

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μιλάμε για την εξέλιξη των τεχνικών μηχανημάτων από την Αρχαία Εποχή μέχρι την Βιομηχανική Επανάσταση.

Στο πρώτο κεφάλαιο ξεκινάμε με μια υποδιαίρεση των εποχών από την Λίθινη Εποχή, στην Αρχαιότητα και στην Ελληνορωμαϊκή Εποχή. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρονται οι κυριότερες εφευρέσεις ανά εποχή όπως χαρακτηριστικές είναι οι εφευρέσεις του Αρχιμήδη και του Ήρωνα, η κατασκευή της σήραγγας του Ευπαλίνου στη Σάμο στην ελληνιστική εποχή. Στον Μεσαίωνα χαρακτηριστικές εφευρέσεις ήταν το μηχανικό ρολόι, το μικροσκόπιο και το τηλεσκόπιο, το βαρόμετρο, οι αντλίες και η ναυπηγική.

Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΕΠΟΧΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΥΠΟΔΙΑΙΡΕΣΗ ΣΕ ΕΠΟΧΕΣ

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	5
1.2 ΛΙΘΙΝΗ ΕΠΟΧΗ ΜΕΧΡΙ ΤΟ 5000 Π.Χ.....	8
1.3 Η ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ ΜΕΤΑΞΥ 5000 ΚΑΙ 1000 Π.Χ.....	10
1.3.1 ΜΕΣΟΠΟΤΑΜΙΑ.....	10
1.3.1.1 ΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ	12
1.3.1.2 ΝΟΜΙΣΜΑΤΑ, ΜΕΤΡΑ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΑ	14
1.3.2 Η ΑΙΓΥΠΤΟΣ.....	15
1.3.2.1 ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΣΤΕΙΕΣ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΙΓΥΠΤΟΥ.....	19
1.3.3 Ο ΕΛΛΑΔΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ (ΚΝΩΣΟΣ, ΑΚΡΩΤΗΡΙ, ΜΥΚΗΝΕΣ, Ο ΣΙΔΗΡΟΣ, ΟΙ ΣΚΟΤΕΙΝΟΙ ΑΙΩΝΕΣ)(ΕΠΟΧΗ ΧΑΛΚΟΥ)	20
1.3.4 ΚΝΩΣΟΣ.....	22
1.3.5 ΑΚΡΩΤΗΡΙ	25
1.3.6 ΜΥΚΗΝΕΣ	26
1.3.7 Ο ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΧΩΡΟΣ	28
1.4 Η ΕΛΛΗΝΟΡΩΜΑΪΚΗ ΕΠΟΧΗ, 750 Π.Χ.-476 Μ.Χ.....	29
1.4.1 ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ.....	30

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΕΦΕΥΡΕΣΕΙΣ ΑΝΑ ΕΠΟΧΗ

2.1 Η ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ ΕΠΟΧΗ.....	34
2.1.1 ΟΙ ΕΦΕΥΡΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΑΡΧΙΜΗΔΗ (287 ~ 212 Π.Χ.).....	35
2.1.2 Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΩΝ.....	36
2.1.3 ΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΗΡΩΝΑ(ΠΕΡ. 100 Μ.Χ.).....	38
2.1.3.1 ΚΑΤΑΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΕΡΑΝΤΛΙΑ	40
2.1.3.2 ΑΣΣΑΡΙΩΝ	40
2.1.3.3 ΑΓΝΙΣΤΗΡΙΟΝ	41
2.1.3.4 ΠΥΟΥΛΚΟΣ	41
2.1.3.5 ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ	41
2.1.4 Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΤΟΥ ΕΥΠΑΛΙΝΟΥ ΣΤΗ ΣΑΜΟ.....	42
2.2 Η ΥΣΤΕΡΗ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ.....	45
2.3 ΜΕΣΑΙΩΝΑΣ.....	46
2.3.1 ΒΥΖΑΝΤΙΝΟΙ ΚΑΙ ΑΡΑΒΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ.....	47
2.3.2 ΤΟ ΑΡΟΤΡΟ ΚΑΙ Ο ΥΔΡΟΜΥΛΟΣ.....	52
2.3.3 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΥΦΕΣΗ.....	55
2.3.4 Η ΝΑΥΠΗΓΙΚΗ.....	57
2.3.5 ΤΟ ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΡΟΛΟΙ	60
2.3.6 Η ΤΥΠΟΓΡΑΦΙΑ.....	64
2.3.7 LEONARDO DA VINCI.....	67
2.4. ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗ-ΔΙΑΦΩΤΙΣΜΟΣ.....	69
2.4.1 ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ- ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΟ.....	69
2.4.2 ΤΟ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟ.....	71
2.4.3 Η ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ, BLAISE PASCAL.....	72
2.4.4 ΠΙΕΣΗ, ΒΑΡΟΜΕΤΡΟ ΚΑΙ ΑΝΤΛΙΕΣ.....	73
2.4.5 ΤΟ ΡΟΛΟΙ ΜΕ ΕΚΚΡΕΜΕΣ.....	79

2.4.6 ΕΠΙΓΕΙΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ.....	80
2.4.7 Η ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΗ.....	84
ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	91
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	97
ΆΛΛΕΣ ΠΗΓΕΣ.....	98
ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	98

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΥΠΟΔΙΑΙΡΕΣΗ ΣΕ ΕΠΟΧΕΣ

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Ο Βρετανός Μαθηματικός Samuel Lilley, με εξειδίκευση στην ιστορία της επιστήμης και της τεχνικής, δημοσίευσε το έτος 1940 μία μελέτη, με την οποία κατέγραψε τις κοινωνικά και οικονομικά σημαντικές επινοήσεις και εφευρέσεις από την εποχή 5500 π.Χ. μέχρι τον 20^ο αιώνα μ.Χ. Ο Lilley κατέγραψε περί τις 2.000 εφευρέσεις και τις συσχέτισε με μία εποχή ή ένα έτος, όπου αυτή η εφεύρεση αποδεδειγμένα έχει διαδοθεί. Για το σκοπό αυτό μελέτησε τη βιβλιογραφία που έχει καθιερωθεί στη «δυτική» ιστοριογραφία, δηλ. της Μεσοποταμίας, των χωρών και λαών της ανατολικής Μεσογείου, την Ελληνορωμαϊκή και, τέλος, τη Δυτικοευρωπαϊκή.

Σύμφωνα με την ιστορική ανασκόπηση για μία περίπου σταθερή αυξητική πορεία της εξέλιξης των σημαντικών εφευρέσεων, με κάποιες στασιμότητες στους αιώνες περί το 2000 π.Χ. και στην πρώτη χιλιετία μ.Χ., οπότε στους πρώτους αιώνες της δεύτερης χιλιετίας, η οποία ολοκληρώθηκε με το έτος 2000, η καμπύλη εκτινάσσεται στα ύψη. Μετά το 1750 αρχίζει η λεγόμενη (πρώτη) *Βιομηχανική επανάσταση*.

Οι δύο περίοδοι στασιμότητας, διάρκειας περί τα 1000 χρόνια κάθε φορά, οφείλονται κατά κύριο λόγο στη διαθεσιμότητα μεγάλου αριθμού δούλων, πράγμα που μείωνε τα κίνητρα για επινοήση βοηθητικών μηχανών και εργαλείων. Για τη δεύτερη περίοδο στασιμότητας, για την οποία έχουμε και καλύτερες ιστορικές πληροφορίες, άλλοι σημαντικοί λόγοι είναι η αυξανόμενη παρακμή της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας και η

συνεπακόλουθη ανασφάλεια, οι ανακατατάξεις λόγω των μετακινήσεων νέων λαών στο βορρά και η επικράτηση του χριστιανισμού.

Ένας σημαντικός παράγοντας που ευνόησε αναδραστικά την επιτάχυνση των επιστημονικών και τεχνολογικών εξελίξεων, ήταν η αυξημένη μέση διάρκεια ζωής των ανθρώπων στην Ευρώπη. Στις αρχές του 19^{ου} αιώνα ο μέσος όρος ζωής βρίσκεται κάτω των 40 ετών, έναν αιώνα μετά είναι πάνω από 40 χρόνια και ακόμα έναν αιώνα μετά, στις αρχές του 21^{ου} αιώνα, βρίσκεται περίπου στα 80 χρόνια. Αυτή η διαρκής αύξηση από τα σχεδόν 20 χρόνια της ελληνορωμαϊκής εποχής και τα 30 χρόνια του Μεσαίωνα στα σημερινά επίπεδα, πέρα από την αυταξία που έχει για τον άνθρωπο η αυξημένη διάρκεια ζωής, προκάλεσε και μία ανάδραση στις επιστημονικές και τεχνολογικές βελτιώσεις και επινοήσεις: οι τεχνίτες και μάστορες της Αρχαιότητας και του Μεσαίωνα δεν έφταναν κατά κανόνα σε επαρκή ηλικία ώστε να αξιοποιήσουν τη συσσωρευόμενη πείρα τους στη βελτίωση μεθόδων και εργαλείων. Έτσι οι αλλαγές ήταν εκείνους τους αιώνες και εξ αυτού του λόγου αργές. Η συσσωρευμένη εργασιακή πείρα των ανθρώπων μετά από 20-25 χρόνια εργασίας παίζει μέχρι και σήμερα σημαντικό ρόλο στην επιστημονική και τεχνολογική εξέλιξη, στην αναβάθμιση του χώρου εργασίας και στην εκπαίδευση των νεότερων στελεχών.

Η καμπύλη του Lilley και οι ακριβέστερες γνώσεις μας για τις εξελίξεις στον τομέα της τεχνικής και της τεχνολογίας των τελευταίων τριών αιώνων μάς επιτρέπουν λοιπόν να υποδιαιρέσουμε την ιστορία της Τεχνικής σε οκτώ (8) εποχές:

- *Λίθινη εποχή*, περίπου μέχρι το 5000 π.Χ.
- *Εποχή της Μεσοποταμίας και της Αιγύπτου και η προκλασική ελληνική εποχή*, περίπου από το 5000 μέχρι το 750 π.Χ.
- *Ελληνορωμαϊκή εποχή*, περίπου από το 750 π.Χ. μέχρι το 476 μ.Χ.

- *Μεσαίωνας*, από το 476 μ.Χ. μέχρι το έτος 1492.
- *Αναγέννηση και Διαφωτισμός*, με σημαντικότερο παράγοντα εξέλιξης την τυπογραφία, από το 1492 μέχρι το 1789.
- *Πρώτη βιομηχανική επανάσταση* με τη συστηματική χρήση της ατμοκίνησης, από το 1789 μέχρι το 1864.
- *Δεύτερη βιομηχανική επανάσταση* με την εισαγωγή της ηλεκτροκίνησης και των μηχανών εσωτερικής καύσης, από το 1864 μέχρι το 1948.
- *Τρίτη βιομηχανική επανάσταση* με την εφεύρεση και χρήση του τρανζίστορ και με τις εξελίξεις στη βιοτεχνολογία, από το 1948 μέχρι σήμερα.

Ο Ρώσος ερευνητής Nikolai Kondratief (Κοντρατίεφ, 1892-1930) περιέγραψε τις τεχνολογικές αλλαγές, από την πρώτη βιομηχανική επανάσταση και μετά, ως σπειροειδή εξέλιξη στην κατεύθυνση του χρόνου. Με κάθε κύκλο θεμελιωδών εφευρέσεων ικανοποιούνται και ανάγκες της κοινωνίας των βιομηχανικών κρατών. Η καθυστερημένη έλευση του τέταρτου κύκλου, περί το 1960 και όχι νωρίτερα, σχετίζεται με τους 2 παγκόσμιους πολέμους που έγιναν στο πρώτο μισό του 20^{ου} αιώνα. Εκτιμάται ότι ο επόμενος κύκλος εφευρέσεων θα αρχίσει να εξελίσσεται από το έτος 2010 περίπου και θα αφορά τη βιοτεχνολογία και το περιβάλλον, ενώ θα προκύψει αυξημένη ζήτηση στις προηγμένες κοινωνίες για υπηρεσίες υγείας¹.

¹ Φραγκόπουλου Στ. Γ. , “Ιστορία της Τεχνολογίας”, Αθήνα 2003

1.2 ΛΙΘΙΝΗ ΕΠΟΧΗ ΜΕΧΡΙ ΤΟ 5000 π.Χ.

Η εξέλιξη από τα ανώτερα πρωτεύοντα είδη προς τον άνθρωπο πραγματοποιείται στη λεγόμενη *Πλειστόκαινη περίοδο* της τεταρτογενούς γεωλογικής ιστορίας της Γης. Αυτή η περίοδος άρχισε πριν από περίπου 3 εκατομμύρια έτη, στη διάρκεια των οποίων παρουσιάστηκαν 4 εποχές παγετώνων, κάθε μία με διάρκεια 50-100 χιλιάδες χρόνια. Η τρέχουσα εποχή της Γης είναι «θερμή», έχει ήδη μια ηλικία της τάξης των 14.000 ετών και ονομάζεται *Ολόκαινος*.

Ο εγκέφαλος του «όρθιου ανθρώπου» που ήταν μισός σε όγκο από αυτό του μέσου σημερινού ανθρώπου, του προσέδιδε την απαιτούμενη ευφυΐα για να κατασκευάζει καλύβες με δάπεδο από πέτρινες πλάκες, αν δεν εύρισκε κάποια σπηλιά να εγκατασταθεί, να επεξεργάζεται το ξύλο για την κατασκευή χρηστικών και πολεμικών αντικειμένων (κύπελλο, δόρυ) κτλ.

Τα πρώτα εργαλεία των ανθρωποειδών πρέπει να ήταν φυσικές πέτρες, τις οποίες έριχναν οι πρόγονοί μας, περισσότερο ή λιγότερο επιδέξια για να σκοτώσουν κάποια θηράματα. Στη συνέχεια, οι πιο εξελιγμένοι απόγονοι επεξεργάζονταν κατάλληλες πέτρες ώστε να προκύψει μία αιχμηρή άκρη ή κοφτερή πλευρά, με την οποία κτυπούσαν τα ζώα, συχνά όμως και ανταγωνιστές για ένα κοψίδι από τα θηράματα.



Εικ 1,2 Πέτρινα εργαλεία (www.google.gr)

Τα εργαλεία που βρέθηκαν στους πρωτόγονους οικισμούς του Κατάρ, δείχνουν ότι οι κατασκευαστές και χρήστες τους πρέπει να διέθεταν αξιόλογη τεχνική επιδεξιότητα. Με αυτά τα όπλα μπορούσε ο άνθρωπος εκείνης της εποχής να αντιμετωπίσει μεγάλα αρπαχτικά ζώα. Αυτό σημαίνει ότι οι άνθρωποι μπορούσαν να επιβιώσουν στη νέα περιοχή που δημιουργούσαν οικισμούς, στην πορεία τους από την Αφρική προς την Ευρώπη και την Ασία και μέσω αυτής στην Αμερική και στην Αυστραλία. Από το είδος των εργαλείων που βρέθηκαν στο Κατάρ (και πιθανότατα θα υπάρχουν και σε πολλά άλλα σημεία της Αραβικής χερσονήσου), συνάγεται ότι η περιοχή της ερήμου της σημερινής Αραβίας πρέπει να ήταν ένας «παράδεισος» για όλα τα έμβια όντα. Οι άνθρωποι κυνηγούσαν κατά μήκος της αραβικής ακτής μεγαλόσωμους ελέφαντες, βουβάλια, αντιλόπες κ.ά. Πριν από περίπου 200.000 χρόνια παρουσιάζεται ο *άνθρωπος του Νεάντερταλ* (Neandertal: πεδιάδα κοντά στο σημερινό Düsseldorf της Γερμανίας). Ίχνη αυτού του ανθρώπινου είδους, το οποίο έχει εκλείψει πριν από περίπου 35.000 χρόνια, εντοπίστηκαν επίσης σε άλλες περιοχές της Ευρώπης, της Αφρικής και της Ασίας.

Οι νεαντερτάλιοι εισήγαγαν *πρωτοποριακές* τεχνικές, δημιουργώντας τριγωνικά αιχμηρά τεμάχια για να χρησιμοποιηθούν ως μαχαίρια και αιχμές δοράτων, άλλα με τοξοειδή κοφτερή επιφάνεια για γδάρσιμο ή κόψιμο κτλ. Έτσι η επεξεργασία της πέτρας δεν γινόταν πια τυχαία και είχε ως στόχο την παραγωγή συγκεκριμένων εργαλείων, π.χ. για την κατασκευή ξύλινων δοχείων κτλ.² Περίπου πριν από 45-35 χιλιάδες χρόνια, στο μέσον της τελευταίας περιόδου παγετώνων, έρχονται άλλοι άνθρωποι από την Ασία στην Ευρώπη, οι οποίοι ονομάζονται *Cro Magnon*, από τη θέση στη σημερινή Dordogne της Γαλλίας που εντοπίστηκαν τα πρώτα ευρήματά τους. Εγκαταστάθηκαν σταδιακά στα

² www.archimedesclock.gr,

εδάφη, από την ευρύτερη Μεσοποταμία (σημερινά Ιράκ, Ιράν και Αφγανιστάν), μέχρι τις περιοχές γύρω από τη ανατολική Μεσόγειο και τη νότια Ευρώπη.

Οι νέοι κάτοικοι, οι Κρομανιόν, χρησιμοποιούσαν εξειδικευμένα εργαλεία για το κυνήγι μεγάλων ζώων, π.χ. μαμούθ, αρκούδες κ.ά. Οι Κρομανιόν γνώριζαν τεχνικές ψήσιματος κρέατος για άμεση βρώση, αλλά και καπνισμού του για τη δημιουργία αποθεμάτων. Η φωτιά χρησιμοποιείτο, εκτός από το ψήσιμο φαγητών και για την επεξεργασία ξύλινων και μεταλλικών αντικειμένων, όπως σκλήρυνση αιχμών δόρατος, αλλά και για το ψήσιμο κεραμικών. Οι Κρομανιόν κατασκεύαζαν επίσης δίκτυα για ψάρεμα και για τη σύλληψη μικρών ζώων και πουλιών³.

1.3 Η ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ ΜΕΤΑΞΥ 5000 ΚΑΙ 1000 π.Χ.

1.3.1 ΜΕΣΟΠΟΤΑΜΙΑ



Εικ 3. Χάρτης Μεσοποταμίας (www.google.gr)

³ Bass R, (1998) “Engines of Inquire: Teaching, Technology and Learner-Centered Approaches to Culture and History, sect.II”, Tools for Authentic Inquiry: The novice in the Archive, <http://www.georgetown.edu/crossroads/guide/engines2.html>

Στη Μεσοποταμία και στην Αίγυπτο προέκυψαν σε μικρό χρονικό διάστημα, πιθανότατα χωρίς αλληλεπίδραση, συνθήκες ώστε να είναι δυνατή η δημιουργία πόλεων. Οι παραγόμενες ποσότητες αγροτικών προϊόντων ξεπέρασαν τις απαιτήσεις διατροφής των αγροτών και ήταν δυνατόν να διατεθούν για τις ανάγκες των ομάδων που δεν παρήγαγαν, όπως των μελών της εξουσίας, της διοίκησης, του ιερατείου, των σωμάτων στρατού και αστυνομίας, των δικαστών, νομομαθών, δασκάλων κλπ. Πρέπει να σημειωθεί όμως ότι αυτές οι ομάδες δεν ήταν εκείνη την εποχή ιδιαίτερα πολυπληθείς, με εξαίρεση το στρατό. Αυτό το περίσσευμα σε προϊόντα διατροφής δεν οφειλόταν σε ευνοϊκές καιρικές συνθήκες, αλλά σε δύο σημαντικές επινοήσεις: το *άροτρο* και την *άρδευση*.



Εικ 4 Άροτρο (www.google.gr)

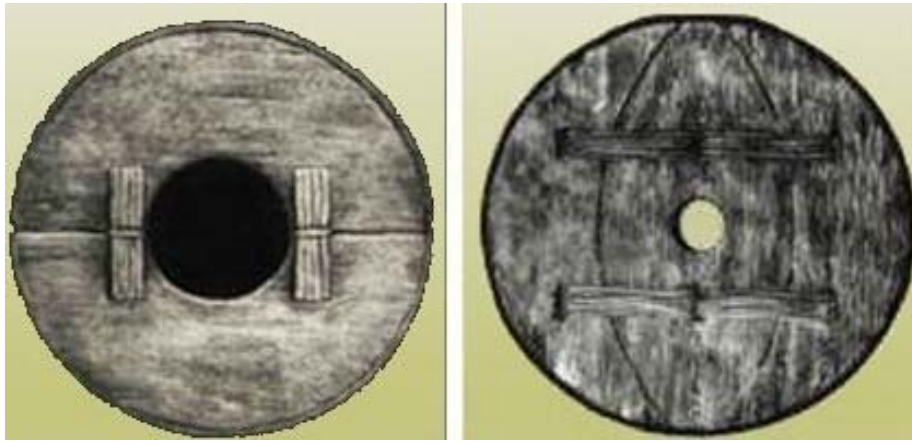
Το άροτρο σερνόταν από δυνατά ζώα και επέτρεπε ταχύτερη επεξεργασία των αγρών. Η διάδοση του αρότρου στους γεωργούς δεν ήταν ταχεία και φαίνεται ότι διήρκεσε αρκετές δεκαετίες και αιώνες, μέχρι να χρησιμοποιηθεί ευρύτερα. Οι περιοδικά επαναλαμβανόμενες υπερχειλίσεις των ποταμών αξιοποιούνταν για ελεγχόμενη διοχέτευση του νερού στους αγρούς και μ' αυτό τον τρόπο γινόταν το έδαφος καταλληλότερο για καλλιέργειες. Ήδη πριν από το 1700 π.Χ. είχαν εγκατασταθεί στη Βαβυλώνα, επί βασιλείας Χαμουραμπί, ανεμόμυλοι για την άντληση υδάτων άρδευσης.

Είναι προφανές ότι το αρδευτικό σύστημα που αποτελείτο από δεξαμενές, τάφρους, κανάλια, φράγματα , απαιτούσε σημαντικές τεχνικές δεξιότητες και χειρονακτική εργασία, τόσο για τη δημιουργία του, όσο και για τη συντήρησή του. Όλα αυτά δείχνουν ότι ήταν απαραίτητο να υπάρχουν προγραμματισμός και σωστή διαχείριση, άρα πρέπει να είχε δημιουργηθεί ήδη ένας γραφειοκρατικός μηχανισμός.

1.3.1.1 ΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ

Οι πολιτισμοί που αναπτύχθηκαν στη Μεσοποταμία και την Αίγυπτο ήταν τελείως διαφορετικοί, παρ' ότι οι δύο αυτές περιοχές είχαν όμοια χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα και οι δύο περιοχές διέθεταν από ένα ποταμό, τον Ευφράτη και το Νείλο, με πλούσια παροχή νερού και εύκολα πλοηγήσιμους. Αυτό σημαίνει ότι είναι διαθέσιμη μια καλή οδός επικοινωνίας για το εμπόριο, αλλά και μια πηγή για άντληση νερού για την άρδευση. Δεν είναι λοιπόν τυχαίο ότι η γεωργία και το εμπόριο ήταν οι κύριοι πυλώνες της οικονομίας, τόσο στη Μεσοποταμία, όσο και στην Αίγυπτο.

Οι Σουμέριοι και οι μεταγενέστεροι Ασσύριοι και Βαβυλώνιοι χρησιμοποιούσαν φουσκωμένα δέρματα ζώων στεγανοποιημένα με πίσσα ή μικρά στρογγυλά πλεύμενα στεγανοποιημένα με πισσαρισμένα δέρματα για να μετακινηθούν στην πορεία του ρεύματος του Ευφράτη. Οι Σουμέριοι και οι Αιγύπτιοι καθιέρωσαν κάποια εποχή τον τροχό. Από τα ευρήματα εκτιμάται ότι αυτό συνέβη στη Μεσοποταμία περίπου ταυτόχρονα με την Αίγυπτο μεταξύ 6000 και 5000 π.Χ. Με τη βοήθεια του τροχού σύρονται τα κάρα πιο εύκολα από ανθρώπους και ζώα. Εκτιμάται ότι το κάρο με τροχούς επινοήθηκε ως βελτίωση του έλκηθρου που έσυραν άνθρωποι ή ζώα στο χώμα.



Εικ 5. Ξύλινοι τροχοί

Οι τεχνίτες της Μεσοποταμίας κατέγραφαν σε κεραμικές πλάκες συνταγές για παραγωγή και επεξεργασία υλικών, π.χ. την παραγωγή σμάλτων με την προσθήκη χαλκού. Αυτές οι συνταγές ήταν γραμμένες σε σφηνοειδή γραφή, άλλοτε δυσνόητα και συγκεχυμένα, με λογοπαίγνια και συντμήσεις και άλλοτε σε απλή γλώσσα, χωρίς κάποια προσπάθεια να μπερδέψουν ή να φέρουν σε αμηχανία τον αναγνώστη. Εκτιμάται, σε συσχέτισμό και με την τοποθεσία που βρέθηκαν οι διάφορες πλάκες, ότι η δεύτερη κατηγορία ήταν καλά προστατευμένες και δεν υπήρχε κίνδυνος να πέσουν στα χέρια και να διαβαστούν από ανθρώπους που δεν ανήκαν στη συγκεκριμένη συντεχνία⁴.



Εικ.6,7 Κεραμική πλάκα της Μεσοποταμίας με σφηνοειδή γραφή(www.google.gr)

⁴ Περιοδικό ιστορίας και φιλοσοφίας της επιστήμης και της τεχνολογίας: ΝΕΥΣΙΣ

1.3.1.2 ΝΟΜΙΣΜΑΤΑ, ΜΕΤΡΑ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΑ

Ήδη την 3^η χιλιετία π.Χ. ήταν στην Κίνα διαθέσιμα ως μέσα πληρωμής χάλκινα χειροτεχνήματα που παρίσταναν σπαθιά, εργαλεία, αλλά και διάφορα ψάρια, οικόσιτα ζώα, δημητριακά κ.ά., είδη που διέθεταν εκείνη την εποχή σημαντική ανταλλακτική αξία. Αυτή η επινόηση διευκόλυνε και διέδωσε το εμπόριο και αποτέλεσε ουσιαστικά το πρώτο βήμα για την καθιέρωση των νομισμάτων και την κατάργηση του ανταλλακτικού εμπορίου.

Από τους πρώτους αιώνες του πολιτισμού άρχισαν να καθιερώνονται μέτρα και σταθμά, τα οποία ήταν απαραίτητα στην κατασκευή κτηρίων, δρόμων και γεφυρών, στην κοπτοραπτική ενδυμάτων, στο ανταλλακτικό εμπόριο κλπ. Είναι προφανές ότι ως πρώτες μονάδες μήκους χρησιμοποιήθηκαν μεγέθη που σχετίζονται με το ανθρώπινο σώμα και έχουν διατηρηθεί μέχρι σήμερα με ονομασίες, όπως *δάκτυλος*, *βραχίων*, *πόδι* κ.ά. Για το χρόνο αξιοποιήθηκαν τα φυσικά περιοδικά φαινόμενα, όπως ιδιοπεριστροφή της Γης (ημέρα), περιστροφή της σελήνης (μήνας), περιστροφή γύρω από τον Ήλιο (έτος) και οι υποδιαιρέσεις τους. Για τη μέτρηση υγρών (νερό, κρασί κ.ά.) ή δημητριακών υπήρχαν πρότυπα δοχεία, τα οποία βλέπουμε συχνά σε αρχαιολογικά μουσεία.

Από αναφορές σε αρχαία κείμενα για διαστάσεις κτηρίων και με τη βοήθεια σύγχρονων μετρήσεων σε όσα από αυτά δεν έχουν εξαφανιστεί, έγινε δυνατή η ερμηνεία των μονάδων που χρησιμοποιούνταν διάφοροι λαοί της Μεσοποταμίας, οι Αιγύπτιοι και οι Έλληνες. Για παράδειγμα, από τις ακριβείς περιγραφές του Πλούταρχου για τον Παρθενώνα και βάσει μετρήσεων που είμαστε σε θέση να εκτελέσουμε σήμερα, γνωρίζουμε με ακρίβεια τη μονάδα μήκους «αττικό πόδι» που χρησιμοποιούσαν οι Αθηναίοι.

Η πρώτη μονάδα που φαίνεται να κυριάρχησε στη Μεσοποταμία ήταν ο *βραχίων*, μόνο που κατά καιρούς είχαν καθιερωθεί βραχίονες με διαφορετικά μήκη. Ο *βασιλικός* ή *ιερός βραχίων* οριζόταν από τον αγκώνα μέχρι την κορυφή του μεσαίου δακτύλου κάποιου βασιλικού προσώπου. Υποδιαίρεσεις αυτής της μονάδας ήταν η *παλάμη*, η *μισή παλάμη*, ο *δάκτυλος* κ.ά. Σε κείμενα της εποχής αναφέρεται ότι ο συγκεκριμένος βραχίων που ήταν επίσημη μονάδα μήκους για την κατασκευή κτηρίων και την αγοραπωλησία αγροκτημάτων, αντιστοιχούσε σε 7 παλάμες ή σε 28 δακτύλους και αντιστοιχεί σε 70 cm. Οι μονάδες της *ίντσας* (inch), της *γυάρδας* (yard) και του ποδιού (foot) που χρησιμοποιούνται ακόμα σε αγγλοσαξονικές χώρες, προέρχονται από τις παλιές μεσοποτάμιες μονάδες, με διάφορες περιπετειώδεις μεταβολές στην πορεία των αιώνων.

