

ΑΡΧΑΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΠΕΡΝΙΚΗΣΗΣ ΜΕΓΑΛΩΝ ΒΑΡΩΝ

M. Κορρές

Αρχιτέκτων

Αναπληρωτής Καθηγητής Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Η υπερνίκηση μεγάλων βαρών, μια από τις αρχαιότερες δραστηριότητες του ανθρώπου, κατέχει ιδιαίτερη θέση στην ιστορία της τεχνολογίας και εξακολουθεί να συναρπάζει, επειδή τα σχετικά επιτεύγματα είναι όχι μόνο χρήσιμα αλλά και κατεξοχήν εκφραστικά τόλμης και υπέρβασης των φυσικών ορίων μας. Κύριες και σε μεγάλο βαθμό αλληλένδετες κατηγορίες της υπερνίκησης των βαρών είναι αφενός η μετακίνηση (σε οριζόντιο ή ελαφρώς κεκλιμένο επίπεδο), αφετέρου η ελεύθερη ανύψωση, ενώ κύριες κατηγορίες των συνθηκών της είναι αφενός το μέγεθος, το σχήμα, το βάρος και η ύλη των αντικειμένων, αφετέρου η φύση των μέσων και η σχέση της αρχικής προς την τελική θέση των μετακινούμενων ή ανυψούμενων βαρών. Στα μέσα, εκτός από το ίδιο το ανθρώπινο σώμα, εμπιπτουν οι οδοί, χερσαίες κυρίως ή υδάτινες, φορείς απλά ή εξόχως εξειδικευμένα, ειδικά έλκηθρα, μοχλοί σε διάφορα μεγέθη, κύλιστρα, ολισθητήρες, ποικίλα οχήματα, κεκλιμένα επίπεδα, διάφορα υλικά λίπανσης, συστήματα αναστολής ή πέδησης, διάφορα είδη σχοινίων και αλύσεων, αρπάγες και άλλα συναφή εργαλεία λαβής και χειρισμού, βαρούλκα, ικριώματα υποστήριξης ή ανάρτησης και διάφοροι τύποι γερανών, συμπληρωματικώς δε συστήματα ελέγχου και συντονισμού περιέχοντα ηχητικά, οπτικά και απτικά σήματα ή απλούς μηχανισμούς αυτοματισμού και δικλίδες ασφαλείας.

Οπως και για άλλες εξειδικευμένες ενέργειες τα ως άνω αντιμετωπίζονται σε τέσσερα τελειώς σαφή, αλλά αλληλένδετα στάδια: πρώτο είναι εκείνο της γενικής σύλληψης, δεύτερο εκείνο της λεπτομερούς μελέτης, τρίτο εκείνο της ετοιμασίας των μέσων και τελευταίο εκείνο της εκτέλεσης της εργασίας. Στο τρίτο στάδιο συμπεριλαμβάνεται η επιλογή και η εκπαίδευση ή η άσκηση του εργατικού δυναμικού, ενώ στο τελευταίο ένα σύστημα επιβολής απόλυτης πειθαρχίας, το οποίο ενίοτε περιέχει και ποινές¹.

Αν ήθελε κανείς να διακρίνει ένα από τα προαναφερθέντα μέσα ως σπουδαιότερο σταθμό στην εξέλιξη της σχετικής τεχνολογίας, αυτό δεν θα ήταν κάποια έσοχη μηχανή, όπως π.χ. ένας γερανός, αλλά απλώς το σχοινί (οι λόγοι έχουν εκτεθεί ήδη σε άλλη θέση)². Αν πάλι ήθελε κανείς να αποστημονήσει τον ανθρώπινο παράγοντα, η πρώτη θέση θα έπρεπε να δοθεί οπωσδήποτε στην ευφροσύνη του μελετητή και η αμέσως επόμενη στην πειθαρχία των εργαζομένων. Άλλωστε, μια ορθή μελέτη προλαμβάνει μεταξύ άλλων και κάθε πε-

ρίπτωση υπερκόπωσης του προσωπικού – η αρχαία «νόρμα» σωματικής εργασίας, υπολογιζόμενη σε περίπου 18-25 χγρ. ανά άτομο, συμπίπτει με την αντίστοιχη σημερινή³, η παραμικρή όμως έλλειψη συντονισμού της ομαδικής προσπάθειας θα ήταν δυνατόν να οδηγήσει σε μειωμένη απόδοση, σε μερική αποτυχία ενός έργου ή ακόμη και σε εργασιακά ατυχήματα.

Αλλά ενώ η ως άνω διαπίστωση ισχύει σχεδόν για όλα τα αξιολογικά αρχαία έργα, και ιδίως για τα μεγαλύτερα, η σύγκριση έργων διαφόρων πολιτισμών οδηγεί συχνά σε επιφανειακές διακρίσεις ως προς την τεχνολογία μεταφοράς και ανυψώσεων μεγάλων βαρών. Πριν όμως σχολιασθούν αυτές οι διακρίσεις, είναι προτιμότερο να εκτεθούν σε αδρές γραμμές τα κυριότερα δεδομένα.

Από την 5η χιλιετία π.Χ. εμφανίζονται στην Ευρώπη οι αρχαιότερες μεγαλιθικές κατασκευές του κόσμου και εξακολουθούν τελειοποιούμενες έως και την 2η χιλιετία π.Χ. Λίθοι επιμηκείς βάρους μερικών τόνων, και σπανίως πολύ μεγαλύτεροι⁴, μεταφέρονται και στήνονται συνήθως

σε παράλληλες γραμμές, ενώ άλλα, μόνον πλακοειδείς, χρησιμοποιούνται στην κατασκευή ταίρων θαλάμων και διαδρόμων που εν συνεχεία καλύπτονται με κωνική ή άλλου σχήματος επίχωση, η οποία και αυτή όχι λίγες φορές αντιστοιχείται με τέτοιους λίθους τοποθετημένους περιμετρικά. Υστερα από μακροχρόνια διαβρωσία της χωμάτινης μάζας, ο λίθος θάλαμος πλείστον τέτοιων τύμβων απομένει ως περίοψη μεγαλιθική κατασκευή ονομαζόμενη ντολιμέν¹ ή λιθοράπεζα. Κατά κανόνα, η καλυπτήρια πλάκα ήταν με απόσταση ο βαρύτερος λίθος αυτών των κατασκευών και ταυτοχρόνως ο μόνος μη εδραζόμενος στο έδαφος. Η τοποθέτησή της πάντως στην υψηλή θέση της ήταν δυνατή χωρίς ανιωματικά μέσα, απλώς με έλξη επί κεκλιμένου επιπέδου.

