

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, χειρσαίες κυρίως ή υδάτινες, φορεία 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 σχοινιών 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 ακτικά 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 παινές¹.

Αν ήθελε κανείς να διακρίνει ένα από τα προαναφερθέντα μέσα ως σπουδαιότερο σταθμό στην εξέλιξη της σχετικής τεχνολογίας, αυτό δεν θα ήταν κάποια έξοχη μηχανή, όπως π.χ. ένας γερανός, αλλά απλώς το σχοινί (οι λόγοι έχουν εκτεθεί ήδη σε άλλη θέση)². Αν πάλι ήθελε κανείς να αποτιμήσει 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 σημερινή –, 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 εργατικά 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 επιμήκεις βάρους μερικών τόνων, και σπανίως πολύ μεγαλύτεροι³, μεταφέρονται και στήνονται συνήθως

σε παράλληλες γραμμές, ενώ άλλοι, μάλλον πλακοειδείς, χρησιμοποιούνται στην κατασκευή ταφικών θαλάμων και διαδρόμων που εν συνεχεία καλύπτονται με κωνική ή άλλοι σχήματος επίχωση, η οποία και αυτή όχι λίγες φορές αντισπρίζεται με τέτοιους λίθους τοποθετημένους περιμετρικά. Ύστερα από μακροχρόνια διάβρωση της χωμάτινης μάζας, ο λίθινος θάλαμος πλείστων τέτοιων τύμων απομένει ως περίπτωση μεγαλιθική κατασκευή ονομαζόμενη ντολμμέν ή λιθόρατζα. 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 ανυψωτικά μέσα, απλώς με έλξη επί κεκλιμένου επιπέδου.

Μέγιστο επίτευγμα αυτής της κατηγορίας στις αρχές της 2ης χιλιετίας π.Χ., η τρίτη φάση του Στόουινχεντζ μερικά χιλιόμετρα από το Ουίλτορ, περιλαμβάνει περίπου 80 επιμήκεις λίθους (πεσοοί, επιστύλια και κάποια άλλοι) ολικού βάρους 1500 τόνων, οι οποίοι σύρθηκαν έως τον τόπο του έργου επί ειδικής οδού μήκους 39 χιλιομέτρων, τμήμα της οποίας μήκους μερικώς χιλιόμετρων ήταν ανηφορικό με μέγιστη κλίση ~5-6%. Οι 30 περιμετρικοί πεσοοί, πεντάμετροι μέσου βάρους 26 τόνων, και οι εντός του κύκλου, 9 επτάμετροι και ένας σχεδόν εννεάμετρος μέσου βάρους 45-50 τόνων, θεμελιώθηκαν σε ορύγματα βάθους 1-2,5 μ., αφού ορθώθηκαν πρώτα με την βοήθεια αναχώματος ύψους 1-3 μ. αντιστοιχώς. Η αναγκαία αναβίβαση αυτών των λίθων στο αναχώμα είχε ήδη επιτευχθεί με έλξη επί κεκλιμένου επιπέδου μήκους 20-50 περίπου μ. Μετά το στήσιμο και την στερέωση των πεσοών στο έδαφος, το ανάχωμα ενισχυόμενο με ξύλα υψώθηκε έως σχεδόν το άνω μέρος των περιμετρικών πεσοών και τα αντίστοιχα 30 επιστύλια μέσου βάρους 7 τόνων αναβίβαθηκαν σε αυτό ελκόμενα επί του κεκλιμένου επιπέδου* - το οποίο είχε προηγουμένως υψωθεί αναλόγως, αποκτώντας μήκος 100 και πλάτος μ. Η τοποθέτηση των επιστυλίων επί των πεσοών έγινε με την βοήθεια ισχυρών ξύλινων μοχλών και προσθαφαρισμένων υποθημάτων. Τέλος, το κεντρικό κλιμακίο 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 πεσοών, ώστε να σχηματισθούν τα 5 τριλίθα της κεντρικής περιοχής του μνημείου. Μετά την αφαίρεση του αναχώματος και της αναβάθρας, ολικού όγκου αναχώματος 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 ανυψωτικά μηχανήματα, που άλλωστε ακόμη δεν υπήρχαν.

Την ίδια ακριβώς σειρά εργασιών ακολουθούσαν και οι μυκηναϊκοί οικοδομοί. Τα γιγάντια ανώφλια πυλών και δολυτών τάφων θα ήταν αδιανόητα χωρίς την ύπαρξη των έξοχων μυκηναϊκών οδών και χωρίς την χρήση αναχωμάτων, κεκλιμένων επιπέδων, ισχυρών ελκτικών σχοινιών, μοχλών και άφθονης ξυλείας για πανίσχυρα ελκθήρα, για πυκνές ενισχύσεις αναχωμάτων, και για εσχάρες με προσθαφαρισμένα υποθήματα για την υποστηρίξη και την ακριβή

ρύθμιση της στάθμης και της οριζοντίωσης μεγάλων βαρών. Τα μυκηναϊκά έργα διαθέτουν πολλά μεγαλύτερη έκταση από το Στόουινχεντζ, 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 ανωφλίου 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 Στόουινχεντζ. Η μετακίνηση ενός τέτοιου βάρους επί ελκθήρου σε οριζόντιο έδαφος απαιτεί την ελκτική δύναμη 3-4.000 ανδρών ή 400 βοδιών 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 κλειστές στροφές ή με κλίση πλέον του 10%.