Η υποδιαίρεση του κύκλου σε 360 μοίρες και η υποδιαίρεση της ημέρας σε ώρες, λεπτά και δευτερόλεπτα προέρχεται από τους Βαβυλώνιους, οι οποίοι είχαν ένα *εξηκονταδικό αριθμητικό σύστημα*, δηλαδή ένα σύστημα με βάση τον αριθμό 60. Πλεονέκτημα αυτής της επιλογής των Βαβυλωνίων είναι ότι ο αριθμός 60 διαιρείται με πολλούς αριθμούς και έτσι αποφεύγονται υπολογισμοί με υποδιαστολές.

1.3.2 Η ΑΙΓΥΠΤΟΣ

Στην Αίγυπτο υπήρχαν ήδη στους αιώνες του Παλαιού Βασιλείου (τρίτη χιλιετία π.Χ.), εκτός από τα μικρά σκάφη από πάπυρο και μεγαλύτερα ξύλινα, τα οποία διέθεταν ιστίο και πανί. Έτσι ήταν δυνατόν να αξιοποιηθεί ο άνεμος για πλεύσεις ενάντια στο ρεύμα. Οι Φαραώ και οι ανώτεροι υπάλληλοι του κράτους χρησιμοποιούσαν αργότερα στο κυνήγι και στον πόλεμο δίτροχες άμαξες με δύο άλογα, όπως προκύπτει από ταφικά και άλλα ανάγλυφα έργα. Η προέλευση της άμαξας και του

αλόγου στην Αίγυπτο δεν είναι γνωστή, εκτιμάται όμως ότι τα έφεραν κατά τη δεύτερη χιλιετία π.Χ. επιδρομείς από την Ανατολή. Από αυτή την εποχή κατάγεται και μια άμαξα που βρέθηκε σε θηβαϊκό τάφο, η οποία έχει δύο ακτινωτούς τροχούς. Οι τροχοί αυτοί ήταν πολύ ελαφρύτεροι και κατασκευάζονταν με διάμετρο μέχρι 2 μέτρα. Έτσι, ένα άμαξι μπορούσε να τρέχει με τέτοιους τροχούς ταχύτερα σε ανώμαλα εδάφη.

Οι Αιγύπτιοι εισήγαγαν τεχνικές επινοήσεις από τη Μεσοποταμία, ιδιαίτερα στη μεταλλουργία, η οποία καθυστέρησε να αναπτυχθεί στην Αίγυπτο, επειδή τα μεταλλεύματα έπρεπε να εξορυχτούν με επίπονες διαδικασίες σε τοποθεσίες της ερήμου και να μεταφερθούν στις κατοικημένες περιοχές. Ο χρυσός αξιοποιείτο κυρίως για κοσμήματα και πολυτελή χρηστικά αντικείμενα, προβληματικό ήταν όμως για τους χρυσοχόους το φαινόμενο ότι μερικές φορές εμφανιζόταν, αντί χρυσού, ένα «διαφορετικό μέταλλο» που ονομάστηκε *asem*, το οποίο στον ελληνόφωνο χώρο ονομαζόταν *ήλεκτρο*. Σήμερα γνωρίζουμε ότι αυτό το υλικό ήταν χρυσός με μεγάλη περιεκτικότητα σε άργυρο και γι' αυτό ήταν ανοικτόχρωμο. Αν και αργότερα κατάφεραν οι αργυρο-χρυσοχόοι της Αιγύπτου να δημιουργήσουν τεχνητά *asem*, κράμα χρυσού και αργύρου, δεν εγκαταλείφθηκε η ιδέα περί διαφορετικού μετάλλου.

Η εξόρυξη του χαλκού γινόταν στη χερσόνησο του Σινά ήδη κατά την 3η χιλιετία π.Χ. και μαζί με τον ορείχαλκο (μπρούντζο, κράμα χαλκού και κασσιτέρου) που εισαγόταν από την Ασία, χρησιμοποιείτο για την κατασκευή διαφόρων εργαλείων. Στις Θήβες της Αιγύπτου βρέθηκαν Ασσυριακά εργαλεία, όπως σιδερένια ράσπα (ξύλολιμα) και τρυπάνια. Από το 1500 π.Χ. προέρχονται κατασκευές που έχουν ολοκληρωθεί σε τόρνο. Από το 900 π.Χ. είναι πλέον συνηθισμένη η χρήση του τόρνου στην ανατολική Μεσόγειο. Σε ένα είδος τόρνου της εποχής που ήταν γνωστός και στις Ινδίες, το λεγόμενο *στυλωτό*, είχε

στερεωθεί ένα νεαρό φυτό, στερεωμένο στις ρίζες του, το οποίο λειτουργούσε σαν ελατήριο. Στα χυτήρια χρησιμοποιούσαν οι Αιγύπτιοι φυσερά, όπως παριστάνεται σε διάφορες απεικονίσεις, για να ανεβάζουν τη θερμοκρασία σε επιθυμητά επίπεδα (1200°C). Με τις τεχνικές χυτεύσεως που κατείχαν οι Αιγύπτιοι, είχαν κατασκευάσει ακόμα και ογκώδη πορτόφυλλα από ορείχαλκο.

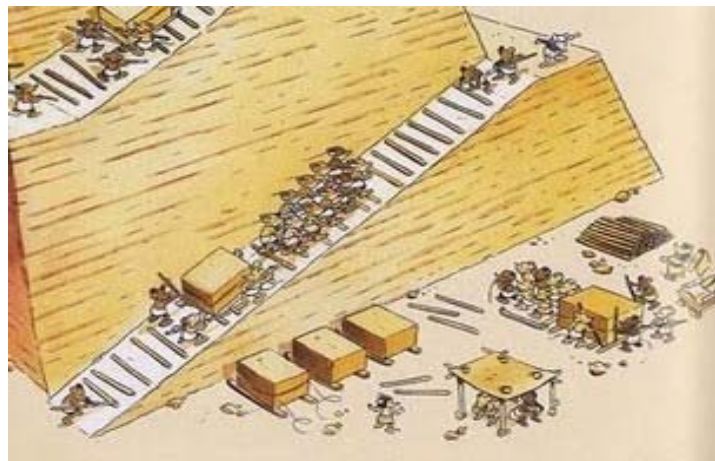
Σημαντικές ήταν και οι βελτιώσεις στην κεραμική τέχνη με την εισαγωγή του περιστρεφόμενου τροχού στα χρόνια του νέου βασιλείου (δεύτερο μισό της 2ης χιλιετίας). Ένα προϊόν με ευρεία διάδοση των Αιγύπτων τεχνητών ήταν τα φαγιάνς (fayence), αγαλματίδια και κοσμήματα από πυριτική άμμο με λεπτή επικάλυψη γυαλιού. Με το ψήσιμο αποκτούσε αυτό το υλικό ανθεκτικότητα με ένα γαλιανοπράσινο χρωματισμό, ο οποίος μπορούσε να προσαρμοστεί κατ' επιθυμία, ανάλογα με τις μεταλλικές προσμίξεις. Οι Αιγύπτιοι τεχνικοί κατείχαν επίσης σε σημαντικό βαθμό την υαλουργία και κατασκεύαζαν μικρά δοχεία από θαμπό γυαλί, στα οποία αποθηκεύονταν αλοιφές.

Μία επίσης «επαναστατική» επινόηση των Αιγυπτίων, εκτός από την ιερογλυφική γραφή, ήταν το *ημερολόγιο*. Με την υποδιαίρεση του έτους σε εποχές και σε μήνες έγινε ευκολότερος ο προγραμματισμός των αγροτικών και κτηνοτροφικών εργασιών.



Εικ 8. Η πυραμίδα του Χέοπα(www.google.gr)

Κατά τα χρόνια του παλαιού βασιλείου των Φαραώ (τρίτη χιλιετία π.Χ.) άρχισε στην Αίγυπτο η συστηματική χρήση γρανιτικών λίθων για την κατασκευή ναών και τάφων για υψηλούς νεκρούς. Για τις συνήθεις κατοικίες συνεχιζόταν η χρήση πλίθρων από λάσπη του Νείλου που είχαν στεγνώσει (ψηθεί) στον ήλιο. Περί το έτος 2600 π.Χ. χρησιμοποιήθηκε ασβεστολιθικό πέτρωμα για την ευρεία περιτείχιση του τάφου ενός Φαραώ, το οποίο πέτρωμα είχε διαμορφωθεί προηγουμένως με επιμέλεια σε συμπαγή δομικά στοιχεία (κυβόλιθοι). Για την κλιμακωτή πυραμίδα στο μέσο του ταφικού κέντρου χρησιμοποιήθηκαν περίπου 850.000 τόνοι από αυτά τα δομικά στοιχεία. Στην κατασκευή μια από τις μεγαλύτερες πυραμίδες όπως είναι της Γκίζα (περί το 2500 π.Χ.) χρησιμοποιήθηκαν κυβόλιθοι βάρους 2,5 τόνων καθένας. Για τη μετακίνηση αυτών των τεράστιων όγκων δομικού υλικού δεν υπήρχαν προφανώς βαρούλκα και γερανοί. Χρησιμοποιήθηκαν γι' αυτό εκτεταμένες ράμπες, γλίστρες, βάρκες, μοχλοί, σκοινιά και τεράστιος αριθμός εργατών (σκλάβων).



Εικ 9. Κατασκευή πυραμίδας.(www.google.gr)

Πέρα από τη χρήση των νέων υλικών και την κατασκευή ογκωδών κτηρίων, αυτό που αποτελεί πρωτοτυπία στα αιγυπτιακά δημόσια κτήρια είναι οι κίονες (στύλοι, κολώνες). Ήδη αυτή την εποχή αποτελούν μια ενιαία ενότητα ο στύλος, το κιονόκρανο και το πέδιλο, τα οποία θα

αποτελέσουν αργότερα σημαντικά αρχιτεκτονικά στοιχεία στην ελληνική οικοδομική τέχνη⁵

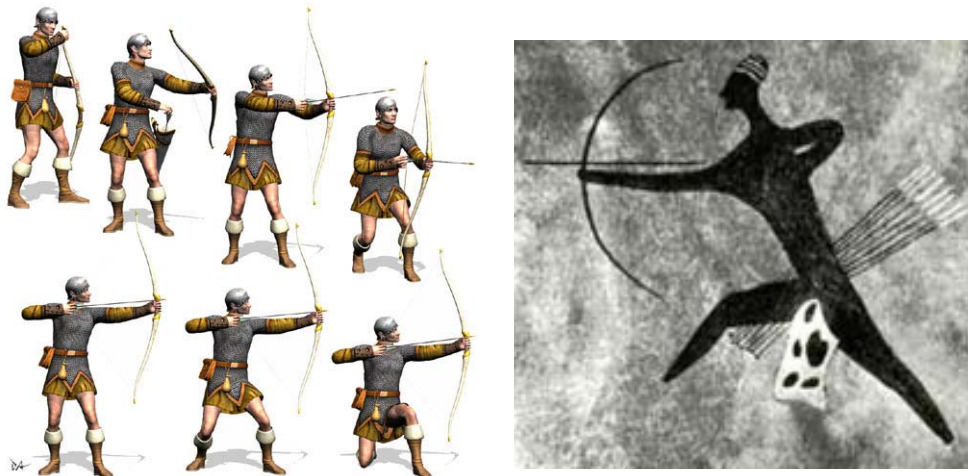
1.3.2.1 ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΣΤΕΙΕΣ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΙΓΥΠΤΟΥ

Περίπου 3 χιλιετίες π.Χ. καταγράφεται η πρώτη ιστορική χρήση του τόξου ως πολεμικού εργαλείου από τους αρχαίους Αιγυπτίους και συγκεκριμένα σε πόλεμο εναντίον των Περσών, οι οποίοι πολεμούσαν ακόμα με ακόντια και σφεντόνες. Το πρώτο τόξο ήταν ένα μακρύ κομμάτι ελαστικού ξύλου, το οποίο με την τοποθέτηση ενός τένοντα (χορδής) έπαιρνε καμπύλο σχήμα, περίπου όπως φτιάχνεται σήμερα ένα τόξο από καλάμι για παιχνίδι. Πιθανολογείται ότι οι Ασσύριοι γύρω στο 1.200 π.Χ. προσέθεσαν στο απλό καμπύλο σχήμα του τόξου δύο προεκτάσεις στα άκρα σε σχήμα κύρτωσης αντίθετης προς την καμπύλη του τόξου, δημιουργώντας έτσι ένα νέο τύπο τόξου, το «αντίκυρτο τόξο» γνωστό. Το αντίκυρτο τόξο αποτελεί μια σημαντική εξέλιξη στην πολεμική τεχνολογία, γιατί ήταν δυνατότερο και πολύ κοντύτερο, πράγμα που το έκανε πιο ευέλικτο και βολικό για τους έφιππους πολεμιστές. Σε σπουδαίους τοξότες, έφιππους και πεζούς, εξελίχθηκαν οι Σκύθες, οι οποίοι χρησιμοποιούσαν ένα αντίκυρτο τόξο φτιαγμένο από ξύλο, τένοντα και κέρατο ζώου. Αυτό το τόξο διαδόθηκε ευρέως και έγινε γνωστό ως ασιατικό σύνθετο.

Σημαντική επιρροή των πολιτισμών της Μεσοποταμίας και της Αιγύπτου υπήρξε και στο χώρο του Αιγαίου, κυρίως στα νησιά των

⁵ Livio C. Stecchini: A History of Measures , <http://www.metrum.org/measures/index.htm>

Κυκλάδων. Περί το 2500 π.Χ. φαίνεται να υπάρχει στο Αιγαίο σημαντική ευμάρεια, λόγω και των μεταλλευμάτων χρυσού, άργυρου, χαλκού, μόλυβδου και σιδήρου που ανακαλύφθηκαν στο υπέδαφος μερικών νησιών. Η Δήλος ήταν αυτή την εποχή κέντρο τεχνιτών και εμπόρων. Μετά το 2500 π.Χ. μετατίθεται όμως το επίκεντρο στην Κρήτη.



Εικ 10,11 Το πρώτο τόξο και το αντίκυρτο τόξο.(www.google.gr)

1.3.3 Ο ΕΛΛΑΔΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ (ΚΝΩΣΟΣ, ΑΚΡΩΤΗΡΙ, ΜΥΚΗΝΕΣ, Ο ΣΙΔΗΡΟΣ, ΟΙ ΣΚΟΤΕΙΝΟΙ ΑΙΩΝΕΣ) (ΕΠΟΧΗ ΤΟΥ ΧΑΛΚΟΥ)

Οι πρώτοι πολιτισμοί που αναπτύσσονται στο σημερινό ελλαδικό χώρο είναι αυτοί της Κρήτης και των Μυκηνών. Και οι δύο έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό: δεν σχετίζονται με κάποιο μεγάλο ποτάμι, όπως στις προηγούμενες περιπτώσεις, αλλά έχουν τη βάση τους σε εδάφη που σήμερα θα ονομάζαμε ξερικά. Αιτία αυτής της διαφοροποίησης είναι ότι ο ποταμός ως μέσο κυκλοφορίας και επικοινωνίας έχει αντικατασταθεί από τη θάλασσα του Αιγαίου.



Εικ 12. Εποχή του χαλκού στην Ελλάδα(www.google.gr)

Τόσο στα ομηρικά έπη, όσο και στους Ηρόδοτο και Θουκυδίδη αναφέρεται ότι διάφορες φυλές (πιθανόν Κάρες και Λέλεγες) είχαν αναπτύξει στην ανατολική Μεσόγειο ισχυρό πειρατικό στόλο, με αποτέλεσμα να έχει εξαπλωθεί η εξουσία τους στα νησιά του Αιγαίου και στην Κρήτη. Η δραστηριότητα αυτών των «κακούργων» (Θουκυδίδης) ανεστάλη με την ανάπτυξη της μινωικής ναυτικής δύναμης. Αυτές οι πληροφορίες μαρτυρούν ότι πρέπει να είχαν αναπτυχθεί εκείνους τους αιώνες ευέλικτα πλοία, με τα οποία οι πειρατές εκτελούσαν τις καταδρομικές αποστολές τους.

Στην Κρήτη και στις Μυκήνες, αλλά και στην Αίγυπτο χρησιμοποιούνταν τα χάλκινα ή ορειχάλκινα *τάλαντα* ως μονάδα βάρους και πληρωμής. Πρόκειται για ένα κομμάτι μετάλλου με βάρος περί τα 25 κιλά που έχει το σχήμα προβιάς βοδιού, από την οποία έχουν αποκοπεί το κεφάλι και η ουρά. Είναι προφανές ότι οι προβιές ζώων αποτελούσαν προγενέστερες μονάδες πληρωμής και διατηρήθηκε αυτή η μορφή για να παραμένει ο συνειρμός με το μέσο πληρωμής.⁶

⁶ Θ. Μανιάς, Τα Άγνωστα Μεγαλουργήματα των Αρχαίων Ελλήνων, Εκδόσεις ΠΥΡΙΝΟΣ ΚΟΣΜΟΣ, Αθήνα 2007



Εικ 13. Χάλκινα και ορειχάλκινα τάλαντα (www.google.gr)

1.3.4 ΚΝΩΣΟΣ

Περί το 2600 π.Χ. στην Κρήτη αναπτύχθηκε ο πρώτος υψηλός πολιτισμός στον ελλαδικό χώρο, ο οποίος πολιτισμός ονομάζεται σήμερα *Μινωικός*. Αυτός ο πολιτισμός ανέπτυξε αυτοτελή συστήματα γραφής, αρχικά και από περίπου το 2000 ως το 17^ο αιώνα π.Χ., τη λεγόμενη *ιερογλυφική* ή *εικονογραφική γραφή* (διαφορετική από εκείνη της Αιγύπτου) και στη συνέχεια τη *γραμμική Α*, τη *γραμμική Β* και την *κυπρομινωική*.

Η Μινωική εποχή χωρίζεται σε τρεις περιόδους, την *Πρωτομινωική*, τη *Μεσομινωική* και την *Υστερομινωική*. Λίγο μετά το 2000 π.Χ. κατασκευάστηκαν τα μεγάλα ανάκτορα στην Κνωσό και στη Φαιστό, οι οποίες σταδιακά ανέλαβαν τον έλεγχο μεγάλων περιοχών της Κρήτης. Βρισκόμαστε ήδη στη μεσομινωική περίοδο, της οποίας η *χρυσή εποχή* τοποθετείται περίπου σε 2 αιώνες, 1700-1500 π.Χ.

ΓΑ	ΓΒ	ΓΑ	ΓΒ
01	*56	61	ne
02	pa	62	qa
06	tu	64	pu
21	po	69	*34
22	ro	72	ri
23	za	74	ta
24	ke	75a	wa
25	nu	76	mi
26	na	77	se
27	mu	78	ii
28	wi	80	o
29	ka	81a	je
30	da	84a	me
31	sa	84b	mu
32	ja	85	*118
34	pu ₂	86	ta ₂
35	*86	91	qe
39	to	92	te
44	e	93	du
45	ko	95	ma
48b	qi	96	*65
51	di	97	u
52	a	98	ku
53	ra	100a	i
54	re	101	*79
55	ru	102a	de
56a	pi	102b	*47
57	si	103	ki
58	ra ₂	113	au
59	su	120	*49
60	ni	208	*82

1	tu	16	pa	31	ya	46	ye	61	σ	76	ra ₂
2	ro	17	za	32	go	47	?	62	pte	77	ka
3	pa	18	?	33	ra ₂ (wa)	48	nwa	63	?	78	qe
4	te	19	?	34	ai?	49	?	64	ra ₂ ?	79	?
5	to	20	go	35	ai?	50	pu	65	?	80	ma
6	na	21	qi	36	yo	51	du	66	ta ₂	81	ku
7	di	22	?	37	li	52	no	67	ki	82	ta?
8	a	23	mu	38	e	53	ri	68	ra ₂	83	?
9	se	24	ne	39	pi	54	wa	69	tu	84	?
10	u	25	a ₂ (wa)	40	wi	55	nu	70	ko	85	au
11	po	26	ru	41	di	56	ra ₂ (wa)	71	du	86	?
12	so	27	xe	42	wo	57	ya	72	pe	87	tiw
13	me	28	i	43	a ₂ (ai)	58	su	73	mi	88	?
14	do	29	ru ₂	44	ke	59	ta	74	ze	89	du
15	no	30	ni	45	de	60	ra	75	we	90	tu

Συλλαβητάριο σε γραμμική γραφή Β της Κνωσού (1300 π.Χ.).

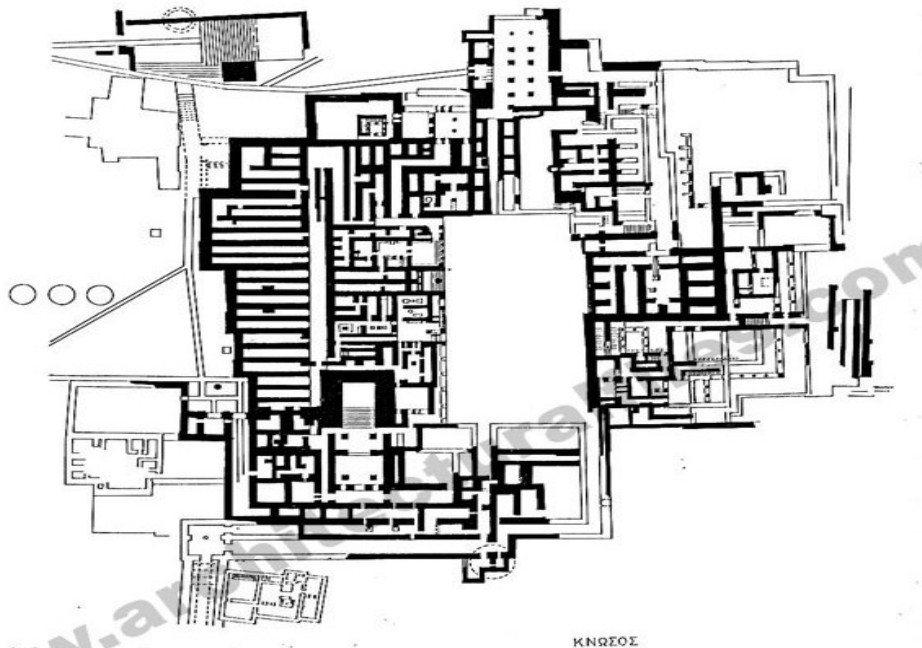
Εικ 14,15 γραμμική γραφή Α και Β (www.google.gr)

Πολύ σημαντικά είναι επίσης τα επιτεύγματα του μινωικού πολιτισμού στα δομικά έργα. Κατά μήκος του νησιού κατασκευάστηκε δρόμος με σταθερό υπόστρωμα, κάτι που επιβεβαιώνει την αυξημένη εσωτερική επικοινωνία. Τα ανάκτορα που κτίζονται σε διάφορα αστικά κέντρα του νησιού, είναι πολώροφα, καλλιτεχνικά διακοσμημένα και δαιδαλώδη. Μεγαλύτερο και σημαντικότερο από αυτά είναι το ανάκτορο της Κνωσού, με τέσσερις ορόφους σε έκταση περί τα 22.000 τετραγωνικά μέτρα. Η δαιδαλώδης κατασκευή του είναι πιθανόν να δημιούργησε στους μεταγενέστερους Έλληνες το μύθο του λαβύρινθου. Στα ανάκτορα της Κνωσού υπάρχει σύστημα παροχής νερού και αποχέτευσης και μεγάλος αριθμός πιθαριών για αποθήκευση τροφών κ.ά.



Εικ 16. Το ανάκτορο της Κνωσού(<http://architecturalfiles.com>)

Συμπερασματικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι ο μινωικός πολιτισμός δεν παρουσίασε αξιοσημείωτες τεχνικές καινοτομίες, αλλά κινήθηκε στα ίχνη των «μεγάλων δυνάμεων», Μεσοποταμίας και Αιγύπτου, με τις οποίες βρισκόταν διαρκώς σε επαφή, εισάγοντας παράλληλα αξιόλογες βελτιώσεις στον οικοδομικό τομέα.



Εικ 17. Κάτοψη από το ανάκτορο στην Κνωσό
(<http://architecturalfiles.com>)

1.3.5 ΑΚΡΩΤΗΡΙ

Τα νησιά του Αιγαίου επηρεάστηκαν σε μεγάλο βαθμό από το μινωικό πολιτισμό, πράγμα που διαπιστώνεται ιδιαίτερα στη Θήρα. Η μεγάλη έκταση του οικισμού (περίπου 200 στρέμματα), η άριστη πολεοδομική του οργάνωση, το αποχετευτικό δίκτυο, τα περίτεχνα πολυώροφα κτήρια του με τον έξοχο τοιχογραφικό διάκοσμο, τα διακοσμημένα με γεωμετρικά σχήματα δοχεία και πιθάρια, την πλούσια επίπλωση και οικοσκευή μαρτυρούν για τη μεγάλη του ανάπτυξη. Τα ποικίλα εισηγμένα προϊόντα που βρέθηκαν μέσα στα κτήρια, δείχνουν πόσο ευρύ ήταν το πλέγμα των εξωτερικών σχέσεων του Ακρωτηρίου. Φαίνεται να διατηρούνταν στενές σχέσεις με τη μινωική Κρήτη, αλλά υπήρχε επικοινωνία και με την Ηπειρωτική Ελλάδα, τη Δωδεκάνησο, την Κύπρο, τη Συρία και την Αίγυπτο.



Εικ 18. Ο χώρος ανασκαφών στο Ακρωτήρι(el.wikipedia.org/)

Στα ευρήματα που έχουν εντοπισθεί μέχρι τώρα στον οικισμό του Ακρωτηρίου, περιλαμβάνονται μεγάλα πέτρινα σφυριά βάρους μέχρι 15 κιλά, βαριά αμόνια, σκουριές και άλλα κατάλοιπα από την τήξη μετάλλων, μια τσιμπίδα μεγάλων διαστάσεων, ένα φουσερό για την ενίσχυση της φωτιάς, μήτρες για την κατασκευή βαριδιών για τα δίχτυα και ένα πρωτότυπο καμινέτο, μάλλον για την επεξεργασία λεπτών μεταλλικών αντικειμένων.

1.3.6 ΜΥΚΗΝΕΣ

Περίπου από το 1500 π.Χ. αναλαμβάνει η πόλη των Μυκηνών ηγεμονικό ρόλο στις εξελίξεις. Ήταν περισσότερο οχυρό παρά πόλη, τοποθετημένη στο βορειοανατολικό τμήμα του Αργολικού κάμπου όπου έλεγχε το δρόμο από την υπόλοιπη Πελοπόννησο προς την Κόρινθο.

Γύρω από την πόλη κτίστηκε ογκώδες τείχος με σήραγγα και χώρους αποθεμάτων. Οι Μυκηναίοι κατασκεύασαν επίσης δρόμους και γέφυρες, μερικές από τις οποίες διατηρούνται μέχρι σήμερα. Χαρακτηριστικό δομικό στοιχείο των Μυκηνών ήταν το τριγωνικό τόξο, όπως έχει διασωθεί στην Πύλη των Λεόντων, το οποίο όμως ήταν σε χρήση και στη Μεσοποταμία. Κατά τη μυκηναϊκή εποχή οι τροχοί των αρμάτων έχουν ήδη ακτίνες.



Εικ 19,20 Μυκήνες και η Πύλη των Λεόντων(<http://sfrang.com>)

Άλλες τεχνικές δραστηριότητες στα χρόνια κυριαρχίας των Μυκηνών αφορούν τον αγροτικό τομέα και σχετίζονται με κατασκευές για διευκόλυνση της άρδευσης αγρών και περιορισμό απωλειών του νερού. Επίσης έγιναν διευθετήσεις της ροής ποταμών και κατασκευάστηκαν φράγματα

Πέρα από τα συστήματα εκμετάλλευσης των υδάτων και τα έργα άρδευσης και ύδρευσης από τους Μυκηναίους στην Πελοπόννησο, υπάρχουν και τα πολύ σημαντικά αποστραγγιστικά έργα των Μινύων του 14^{ου} και 13^{ου} αιώνα π.Χ. στη Βοιωτία και τη Θεσσαλία. Οι Μινύες, δημιούργησαν και εκμεταλλεύτηκαν ένα κολοσσιαίο για την εποχή σύστημα έργων ύδρευσης και αποστράγγισης για να ελέγχουν τη δημιουργία λιμνών στη Βοιωτία.

Τα έργα αυτά στην περιοχή της Κωπαΐδας περιελάμβαναν:

- την εκτροπή υπερχειλίσεων υδάτων του Βοιωτικού Κηφισού με διώρυγες πλάτους 40-60 μέτρων προς το ανατολικό μυχό της λίμνης, όπου μια συγκεντρωτική τάφρος τα διοχέτευε στις καταβόθρες,
- την τροφοδοσία οικισμών και αγροτικών γαιών κατά τους θερινούς μήνες με ωφέλιμο νερό και
- τη δημιουργία εσωτερικής ναυσιπλοΐας και μεταφορικής οδού από τον Ορχομενό στο λιμάνι της σημερινής Λάρυμνας.

