



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΤΟΥ ΥΔΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ:

ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΚΥΡΙΑΚΗ

ΔΡΟΓΓΙΤΗ ΜΑΡΙΑ

ΚΟΥΤΣΟΓΙΩΡΓΗ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΘΡΕΠΤΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2010

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή εργασία που μας πρότειναν να αναλάβουμε έχει θέμα *‘Η διαχείριση του ύδατος στην αρχαιότητα’*. Ο σκοπός της είναι η ενημέρωση και η μελέτη της τεχνογνωσίας των αρχαίων πολιτισμών και των μεθόδων που χρησιμοποίησαν για την κατασκευή των έργων που αφορούσαν την διαχείριση των υδάτων.

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον κύριο Καθρέπτα Νικόλαο, ο οποίος δέχτηκε να αναλάβει το ρόλο του επόπτη καθηγητή και να μας βοηθήσει έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η πτυχιακή εργασία. Τέλος οφείλουμε ένα μεγάλο ευχαριστώ στην καθηγήτρια του μαθήματος “Τεχνολογία και Πολιτισμός” κυρία Χαβέλα Κωνσταντούλα η οποία βοήθησε σημαντικά με τις πολύτιμες συμβουλές, το επιστημονικό υλικό που μας προσέφερε και τις ώρες που μας αφιέρωσε.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

Η πτυχιακή αυτή εργασία δημιουργήθηκε με σκοπό την αναφορά, την μελέτη και εν συνεχεία την οικειοποίησή μας με τα τεχνικά έργα που κατασκευάστηκαν στην αρχαιότητα για την καλύτερη εκμετάλλευση των υδάτινων πόρων και την αναβάθμιση του βιοτικού επιπέδου ζωής.

Η παρούσα εργασία χωρίζεται σε πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο μελετάμε τις αποξηράνσεις των λιμνών της Κοπαΐδας και των Πτεχών, στο δεύτερο τα υδραγωγεία που κατασκευάστηκαν κατά την Αρχαϊκή, Ελληνιστική και Ρωμαϊκή περίοδο, στο τρίτο την εκτροπή της κοίτης του Ηριδανού ποταμού, στο τέταρτο τα φράγματα της Αλυζίας και της Τίρυνθας και στο τελευταίο κεφάλαιο τις αντλίες του Αρχιμήδη και του Κτησίβιου. Πιο συγκεκριμένα, σε κάθε ένα από τα κεφάλαια αναλύουμε τους σκοπούς για τους οποίους κατασκευάστηκαν τα παραπάνω τεχνικά έργα, τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους, τις μεθόδους κατασκευής τους, την διαδρομή τους μέσα στο χρόνο και τέλος παραθέτουμε μια συγκριτική μελέτη ανάμεσα σε αυτά και σε τεχνικά έργα που κατασκευάστηκαν αρκετά χρόνια μετά, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι ένα τεχνικό έργο για να θεωρείται εύστοχο για το λόγω κατασκευής του, θα πρέπει να συνδυάζει: οικονομία, αξιοπιστία και διάρκεια.

ABSTRACT:

This final work was created to reference, the study and then our appropriation with the technical projects that was manufactured in the antiquity for the better exploitation of aquatic resources and the upgrade standard of living.

The present work is separated in five chapters. In the first chapter we study the drainage of lakes of Copais and Ptechon, in second aqueducts that were manufactured at Archaic, Hellenistic and Roman period, in the third the deviation of watercourse of Iridano's river, in fourth the pumps of Archimedes and Ktisibios, and in the last chapter the dams of Alyzias and Tirunthas. More specifically, in each one of the capital we analyze the aims for which the above structures were manufactured, their technical characteristics, methods of manufacture, their route in time and finally we mention a comparative study between them and structures that was manufactured many years afterwards, leading to the conclusion that a technical work in order to be considered well - aimed for the reason of its construction, will be supposed to combine: economy, reliability and duration.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

Πρόλογος.....	σελ.ii
Περίληψη.....	σελ.iii
Συμβολισμοί.....	σελ.1
Συντομογραφίες.....	σελ.2
Εισαγωγή.....	σελ.3
1.Αποξηράνσεις λιμνών.....	7- 20
1.1.Εισαγωγή.....	σελ.7
1.2.Μινύες.....	σελ.7
1.2.1. Ο αρχαίος λαός των Μινύων.....	σελ.7
1.2.2. Η τεχνογνωσία των Μινύων.....	σελ.9
1.2.3. Οι αποικιακές προσπάθειες των Μινύων στο Αιγαίο.....	σελ.9
1.3.Αποξήρανση της λίμνης Κωπαΐδας.....	σελ.11
1.3.1. Η λίμνη πριν την αποξήρανση.....	σελ.11
1.3.2. Τα εγχειοβελτιωτικά έργα των Μινύων στην Κωπαΐδα.....	σελ.12
1.3.2.1.Οι διώρυγες.....	σελ.12
1.3.2.2.Η τεχνητή καταβόθρα.....	σελ.14
1.3.3. Αιτίες καταστροφής του έργου.....	σελ.15
1.3.4. Οι επιπτώσεις της αποξήρανσης στις γύρω περιοχές.....	σελ.15
1.3.5. Η Κωπαΐδα σήμερα.....	σελ.16
1.4. Αποξήρανση της λίμνης των Πτεχών.....	σελ.17
1.4.1. Η λίμνη πριν την αποξήρανση.....	σελ.17
1.4.2. Η αποξήρανση.....	σελ.17
1.4.3. Η λίμνη των Πτεχών σήμερα.....	σελ.18
1.5. Ομοιότητες και διαφορές με το σήμερα.....	σελ.19
2. Υδραγωγεία.....	21 - 94
2.1.Εισαγωγή.....	σελ.21
2.1.1. Ρωμαϊκά υδραγωγεία.....	σελ.23
2.2.Ευπαλίνειο όρυγμα της Σάμου.....	σελ.25
2.2.1. Εισαγωγή.....	σελ.25
2.2.2. Σκοπός κατασκευής του Ευπαλίνειου ορύγματος.....	σελ.26
2.2.3. Μέθοδος κατασκευής του υδραγωγείου.....	σελ.27
2.2.3.1.Κατασκευή του ορύγματος.....	σελ.27

