildings, CEN, April 2002, Part 1-3: Snow loads, CEN, July 2003, Part 1-4: Wind actions, CEN, April 2005, Part 1-5: Thermal actions, CEN, Nov. 2003.
4. Θεοχάρης, Μ., 2000. Η εφαρμογή των Ευρωκώδικων στη μελέτη των Ελληνικών θερμοκηπίων, Μεταπτ. Διατρ., Τμ. Γεωπ. Φυτ. και Ζωικ. Παρ/γής Παν/μίου Θεσσαλίας, Βόλος, Μάρτ. 2000, σελ. 215.
5. Θεοχάρης, Μ., 2000. Η ανεμοφόρτιση των θερμοκηπιακών κατασκευών σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες, Πρακτ. 2ου Πανελλ. Συν. Γεωργ. Μηχαν., σελ. 406-414, Βόλος, Σεπτ. 2000.
6. Θεοχάρης, Μ., 2003. Η Χιονοφόρτιση των θερμοκηπιακών κατασκευών σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες, Πρακτ. 3ου Πανελλ. Συν. Γεωργ. Μηχαν., σελ.337-344, Θεσ/νίκη, Μαΐος 2003.
7. Θεοχάρης Μ.: " Γεωργικές Κατασκευές", Άρτα 2000
8. Θεοχάρης Μ.: " Γεωργικές Κατασκευές, Εργαστηριακές Ασκήσεις", Άρτα 2000
9. Θεοχάρης Μ.: " Θερμοκηπιακές Κατασκευές", Άρτα 2000
10. Ιωαννίδης Π. " Οι στέγες στην Οικοδομή " , Αθήνα 1986
11. Αναστασόπουλος Α.: "Γεωργικές Κατασκευές" Αθήνα 1993
12. Beton Kalender 1984: Τόμοι 1 και 2. Μετάφραση στα Ελληνικά , Εκδότης Μ. Γκιούρδας.
13. Βαγιανός Ι. : "Πρακτική των Θερμοκηπίων και των Σηράγγων "
14. Γεωργακάκης Δ. : "Στοιχεία Ρύθμισης Περιβάλλοντος και Σχεδιασμού Αγροτικών Κατασκευών " , Αθήνα 1992
15. Γραφιαδέλλης Μ : "Σύγχρονα Θερμοκήπια" Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1980.
16. Δεϊμέζης Α : " Γενική Δομική " , Τόμοι Ι , ΙΙ , Αθήνα 1992
17. Δούκας Σ. : " Οικοδομική", Αθήνα 1994
18. Ευσταθιάδης Α. : " Θερμοκήπια Στοιχεία Κατασκευής, Λειτουργίας και Καλλιέργειας"
19. Μαυρογιαννόπουλος Γ. : " Θερμοκήπια " , Εκδοση Γ' , Αθήνα 2001
- Μπουρνιά Ε. : "Αγροτικά Κτίρια " , Έκδοση Ο.Ε.Δ.Β. , Αθήνα 1995

Σημείωμα Αναφοράς

Θεοχάρης Μενέλαος, (2015). Γεωργικές και Θερμοκηπιακές Κατασκευές (Θεωρία). ΤΕΙ Ηπείρου. Διαθέσιμο από:

<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG109/>

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, Διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.el>



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Επεξεργασία: Δημήτριος Κατέρης

Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