Ένα εξαιρετο δείγμα μυκηναϊκής μεταλλοτεχνίας αποτελεί η χάλκινη πανοπλία που βρέθηκε το έτος 1960 στα Δενδρά της Μιδέας. Πρόκειται για τη μοναδική ακέραιη πανοπλία από εκείνη την εποχή που χρονολογείται από το 15^ο αιώνα π.Χ. και η οποία εκτίθεται τώρα στο αρχαιολογικό μουσείο του Ναυπλίου. Αποτελείται από έξι τμήματα (περιλαΐμιο, επώμια, θώρακα και αρθρωτό τμήμα από τρεις ζωστήρες)

και έχει συνολικό βάρος 15 κιλών. Εικάζεται ότι αυτό το βάρος πρέπει να έκανε τη συγκεκριμένη πανοπλία δύσχρηστη στο πεδίο της μάχης και μάλλον τη χρησιμοποιούσαν για περιπτώσεις που απαιτείτο «επίδειξη κύρους», δηλαδή για εκφοβισμό των αντιπάλων.



Εικ 21,22,23 χάλκινη πανοπλία του 1960(<http://users.sch.gr>)

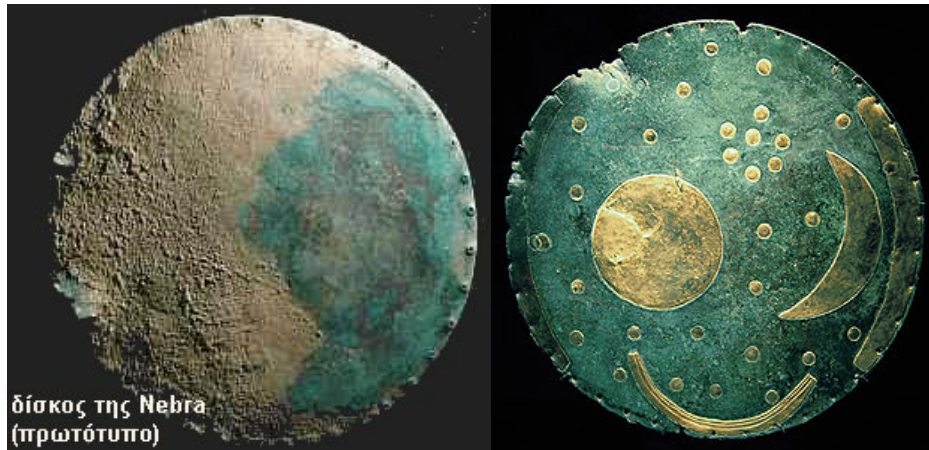
Ο Μυκηναϊκός πολιτισμός καταστράφηκε αιφνίδια περί το 1200 π.Χ. από αίτιο που επηρέασε σχεδόν όλο τον ανατολικό Μεσογειακό χώρο⁷.

1.3.7 Ο ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΧΩΡΟΣ

Από το χώρο της κεντρικής Ευρώπης υπάρχουν ευρήματα, από τα οποία προκύπτει ότι ήδη πριν από 30.000 χρόνια υπήρχαν μόνιμοι οικισμοί στις περιοχές γύρω από τον ποταμό Ρήνο. Για την κατασκευή ορειχάλκινων εργαλείων, όπλων και κοσμημάτων γινόταν περί το 2000 π.Χ. εισαγωγή πρώτων υλών από άλλες περιοχές της Ευρώπης. Από το 1900 π.Χ. και μετά φαίνεται να ελέγχουν οι τεχνίτες της κεντρικής Ευρώπης τη χύτευση και τη μηχανική επεξεργασία του χαλκού.

⁷ Θ. Μανιάς, Τα Άγνωστα Μεγαλουργήματα των Αρχαίων Ελλήνων, Εκδόσεις ΠΥΡΙΝΟΣ ΚΟΣΜΟΣ, Αθήνα 2007

Από την εποχή περί το 17^ο αιώνα π.Χ. προέρχεται ο λεγόμενος «ουράνιος δίσκος» της Nebra (Σαξονία), ένας χάλκινος δίσκος με διάμετρο 32 cm, πάχος 4,5 mm και βάρος περίπου 2 κιλά. Επάνω στο χάλκινο υλικό έχουν συγκολληθεί χρυσές ταινίες που παριστάνουν τον Ήλιο, τη Σελήνη και κάποιους αστερισμούς και χρησιμοποιείτο για την αξιολόγηση αστρονομικών φαινομένων και για θρησκευτικές τελετές.



Εικ 24. Ο δίσκος της Nebra(<http://sfrang.blogspot.com/>)

Στους επόμενους αιώνες, 1200-750 π.Χ., παρατηρούνται εκ παραλλήλου κοινωνικές διαφοροποιήσεις. Οι βελτιωμένες δεξιότητες για εξόρυξη σιδηρομεταλλεύματος και η χύτευσή του οδηγούν σε εργαλεία και όπλα βελτιωμένης ποιότητας

1.4 Η ΕΛΛΗΝΟΡΩΜΑΙΚΗ ΕΠΟΧΗ, 750 π.Χ.-476 μ.Χ.

Η αθηναϊκή κοινωνία αυτής της εποχής αποτελείτο από λίγες, σαφώς διαχωρισμένες τάξεις: Τους πολίτες, με εσωτερικές ταξικές και επαγγελματικές υποδιαιρέσεις, τους μέτοικους και τους δούλους. Αν και η αθηναϊκή κοινωνία είχε καθιερώσει την «Εργάνη Αθηνά» ως προστάτιδα των τεχνιτών και της χειροτεχνίας, οι εύποροι πολίτες της

Αθήνας θεωρούσαν υποτιμητικό να ασχολούνται οι ίδιοι με χειρωνακτική εργασία, αφού γι' αυτό το σκοπό υπήρχαν οι μέτοικοι και οι δούλοι!

Οι μέτοικοι αποτελούσαν το τεχνικό προσωπικό και ήταν οι φορείς της τεχνικής γνώσης και των τεχνικών δεξιοτήτων. Μονοπωλούσαν τα επαγγέλματα του ξυλουργού, του ξυλογλύπτη, του μεταλλουργού, του χρωματιστή, του κοπτοράπη ενδυμάτων, του παρασκευαστή χρωμάτων και βερνικιών κ.ά. Δεν ήταν δε μόνο χειρώνακτες εργάτες, αλλά επίσης επιστάτες, εγδοηγοί, εργολάβοι και επιχειρηματίες.

1.4.1 ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Η οικονομία του ελληνικού χώρου αυτής της εποχής στηριζόταν στη γεωργία και στο εμπόριο, κυρίως το υπερπόντιο. Ειδικότερα η Αθήνα διέθετε και ορυχεία αργύρου. Για τη διεκπεραίωση του υπερπόντιου εμπορίου ήταν απαραίτητα σκάφη, γι' αυτό και ακμάζει η ναυπηγική.



Εικ 25. Ευπαλίνειο Υδραγωγείο(<http://ribfans.com>)

Μια κατηγορία αξιοσημείωτων έργων υποδομής της Αρχαιότητας είναι οι κάθε είδους υπόγειες στοές, με ίσως σημαντικότερη από αρχαιολογικής πλευράς, το Ευπαλίνειο Υδραγωγείο του 550 π.Χ. επί τυράννου Πολυκράτη, στο σημερινό Πυθαγόρειο της Σάμου, το οποίο ο Ηρόδοτος ονομάζει «αμφίστομον όρυγμα». Πρόκειται για μία σήραγγα μήκους 1.036 μ. που ξεκινάει από τη βόρεια πλαγιά του όρους Κάστρο και καταλήγει στη νότια. Βρίσκεται 55 μ. επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και 180 μ. κάτω από την κορυφή του βουνού. Το πραγματικό όρυγμα έχει διαστάσεις 1,80 x 1,80 μ. και μέσα σ' αυτό και σε βάθος 2-9 μ. υπάρχει το κανάλι με τον αγωγό που μετέφερε το νερό στην πόλη.

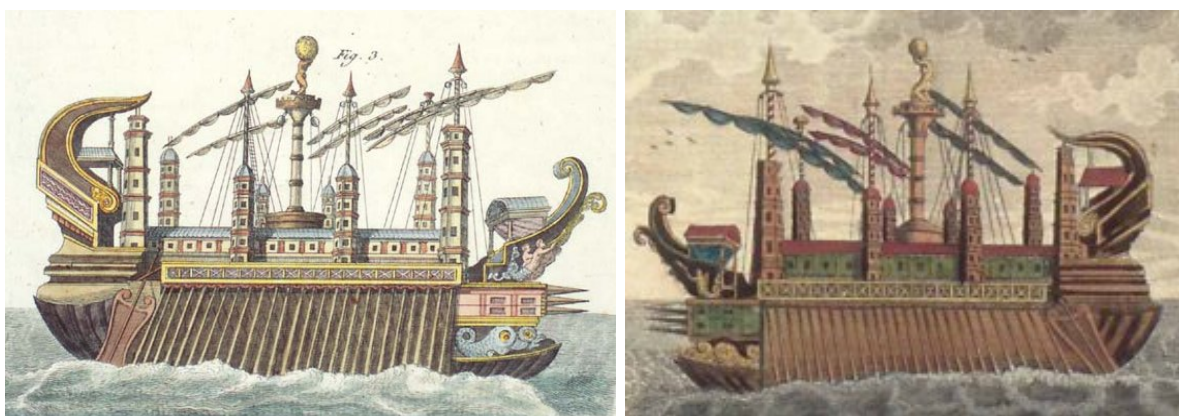
Η κατασκευή του υδραγωγείου έγινε σε δύο φάσεις: την αρχαϊκή, με πολυγωνικό σύστημα και οξυκόρυφη απόληξη και τη μεταγενέστερη ρωμαϊκή, στεγασμένη με καμάρα. Δημιουργός του ορύγματος ήταν ο αρχιτέκτονας *Ευπαλίνος του Ναυστρόφου* από τα Μέγαρα. Οι εκσκαφές άρχισαν με την εγκατάσταση δύο συνεργείων που ξεκίνησαν από τα δύο άκρα και τα οποία συναντήθηκαν περίπου στο μέσο της διαδρομής με σχετικά μικρή απόκλιση. Άλλες τέτοιες υπόγειες στοές κατασκευάστηκαν σε όλο τον ελληνικό χώρο για αμμοληψίες και λατόμευση (Λαύριο, Θάσος, Σίφνος, Συρακούσες), για ύδρευση ή αποστράγγιση (Αθήνα, Κόρινθος, Ακράγας), αλλά και για ταφή νεκρών («κατακόμβες» στις Συρακούσες, στη Μήλο και αλλού).

Αν και, όπως αναφέρθηκε, οι δραστηριότητες των Ελλήνων της κλασικής εποχής εστιάζονταν στη γεωργία και τη ναυσιπλοΐα, στον αγροτικό τομέα δεν προέκυψαν αξιόλογοι νεωτερισμοί. Κυρίως αφομοιώθηκαν οι κεκτημένες γνώσεις και προσαρμόστηκαν στις τρέχουσες απαιτήσεις. Στη ναυπηγική, η οποία στήριζε, τόσο το εμπόριο και την επέκταση στις αποικίες, όσο και την πολεμική ισχύ, υπήρξαν

όμως σημαντικοί νεωτερισμοί. Πρώτος εξ αυτών ήταν η διαφοροποίηση των εμπορικών από τα πολεμικά πλοία.

- Τα εμπορικά πλοία ήταν βαριά, με μεγάλο βάθος και πλάτος και διαφοροποιημένα στο μήκος τους. Συνήθως δεν υπερέβαιναν τα 15 μέτρα και το περιεχόμενό τους ήταν κάτω των 100 τόνων. Είχαν ένα ορθογώνιο πανί, με το οποίο το πλοίο ακολουθούσε τις κατευθύνσεις του ανέμου. Έτσι δεν χρειάζονταν κωπηλάτες, οι οποίοι αύξαναν το βάρος και αφαιρούσαν πολύτιμο χώρο για φορτία.

- Τα πολεμικά σκάφη ήταν ελαφριά, στενά και με μεγάλο μήκος, συχνά από 30 μέχρι 40 μέτρα. Ήταν εξοπλισμένα με βαρύ, κατά κανόνα ορειχάλκινο ακρόπρωρο, το οποίο έπρεπε να αντέχει σε βίαιες προσκρούσεις. Τα πλοία αυτά διέθεταν κωπηλάτες σε διάφορα επίπεδα. Οι τριήρεις, που διέθεταν 170 κωπηλάτες, διαταγμένους σε τρεις σειρές (επίπεδα) σε κάθε πλευρά, είχαν μέση ταχύτητα περί τα 14 km/h. Μεταξύ του 480 και του 400 π.Χ. (χρυσούς αιών) είχε η Αθήνα στη διάθεσή της περίπου 200 τριήρεις, δηλαδή οι κωπηλάτες ήταν περίπου 34.000 πολίτες.



Εικ 26,27 αναπαραστάσεις του πλοίου «Συρακουσία» (<http://sfrang.com>)

Η σημασία της ναυσιπλοΐας για την οικονομία και την ασφάλεια των πόλεων της εποχής φαίνεται και από τη διαμόρφωση του λιμανιού του Πειραιά, το οποίο κάλυπτε όλες τις ανάγκες. Μια άλλη κατασκευή που

δείχνει τη σημασία της ναυσιπλοΐας είναι ο φάρος της Αλεξάνδρειας ο οποίος, εκτός του ότι αποτελούσε ένα από τα 7 «θαύματα» της Αρχαιότητας, ήταν για περίπου 1500 χρόνια σημείο αναφοράς στην ανατολική Μεσόγειο. Είχε ύψος περί τα 100 μέτρα και κτίστηκε το 380 π.Χ. στη νήσο Φάρος, από την οποία πήρε αυτό το είδος σηματοδότησης και το όνομά του.

Η εντατική ενασχόληση με τη ναυπηγική πρέπει να αποτέλεσε την αφορμή για την εκμάθηση της επεξεργασίας του ξύλου. Οι Έλληνες εισήγαγαν την τόννευση στην κατεργασία του ξύλου, ιδιαίτερα στην κατασκευή επίπλων. Ήταν επίσης σε θέση να κάμπτουν το ξύλο με ύγραση και θέρμανση και να φτιάχνουν καθίσματα με εντυπωσιακές καλλιτεχνικές μορφές. Οι κατασκευαστές επίπλων χρησιμοποιούσαν επίσης μεταλλικά εξαρτήματα για να ενισχύουν τους συνδέσμους και τις γωνίες ξύλινων κατασκευών⁸.

⁸ Ν.Β. Λίτσας, “ Η Ιερή Γεωγραφία της Ελλάδος” , Εκδόσεις ΕΣΟΠΤΡΟΝ, Αθήνα 2000

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΕΦΕΥΡΕΣΕΙΣ ΑΝΑ ΕΠΟΧΗ

2.1 Η ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ ΕΠΟΧΗ

Σημαντικότερος ερευνητής της ελληνιστικής εποχής είναι αναμφίβολα ο Αρχιμήδης (~285-212 π.Χ.) από τις Συρακούσες, ο οποίος είχε επισκεφτεί για κάποιο χρονικό διάστημα την Αλεξάνδρεια κατασκεύασε αντλίες νερού (κοχλίες), πολύσπαστα, έλικες, γερανούς και καταπέλτες, τους τελευταίους για την υπεράσπιση της ιδιαίτερης πατρίδας του. Άλλος σημαντικός ερευνητής της εποχής ήταν ο Κτησίβιος, ο εφευρέτης της αντλίας νερού, την οποία περιέγραψε αργότερα ο έτερος μεγάλος ερευνητής της εποχής, ο Ήρων ο Αλεξανδρινός (έζησε περί το 150 π.Χ., κατ' άλλους όμως περί το 250 μ.Χ.)

Τον 3^ο αιώνα π.Χ. είχε αναπτυχθεί μεταξύ των Ελληνιστικών κρατών και πόλεων ένας ανταγωνισμός σε διάφορους τεχνολογικούς τομείς, με σημαντικότερο αυτόν που αφορούσε τη ναυπήγηση όλο και μεγαλύτερων πλοίων. Το εντυπωσιακότερο από αυτά τα πλοία φαίνεται να ήταν η «Συρακουσία», δηλ. η *κυρία των Συρακουσών*, το οποίο ήταν ταυτόχρονα επιβατικό, εμπορικό και πολεμικό! Το μήκος του πλοίου ήταν μεγαλύτερο από 80m και το πλάτος του περί τα 35m. Με σημερινά δεδομένα, το πλοίο αυτό είχε ένα εκτόπισμα μεγαλύτερο από 4.500 τόνους και για την κατασκευή του που κράτησε 1 έτος, χρειάστηκε ξυλεία όση για την κατασκευή 60 τριηρών! Η Συρακουσία κατελκύστηκε ημιτελής, με τη βοήθεια του κοχλία που είχε επινοήσει ο Αρχιμήδης. Πρόκειται για την πρώτη γραπτή αναφορά στον *Αρχιμήδειο κοχλία*, τον οποίο περιγράφει ο Μοσχίων.

2.1.1 ΟΙ ΕΦΕΥΡΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΑΡΧΙΜΗΔΗ (287 ~ 212 Π.Χ.)



Εικ 28.Ο Αρχιμήδης και ο κοχλίας του σε ιταλικό γραμματόσημο.
(<http://sfrang.com>)

Ο Αρχιμήδης, ο μεγαλύτερος μαθηματικός του αρχαίου Ελληνικού χώρου και μία από τις μεγαλύτερη μαθηματικές ευφυΐες της Ευρώπης. Το έργο του υπήρξε τεράστιο, τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά και η ερευνητική ματιά του κάλυψε πολλούς τομείς: γεωμετρία, κατοπτρική, υδραυλική, μηχανική, αρχιτεκτονική. Συνέδεσε το όνομά του με την γένεση της μηχανικής στην αρχαία Ελλάδα και με την λύση περίφημων μαθηματικών προβλημάτων, καθώς και με τις αμυντικές εφευρέσεις του που χρησιμοποιήθηκαν όταν οι Ρωμαίοι πολιορκούσαν την πατρίδα του, τις Συρακούσες. Το έργο του μεγάλου μαθηματικού , μηχανικού και εφευρέτη Αρχιμήδη του Συρακούσιου (287-212 π.Χ.), είναι τεράστιο : εργασίες πάνω στα Μαθηματικά και τη Γεωμετρία, εφαρμογή των Μαθηματικών στη Μηχανική και την Αστρονομία, καθορισμός του κέντρου βάρους και πλήθος εφευρέσεων.

Στο χώρο της εφαρμοσμένης μηχανικής, ο Αρχιμήδης επινόησε ιδιοφυείς μηχανές κάθε είδους. Εφηύρε το Ρωμαϊκό ζυγό (καντάρι), το τρίσπαστο (ανυψωτική τριπλή τροχαλία) και τον ατέρμονα κοχλία "έλιξ

του Αρχιμήδους", μηχανή άντλησης νερού από ποταμούς και φρέατα. Ο ατέρμων κοχλίας χρησιμοποιείται αυτούσιος ακόμη και σήμερα σε άλλες υπανάπτυκτες ή αναπτυσσόμενες χώρες (κυρίως της βόρειας Αφρικής), ενώ η αρχή λειτουργίας του εφαρμόζεται και σε σύγχρονες εγκαταστάσεις διαχείρισης υδάτινων πόρων ή υγρών λυμάτων. Για τη μέτρηση του χρόνου κατασκεύασε ένα υδραυλικό ρολόι, το οποίο υπολόγιζε με μεγάλη ακρίβεια τις ώρες (και ειδοποιούσε για την αλλαγή της ώρας). Μεγάλη φήμη απέκτησαν και οι πολεμικές μηχανές του Αρχιμήδη: "αρχιτρόνιτο" (πυροβόλο ατμού - το οποίο πολλούς αιώνες αργότερα "επανα- ανακάλυψε" και ο Λεονάρντο Ντα Βίντσι), "καταπέλτες", "αρπάγες" (ένας μηχανισμός ο οποίος ανύψωνε και αναποδογύριζε τα εχθρικά πλοία) και "κάτοπτρα" για την καύση των Ρωμαϊκών εχθρικών πλοίων (με παραβολικά κάτοπτρα όπως αποδείχτηκε από τα πειράματα του μηχανικού Ι. Σακκά, ο οποίος το 1973 απόδειξε τον τρόπο με τον οποίο ο Αρχιμήδης έκαψε τον Ρωμαϊκό στόλο)⁹.

2.1.2 Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΩΝ

Ένα από τα σημαντικότερα τεχνικά κατασκευάσματα της Αρχαιότητας είναι ο μηχανισμός των Αντικυθήρων, ~80 π.Χ., ένας μηχανικός υπολογιστής με 30-32 μεταλλικά γρανάζια, προοριζόμενος πιθανόν για αστρονομικές μελέτες. Εκτιμάται ότι με αυτό το μηχανισμό υπολογίζονταν οι θέσεις του ήλιου, της σελήνης και των πέντε ορατών με γυμνό μάτι πλανητών, οι φάσεις της σελήνης, η παρέλευση των μηνών και των ετών και προβλεπόταν η πιθανότητα να συμβεί μια έκλειψη. Ο μηχανισμός των Αντικυθήρων αποτελεί υλική μαρτυρία μιας πολύπλοκης λεπτοκατασκευής από την ελληνιστική περίοδο.

⁹ Χ./ Λάζος, "Αρχιμήδης ο Ευφυής Μηχανικός", Εκδόσεις ΑΙΟΛΟΣ, Αθήνα 1995



Εικ 29,30 Ο «Μηχανισμός των Αντικυθήρων» και ομοίωμα του (<http://aristodimos.pblogs.gr/>)

Ο αριθμός και η ποικιλία των γραναζιών του, μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνεται κι ένα *διαφορικό*, η ακρίβεια της κατασκευής σε συνδυασμό με την απουσία παρόμοιων ευρημάτων της ίδιας εποχής καθιστούν αυτό το μηχανισμό μοναδικό. Βρέθηκε το έτος 1901 κοντά στα Αντικύθηρα (αρχαία ονομασία: *Αιγιλία*), σε ναυάγιο πλοίου προερχόμενου πιθανόν από τη Ρόδο ή από τα παράλια της Μικράς Ασίας, και θεωρήθηκε αρχικά ότι ήταν αστρολάβος. Μία παρόμοια συσκευή είχε περιγράψει ο Ρωμαίος φιλόσοφος και πολιτικός *Cicero Marcus Tullius* (Κικέρων, 106-43 π.Χ.), ο οποίος είχε επισκεφτεί τη Ρόδο στα έτη 79-78 π.Χ. Το σχέδιο κατασκευής φαίνεται να ακολουθεί την παράδοση των πλανηταρίων του Αρχιμήδη και να σχετίζεται με τα ηλιακά ρολόγια.

Ο προορισμός του μηχανισμού παρέμεινε άγνωστος για χρόνια, όταν όμως εξετάστηκε το εύρημα στο ελληνικό ερευνητικό κέντρο «Δημόκριτος» (Χ. Καρακάλος) με ακτίνες X και γ, διαπιστώθηκε ότι διαθέτει έναν εντυπωσιακά περίπλοκο μηχανισμό, απροσδόκητο για την Αρχαιότητα, σύμφωνα με τις σημερινές γνώσεις μας. Παρόμοιος

μηχανισμός εκείνης της εποχής, σαν αυτόν των Αντικυθήρων, δεν έχει βρεθεί οπουδήποτε αλλού μέχρι σήμερα. Αργότερα, κατά τον 5^ο ή 6^ο αιώνα, φαίνεται να κατασκευάστηκε στο Βυζάντιο ένας μηχανισμός, αρκετά απλούστερος αλλά με όμοιο προορισμό, άγνωστο από ποιον τεχνικό. Μερικούς αιώνες μετά κατασκευάστηκε επίσης ένας απλός μηχανισμός από τον Πέρση φιλόσοφο, μαθηματικό και αστρονόμο *Αλ Μπιρουνί* (Abu-Reyhan Birouni, 973-1048), μεταφραστή των έργων του Ευκλείδη στη σανσκριτική γλώσσα.

Σήμερα θεωρείται ο μηχανισμός των Αντικυθήρων ως η πιο περίπλοκη μηχανική δημιουργία μέχρι το 14^ο αιώνα, οπότε κατασκευάστηκαν τα πρώτα μηχανικά ρολόγια. Εκτιμάται ότι, αν είχε αξιοποιηθεί ήδη τον 1^ο αιώνα π.Χ. αυτή η τεχνογνωσία, σε ένα φιλομαθές και προοδευτικό κοινωνικό περιβάλλον, πιθανότατα να είχε κατασκευαστεί ήδη τότε το πρώτο μηχανικό ρολόι και να είχε αρχίσει, έστω με διαφορετικές συνθήκες κοινωνικο-οικονομικών δομών και γεωγραφικού χώρου, η εξέλιξη της λεπτομηχανικής και γενικότερα της τεχνολογίας, όπως αυτό συνέβη περίπου 1.400 χρόνια μετά. Σ' αυτή την περίπτωση πιθανόν να είχε αποφευχθεί η οπισθοδρόμηση και παρακμή της μεσαιωνικής εποχής¹⁰.

2.1.3 ΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΗΡΩΝ (ΠΕΡ. 100 Μ.Χ.)



Εικ 31. **Ήρων** ο Αλεξανδρεύς

(10 μ.Χ. – 70 μ.Χ.), (www.google.gr)

¹⁰ Χ./ Λάζος, “Ο Υπολογιστής των Αντικυθήρων”, Εκδόσεις ΑΙΟΛΟΣ Αθήνα 1994

Από τους πιο γνωστούς μηχανικούς και μαθηματικούς της Ελληνιστικής περιόδου ο Ήρων ο Αλεξανδρεύς. Υπήρξε η τρίτη μεγάλη φυσιογνωμία της μηχανικής μετά τους Κτησίβιο και Φίλωνα. Το σύνολο του έργου του το ΗΡΩΝΕΙΟ είναι πραγματικά τεράστιο: 16 πραγματείες που από αυτές οι 10 έχουν διασωθεί ολόκληρες, 3 υπάρχουν σε αποσπάσματα ενώ 3 δεν διασώθηκαν. Συνδυάζοντας άριστα τη θεωρία με την πράξη κατασκεύασε ένα πλήθος μηχανισμών φυσικής, αυτοματισμούς, αυτόματα μηχανήματα για θέατρα και ναούς (π.χ. την περίφημη ΚΡΗΝΗ ΤΟΥ ΗΡΩΝΟΣ), υδραυλικά ρολόγια και μεταξύ άλλων εφεύρε την "ΑΙΟΛΟΥ ΠΥΛΗ", την πρώτη μηχανή που κινούταν με ατμό (ατμομηχανή). Αν και υπάρχουν ενδείξεις για απλή χρήση του ατμού από τους Αρχιμήδη και Φίλωνα, η ανακάλυψη της ατμομηχανής ανήκει αποκλειστικά στον Ήωνα, ο οποίος προέβη σε αυτή την επινόηση έχοντας μελετήσει σε βάθος τη θεωρία "περί της υλικής υποστάσεως του αέρα". Στην ιστορία της μηχανικής, η περιστροφική ατμομηχανή που εφεύρε ο Ήρων αναφέρεται σαν Αιολόσφαιρα ή Αιόλου πύλη ή ατμοστήλη. Το έργο του "Διόπτρα" αναφέρεται στην γεωδαισία και θεωρείται από τα τελειότερα στο είδος του. Εκεί αναφέρεται και η κατασκευή του ομωνύμου οργάνου, του οποίου εξέλιξη είναι και ο σημερινός θεοδόλιχος ένα από τα βασικότερα όργανα των τοπογράφων. Για όλα τα σύγχρονα γωνιομετρικά όργανα, η αρχή λειτουργίας παραμένει η ίδια, όπως της διόπτρας του Ήωνος και των θεοδολίχων του 16ου αιώνα με τους βαθμονομημένους οριζόντιους και κατακόρυφους κύκλους ή τα ημικύκλια. Ωστόσο, είναι γεγονός ότι χρειάστηκε περίπου ένας αιώνας, από τότε που ο Digges περιέγραψε τον θεοδόλιχό του, για να πεισθούν οι τεχνικοί της εποχής ότι το όργανο αυτό υπερτερούσε των απλούστερων μαθηματικών οργάνων μετρήσεων στο πεδίο.

2.1.3.1 ΚΑΤΑΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΕΡΑΝΤΛΙΑ

Ο Ήρων στο έργο του "Πνευματικά" (Α, Β) περιγράφει πολλούς μηχανισμούς που λειτουργούσαν με αεροσυμπίεση, δηλαδή με την αεροδυναμική που ο ίδιος ονομάζει "Πνευματική". Η καταθλιπτική αντλία, στηριζόμενη στις ίδιες αρχές, είναι υδραυλικό όργανο που λειτουργεί με αεροσυμπίεση μέσα σε στεγανό αγγείο. Η κατασκευή συμπεριλαμβάνει σύστημα επαγωγών σωλήνων με ελεγχόμενη ροή. Πρόκειται για την αρχική μορφή του οργάνου που σήμερα γνωρίζουμε ως καταιωνιστήρα (ή ψεκαστήρα). Αν γεμίσει με ξίδι, χρησιμοποιείται και ως κατασβεστικό μηχάνημα.