2.2.3.2.Ο αγωγός από την πηγή έως την αρχή του ορύγματος.....	σελ.31
2.2.3.3.Ο αγωγός από το νότιο τμήμα του ορύγματος έως το κέντρο της πόλης.....	σελ.32
2.2.4. Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του ορύγματος.....	σελ.32
2.2.5. Το όρυγμα μέσα στο χρόνο.....	σελ.33
2.2.6. Η ανακάλυψη του ορύγματος.....	σελ.34
2.2.7. Το μνημείο σήμερα.....	σελ.34
2.2.8. Ομοιότητες και διαφορές με το σήμερα.....	σελ.36
2.3.Πεισιστράτειο υδραγωγείο.....	σελ.38
2.3.1. Τοποθεσία-σκοπός-χρονολογία κατασκευής του υδραγωγείου.....	σελ.38
2.3.2. Λίγα λόγια για τον Πεισίστρατο.....	σελ.39
2.3.3. Η διαδρομή του υδραγωγείου.....	σελ.41
2.3.4. Τεχνικά χαρακτηριστικά του υδραγωγείου.....	σελ.42
2.3.5. Το υδραγωγείο μέσα στο χρόνο.....	σελ.43
2.3.6. Σύγκριση του Πεισιστράτειου υδραγωγείου με άλλα μεταγενέστερα.....	σελ.44
2.4.Το υδραγωγείο Aqua Appia.....	σελ.45
2.4.1. Τοποθεσία-σκοπός-χρονολογία κατασκευής του υδραγωγείου.....	σελ.45
2.4.2. Λίγα λόγια για τον Appius Claudius Caecus.....	σελ.45
2.4.3. Η διαδρομή του υδραγωγείου.....	σελ.46
2.4.4. Τεχνικά χαρακτηριστικά του υδραγωγείου.....	σελ.47
2.4.5. Το υδραγωγείο μέσα στο χρόνο.....	σελ.48
2.5.Υδραγωγείο της Περγάμου.....	σελ.50
2.5.1. Τοποθεσία-σκοπός-χρονολογία κατασκευής του υδραγωγείου.....	σελ.50
2.5.2. Λίγα λόγια για τον Άτταλο τον Α.....	σελ.51
2.5.3. Τεχνικά χαρακτηριστικά του υδραγωγείου.....	σελ.52
2.5.3.1.Ελληνιστική περίοδο.....	σελ.52
2.5.3.2.Ρωμαϊκή περίοδο.....	σελ.53
2.5.4. Η ανακάλυψη των υδραγωγείων.....	σελ.56
2.6.Υδραγωγείο Νικόπολης.....	σελ.58
2.6.1. Τοποθεσία- σκοπός-χρονολογία κατασκευής του υδραγωγείου.....	σελ.58

2.6.2. Λίγα λόγια για τον Οκτάβιο Αύγουστο.....	σελ.58
2.6.3. Η διαδρομή του υδραγωγείου.....	σελ.61
2.6.4. Τεχνικά χαρακτηριστικά του υδραγωγείου.....	σελ.62
2.6.5. Το υδραγωγείο μέσα στο χρόνο.....	σελ.64
2.7. Αδριάνειο υδραγωγείο.....	σελ.66
2.7.1. Τοποθεσία-σκοπός-χρονολογία κατασκευής του υδραγωγείου.....	σελ.66
2.7.2. Λίγα λόγια για τον Αδριανό.....	σελ.66
2.7.3. Η διαδρομή του υδραγωγείου.....	σελ.69
2.7.4. Τρόπος κατασκευής-τεχνικά χαρακτηριστικά του υδραγωγείου.....	σελ.70
2.7.5. Τμήματα του υδραγωγείου που έχουν ανακαλυφθεί.....	σελ.73
2.7.6. Το υδραγωγείο μέσα στο χρόνο.....	σελ.74
2.8. Υδραγωγείο Pont du Gard.....	σελ.76
2.8.1. Τοποθεσία-σκοπός-χρονολογία κατασκευής του υδραγωγείου.....	σελ.76
2.8.2. Λίγα λόγια για τον Κλαύδιο και τον Νέρωνα.....	σελ.76
2.8.2.1. Κλαύδιος.....	σελ.76
2.8.2.2. Νέρωνας.....	σελ.77
2.8.3. Η διαδρομή του υδραγωγείου.....	σελ.78
2.8.4. Τεχνικά χαρακτηριστικά του υδραγωγείου.....	σελ.78
2.8.5. Η γέφυρα του υδραγωγείου.....	σελ.80
2.8.6. Μέθοδος κατασκευής του υδραγωγείου.....	σελ.83
2.8.7. Το υδραγωγείο μέσα στο χρόνο.....	σελ.84
2.8.8. Σύγκριση του Pont du Gard με άλλα μεταγενέστερα υδραγωγεία.....	σελ.86
2.9. Υδραγωγείο της Καβάλας.....	σελ.87
2.9.1. Τοποθεσία-σκοπός-χρονολογία κατασκευής του υδραγωγείου.....	σελ.87
2.9.2. Τεχνικά χαρακτηριστικά του υδραγωγείου.....	σελ.88
2.9.3. Η διαδρομή του υδραγωγείου.....	σελ.89
2.9.4. Το υδραγωγείο μέσα στο χρόνο.....	σελ.89
2.10. Υδραγωγείο Πάτρας.....	σελ.91
2.10.1. Τοποθεσία-σκοπός-χρονολογία κατασκευής του υδραγωγείου.....	σελ.91
2.10.2. Η διαδρομή του υδραγωγείου.....	σελ.91
2.10.3. Τεχνικά χαρακτηριστικά του υδραγωγείου.....	σελ.92
2.10.4. Το υδραγωγείο σήμερα.....	σελ.92
2.11. Τα υδραγωγεία σήμερα.....	σελ.94