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

Καθώς ακόμη δεν είναι γνωστή η διαδρομή της μεταφοράς του γιγάντιου λίθου των Μυκηναίων, το μόνο που δύναται προς το παρόν να λεχθεί είναι ότι κατά την τοποθέτησή του έπρεπε, με το ελκθήρό του σε αξονική 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 καταργασία των φερουσών επιφανειών να ανυψωθεί ελαφρώς για την αφαίρεση των προσωρινών υποστυλωμάτων και αμέσως μετά να καταβιβασθεί βραδέως στην θέση του. Η ανύψωση και η καταβίβαση θα ήταν δυνατή με διαδοχικούς προσιθμένα ή αφαιρούμενα υποθήματα και 8 δρύνιους μοχλούς μεγίστης διατομής 40x40 εκ. και μήκους 10 τουλάχιστον μ. 7. Με υπομόχλια σε απόσταση 40 εκ. από το σημείο φόρτισης οι μοχλοί αυτοί θα είχαν ο καθένας ωφέλιμη ανυψωτική 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 σωματικής εργασίας 25 χγρ. ανά άτομο και με τις αναγκαίες εργασιακές στρωγυλεύσεις) 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 εξουδετερώνονται 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 σχοινιών και δοκίδων κατανογής, ο δε αναγκαίος χώρος παράταξης όλων αυτών των εργατιών θα ήταν 2x4 μ. ανά μοχλό, ή συνολικός (με τα αναγκαία διακένα 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 υποστυλώσεων 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 αιχμηρή) μέθοδο της βραδείας αφαιρέσεως άμιμου 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 μικρότερου) έξω 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 πρόσφυξης, ώστε να φυλάσσεται ικανός χώρος για την ενέργεια των μοχλών κάτω από την οικεία πλευρά του μεγάλου λίθου. Στην έσω όψη του λίθου κάτι τέτοιο δεν ήταν α-

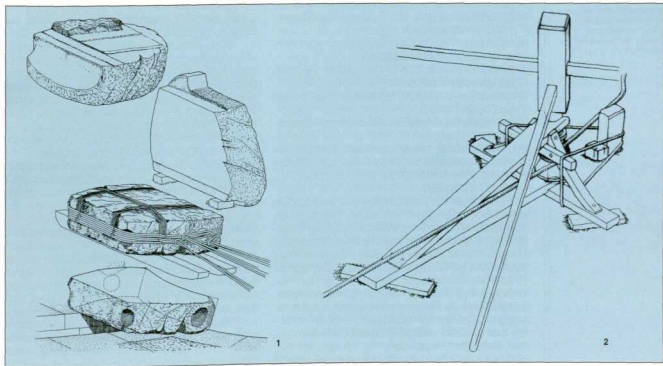
ναγκαίο, επειδή αυτή δεν είχε δεχθεί ακόμη την τελική λάξευση, με αποτέλεσμα μεγάλο μέρος της λίθινης μάζας να προβάλλει ελεύθερο προς τον χώρο του θόλου επιτρέποντας την άνετη θέση των μοχλών που ήδη περιγράψαμε.

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

Η σύγκριση του Στόουνχεντζ με τα μυκηναϊκά επιτεύγματα ας μην περιοριστεί στα της υπερνίκησης των βαρών ή στις γενικές ομοιότητες τριλίθων και πυλών. Αξίζει λοιπόν να σημειωθεί ότι στο μέσον της άνω έδρας των πεσσών του Στόουνχεντζ 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 ομόιον της, την Πύλη των Λεόντων, δύναται να παρατηρηθεί μόνο με κατάλληλη εξέταση του εσωτερικού των αρμών. Η λεπτομέρεια αυτή είναι ιδιαίτερος ενδιαφέρουσα και για τον πρόσθετο λόγο μιας από πολλούς, κυρίως άγγλους μελετητές πιθανολογούμενης μυκηναϊκής επιρροής στην μακρινή Βρετανία εκείνης της εποχής. Η βασισμένη σε ραδιοχρονολήσεις και επικρατούσα τα τελευταία χρόνια άποψη ότι τα τριλίθα του Στόουνχεντζ είναι παλαιότερα των μυκηναϊκών έργων, εάν αληθεύει, δεν μειώνει το ενδιαφέρον των πιθανών καταβολών των συστημάτων δομής και των μεθόδων υπερνίκησης των βαρών που παρατηρούνται σε αυτό, αλλά απλώς το με-

1. Το ανώφλιο του «θραυρού του Μίνιου» στον Ορχομενό. Φάσεις της προμόρφωσης (πρώτα η κάτω επιφάνεια), της μεταφοράς (οι σιζόμενες αποτιμήσεις γωνιών μαρτυρούν περίσσεια και έλλειξη με ισχυρά σχοινιά) και της τελικής μόρφωσης μετά την τοποθέτηση.