Εικ 32,33. ΑΙΟΛΟΣΦΑΙΡΑ του ΗΡΩΝΑ (<http://www.google.gr>)

2.1.3.2 ΑΣΣΑΡΙΩΝ

Μορφή βαλβίδας που ο Ήρων περιγράφει στο έργο του "Πνευματικά" (Α, 11), τμήμα της καταθλιπτικής αντλίας. Σκοπός της βαλβίδας αυτής ήταν να ρυθμίζει τη διέλευση του αέρα.

2.1.3.3 ΑΓΝΙΣΤΗΡΙΟΝ

Όργανο που ο Ήρων περιγράφει στο έργο του "Πνευματικά" (Α, 32) και θεωρείται ο πρόγονος της σημερινής βρύσης. Αποτελείται από τρεις ομοαξονικούς κυλίνδρους, εφραπτόμενους στεγανά, που φέρουν οπή. Στόχος είναι, μετακινώντας τους κυλίνδρους, να συμπέσουν και οι τρεις οπές, οπότεν παρέχεται ποσότητα ύδατος. Η συσκευή χρησίμευε στο να προμηθεύει με ποσότητα αγιασμένου ύδατος τους πιστούς που προσέρχονταν στο ναό, ώστε να ραντίζουν τον εαυτό τους και να εξαγνίζονται, εξ ου και η ονομασία "αγνιστήριον".

2.1.3.4 ΠΥΟΥΛΚΟΣ

Όργανο που ο Ήρων περιγράφει στο έργο του "Πνευματικά" (Β,18). Χρησίμευε στην απομάκρυνση του πύου, για υποκλυσμούς και ενέσεις και υπήρξε πρόγονος της σημερινής σύριγγας. Παρά τη μεγάλη ανάπτυξη της ιατρικής επιστήμης, κυρίως της παθολογίας και της ανατομίας, κατά τους ελληνιστικούς χρόνους, δεν υπάρχει αναφορά για κάποιο παρεμφερές όργανο. Ο πυουλκός θεωρείται επινόηση του Ήρωνα, και χρονολογείται στον 1ο μ.Χ. αιώνα

2.1.3.5 ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ

Αξιόλογο αρχιτεκτονικό και τοπογραφικό όργανο, πρόγονος του σημερινού αλφαδιού, χρησιμοποιούμενο στη μέτρηση των κλίσεων διαφόρων επιφανειών, σε τοπογραφικές σκοπεύσεις κ.α. Το όργανο περιγράφει ο Ήρων ο Αλεξανδρεύς στο έργο του "Περί Διόπτρας", εξηγώντας με ποιο τρόπο ο μηχανικός Ευπαλίνος από τα Μέγαρα χάραξε το γνωστό Ευπαλίνειο όρυγμα στο σημερινό Πυθαγόρειο της Σάμου, το

520 π.Χ. Ο χωροβάτης θεωρείται απαραίτητο συμπλήρωμα του άλλου αξιόλογου οργάνου του Ήρωνα, της δίοπτρας. Η συμβολή του Ήρωνα υπήρξε σημαντικότερη, τόσο στην διάσωση του έργου άλλων Ελλήνων μηχανικών, όσο και στη βελτίωση υπαρχόντων και στην ανακάλυψη νέων μηχανισμών. Το έργο του αποτέλεσε σημείο αναφοράς και έδωσε ερεθίσματα σε πολλούς. Παράδειγμα αποτελεί η αιολόσφαιρα στην οποία βασίστηκε η χύτρα ή ατμοαντλία του Παπίνου στα 1861, η ανάπτυξη της οποίας κατά τον 19ο αιώνα έφερε τη βιομηχανική επανάσταση¹¹.



Εικ 34,35 Η γεωδαιτική δίοπτρα του Ήρωνα,(<http://ellinon-pnevma.blogspot.com>)

2.1.4 Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΤΟΥ ΕΥΠΑΛΙΝΟΥ ΣΤΗ ΣΑΜΟ

Η σημερινή τεχνολογία έχει να δείξει μεγάλα τεχνικά έργα . Αν , για παράδειγμα έχετε περάσει από το δρόμο Λεμεσού Πάφου , θα έχετε δει

¹¹ Χ./ Λάζος, Μηχανική και Τεχνολογία στην Αρχαία Ελλάδα , Εκδόσεις ΑΙΟΛΟΣ, Αθήνα 1993

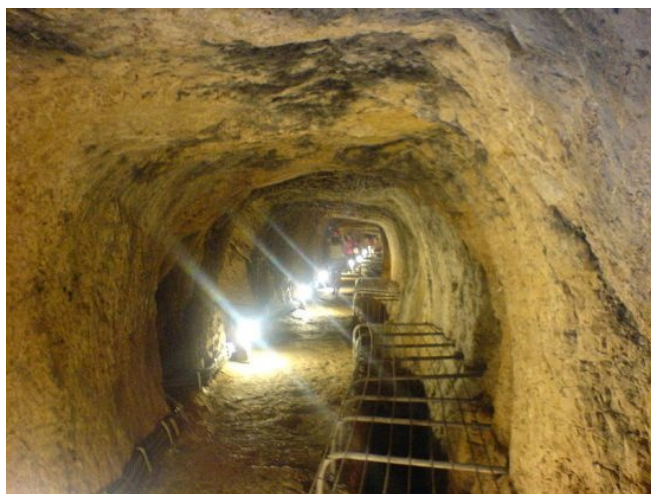
ότι ο δρόμος σχηματίζει μεγάλη σήραγγα που περνά μέσα από το βουνό. Στο εξωτερικό , υπάρχουν ακόμα μεγαλύτερα τεχνικά έργα. Μεγάλοι δρόμοι περνούν κάτω από τις Άλπεις και συνδέουν το βόρειο με το νότιο τμήμα της Ελβετίας. Η Αγγλία και η Γαλλία συνδέονται με υπόγειο αυτοκινητόδρομο παρ' όλο που η πρώτη είναι νησί ! Η σήραγγα που ενώνει την γαλλική με την αγγλική ακτή περνά κάτω από το βυθό της θάλασσας.

Θα μπορούσαν όμως να γίνουν όλα αυτά τα έργα χωρίς την δύναμη των σύγχρονων μηχανημάτων; Χωρίς την ύπαρξη εκσκαφών, γιγαντιαίων τρυπανιών και δυναμίτη που αποτελούν τα πανίσχυρα όπλα των συγχρόνων μηχανικών; Ακόμα η διάνοιξη μιας μεγάλης σήραγγας, όπως και οποιουδήποτε άλλου μεγάλου μηχανικού έργου, απαιτεί την διεκπεραίωση δύσκολων μαθηματικών υπολογισμών , που γίνονται με την βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστών. Η κατασκευή της μεγάλης σήραγγας του Ευπαλίνου στην Σάμο, χωρίς τεχνολογική υποστήριξη, είναι ένα έργο που προκαλεί το θαυμασμό ακόμα και σήμερα. Ας πάρουμε όμως τα πράγματα με τη σειρά:

Το 520 π.Χ. ο τύρρανος της Σάμου Πολυκράτης ,έφερε στο νησί το Μεγαρέα μηχανικό Ευπαλίνο , με σκοπό να σχεδιάσει και επιβλέψει την κατασκευή υδραυλικών έργων με σκοπό την υδροδότηση της πρωτεύουσας του νησιού. Ο Ευπαλίνος είχε να αντιμετωπίσει το πρόβλημα της παρεμβολής του βουνού Άμπελος μεταξύ της πηγής και της πόλης Σάμου (σημερινό Πυθαγόρειο). Πως θα μπορούσε να εξασφαλίσει την ροή του νερού προς την πόλη; Η πηγή βρισκόταν πολύ πιο χαμηλά από το βουνό, και έτσι η ροή του προς τη πόλη ήταν αδύνατη.

Το σχέδιο του Ευπαλίνου χώριζε το αρδευτικό έργο σε 2 μέρη. Το εξωτερικό μέρος ξεκινούσε από την πηγή, στην σημερινή τοποθεσία Αγιάδες, και έφτανε μέχρι τις πρόποδες του βουνού Άμπελος. Αποτελείτο

από ένα σύστημα αγωγών και ορυγμάτων μήκους 1800 μέτρων και αυτό ήταν το εύκολο μέρος.....



Εικ 36. ΤΟ ΕΥΠΑΛΙΝΕΙΟ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ ΤΗΣ ΣΑΜΟΥ(www.google.gr)

Το δεύτερο και δυσκολότερο μέρος ήταν η διάνοιξη της σήραγγας μήκους μεγαλύτερου του ενός χιλιομέτρου μέσα από τα έγκατα του βουνού. Δύο ομάδες εργατών έσκαβαν από τις 2 πλευρές του βουνού με σκοπό να συναντηθούν στην μέση. Τα 2 συνεργεία έπρεπε να προχωρούν σε ευθεία γραμμή χωρίς να παρεκκλίνουν . Ένα λάθος μερικών μέτρων θα σήμαινε ότι οι 2 ομάδες δεν θα συναντιούνταν ποτέ και το έργο θα ναυαγούσε. Το λάθος όμως δεν έγινε και μετά από δέκα χρόνια επίπονων εργασιών η σήραγγα επιτέλους ανοίχθηκε και το φως από την μια πλευρά, πέρασε στην άλλη μεριά του βουνού. Η εικόνα δείχνει την τέλεια , σχεδόν χωρίς αποκλίσεις ευθύγραμμη πορεία της σήραγγας. Μια μικρή καμπύλωση της πορείας του αγωγού , υπάρχει μόνο σε σημεία που έπρεπε να παρακαμφθεί συμπαγής σκληρός βράχος. Όταν τα 2 συνεργεία συναντήθηκαν στην μέση του βουνού, ο Ευπαλίνος πήγε να τρελαθεί από τη χαρά του. Αυτό που είχε πετύχει ήταν σχεδόν ακατόρθωτο.

Η σήραγγα είχε συνολικό μήκος 1040 μέτρα , το δε ύψος και το πλάτος της ήταν περίπου 2 μέτρα. Στο δάπεδο της ανοίχτηκε τεράστιος

αγωγός, ο οποίος με κατεύθυνση από βορρά προς νότο διέσχισε τα έγκατα του βουνού και μετέφερε νερό στην πόλη μέσα σε κεραμικούς σωλήνες. Ο αγωγός ήταν κατωφερής, είχε δηλαδή μικρή κλίση με το νότιο μέρος να βρίσκεται πιο χαμηλά για να υπάρχει ροή του νερού προς την πόλη. Το νερό που έβγαινε από τη σήραγγα συγκεντρωνόταν σε υπέργειες (ανυψωμένες) δεξαμενές , και μετά διοχετευόταν στα σπίτια.

Αποτελεί πραγματικό αίνιγμα για τους σύγχρονους μηχανικούς , με ποιο τρόπο ο Ευπαλίνος κατάφερε να οδηγεί τα συνεργεία επί 10 χρόνια χωρίς να λανθάνουν της ευθείας πορείας τους. Ας μην ξεχνούμε ότι τότε δεν υπήρχαν ούτε πυξίδες , ούτε ραντάρ για να βοηθήσουν στον εντοπισμό της θέσης του άλλου συνεργείου. Ο Μηχανικός από τα Μέγαρα πρέπει να βοηθήθηκε από οπτικές μεθόδους και από την καλή γνώση της γεωμετρίας. Το έργο του υδροδότησε τη Σάμο για πάνω από 1000 χρόνια και ακόμα και σήμερα σώζεται σε άριστη κατάσταση, θυμίζοντας μας τον πολιτισμό που πριν 25 αιώνες έκανε πράξη την τελειότητα.

2.2 Η ΥΣΤΕΡΗ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ

Με τον όρο «ύστερη Αρχαιότητα» χαρακτηρίζεται συνήθως η εποχή από το δεύτερο μ.Χ. αιώνα μέχρι το έτος 476 μ.Χ.

Σημαντικά δομικά έργα των Ρωμαίων αυτής της εποχής είναι ναοί για θεούς και ήρωες, κέντρα πολιτισμού και αμφιθέατρα για τους αγώνες κ.ά., μερικά από τα οποία σώζονται μέχρι σήμερα. Για τις κατασκευές αυτές οι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν τα γνωστά από την Ελληνιστική εποχή εργαλεία και μηχανές για μετακίνηση ή ανύψωση βαρών. Έτσι, με την «αρχιμήδειο έλικα» (κοχλίας) γινόταν άντληση νερού από πηγάδια, λίμνες και ποταμούς, η αντλία του Κτησίβιου χρησίμευε στις κατασκευές γεφυρών, στις αρδεύσεις κτλ.

Με εξαίρεση τα εμπορικά πλοία, για των οποίων την κίνηση αξιοποιείτο η δύναμη του ανέμου, στον αρχαίο κόσμο χρησιμοποιείτο μόνο η δύναμη ζώων και ανθρώπων για τη μετακίνηση φορτίων. Π.χ. η έλικα του Αρχιμήδη έπρεπε να περιστραφεί με ανθρώπινη δύναμη. Ο ιστορικός-αρχιτέκτων Βιτρούβιος αναφέρει όμως ότι η Ρωμαίοι άρχισαν να αξιοποιούν και τη δύναμη του νερού περιγράφοντας την περιστροφική κίνηση του μύλου από το νερό ενός ποταμού. Οι πρώτοι υδρόμυλοι, οι οποίοι αποτελούσαν κινητήρια μηχανή για άλεση δημητριακών και αργότερα για την κοπή μαρμάρων, περιελάμβαναν στη μεταφορά της περιστροφικής κίνησης και οδοντωτούς τροχούς (γρανάζια), πρέπει δε να λειτούργησαν στη Ρώμη ήδη τον 1^ο αιώνα μ.Χ., χωρίς να είναι γνωστή η ακριβής προέλευσή τους. Ο Στράβων αναφέρει ότι την εποχή του Μιθριδάτη ΣΤ' (120-63 π.Χ.) υπήρχε μια τέτοια μηχανή στο βασίλειο του Πόντου και ότι την εποχή του Οκταβιανού Αύγουστου (κυβ. 31-14 π.Χ.) λειτούργούσαν αρκετοί υδρόμυλοι στον ελληνόφωνο χώρο.

2.3 ΜΕΣΑΙΩΝΑΣ

“Μεσαίωνας” ονομάζεται μια χρονική περίοδος στην ευρωπαϊκή ιστορία που διήρκεσε περί τα χίλια έτη και βρίσκεται μεταξύ του αρχαίου και του σύγχρονου κόσμου, μεταξύ του Ελληνορωμαϊκού και του σύγχρονου *Ευρωπαϊκού* πολιτισμού.

Ο Μεσαίωνας είναι στον καθημερινό λόγο συνώνυμο του καθυστερημένου, σκοτεινού και βάρβαρου παρελθόντος (μεσαιωνικές αντιλήψεις, μεσαιωνικά βασανιστήρια!) Οι μελετητές του 16^{ου} και 17^{ου} αιώνα φιλοδοξούσαν αρχικά να αναδημιουργήσουν το ένδοξο ελληνορωμαϊκό παρελθόν και έβλεπαν, ενιαία, τη χιλιετία που είχε περάσει από την Αρχαιότητα μέχρι των ημερών τους ως μία χρονική

παρεμβολή με οπισθοδρόμηση, χωρίς δημιουργία και στόχους. Οι γνώμες των μεταγενέστερων μελετητών διαφοροποιήθηκαν ως προς το συμπέρασμα, αν η παρεμβολή του Μεσαίωνα αποτέλεσε εμπόδιο ή γέφυρα από το παλιό στο νέο.

Όσον αφορά την Επιστήμη και την Τεχνική, δεν έμειναν εντελώς στάσιμες, ιδίως κατά τον ύστερο Μεσαίωνα, αφού στη συγκεκριμένη περίοδο υλοποιήθηκαν μερικές θεμελιώδεις κατασκευές και προέκυψαν λίγες, αλλά καίριες εφευρέσεις. Συγκρίνοντας το εύρος και το μέγεθος των εξελίξεων πριν και μετά από αυτά τα χίλια χρόνια, μπορεί οι βελτιώσεις και οι νεωτερισμοί της εποχής του ύστερου Μεσαίωνα να μη θεωρηθούν τόσο σημαντικά έργα, είναι όμως ακριβώς αυτά, στα οποία στηρίχτηκαν οι μεταγενέστεροι ερευνητές και τεχνικοί για να θεμελιώσουν τη ραγδαία εξέλιξη της επιστήμης και των εφαρμογών της που ακολούθησε

2.3.1 BYZANTINOI ΚΑΙ ΑΡΑΒΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ

Μόλις το έτος 1983 εντοπίστηκε από το Βρετανικό Μουσείο ένας μηχανισμός από τον 5^ο ή 6^ο αιώνα μ.Χ., ο οποίος αποτελεί φορητό ρολόι/ημερολόγιο. Πρόκειται για μηχανισμό σημαντικά απλούστερο από εκείνο των Αντικυθήρων και, λόγω της φορητότητάς του, δεν μπορεί να προσδιοριστεί κάποια περιοχή στην οποία κατασκευάστηκε, παρά μόνο γενικά ως ο «ελληνόφωνος χώρος». Ο μηχανισμός αυτός φέρει επάνω του χαραγμένα σε ελληνική γλώσσα τα τοπωνύμια των γνωστών πόλεων τη βυζαντινής εποχής, τα γεωγραφικά πλάτη αυτών των πόλεων, συντομογραφίες για τα ονόματα των μηνών του ιουλιανού ημερολογίου, τα ονόματα ημερών κ.ά. Υπάρχουν επίσης αριθμήσεις από Α' μέχρι ΚΘ' (1-29) και από Α' μέχρι Λ' (1-30).

Ο Άγγλος ερευνητής M.T.Wright μελέτησε αυτό το μηχανισμό και παρουσίασε μια ανακατασκευή του, αξιοποιώντας και πληροφορίες από συγγράμματα του Πέρση φιλόσοφου, μαθηματικού και αστρονόμου, *Αλ Μπιρουνί* (Abu-Reyhan Birouni, 973-1048), ο οποίος περιγράφει όμοιους μηχανισμούς με γρανάζια. Ο Μπιρουνί δεν φαίνεται να γνωρίζει τους κατασκευαστές των πρωτότυπων μηχανισμών που περιγράφει ο ίδιος και πρέπει να υποθέσουμε ότι αυτοί οι μηχανισμοί ανήκουν σε μια ελληνόφερτη παράδοση που χάνεται στο παρελθόν.

Σήμερα εικάζουμε ότι οι μηχανισμοί ήταν οι τελευταίοι μιας Ελληνικής και Ελληνιστικής παράδοσης, η οποία είχε αρχίσει να εξαφανίζεται, πιθανότητα από έλλειψη ζήτησης και λόγω της γενικότερης πολιτισμικής υποβάθμισης στο βυζαντινό χώρο. Υπολείμματα αυτής της κατασκευαστικής παράδοσης διασώθηκαν και μελετήθηκαν στον αραβο-περσικό χώρο, από τον οποίο επέστρεψαν κατά τους πρώτους αιώνες της δεύτερης χιλιετίας πάλι στην Ευρώπη - όχι όμως πια στην παρακμάζουσα Ανατολή (Βυζάντιο), αλλά στην πολιτισμικά ανερχόμενη Δύση. Σ' αυτή τη μεταφορά γνώσεων είναι πιθανό να έπαιξαν ρόλο οι δυτικές σταυροφορίες στην Εγγύς Ανατολή. Τα στρατεύματα συνοδεύονταν από κληρικούς (για εκχριστιανισμό όσων Μωαμεθανών επιζούσαν) και από φυσιοδίφες, οι οποίοι εξερευνούσαν την παροιμιώδη «παραμυθένια» Ανατολή.

Άλλα ιστορικά στοιχεία που ενδιαφέρουν σχετίζονται με περιγραφές για ανεξήγητο ξαφνικό πλούτο στα ανάκτορα επί βασιλείας Θεοφίλου, από τη δυναστεία των Ισαύρων, στο πρώτο μισό του 9^{ου} αιώνα. Ο πατέρας του Θεοφίλου, αυτοκράτωρ Μιχαήλ Β', έκανε μεν αυστηρή οικονομική διαχείριση, αλλά δεν είναι δυνατόν να άφησε στο διάδοχό του τέτοιο πλούτο, τον οποίο διαχειριζόταν ο Θεόφιλος από το έτος 829 που ανέβηκε στο θρόνο, αφού διετέλεσε ήδη επί οκτώ χρόνια

συναυτοκράτωρ με τον πατέρα του. Μέχρι το έτος 842 που διήρκεσε η βασιλεία του, ανακαινίστηκαν με τεράστια έξοδα τα ανάκτορα στην Πόλη που είχαν κτιστεί επί Κων/νου Α' και είχαν ανακαινιστεί και επεκταθεί επί Ιουστινιανού Α'. Διατυπώνονται υποθέσεις ότι ο πλούτος αυτός προήλθε από νέα χρυσωρυχεία στην Αρμενία, αλλά δεν φαίνεται να υπάρχει τρόπος επιβεβαίωσης των πληροφοριών.

Στο λεγόμενο «Παλάτι της Μαγναύρας» στο Βυζάντιο εγκατέστησε ο Θεόφιλος «μηχανικές κατασκευές», με εντυπωσιακά διακοσμητικά και λειτουργικά στοιχεία. Σε περιγραφές πρεσβευτών αναφέρεται ότι, ο αυτοκρατορικός θρόνος στη Μαγναύρα βρισκόταν στη σκιά ενός ολόχρυσου πλάτανου, τα κλαδιά του οποίου ήταν γεμάτα από μηχανικά πουλιά, διακοσμημένα με πολύτιμους λίθους. Αυτά τα πουλιά κελαηδούσαν και έδιναν στον παρατηρητή την εντύπωση ότι πηδάνε από τον πλάτανο στο θρόνο και πάλι πίσω. Γύρω δε από τον κορμό του πλάτανου υπήρχαν ολόχρυσοι γρύπες και λιοντάρια που βρυχιόνταν. Με ένα νεύμα του αυτοκράτορα έμοιαζαν τα τεχνητά ζώα να «ζωντανεύουν» και να προκαλούν ήχους, συνοδευόμενα από μουσική οργάνων. Με ένα δεύτερο νεύμα ακολουθούσε σιωπή! Την ώρα που οι επισκέπτες αποχωρούσαν, άρχιζαν πάλι οι κινήσεις των ζώων, οι βρυχηθμοί των αρπακτικών και τα κελαηδήματα των πτηνών.

Ο Λιουτπράνδος, επίσκοπος Κρεμόνας, περιγράφει σε αναφορά του, μετά την πρώτη διπλωματική αποστολή του στην Κων/πολη, τους μηχανισμούς στο παλάτι της Μαγναύρας, μεταξύ άλλων, ως εξής: «Παρόλο που με την άφιξή μου τα δύο λιοντάρια βρυχήθηκαν και τα πουλιά κελάηδησαν, το καθένα ανάλογα με το είδος του, δεν με κατέλαβε φόβος ούτε θαυμασμός, διότι μου τα είχε προαναγγείλει κάποιος... Ξάπλωσα μπρούμυτα τρεις φορές και προσκύνησα τον αυτοκράτορα. Σήκωσα μετά το κεφάλι μου κι εκείνος που είχα δει πριν να κάθεται λίγο

υπερυψωμένα από το δάπεδο, φάνηκε τώρα να φορά άλλα ρούχα και να βρίσκεται κοντά στο ταβάνι. Δεν μπόρεσα να καταλάβω πώς συνέβη αυτό, παρά μόνο πως τον ανύψωσε μέχρι εκεί κάποιο εργαλείο»¹²



Εικ 37. Το παλάτι της Μαγναύρας (www.google.gr)

Αν όλα αυτά δεν οφείλονται σε υπερβολές ευφάνταστων επισκεπτών, είναι πιθανόν να ευσταθούν οι πληροφορίες ότι κατασκευαστής τους ήταν ο *Λέων ο Μαθηματικός* από τη Θεσσαλία, ο οποίος χρησιμοποιούσε ως κινητήρια δύναμη «συμπιεσμένο αέρα». Με αυτή την έννοια οι μηχανικές κατασκευές στα ανάκτορα ήταν «αυτόματα», ανάλογα με εκείνα της ελληνιστικής εποχής. Κατά μία άλλη εκδοχή, τα αυτόματα που περιγράφηκαν βρίσκονταν και στα ανάκτορα του Βρύαντα, στην ασιατική ακτή της Κων/πολης, τα οποία είχαν κατασκευαστεί από Άραβες τεχνικούς με αραβική τεχνοτροπία. Έτσι εικάζεται ότι και οι μηχανισμοί που περιγράφει ο Λιουτπράνδος μπορεί

¹² *Λιουτπράνδος της Κρεμόνας, Πρεσβεία στην Κων/πολη του Νικηφόρου Φωκά», εκδόσεις «Στοχαστής», Αθήνα 1997-98*

να είχαν αραβική προέλευση και αποτελούσαν καταρχάς μέρος της συγκρότησης του ανακτόρου, στη συνέχεια δε επεκτάθηκαν ή μεταφέρθηκαν στα ανάκτορα της Μαγναύρας¹³

Οι Άραβες επιστήμονες και τεχνικοί δεν παρουσιάζονται στο προσκήνιο εκ του μηδενός! Ήδη από τον 4^ο μ.Χ. αιώνα, όταν άρχισαν στο ρωμαϊκό κράτος οι διωγμοί κατά των εθνικών και κάθε ετερόδοξου, «αιρετικοί» χριστιανοί, όπως Νεστοριανοί και Μονοφυσίτες από τη Συρία, πραγματοποίησαν μεταφράσεις ελληνικών και ελληνιστικών συγγραμμάτων στην περσική γλώσσα. Δύο αιώνες αργότερα, όταν ο Ιουστινιανός καταργεί τις φιλοσοφικές σχολές της Αθήνας, ανάμεσά τους και την αρχαιότερη Ακαδημία του Πλάτωνα, οι φιλόσοφοι που δίδασκαν εκεί, καταφεύγουν στην Αυλή του Πέρση βασιλιά Χοσρόη, όπου αξιοποιήθηκαν για τη μεταλαμπάδευση της ελληνικής φιλοσοφίας στον Αραβο-περσικό χώρο.

Έτσι δημιουργήθηκε μια πνευματική παράδοση, η οποία διαδόθηκε ευρύτερα από τον 8^ο αιώνα, με το άπλωμα της αραβο-ισλαμικής κυριαρχίας, από τα σημερινά Αφγανιστάν, Ουσμπεκιστάν και τη Βαγδάτη, μέχρι την Παλαιστίνη, Αίγυπτο, τη Λιβύη και την Ισπανία. Σπουδαίοι μουσουλμάνοι δάσκαλοι εκείνης της εποχής και μερικούς αιώνες αργότερα, όπως ο Αλ Φαραμπί το 10^ο, ο Αβικένας και ο Αλ Μπιρουνί τον 11^ο, ο Αβερρόης και ο Αλ Γκαζάλι το 12^ο, ο Αλ Σατίμπι το 13^ο και ο Ιμπν Χαλντούν το 14^ο αιώνα, ανέπτυξαν τη φιλοσοφία, τα μαθηματικά, την αρχιτεκτονική, τη νομική, την ιατρική, στηριζόμενοι σε μεταφράσεις κειμένων του Αριστοτέλη. Ακόμα, έθεσαν τα θεμέλια της ανάπτυξης του σύγχρονου κράτους με ορθολογικές μεθόδους καταγραφής και προγραμματισμού.

¹³ Κ.Κανάβας: *Θαυμαστές μηχανές από την Ανατολή*, στο τ. 96 του περιοδικού «Αρχαιολογία»

Όποια κι αν ήταν η προέλευσή των αυτόματων του αυτοκρατορικού παλατιού στην Πόλη, γεγονός είναι ότι αυτές οι επινοήσεις και κατασκευές που φαίνεται να είχαν ως αποκλειστικό στόχο την ψυχαγωγία και τον εντυπωσιασμό, δεν αποτυπώθηκαν παρά σε ελάχιστα γραπτά. Πολύ σημαντικότερο είναι ότι οι μηχανισμοί δεν είχαν καμιά συνέχεια στην επιστήμη και την τεχνολογία του Βυζαντίου. Η παραγωγική υποδομή της εποχής στηριζόταν σε δουλοπάροικους και άλλους εξαρτημένους εργάτες και δεν υπήρχε ποτέ κάποια σκέψη να βελτιωθεί ή υποστηριχθεί η χειρονακτική δουλειά τους με κάποιους από αυτούς τους αυτοματισμούς, όπως συνέβη κατά τη βιομηχανική επανάσταση στην Ευρώπη, μερικούς αιώνες αργότερα.

Σε κείμενο του 10^{ου} αιώνα αναφέρεται ότι ο αυτοκράτωρ Μιχαήλ Γ' πρόσταξε τεχνίτες να λιώσουν τους μηχανισμούς και να εξαγάγουν τα πολύτιμα μέταλλα ώστε να εξοικονομηθούν χρήματα για την πληρωμή του στρατού¹⁴. Έτσι, μάλλον αποκλείεται να εντοπιστεί σε ανασκαφές κάποιο τμήμα αυτών των μηχανισμών και να μελετηθεί η συγκρότηση και η λειτουργία του¹⁵.