3. Η εκτροπή της κοίτης του Ηριδανού ποταμού.....	σελ.95
3.1. Λίγα λόγια για τον Ηριδανό.....	σελ.96
3.2. Η διαδρομή του ποταμού.....	σελ.97
3.3. Τεχνικά χαρακτηριστικά	σελ.98
3.4. Ο Ηριδανός σήμερα.....	σελ.99
4.Φράγματα	102-121
3.5. Εισαγωγή.....	σελ.102
3.6. Φράγμα της Αλυζίας	σελ.102
3.6.1. Ο σκοπός κατασκευής του φράγματος.....	σελ.102
3.6.2. Τοποθεσία του φράγματος και της αρχαίας πόλης.....	σελ.104
3.6.3. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του φράγματος.....	σελ.105
3.6.4. Κατασκευαστική τεκμηρίωση του φράγματος.....	σελ.108
3.6.5. Ο τρόπος κατασκευής του φράγματος.....	σελ.110
3.6.6. Συμπεράσματα υδρολογικής ανάλυσης.....	σελ.110
3.6.7. Το φράγμα της Αλυζίας σήμερα.....	σελ.111
3.6.7.1.Η διατάραξη της ισορροπίας του μνημείου από το τοιχίο.....	σελ.113
3.6.7.2.Η διατάραξη της ισορροπίας του μνημείου από το δρόμο.....	σελ.114
3.7. Φράγμα της Τίρυνθας	σελ.115
3.7.1. Τοποθεσία και χρονικός προσδιορισμός της κατασκευής του φράγματος.....	σελ.115
3.7.2. Σκοπός κατασκευής του αρχαίου φράγματος της Τίρυνθας	σελ.116
3.7.3. Τεχνικά χαρακτηριστικά του φράγματος.....	σελ.116
3.7.4. Η ανακάλυψη του φράγματος.....	σελ.117
3.7.5. Αναφορά στη μυθολογία.....	σελ.118
3.8. Τα φράγματα σήμερα	σελ.118
5.Αντλίες.....	122 - 133
5.1. Αντλία του Αρχιμήδη.....	σελ.122
5.1.1. Λίγα λόγια για τον Αρχιμήδη.....	σελ.122
5.1.2. Ατέρμονας κοχλίας.....	σελ.124
5.2. Αντλία του Κτησίβιου.....	σελ.127
5.2.1. Λίγα λόγια για τον Κτησίβιο.....	σελ.127
5.2.2. Η εμβολοφόρος υδραντλία.....	σελ.128

5.3. Οι αντλίες σήμερα.....σελ.130	
5.3.1. Rotodynamic αντλίεςσελ.130	
5.3.2. Θερμικές αντλίες.....σελ.130	
5.4. Ομοιότητες και διαφορές με το σήμερα.....σελ.132	
Βιβλιογραφία.....	134 - 139

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ:

m^2 : τετραγωνικά μέτρα

m: μέτρα

m^3 : κυβικά μέτρα

km: χιλιόμετρα

%: επί τοις εκατό

cm: εκατοστά

t: τόνος

m^3/day : κυβικά εκατοστά ανά ημέρα

lit/sec: λίτρα ανά δευτερόλεπτο

km^2 : τετραγωνικά χιλιόμετρα

ft: πόδια

in: ίντσες

mm: χιλιοστά

m^3/sec : κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο

lit/min: λίτρα ανά λεπτό

m^3/h : κυβικά μέτρα ανά ώρα

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ:

π. Χ. : προ Χριστού

μ. Χ. : μετά Χριστό

HS: υψόμετρο στο νότιο

HN: υψόμετρο στο βόρειο

π.χ.: παραδείγματος χάριν

B. Ιταλία: Βόρεια Ιταλία

Λεωφ. : Λεωφόρος

ΚΠΣ: Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης

ΗΠΑ: Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής

κεφ.: κεφάλαιο

A.E.: Ανώνυμη Εταιρεία

Σχ.: Σχήμα

κλπ: και τα λοιπά

κ.α.: και άλλα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ:

Νερό: υγρό διαφανές, άχρωμο, άοσμο και άγευστο, είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα υγρό στοιχείο πάνω στον πλανήτη και σύμφωνα με τους αρχαίους ένα από τα τέσσερα στοιχεία του σύμπαντος μαζί με την φωτιά, τον αέρα και την γη. Βρίσκεται παντού σαν υγρό (πάνω και μέσα στη Γή) σαν αέριο (στην ατμόσφαιρα) και σαν στερεό (χιόνια και πάγοι).

Με την υγρή του μορφή σκεπάζει το 71,7% της επιφάνειας της Γης (ποτάμια, λίμνες, θάλασσες) κι αποτελεί το βασικότερο συστατικό όλων των οργανισμών, το 75% της ζωικής ύλης. Στον άνθρωπο αποτελεί το 59% του βάρους του. Είναι η πηγή και η ουσία της ζωής, χωρίς την οποία ούτε τα φυτά, ούτε τα ζώα, ούτε και ο άνθρωπος μπορεί να ζήσουν.

Το νερό αποτελεί χημική ένωση υδρογόνου κι οξυγόνου πράγμα που αποδείχτηκε απ' τους Λαβουαζιέ και Μενιέ το 1788. Η αναλογία των στοιχείων στην ένωση είναι: δύο μέρη υδρογόνου κι ένα οξυγόνου και ο χημικός της τύπος είναι H_2O . Μ' άλλα λόγια το νερό είναι το οξειδίο του υδρογόνου. Όμως τα νερά των ποταμών, των πηγών κλπ, ακόμη και το βροχόνερο, περιέχουν κι άλλες ουσίες (άλατα, οξέα, μικροοργανισμούς, ζωικές και φυτικές ουσίες), που προσλαμβάνουν κατά την αέναη κίνησή τους, γιατί το νερό σ' ελεύθερη κατάσταση πάντα κινείται. Κι όταν ακόμη λιμνάζει εξατμίζεται για να συνεχίσει το αιώνιο ταξίδι του με αέρια μορφή. Ολότελα καθαρό είναι μονάχα το αποσταγμένο νερό.

Σύμβολο διφορούμενο, το νερό διστάζει ανάμεσα στον άνθρωπο και τον υπερφυσικό κόσμο. Όπως μεταβάλλεται ανάλογα με την εποχή ή τον τόπο, τέτοια είναι και η συμπεριφορά του: γονιμοποιεί ή αφανίζει. Όλες οι θρησκείες του κόσμου έχουν αντλήσει ένα κομμάτι της μυθολογίας τους από τα βάθη των νερών. Οι αρχαίοι Έλληνες γοητευμένοι από το νερό, το θεωρούν γενεσιουργό αίτιο των πάντων, που χάνεται υπόγεια και συναντά τα νερά της Στύγας, του ποταμού του Άδη και των νεκρών, με τα σκοτεινά, βαριά και παγωμένα νερά.

Η αρχαία ελληνική μυθολογία ασφυκτιά από υδάτινα στοιχεία: από τον Ωκεανό, το γιό της Γης και του Ουρανού, στο Νηρέα «το γέροντα της θάλασσας» και στον Ποσειδώνα, τον κυρίαρχο θεό του θαλάσσιου στοιχείου. Λάτρευαν τις Νύμφες, τα κατ' εξοχήν πνεύματα του νερού, όπως οι Ναϊάδες που κατοικούσαν κοντά στις πηγές ή οι Νηρηίδες που ζούσαν στο βυθό της θάλασσας.