2. Ελαφρύ τύπου βαρούκκο αγκυρωμένο (με το λεπτότερο σχοινί) σε ισχυρό πάσσαλο. Το ελαφρύ σχοινί προσορμείται στον εργατοκλινδρό μέσω τεσσάρων περιελίξεων.



τατοποιεί προς άλλη κατεύθυνση. Στο σημείο αυτό επανέρχεται στην εκσπίση μας η Αίγυπτος, η οποία άλλωστε είναι η κρήνη εξωτερική πηγή της παρατηρούμενης και στα ελληνικά έργα τεχνολογίας. Η χρήση λιθοπρίονος και σωληνοειδούς τρυπανίου στην πλέον εξελιγμένη μηχανική οικοδομική (όχι όμως στην προϊστορική βρετανική) έχει το όμοιο της μόνο στην Αίγυπτο, όπου εμφανίζεται δέκα και πλέον αιώνες πριν. Η τεχνολογία των πολύ σκληρών λίθων δι' επικρούσεως με σφαιρικές σφύρες από ακόμη σκληρότερο πέτρωμα είναι μέθοδος που δεν παρατηρείται σε μυκηναϊκά έργα (ίσως επειδή τα ελληνικά πετρώματα δεν είναι τόσο σκληρά), ενώ είναι εκείνη που εφαρμόστηκε στην μόρφωση των πεσσών και των επιστυλίων του Στόουγχεντζ (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 μεγάλα έργα της Δυτικής Ευρώπης),
- ταχύτητα ανάπτυξης και μοναδική στην παγκόσμια ιστορία διάρκειας (επί δύο τουλάχιστον χιλιετίες),
- συνδυασμός χειρασίας και ποτάμιας μεταφοράς,
- απουσία υψομετρικών διαφορών κατά μήκος των χειρασιών οδών,
- χρήση γιγάντιων μοχλών για μικρές ανυψώσεις,
- όρθωση λίθων (έως 500T) με συνδυασμό αναχωμάτων και ελκτικών σχοινίων,
- τοποθέτηση λίθων (έως 150T) σε μεγάλα ύψη με την βοήθεια αναχωμάτων,
- αναβίβαση λίθων στα αναχώματα με έλξη επί κεκλιμένου επιπέδου,
- αναβιβήτρια μεγέθη μετακινήθέντων όγκων και βαρών (1000T),
- αναβιβήτρια οργάνωση και ταχύτητα εκτέλεσης,
- ολική ποσότης τονοχιλιόμετρων βαρείας μεταφοράς συγκριτώς μεγαλύτερη από ό,τι παρήχθη στον λοιπό κόσμο συνολικώς έως την ρωμαϊκή εποχή.

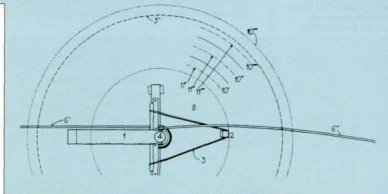
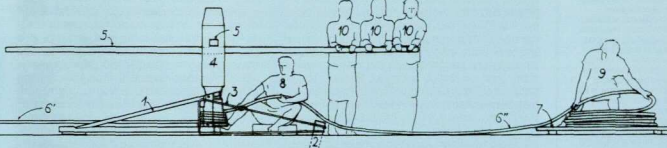
Η ιστορία της υπερίκησης μεγάλων βαρών ασφαλώς θα είχε προ πολλού εξαντληθεί με τα αιγυπτιακά έργα, εάν δεν συνέβαινε η δεύτερη σχετική με το θέμα μεγάλη τεχνολογική επανάσταση: η επιινόηση του τροχού και ιδίως κάποιων ειδικών τυπων του, καταλλήλων για πολύ μεγάλα φορτία ή, το σπουδαιότερο, για την ημιπεριέλιξη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

την πρώτη εμπειρική δημιουργία της (συνέθης και αυτή περίπτωσης χρονικής υστερήσης μεταξύ πράξης και θεωρίας). Στο σημείο αυτό ταριάζει επίσης μια υπενθύμιση. Πολύ πριν χρησιμοποιηθούν σε ανυψωτικές μηχανές οικοδομικών έργων, η τροχαλία με τα παράγωγά της – τα πολυσπαστα – πρέπει να ήταν ήδη αναπόσπαστο μέρος της εξαρτίας των πλοίων, στην οποία άλλωστε διατηρεί ανελλιπώς έως σήμερα την ίδια σπουδαία θέση. Αντιθέτως, οι λοιπές πολιπτικότερες και βαρύτερες εμφανίσεις της (σε εργοστάσια, εργοστάσια, ορυχεία, σחיνοτροχιόδρομους κ.λπ.) είναι παροδικές, εξαρτώμενες αναποφευκτικώς 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. μνημειακή 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). Τέτοιο επίπεδο οι πρώτες κανονικές κεραμώσεις 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 ξυλίνου δωρικού κίονος ύψους 5 μ. δεν θα ζύνιζε λιγότερο από 1,5 τόνο και παρόμοιο πρέπει να ήταν το βάρος των μεγαλύτερων δοκών σε οροφές και στέγες. Η μετακίνηση και η όρθωση των κίωνων, αλλά πολύ περισσότερο η αναβίβαση των δοκών σε ύψη πολλών μέτρων είναι εργασίες για τις οποίες θα άξιζε η μεταφορά τεχνολογίας και μέσων από τα πλοία στα εργοτάξια.