Μέγιστο επίτευγμα αυτής της κατηγορίας στις αρχές της 2ης χιλιετίας π.Χ., η τρίτη φάση του Στόουιχεντζ μερικά χιλιόμετρα από το Ουίλτερ, περιλαμβάνει περίπου 80 επιμήκεις λίθους (πεσοί, επιστύλια και κάποια άλλα) αλκού βάρους 1500 τόνων, οι οποίοι σύρθηκαν έως τον τόπο του έργου επί ειδικής οδού μήκους 38 χιλιομέτρων, τμήμα της οποίας μήκους μερικόν χιλιομέτρων ήταν ανηφορικό με μέγιστη κλίση ~5-6%. Οι 30 περιμετρικοί πεσοί, πενήταμτροι μέσου βάρους 26 τόνων, και οι εντός του κύκλου, 9 επτάμτροι και ένας σχεδόν εννεάμτρος μέσου βάρους 45-50 τόνων, θεμελιώθηκαν σε ορυγματα βάθους 1-2,5 μ., αφού ορθώθηκαν² πρώτα με την βοήθεια αναχώματος ύψους 1-3 μ. αντιστοίχως. Η αναγκαία αναβίβαση αυτών των λίθων στο αναχώμα είχε ήδη επιτευχθεί με έλξη επί κεκλιμένου επιπέδου μήκους 20-50 περίπου μ. Μετά το σχήμα και την στερέωσή των πεσοίων στο έδαφος, το ανάχωμα ενισχυόμενο με ξύλα υψώθηκε έως σχεδόν το άνω μέρος των περιμετρικών πεσοίων και τα αντίστοιχα 30 επιστύλια μέσου βάρους 7 τόνων ανεβασθήκαν σε αυτό ελκόμενο επί του κεκλιμένου επιπέδου³ - το οποίο είχε προηγουμένως υψωθεί αναλόγως, αποκτώντας μήκος 100 και τύλεον μ. Η τοποθέτηση των επιστυλίων επί των πεσοίων έγινε με την βοήθεια ισχυρών ξυλινών μοχλών και προσθαφαρισμένων υποθήματων. Τέλος, το κεντρικό μέρος του αναχώματος υψώθηκε κατά 2 μ. ακόμη και το κεκλιμένο επίπεδο απεκτήσε το ανάλογο μέγεθος για την αναβίβαση 5 ακόμη επιστυλίων βάρους 13-14 τόνων, τα οποία, πάντοτε με τον ίδιο τρόπο, τοποθετήθηκαν επί των υψηλότερων πεσοίων, ώστε να σχηματισθούν τα 5 τριλίθα της κεντρικής περιοχής του μνημείου. Μετά την αφαίρεση του αναχώματος και της αναβάθρας, αλκού ογκού αντιστοίχως 3.000 και 1.500 κ.μ., το έργο ήταν έτοιμο με τα 30 και 5 γιγάντια επιστύλια στην θέση τους, χωρίς να έχουν χρησιμοποιηθεί ανιωματικά μηχανήματα, που άλλωστε ακόμη δεν υπήρχαν.

Την ίδια ακριβώς σειρά εργασιών ακολουθούσαν και οι μνημιαίοι οικοδομοί. Τα γιγάντια ανώφλια πυλών και θαλυτάν ταίρων θα ήταν αδιάνοστα χωρίς την ύπαρξη των έξωχων μνημειακών οδών και χωρίς την χρήση αναχωμάτων, κεκλιμένων επιπέδων, ισχυρών ελκτικών σκαινίων, μοχλών και άφθονης έλξεως για πιασχυρά ελκθήρα, για πυκνές ενισχύσεις αναχωμάτων, και για εσχάρεις με προσθαφαρισμένα υποθήματα για την υποστήριξη και την ακριβή

ρύθμιση της στάθμης και της οριζοντίωσης μεγάλων βαρών. Τα μνημιαικά έργα διαθέτουν πολλή μεγαλύτερη έκταση από το Στόουιχεντζ, κανένα όμως δεν έχει να επιδείξει τόσο πολλούς τεράστιους λίθους όπως αυτό... και ωστόσο κανένα λίθος του εκπληκτικού επιτεύγματος των προϊστορικών κατοίκων της Βρετανίας δεν μπορεί να συγκριθεί με τον μεγάλο λίθο του ανώφλιου του «θησαυρού του Ατρέως».

Ο λίθος αυτός, με μέγιστες διαστάσεις 8x 6x1,1 μ. και βάρος όχι μικρότερο των 120 τόνων, είναι τριπλάσιος από τον μέγιστο πεσοό και σχεδόν δεκαπλάσιος από το μέγιστο ανώφλιο του Στόουιχεντζ. Η μετακίνησή ενός τέτοιου βάρους επί ελκθήραου σε οριζόντιο έδαφος απαιτεί την ελκτική δύναμη 3-4.000 ανδρών ή 400 βοδών για την παράταξη των οσίων, σε δρόμο πλάτους 5 ή 6 μ., είναι αναγκαίως ελεύθερος χώρος μήκους 300 τουλάχιστον μέτρων. Εννοείται ότι ελκτική εργασία αυτού του είδους δεν είναι δυνατή σε δρόμους με κλισιές στροφές ή με κλίση πλέον του 10%.

Αλλά ενώ προς το παρόν δεν έχουν ακόμη συλλεγεί αξιόπιστες ενδείξεις για τον τρόπο μεταφοράς του μεγάλου ανώφλιου των Μυκηνών, ένα άλλο παράμοιο, αν και όχι τόσο τεράστιο, ανώφλιο δίνει πολλές απαντήσεις στο σχετικό ερώτημα. Ειδικής μορφής λαοδύσεις των ακμών της παράπλευρης επιφάνειας του ανώφλιου του λεγομένου «θησαυρού του Μίνου» στον Ορχομένο μαρτυρούν ακριβώς τον τρόπο άσκησης της ελκτικής δύναμης κατά τη μεταφορά του βάρους 25 τόνων λίθου: μέσω ισχυρής περιδέρσεως με σχονία (εικ. 1).

Καθώς ακόμη δεν είναι γνωστή η διαδρομή της μεταφοράς του γιγάντιου λίθου των Μυκηνών, το μόνο που δύναται προς το παρόν να λεχθεί είναι ότι κατά την τοποθέτησή του έπρεπε, με το ελκθήρο του σε αρικτική θέση, να κινηθεί πρώτα οριζόντιως έως την θέση του, αλλά σε ικανό ύψος επάνω από τις μέλλουσες να φέρουν αυτόν επιφάνειες (άνω έδρα της 9ης στρώσης των παραστάδων), εν συνεχεία να υποστυλωθεί προσωρινώς στα δύο άκρα και ύστερα από έλεγχο και τελική κατηγορία των φερουσών επιφανειών να ανιψωθεί ελαφρώς για την αφαίρεση των προσωρινών υποστυλωμάτων και αμέσως μετά να καταβιβασθεί βροδώς στην θέση του. Η ανύψωση και η καταβίβαση θα ήταν δυνατή με διαδοχικούς προεπιβέθμενα ή αφαιρούμενα υποθήματα και 8 δρύινους μοχλούς μεγίστης διατομής 40x40 εκ. και μήκους 10 τουλάχιστον μ. Με υποσχόλια σε απόσταση 40 εκ. από το σημείο φόρτισης οι μοχλοί αυτοί θα είχαν ο καθένας ωφέλιμη ανιωματική ικανότητα περίπου 20 τόνων και ωφέλιμη διαδρομή φορτίου περίπου 8 εκ., αντίστοιχη προς διαδρομή τουλάχιστον 2 μ. στο άκρον χειρισμού. Η δύναμη χειρισμού (με νόρμα σηματικής εργασίας) 25 χγρ. ανά άτομο και με τις αναγκαίες εργονομικές στρωγυμνασίες) θα ήταν 600 χγρ. (24 άτομα) για την μεταφορά εκάστου μοχλού, 250 χγρ. (10 άτομα) για την ανύψωση του ελεύθερου άκρου και 600 χγρ. (24 άτομα) για την ανύψωση 20 τόνων (εκ των οποίων περίπου 4 εξουδμετρώνονται από το νεκρό βάρος του μοχλού). Με 4 μοχλούς σε κάθε μακρά πλευρά του λίθου, η άθροιση της δύναμης των 200

περίπου ατόμων θα ήταν δυνατή) μόνο μέσω σχινιών και δοκίδων κατανομής, ο δε αναγκαίος χώρος παράταξης όλων αυτών των εργασιών θα ήταν 2x4 μ. ανά μοχλό, ή συνολικός (με τα αναγκαία διακена μεταξύ των 8 ομάδων) δύο ζώνες 10x4 μ. σε απόσταση 8 μ. από κάθε μακρά πλευρά του λίθου. Στον ενδιάμεσο χώρο θα έπρεπε να κινούνται τα μικρά συνεργεία των υποστυλωμάτων και των υποδημάτων, οι φροντιστές των μεγάλων συνεργείων, οι συντονιστές (περισσότεροι από 10) και ο γενικός υπεύθυνος του έργου.