Από τα πρώτα χρόνια της ύπαρξής του στη γη, ο άνθρωπος κατάλαβε τι σημασία που είχε το νερό για τη ζωή τη δική του αλλά και των άλλων πλασμάτων της. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο το νερό είχε σημαντικό ρόλο σε όλες τις θρησκείες. Για τον ίδιο λόγο οι άνθρωποι έπλασαν πολλούς μύθους και παραδόσεις για το νερό...

Στο Χριστιανισμό: Στην ορθόδοξη εκκλησία, στη γιορτή των Φώτων, το νερό παίζει τον πρωταρχικό ρόλο στην τελετή αγιασμού των υδάτων που γίνεται σε όλους τους ναούς. Επίσης μετά την ταφή του νεκρού, όσοι παρευρίσκονται πλένουν τα χέρια τους σε ένδειξη εξαγνισμού.

Στον Ισλαμισμό: Οι μουσουλμάνοι προσεύχονται 5 φορές την ημέρα στραμμένοι προς τη Μέκκα. Πριν από κάθε προσευχή, πλένουν τα χέρια, τα πόδια, τα αυτιά και το στόμα τους και βγάζουν τα παπούτσια τους πριν μπουν στο τζαμί για προσευχή.

Στον Ινδουισμό: Οι ινδουιστές θεωρούν τα νερά του Γάγγη ιερά και μπαίνουν σε αυτά για να θεραπευτούν. Στις όχθες του υπάρχουν ιερές πόλεις όπου οι πιστοί πάνε να προσκυνήσουν. Οι προσκυνητές χύνουν επίσης νερό μέσα στο Γάγγη ως προσφορά στους θεούς τους. Οι ινδουιστές το μήνα Φεβρουάριο ή Μάρτιο γιορτάζουν την επιστροφή της άνοιξης. Τότε βγαίνουν στους δρόμους, ανάβουν φωτιές και ραντίζουν ο ένας τον άλλο με σκόνες ή χρωματισμένο νερό.

Η ιστορία της ανθρωπότητας καθορίστηκε σε μεγάλο βαθμό από την αναζήτηση και την κατάκτηση του νερού. Οι μεγάλοι πολιτισμοί γεννήθηκαν κοντά στο νερό και από το νερό. Από τις πρώτες ασχολίες μιας ανθρώπινης ομάδας που εγκαθίσταται σε ένα τόπο ήταν η δημιουργία δικτύου άρδευσης και κυκλοφορίας του νερού.

Τα επιτυχημένα υδραυλικά έργα είναι αρχαία όσο και οι πρώτοι οργανωμένοι πολιτισμοί. Από την προϊστορική εποχή (6^η χιλιετία) σύστημα διωρύγων άρδευε με νερό των ποταμών Τίγρη και Ευφράτη, αλλά και με γόνιμα φερτά υλικά, τις πεδιάδες της Μεσοποταμίας, οι πόλεις της οποίας προστατεύονταν από τις πλημμύρες με χωμάτινα αναχώματα. Είναι εντυπωσιακό ότι οι Σουμέριοι, ο πολιτισμός των οποίων ξεκινά περίπου το 4.000 π. Χ. κατασκεύασαν, μεταξύ άλλων αρδευτικών έργων, τη μεγάλη αρδευτική διώρυγα Ναχρουάν, μήκους 320km και πλάτους 120m, που τροφοδοτούσε μικρότερες διώρυγες, και ανακάλυψαν τον υδροτροχό. Ανάλογα συστήματα διωρύγων κατασκευάστηκαν και από τους Αιγύπτιους, οι οποίοι μάλιστα έκτισαν και ένα φράγμα στο Νείλο περί το 4.000 π. Χ..

Ωστόσο η πρώτη θεωρητικά οργανωμένη προσέγγιση των υδρολογικών φαινομένων και της υδραυλικής, παρουσιάστηκε από τους Έλληνες διανοητές. Για το *Θαλή το Μιλήσιο* και τους κατοπινούς Ίωνες φυσικούς φιλοσόφους, το ύδωρ είναι η πρωταρχική ουσία του κόσμου. Ο *Αναξίμενης* μελέτησε με εξαιρετική επινοητικότητα τα μετεωρολογικά φαινόμενα και παρουσίασε ορθές εξηγήσεις για το σχηματισμό των νεφών, της βροχής, του χαλαζιού και του χιονιού. Ο *Ίππων* αποδεχόμενος τη θεωρία του Θαλή για το ύδωρ ως πρωταρχικό στοιχείο, ανάγει την υγρασία σε πηγή ζωής και τη ξηρασία σε εχθρό της, ενώ αναγνωρίζει ότι όλα τα νερά έχουν πηγή τη θάλασσα. Ο *Αναξαγόρας* αποσαφήνισε την έννοια του υδρολογικού κύκλου: ο ήλιος σηκώνει το νερό από τη θάλασσα στην ατμόσφαιρα, απ' όπου πέφτει σαν βροχή, στη συνέχεια συλλέγεται σε υπόγεια κοιλάματα και τροφοδοτεί τη ροή των ποταμών. Μελέτησε επίσης τις πλημμύρες του Νείλου αποδίδοντάς τες στην τήξη του χιονιού της Αιθιοπίας. Με το αίνιγμα των πλημμυρών του Νείλου ασχολήθηκε διεξοδικά ο *Ηρόδοτος*, ο οποίος φαίνεται ότι είχε σαφή γνώση του υδρολογικού κύκλου και των μηχανισμών του. Ο *Αριστοτέλης* στο έργο του *Μετεωρολογικά* διατυπώνει με σαφήνεια τις αρχές του υδρολογικού κύκλου, διευκρινίζοντας ότι οι υδρατμοί αποτελούν εξαέρωση του νερού υπό την επήρεια του ήλιου και η συμπύκνωσή τους προκαλεί τα νέφη. Ο *Επίκουρος* έδωσε φυσικές εξηγήσεις στα μετεωρολογικά φαινόμενα αντικρούοντας τις δεισιδαιμονίες της εποχής. Ο *Αρχιμήδης* έθεσε τις βάσεις της υδροστατικής με τη φερώνυμη αρχή, ενώ εξαιρετικά σημαντική στάθηκε η συμβολή του *Ήρωνα του Αλεξανδρέα* που πρώτος διατύπωσε την έννοια της παροχής και έκανε υδρομετρήσεις.