2.3.2 ΤΟ ΑΡΟΤΡΟ ΚΑΙ Ο ΥΔΡΟΜΥΛΟΣ

Αφού κύρια απασχόληση του κόσμου κατά τα χρόνια του πρώιμου Μεσαίωνα ήταν ο αγροτικός τομέας, είναι φυσικό σ' αυτό τον τομέα να προκύψουν και οι σημαντικότερες καινοτομίες.

¹⁴ Π.Ανδρούδης: «Μαρτυρίες για τα αυτόματα στο Βυζάντιο και τους γειτονικούς λαούς», Αρχαία Ελληνική Τεχνολογία,.

¹⁵ Ίδρυμα Μείζονος Ελληνισμού: Ύστερη Βυζαντινή Περίοδος, 1204-1453

Το βαρύ σιδερένιο άροτρο με ρόδες ήταν σε σύγκριση με το παλιό ξύλινο μια επανάσταση. Ενώ στη νότια Ιταλία και στα νότια βαλκανικά εδάφη αρκούσε ένα χαλάρωμα του αγρού, στις βόρειες περιοχές της Ευρώπης και στη βόρεια Ιταλία ήταν απαραίτητο το σιδερένιο άροτρο για να γίνει αποδοτική επεξεργασία του εδάφους. Ένα βαθύ όργωμα στα εδάφη του νότου άνοιγε πολύ το χώμα και εξατμιζόταν η υγρασία του υποστρώματος, πέρα από το ότι έβγαιναν στην επιφάνεια και λιθάρια. Τα βόρεια εδάφη είναι όμως κυρίως αργιλώδη και απαιτούσαν, πέρα από το άνοιγμα και μία ανάδευση του χώματος



Εικ.38. Ξύλινο Βυζαντινό άροτρο(<http://sfrang.com>)

Με τη χρήση του σιδερένιου αρότρου, το οποίο πιθανόν να είναι σλάβικης προέλευσης, ήταν λοιπόν δυνατή μια συστηματική ανάδευση του εδάφους που οποίο, μετά τη σπορά, καλυπτόταν πάλι με τη σβάρνα. Με τον καιρό πέτυχαν έτσι οι γεωργοί μεγαλύτερες εσοδείες και με μικρότερο χρόνο εργασίας. Ήταν πλέον αρκετό να οργωθεί ένα χωράφι στη μια κατεύθυνση, ενώ παλαιότερα, με το ξύλινο άροτρο που έξυνε επιφανειακά το έδαφος, έπρεπε το όργωμα να γίνει και σε εγκάρσια κατεύθυνση.

Με την αλλαγή αυτή προέκυψε όμως το πρόβλημα ότι ένα ζεύγος από βόδια δεν επαρκούσε πια να τραβήξει το βαθειά χωμένο υνί στο λασπώδες έδαφος. Η ανάγκη για περισσότερα ζώα οδήγησε στη

συνεργασία των αγροτών, οι οποίοι αφενός αντάλλασσαν τα βόδια τους, έτσι ώστε να χρησιμοποιούν στο όργωμα μέχρι και οκτώ βόδια, ταυτόχρονα δε αποκτούσαν από κοινού ένα σιδερένιο άροτρο, το οποίο ήταν ακριβό για κάθε αγρότη ξεχωριστά Ένα άλλο πρόβλημα που προέκυψε, αφορούσε τη μορφή των αγρών. Η ζεύξη πολλών ζώων και το βαρύ άροτρο δυσκόλευε την αλλαγή κατεύθυνσης στο όργωμα. Οι γεωργοί άρχισαν λοιπόν να συνεννοούνται ώστε να οργώνουν από κοινού τα χωράφια τους. Έτσι καταργήθηκαν σταδιακά τα όρια των χωραφιών και το όργωμα γινόταν σε μεγάλες διαδρομές με λίγες αλλαγές κατεύθυνσης. Όργωμα, σπορά και σβάρνισμα, αλλά επίσης η χρήση των ζώων και του αρότρου κτλ. έπρεπε να συντονιστούν. Αυτό το ρόλο ανέλαβαν σταδιακά επίσης τα μοναστήρια και οι φεουδάρχες, μια και δεν ήταν τότε ακόμα νοητή η συνεταιριστική σύμπραξη των αγροτών!

Στο Βυζάντιο δεν χρησιμοποιήθηκε ποτέ το βαρύ σιδερένιο άροτρο της Δύσης. Ίσως να μην ήταν και τελείως απαραίτητο, γεγονός όμως είναι ότι με το ξύλινο άροτρο της εποχής του Ησιόδου, το οποίο απλά έγδερνε τη γη, αντί να τη σκάβει, οι αγροί στην Ανατολή έπρεπε να οργωθούν δύο φορές το χρόνο. Σε παρουσίαση της ιστορίας του Βόλου αναφέρεται ότι «ο Μελέτης Σταματόπουλος κατασκεύασε περί το 1904 το πρώτο σιδερένιο άροτρο στην Ελλάδα». Όποτε κι αν κατασκευάστηκε το πρώτο σιδερένιο άροτρο στον ελληνόφωνο χώρο, γεγονός είναι ότι μέχρι τη λήξη της Τουρκοκρατίας οι γεωργοί της Ανατολής όργωναν με τον παραδοσιακό αρχαίο ελληνικό τρόπο.

Όπως προαναφέρθηκε, στην ύστερη αρχαιότητα χρησιμοποιήθηκε η δύναμη του νερού των ποταμών και των υδραγωγείων στους υδρόμυλους, οι οποίοι πρέπει να έχουν αρχαιοελληνική προέλευση. Παρ' ότι όμως ήταν διαθέσιμος ένας τέτοιος μηχανισμός για την άλεση δημητριακών και την κοπή μαρμάρων, οι μύλοι λειτουργούσαν στην

πλειοψηφία τους ακόμα με ανθρώπινη ή ζωική δύναμη, λόγω του χαμηλότερου κόστους. Οι σκλάβοι δεν έπαιρναν αμοιβή και τα βόδια τρέφονταν με γεωργικά υπολείμματα. Η επέκταση της χρήσης του μύλου σε πλοία προέκυψε απρόβλεπτα στα μέσα του 6^{ου} αιώνα, όταν οι Γότθοι πολιορκούσαν τη Ρώμη. Οι πολιορκητές κατέστρεψαν το υδραγωγείο, με το οποίο το νερό κινούνταν οι αλευρόμυλοι της πόλης. Ο στρατηγός Βελισάριος έδεσε τότε σταθερά στον Τίβερη δύο πλοία, στα οποία εγκατέστησε από ένα μύλο. Μ' αυτό τον τρόπο αξιοποιήθηκε το νερό του ποταμού ως κινητήρια δύναμη.

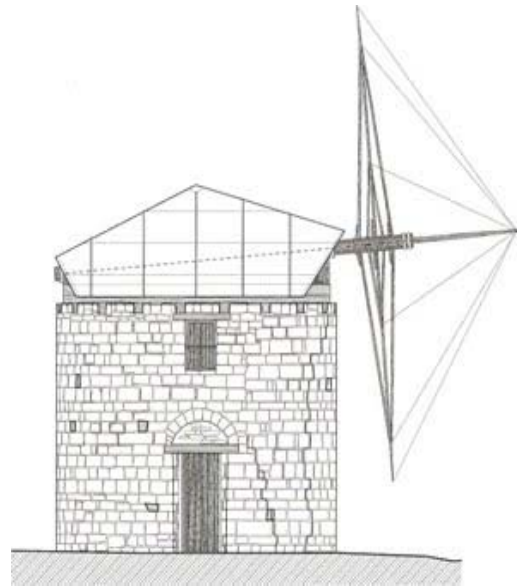
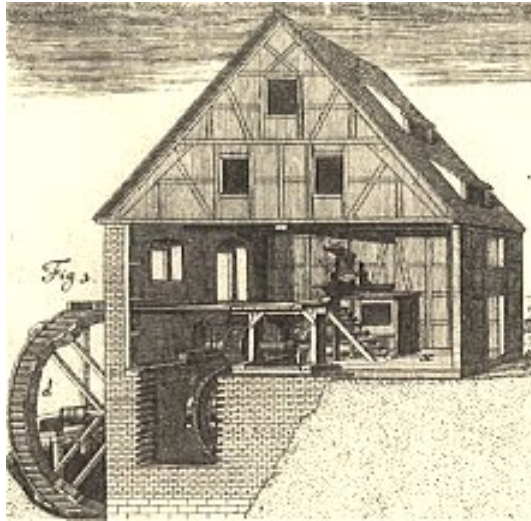
Αν και η σταδιακή επέκταση της χρήσης των μύλων, ιδίως στη Δύση με τα μεγάλα ποτάμια και τους παραπόταμους συνεχούς ροής, αποτέλεσε μια σημαντική τεχνική καινοτομία, δεν προέκυψαν σημαντικά αποτελέσματα στον οικονομικό και κοινωνικό τομέα, γιατί στον πρώιμο Μεσαίωνα τα διαθέσιμα εργατικά χέρια των σκλάβων ήταν ακόμα φθηνά και οι πιθανές εφαρμογές του υδρόμυλου περιορίζονταν στην άλεση δημητριακών και σπανιότερα στη μαρμαροκοπή. Η υφαντουργία, στην οποία αξιοποιήθηκε από τις αρχές της δεύτερης μ.Χ. χιλιετίας εντατικά η κινητήρια δύναμη του υδρόμυλου, δεν είχε αναπτυχθεί ακόμα.

2.3.3 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΥΦΕΣΗ

Όλα αυτά τα χρόνια αυξανόμενης παρακμής της μεσαιωνικής κοινωνίας και οικονομικής στασιμότητας, οι συντεχνίες προσπάθησαν να περισώσουν για τα μέλη τους τις κατακτήσεις και το επίπεδο ζωής. Η αισιοδοξία για το μέλλον και ο ενθουσιασμός για καινοτομίες της παλαιότερης εποχής εξέλειπαν και η διαδικασία εκπαίδευσης νέων

τεχνιτών που αποτελούσε τον πυρήνα του συστήματος των συντεχνιών, μετατράπηκε σε μηχανισμό ελέγχου του αριθμού εκπαιδευομένων. Οι σχέσεις μαθητευόμενου προς μάστορα εξελίχθηκε σε εξάρτηση δούλου προς ιδιοκτήτη. Η ανατροπή αυτής της εξάρτησης ήρθε με την Αναγέννηση και τη σταδιακή απελευθέρωση της κοινωνίας και των ανθρώπων.

Στον τεχνικό τομέα εισήχθησαν σταδιακά ορισμένες καινοτομίες, οι οποίες οδήγησαν σε δραστικές αλλαγές στις συνθήκες εργασίας. Όπως συνέβη μερικούς αιώνες πριν στη γεωργία, άρχισαν να αξιοποιούνται και στη βιοτεχνική παραγωγή άλλες ενεργειακές πηγές, εκτός από την ανθρώπινη και ζωική δύναμη. Αυτές οι πηγές ήταν το νερό, όπως παλαιότερα και ο άνεμος που είχε χρησιμοποιηθεί ήδη από την αρχαιότητα μόνο στα ιστιοφόρα πλοία. Για την προέλευση του υδρόμυλου έγινε λόγος στα προηγούμενα. Η ακριβής προέλευση του ανεμόμυλου είναι άγνωστη, εικάζεται όμως ότι αρχικοί επινοητές του είναι οι Κινέζοι. Οι σταυροφόροι έφεραν στην Ευρώπη τον ανεμόμυλο περί το 12ο αιώνα μ.Χ. από τη Μέση Ανατολή. Πρώτες αναφορές για τη λειτουργία ανεμόμυλου στην Ευρώπη ανάγονται στο έτος 1180. Μαζί με τις νέες κινητήριες μηχανές αναπτύχθηκαν επίσης κατάλληλα εξαρτήματα και εργαλεία που έγιναν απαραίτητα, όπως η μανιβέλα, το ελατήριο, το πεντάλ, ο εκκεντροφόρος άξονας, ο στρόφαλος κ.ά. Το έτος 1241 απέκτησε το πρώτο ευρωπαϊκό πλοίο πηδάλιο, τότε και πώς επινοήθηκε αυτός ο μηχανισμός παραμένει όμως άγνωστο. Το 1249 κατασκευάστηκαν τα γυαλιά πρεσβυωπίας και το έτος 1291 δόθηκε στη χρήση ο πρώτος καθρέφτης. Άλλες σημαντικές εφευρέσεις αυτών των αιώνων αφορούν το μηχανικό ρολόι περί το 1335, το κανόνι το 1346, ενώ η πυρίτιδα, κινέζικης προέλευσης κι αυτή, όπως τόσα άλλα πράγματα, άρχισε να χρησιμοποιείται στην Ευρώπη από τα μέσα του 13ου αιώνα.



Εικ 39,40. Σχεδιαστική παράσταση υδρόμυλου και ανεμόμυλου (www.google.gr)

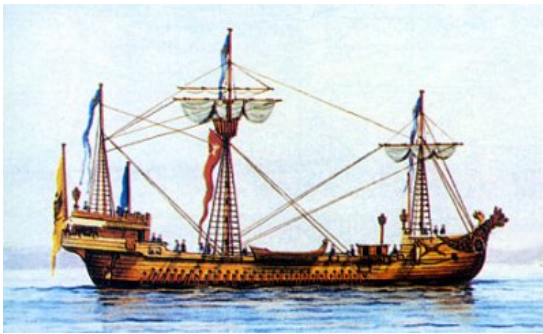
Από αυτές τις καινοτομίες στον τεχνικό τομέα αναπτύχθηκαν, λόγω της ζήτησης που προέκυψε, κυρίως δύο κλάδοι παραγωγής, οι οποίοι αποτέλεσαν και την κινητήρια δύναμη της μεσαιωνικής οικονομίας: η *υφαντουργία* και η *μεταλλουργία σιδήρου*. Αυτοί δε ακριβώς οι κλάδοι αποτέλεσαν και την πρωτοπορία της βιομηχανικής επανάστασης κατά το 18ο αιώνα! Η εφεύρεση της *τυπογραφίας* πέφτει επίσης στην κατάληξη του Μεσαίωνα, επηρέασε όμως την αμέσως επόμενη ιστορική εποχή της Αναγέννησης¹⁶.

2.3.4 Η ΝΑΥΠΗΓΙΚΗ

Για την ναυπήγηση των караβιών ακολουθούνται μέχρι τον 7^ο αιώνα οι παλιές φοινικικές, αιγυπτιακές και ελληνικές τεχνικές που εφαρμόζονταν για πολλούς αιώνες σε όλη τη Μεσόγειο. Από τη μελέτη

¹⁶. Φραγκόπουλου Στ. Γ, “Ιστορία της Τεχνολογίας” Δρ. Μηχ., Καθηγητή ΤΕΙ Αθήνας

ναυαγίων του 7^{ου} και ύστερων αιώνων προκύπτουν αλλαγές στη ναυπηγική τέχνη. Συγκεκριμένα, μετά την καρίνα και την τοποθέτηση μικρού αριθμού μαδεριών του κελύφους, τοποθετούνται και καρφώνονται νομείς (στραβόξυλα, εγκάρσια ενισχυτικά), πάνω στους οποίους στηρίζεται το υπόλοιπο κέλυφος του πλοίου. Η τεχνική αυτή αποτελεί το μεταβατικό στάδιο από την αρχαιοελληνική στη μεσαιωνική Ναυπηγική.



Εικ 41,42 Χελάνδιον του 10 αι. και ναυμαχία με υγρό πυρ.(www.google.gr)

Με τα μέχρι σήμερα δεδομένα υπολογίζεται ότι για πέντε σχεδόν αιώνες τα καράβια κατασκευάζονταν με αυτή τη μεταβατική μέθοδο. Σε νεότερα ναυάγια, του 11^{ου} αιώνα, διαπιστώνεται ότι η σύνδεση των μαδεριών του κελύφους στην κλιμακωτή διαμόρφωση της έξω ακμής του νομέα έχει εγκαταλειφθεί και το σκάφος χιτίζεται πάνω σε νομείς και στεγανοποιείται (καλαφατίζεται). Με την τεχνική αυτή, που εφαρμόζεται μέχρι και σήμερα, η κατασκευή απαιτεί λιγότερες ξυλουργικές εργασίες και λιγότερη ξυλεία. Έτσι τα πλοία γίνονται φθηνότερα, ελαφρύτερα αλλά και μεγαλύτερα.

Η συνεχής ναυπήγηση νέων πλοίων, τα οποία χρησίμευαν, άλλοτε για την ανάπτυξη του εμπορίου και άλλοτε για τις πολεμικές συγκρούσεις στη Μεσόγειο, αλλά επίσης στον Ατλαντικό και στη Βόρεια Θάλασσα, παρουσίαστηκε το φαινόμενο της ελάττωσης των δασών και της διάβρωσης εδαφών με τη βροχή. Έτσι γίνονταν αυτά τα εδάφη άγονα και

άχρηστα για αγροτικές και κτηνοτροφικές εργασίες. Βέβαια, πάντα η εντατική χρήση του ξύλου οδηγούσε σε κοπή δασών και διάβρωση εδαφών (π.χ. Υμηττός και Αιγάλεω ήδη στην αρχαία Αθήνα), αλλά το φαινόμενο αυτό επεκτάθηκε στην Ευρώπη ιδιαίτερα κατά το Μεσαίωνα, πράγμα που οφείλεται στην ένταση εργασιών για ναυπήγηση πλοίων, για υπόγειες εξορύξεις και για την κατασκευή κτηρίων.

Τα εμπορικά πλοία των πρώτων μεσαιωνικών δεκαετιών και αιώνων ταξιδεύουν κυρίως με τετράγωνα πανιά φτιαγμένα από λινάρι και σε αποχρώσεις κυρίως του κοκκινοπράσινου και του κοκκινοκίτρινου. Από τον 6^ο αιώνα αρχίζει η χρήση και του τριγωνικού πανιού σε συνδυασμό με τα τετράγωνα για τα μεγάλα πλοία, πράγμα που τους εξασφαλίζει καλύτερες συνθήκες πλεύσης και αύξηση της ταχύτητας, λόγω της χρήσης μεγαλύτερου εμβαδού ιστιοφορίας και πιο ευέλικτων πανιών. Για τα καΐκια, το τριγωνικό πανί αποτελεί το μοναδικό σε χρήση είδος και είναι αυτό που θα παραμείνει μέχρι τις αρχές του 20^{ου} αιώνα.

Τα κουπιά-τιμόνια συνεχίζουν να κατευθύνουν τα σκάφη μέχρι τον 12^ο αιώνα που εμφανίζεται στη Μεσόγειο το *πηδάλιο* (τιμόνι) στην πρόμνη· ένα εργαλείο που γνώριζαν οι Κινέζοι από τον 10^ο αιώνα και που πέρασε στη Μεσόγειο μάλλον από τους Άραβες ναυσιπλόους. Τα νέα πλοία, με βελτιωμένο πηδάλιο και νέους τύπους ιστίων, ήταν πλέον ταχύτερα και οικονομικότερα. Ο χώρος που απαιτείτο παλιά για 100-200 κωπηλάτες και τον εξοπλισμό τους, ελευθερωνόταν τώρα για τη μεταφορά φορτίων. Από το 1200 μέχρι το 1500 αυξήθηκε η χωρητικότητα των πλοίων περί τις τέσσερις φορές. Οι λεπτές γαλέρες των 150-200 τόνων αντικαταστάθηκαν με την πάροδο των δεκαετιών και

αιώνων με τις γνωστές γάστρες εκτοπίσματος των ιστιοφόρων με εκτόπισμα των 600-800 τόνους¹⁷.

2.3.5 ΤΟ ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΡΟΛΟΙ



Εικ 43. Ηλιακό ρολόι

Από τους πρώτους χρόνους η θέση του ήλιου στον ουρανό έδειχνε την ώρα της ημέρας και για πολλές χιλιάδες χρόνια οι άνθρωποι, κυρίως γεωργοί και κτηνοτρόφοι, ρύθμιζαν με αυτό τον τρόπο τις εργασίες τους. Προφανώς αυτό ίσχυε μόνο για την ημέρα και όταν δεν υπήρχε συννεφιά. Πέρα από αυτά, με την παρατήρηση του ήλιου δεν ήταν δυνατόν να μετρηθούν μικρά χρονικά διαστήματα, π.χ. μερικών λεπτών, πεντάλεπτα ή δεκάλεπτα. Για το σκοπό αυτό είχε επινοηθεί μια συσκευή, τόσο στην αρχαία Αίγυπτο, όσο και στην Κίνα, η οποία αποτελείτο από δύο θαλάμους που επικοινωνούσαν μεταξύ τους με λεπτό σωλήνα. Όταν οι θάλαμοι ήταν σε κατακόρυφη διάταξη, έπεφτε από τον πάνω θάλαμο στον κάτω λεπτή ξηρή άμμος. Μ' αυτό τον τρόπο μέτραγαν οι αρχαίοι

¹⁷ Χ./Ι. Λάζος, *Ναυτική Τεχνολογία στην Αρχαία Ελλάδα*, Εκδόσεις ΑΙΟΛΟΣ, Αθήνα 1996

δεκάλεπτα, εικοσάλεπτα κτλ. Επειδή συχνά αντί άμμου χρησιμοποιείτο κάποιο υγρό, π.χ. νερό, οι αρχαίοι Έλληνες ονόμασαν αυτή τη συσκευή *κλεψύδρα*, δηλαδή ο ένας θάλαμος έκλεβε νερό από τον άλλο. Άλλη μέθοδος ήταν η μέτρηση του χρόνου με το κάψιμο ενός κεριού· ο ομιλητής έπρεπε να τελειώσει το λόγο του μέχρι να καεί και να σβήσει το κεριό.

Περί το 270 π.Χ. ο Κτησίβιος είχε κατασκευάσει ένα ρολόι, την *υδραυλίδα*, που αξιοποιούσε την άνοδο της στάθμης νερού, όταν αυτό έπεφτε από ένα θάλαμο, όπως στην κλεψύδρα. Αυτό το ρολόι χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα στους ρωμαϊκούς και τους μεταγενέστερους χρόνους. Το «Ηλιακό ρολόι των Φιλίππων» που απαρτίζεται από τρεις δακτυλίους κατασκευάστηκε στο πέρασμα από τον τρίτο στον 4^ο μ.Χ. αιώνα. Μία κινέζικη «κλεψύδρα», ένα *σφραγισμένο χρονόμετρο θυμιάματος* με μορφή σκήπτρου έκαιγε περί το 900 μ.Χ. αρωματική ρητίνη (λιβάνι) συγκεκριμένης ποσότητας κι έτσι ήταν δυνατός ο καθορισμός χρονικών διαστημάτων. Το σφράγισμα απέβλεπε προφανώς στην εξασφάλιση από λαθροχειρίες! Σε ένα επίσης κινέζικο αστρονομικό πύργο του Su Seng υπήρχε περί το 1090 μ.Χ. ένας τροχός που είχε στην περιφέρειά του μικρά δοχεία. Καθώς περιστρεφόταν ο τροχός κάθε δοχείο γέμιζε σε μια θέση με νερό. Όταν το νερό έφτανε σε κάποια στάθμη το βάρος του κινούσε κατά ένα βήμα τον τροχό κι έτσι προέκυπτε κίνηση με ρυθμό μονάδας χρόνου. Η πρώτη ουσιαστική βελτίωση της κλεψύδρας έγινε μετά από πολλούς αιώνες, το 14^ο αιώνα μ.Χ. Αν και βελτιωμένες οι νέες κλεψύδρες, δεν ήταν όμως πιο εύχρηστες από τις παλιές. Απλώς επιδέχονταν τοποθέτηση σε δημόσιους χώρους, σε πύργους ναών κτλ. και ο κόσμος έβλεπε την ώρα.

Από τις αρχές του 13^{ου} αιώνα υπάρχουν πληροφορίες και περιπτωσιακά ευρήματα για κατασκευές μηχανικών ρολογιών, δεν έχουν

διασωθεί όμως ονόματα και σχέδια, ώστε να είναι δυνατή μια ταυτοποίηση και εκτίμηση των τεχνολογικών δυνατοτήτων. Ως πρώτος σχεδιαστής μηχανικού ρολογιού αναφέρεται ο αστρονόμος και γιατρός Giacomo Dondi (Ντόντι, 1268-1360) από την Πάδοβα της βόρειας Ιταλίας, ο οποίος έγινε μ' αυτό τον τρόπο ηγέτης μιας οικογένειας ορολογοποιών που απέκτησε πανευρωπαϊκή φήμη. Αντίγραφα του πρώτου ρολογιού που σχεδίασε ο Ντόντι υπάρχουν σε διάφορα μουσεία. Τα μηχανικά ρολόγια κατασκευάζονταν αρχικά από σιδηρουργούς, οι οποίοι είχαν εμπειρία από τις κατασκευές μηχανισμού μύλων. Σταδιακά αυτές οι κατασκευές εξειδικεύτηκαν και από το σιδηρουργό γενικών καθηκόντων ξεπήδησε ο ωρολογοποιός, ο οποίος ασχολείται πλέον με λεπτομηχανικές κατασκευές.

Μετά από διάφορες προσπάθειες κατασκευής μηχανικού ρολογιού με σταθερό βήμα, επινοήθηκε ο μηχανισμός *ταλαντευόμενης ράβδου*, με την οποία κατασκευάζονταν όλα τα ρολόγια πύργων για περίπου 300 χρόνια, από το μέσο του 14^{ου} αιώνα και μετά. Με κάθε ταλάντωση της ράβδου ο τροχός γυρίζει κατά ένα δόντι. Πηγή ενέργειας είναι ένα βαρύντι το οποίο κρέμεται με σκοινί που είναι τυλιγμένο σε τύμπανο.

Από το 14^ο αιώνα αρχίζει στην Ιταλία και αλλού η εγκατάσταση μηχανικών ρολογιών σε δημόσιους χώρους, τα οποία τώρα κτυπούσαν τις ώρες. Ο διάσημος διανοούμενος και συγγραφέας του Μεσαίωνα Francesco Petrarca (Πετράρχης, 1304-1374) σημειώνει ότι οι κτύποι του νεόδμητου τότε ρολογιού του Μιλάνου είναι πολύ χρήσιμοι για όσους πρέπει να υπολογίζουν το χρόνο τους. Επίσης στην Ιταλία παρουσιάστηκαν τα πρώτα φορητά ρολόγια, χωρίς να είναι γνωστός ο εφευρέτης τους. Από το 15^ο αιώνα αναπτύχθηκε σημαντικά η ωρολογοποιία στην κεντρική Ευρώπη, ιδιαίτερα στη νότια Γερμανία, όπου τα ρολόγια έδειχναν λεπτά και δευτερόλεπτα. Η προσπάθεια για βελτίωση των ρολογιών οδήγησε στη μελέτη των γριναζιών και των

δοντιών τους. Το έτος 1451 δημοσιεύτηκε μια εργασία για την κατασκευή δοντιών γραναζιών σύμφωνα με την κυκλοειδή καμπύλη και το 1525 σύμφωνα με την επικυκλοειδή.

Το 1481 παράγγειλε ο Λουδοβίκος XI ένα ρολόι τσέπης. Την παραγγελία εκτέλεσε ο ορολογοποιός Julien Coudrey και το ρολόι αυτό που έχει διασωθεί, φαίνεται να είναι ακόμα αρκετά ογκώδες. Τα φορητά, ατομικά ρολόγια διαδόθηκαν στην Ευρώπη ήδη πριν από το 1500 και συνδέονται με την πόλη της Νυρεμβέργης. Σ' αυτά τα ρολόγια πηγή ενέργειας ήταν ένα σπειροειδές ελατήριο, το οποίο αποταμιεύει δυναμική ενέργεια και την αποδίδει σταδιακά. Το ελατήριο, αν και ήταν ήδη γνωστό, χρησιμοποιήθηκε στην ορολογοποιία από τον Γερμανό Peter Henlein (Χενλάιν, 1480-1542), με αποτέλεσμα αυτό το ρολόι να γίνει πια ένας ανεξάρτητος, ολοκληρωμένος και αυτοδύναμος μηχανισμός - μόνο κούρδισμα χρειαζόταν! Το ελατήριο απέκτησε επίσης τεράστια τεχνική σημασία και στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε σε πολλές άλλες συσκευές που απαιτούσαν σταθερή παροχή μηχανικής ενέργειας.

Η κατασκευή μηχανικών ρολογιών αποτελεί ένα από τα σημαντικά άλματα στην πορεία της Τεχνικής. Μέχρι τότε μέτραγαν οι ερευνητές με αρκετή ακρίβεια τις γεωμετρικές διαστάσεις και το βάρος των σωμάτων, ο χρόνος δεν ήταν όμως δυνατόν ακόμα να μετρηθεί με ακρίβεια - μέχρι που κατασκευάστηκαν τα μηχανικά ρολόγια. Με τη χρήση των ρολογιών επήλθε και μια μεταβολή αντιλήψεων: ενώ μέχρι τότε έπρεπε να ανταποκρίνονται οι ανθρώπινες κατασκευές στη φύση (π.χ. χάρτης), στο εξής γινόταν αξιολόγηση της φύσης σύμφωνα με τις ενδείξεις οργάνων μέτρησης (μήκους, μάζας, χρόνου). Σταδιακά, με τη διάδοση των οργάνων, εισάγεται πλέον μια *αντικειμενικότητα*, γιατί το όργανο επιβάλλει το μέτρο σύγκρισης που γίνεται απ' όλους αποδεκτό.