Εάν ο αναγκαίος για την τελική κατεργασία φερουσών επιφανειών χώρος κάτω από τον προσωρινώς υποστυλωμένο λίθο είχε ύψος 80 εκ., η φάση της καταβίβασης θα απαιτούσε 10 διαδοχικά βήματα αναπροσαρμογής υπομοχλίων και υποδημάτων (ανά 8 εκ.) καθένα από τα οποία δεν θα διαρκούσε λιγότερο από μία ώρα. Η ίδια εργασία θα ήταν ίσως δυνατή και με την (επίσης αιγυπτιακή) μέθοδο της βραδείας αφαιρέσεως άμμου εγκιβωτισμένης υπό το φορτίο, με την παρουσία ισχυρών πλευρικών οδηγιών, που στην προκειμένη περίπτωση θα πρέπει να ήταν ξύλινοι. Σε κάθε περίπτωση πάντως οι 8 μοχλοί θα ήταν επίσης απαραίτητοι λόγω των ανυψωτικών εργασιών του προηγούμενου σταδίου. Στον βαθμό που τα ως άνω αποτελούν τον μόνο ίσως δυνατό τρόπο τοποθέτησης του ανωφλίου, εύλογο είναι ότι η εργασία αυτή έπρεπε να προταχθεί όχι μόνο της τοποθετήσεως του (αρκετά μακρότερου) εξω λίθου του ανωφλίου και της περατώσεως των τοίχων του δρόμου, αλλά ακόμη και της τοποθετήσεως της προτελευταίας και τελευταίας σειράς λίθων των παραστάδων της θύρας προς το μέρος της πρόσφυσης, ώστε να φυλάσσεται ικανός χώρος για την ενέργεια των μοχλίων κάτω από την οικεία πλευρά του μεγάλου λίθου. Στην έσω όψη του λίθου κάτι τέτοιο δεν ήταν α-

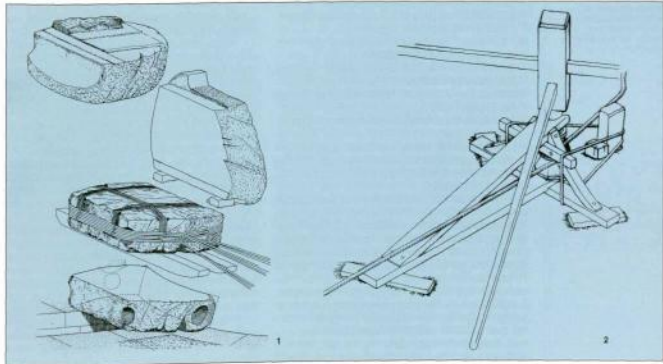
ναγκαίο, επειδή αυτή δεν είχε δεχθεί ακόμη την τελική λύξευση, με αποτέλεσμα μεγάλο μέρος της λίθινης μάζας να προβάλλει ελεύθερο προς τον χώρο του θόλου επιτρέποντας την άνετη θέση των μοχλίων που ήδη περιγράψαμε.

Μετά την οριστική απόθεση του λίθου απέμεινε μόνο η απολάξευση της πλευράς προς τον χώρο του θόλου, ώστε και αυτή να μετέχει στην κυκλική κάθοψη και την καμπυλότητα των γενετηριών. Ως οδηγός αυτής της εργασίας θα αρκούσε το ελεύθερο άκρον μιας σχεδόν εξάμετρης δοκού το έτερον άκρον της οποίας θα διέθετε στροφεία σε ύψος 6 μ., ακριβώς επάνω από το κέντρο του χώρου.

Η σύγκριση του Στόουινχεντζ με τα μυκηναϊκά επιτεύγματα ως μην περιοριστεί στα ίδια υπερίκησης των βαρών ή στις γενικές ομοιότητες τριλίθων και πυλών. Αξίζει λοιπόν να σημειωθεί ότι στο μέσον της άνω έδρας των πεσσών του Στόουινχεντζ υπάρχουν ισχυρά εξογκώματα ανταποκρινόμενα σε αντίστοιχες κοιλότητες της κάτω επιφάνειας των ανωφλίων. Το ίδιο ακριβώς είναι, λόγω απουσίας του ανωφλίου, καλά ορατό στην δεύτερη πύλη της Τύρινθος, ενώ στο ομοίόν της, την Πύλη των Λεόντων, δύναται να παρατηρηθεί μόνο με κατάλληλη εξέταση του εσωτερικού των αρμών. Η λεπτομέρεια αυτή είναι ιδιαίτερως ενδιαφέρουσα και για το πρόσθετο λόγο μιας από πολλούς, κυρίως άγγλους μελετητές πιθανολογούμενης μυκηναϊκής επιδρομής στην μακρινή Βρετανία εκείνης της εποχής. Η βασισμένη σε ραδιοχρονολογήσεις και επικρατούσα τα τελευταία χρόνια άποψη ότι τα τριλίθια του Στόουινχεντζ είναι παλαιότερα των μυκηναϊκών έργων, εάν αληθεύει, δεν μειώνει το ενδιαφέρον των πιθανών καταβολών των συστημάτων δομής και των μεθόδων υπερίκησης των βαρών που παρατηρούνται σε αυτό, αλλά απλώς το με-

1. Το ανώφλιο του «θησαυρού του Μίνου» στον Ορχομενό. Φάσις της προμάρμαρης (πρώτη ή κάτω επιφάνεια), της μεταφοράς (οι συζόμενες αποσπασμένες γωνίες μαρμαρών περιδείχσι και έλαξη με ισχυρά σχοινιά) και της τελικής μάρμαρης μετά την τοποθέτησή.

2. Ελαφρύ τύπος βαρικού σκευασμένου (με το λεπτότερο σχοινί) σε ισχυρό πάσσαλο. Το ελαφτό σχοινί προορίζεται στον εργατοκύκλονδρο μέτου τσοσάρων περιελίξεων.



τατοπίζει προς άλλη κατεύθυνση. Στο σημείο αυτό επανέρχεται στην οκείνη μας η Αίγυπτος, η οποία άλλωστε είναι η κυριότερη εξωτερική πηγή της παρατηρούμενης και στα ελληνικά έργα τεχνονομίας. Η χρήση λιθοβρύχων και σωληνοειδούς τρυπανίου στην πλέον εξελιγμένη μηχανική οικοδομική (όχι μόνο στην προϊστορική βρετανική) έχει το όμοιο της όμως στην Αίγυπτο, όπου εμφανίζεται δέκα και πλέον αιώνες πριν. Η καταρροία των πολύ σκληρών λίθων δ' επικρούσως με σφαιρικές σφύρες από ακόμη σκληρότερο πέτρωμα είναι μέθοδος που δεν παρατηρείται σε μηχανικά έργα (ίσως επειδή τα ελληνικά πετρώματα δεν είναι τόσο σκληρά), ενώ είναι εκείνη που εφαρμόστηκε στην μόρφωση των πεσώνων και των επιστυλίων του Στόουνχεντζ (οι λίθοι αυτοί, γνωστοί ως sarsen είναι κατά δύο τουλάχιστον φορές πιο δυσκατέργαστοι από τον γρανίτη). Αλλά και αυτή η μέθοδος είναι ως γνωστόν αιγυπτιακή, εφαρμόζομενη από τα μέσα τουλάχιστον της 3ης χιλιετίας π.Χ.