Κύριο συστατικό εκείνης, όπως και της σημερινής ανυψωτικής τεχνολογίας, το πολυσπαστο 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. Όταν το 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 τροχαλιών (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 σύγχρονη τεχνολογία των λίαν εύκαμπτων συμπατησχοινίων και των μεταλλικών τροχαλιών με έσοφους τριβείς επιτρέπει την παράθεση πλείστων τροχαλιών (π.χ. εικοσιτετράσπαστον, τριανταδύσπαστον κ.λπ.) χωρίς τεράστιες ενεργειακές απώλειες εξ αιτίας τριβών. Με την παλαιά όμως τεχνολογία των φυτικών σχοινίων και των ξυλίνων τρο-



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

Καθώς λοιπόν από τον 6ο αιώνα κ.ε. λίθινα αρχιτεκτονικά μέλη βάρους δεκάδων τόνων έπρεπε να ανυψώνονται με πολύσπαστα, τα οποία πολλαπλασιάζαν την εισαγόμενη σε αυτά δύναμη έως τέσσερις φορές, μόνο μέσον μεγάλης αύξησης της ανυψωτικής ικανότητας του πολυσπάστου 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 ανάγλυφων παραστάσεων της ρωμαϊκής εποχής: ισχυρός ξύλινος κύλινδρος στρεφόμενος περί τον άξονά του συμπαρασύρει το περιελγμένο σε αυτόν σχοινί (εικ. 2).

Η περιστροφή γίνεται μέσω μοχλών (οι επιγραφικές μαρτυρημένες σκυτάλες) κάθετων προς τον άξονά του. Με ωφέλιμο μήκος μοχλού δεκαπλάσιο του αθροίσματος 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 μετριοσιμής 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 εργασιών (εικ. 3), αντοχής μοχλών και αντοχής σχοινιών.

Αν λάβουμε υπ' όψιν τα χαρακτηριστικά των μεγάλων λίθινων έργων, πιθανότερον είναι ότι οι ανυψωτικές μηχανές υπήρχαν σε τρεις μάλλον τάξεις ικανότητας: με τρίσπαστον ικανότητας έως 2Τ και βαρούλκο ικανότητας 800 χγρ., με τρίσπαστον ή τετράσπαστον ικανότητας έως 5Τ και βαρούλκο ικανότητας ~1500 χγρ., τέλος με τρίσπα-

στον έως πεντάσπαστον ικανότητας 10Τ και βαρούλκο ικανότητας 2.500 έως 3.500 χγρ. Το πεντάσπαστον αυτό μαζί με το οικείο βαρούλκο συνολίζεται στα εξής: σχοινί ικανότητας 2.500 χγρ. και διαμέτρου ~5 εκ., τροχαλίες ελαχίστης 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 Τ με μέση ταχύτητα βήματος 2.000-1.000 μ. ανά ώρα στο άκρον των μοχλών (δύο έως μία περιστροφές ανά λεπτό αντίστοιχες προς ανύψωση 66 έως 33 εκ. ανά λεπτό).

Παραλείπονται του μακρότατου χρόνου ετοιμασίας μιας ανύψωσης (εφαρμογή και έλεγχος μέσω 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 συγκριτικής 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 ιδιαίτερω όταν τα προς ανύψωση βάρη υπερβαίνουν τους 10 τόνους. Για τους λόγους που αναφέραμε ήδη οι οικοδομοί 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 σκοπιμότητα 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, πάσσαλος
- 4, σχοινί αγκύρωσης
- 4, εργατοκύλινδρος
- 5, μοχλοί ή σκυτάλες
- 6 και 6'', ενεργά και όπιοι μέρη του ελακτικού σχοινιού
- 7, φορείο του ελακτικού σχοινιού
- 8, ρυθμιστής της προσαρμογής του σχοινιού στον εργατοκύλινδρο
- 9 αποθήκη του σχοινιού
- 10, εργάτες περιστροφής

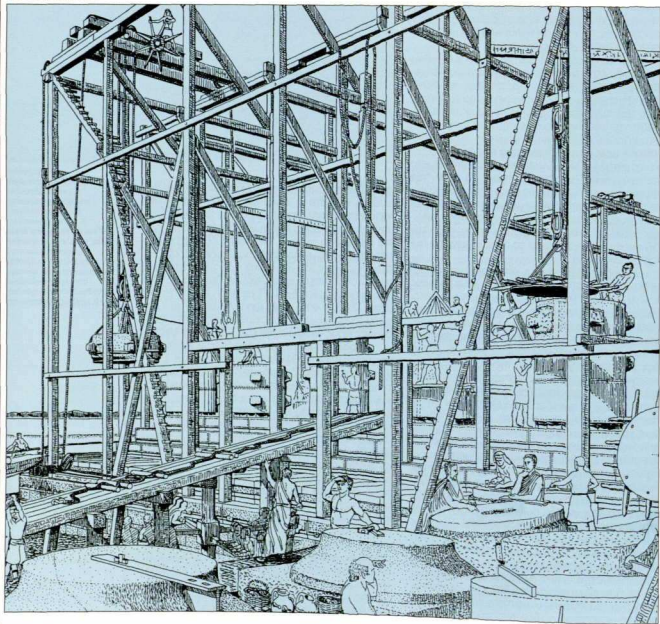
4. Ικριώμα ανυψωτικών εργασιών στον Πρωορθέριον (αναπαράσταση βάσει ξυλίνυ).