Οι ιδέες των Ελλήνων φιλοσόφων μεταλαμπαδεύτηκαν στη συνέχεια στη Ρώμη. Βέβαια οι ρωμαίοι στο θεωρητικό επίπεδο δεν έχουν να επιδείξουν σημαντική πρόοδο, ωστόσο είναι γνωστή η μεγάλη συμβολή τους στο τεχνολογικό επίπεδο με την κατασκευή των περίφημων ρωμαϊκών υδραγωγείων.

Η διαχείριση του νερού είναι αναπόσπαστο στοιχείο του ανθρώπινου πολιτισμού συνυφασμένη απόλυτα με τη μόνιμη εγκατάσταση του ανθρώπου σε οικισμούς. Τα μεγάλα έργα διαχείρισης του νερού παρατηρήθηκαν σε ακμάζοντες πολιτισμούς, ενώ η εγκατάλειψή τους ταυτίζεται με τις περιόδους παρακμής και την οφθαλμοφανή υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

Οι αρχαίοι Έλληνες έχουν να επιδείξουν μία ευρεία γκάμα υδρολογικών έργων, από τα πιο απλά όπως είναι οι κρήνες, μέχρι τα πιο σύνθετα, όπως είναι οι σήραγγες και τα συστήματα αποχέτευσης. Ενδεικτικό του πόσο εξοικειωμένοι με την υδραυλική τεχνολογία ήταν οι

αρχαίοι πρόγονοί μας, αποτελεί το γεγονός ότι πολλά από τα έργα είχαν πολλαπλή σκοπιμότητα. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του αποστραγγιστικού συστήματος στην Κωπαΐδα, όπου εκτός από την αποστράγγιση, την αποφυγή των πλημμυρών και τη δημιουργία καλλιεργήσιμων εκτάσεων στην περιοχή, το νερό που διοχετευόταν στα κανάλια χρησίμευε και για άρδευση.

Κατά τη διάρκεια των αρχαϊκών και κλασικών χρόνων, τόσο τα αρχαιολογικά δεδομένα όσο και οι γραπτές πηγές μας πληροφορούν για προηγμένα και αρκετά διαδεδομένα αστικά υδραυλικά και αποχετευτικά έργα. Το Ευπαλίνειο όρυγμα της Σάμου που χρονολογείται στα μέσα του 6^{ου} αιώνα π. Χ., επί τυραννίας Πολυκράτη είναι ένα από αυτά και μάλιστα θεωρείται ένα από τα μεγαλύτερα τεχνικά έργα της αρχαιότητας. Στο τέλος της αρχαϊκής εποχής χρονολογείται ένα ακόμη σημαντικό έργο που χρηματοδοτείται και πάλι από έναν τύραννο. Αυτή την φορά πρόκειται για τον Πεισίστρατο τον τύραννο της Αθήνας και υδραγωγείο του.

Η σημασία του νερού για την ζωή του ανθρώπου, διαπιστώνεται όλο και συχνότερα τα τελευταία χρόνια, τόσο από τον έντυπο τύπο όσο και από τα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης, όπου τονίζεται, ότι λόγω της εξαντλήσεως των αποθεμάτων του πόσιμου νερού εξ' αιτίας της ραγδαίας αύξησης του πληθυσμού και της άσκοπης υπερκαταναλώσεως, επίκεινται μεγάλες συγκρούσεις και πόλεμοι.

Αξίζει λοιπόν κατά την γνώμη μας να αναλύσουμε τα σημαντικότερα από τα τεχνικά έργα που κατασκεύασαν οι αρχαίοι και να μελετήσουμε τον τρόπο με τον οποίο διαχειρίζονταν το νερό....

1. ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΕΙΣ ΛΙΜΝΩΝ

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αποξήρανση είναι η απομάκρυνση του νερού από υγρές ή ελώδεις περιοχές με την κατασκευή διαφόρων τεχνικών έργων. Στην Ελλάδα η μέθοδος της αποξήρανσης εφαρμόστηκε πρώτη φορά, σύμφωνα με τα τωρινά αρχαιολογικά ευρήματα, κατά τον 14^ο - 13^ο αιώνα π. Χ. από τους Μινυούς. Οι λόγοι που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ένα τέτοιο έργο είναι πολλοί, μερικοί από αυτούς είναι: η γεωργική εκμετάλλευση των εύφορων πεδιάδων που καλύπτονται από νερό, η προστασία των γύρω καλλιεργειών από τα νερά των λιμνών που σε περίοδο έντονων βροχοπτώσεων πλημμύριζαν με αποτέλεσμα να δημιουργούν πρόβλημα και τέλος η ασφάλεια των κατοίκων των τριγύρω περιοχών αφού οι ελώδεις περιοχές αποτελούν εστία πρόκλησης ασθενειών.

1.2. ΜΙΝΥΕΣ

1.2.1. Ο ΑΡΧΑΙΟΣ ΛΑΟΣ ΤΩΝ ΜΙΝΥΩΝ:



Οι Μινύες ήταν φύλο Αιολικό, σύμφωνα με την «καθιερωμένη» άποψη οι Μινύες κατοικούσαν στην Θεσσαλία, από την οποία αναγκάστηκαν να αποχωρήσουν, πιεζόμενοι από τους Θεσσαλούς, οι οποίοι κατέβηκαν από τον Βορρά. Η άποψη όμως αυτή δεν συνάδει με την μαρτυρία του Στράβωνος, ο οποίος αναφέρει ως κοιτίδα τους την βόρεια Βοιωτία, από την οποία οι Μινύες κινήθηκαν και αποίκησαν την θεσσαλική Μαγνησία. Όλοι δε οι αρχαίοι συγγραφείς θεωρούν ως Μινύες τους κατοίκους του Παγασητικού, διαχωρίζοντας τους από τους λοιπούς Θεσσαλούς. Η χρονολόγηση βεβαίως όλων αυτών των γεγονότων δεν θα μπορούσε, εκ των πραγμάτων, να γίνει με ασφάλεια. Μόνο εμμέσως, βάσει πάντα των αρχαίων πηγών, αλλά και των

αρχαιολογικών ευρημάτων, μπορούμε, παρακινδυνευμένα πάντα, να υποθέσουμε ότι ο Μινυακός λαός άρχισε να αναπτύσσει πολιτισμό από τα μέσα περίπου της 5^{ης} χιλιετίας. Η περιοχή του Ορχομενού καθίστατο εύφορη, αρδευόμενη από τα ύδατα του ποταμού Κηφισού (Μέλας στους κλασσικούς χρόνους, σήμερα Μαυρονέρι), αλλά και από την λίμνη Κωπαΐδα.