Σχετικώς προς τα περιγραφέντα επιτεύγματα υπερίκησης μεγάλων βαρών αξίζει να λεχθεί ότι ανήκουν στην πρώτη μόνο από τις δύο κύριες κατηγορίες που αναφέρονται στην εισαγωγή του παρόντος, την μετακίνηση δηλαδή και όχι την ελεύθερη ανύψωση. Στην ίδια βεβαίως κατηγορία ανήκει η αντίστοιχη αιγυπτιακή τεχνολογία, τα χαρακτηριστικά και η ιστορική σημασία της οποίας συνοψίζονται ως εξής:

- πρώτη εμφάνιση μόλις κατά το πρώτο ήμισυ της 3ης π.Χ. χιλιετίας (δηλαδή μετά από τα πρώτα μεγαλιθικά έργα της Δυτικής Ευρώπης),
- ταχύτητα ανάπτυξης και μοναδική στην παγκόσμια ιστορία διάρκεια (επί δύο τουλάχιστον χιλιετίες),
- συνδυασμός χειρασίας και ποτάμιας μεταφοράς,
- απουσία υψομετρικών διαφορών κατά μήκος των χειρασιών οδών,
- χρήση γιγανθίων μαχών για μικρές ανυψώσεις,
- ορθωση λίθων (έως 500T) με συνδυασμό αναχωμάτων και ελκτικών σχοινίων,
- τοποθέτηση λίθων (έως 150T) σε μεγάλα ύψη με την βοήθεια αναχωμάτων,
- αναβίβαση λίθων στα αναχωματα με έλξη επί κεκλιμένου επιπέδου,
- ανυερέβλητα μεγέθη μετακινηθέντων όγκων και βαρών (1000T),
- ανυερέβλητη οργάνωση και ταχύτητα εκτέλεσης,
- ολική ποσότητα τονοχιλιόμετρων βαρείας μεταφοράς ασυγκρίτως μεγαλύτερη από ό,τι παρήχθη στον λοιπό κόσμο συνολικώς έως την ρωμαϊκή εποχή.

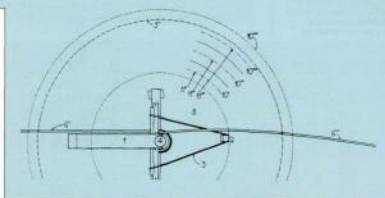
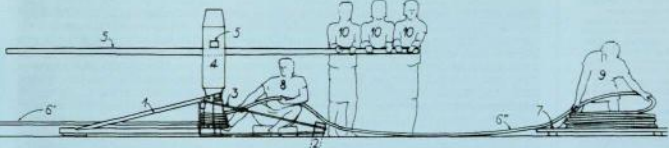
Η ιστορία της υπερίκησης μεγάλων βαρών ασφαλώς θα είχε προ πολλού εξαντληθεί με τα αιγυπτιακά έργα, εάν δεν συνέβαινε η δεύτερη σχετική με το θέμα μεγάλη τεχνολογική επανάσταση, η επίσημη του τροχού και ιδίως κάποιων ειδικών τύπων του, καταλλήλων για πολύ μεγάλα φορτία ή, το σπουδαιότερο, για την ημιαπείλεξη ή πολυπερίεξη σχοινίων, δηλαδή τροχαλίων και εργατοκυκλινδρών. Αν και η σχετική ιστορική έρευνα συνεχίζεται, η τροχαλία θεωρείται ελληνική επίσημη, ενώ άλλωστε καθαρά ελληνική είναι και η σχετική θεωρητική μελέωσις της λειτουργίας της από τον Αρχιμήδη, πολλούς αιώνες βεβαίως μετά

την πρώτη εμπειρική δημιουργία της (συνήθως και αυτή περίπτωση χρονική υστέρησης μεταξύ πράξης και θεωρίας). Στο σημείο αυτό ταυριάζει επίσης μια υπενθύμιση. Πολύ πριν χρησιμοποιηθούν σε ανυψωτικές μηχανές οικοδομικών έργων, η τροχαλία με τα παράγωγά της – τα πολυσπαστά – πρέπει να ήταν ήδη αναπόσπαστο μέρος της εξαρτίας των πλοίων, στην οποία άλλωστε διατηρεί ανελλιπώς έως σήμερα την ίδια σπουδαία θέση. Αντίθετως, οι λοιπές πολιτικοότερες και βαρύτερες εμφανίσεις της (σε εργοστάσια, εργοστάσια, ορυχεία, σχισνοτροχιδοδρομους κ.λπ.) είναι παροδικές, εξαρτώμενες αναποφεικτικώς από τις (ομοίως παροδικές) συνθήκες ιδιαίτερης ακμής μιας κοινωνίας και της οικονομίας της.

Κατά τους λεγόμενους Σκοτεινούς Χρόνους και ακολούθως την εποχή της γεωμετρικής διακόσμησης, η οικοδομική τεχνολογία είναι πολύ πτωχή εν συγκρίσει με ό,τι προηγήεται ή έπεται, και στα κτίσματα δεν χρησιμοποιούνται βαρείς λίθοι ή ξύλινες δοκοί, με άλλες λέξεις δεν απαιτούνται ακόμη κανονικές ανυψωτικές μηχανές.

Τον 7ο αιώνα π.Χ. μνημιακή αρχιτεκτονική αναπτύσσεται και πάλι, αυτή την φορά ως συνέπεια και ως μια από τις εκφράσεις των θεσμών της νέας πολιτειακής οργάνωσης των Ελλήνων σε πόλεις (-κράτη). Τότε επιστρέφουν οι πρώτες κανονικές κεραιμιαίες και χρησιμοποιούνται ογκώδη δομικά στοιχεία στους ναούς, που για πρώτη φορά εμφανίζονται ως ένα πυρετωδώς εξελισσόμενο κτηριακό είδος. Τον πρώτο καιρό τα στοιχεία αυτά δεν ήσαν λίθινα αλλά ξύλινα, και ωστόσο το βάρος τους ήταν κάθε άλλο παρά ευκαταφρόνητο. Ο κορμός ενός ξύλινου δωρικού κίονος ύψους 5 μ. δεν θα ζύγιζε λιγότερο από 1.5 τόνο και παρόμοιο πρέπει να ήταν το βάρος των μεγαλύτερων δοκών σε οροφές και στέγες. Η μετακίνηση και η ορθωση των κίωνων, αλλά πολύ περισσότερο η αναβίβαση των δοκών σε ύψη πολλών μέτρων είναι εργασίες για τις οποίες θα αξίζει η μεταφορά τεχνονομίας και μέσων από τα πλοία στα εργοστάσια.

Κύριο συστατικό εκείνης, όπως και της σημερινής ανυψωτικής τεχνολογίας, το πολυσπαστό αποτελείται από δύο τουλάχιστον τροχαλίες, μία με σταθερή θέση, μία ελεύθερη και σχοινί διερχόμενο από αυτές, του οποίου το ένα άκρο είναι σταθεροποιημένο στον άξονα της ελεύθερης. Στην ελεύθερο άκρο του σχοινίου ελκείται από το μέρος της σταθερής τροχαλίας, ο άξονας της ελεύθερης αποκτά ελκτική δύναμη τριπλάσια της ασκούμενης στο σχοινί. Με την παράθεση περισσότερων τροχαλίων (τρίσπαστον, τετράσπαστον κ.λπ.) στην σταθερή και την ελεύθερη τροχαλία, η δύναμη που ασκείται στο διερχόμενο από αυτές σχοινί πολλαπλασιάζεται αντιστοίχως επί τέσσερις πέντε κ.λπ. φορές, ενώ τόσες ακριβώς φορές ελαττώνεται η μετακίνηση του ελεύθερου άκρου του πολυσπαστού έναντι εκείνης του ελεύθερου άκρου του σχοινίου. Η σύγκριση τεχνολογία των λίαν εύκαμπτων συμπακτοσχοινίων και των μεταλλικών τροχαλίων με ένοσφαιρους τριβείς επιτρέπει την παράθεση πλείστων τροχαλίων (π.χ. εικοσιτετράσπαστον, τριανταδύσπαστον κ.λπ.) χωρίς τεράστιες ενεργειακές απώλειες εξ αιτίας τριβών. Με την παλαιά όμως τεχνολογία των φυτικών σχοινίων και των ξύλινων τρο-



χαλιών οι μεταξύ των κινητών μερών τριβές ελάττωναν την απόδοση σε τέτοιο βαθμό, ώστε να είναι ασύμφορη η χρήση πολυστάσιων με περισσότερες των πέντε τροχαλιών.