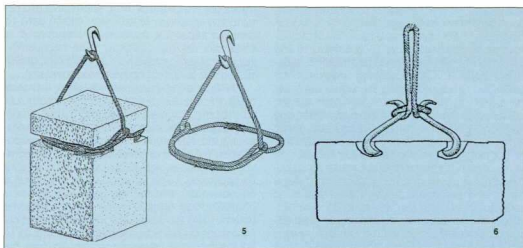
Η ανύψωση του σπονδυλίου (του αριστέρου άξονα του ικριώματος) εκτελείται με ικριώματα ανηρτημένο από ικανό μηχανοπορείο έπιμο να κινηθεί (επίμο στα κύματα) που, τα οποία χειρίζεται με μαχλοίς ένας εργάτης) προς το μέρος του τελευταίου κίονος. Η έλξη του σχοινίου -μέσω τροχαλίας εκτροπής, στην βάση του ικριώματος- εκτελείται με βαρούλκο (εγκαταστημένο κάτω από την έλικιν ράμπα) περιστρεφόμενο από 12 εργάτες. Με ένα άλλο πολυκασάο (στα δεξιά) ανυψώνεται και μετακινείται μια πλάκα εφορραχής (όργανο δοκιμής των επαναριών πριν από την ανύρση).

για την ανέλκυση 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 ναυλοχούτων πλοίων. Ακραίο γνωστό παράδειγμα αθρόας απασχόλησης πληρωμάτων πολλών πλοίων παρέχει το Κολοσσαίον, όπου 240 βαρούλκα λειτουργούσαν ταυτοχρόνως για την ανάπτυξη και την τάση του τετάσους (velarium), ενός σκιάστρου εκτάσεως 20.000 τ.μ., το οποίο σε ύψος σχεδόν 55 μ. έπρεπε να αντέχει σε ανεμοπύση περίπου 1.000 τόννων. Ο αριθμός ναυτών απασχολούμενων μόνο στα βαρούλκα υπερβαίνει τις δύο χιλιάδες.

Μετά την σύντομη αναφορά σε πολύκασατα και βαρούλκα απομεινι μόνο να αναφερθεί ότι, όπως και σήμερα, φορείς των σταθερών τροχαλιών ενός πολυκασάτου ήσαν γερανοί και ικριώματα εφοδιασμένα με κινητές γεφυροδοκούς.

Τα αρχαία ονόματα *μονόκωλος* και *δίκωλος* αντιστοιχούν στα σημερινά *μονήρης γερανοβραχίων* (flying jib) και *μονήρης γερανοβραχίων τύπου Λ*. Το αρχαίο *τετράκωλος* αντιστοιχούσε στο σημερινό τετράστυλο ανυψωτικό ικριώμα. Από αρχαιολογικής πλευράς τα ικριώματα είναι πολύ καλύτερα ανηγεύσιμα, ενώ οι γερανοί, όταν μάλιστα εδράζονται σε εσχάρες ολίσθησης, δεν αφήνουν αναγνωρίσιμα ίχνη. Άξιος λόγου ενδειξεις ικριωμάτων ανυψωτικών εργασιών παρέχουν οι σπές 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 τέσσερις (τετράκωλος) γύρω από κάθε κίονα στο εσωτερικό του μεγάλου κτηρίου στο Καβείριον της Λήμνου, μια σπή στην επίκωση των θεμελιών του Ολυμπίου στην Αθήνα, σειρά σπών στον βράχο παραλλήλως προς τον ανατολικό τοίχο του ναού στο Σαγ-





5. Παρθενών, βόρειες μέτοπες. Οριζόντιες αύλακες ανάρτησης αντήγηματος.

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

γρί της Νάξου, αλλά και φυσικοχημικά (χρη 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:

- α) οριζόντιες αύλακες, π.χ. πλείστα αντιθήματα μετωπών Παρθενώνος (εικ. 5),
- β) πλευρικές αύλακες, π.χ. επιστύλια ναού Αφαίας,
- γ) υποκείμενες αύλακες, π.χ. θριγκός Ολυμπίου Ακράγαντος,
- δ) υποκείμενες ορατές αύλακες, π.χ. επιστύλια ναού Απόλλωνος Επικουρίου,
- ε) σφαιροειδείς οπές, π.χ. ναός Αθηνάς Προναΐας Δελφών,
- στ) κατακόρυφες οπές, ευρυνόμενες προς τα κάτω για την εκ των άνω προσθαφάριση ξύλινων σφηνών ανάρτησης, π.χ. πάνω επιστύλια ναού G Σελινοίντος (έως 50Τ), ναού Διός Ολυμπίας (έως 15Τ), γωνιαία γείσα Παρθενώνος (9Τ),
- ζ) κατακόρυφες διαμπερείς οπές, π.χ. λίθοι αρχαϊκού ιωνικού κίονος ναού Αφαίας,
- η) κατακόρυφες οπές ευρυνόμενες προς τα κάτω για την εκ των άνω προσθαφάριση σιδηρών σφηνών ανάρτησης (λίκοις),
- θ) αγκώνες, δηλαδή (προσωρινές) ισχυρές πλευρικές προεξοχές για την λαβή και την άρση ενός λίθου,
- ι) άγκιστρα (εικ. 6), και σπανιότερα αρθρωτές αρπάγες (φέρουν ενίοτε τα αρχαία ονόματα *καρκίνο*ς ή *λιθάγρα*), των οποίων οι αιχμές εισχωρούν σε μεγάλες οπές στο άνω μέρος του λίθου (π.χ. επιστύλια ναού Ποσειδώνος του Σούνιο) ή σε μικρές οπές δύο αντίθετων παρειών του λίθου (στα περισσότερα ρωμαϊκά έργα).

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

Μεγάλα, έαδη ιδιαίτερης μόναν επιτεύγματα της αρχαίας ελληνικής ανυψωτικής τεχνολογίας είναι:

- *Συρακούσαι*, *Ναός Απόλλωνος*, 580 π.Χ.: λίθοι στυλοβάτου 10μ³/23Τ, κορμοί κίωνων 20μ³/45Τ,

κιονόκρανα 11μ³/25Τ, επιστύλια 10μ³/23Τ.

- *Σελινούς*, *οκτάστυλος ψευδοδιπτερός* ναός, 500 π.Χ. κ.ε.: σπόνδυλοι κίωνων 25μ³/60Τ, κιονόκρανα και επιστύλια 20μ³/45Τ.

- *Αθήνα*, *αρχαϊκό Ολυμπίειον* 520 π.Χ.: λίθοι στυλοβάτου 5μ³/13Τ, μεγαλύτεροι σπόνδυλοι 7μ³/17Τ.

- *Αθήνα*, *μαρμάρينو Ολυμπίειον*, 340 π.Χ., 170 π.Χ.): λίθοι στυλοβάτου 4,7μ³/13,5Τ, βάσεις γωνιαίων κίωνων, 5,7μ³/16Τ, άνω ήμισυ κιονόκρανου 5μ³/14Τ, γωνιαία επιστύλια 9,3μ³/26Τ.

- *Νάξος*, *ναός Απόλλωνος*, 525 π.Χ.: λίθοι θυρωμάτου 7,5μ³/20Τ.

- *Εφεσος*, *ναός Αρτέμιδος*, 550 π.Χ.: επιστύλια μεσαιού μεταξονίου 8,5μ³/24Τ.

- *Μίλητος*, *ναός Απόλλωνος Διδυμίου*: ανώφλιον 16,5μ³/46Τ.

- *Αθήνα*, *Παρθενών*: εξέχουσα περίπτωση, όχι για το μέγεθος αλλά για τον αριθμό των τοποθετούμενων ημερησίων λίθων: κατά τα πρώτα πέντε έτη του έργου, χάριν 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 μονόλιθοι συγκρίσιμου με παρόμοιους των αιγυπτιακών έργων. Ακραία παραδείγματα ελεύθερης ανύψωσης με χρήση πολύσπαστων μόνο και βαρούλκων είναι τα γωνιαία γείσα και κάποια επιστύλια του ναού του *Jupiter Heliopolitanus* στο Μπάδαμπεκ, στον σημερινό Λίβανο (100-120Τ), τα κιονόκρανα των τιμητικών κίωνων Τραϊανού και Μάρκου Αυρηλίου (50Τ και 70Τ) στην Ρώμη, ή κάποια στοιχεία μαρμάρινου κορινθιακού θριγκού (100Τ) στο Σαράπειον, στην ίδια πόλη. Τον ίδιο καιρό επιτυγχάνεται στο Μπάδαμπεκ η μεγαλύτερη σε βάρος γερασιά 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 1984.
- ARNOLD, D., *Building in Egypt: Pharaonic Stone Masonry*, Oxford 1991.
- ATKINSON, R.U.C., *Stonehenge*, Harmondsworth, 1979 (αναθεωρημένη έκδοση).
- BENEVOLO, L./ALBRECHT, B., *Le origini dell'architettura*, Roma-Bari 2002.
- BAILEY, D., «Honoric columns, cranes, and the Tuna epiphany», *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 1968.
- DIBNER, D., *Moving the Obelisks*, Cambridge Mass, 1950.
- FONTANA, D., *Della trasportazione dell' Obelisco Vaticano* (1590), αντιστύλι με εκτελεστική εισαγωγή από A. Carugo, Milano 1978.
- JONES WILSON, M., *Principles of Roman Architecture*, London 2000, 172 κ.ε.
- JOUSSAUME, R., *Des Dolmens pour les morts. Le mégalithisme à travers le monde*, Paris 1965.
- KORRES, M., «Wie kam der Kuppelstein auf den Mauerkrön? Die einzigartige Bauweise des Gräbnis Theodorichs des Grossen zu Ravenna und das Bewegen schwerer Lasten», *RM* 14 (1997), 219-258.
- KÖRPER, M., «Φυσικοί παράγοντες των προϊστορικών βαρούλικων», Πρακτικά συνεδρίου Αρχαία Ελληνική Τεχνολογία (επιμ. Θ. Π. Τάσιος), Θεσσαλονίκη 1997 (1998), σ. 447-457.