Αν και από τα μέσα του 14^{ου} αιώνα κατασκευάζονταν ανελλιπώς νεότερα και βελτιωμένα μοντέλα ρολογιών, τα φορητά ρολόγια μεγάλης ακρίβειας παρουσιάστηκαν τέσσερις αιώνες αργότερα, κατά το 18^ο αιώνα (ναυτικό χρονόμετρο Harrison), με στόχο τον ακριβή προσδιορισμό του γεωγραφικού πλάτους των ποντοπόρων πλοίων. Πέρα από τη μεγάλη τεχνική και πολιτισμική σημασία των ρολογιών ακριβείας, η ενασχόληση των τεχνιτών με αυτά τα αντικείμενα οδήγησε στην ανάπτυξη της *λεπτομηχανικής*, με αποτέλεσμα να προκύψουν βελτιώσεις και σε άλλους σημαντικούς τεχνολογικούς τομείς, ανάμεσά τους στις κατασκευές μουσικών οργάνων.

2.3.6 Η ΤΥΠΟΓΡΑΦΙΑ

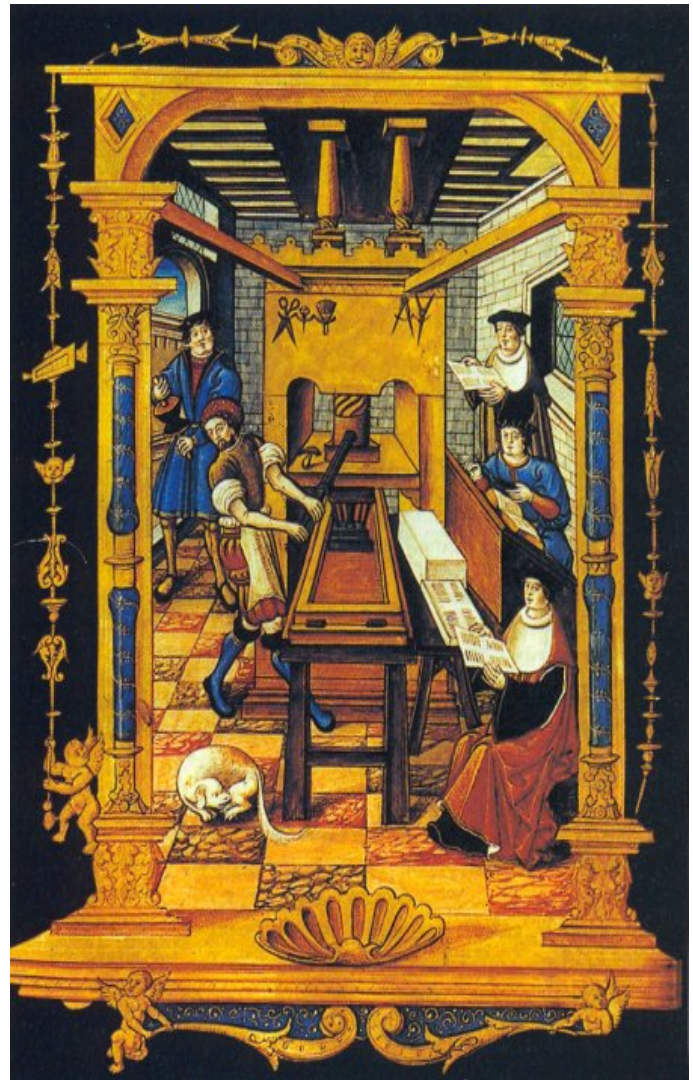
Αναφέρθηκε στα προηγούμενα ότι από καιρό υπήρχε αναζήτηση για εκμηχανισμένη εκτύπωση βιβλίων. Το χαρτί είχε ήδη διαδοθεί και είχε προσιτές τιμές, εκείνο που παρέμενε ακριβό και με αμφίβολη ακρίβεια ήταν η αντιγραφή βιβλίων. Η ιδέα των Κινέζων ήταν να κατασκευάσουν μία πλάκα, αρχικά ξύλινη, πάνω στην οποία ήταν σκαλισμένα ανάποδα (αριστερά δεξιά) τα γράμματα. Με επάλειψη των γραμμάτων αυτών με μελάνι και πίεση της πλάκας σε χαρτί δημιουργείτο μία τυπωμένη σελίδα, ακριβώς όπως γίνεται σήμερα με μια σφραγίδα. Περί το έτος 800 μ.Χ. οι Κινέζοι είχαν σκαλίσει πολλές χιλιάδες τέτοιες σελίδες και εκτύπωναν βιβλία.

Και πάλι οι Κινέζοι επινόησαν αργότερα τη δημιουργία μιας διαφορετικής μικρής πλάκας για κάθε γραφικό σύμβολο. Με παράθεση και συναρμολόγηση των κατάλληλων συμβόλων, μπορούσαν να δημιουργήσουν πάλι μια τυπογραφική πλάκα. Περί το 1450 είχαν κατασκευαστεί στην Κίνα τέτοιοι κινητοί ξύλινοι χαρακτήρες και 50

χρόνια αργότερα οι χαρακτήρες ήταν μεταλλικοί. Οι Ευρωπαίοι πρέπει να γνώριζαν από περιγραφές για την κινέζικη τυπογραφική τέχνη και να είχαν δει κάποια τυπωμένα κείμενα. Ο εκπαιδευμένος χρυσοχόος, μέλος της αντίστοιχης συντεχνίας, Johannes Genfleisch zur Laden από το Mainz (Μάιντς, Μαγεντία) που είχε το παρατσούκλι Gutenberg (Γκούτενμπεργκ, Γουτεμβέργιος, 1394/99-1468), πειραματιζόταν από το 1434 με κινητούς ξύλινους χαρακτήρες. Μετά από διάφορες προσπάθειες πέτυχε ο Γουτεμβέργιος το 1441, χάρις σε ένα βελτιωμένο μελάνι, να αξιοποιήσει εκτυπωτικά και τις δύο όψεις μιας σελίδας χαρτιού



Εικ 44. Γουτεμβέργιος



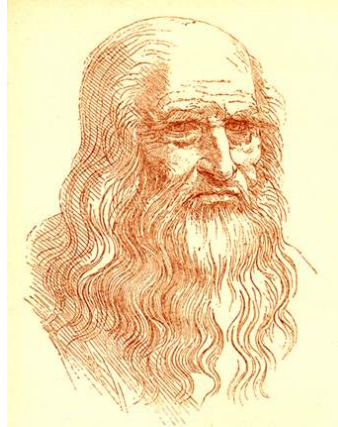
Εικ 45,46 αντίτυπο της πρώτης Βίβλου και τυπογραφικό εργαστήριο (sfrang.com)

Το 1448 είχε βελτιώσει αυτός ο πεισματικός ερευνητής την τεχνική και κατασκεύαζε με χαλύβδινα κοπίδια μεμονωμένους μεταλλικούς χαρακτήρες, από ένα κράμα μολύβδου, κασίτερου και αντιμονίου. Στη συνέχεια συνεταιρίστηκε με τους χρηματοδότες Fust και Scheffer για να κατασκευάσουν ένα τυπογραφείο, στο οποίο θα λειτουργούσε η τυπογραφική πρέσα του. Η τελική επιτυχία για την αξιοποίηση της εφευρέσεώς του πρέπει να προέκυψε το αργότερο το 1456 με μία βίβλο στα λατινικά. Ήδη αυτό το πρώτο τυπογραφικό προϊόν του Γουτεμβέργιου αποτελεί μία αισθητικά άριστη τυπογραφική εργασία, η οποία ξεπερνούσε σε ποιότητα τα χειρόγραφα έργα.

Έτσι έκανε την εμφάνισή του στην Ευρώπη ένα νέο προϊόν μαζικής παραγωγής, το τυπωμένο βιβλίο. Η τεράστια σημασία του για τον πολιτισμό και την παιδεία είναι εύκολα κατανοητή και γι' αυτό περιτεύει να αναπτυχθεί εδώ σε λεπτομέρειες. Όπως ήταν αναμενόμενο, οι επαγγελματίες αντιγραφείς αντέδρασαν σ' αυτή την εξέλιξη, γιατί εκμηχανιζόταν η δουλειά τους. Ο μοναχός και φιλόσοφος Giovanni Tritemio (Τριτέμιο, 1462-1516) προέβλεψε μάλιστα και αποτυχία της νέας εφεύρεσης, λέγοντας το 1492 ότι: «Όσα βιβλία κι αν τυπωθούν, η καλλιτεχνική γραφή δεν θα υποχωρήσει ποτέ, γιατί τα έντυπα βιβλία δεν θα μπορέσουν να συναγωνιστούν σε ποιότητα τα χειρόγραφα». Αλλά η ραγδαία εξέλιξη τον διέψευσε και ήδη μέχρι το τέλος εκείνου του αιώνα είχαν δημιουργηθεί τυπογραφικά πιεστήρια σε πάνω από 36 ευρωπαϊκές πόλεις, ενώ το 1500 λειτουργούσαν στην Ευρώπη πάνω από χίλια τυπογραφεία, τα περισσότερα στην Ιταλία και τη Γερμανία. Υπολογίζεται ότι με τη λήξη του 15^{ου} αιώνα είχαν τυπωθεί

ήδη πάνω από δέκα εκατομμύρια αντίτυπα από περίπου σαράντα χιλιάδες τίτλους¹⁸.

2.3.7 LEONARDO DA VINCI



Εικ 47. Leonardo da Vinci (1452-1519)

Φωτεινό παράδειγμα μηχανικού, επιστήμονα και καλλιτέχνη αυτής της εποχής και ολόκληρης της χιλιετίας είναι ένας μεγαλοφυής άνθρωπος, ο Φλωρεντίνος Leonardo da Vinci (γτα Βίντσι, 1452-1519), ζωγράφος, αρχιτέκτονας, γλύπτης, μουσικός, μαθηματικός, αστρονόμος, συγγραφέας, φιλόσοφος, μελετητής της ανατομίας, της ιατρικής, της βοτανικής, της ορυκτολογίας, των φαινομένων και των στοιχείων της φύσης. Ο Λεονάρντο εργάζεται στα τέλη του 15^{ου} αιώνα στην Αυλή των Σφόρτσα στο Μιλάνο και πραγματοποιεί έρευνες, οι οποίες καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα: από την αναζήτηση της τελειότητας στη ζωγραφική έκφραση, μέχρι τη μελέτη της πτήσης και των οπτικών φαινομένων, από τα μαθηματικά μέχρι την υδραυλική και τη μηχανική, από τους πειραματισμούς πάνω στα υλικά μέχρι τις μεθόδους κατασκευής, από το

¹⁸ Basis-Lexikon: Wörterbuch vor dem Hintergrund einer Ethik und nicht eines Glaubens

μικρόκοσμο του ανθρώπινου σώματος μέχρι το μακρόκοσμο του σύμπαντος.

Ειδικότερα στον τεχνικό τομέα ο μεγάλος αυτός διανοητής, ο οποίος ενσαρκώνει το θρύλο του αναγεννησιακού *homo universalis*, αυτό που στα ελληνικά αποδίδεται με το χαρακτηρισμό *μεγαλοφυής άνθρωπος*, μελετάει και σχεδιάζει κάθε μορφής και προορισμού έργα και κατασκευές, όπως υδραυλικούς τροχούς, πύργους, ναούς, μαγγανοπήγαδα, τροχαλίες, αλεξίπτωτα, ελικόπτερα και άλλα πολλά. μερικά από αυτά τα σχέδιά του έχουν κατασκευαστεί σε ομοιώτυπα για να αντιληφθούν οι σύγχρονοι μελετητές, ποιες ιδέες είχε στο μυαλό του ο μεγάλος αυτός τεχνικός, καλλιτέχνης και εφευρέτης. Ξεκινώντας ο ντα Βίντσι από την ίδια του την εμπειρία, από την προσωπική του επαφή με τη φύση, από τη μελέτη του κόσμου που τον περιβάλλει και έχοντας, παράλληλα, τα εφόδια μιας ευρείας και εκλεκτικής μόρφωσης, συνδυάζει άμεσα τέχνη, επιστήμη και τεχνική, γεμάτος αυτοπεποίθηση για τη δύναμη, τις ικανότητες και την ευφυΐα του, όντας ωστόσο πάντα ανικανοποίητος, αντιφατικός, περίπλοκος, απόμακρος και ακατανόητος για τους συμπολίτες του¹⁹

Ο Λεονάρντο γράφει ότι «Η μηχανική είναι ο παράδεισος των μαθηματικών, γιατί αποτελεί πεδίο εφαρμογής τους» και περιγράφει τη νέα εποχή, η οποία θα απαρτίζεται από ένα κόσμο, όπου ο μαθηματικός, ο αρχιτέκτονας, ο μηχανικός, ο τυπογράφος, ο καλλιτέχνης και ο έμπορος θα υπολογίζουν, θα κατασκευάζουν, θα εμπορεύονται το προϊόν της σκέψης και των χεριών τους. Φυσικά, σε ένα τέτοιο κόσμο δεν είναι δυνατόν να σταθεί πια το φεουδαρχικό σύστημα διακυβέρνησης, ενώ ο εκκλησιαστικός μηχανισμός καταλήγει να αγωνίζεται, συχνά με

¹⁹ Γιάννης Μπόλης: «Οι θαυμαστές "μηχανές" του Λεονάρντο», Ένθετο εφημερίδας Καθημερινή «Επτά Ημέρες», Τέχνη και Τεχνολογία, Φεβρ. 2005

εγκληματικά μέσα, για να διατηρήσει για ιδιοτελείς σκοπούς τον έλεγχο και τη χειραγώγηση της κοινωνίας.

2.4. ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗ-ΔΙΑΦΩΤΙΣΜΟΣ

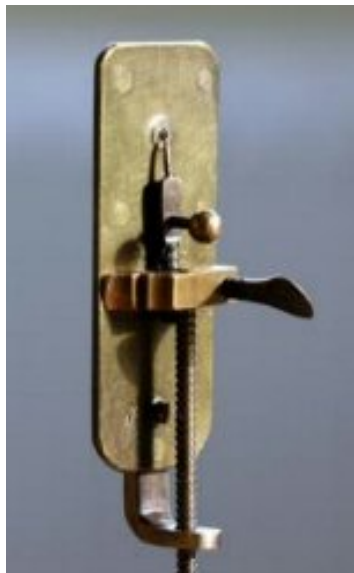
2.4.1 ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ- ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΟ

Από την αρχαιότητα ήταν γνωστό ότι πρέπει να υπάρχει δυνατότητα μεγεθύνσεως μικρών αντικειμένων και απόδειξη ήταν οι δροσοσταλίδες που μεγέθυναν την επιφάνεια του φύλλου, στο οποίο είχαν επικαθίσει. Ήδη από τον ύστερο Μεσαίωνα είχαν κατασκευαστεί μεγεθυντικοί φακοί που χρησιμοποιούσαν πρεσβύωπες για ανάγνωση. Στα τέλη του 16^{ου} αιώνα σκέφτηκε ο Ολλανδός οπτικός Zacharias Janssen (Γιάνσεν, 1580-1638) να τοποθετήσει επάλληλους μεγεθυντικούς φακούς για να παρατηρήσει πολύ μικρότερα αντικείμενα: αυτή ήταν καταρχάς και η ιδέα του *μικροσκοπίου*. Με ένα σωλήνα, στα άκρα του οποίου τοποθετήθηκαν δύο μεγεθυντικοί φακοί κατασκευάστηκε το πρώτο απλοϊκό μικροσκόπιο, με τη βοήθεια του οποίου, αφού αυτό βελτιώθηκε σταδιακά, άρχισε μια θυελλώδης εξέλιξη στην επιστήμη της Βιολογίας. Εκείνη την εποχή, κάθε παρατήρηση ιστού ζώου ή φυτού μέσα από το μικροσκόπιο οδηγούσε σε μια νέα ανακάλυψη!

Τώρα δεν απείχε πια πολύ το επόμενο βήμα, να κατασκευαστεί δηλαδή ένα *τηλεσκόπιο* για παρατήρηση μακρινών αντικειμένων. Η ανακάλυψη αυτή έγινε τυχαία από τον επίσης Ολλανδό οπτικό Hans Lippershey (Λίπερσχυ, 1570-1619), ο οποίος κάποια στιγμή είδε μέσα από ένα συνδυασμό φακών ένα καμπαναριό ναού πολύ κοντά, αλλά ανεστραμένο. Την εποχή εκείνη βρισκόταν σε εξέλιξη ο «ογδοηκονταετής πόλεμος» για την απελευθέρωση της Ολλανδίας από

την Ισπανία και ο Λίπερχυ διέκρινε τη στρατιωτική σημασία του τηλεσκοπίου.

Ο Γαλιλαίος πληροφορήθηκε το έτος 1610 για την κατασκευή τηλεσκοπίου στην Ολλανδία και αμέσως το συνεδίασε με τα δικά του ενδιαφέροντα, την παρατήρηση των άστρων. Σύντομα κατασκεύασε λοιπόν ένα δικό του, με το οποίο πολύ γρήγορα εντόπισε τους τέσσερις δορυφόρους του πλανήτη Δία. Με το τηλεσκόπιο άλλαξε δε και ο στόχος της Αστρονομίας: τώρα δεν ενδιέφεραν μόνο οι θέσεις των πλανητών ως σημεία στο στερέωμα αλλά οι ίδιοι οι πλανήτες έγιναν αντικείμενο παρατηρήσεων. Προφανώς, τα πρώτα τηλεσκόπια είχαν προβλήματα παραμορφώσεων του αντικειμένου και αλλοιώσεων των χρωμάτων του, με το χρόνο βελτιώθηκε όμως κι αυτό το όργανο και έφτασε στη σημερινή μορφή της εξερεύνησης μέχρι και απομακρυσμένων γαλαξιών²⁰



Εικ 48,49,50 Μικροσκόπια και Τηλεσκόπιο 5^{ου} αι. (<http://www.foundalis.com>)

²⁰ Θ. Μανιάς, “Τα Άγνωστα Μεγαλουργήματα των Αρχαίων Ελλήνων” , Εκδόσεις ΠΥΡΙΝΟΣ ΚΟΣΜΟΣ, Αθήνα 2007

2.4.2 ΤΟ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟ

Αν και η αίσθηση ζεστού-κρύου είναι σε όλους τους ανθρώπους από μικρής ηλικίας οικεία, λόγω των αισθητηρίων στο ανθρώπινο σώμα, μέχρι τις αρχές του 17^{ου} αιώνα δεν υπήρχε δυνατότητα μέτρησης της θερμοκρασίας με κάποια ακρίβεια. Τα βιολογικά αισθητήρια δεν είναι σε θέση έτσι κι αλλιώς να διακρίνουν μικρές θερμοκρασιακές διαφορές και η εκτίμηση της θερμοκρασίας από έναν άνθρωπο εξαρτάται, τόσο από εξωγενείς παράγοντες (υγρασία), όσο και από ψυχολογικούς.

Ως πρώτος κατασκευαστής θερμομέτρου αναφέρεται ο Γαλιλαίος, ο οποίος θέρμανε μια άδεια γυάλινη σφαίρα, πάνω στην οποία ήταν ενωμένος ένας μακρύς σωλήνας και στη συνέχεια τοποθέτησε το ανοιχτό στόμιο του σωλήνα σε ένα δοχείο με νερό. Όταν ο ζεστός αέρας στη σφαίρα κρύωνε και μειωνόταν ο όγκος του, η στάθμη του νερού ανέβαινε, στην αντίθετη περίπτωση κατέβαινε. Έτσι υπήρχε μια ένδειξη για τη θερμοκρασία. Βέβαια, η στάθμη του νερού εξαρτάται και από την ατμοσφαιρική πίεση, αλλά για σταθερό σημείο μετρήσεων αυτό το όργανο λειτουργούσε ως θερμομόμετρο. Το επόμενο βελτιωμένο θερμομόμετρο εφευρέθηκε μετά από ένα αιώνα και πλέον, όπου η θερμοκρασία μετριόταν από τις μεταβολές της πίεσης και όχι του όγκου.



Εικ 51. Θερμόμετρο (<http://www.foundalis.com>)

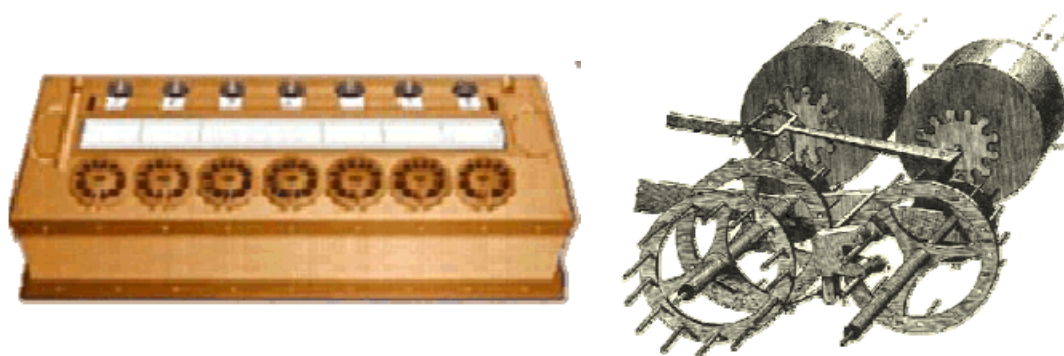
2.4.3 Η ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ, BLAISE PASCAL

Στα μέσα του 17^{ου} αιώνα κατασκευάστηκε η πρώτη αριθμομηχανή, μια αθροιστική μηχανή που έκανε «αυτόματα» προσθέσεις και αφαιρέσεις οκταψήφιων αριθμών. Εφευρέτης της ήταν ο δεκαοκτάχρονος Μαθηματικός και Φιλόσοφος Blaise Pascal (Πασκάλ, 1623-1662). Αφορμή για την κατασκευή αυτής της μηχανής που ονομάστηκε «Πασκαλίνα», ήταν η υποβοήθηση του πατέρα Πασκάλ, ο οποίος ήταν εφοριακός, στον όγκο των αριθμητικών πράξεων που αντιμετώπιζε στη δουλειά του καθημερινά.

Η «Πασκαλίνα» περιείχε μικρά γρανάζια, πάνω στα οποία ήταν σημειωμένοι οι αριθμοί από 1 μέχρι 10 και η άθροιση ή αφαίρεση αντιστοιχίζοταν με γωνίες περιστροφής. Όταν ένα γρανάζι έκανε μια πλήρη περιστροφή, παρέσυρε το αμέσως αριστερά του ευρισκόμενο γρανάζι και μεταφερόταν έτσι το «κρατούμενο», π.χ. από τις μονάδες στις δεκάδες κ.ο.κ. Αυτή η εφεύρεση του Πασκάλ αναγνωρίστηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1649, αλλά εμπορικά ήταν μια αποτυχία, λόγω της πολύ υψηλής τιμής της. Όσοι ήταν υποχρεωμένοι να εκτελούν αριθμητικές πράξεις, συνέχισαν να χρησιμοποιούν τον άβακα ή τα δάκτυλά τους. Εμπορική επιτυχία είχε η «Πασκαλίνα» περίπου 270 χρόνια μετά, όταν το έτος 1918 κατασκευάστηκε μια όμοια συσκευή εκτέλεσης προσθαφαιρέσεων με το όνομα «Addometer».

Ο Πασκάλ, ο οποίος έδειξε από μικρής ηλικίας χαρακτηριστικά μαθηματικής ιδιοφυΐας και είχε συγγράψει ήδη νεαρός σημαντικές μελέτες στη Φυσική και τα Μαθηματικά, είχε το έτος 1654 την εμπειρία ενός μυστικιστικού οράματος, οπότε απεσύρθη σε μοναστήρι και αφοσιώθηκε, παράλληλα με τις μαθηματικές εργασίες του (Συνδυαστική και Θεωρία των Πιθανοτήτων), σε θεολογικές και φιλοσοφικές μελέτες. Ο σημαντικός αυτός ερευνητής εναντιώθηκε στις ελευθεριάζουσες

αντιλήψεις του Καρτέσιου για τη φύση και τον κόσμο, οι ιστορικές και φιλοσοφικές εξελίξεις δεν τον δικαίωσαν όμως! Το έργο του «Pensees», στο οποίο ο Πασκάλ εργαζόταν από το 1654 και με το οποίο προσπάθησε να μεταφέρει τους νόμους της Λογικής στη χριστιανική θρησκεία, έμεινε ανολοκλήρωτο²¹.



Εικ 52,53. Πασκαλίνα και μηχανισμός για την μεταφορά του κρατούμενου.(www.google.gr)

2.4.4 ΠΙΕΣΗ, ΒΑΡΟΜΕΤΡΟ ΚΑΙ ΑΝΤΛΙΕΣ

Κατά το 17^ο αιώνα έχει καταστεί απαραίτητη η ανύψωση υγρών, αλλά οι αντλίες που είναι σε χρήση, ουσιαστικά βελτιωμένες παραλλαγές της αντλίας του Ήρωνα από την ελληνιστική εποχή, δεν είναι σε θέση να ανεβάσουν το νερό σε ύψος μεγαλύτερο από 10 μέτρα πάνω από τη στάθμη της θάλασσας. Επίσης τα σιφώνια δεν λειτουργούν σε λόφους που έχουν μεγαλύτερο ύψος από αυτά. Ακόμα, στα ορυχεία, τα οποία συχνά πλημμυρίζουν από υπόγεια νερά, οι αντλίες που χρησιμοποιούνται δεν επαρκούν πλέον. Όλα αυτά εξηγούνταν για κάποιο διάστημα με την ατέλεια των χρησιμοποιούμενων υλικών, γιατί οι σωλήνες ήταν ξύλινοι και οι ενώσεις δεν ήταν στεγανές. Η λύση ήρθε από ένα συνεργάτη του Γαλιλαίου, τον Evangelista Torricelli (Τοριτσέλι, 1608-1647).

²¹ S. Skinner, Sacred Geometry , Εκδόσεις GAIA, Αθήνα 2006

Ο Τοριτσέλι σκέφτηκε ότι το νερό δεν ανυψώνεται, επειδή τείνει να καλύψει το κενό που δημιουργεί στο θάλαμο η λειτουργία της αντλίας, αλλά ωθείται από την ατμοσφαιρική πίεση. Για να ελέγξει αυτός ο ερευνητής την υπόθεσή του, χρησιμοποίησε το 1643, αντί για θαλασσινό νερό, υδράργυρο, ο οποίος είναι σημαντικά πυκνότερος, πάνω από 10 φορές, του ατμοσφαιρικού αέρα. Τα πειράματα με θαλασσινό νερό έδειχναν μεν κάποιες διαφοροποιήσεις, αλλά δεν θεωρούνταν επαρκείς για να επιβεβαιώσουν μια θεωρία. Ο Τοριτσέλι γέμισε ένα σωλήνα μήκους 1,80 μέτρα με υδράργυρο, έκλεισε το στόμιο και τον τοποθέτησε αντεστραμμένο σε δεξαμενή επίσης με υδράργυρο. Όταν αφαίρεσε το πώμα, διαπίστωσε ότι ο υδράργυρος κατέβηκε λίγο στο σωλήνα αλλά παρέμεινε σε ύψος 76 εκατοστών. Έτσι, αυτό το αποτέλεσμα επιβεβαίωσε την υπόθεση του Τοριτσέλι.



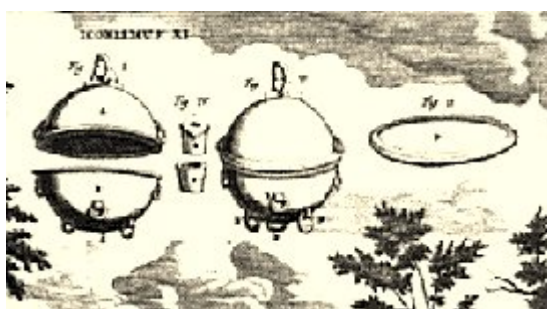
Εικ 54. Σχεδιαστική παράσταση του πειράματος Τοριτσέλι. (<http://www.foundalis.com>)

Παρεμπιπτόντως προέκυψε και ένα νέο τεχνικό επίτευγμα: Στην κορυφή του αντεστραμμένου σωλήνα δημιουργήθηκε ένα κενό, το οποίο πρέπει να ήταν το πρώτο που δημιουργήθηκε με τεχνικά μέσα. Βέβαια, η αναφορά και μόνο για την ύπαρξη κενού προκαλούσε την αντίθεση πολλών ερευνητών της εποχής, αφού ο Αριστοτέλης είχε διαπιστώσει ότι

«η φύση απεχθάνεται το κενό». Στη φύση δεν ήταν δυνατόν να υπάρχει κενό και η ύλη ήταν συνεχής σε όλο το σύμπαν! Οι συζητήσεις για το κενό στο σωλήνα του Τοριτσέλι πήραν σημαντική έκταση και για την εξήγηση του φαινομένου προτάθηκαν διάφορες λύσεις: Αυτό που φαινόταν ως κενό πρέπει να ήταν ατμοί υδραργύρου, άρα αραιωμένος υδράργυρος ή ότι στο κενό υπήρχε αέρας που αρχικά είχε ελάχιστο όγκο, ο οποίος μεγάλωνε κατά την εξέλιξη του πειράματος κ.ο.κ. Σταδιακά κατέληξε όμως όλη η επιστημονική κοινότητα της εποχής ότι η φύση «δεν έχει λόγο» να απεχθάνεται το κενό, το οποίο ήταν πλέον δυνατόν να παραχθεί με τεχνικά μέσα. Για άλλη μια φορά έπρεπε να διαψευστεί μια «αλήθεια» του Αριστοτέλη! Ο Τοριτσέλι, παρατηρώντας αυτό τον κενό χώρο στο σωλήνα των πειραμάτων του, διαπίστωσε ότι το μέγεθός του μεταβαλλόταν με την πάροδο των ημερών, δηλαδή η στάθμη του υδραργύρου στο σωλήνα άλλαζε ύψος. Ο Τοριτσέλι το απέδωσε στις διαρκείς μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης και δημιούργησε έτσι τις προϋποθέσεις για την κατασκευή του βαρομέτρου.