Καθώς λοιπόν από τον 6ο αιώνα κ.ε. λιμένα αρχιτεκτονικά μέλη βάρους δεκάδων τόνων έπρεπε να ανυψώνονται με πολυστάσια, τα οποία πολλαπλασίαζαν την εισαγόμενη σε αυτά δύναμη έως τέσσερις φορές, μόνο μέσον μεγάλης αύξησης της ανυψωτικής ικανότητας του πολυστάσιου ήταν το βαρούλκο, ο γνωστός σήμερα «εργάτης», όνομα καταγόμενο από το αρχαίο ελληνικό εργάτης (> λατ. Ergata) και το επίσης αρχαίο παράγωγο του εργατοκύλινδρος. Το τελευταίο δηλώνει και την μορφή του πράγματος, όπως αυτή άλλωστε τεκμηριώνεται μέσω κάποιων ανάλογων παραστάσεων της ρωμαϊκής εποχής: ισχυρού ξύλινου κύλινδρου στρωμένου περί τον άξονα του συμπαρασύρου το περιεχόμενο σε αυτόν σχοινί (εικ. 2).

Η περιστροφή γίνεται μέσω μοχλών (οι επιγραφικώς μαρτυρημένες σκυτάλες) καθέτων προς τον άξονα του. Με ωφέλιμο μήκος μοχλού δεκαπλάσιο του αερόισματος της διαμέτρου του κύλινδρου και της διαμέτρου του σχοινιού, η εισαγόμενη στο άκρον του δύναμη εξέρχεται στο σχοινί εικοσαπλασιασμένη. Απομένει μόνο να λεχθεί ότι, για λόγους μετрасοιού της φθοράς και του κινδύνου θραύσεως του σχοινιού, η διάμετρος του έπρεπε να μην υπερβαίνει το ένα δέκατο της διαμέτρου του κύλινδρου. Λαμβανομένων υπ' όψιν α) της ειδικής αντοχής των φυτικών ινών, β) των εργονομικών χαρακτηριστικών των βαρούλκων και γ) του μεγίστου οικονομικού αριθμού των τροχαλιών, εύκολα υπολογίζεται ότι για ορισμένη διάμετρο σχοινιού ένα ορισμένο μέγεθος είναι, δύναται να λεχθεί, ιδεώδες, ενώ μεγέθη μεγαλύτερα ή μικρότερα αυτού δεν προσφέρουν τόσο καλές σχέσεις μεταξύ αριθμού εργατών (εικ. 3), αντοχής μοχλών και αντοχής σχοινιών.

Αν λάβουμε υπ' όψιν τα χαρακτηριστικά των μεγάλων λιθίνων έργων, πιθανότερον είναι ότι οι ανυψωτικές μηχανές υπήρχαν σε τρεις μάλλον τάξεις ικανότητας: με τρίστασιον ικανότητας έως 2T και βαρούλκο ικανότητας 800 χγρ., με τρίστασιον ή τετράστασιον ικανότητας έως 5T και βαρούλκο ικανότητας ~ 1500 χγρ., τέλος με τρίστα-

στον έως πεντάστασιον ικανότητας 10T και βαρούλκο ικανότητας 2.500 έως 3.500 χγρ. Το πεντάστασιον αυτό μαζί με το οικείο βαρούλκο ανυψώζεται στα εξής: σχοινί ικανότητας 2.500 χγρ. και διαμέτρου ~ 5 εκ., τροχαλίες ελαγίστης διαμέτρου 55 εκ., κύλινδρος διαμέτρου 50 εκ., έξι μοχλοί μήκους 2,5-3,0 μ. και τρεις εργάτες ανά μοχλό ασκούντες μέση ωφέλιμη δύναμη 10 ~ 20 χγρ. για ανύψωση 5 ~ 10 T με μέση ταχύτητα βήματος 2.000-1.000 μ. ανά ώρα στο άκρον των μοχλών (δύο έως μία περιστροφή ανά λεπτό αντίστοιχες προς ανύψωση 66 έως 33 εκ. ανά λεπτό).

Παραλείποντο του μακροτάτου χρόνου ετοιμασίας μιας ανύψωσης (εφαρμογή και έλεγχος μέσω των λαβής, δοκιμή καλής εξισορρόπησης, τοποθέτηση και ρύθμιση προσωρινών υποστημάτων, προστατευτικών υλικών κ.ά.), η διάρκεια της καθεαυτή, περίπου 9 ~ 18 λεπτά έως 40 ~ 80 λεπτά για ύψη 6 έως 20 μ., ήταν συγκριτικώς προς άλλα στάδια αμελητέα. Και ωστόσο ήταν η πλέον επίπονη, η πλέον απαιτητική προσοχής και η πλέον συναρπαστική φάση του έργου. Οι απαιτήσεις αυτής της φάσης μεγάλωναν ιδιαίτερωσ όταν τα προς ανύψωση βάρη υπερβαίνουν τους 10 τόνους. Για τους λόγους που αναφέραμε ήδη οι οικοδομικοί δεν αναζητούσαν την λύση σε μεγαλύτερης ικανότητας ανυψωτικές μηχανές, αλλά στην χρήση περισσότερων μηχανών κάποιες από τις σταθερές κατηγορίες που ήδη περιγράψαμε (η τυποποίηση αυτή ίσως δεν είναι άσχετη και προς την πιθανή σκηνιότητα πολλαπλότερης εκμετάλλευσης των ήδη υπαρχόντων στα ναυπηγεία βαρούλκων ή και εκείνων που υπήρχαν στα πλοία

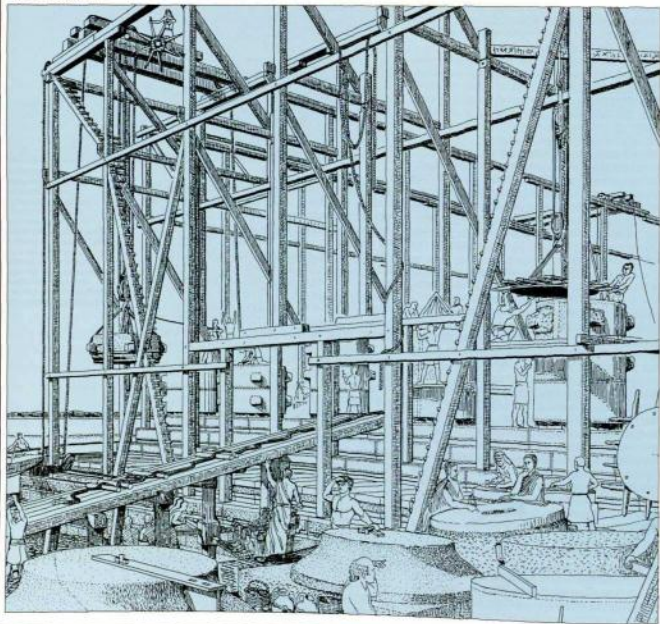
3. Το βαρούλκο της εικόνας 2 σε λειτουργία:
- 2 και 3, πύσσας και σχοινί αγκυρώσεως
- 4, εργατοκύλινδρος
- 5, μοχλοί ή σκυτάλες
- 6' και 6'', ενεργά και όπισθο μέρος του ελακτικού σχοινιού
- 7, φορέα του ελακτικού σχοινιού
- 8, ρυθμιστής της πρόσφυσης του σχοινιού στον εργατοκύλινδρο
- 9 αποθήκη του σχοινιού
- 10, εργάτες περιστροφής.

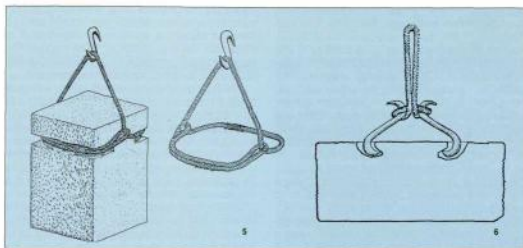
4. Ιερίωμα ανυψωτικών εργασιών στον Πισαροβράχιο (αναπαράσταση βάσει ξυλίν). Η ανύψωση του σπινθιλιού (στο αριστερό άκρο) του κριώματος αποτελείται με πολυπάσταση (όργανο από κρημά μηχανοργάνο έτοιμο να κινηθεί (σπινθί) στα κύματα) του, τα οποία χειρίζεται με μαζικούς ενός εργάτες) προς το μέρος του τελειωτού κίονος. Η έκτη του σπινθίου -μέσω προελαίας εκκίνησης, στην βάση του κρημάματος- απεικονίζεται με βαρούλκο (εγκαταστημένο κάτω από την ξύλινη ράμπα) περιστρεφόμενο από 12 εργάτες. Με ένα άλλο πολυπάστατο (στο δεξιά) αναφέρονται και μετακινείται για πλάκα εφαρμογής (όργανο δοκιμής των σπινθίων πριν από την ανύψωση).