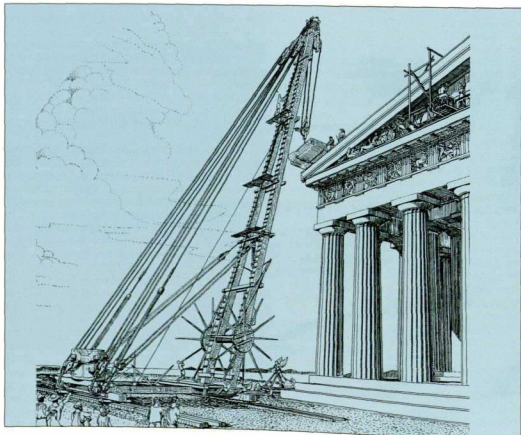
διά ξηράς, εκ των οποίων ο μεγαλύτερος, βάρος 510Τ, που ταξίδεψε επάνω στην 3.000 τόνων «Ισιδά», το μεγαλύτερο πλοίο ανοικτής θέλασσας έως τον 19ο αιώνα (!), θα σπηθεί το 365 μ.Χ. στον Μεγάλο Ιππόδρομο με την βοήθεια δεκάδων πολυτάστων συνολικής ικανότητας περίπου 300 τόνων. Και όμως, το ακραίο αυτό επίτευγμα δεν δύναται να θεωρηθεί ως μια αμιγώς 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 αιώνας 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 ανυπερβλήτο: την ανύψωση του διάσημου μονολιθικού θόλου του Μασσαλιώτου του Θεουδερχίου στην Ραβένα (534 μ.Χ.). Ο γιγάντιος μονόλιθος, 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 απότιση. Είναι, δηλαδή, ακμών ανυψώσεως. Η εργασία έγινε με 24 πολυτάστα (εικ. 9) ανηρτημένα από ισχυρό δωδεκάστιλο κρώμα (εικ. 8). Στα βαρούλκα απασχολήθηκαν 12 δεκαεξαμελείς ομάδες που έπρεπε να αναγνωρίζουν τα ιδιαίτερα για κάθε μια παραγέλιμα με την βοήθεια ενός ορισμένου ονόματος δανεσιμένου από τους Αποστόλους ή τους Αγίους του Χριστιανισμού (ο Θεουδερχίος είχε από νεανικής ηλικίας ασπασθεί τον Χρι-

στιασισμό). Τα ονόματα αυτά, χαραγμένα στο μέτωπο των ακμών, διασώθηκαν 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).

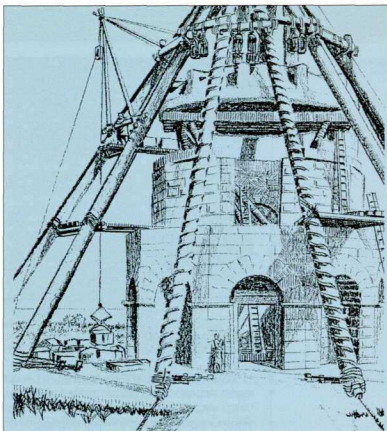
Η διατήρηση διαφόρων και ιδίως μεγάλων ανυψωτικών ακμών σε κατά τα άλλα περατωμένα κτίσματα δεν είναι σπάνιο φαινόμενο, αντίθετως παρατηρείται τόσο συχνά (π.χ. Λυκιακά ταφικά μνημεία, Κολοσσαίοι, γέφυρα ρωμαϊκού υδραγωγείου της Νίμης στην Γαλλία με πάμπολλους γιγάντιους ακμώνες ικριωμάτων κ.ά.), ώστε να χριζεί ερμηγείας. Χωρίς να αποκλείεται ως πιθανή η δημοσονομική απότιση της μέσω των ακμώνων μαρτυρίας του αρχικού όγκου της λατομμένης πρώτης ύλης, ή η διαφύλαξη της δυνατότητας ευκολότερης μελλοντικής αναχρησιμοποίησης (οι λίθοι των δημοσίων έργων, παρέμειναν δημοσία, δυνάμει ρευστοποιήσιμης, περιουσία και μετά την ενσωμάτωσή των σε αυτά), η διατήρηση των ακμώνων φαίνεται να συνδέεται και με την ψυχική ευαισθησία μιας μερίδας των ανθρώπων. Αισθήματα σεβασμού για τα τεχνικά μέσα εκτέλεσης των πλέον δύσκολων έργων, ενδόμυχη διάθεση ανάμνησης των συναρπαστικότερων στιγμών μιας πολύ δύσκολης επιχείρησης, της υπερίκησης δηλαδή των γιγαντιών βαρών, ορισμένη αντίληψη για τα διαπρητέα τεκμήρια μιας τεχνικής επίσησης ή εν περιλήψει, συνειδητή μετακίνηση μέρους του ενδιαφερόντος και της συγκίνησης από την θεωρήση του τελειωμένου έργου στην αναπόληση της διαδικασίας δημιουργίας του.