Στην βορειοανατολική όχθη της λίμνης οι Μινύες ίδρυσαν, στο ύψος της σημερινής Λάρυμνας, την πόλη Κώπαι, από την οποία έλαβε και η λίμνη το όνομα της (προηγουμένως ονομαζόταν Κηφισίς.) Η πόλις Κώπαι είχε διπλό λιμάνι, ένα λιμναίο και ένα θαλάσσιο. Από το γεγονός αυτό συμπεραίνεται ότι οι Μινύες ήταν ναυτικός λαός. Δεν είναι τυχαίο άλλωστε ότι ο ίδιος ο Μινύας θεωρείτο απόγονος του Ποσειδώνα. Ο Στράβων επίσης αναφέρει ότι ο Ορχομενός ήταν μέλος της αρχαιότερης ναυτικής Αμφικτιονίας, στην οποία συμμετείχαν επίσης η Αθήνα, η Πρασιά, η Αίγινα, η Επίδαυρος και η Ερμιόνη (Στράβων, VIII 6,11). Στην περίοδο της ακμής του το κράτος των Μινύων επεκτεινόταν σε όλη την βόρεια Βοιωτία, την σημερινή Φθιώτιδα και την σημερινή Μαγνησία. Οι πόλεις Κορώνεια, Χαιρώνεια, Αλίαρτος, Λεβάδεια, Λάρυμνα, Ανθηδών, Κώπες, Ασπληδών, Ιωλκός, Φερραίς και Αισονιάς βρίσκονταν όλες υπό το σκήπτρο του βασιλιά του Ορχομενού. Ωστόσο η ενδυνάμωση και η ανάπτυξη του βασιλείου δεν έγινε από τη μία στιγμή στην άλλη.

Στα μέσα ή έστω στα τέλη της 5^{ης} χιλιετίας π. Χ. οι Μινύες του Ορχομενού, στερούμενοι ενός καλού λιμένας στην Βοιωτία, εγκαταστάθηκαν στην Μαγνησία, στις παρυφές της μεγάλης θεσσαλικής πεδιάδος. Οι λόγοι για την μετεγκατάσταση αυτή ήταν καθαρά οικονομικοί και σχετίζονταν τόσο με την απόκτηση ασφαλούς λιμένα, όσο και με την εκμετάλλευση της θεσσαλικής πεδιάδας. Μοιραία οι Μινύες της Ιωλκού θα ήρθαν σε σύγκρουση με τους κατοίκους του Σέσκλου για τον έλεγχο της πεδιάδος. Αυτό εξηγεί και την καταστροφή του Σέσκλου από έναν ακόμα εμφύλιο πόλεμο, φαινόμενο ενδημικό στην αρχαία Ελλάδα. Ακριβώς αυτή η κυριαρχία των Μινύων στη θεσσαλική πεδιάδα θα τους προσδώσει αμύθητα πλούτη.

Είμαστε σε θέση να αναγνωρίσουμε δύο σημεία σταθμούς, όσον αφορά στην ανάπτυξη του Μινυακού βασιλείου. Το πρώτο είναι αναμφισβήτητο η ίδρυση της αποικίας, της Ιωλκού, η οποία συνδέεται άμεσα και με την Αργοναυτική Εκστρατεία. Το δεύτερο όμως αφορά στην αποξήρανση της λίμνης Κωπαΐδας και την γεωργική εκμετάλλευση των νέων εκτάσεων γης.

Τέλος, η παρακμή ήλθε σταδιακά εξαιτίας των αδιάκοπων πολέμων των Μινύων κατά της ανερχομένης δυνάμεως του βοιωτικού πεδίου, των Θηβών.

1.2.2. Η ΤΕΧΝΟΓΝΩΣΙΑ ΤΩΝ ΜΙΝΥΩΝ:

Η αρχαιολογική έρευνα έχει αποδώσει στους Μινύες ένα πλήθος τεχνικών έργων (υδραυλικά έργα, κυκλώπεια τείχη), που προκαλούν μέχρι σήμερα τον θαυμασμό μας. Το υψηλότερο επίπεδο τεχνογνωσίας δε στο οποίο είχαν φθάσει, εντυπωσιάζει και τους πλέον προοδευτικούς τεχνοκράτες. Οι αρχαίοι Έλληνες ίσως γι' αυτό να είχαν αποδώσει στον ημίθεο Ηρακλή τα έργα αυτά, καθώς και όλες τις φυσικές καταβόθρες, θεωρώντας τες κι αυτές έργα του υπεράνθρωπου ήρωα. Κατά την κρίση τους μόνο ένας ημίθεος μπορούσε να κατασκευάσει ανάλογα έργα.

Οι Μινύες τεχνίτες φαίνεται ότι είχαν ένα ιδιαίτερο υψηλό τεχνολογικό επίπεδο, το οποίο ξεκινούσε από την άριστη γνώση της ίδιας της φύσης. Πράγματι, η χώρα μας είναι γεμάτη από «καταβόθρες», οι οποίες παρουσιάζονται στα κράσπεδα ή και στο μέσο των λιβαδιών. Στην επιστήμη της Γεωλογίας, οι «καταβόθρες» αυτές είναι φυσικές οπές, που παρουσιάζονται στις επιφάνειες περιοχών και συγκοινωνούν με υπογείους φυσικούς οχετούς. Μέσω αυτών των φυσικών «καταβόθρων», τα ύδατα λιμνών και ποταμών μεταφέρονται υπογείως, φερόμενα στην θάλασσα ή αναβλύζοντας πάλι ως πηγές στην επιφάνεια της Γης μακριά απ' τις καταβόθρες.

Ονομαστές είναι οι «καταβόθρες», που έχουν δημιουργήσει στις λίμνες της Κωπαΐδας, της Στυμφαλίας, του Φενεού, των Ιωαννίνων, του Σαρανταποτάμου, και οι οποίες εξαφανίζονταν κάτω από τους πρόποδες των βουνών.