για την ανέλιξη της άγκυρας). Είναι λοιπόν πολύ πιθανόν ότι σε πολλά γερασιά ανυψωτικά έργα εύρισκαν απασχόληση όχι μόνο οι σχολάζουσες ναυτικές μηχανές αλλά και τα τυχόν σχολάζοντα πληρώματα ναυλοχούντων πλοίων. Ακραίο γνωστό παράδειγμα αβρόας απασχόλησης πληρωμάτων πολλών πλοίων παρέχει το Κολοσσαίον, όπου 240 βαρούλκα λειτουργούσαν ταυτόχρονα για την ανάπτυξη και την τάνυση του πετάσου (velarium), ενός σκιάστρου εκτάσεως 20.000 τ.μ., το οποίο σε ύψος σχεδόν 55 μ. έπρεπε να αντέχει σε ανεμοπύση περίπου 1.000 τόνων. Ο αριθμός ναυτών απασχολούμενων μόνο στα βαρούλκα υπερβαίνει τις δύο χιλιάδες.

Μετά την σύντομη αναφορά σε πολυπάστατα και βαρούλκα απομένει μόνο να αναφερθεί ότι, όπως και σήμερα, φορείς των σταθερών τροχαλίων ενός πολυπάστατου ήσαν γερανοί και κριώματα εφοδιασμένα με κινητές γεφυροδοκούς.

Τα αρχαία ονόματα μονόκωλος και δίκωλος αντιστοιχούν στα σημερινά μονήρης γερανοβραχίων (flying jib) και μονήρης γερανοβραχίων τύπου Λ. Το αρχαίο τετρακώλος αντιστοιχούσε στο σημερινό τετράστολο ανυψωτικό κριώμα. Από αρχαιολογικής πλευράς τα κριώματα είναι πολύ καλύτερα ανιχνεύσιμα, ενώ οι γερανοί, όταν μάλιστα εδράζονται σε εδαφές ολισθητής, δεν αφήνουν αναγνωρίσιμα ίχνη. Άξιες λόγου ενδείξεις κριωμάτων ανυψωτικών εργασιών παρέχουν οι σπες εκατέρωθεν της αξονικής κιονοστοιχίας του οίκου των Ναξίων στην Δήλο, σειρά σπών μπροστά από την ανατολική πλευρά του ναού του Απόλλωνος στην Κόρινθο, σπές ανά τέσσερες (τετράκωλος) γύρω από κάθε κίονα στο εσωτερικό του μεγάλου κτηρίου στο Καβείριον της Λήμνου, μια σπη στην επιχώση των θεμελίων του Ολυμπίου στην Αθήνα, σειρά σπών στον βράχο παραλλήλως προς τον ανατολικό τοίχο του ναού στο Σαγ-





5. Παρθενών, βόρας μετός. Οριζόντιος αιάλακος ανάρτησης αντήθηματος.

6. Σχηματισμός αρθρώσε με σχοινί και δύο αγκύρες για την λαβή λίθου εκ των άνω.

γρί της Νάξου, αλλά και φυσικοχημικά (χη από την καύση ισχυρών ξύλινων στύλων στο ανατολικό άκρο του στερεοβάτου του Παρθενώνος (τα τελευταία επιτρέπουν μια σχετικώς ακριβή γραφική αποκατάσταση, βλ. εικ. 4).

Συναφές με τα προηγούμενα είναι ασφαλώς το ζήτημα της λαβής των προς ανύψωση λίθων. Γνωστότερα συστήματα υποδοχής των σχοινίων αναρτήσεως είναι:

- οριζόντιες αιάλακες, π.χ. πλείστα αντίθηματα μεταπην Παρθενώνος (εικ. 5),
- πλευρικές αιάλακες, π.χ. επιστύλια ναού Αφραίας,
- υποκείμενες αιάλακες, π.χ. θρηγικός Ολυμπίου Ακράγαντος,
- υποκείμενες ορατές αιάλακες, π.χ. επιστύλια ναού Απόλλωνος Επικουρίου,
- σιφνοειδείς σπές, π.χ. ναός Αθηνάς Προναίας Δελφών,
- κατακόρυφες σπές, ευρυνόμενες προς τα κάτω για την εκ των άνω προσθφαίρεση ξύλινων σφηνών ανάρτησης, π.χ. πύρινα επιστύλια ναού G Σελευνάιτος (έως 50Τ), ναού Διός Ολυμπίου (έως 15Τ), γωνιαία γείσα Παρθενώνος (9Τ),
- κατακόρυφες διαμετρικές σπές, π.χ. λίθοι αρχαϊκού ιωνικού κίονος ναού Αφραίας,
- κατακόρυφες σπές ευρυνόμενες προς τα κάτω για την εκ των άνω προσθφαίρεση σιδηρών σφηνών ανάρτησης (λιώκος),
- αγκώνες, δηλαδή (προσωρινές) ισχυρές πλευρικές προεξοχές για την λαβή και την άρση ενός λίθου,
- άγκιστρα (εικ. 6), και σπανιότερα αρθρωτές αρπάγες (φέρουν ενίοτε τα αρχαία ονόματα *καρκίνος* ή *λιθάγρα*), των οποίων οι αιχμές εισχωρούν σε μεγάλες σπές στο άνω μέρος του λίθου (π.χ. επιστύλια ναού Ποσειδώνος στο Σούνιο) ή σε μικρές σπές δύο αντίθετων παρειών του λίθου (στα περισσότερα ρωμαϊκά έργα).

Σχετικώς προς τα σχοινία πρέπει να τονισθεί ότι δεν δένονται με κομβούς, αλλά αποτελούσαν έτοιμους κλειστούς βρόγχους με τις κατάλληλες για κάθε λαβή διαστάσεις.

Μεγάλα, άεβα ιδιαίτερα μείους επιτεύγματα της αρχαίας ελληνικής ανυψωτικής τεχνολογίας είναι:

- Συρακούσαι, Ναός Απόλλωνος, 580 π.Χ.: λίθοι στυλοβάτου 10μ²/23Τ, κορμοί κίωνων 20μ²/45Τ,

κιονόκρανα 11μ²/25Τ, επιστύλια 10μ²/23Τ.

- Σελινούς, οκτάστυλος ψευδοδιπτερός ναός, 500 π.Χ. κ.ε.: σπόνδυλοι κίωνων 25μ²/60Τ, κιονόκρανα και επιστύλια 20μ²/45Τ.

- Αθήναι, αρχαϊκό Ολυμπίον 520 π.Χ.: λίθοι στυλοβάτου 5μ²/13Τ, μεγαλύτεροι σπόνδυλοι 7μ²/17Τ.

- Αθήναι, μαρμαρίνο Ολυμπίον, 340 π.Χ., 170 π.Χ.): λίθοι στυλοβάτου 4,7μ²/13,5Τ, βάσεις γωνιαίων κίωνων, 5,7μ²/16Τ, άνω ήμισυ κιονόκρανου 5μ²/14Τ, γωνιαία επιστύλια 9,3μ²/26Τ.

- Νάξος, ναός Απόλλωνος, 525 π.Χ.: λίθοι θυρώματος 7,5μ²/20Τ.

- Έρεσσος, ναός Αρτέμιδος, 550 π.Χ.: επιστύλια μεσαιού μεταξονίου 8,5μ²/24Τ.