7. Παρέβη, αναπαράσταση της τοποθέτησης του βάρου του ακρωτηρίου της ΝΑ γωνίας του κτηρίου με γερανό. Ο δίκλιος γερανοβραχίον (δίκλιος μηχανή) είναι κινητός παράλληλος προς το κτήριο (ξέρως και κώμαρα και προέξει κάτω από την βάση του), αλλά και προς το κτήριο χάρις στους επάνους (σχαίνια και πολυστάσια) που συνδέουν την κορυφή του με το οπίσθιο άκρον της βάσεως (όπου και το αναγκαστικό αντίβαρο - μάλλον κάποιος από τους σπανιδούλους που αχρηστεύθηκαν κατά την περσική εισβολή). Το ανυψούμενο βάρος (~ 3.800 χιλ.) ανυψοβιζείται από την δύναμη εξ'εργασίων (~ 120 χιλ.), η οποία πολλαπλασιάζεται έως 12 φορές λόγω των μηχανών των σκαφών και εν συνεχεία σχεδόν τρεις φορές λόγω των τροχαλίων του τριστατίου.



Σημειώσεις

1. Θρυλική παραμένει η αισθητή (επί ποινή απαγορισμού) απάνορθση κάθε σφίλις κατά την διάρκεια της ανύψωσης του οβελίσκου του Βατικανού (1585).
2. Μ. Κορρές, «Φυσικοί παράγοντες των προϊστορικών βαρούλκων», Πρακτικά συνεδρίου Αρχαία Ελληνική Τεχνολογία (επιμ. Θ. Π. Τάσιος), Θεσσαλονίκη 1997 (1998), σ. 447-457.
3. Εξαιρετική περίπτωση αποτελεί το Er Graf στο Loos-laqueux, της Γαλλικής Βρετανίας, το οποίο με 20 μ. και σχεδόν 200 τόνους είναι με μεγάλη από κάθε άλλο απόσταση το μέγιστο γνωστό Μενίρ. Το στήσιμο ενός τέτοιου γίγαντα με τις γνωστές από την αρχαία Αίγυπτο μεθόδους προϋποθέτει πλήρη κατάρτιση της σχεδιοποιίας και αντιστοιχημένη προπαθεία περίπου 10.000 ατόμων.
4. «Πέτρινο τραπέζι» στην βρετονική διάλεκτο. Ντολιέμ και γενοκότερα μεγαλιθικοί ταφικοί θάλαμοι απαντούν σε όλους σχεδόν τους αρχαίους πολιτισμούς (ακάλυπτη και στην προκολομβόνη Αμερική), αποτελώντας ενίοτε εξόχως τεχνικά επιτεύγματα (όπως π.χ. ο τάφος Shimanosho Ishibutai στην Νάρα της Ιαπωνίας (7ος αι. μ.Χ.) με λίθους βάρους δεκάδων τόνων.
5. Κατά τα εις τωρα ευρήματα οι περιμετρικοί αναρτήθηκες εκ των εξω, οι δεκα εσωτερικοί εκ του κέντρου.
6. Η μέθοδος χωρίς ανάχωμα, με τον προς αναβίβαση λίθο βασημθόν μοχλευόμενο επάνω σε επαλληλες, διαδοχικούς προσθήμενες, εκτενείς στρώσεις ξύλων, αν και έχει υποστεί από αρίστους γνώστες του μνημείου (π.χ. Atkinson) δεν είναι η μόνη πιθανή. Η αναγκαία σταθερότης θα απαιτούσε ολιγότερα, δηλαδή βαρύτερα και συναρμώσιμα, δηλαδή πελεκητά ξύλα (πράγμα πολύ δύσκολο με λίθινα ελιουργικά εργαλεία) και η όλη ελικοκατασκευή ως εμποδιζούσα θα έπρεπε να διαλυείται μετά την τοποθέτηση ενός εκάστου επιστηλίου, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το επόμενο κατά τον ίδιο πάντοτε χρονόβορο τρόπο.
7. Η χρήση τόσο μεγάλων η ακόμη μεγαλύτερων μοχλών μαρτυρείται από τις υποδοχές τους σε διάφορα αιγυπτιακά μνημεία, όπως π.χ. στον ταφικό ναό της πυραμίδας του Χεφρηνου του μέσου της 3ης χιλιετίας π.Χ.



8. Ανύψωση του μονολιθικού θόλου (~230 τόνων) του Μουσουλίου του Θεωδερικου στην Ραβέννα με ανάρτηση από 12 ισχυρούς αγώνες. Διάταξη των στύλων και των δοκών του ικριώματος (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 Theodoric's Mausoleum).

9. Ανύψωση του μονολιθικού θόλου (~230 τόνων) του Μουσουλίου του Θεωδερικου στην Ραβέννα με ανάρτηση από 12 ισχυρούς αγώνες. Διάταξη δύο πολυαστών ανά σκάκινα (αναπαράσταση).