1.2.3. ΟΙ ΑΠΟΙΚΙΑΚΕΣ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΕΣ ΤΩΝ ΜΙΝΥΩΝ ΣΤΟ ΑΙΓΑΙΟ:

Ένα βασίλειο υποχρεούται εκ των πραγμάτων να επενδύει στον τομέα της άμυνας αλλά και του εμπορίου. Το ήδη συγκροτημένο βασίλειο του Μινυακού Ορχομενού επιχείρησε την πρώτη, αποτυχημένη κατά τα

φαινόμενα, επιχείρηση διάνοιξης των εμπορικών δρόμων μέσω του βόρειου Αιγαίου και του Ευξείνου Πόντου (ταξίδι Φρίξου και Έλλης). Οι Μινύες δεν φαίνεται ότι επιχείρησαν, άμεσα τουλάχιστον, να διεισδύσουν στο νότιο Αιγαίο, ίσως διότι εκεί υπήρχε το αντίπαλο δέος των Κυκλαδιτών και των Κρητών. Περί το έτος 3.200 π. Χ. όμως έχουν ήδη αποικήσει την Λήμνο -Πολιόχνη- και την βορειοδυτική Μικρασιατική ακτή -Τρωάδα-.

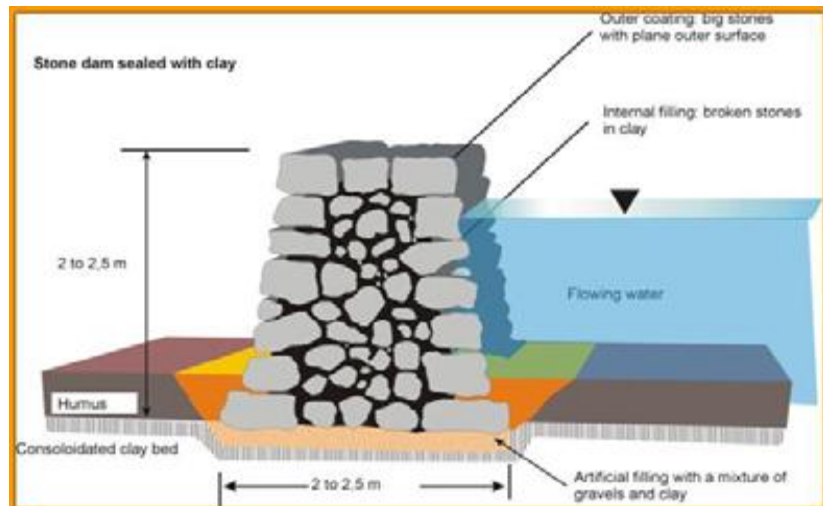
Έχοντας εγκατασταθεί σταθερά στα στενά του Ελλησπόντου και ελέγχοντας πλήρως τις εμπορικές οδούς, δια ξηράς και θάλασσας, οι Μινύες ίδρυσαν μία ελληνική εμπορική αυτοκρατορία, η ζώνη επιρροής της οποίας εκτεινόταν από τη βόρεια Βοιωτία έως και την βορειοδυτική Μικρά Ασία. Έτσι ετέθη και το πλαίσιο για την έκρηξη του Τρωικού Πολέμου αργότερα, όταν η αποικία Τροία, είχε αναλάβει τα ηνία της αυτοκρατορίας, υποσκελίζοντας τις μητροπόλεις, Ορχομενό και Ιωλκό. Υπάρχουν σαφείς ενδείξεις ότι οι Μινύες έφθασαν και ως την Αίγυπτο συντελώντας στην ίδρυση του Αιγυπτιακού κράτους και μεταφέροντας στους Αιγυπτίους το σεληνιακό ημερολόγιο, το οποίο αυτοί ως ναυτικοί είχαν επινοήσει.

Οι Μινύες φαίνεται ότι κάποια στιγμή σχετίστηκαν και με τους Μινωίτες, ενδεχομένως να συνέβη και το αντίθετο, αν και τα ευρήματα συνηγορούν υπέρ της πρώτης άποψης. Ωστόσο υπάρχουν και ερευνητές, όπως ο Βρετανός αρχαιολόγος Πάρσον, οι οποίοι ταυτίζουν Μινύες και Μινωίτες, θεωρώντας ότι επρόκειτο περί του ίδιου λαού, ο οποίος σταδιακά εξαπλώθηκε από την ηπειρωτική Ελλάδα, στην Κρήτη, την Αίγυπτο και την Μεσοποταμία (την χώρα των Σουμερίων). Η άποψη αυτή συνάδει με την θεωρία του Έβανς, ο οποίος τοποθετούσε την προανακτορική φάση του Μινωικού Πολιτισμού πριν από το 3.200 π. Χ., δηλαδή στην κρίσιμη ακριβώς υπό εξέταση περίοδο.

Από τα 560.000.000m³ νερού που εισέρεαν στην Κωπαΐδα τα μισά εκτρέπονταν αμέσως προς τις οπές απορροής, ενώ τα αλλά μισά χύνονταν στη λίμνη. Τα νερά κατά το θερινό εξάμηνο (περίπου 140.000.000m³) εφόσον προέρχονταν από τον βορειοδυτικό αγωγό οδηγούνταν κατευθείαν στις καταβόθρες ή καταναλώνονταν από τον οικισμό και χρησιμοποιούνταν στα χωράφια για πότισμα. Η λίμνη δηλαδή δεν δεχόταν το καλοκαίρι άλλες εισροές, όπως γίνονταν παλιά.

1.3.2. ΤΑ ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΗΚΑ ΕΡΓΑ ΤΩΝ ΜΙΝΥΩΝ ΣΤΗΝ ΚΩΠΑΙΔΑ:

Κατά το δεύτερο μισό της 2^{ης} χιλιετίας π. Χ. οι Μινύες του Ορχομενού δημιούργησαν και εκμεταλλεύτηκαν ένα μεγαλειώδες και εκτεταμένο σύστημα έργων ύδρευσης για να ελέγχουν τη δημιουργία λιμνών. Προκειμένου να αποστραγγίσουν την



Κωπαΐδα, λίμνη της Βοιωτίας, κατασκεύασαν γύρω - γύρω στις όχθες και μέσα στο εσωτερικό της λεκάνης της λίμνης, αναχώματα αρκετού ύψους και μεγάλου πλάτους, περίπου 50m. Κατασκεύασαν διώρυγα κατά μήκος της βόρειας παρειάς της λεκάνης, η οποία αρχίζει από την πρωτεύουσα των Μινύων, τον Ορχομενό και καταλήγει στην καταβόθρα των Σπιτιών κοντά στο θαλάσσιο λιμάνι των Μινύων στο όρμο της Λάρυμνας στον Ευβοϊκό κόλπο.