- Μύλητος, ναός Απόλλωνος Διδυμίου: ανώφλιον 16,5μ²/46Τ.

- Αθήναι, Παρθενών: εξέχουσα περίπτωση, όχι για το μέγεθος αλλά για τον αριθμό των τοποθετούμενων ημερησίως λίθων: κατά τα πρώτα πέντε έτη του έργου, χάρις στην ταυτόχρονη εργασία οκτώ γερανών (ύψους 27 σχεδόν μέτρων, εικ. 7), ανυψώθηκαν σχεδόν 1.000 λίθοι βάρους 5-13 τόνων και χιλιάδες άλλοι άνω του ενός τόνου.

Τα ως άνω επιτεύγματα ξεπεράστηκαν μόνο μετά τον 1ο αιώνα από τους αρχιτέκτονες της Ρώμης: τότε στήνονται για πρώτη φορά μονόλιθοι κορμοί κίωνων μήκους 40, 45 ή 50 ποδών και μετακινούνται μονόλιθο συγκρίσιμοι με παρόμοιους των αιγυπτιακών έργων. Ακραία παραδείγματα ελεύθερης ανύψωσης με χρήση πολύσπαστων μόνο και βαρούλικων είναι τα γωνιαία γείσα και κάποια επιστύλια του ναού του *Jupiter Heliopolitainus* στο Μπαάλμπεκ, στον σημερινό Λίβανο (100-120Τ), τα κιονόκρανα των τιμητικών κίωνων Τραϊανού και Μάρκου Αυρηλίου (50Τ και 70Τ) στην Ρώμη, η κάποια στοιχεία μαρμαρίνου κορινθιακού θρηγικού (100Τ) στο Σαρπάειον, στην ίδια πόλη. Τον ίδιο καιρό επιτυγχάνεται στο Μπαάλμπεκ η μεγαλύτερη σε βάρος χειραία μεταφορά ογκολίθων: 18 τεμάχια των 700 τόνων και 3 των 900 περίπου τόνων (ενώ ένας ακόμη μεγαλύτερος λίθος είναι σχεδόν έτοιμος προς μεταφορά). Η σημαντικότερη όμως επιχείρηση του είδους θα είναι η μεταφορά αιγυπτιακών οβελίσκων, διά Ήρας, διά θαλάσσης και πάλι

Βιβλιογραφία

- ADAM, J.P., *La construction romaine*, Paris 1964.
- ARNOLD, D., *Building in Egypt: Pharaonic Stone Masonry*, Oxford 1991.
- ATKINSON, R.U.C., *Sacrophagical, Hieroglyphic, 1979* (αναδημοσίευση από τον εκδότη).
- BENEVOLO, L./ALBRECHT, B., *Le edo- glio dell'architettura*, Roma-Bari 2002.
- BAILEY, D., «Monolithic columns, cranes, and the Tuna episode», *Journal of Roman Archaeology*, Suppl. 19, 1993, 155-168.
- COULTON, J.J., «Lifting in Early Greek architecture», *Journal of Hellenic Studies* 94 (1974): 1-19.
- DANIEL, G., *The Megalith Builders of Western Europe*, London 1958.
- DIBNER, G., *Moving the Obelisks*, Cambridge Mass. 1950.
- FONTANA, D., *Della trasportazione dell' Obelisco Vaticano* (1596), ανατύπωση με επίσημο απόσπασμα από Α. Canagò, Milano 1978.
- JONES WILSON, M., *Principles of Roman Architecture*, London 2001, 172 κ.σ.
- JOUSSAUME, R., *Des Dolmens pour les morts, le mégalithisme à travers le monde*, Paris 1985.
- KORRES, M., «Wie kam der Kupferstein auf den Mauerwerk? Die einzigartige Bauweise des Gräbnis: Theodorichs des Grossen zu Ravenna und das Bewegen schwerer Lasten», *RM* 14 (1997): 219-258.
- KOPPEL, M., «Φυσικοί παράγοντες των προκείμενων βαρικών», Προκήρυξη συνέδριου Αρχαίοι Ελληνικοί Τεχνολογία (επιμ. Γ. Π. Τζαζούκ), Θεσσαλονίκη 1997 (1998), σ. 447-457.

διά Εθράς, εκ των οποίων ο μεγαλύτερος, βάρος 510Τ, που ταξίδεψε επάνω στην 3.000 τόνων «Ίσιδα», το μεγαλύτερο πλοίο ανοικτής θάλασσας έως τον 19ο αιώνα (1), θα σθαιθεί το 365 μ.Χ. στον Μεγάλο Ιππόδρομο με την βοήθεια δεκάδων πολυτάστων συνολικής ικανότητας περίπου 300 τόνων. Και όμως, το ακραίο αυτό επίτευγμα δεν δύναται να θεωρηθεί ως μια αμειψώς ελεύθερη ανύψωση, επειδή κατά την φάση της όρθωσης του λίθου το κάτω άκρον του άγγιζε συνεχώς τον φορέα της οριζόντιας μετακίνησης.

Ο μεθεπόμενος και τελευταίος αιώνισμος του καταρρέοντος Αρχαίου Κόσμου, παρά την απουσία μεγάλων τεχνικών επιτευγμάτων, θα επιτύχει σε μια μόνο περίπτωση ένα επίτευγμα ελεύθερης ανύψωσης που έως τον 19ο αιώνα θα είναι ανεπρόβλητο: την ανύψωση του διάσημου μονολιθικού θόλου του Μασσαλίου του Θεουδέριχου στην Ραβέννα (534 μ.Χ.). Ο γιγάντιος μονόλοθος, προερχόμενος από κάποιο αρχαίο λατομείο της Ιστρίας με διάμετρο 11 μ., ύψος 3,5 μ., πάχος 1 μ. και βάρος 230Τ διαθέτει περιμετρικώς 12 ογκώδη εξάρματα, τα οποία, αν και φαίνονται να έχουν αισθητική, δεν έχουν παρά μόνο τεχνική αποτίμηση. Είναι, δηλαδή, αγκώνες ανυψώσεως. Η εργασία έγινε με 24 πολυάσπρα (εικ. 9) ανηρτημένα από ισχυρό δωδεκάστοιλο ικρίωμα (εικ. 8). Στα βαρούλκα απασχολήθηκαν 12 δεκαεξαμελεις ομάδες που έπρεπε να αναγνωρίζουν τα ιδιαίτερα για κάθε μια παραγγέλματα με την βοήθεια ενός ορισμένου ονόματος δανεσιμένου από τους Αποστόλους ή τους Αγίους του Χριστιανισμού (ο Θεωδέριχος είχε από νεανικής ηλικίας ασπασθεί τον Χρι-

στιανισμό). Τα ονόματα αυτά, χαραγμένα στο μέτωπο των αγκώνων, διασωθήκαν επειδή μετά το επιτυχές πέρας της ανυψωτικής επιχείρησης οι τελευταίοι δεν αφαιρέθηκαν, αλλά παρέμειναν, χωρίς εν τέλει να στερούνται μιας κάποιας αισθητικής αξίας (ρυθμικός περιμετρικός τονισμός).