Το κενό αέρα που προέκυψε στα πειράματα του Τοριτσέλι έβαλε στη σκέψη πολλών ερευνητών να δημιουργήσουν ανάλογα κενά με άμεσο τρόπο! Για το σκοπό αυτό χρειαζόταν κατάλληλη αντλία και ένα αεροστεγές δοχείο. Ο Γερμανός Φυσικός Otto von Guericke (Γκέρικε, 1602-1686), ο οποίος κατασκεύασε το έτος 1645 μια χειροκίνητη αεραντλία. Αυτή η αντλία στηριζόταν στην ίδια αρχή με την υδραντλία μόνο που τα εξαρτήματά της εφάρμοζαν στεγανά και δεν είχαν διαρροές! Ο Γκέρικε παρήγαγε με αυτό τον τρόπο κενά σε μεγάλους όγκους και εκτέλεσε εντυπωσιακά για την εποχή του πειράματα, όπως ότι στο κενό δεν ακούγεται ο ήχος της καμπάνας, ότι δεν διατηρείται η φωτιά ενός κεριού και ότι μικρά ζώακια πέθαιναν, αν έμεναν αρκετή ώρα σε κενό αέρα.

Ο Γκέρικε εκτέλεσε το 1645 μπροστά στον αυτοκράτορα ένα εντυπωσιακό πείραμα, αφήνοντας άλογα να διαχωρήσουν δύο μεταλλικά ημισφαίρια, τα οποία σχημάτιζαν μια αεροστεγή σφαίρα, από την οποία είχε αφαιρεθεί ο αέρας. Η ατμοσφαιρική πίεση ήταν τόσο μεγάλη ώστε δεν επέτρεπε στα άλογα να διαχωρίσουν τα ημισφαίρια. Τα ημισφαίρια αυτά ονομάστηκαν *Μαγδεμβούργια*, επειδή ο Γκέρικε ήταν δήμαρχος της πόλης του Magdenburg.



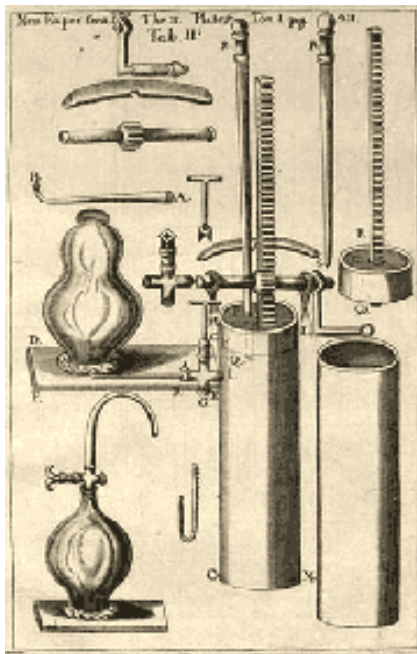
Εικ 55 Απεικόνιση του πειράματος του Γκέρικε (<http://www.foundalis.com>)

Ο Πασκάλ αξιοποίησε την αρχή του βαρομέτρου για να συγκρίνει υψομετρικές διαφορές. Ένας συγγενής τού μεγάλου ερευνητή ανέβηκε με βαρόμετρο σε βουνό ύψους 1.500 μέτρων και διαπίστωσε ότι η στήλη υδραργύρου είχε πέσει στα 68 εκατοστά, από τα 76 που ήταν στην επιφάνεια της θάλασσας. Το συμπέρασμα ήταν ότι σε κάποιο υψόμετρο θα μηδενιζόταν αυτή η ατμοσφαιρική πίεση, άρα εκεί δεν θα υπήρχε πια ατμόσφαιρα. Με την υπόθεση ότι η πυκνότητα του αέρα έμενε σταθερή, υπολόγισε ο Πασκάλ ότι το στρώμα της ατμόσφαιρας γύρω από τη Γη έπρεπε να έχει πάχος περί τα 8 χιλιόμετρα. Στην πραγματικότητα η ατμόσφαιρα αραιώνει με αυξανόμενο ύψος, οπότε το συνολικό ύψος της φτάνει σε αρκετές δεκάδες χιλιόμετρα, πάντως δεν είναι απεριόριστο! Ήδη εκείνη την εποχή ήταν όμως πια βέβαιο ότι ένα κενό αέρα διαχώριζε από τη Γη τα άστρα που έβλεπαν οι άνθρωποι στον ουρανό. Η Γη, όχι μόνο δεν ήταν το επίκεντρο του «κόσμου», αλλά δεν είχε καν υλική σύνδεση με αυτόν!

Ο Πασκάλ ζούσε στη Ρουέν, στην οποία είχε αναπτυχθεί εκείνη την εποχή σημαντικά ο κλάδος της υαλουργίας. Έτσι, ο μεγάλος αυτός ερευνητής είχε στη διάθεσή του γυάλινους σωλήνες μεγάλου μήκους, μέχρι 15 μέτρα και μπορούσε να εκτελεί διάφορα πειράματα με υδράργυρο και νερό. Σε δημοσιεύσεις της εποχής περιγράφονται πειράματα επιδείξεως του Πασκάλ με νερό και κρασί στο λιμάνι της Ρουέν, στα οποία οι περίεργοι καλούνταν να προβλέψουν τα αποτελέσματα των πειραμάτων. Ο εντυπωσιασμός του κοινού και των αξιωματούχων της πόλης από τα πειράματα του ιδιοφυούς φυσιοδίφη οδηγούσαν σε χρηματοδότηση νεότερων ερευνών του.

Περί το έτος 1648 μελέτησε ο Πασκάλ την πίεση των υγρών και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τα υγρά εξασκούν στα τοιχώματα του δοχείου που τα περιέχει κάθετες δυνάμεις. Σήμερα γνωρίζουμε ότι, αν δεν ήταν κάθετες αυτές οι δυνάμεις, θα παρατηρούνταν στο υγρό στροβιλιστικές ροές. Η πίεση αυτή στα τοιχώματα του δοχείου ονομάστηκε *υδροστατική* και αποτέλεσε την αρχή λειτουργίας των υδραυλικών πιεστηρίων.

Η εφεύρεση της *αντλίας κενού* επέτρεψε από τη δεκαετία 1650 την εκτέλεση πειραμάτων. Ο Αγγλο-Ιρλανδός ερευνητής Robert Boyle (Μπούλ, 1627-1691) κατέληξε μετά από πολλά πειράματα στην άποψη ότι ο αέρας είναι ένα *ελαστικό ρευστό*, το οποίο επεκτείνεται μέχρι να συναντήσει τοιχώματα. Αυτή η ελαστικότητα ονομάστηκε από τον Μπούλ «ικανότητα εκτίναξης» και για την εξήγησή της χρησιμοποιήθηκε η ιδέα ότι ο αέρας αποτελείται από σωματίδια σαν ελατήρια, τα οποία συμπιέζονται από κάποια εξωτερική δύναμη, αλλά εκτονώνονται αν αυτή η δύναμη μειωθεί.



Εικ 56 Πειραματικές διατάξεις του Boyle(<http://www.foundalis.com>)

Η δημοσίευση των αποτελεσμάτων από τα πειράματα του Μπούλ προκάλεσε το ενδιαφέρον από δύο πλευρές: Αφενός οι πνευματικά αδέσμευτοι ερευνητές των νόμων της φύσης θεώρησαν τα αποτελέσματα του Μπούλ ένα νέο βήμα στην κατανόηση της συμπεριφοράς του αέρα και των αερίων γενικότερα. Αφετέρου, οι υπερασπιστές της θρησκείας έβλεπαν να καταρρέει, άγνωστο γιατί, ένα ακόμα οχυρό της πίστης τους

Ο Μπούλ πιθανόν να φοβήθηκε μήπως δραστηριοποιηθούν εναντίον του οι εκκλησιαστικοί παράγοντες, ίσως όμως και μόνο από επιστημονική ευσυνειδησία άρχισε εντατικά πειράματα για να επιβεβαιώσει ή να απορρίψει τις αρχικές απόψεις του. Αποτέλεσμα ήταν να διατυπώσει το γνωστό νόμο που έμεινε στη Φυσική ως «Νόμος Boyle-Mariotte» (Edme Mariotte, Μαριότ, 1620-1684), σύμφωνα με τον οποίο το γινόμενο της πίεσης επί τον όγκο ενός ιδανικού αερίου είναι πάντα σταθερό!

Πέρα από τις συγκεκριμένες μελέτες του, ο Μπούλ κωδικοποίησε και τους κανόνες εκτέλεσης πειραμάτων. Για να πείσει τους άλλους ερευνητές για την ορθότητα των αποτελεσμάτων μετρήσεων με την αντλία κενού, δήλωνε ότι τα πειράματά του αποτελούσαν δημόσιο γεγονός και καθένας μπορούσε να έχει πρόσβαση σ' αυτά. Κάθε πείραμα

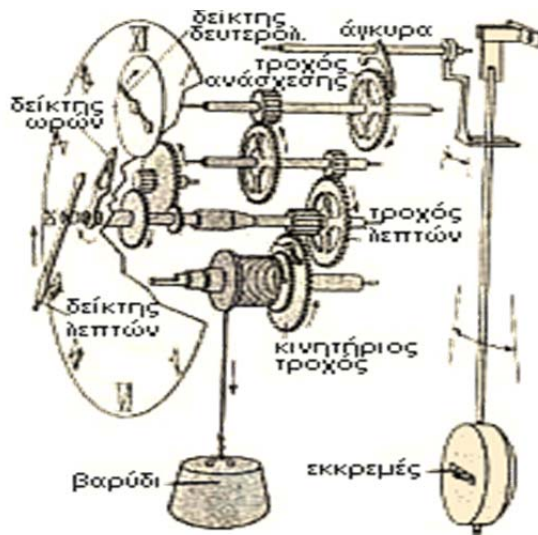
ήταν δυνατόν να επαναληφθεί με παρουσία ειδικευμένων παρατηρητών και τα αποτελέσματά του ήταν απαλλαγμένα από μεταφυσικές ερμηνείες. Έτσι, πίστευε ο Μπούλ, αν όλοι οι επιστήμονες ακολουθούσαν την ίδια τακτική, δεν θα αποτελούσαν οι έρευνές τους αντικείμενο διαμάχης και θα υπήρχε συναίνεση μεταξύ των ερευνητών²². Από αυτές και άλλες όμοιες σκέψεις ξεκίνησε η πρακτική της τακτικής δημοσίευσης των ερευνητικών αποτελεσμάτων σε έγκυρα επιστημονικά περιοδικά, με κριτές και βαθμολόγηση, η οποία πρακτική συνεχίζεται μέχρι των ημερών μας²³.

2.4.5 ΤΟ ΡΟΛΟΙ ΜΕ ΕΚΚΡΕΜΕΣ

Το έτος 1656 κατασκεύασε ο Ολλανδός, φυσιοδίφης Christiaan Huygens (Χόυχενς, 1629-1695) ένα ρολόι με εκκρεμές που διατηρούσε σταθερό βηματισμό. Αυτό το ρολόι έδινε την ώρα με ακρίβεια ενός λεπτού και αντικατέστησε τα μεσαιωνικά ρολόγια που είχαν απόκλιση ακόμα και μερικών λεπτών στη διάρκεια μιας ώρας. Για να πετύχει ο Χόυχενς το στόχο του επινόησε ένα μηχανισμό που έκανε το εκκρεμές να κινείται με μικρή γωνία απόκλισης και τοποθέτησε ένα βαρύδι, του οποίου η σταθερή πτώση δημιουργούσε σταθερότητα στη λειτουργία του ρολογιού

²² *Κ.Γαβρόγλου: Το παρελθόν των Επιστημών ως Ιστορία*

²³ «Technikgeschichte», edition sigma e.Kfm., Berlin.



Εικ 57 Ο μηχανισμός του εκκρεμούς με βαρύδι (www.google.gr)

Ένα χρόνο πριν είχε κατασκευάσει ο ίδιος ερευνητής σε συνεργασία με το φιλόσοφο, φυσιοδίφη και τεχνίτη οπτικών ειδών Benedict Spinoza (Σπινόζα, 1632-1677), ένα βελτιωμένο τηλεσκόπιο μήκους 7 μέτρων, με το οποίο εξέτασε τον πλανήτη Κρόνο. Αυτές οι παρατηρήσεις οδήγησαν τον Χούχενς στην εξήγηση των δακτυλίων του Κρόνου, τους οποίους είχε ήδη περιγράψει ο Γαλιλαίος, αλλά δεν μπόρεσε να εξηγήσει. Άλλα αποτελέσματα από τις παρατηρήσεις του Χούχενς ήταν η ανακάλυψη ενός δορυφόρου του Κρόνου, τον οποίο ονόμασε Τιτάνα και του νεφελώματος στον αστερισμό του Ωρίωνα.

2.4.6 ΕΠΙΓΕΙΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Μέχρι την έναρξη δρομολογίων από τους σιδηροδρόμους, οι μεταφορές αφορούσαν σχεδόν αποκλειστικά προώθηση αγροτικών και βιοτεχνικών προϊόντων. Στις αρχές του 17ου αιώνα καθιερώθηκαν συστηματικές ταχυδρομικές επικοινωνίες με άμαξες, οπότε έγινε δυνατή και η μεταφορά επιβατών, όποτε υπήρχαν ελεύθερες θέσεις.

Τα κάρα που χρησιμοποιούνταν από τους αρχαίους χρόνους συνέχισαν να χρησιμοποιούνται χωρίς αξιόλογες μεταβολές μέχρι το

τέλος του 19ου αιώνα. Κάποιες επουσιώδεις βελτιώσεις παρουσιάζονταν κατά καιρούς στα φρένα.

Μεγάλα τετράτροχα κάρα που μετέφεραν γεωργικά προϊόντα με βάρος μέχρι 4 τόνους, χρησιμοποιούσαν τους λεγόμενους καρόδρομους οι οποίοι, αν δεν είχε προηγηθεί έντονη βροχόπτωση, έδιναν τη δυνατότητα σταθερής πορείας. Αυτά τα κάρα είχαν έλξη από 4 ή 6 ζώα. Στην Αγγλία μεταφέρονταν γεωργικά προϊόντα μέχρι και 8 τόνους με κάρα που είχαν έλξη 10-12 αλόγων. Οι τροχοί των κάρων είχαν πλάτος εξωτερικής στεφάνης μέχρι 18 cm για να μη βυθίζονται στη λάσπη.

Μεταφορές προσώπων με άμαξες γίνονταν το Μεσαίωνα μόνο για γυναίκες, παιδιά και υπερήλικες, καθώς επίσης για ανώτερους αριστοκράτες και κληρικούς. Παρ' όλα αυτά, η σημασία της άμαξας ως μέσο κοινωνικής ανάδειξης οδήγησε στη διάδοση και στην κατασκευαστική βελτίωσή της. Όσοι δεν είχαν την οικονομική δυνατότητα να διαθέτουν άλογο, μουλάρι ή γάιδαρο, έπρεπε φυσικά να μετακινούνται με τα πόδια.

Οι πρώτες άμαξες ήταν απλά κιβώτια πάνω στον άξονα των τροχών, πράγμα που μετέτρεπε ένα ταξίδι σε περιπέτεια. Ήδη από τον 15ο αιώνα χρησιμοποιούνταν αναρτήσεις του θαλάμου με αλυσίδες, σκοινιά ή δερμάτινα λουριά, τα οποία μείωναν κάπως τους κραδασμούς. Από το 16ο αιώνα αναδείχθηκε η βόρεια Ιταλία σε κέντρο κατασκευής αμαξών, όπου ο συνηθισμένος τύπος ήταν η *carozza* που έδωσε το όνομά της στο θάλαμο όλων των μεταγενέστερων επιβατικών οχημάτων. Πέρα από την πολυτελή επένδυση του εσωτερικού της καρότσας με βελούδο και άλλα υφάσματα και την εξωτερική διακόσμησή της με ανάγλυφες παραστάσεις, από μηχανικής πλευράς δεν διέφερε σημαντικά από όλες τις προγενέστερες κατασκευές. Στις αρχές του 17ου αιώνα καθιερώθηκε

στην Ευρώπη η σταθερή ταχυδρομική επικοινωνία με άμαξες, οι οποίες προσέφεραν τον ελεύθερο χώρο τους σε επιβάτες.

Περί τα μέσα του 17ου αιώνα άρχισαν να κατασκευάζονται τετράτροχες άμαξες, στις οποίες οι δύο μπροστινοί, μικρότεροι τροχοί συνδέονταν με ένα άξονα που ήταν σημειακά συνδεδεμένος με την υπόλοιπη άμαξα. Έτσι μπορούσε μία τετράτροχη άμαξα να στρίψει με μικρή ακτίνα. Ένας γαλλικός τύπος τέτοιας άμαξας ονομάστηκε «Galesche». Χωρίς να είναι γνωστό το έτος της πρώτης χρήσης, στην Ευρώπη παρουσιάστηκαν άμαξες ως οχήματα κοινής ωφέλειας, π.χ. πυρόσβεση, αποκομιδή σκουπιδιών κ.ά. Από το έτος 1680 ρύθμιζε ένας εκτεταμένος νόμος στη Γαλλία το δικαίωμα χρήσης κρατικών αμαξών. Στο βαθμό και το κύρος του μεταφερόμενου προσώπου αντιστοιχούσε ο αριθμός των αλόγων, το χρώμα της άμαξας και η εσωτερική διακόσμησή της. Ανάλογες ρυθμίσεις υιοθετήθηκαν και στις υπόλοιπες ευρωπαϊκές αυλές, με αποτέλεσμα να αναπτυχθούν ιδιαίτερα τα επαγγέλματα των κατασκευαστών και των οδηγών αμαξών, αλλά και των εκτροφέων αλόγων.

Στα τέλη του 17ου αιώνα επινοήθηκαν και οι ελαστικές αναρτήσεις των αμαξών που έκαναν τα ταξίδια σημαντικά πιο άνετα. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν σπειροειδή ελατήρια, πάνω στα οποία στηριζόταν η καρότσα. Δυσάρεστο μπορεί να ήταν με αυτή την κατασκευή ότι ο θάλαμος έκανε διάφορες απρόβλεπτες ταλαντώσεις, αυτό ήταν όμως λιγότερο ενοχλητικό από τους κραδασμούς και τα τραντάγματα σε κάθε λακκούβα του δρόμου. Αργότερα κατασκευάστηκαν επιμήκη ελάσματα, τα οποία σε πακέτα των 5 μέχρι 10 ελασμάτων διαφορετικού μήκους, περίπου όπως χρησιμοποιούνται ακόμα σήμερα σε βαρέα οχήματα, εξασφάλιζαν σημαντική απόσβεση κραδασμών.

Στην Αγγλία έγινε δυνατή στη διάρκεια του 18ου αιώνα η φτηνή παραγωγή αμαξών με ανάρτηση σε χαλύβδινα ελάσματα που παράγονταν

σε μεγάλους αριθμούς, λόγω του μεγάλου αριθμού παραγγελιών που προέρχονταν από αριστοκράτες, κληρικούς και νεόπλουτους. Είναι προφανές ότι όλες αυτές οι κατασκευές ήταν απολύτως εμπειρικές, παρότι μερικοί ερευνητές της εποχής (Χουκ, Χούχενς κ.ά.) είχαν προσπαθήσει να μελετήσουν θέματα τριβής, ελαστικότητας κ.ά.

Η αύξηση του αριθμού αμαξών στους στενούς δρόμους πόλεων της Ευρώπης που είχαν μεσαιωνική ρυμοτομία και η παντελής απουσία κανόνων κυκλοφορίας, οδήγησε σε μια κυκλοφοριακή αναρχία που περιγράφεται στις εφημερίδες της εποχής. Ατυχήματα με τραυματισμούς και θανάτους ήταν πολύ συχνά στις μεγάλες πόλεις με ελάχιστη δυνατότητα αστυνομικών παρεμβάσεων, δεδομένου ότι σχεδόν όλοι αυτοί που χρησιμοποιούσαν άμαξες ήταν μέλη της ανώτατης κοινωνικής και οικονομικής τάξης. Σταδιακά κατέληξαν οι ηγεμόνες στο συμπέρασμα ότι έπρεπε να θεσπιστούν κανόνες κυκλοφορίας.

Παρότι κύριο μέσο επίγειων μεταφορών ήταν οι άμαξες που σύρονταν από ζώα, δεν έλειψαν και οι προσπάθειες για την κατασκευή οχημάτων που θα κινούνταν με τον άνεμο ή με ανθρώπινη προσπάθεια. Διάφορα σχέδια του Λεονάρντο ντα Βίντσι δείχνουν τέτοια οχήματα, τα οποία δεν φαίνεται να κατασκευάστηκαν ποτέ. Περί τα μέσα του 17ου αιώνα παρουσιάστηκε στη Νυρεμβέργη ένα όχημα που εκινείτο με τη δύναμη των ποδιών των επιβατών του, κάτι σαν τα σημερινά θαλασσοποδήλατα. Σε περιγραφές αναφέρεται ότι αυτό το όχημα κάλυπτε απόσταση 1,5 km σε μία ώρα περίπου. Στις παραλίες της Ολλανδίας κινούνταν οχήματα με μεγάλο πανί. Ήδη το 1600 είχε κατασκευαστεί ένα μεγάλο όχημα με πολύπλοκα πανιά, το οποίο μετέφερε 28 άτομα με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή ενός αλόγου - φυσικά μόνο για όσο χρόνο φυσούσε ούριος άνεμος. Σήμερα χρησιμοποιούνται σε ορισμένες παραλίες ακόμα τέτοια μονοθέσια οχήματα για ψυχαγωγία και αθλητισμό.

Αυτές οι προσπάθειες, αν και ήταν μεμονωμένες, έδειχναν στους τεχνικούς ότι, με κατάλληλο μηχανισμό ωθήσεως, θα ήταν δυνατή η κατασκευή ενός αυτοκίνητου οχήματος. Τεχνικό ενδιαφέρον και κοινωνική ζήτηση για ένα τέτοιο όχημα ήταν λοιπόν στην ημερήσια διάταξη. Έτσι δεν είναι τυχαίο ότι, ήδη η πρώτη αποδοτική ατμομηχανή που κατασκευάστηκε, χρησιμοποιήθηκε για «αυτοκίνητα οχήματα» ελεύθερης διαδρομής και για αυτο-κινούμενους συρμούς επί σιδηροτροχιάς. Με τις επόμενες μηχανές, τις λεγόμενες εσωτερικής καύσης που εφευρέθηκαν στα τέλη του 19ου αιώνα, έγινε σταδιακά δυνατή η κατασκευή σε μαζική κλίμακα και μικρών αυτοκινούμενων οχημάτων²⁴.

2.4.7 Η ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΗ

Ήδη από την Ελληνιστική εποχή ήταν γνωστή η δυνατότητα αξιοποίησης του ατμού για εξάσκηση δυνάμεων. Πρωτοπόρος σ' αυτή την προσπάθεια ήταν ο αλεξανδρινός Ήρων, ο οποίος είχε κατασκευάσει ατμοκίνητους μηχανισμούς για εντυπωσιασμό, διασκέδαση και προβληματισμό. Η ανάγκη για χρήση του ατμού σε παραγωγικές διαδικασίες δεν φαίνεται όμως να απασχολούσε τους ερευνητές, αφενός γιατί η συστηματική παραγωγή αφορούσε περιορισμένο αριθμό προϊόντων, αφετέρου γιατί το σχεδόν μηδενικό κόστος της εργασίας που προσέφεραν οι δούλοι, αποτελούσε αντικίνητρο για αναζήτηση άλλων λύσεων.

Στους επόμενους αιώνες έμειναν οι ιδέες του Ήρωνα και των άλλων ερευνητών της ελληνιστικής εποχής αναξιοποίητες, τόσο λόγω

²⁴ Χ./Ι. Λάζος, Μηχανική και Τεχνολογία στην Αρχαία Ελλάδα, Εκδόσεις ΑΙΟΛΟΣ, Αθήνα 1993

του αντιεπιστημονικού πνεύματος που επικρατούσε σε Ανατολή και Δύση, όσο και λόγω της συνεχιζόμενης έλλειψης οικονομικών κινήτρων για κατασκευή μηχανών, με τις οποίες θα γινόταν υποκατάσταση της απαιτούμενης δύναμης του νερού, του αέρα, των ανθρώπων και των ζώων στις παραγωγικές διαδικασίες. Η πρώτη αλλαγή ήρθε στο τέλος του 17ου αιώνα, συγκεκριμένα το 1690, οπότε κατασκεύασε ο Denis Papin (Παπέν, 1647-1713) μία *ατμομηχανή*, η οποία ονομάστηκε αργότερα *ατμοσφαιρική*. Ισχυρό κίνητρο για την κατασκευή αυτής της μηχανής ήταν οι ανάγκες για κινητήρια δύναμη με στόχο την άντληση των υπόγειων υδάτων από τις στοές των ορυχείων

Η λειτουργία της μηχανής του Παπέν είναι για τις σημερινές αντιλήψεις απλοϊκή: Σε ένα κύλινδρο που περιορίζεται από ένα έμβολο υπάρχει νερό, το οποίο θερμαίνεται μέχρι να εξατμιστεί. Η πίεση του ατμού ωθεί το έμβολο και έτσι εκδιώκεται ο ατμοσφαιρικός αέρας.

Τότε ψύχεται ο κύλινδρος εξωτερικά με κρύο νερό, οπότε ο ατμός συμπυκνώνεται σε νερό και μειώνεται ο όγκος του κατά περίπου 1.000 φορές! Στο χώρο αυτό προκύπτει έτσι ένα κενό, το οποίο καλύπτει ο ατμοσφαιρικός αέρας, πιέζοντας το έμβολο προς την άλλη κατεύθυνση. Τελικά, σ' αυτή τη διαδικασία δεν αξιοποιείται η πίεση του ατμού για την παραγωγή έργου, αλλά αυτή του ατμοσφαιρικού αέρα, γι' αυτό και ο χαρακτηρισμός της μηχανής του Παπέν ως *ατμοσφαιρικής*.

Αυτή η ατμομηχανή είχε ένα σημαντικό μειονέκτημα: Έπρεπε ο ατμός που είχε θερμανθεί ήδη σε υψηλές θερμοκρασίες να ψυχθεί και συμπυκνωθεί για να δημιουργηθεί κενό, πράγμα που σημαίνει σημαντικές ενεργειακές απώλειες. Αν μελετήσει κανείς συστηματικά το ισοζύγιο ενεργειών σε κάθε φάση λειτουργίας αυτής της ατμομηχανής, κάτι που δεν επέτρεπαν ακόμα οι επιστημονικές γνώσεις των αρχών του 18ου αιώνα, θα διαπιστώσει ότι η μηχανή του Παπέν έχει ασήμαντο

βαθμό αποδόσεως, άρα είναι περίπου άχρηστη ως μηχανισμός παραγωγής έργου.

Ο Παπέν είχε μια περίεργη ερευνητική σταδιοδρομία και προσωπική μοίρα που είναι χρήσιμο να αναφερθεί σ' αυτό το σημείο! Είχε σπουδάσει Ιατρική και συνεργαζόταν με τον Χόουχενς στο Παρίσι. Εκεί γνώρισε και τον Λάιμπνιτς, με τον οποίο έγινε φίλος και αργότερα αλληλογραφούσε τακτικά. Το 1675 πήγε ο Παπέν στο Λονδίνο και συνεργάστηκε με τους Μπούλ και Χουκ, αφού είχε αποκτήσει τη φήμη ικανότατου πειραματιστή. Αυτός ο σπουδαίος ερευνητής, προτεστάντης στο θρήσκευμα, δεν κατάφερε να επιστρέψει ποτέ πια στη Γαλλία, γιατί από το 1685 άρχισαν πάλι διώξεις των Ουγενότων, μετά την ανάκληση από τον Λουδοβίκο XIV του *έδικτου ανεκτικότητας* της Nantes για ελεύθερη επιλογή του θρησκευτικού δόγματος. Ως μέλος της Royal Society στο Λονδίνο παρουσίασε ο Παπέν τις πρώτες υλοποιήσεις της ατμομηχανής του, μία από τις οποίες όμως εξερράγη, λόγω της υπερπίεσης στον κλειστό κύλινδρο, ευτυχώς χωρίς ανθρώπινα θύματα. Για μια δεύτερη επίδειξη της ίδιας μηχανής, δεν έβρισκε ο εφευρέτης πλέον ακροατήριο, παρ' ότι είχε τοποθετήσει στη μηχανή του μία βαλβίδα ασφαλείας.