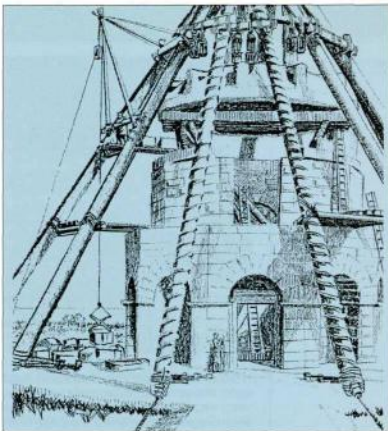
Η διαίρεση διαφόρων και ιδίως μεγάλων ανυψωτικών αγκώνων σε κατά τα άλλα περατωμένα να κτιστάτα δεν είναι σπάνιο φαινόμενο, αντίθετως παρατηρείται τόσο συχνά (π.χ. Λυκιακά ταφικά μνημεία, Καλοσσάσιον, γέφυρα ρωμαϊκού υδραγωγείου της Νίμης στην Γαλλία με πάμπολλους γιγάντιους αγκώνες ικρίωμάτων κ.ά.), ώστε να χρήζει ερμηνείας. Χωρίς να αποκλείεται ως πιθανή η δημοσιονομική απόψης της μέσω των αγκώνων μαρτυρίας του αρχικού όγκου της λατομμένης πρώτης ύλης, ή η διασφάλιση της δυνατότητας ευκολότερης μελλοντικής αναχορημοποίησης (οι λίθοι των δημοσίων έργων, παρέμειναν δημόσια, δυνάμει ρευστοποιήσιμη, περιουσία και μετά την ενσωμάτωσή των σε αυτά), η διατήρηση των αγκώνων φαίνεται να συνδέεται και με την ψυχική ευαισθησία μιας μερίδας των ανθρώπων. Αισθήματα σεβασμού για τα τεχνικά μέσα εκτέλεσης των πλέον δύσκολων έργων, ενδόμηξη διάθεσης ανάμνησης των συναρπαστικότερων στιγμών μιας πολύ δύσκολης επιχείρησης, της υπερίκησης δηλαδή των γιγάντιων βαρών, ορισμένη αντίληψη για τα διαπρητέα τεχνήρια μιας τεχνικής επίνοησης ή εν περιλήψεως, συνειδητή μετακίνηση μέρους του ενδιαφερόμενου και της συγκίνησης από την βεβαιότητα του τελειωμένου έργου στην αναπόληση της διαδικασίας δημιουργίας του.

7. Παρθένων, αναπαράσταση της τροποποίησης του βάρου που ακουμπάει της ΝΑ γωνίας του κτηρίου με γέραντο. Ο έλληνας γερανοβόρσιον (δικλώς μηχανή) είναι κινητός παράλληλα προς το κτήριο (χάρης σε κύλιση και τροχούς κάτω από την βάση του), αλλά και προς το κτήριο χάρις στους επάνωτους (ισχυρία και πολλαπλάσια) που συνδέουν την κορυφή του με το οπισθό άκρον της βάσεως (όπου και το αναγκαιο αντήγαρο - μάλλον κάποια από τους σπουδαίους που αχρηστεύθηκαν κατά την περσική εισβολή). Το ανιχνωμένο βάρος (~ 3.800 χιλ.) αντισταθίζεται από την δύναμη έξι εργατών (~ 120 χιλ.), η οποία πολλαπλασιάζεται έως 12 φορές λόγω του μηχανισμού των μηχανών και οι συνεπώς σχεδόν τρεις φορές λόγω των τριεπίων του τραπέζιου.



Σημειώσεις

1. Φυλίκη παραμένει η αιχμηρή (επί ποινή απογοήτωσης) απαγόρευση κάθε ομίχλης κατά την διάρκεια της ανύψωσης του θβελικού του Βατικανού (1965).
2. Μ. Κορρές, «Φυσικοί παράγοντες των προβληματικών βαρούλικων». Πρακτικά συνεδρίου Αρχαία Ελληνική Τεχνολογία (επιμ. Θ. Π. Γάσιος), Θεσσαλονίκη 1997 (1998), σ. 447-457.
3. Εξαιρετική περίπτωση αποτελεί το Er Graf στο Locmariaquer, της Γαλλικής Βρετανής, το οποίο με 20 μ. και σχεδόν 200 τόνους είναι με μεγάλη από κάθε άλλο απόσταση το μέγιστο γνωστό Menir. Το στήσιμο ενός τέτοιου γίγαντα με τις γνωστές από την αρχαία Αίγυπτο μεθόδους προϋποθέτει πλήρη κατάρτιση της σχενοποιίας και συνταγμένη προσπάθεια περίπου 10.000 ατόμων.
4. «Πέτρινο τραπέζι» στην βιστονική διάλεκτο. Ντολμάν και γενικότερα μεγαλόλητοι τρωικοί θάλαμοι απαντούν σε όλους σχεδόν τους αρχαίους πολιτισμούς (ακόμη και στην προκαλαζέβι-λη Αμερική), απεικονίζοντας εκτός εδύο τεχνικά επιτεύγματα (όπως π.χ. ο τώρος Shimgatsoho Ishibuta στην Νάρα της Ιαπωνίας (7ος αι. μ.Χ.) με λίθους βάρους δεκάδων τόνων.
5. Κατά τα έως τώρα ευρήματα οι περιμετρικοί ανορθωτήρες εκ των εξώ, οι δεκα εσωτερικοί εκ του κέντρου.
6. Η μέθοδος χωδής ανάγμιξη, με τον προς αναβίωση λίθο βοηθητών μηχανωμένο επίσης σε επάλιμους, δηλαδή προσπίθμενες, σκεπτικές στρώσεις ξύλιν, αν και έχει υποστεί από αρίστους γνώστες του μνημίου (π.χ. Αλκίνοσ) δεν είναι η μόνη πιθανή. Η αναγκαία σταθερότητα θα απαιτούσε ολιγότερα, δηλαδή βαρύτερα και συναρμώσιμα, δηλαδή πελεκητά ξύλα (πράγμα πολύ δύσκολο με λίθινα ελικοειδή εργαλεία) και η όλη ελικοκατασκευή ως εμποδίζουσα θα έπρεπε να διαλυθεί μετά την τοποθέτηση ενός εκάστου επι-στύλιου, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το επόμενο κατά τον ίδιο πάντοτε χρονόβιο τρόπο.
7. Η χρήση τόσο μεγάλων ή ακόμη μεγαλύτερων μεγάλων μαρμαριτών από τις υποδοχές τους σε διάφορα αιγυπτιακά μνημια, όπως π.χ. στον τρωικό ναό της πυραμίδας του Χεφρώνου του μέσου της 3ης χιλιετίας π.Χ.



8. Ανύψωση του μονολιθικού θόλου (~ 230 τόνου) του Μουσουλίου του Θεωδωρίου στην Ραβέννα με ανάρτηση από 12 ισχυρούς αγώνες, διάταξη των στύλων και των δοκών του κριματός (αναπαράσταση).

Ancient Technology for Surmounting Heavy Weights

Manolis Korres

The main and interdependent ways for surmounting weights have always been transporting and hoisting, while the characteristics of the weights to be surmounted, the nature of means and the relation between the original and the final position of the transported or hoisted weights have been critical factors for the achievement of this task. While the ancient and present norms of bodily labor do not differ (force 18-25 kilos per person), rope and discipline were accordingly the most important mean and the most essential human virtue for this accomplishment.

The first great achievements in this field, the megalithic monuments of Western Europe, belong to the category of weight transporting along with the unrivaled works of the Egyptians who managed to transport monuments weighing even 1000 tons! The hoisting of building members by ropes and pulleys, a technology probably inspired by ship hoisting devices, is introduced much later than transporting and becomes particularly popular in ancient Greece. Although the weights surmounted by hoisting can be amazing (up to 50 T), still they do not approach the extreme Egyptian weight magnitudes. In spite of the fact that the technology of hoisting is faster, less expensive and more flexible than that of transporting, it does not manage to replace it fully. In many Greek, Roman or modern works, the age-old Egyptian technology of transporting, using various systems of traction and slide, has remained in use being less expensive or, when the magnitudes are extreme, the only feasible.

Examined in particular are the Stonehenge, the "Treasure of Atrous", the "Treasure of Minyas", the pulley blocks and winches, the scaffoldings and cranes as well as the petasos of the Colosseum, while reference is made to a great number of Greek monuments of the Archaic, Classical and Hellenistic period and also to some excellent Roman achievements (temples at Baalbek, monolithic dome of Theodorik's Mausoleum).

9. Ανύψωση του μονολιθικού θόλου (~ 230 τόνου) του Μουσουλίου του Θεωδωρίου στην Ραβέννα με ανάρτηση από 12 ισχυρούς αγώνες, διάταξη δύο πολυκοστών ανά στήνα (αναπαράσταση).