Στη δεκαετία του 1780 εγκαταστάθηκε ο Παπέν στη Γερμανία, όπου προσπαθούσε να παρακινήσει διάφορους ηγεμόνες να χρηματοδοτήσουν την κατασκευή κανονιού με ατμοκίνηση. Όμως κανείς δεν ενθουσιάστηκε από τις πρωτοπόρες ιδέες του, όπως και για την ιδέα ενός υποβρυχίου, το οποίο παρ' ελπίδα καταστράφηκε κατά την πανηγυρική επίδειξη που έγινε με επίσημους καλεσμένους. Αποτέλεσμα αυτών και διαφόρων άλλων ιδεών του ήταν η κατασκευή της τελικής μορφής της *ατμοσφαιρικής ατμομηχανής*, για την οποία όμως επίσης δεν έδειξε ενδιαφέρον κάποιος χρηματοδότης. Έτσι το έτος 1707 πήγε αυτός ο σημαντικός ερευνητής και πάλι στο Λονδίνο για να παρουσιάσει την ατμομηχανή του, αλλά διαπίστωσε ότι ένας Εγγλέζος μηχανικός, ο

Thomas Savery (Σείβερν, ~1650 -1715), είχε κατασκευάσει μια όμοια μηχανή με τη δική του και είχε πάρει δίπλωμα ευρεσιτεχνίας ήδη από το έτος 1698. Οι ελπίδες του Παπέν για υποστήριξη του από τον «πατριάρχη» της ευρωπαϊκής επιστήμης, τον Νεύτωνα, αποδείχθηκαν μάταιες, δεδομένου ότι παρουσίασε στον μνησίκακο Νεύτωνα μια συστατική επιστολή του Λάιμπνιτς, τον οποίο ο Νεύτων θεωρούσε αντιγραφέα της ιδέας του για τον Απειροστικό Λογισμό. Έκτοτε χάθηκαν τα ίχνη του Παπέν, ο οποίος πρέπει να έζησε μέχρι το 1712-13 φτωχικά. Ο Εγγλέζος μηχανικός Thomas Newcomen (Νιούκομεν, 1663-1729) βελτίωσε τις ατμομηχανές των Παπέν και Σείβερν, διαχωρίζοντας την παραγωγή ατμού από τον κύλινδρο εργασίας και τροποποιώντας την συμπύκνωση του ατμού με άμεσο καταιωνισμό με νερό. Το έμβολο της ατμομηχανής συνδεόταν μέσω ισορροπημένου ζυγού (balancier) με το έμβολο της αντλίας· το αντίβαρο του ζυγού βοηθούσε στην άνοδο του εμβόλου της ατμομηχανής, την ίδια στιγμή που άνοιγε στον πυθμένα του κυλίνδρου μία βαλβίδα, η οποία επέτρεπε την στο Λονδίνο. Είναι άγνωστο πότε ακριβώς πέθανε!

Ο Εγγλέζος μηχανικός Thomas Newcomen (Νιούκομεν, 1663-1729) βελτίωσε τις ατμομηχανές των Παπέν και Σείβερν, διαχωρίζοντας την παραγωγή ατμού από τον κύλινδρο εργασίας και τροποποιώντας την συμπύκνωση του ατμού με άμεσο καταιωνισμό με νερό. Το έμβολο της ατμομηχανής συνδεόταν μέσω ισορροπημένου ζυγού (balancier) με το έμβολο της αντλίας· το αντίβαρο του ζυγού βοηθούσε στην άνοδο του εμβόλου της ατμομηχανής, την ίδια στιγμή που άνοιγε στον πυθμένα του κυλίνδρου μία βαλβίδα, η οποία επέτρεπε την είσοδο ατμού χαμηλής πίεσης από το λέβητα. Μόλις το έμβολο έφτανε στο ανώτατο σημείο, έκλεινε αυτή η βαλβίδα και άρχιζε ο καταιωνισμός με κρύο νερό. Κάτω από τον κύλινδρο προέκυπτε λοιπόν υποπίεση και ο ατμοσφαιρικός αέρας από πάνω ασκούσε δύναμη για κάθοδο του εμβόλου. Για την

άνοδο του εμβόλου έπρεπε να αποχετευτεί το νερό συμπυκνώσεως και να εισέλθει ατμός υψηλής πίεσης. Έτσι άρχιζε ο νέος κύκλος της λειτουργίας. Ο ζυγός στην ατμομηχανή του Νιούκομεν έκανε ταλαντεύσεις περί τις 12 φορές ανά λεπτό και με κάθε παλινδρόμηση ανέβαζε περίπου 50 λίτρα νερό σε ύψος επίσης 50 μέτρων.

Η ατμομηχανή του Σείβερν χρησιμοποιήθηκε επίσης για την άντληση υδάτων σε ορυχεία, αλλά κυρίως για μικρές υψομετρικές διαφορές. Κύριο μειονέκτημά της ήταν ότι λειτουργούσε με πιέσεις 6-10 ατμοσφαιρών, πράγμα που ξεπερνούσε τις αντοχές των υλικών εκείνης της εποχής. Επειδή δε ο λέβητας της ατμομηχανής του Σείβερν έπρεπε να βρίσκεται κάτω στο ορυχείο, ενώ στην περίπτωση του Νιούκομεν ο λέβητας βρισκόταν στην επιφάνεια του εδάφους, γίνεται αντιληπτό ότι οι εκρήξεις που συνέβησαν σε λέβητες του Σείβερν, είχαν τραγικά αποτελέσματα στο ανθρώπινο δυναμικό!

Η *ατμοσφαιρική ατμομηχανή* χρησιμοποιήθηκε για περίπου έναν αιώνα σε ορυχεία όλης της Ευρώπης για την άντληση υπόγειων υδάτων που πλημμύριζαν τις στοές, παρ' ότι ο βαθμός αποδόσεώς της παρέμενε ακόμα πολύ χαμηλός, περί το 1%! Κατά το έτος 1733 λειτουργούσαν στην Αγγλία πάνω από 100 ατμοσφαιρικές ατμομηχανές, ενώ στη δεκαετία του 1760 πρέπει να λειτουργούσαν στην ηπειρωτική Ευρώπη περί τις 400. Κύριος λόγος των υψηλών απωλειών ενέργειας (99%) ήταν η συνεχής εναλλαγή θέρμανσης και ψύξης του κυλίνδρου, διαδικασία που απαιτούσε μεγάλη ποσότητα καυσίμου. Η μηχανή του Νιούκομεν αποτελεί παρ' όλες τις ατέλειές της, την πρώτη ατμομηχανή και μπορούμε να θεωρήσουμε ότι με αυτή τη μηχανή έχουν τεθεί τα θεμέλια της εκμηχανισμένης παραγωγής.

Ο Σκοτσέζος μηχανικός James Watt (Βατ, 1736-1819), ο οποίος εργαζόταν στη σχεδίαση και κατασκευή ανεμομύλων, ανέλαβε το 1763 να επιδιορθώσει μία ατμοσφαιρική ατμομηχανή. Έτσι είχε την ευκαιρία

να μελετήσει τη λειτουργία της και να επιφέρει σ' αυτή διάφορες βελτιώσεις. Καταρχήν διαχώρισε από τον κύλινδρο, πέρα από την παραγωγή ατμού που έκανε ήδη ο Νιούκομεν, και την συμπύκνωση του ατμού. Ήδη με αυτή την επιλογή μειωνόταν η κατανάλωση καυσίμου στο ένα τρίτο του αρχικού. Ο κύλινδρος μπορούσε έτσι να διατηρηθεί με ένα θερμαινόμενο (με ατμό) κάλυμμα σε υψηλή θερμοκρασία. Η σημαντικότερη βελτίωση προέκυψε όμως με την εγκατάλειψη από τον Βατ της ατμοσφαιρικής πίεσης και αξιοποίηση της υψηλότερης πίεσης του ατμού. Το 1776 παρουσίασε ο εφευρέτης την πρώτη βελτιωμένη ατμομηχανή του χαμηλής πίεσης και το 1782 την πρώτη μηχανή με διπλή δράση του ατμού στην κίνηση του εμβόλου. Αυτή η διπλή δράση προέκυπτε με τη σύνδεση, μέσω βαλβίδων, εναλλάξ του πάνω και κάτω τμήματος του κυλίνδρου με τον συμπυκνωτή

Ο Βατ συνεργάστηκε με τον οικονομικά ισχυρό βιομήχανο Matthew Boulton και πειραματιζόταν από το 1774 στο εργοστάσιο του δεύτερου, στο Soho του Birmingham. Η πρώτη μηχανή του Βατ προοριζόταν και χρησιμοποιήθηκε επίσης για άντληση υδάτων από ορυχεία, οπότε η λειτουργία της συσχετιζόταν πάλι με την ύπαρξη του ζυγού και τα έμβολα της αντλίας, όπως κι εκείνη του Νιούκομεν. Για χρήση της ατμομηχανής σε παραγωγικές διαδικασίες ήταν απαραίτητη όμως η μετατροπή της παλινδρομικής κίνησης σε περιστροφική ενός άξονα, για την οποία απαιτείτο η χρήση ενός στρόφαλου. Αλλά αυτό το εξάρτημα ήταν προστατευμένο με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας (!) και για απόκτηση των δικαιωμάτων χρήσης του σε ατμομηχανή θα απαιτείτο η καταβολή υψηλών χρηματικών ποσών. Μέχρι το έτος 1794 που έληξε η ισχύς αυτού του δικαιώματος εισήγαγε ο Βατ διάφορες βελτιώσεις στη μηχανή του, αξιοποιώντας και τον φυγοκεντρικό ρυθμιστή, με τη λειτουργία του οποίου παρέμενε περίπου σταθερός ο αριθμός στροφών της μηχανής.

Έτσι, ήδη από το έτος 1787, δύο χρόνια πριν ξεσπάσει η γαλλική επανάσταση, ήταν διαθέσιμη μια κινητήρια μηχανή γενικής χρήσης, ανεξάρτητη από άπνοια και υδατοπτώσεις, ανεξάρτητη από κόπωση ανθρώπων και ζώων, μια μηχανή με υψηλές και σταθερές ισχύς κι ένα αξιόλογο για την εποχή βαθμό αποδόσεως. Η ατμομηχανή του Βατ, αν και είχε ακόμα πολύ χαμηλό βαθμό αποδόσεως, περί το 7%, άνοιξε το δρόμο για τη μαζική παραγωγή προϊόντων και τη δημιουργία μεγάλων μονάδων παραγωγής, τα *εργοστάσια*. Με αυτή τη μηχανή δημιουργήθηκαν επίσης οι προϋποθέσεις για την εγκατάσταση δικτύου σιδηροδρομικών και ατμοπλοϊκών μεταφορών και, μαζί με τις ηλεκτρογεννήτριες που εφευρέθηκαν μετά από αρκετές δεκαετίες, αποτέλεσαν τα πρώτα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη, με τα οποία τροφοδοτήθηκαν με ηλεκτρική ενέργεια οι πόλεις και οι βιομηχανίες. Όλες αυτές οι καινοτομίες και άλλες δευτερεύουσες στον περίγυρο της ατμομηχανής άλλαξαν την οικονομία και την κοινωνία καταρχήν της Ευρώπης και στη συνέχεια του υπόλοιπου κόσμου και θεμελίωσαν κατά τις επόμενες δεκαετίες τη *βιομηχανική κοινωνία*.

Ένα άλλο, αφανές μεν αλλά εξ ίσου σημαντικό όφελος από την εφεύρεση της ατμομηχανής ήταν η μελέτη των επί μέρους φάσεων της λειτουργίας της, με αποτέλεσμα να προκύψει ο επιστημονικός τομέας της *Θερμοδυναμικής* (N.L. Carnot). Το 19^ο αιώνα διατυπώθηκαν τα *θερμοδυναμικά αξιώματα* και οι νόμοι αυτού του σημαντικού τομέα της Φυσικής και της Τεχνικής²⁵

²⁵ X./Ι. Λάζος, *Μηχανική και Τεχνολογία στην Αρχαία Ελλάδα*, Εκδόσεις ΑΙΟΛΟΣ, Αθήνα 1993

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στα τέλη της δεκαετίας του 1940 ο κόσμος έχει εξέλθει από ένα δολοφονικό παγκόσμιο πόλεμο, με ασύλληπτο αριθμό νεκρών και ανυπολόγιστες υλικές καταστροφές και μπαίνει σε ένα, λεγόμενο ψυχρό πόλεμο, όπου επαπειλείται η χρήση ατομικών όπλων μεταξύ των πυρηνικών δυνάμεων και γι' αυτό επικρατεί μια ισορροπία του τρόμου.

Ο δεύτερος παγκόσμιος πόλεμος προκάλεσε ανακατατάξεις στην ευρωπαϊκή και στην παγκόσμια πολιτική σκηνή: οι χώρες που ελευθέρωσε ο σοβιετικός στρατός από τα ναζιστικά στρατεύματα και αποτέλεσαν το λεγόμενο ανατολικό μπλοκ, απέκτησαν καθεστώτα που αυτοχαρακτηρίζονταν ως «σοσιαλιστικές δημοκρατίες».

Η Μεγάλη Βρετανία και η Γαλλία αλλά και μικρότερες αποικιακές δυνάμεις (Βέλγιο, Ολλανδία) εγκατέλειψαν σταδιακά τις αποικίες τους, αρχικά λόγω των απελευθερωτικών κινημάτων (Ινδίες, Ινδοκίνα, Κένυα, Αλγερία, Κύπρος κ.ά.) και των εσωτερικών πολιτικών πιέσεων, αργότερα δε λόγω της απώλειας οικονομικού ενδιαφέροντος για τις αποικιοκρατικές χώρες και της αδυναμίας τους να αντεπεξέλθουν στις οικονομικές απαιτήσεις της κατοχής. Παράλληλα αναδείχθηκαν σταδιακά ως μεγάλες (καταρχήν οικονομικές) δυνάμεις οι ηττημένοι του β' παγκόσμιου πολέμου, Γερμανία και Ιαπωνία και, αργότερα, η Κίνα.

Το έτος 1989 κατέρρευσε απρόοπτα το καθεστώς που είχε εγκαθιδρυθεί στις χώρες του ανατολικού (κομμουνιστικού) μπλοκ, λόγω εσωτερικών αδυναμιών και αδιεξόδων του συστήματος διακυβέρνησης. Αποτέλεσμα ήταν η πολυδιάσπαση της Σοβιετικής Ένωσης στα επιμέρους κράτη που την συγκροτούσαν και η αλλαγή προσανατολισμού μερικών κυβερνήσεων στη μετακομμουνιστική εποχή από τις παλιές

συμμαχίες της Ανατολής προς νέες συμμαχίες στη Δύση, κυρίως με τις ΗΠΑ και την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Στην ίδια αυτή περίοδο οι μεγάλες εταιρίες παίρνουν πολυεθνική διάσταση, με διάχυση των μετοχών τους σε όλο τον κόσμο και συχνά είναι σε θέση να ελέγξουν κυβερνήσεις, διεθνείς οργανισμούς και αγορές. Οι αλληπάλληλες ενεργειακές κρίσεις (κρίσεις προσφοράς πετρελαίου) διευκολύνουν όμως τις μικρές και ευέλικτες επιχειρήσεις να επιβιώσουν και να αναπτυχθούν. Σταδιακά μεταφέρεται το κέντρο παραγωγής προϊόντων υψηλής τεχνολογίας και χαμηλού κόστους στην Ανατολή και οι χώρες του τόξου από την Ιαπωνία μέχρι τη Σιγκαπούρη και τη Μαλαισία αναδεικνύονται σε πρωτοπόρους της ηλεκτρονικής τεχνολογίας. Η δυνατότητα (ανα)παραγωγής αμερικάνικων και ευρωπαϊκών προϊόντων σ' αυτές τις χώρες, αρχικά χωρίς έξοδα ανάπτυξης και προβολής και η ευρεία διάδοσή τους στις δυτικές αγορές, δημιούργησε τα απαιτούμενα κεφάλαια για τη συγκρότηση υποδομών έρευνας και ανάπτυξης και την προσφορά νέων προϊόντων στην παγκόσμια αγορά.

Ένα χαρακτηριστικό των κοινωνιών που επιτάθηκε τις τελευταίες δεκαετίες του 20ου αιώνα και έφτασε στα αυτιά κάθε πληροφορημένου πολίτη στη δεκαετία του 1990, είναι η λεγόμενη «παγκοσμιοποίηση», μια διαδικασία της διαρκούς διασύνδεσης και αλληλεξάρτησης των επιμέρους αγορών και της εθνικής πολιτικής, λόγω της τεχνολογικής προόδου στους τομείς της πληροφορικής, των τηλεπικοινωνιών και των μεταφορών, καθώς επίσης εξ αιτίας του φιλελευθερισμού στο παγκόσμιο εμπόριο. Αυτό το φαινόμενο δεν είναι νέο, ήδη ο Μαρξ είχε διαβλέψει την εξέλιξη στα μέσα του 19ου αιώνα (1847-48). Μετά την κατάρρευση του «ανατολικού μπλοκ», πήρε όμως η παγκοσμιοποίηση μια σαφή μορφή και συγκεκριμένα αυτή της επιβολής του αμερικάνικου πολιτικού

ελέγχου και της διάχυσης του αμερικάνικου ή, γενικότερα, του δυτικού τρόπου ζωής.

Οι εφαρμοσμένες επιστήμες παίζουν μετά το β' παγκόσμιο πόλεμο ένα διαρκώς αυξανόμενο ρόλο και η ενοποίηση επιστήμης και τεχνολογίας διευρύνεται όλο και περισσότερο. Ηγετική δύναμη στα επιστημονικά και τεχνολογικά επιτεύγματα αναδεικνύεται η Αμερική, η οποία ακολουθείται μόνο από την τότε Σοβιετική Ένωση στο στρατιωτικό τομέα και άλλους συναφείς με αυτόν τομείς (διαστημική τεχνολογία, ηλεκτρονικές εφαρμογές κλπ.) Διατίθενται σημαντικού ύψους κονδύλια για εφαρμοσμένη έρευνα και τα αποτελέσματα αξιοποιούνται με εντατικούς ρυθμούς. Κυριότεροι τεχνολογικοί τομείς που αναδεικνύονται αυτές τις δεκαετίες είναι η Ηλεκτρονική και η Πληροφορική, παράλληλα όμως η Βιολογία και η Γενετική.

Ειδικότερα, η στρατιωτική τεχνολογία ανέδειξε τους τομείς της πυρηνικής ενέργειας και πυραυλικής τεχνολογίας, οι οποίοι αξιοποιήθηκαν και θα αξιοποιούνται και μελλοντικά παράλληλα για ειρηνικές εφαρμογές. Κατά τον ανταγωνισμό των αντιπάλων παρατάξεων του δεύτερου παγκόσμιου πολέμου για την κατασκευή της ατομικής βόμβας, έφτασαν πρώτοι στο στόχο οι Αμερικάνοι, αν και οι Γερμανοί διέθεταν περισσότερους και διασημότερους επιστήμονες. Όταν τελικά η ατομική βόμβα ήταν διαθέσιμη ως όπλο, ο πόλεμος είχε ουσιαστικά τελειώσει, αλλά οι Αμερικάνοι έριξαν δύο από τις πρώτες βόμβες για καθαρά πολιτικούς λόγους στις ιαπωνικές πόλεις Ναγκασάκι και Χιροσίμα, με εκατοντάδες χιλιάδες ανθρώπινα θύματα και τεράστιες υλικές ζημιές. Στα επόμενα χρόνια απέκτησαν την πυρηνική τεχνολογία, στη Δύση οι Βρετανοί και οι Γάλλοι και στην Ανατολή (εν μέρει με κατασκοπευτικές μεθόδους) οι Σοβιετικοί και οι Κινέζοι.

Στην τεχνολογία πυραύλων είχαν στις αρχές της δεκαετίας του 1940 πρωτοπορία οι Γερμανοί, οι οποίοι κατά τη διάρκεια του

παγκόσμιου πολέμου βομβάρδιζαν εξ αποστάσεως το Λονδίνο και άλλες βρετανικές πόλεις (πύραυλοι V2). Με τη λήξη του πολέμου εξελίχθηκε ένας αγώνας δρόμου των νικητών για να «κλείσουν» περισσότερους και καλύτερους Γερμανούς ειδικούς στην πυραυλική τεχνολογία. Ήταν ίσως και οι μόνοι συνεργάτες του ναζιστικού καθεστώτος που δεν πέρασαν από δικαστήρια εγκληματιών πολέμου! Αρχικά με αυτούς τους τεχνικούς αναπτύχθηκαν η αμερικάνικη και η σοβιετική διαστημική τεχνολογία, η οποία οδήγησε, αφενός στους διηπειρωτικούς πυραύλους με ατομική γόμωση, αφετέρου στις αποστολές ερευνητικών συσκευών στο διάστημα, στην προσελήνωση αστροναυτών και στην προσέγγιση σε άλλους πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος διαφόρων μηχανών φωτογράφησης και δειγματοληψίας.

Οι τεχνολογικές εφαρμογές με τις μεγαλύτερες επιτυχίες ήταν στις δεκαετίες μετά το 1950 η Ηλεκτρονική και η Πληροφορική, με τις πολύ σημαντικές κατασκευές ηλεκτρονικών συστημάτων ψυχαγωγίας, αυτόματου ελέγχου, τηλεπικοινωνιών και υπολογισμού, συχνά ως παραπροϊόντα του στρατιωτικού τομέα. Αυτές οι κατασκευές επηρέασαν όλους τους άλλους επιστημονικούς, τεχνολογικούς και παραγωγικούς τομείς, στους οποίους βελτιώθηκαν επίσης σημαντικά οι επιδόσεις, χωρίς να έχει προκύψει σ' αυτούς τους τομείς κάποια ανατρεπτική καινοτομία. Ένας τομέας που εξελίχθηκε επίσης σημαντικά, αν και περισσότερο σιωπηλά, ήταν αυτός των υλικών, από τα πλαστικά και τα μεταλλικά κράματα, μέχρι τα κεραμικά, τα υαλικά και τους ημιαγωγούς.

Ειδικότερα η Πληροφορική αναπτύχθηκε ραγδαία, αφενός λόγω της ελαχιστοποίησης στο μέγεθος και της βελτίωσης των λειτουργιών των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και, αφετέρου, λόγω της ανάπτυξης του λογισμικού, ώστε μέσα σε 50 περίπου χρόνια να φτάσουμε, από ένα ογκώδη υπολογιστή 40 τόνων (ENIAC) σε ένα επιπαλάμιο υπολογιστή τσέπης (palmtop). Οι υπολογιστές είναι στα τέλη του 20ου αιώνα σε θέση

να ελέγχουν πολύπλοκες παραγωγικές και άλλες διεργασίες, να διαχειρίζονται βάσεις δεδομένων μεγάλης κλίμακας και να εκτελούν ένα πολύ μεγάλο όγκο αριθμητικών πράξεων που απαιτούνται στη διαστημική τεχνολογία, σε εγκαταστάσεις πυρηνικής ενέργειας, σε μετεωρολογικές υπηρεσίες, σε ερευνητικά κέντρα κ.α.

Ένας από τους τομείς που είχε μεγάλη ανάπτυξη μετά το 1950, όχι επειδή υπήρξε κάποια εντυπωσιακή καινοτομία, αλλά επειδή αξιοποιήθηκαν πολλές άλλες καινοτομίες προς όφελός του, ήταν ο τομέας των συγκοινωνιών. Οι μεταφορές ανθρώπων και προϊόντων μεταξύ χωρών και ηπείρων, χερσαίες, θαλάσσιες και εναέριας, έγιναν φθηνές και εύκολες. Για το σκοπό αυτό αξιοποιήθηκαν νέα μεγάλα και ανθεκτικά μέσα συγκοινωνιών κάθε είδους, τα καύσιμα και η ηλεκτρική ενέργεια, οι επικοινωνίες, οι υπολογιστές, αλλά και η εκπαίδευση του προσωπικού.

Η καινοτομία που φαίνεται όμως ότι θα αφήσει τη σφραγίδα της στην εποχή μας και πιθανόν να αποτελέσει στο μέλλον το κύριο χαρακτηριστικό, για το οποίο θα την αναφέρουν οι επόμενες γενιές των ανθρώπων, θετικά ή αρνητικά, είναι η Γενετική, για τις επιπτώσεις των εφαρμογών της οποίας δεν είναι ακόμα δυνατόν να διατυπωθούν οριστικά σχόλια. Φαίνεται όμως ότι η εποχή που βρίσκεται σε εξέλιξη στις αρχές του 21ου αιώνα θα κλείσει κάποια στιγμή με μια νέα, τελείως διαφορετική αντίληψη του ανθρώπου για τον εαυτό του. Πολλά πράγματα δείχνουν ότι, αφενός ο άνθρωπος θα γίνει σχεδόν άτρωτος από ασθένειες και ανανεώσιμος, με ανταλλακτικά όργανα και μέλη, με δημιουργία αντιγράφων από «πετυχημένα» πρωτότυπα, με συστηματικό επηρεασμό των μηχανικών, υδραυλικών και ηλεκτροχημικών βιολογικών λειτουργιών του και, πιθανόν κάποια στιγμή, και με ανανεωμένη συνείδηση. Αφετέρου θα γίνει αργά ή γρήγορα δυνατή η μεταφορά του ανθρώπινου νου, σε ένα τεχνητό σώμα, ένα λεγόμενο «ανδροειδές», όπου

θα επιμηκύνεται κατά βούληση η πνευματική επιβίωση, χωρίς πόνους και φθορές, χωρίς καν φοβίες και άλλα συναισθήματα, με μοναδική πιθανή εξάρτηση από την παροχή ηλεκτρικής ή άλλης ενέργειας²⁶.

²⁶ The History and Philosophy of Science: A Selection of Web and other Sources

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Λάζος Χ., “Μηχανική και Τεχνολογία στην Αρχαία Ελλάδα” , Εκδόσεις ΑΙΟΛΟΣ, Αθήνα 1993.

Λάζος Χ., “Η Περιπέτεια της Τεχνολογίας στην Αρχαία Ελλάδα” , Εκδόσεις ΑΙΟΛΟΣ, Αθήνα 1999.

Λάζος Χ., “Υδραυλικά Όργανα και Μηχανισμοί” , Εκδόσεις ΑΙΟΛΟΣ, Αθήνα 1999.

Λάζος Χ., “Αρχιμήδης ο Ευφυής Μηχανικός” , Εκδόσεις ΑΙΟΛΟΣ, Αθήνα 1995.

Λάζος Χ., “Ναυτική Τεχνολογία στην Αρχαία Ελλάδα” , Εκδόσεις ΑΙΟΛΟΣ, Αθήνα 1996.

Λάζος Χ., “Τηλεπικοινωνίες των Αρχαίων Ελλήνων” , Εκδόσεις ΑΙΟΛΟΣ, Αθήνα 1997.

Λάζος Χ., “Ο Υπολογιστής των Αντικυθήρων” , Εκδόσεις ΑΙΟΛΟΣ, Αθήνα 1994.

Λάζος Χ., “Η Ιδέα της Πτήσης στην Ελληνική Σκέψη , Εκδόσεις ΑΙΟΛΟΣ, Αθήνα 2003.

Μανιάς Θ., “Τα Άγνωστα Μεγαλουργήματα των Αρχαίων Ελλήνων” , Εκδόσεις ΠΥΡΙΝΟΣ ΚΟΣΜΟΣ, Αθήνα 2007.

Μπουρδάκου Ε.Λ., “Δαίδαλος ο Πρώτος Μηχανικός”, Εκδόσεις ΑΙΟΛΟΣ, Αθήνα 2000.

Richer J., “Η Ιερή Γεωγραφία του Ελληνικού Κόσμου”, Εκδόσεις ΚΥΒΕΛΗ, Αθήνα 2001

Skinner S., “Sacred Geometry” , Εκδόσεις GAIA, Αθήνα 2006

ΑΛΛΕΣ ΠΗΓΕΣ

Ίδρυμα Μείζονος Ελληνισμού: “Υστερη Βυζαντινή Περίοδος”, 1204-1453, Αθήνα

Τεύχος 86 «Ιστορικά» εφημερίδας *Ελευθεροτυπία*, Αθήνα 2005

Λεξικό Ελληνικής Μυθολογίας: Mythologie

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

Ψηφιακή βιβλιοθήκη: Ελληνομνήμων

Wikipedia, the free Encyclopedia: English Wikipedia:

Wikipedia, Ελεύθερη Εγκυκλοπαίδεια: Ελληνική Βικιπαίδεια:

Wikipedia, the free Encyclopedia: List of engineers