1.3.2.1. ΟΙ ΔΙΩΡΥΓΕΣ:

Η κατασκευή των διωρύγων εξυπηρέτούσε τρεις σκοπούς:

- 1) Την εκτροπή των υπερχειλίσεων του Κηφισού, κύριου πόταμου της Κωπαΐδας, με στόχο την σταθεροποίηση της επιφάνειας της λίμνης. Έτσι, τα προχώματα που είχαν κατασκευαστεί σε παλαιότερη εποχή απέκτησαν και πάλι την προστατευτική τους ιδιότητα, ακόμη και σε ακραίες ποσότητες υδάτων.
- 2) Την τροφοδότηση των οικισμών και των αγροτικών γαιών κατά τους θερινούς μήνες με ωφέλιμο νερό κυρίως από τις πλούσιες πηγές του Μέλανος ποταμού του Ορχομενού.
- 3) Την δημιουργία εσωτερικής ναυσιπλοΐας και μεταφορικής «οδού» από τον Ορχομενό στο κέντρο μεταφόρτωσης στην καταβόθρα των σπιτιών, όπου ένας δρόμος οδηγούσε σε μικρή απόσταση από το λιμάνι της Λάρυμνας.

Οι τρεις γιγάντιες διώρυγες είχαν μήκος 43km περίπου, πλάτους 40 - 60m και βάθος 2 - 3m. Οριοθετείται από χωμάτινα προχώματα πλάτους μέχρι 30m και ύψους 2m, τα οποία περικλείονταν με ισχυρά Κυκλώπεια τείχη. Ο σχεδιασμός των διωρύγων έπρεπε: α) να κατασκευαστεί σε στεγνό έδαφος, β) στο ψηλότερο χείλος της λεκάνης και γ) να συσχετιστεί με όλες τις πλησιέστερες καταβόθρες. Για να γίνει αυτό έπρεπε το λιμναίο βουνό Τουρλογιάννης στα βόρεια της Κωπαΐδας να παρακαμφθεί, οι χερσόνησοι του Στοβικίου (Μιδέα) και του Κάστρου (Κωπαΐ) να διατηρηθούν. Εκεί όπου τα βραχώδη πρανή της όχθης της λίμνης μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως τοίχος της διώρυγας, δεν χρειαζόταν δεύτερο πρόχωμα. Η χάραξη της διώρυγας προσαρμόστηκε απολύτως στη φυσική γωνία του εδάφους στην περιοχή του βορειοανατολικού όρμου.

Το βόρειο κομμάτι της διώρυγας, που ήταν και το μεγαλύτερο, είχε μήκος 27km περίπου, συγκεντρώνονταν τα νερά του Κηφισού και του Μέλανα ποταμού. Η διώρυγα περνούσε από της Όλμονες (Σροβίκι) το Κάστρο και το Αθαμάντιο πεδίο, έριχνε τα νερά στις ανατολικές καταβόθρες της Μπίνιας και στη Μεγάλη καταβόθρα ή Σπήλια του Ηρακλή που είναι στο Νέο Κόκκινο κάτω από το εκκλησάκι του Αϊ Γιάννη.

Η δεύτερη διώρυγα, η κεντρική, έπαιρνε τα νερά της Έρκυνας και άλλων χείμαρρων στη Ράχη, περνούσε το χωριό Μαυρόγεια και διέσχισε την κεντρική Κωπαΐδα ως που συναντούσε την 'τρίτη διώρυγα'.

Η τρίτη διώρυγα, στα νότια, ξεκινούσε από τις Αλαλκομένες, έπαιρνε τα νερά του Κοράλιου (Φάλαρου) της Κορώνιας, του Λόφιδος της Αλιάρτου του Τρίτωνος και των άλλων χειμάρρων του Ελικώνα, περνούσε το Αθαμάντιο πεδίο κοντά στη νησίδα του Γλα και χυνόταν στην πρώτη

διώρυγα, τη βόρεια, που τη συναντούσε στον κόλπο των Πεταλιών (Κάστρο).

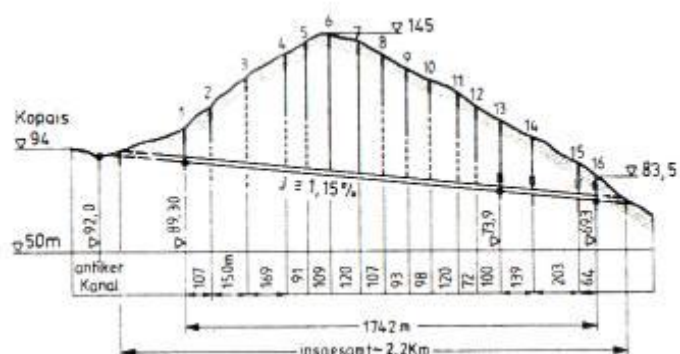
Οι Μινύες χρησιμοποίησαν τις διώρυγες και ως πλωτά ποτάμια για μεταφορές με κωπήλατα πλεύσιμα. Για το λόγο αυτό είχαν μεγαλώσει σκόπιμα την κοίτη του ποταμού ώστε να ελαττωθεί η ταχύτητα.

Ένα ακόμη εντυπωσιακό στοιχείο της διώρυγας είναι η άκρως σταθερή ελαφρά κλίση 0,1%. Η κλίση αυτή υπαγορεύτηκε από τις εδαφολογικές συνθήκες και απαιτούσε ακριβή προσαρμογή της διαφοράς ύψους στο συνολικό μήκος του έργου.

1.3.2.2. Η ΤΕΧΝΗΤΗ ΚΑΤΑΒΟΘΡΑ:

Στο βορειοανατολικό τμήμα της λίμνης τα νερά ήταν βαθιά και οι φυσικές σπηλιές - καταβόθρες που υπήρχαν δεν επαρκούσαν για την απορροή των νερών, και ειδικά τον χειμώνα το γιγάντιο αποστραγγιστικό έργο συμπληρώθηκε με μια τεχνητή καταβόθρα, μια υπόγεια επικλινή σήραγγα, που άρχιζε από την θέση Κεφαλάρι και προχωρώντας σε μήκος 2.500m περίπου, πλάτους 1,5m και ύψος 1,80m περνούσε κάτω από την συνοχή Χλωμού και Πτώου όρους από όπου περνούσε και περνά ο δρόμος και έφτανε στα παραθαλάσσια του Ευβοϊκού κόλπου στη Λάρυμνα. Το έργο είναι πραγματικά τιτάνιο, αφού τα εργαλεία τους ήταν χάλκινα, ένα μέταλλο ιδιαίτερα μαλακό και επομένως ακατάλληλο για το κόψιμο του σκληρού βράχου.

Σε αυτή την σήραγγα έφτιαξαν 16 κάθετα ανοίγματα - φρεάτια σε απόσταση μεταξύ τους 100 - 200m. Τα φρεάτια είχαν βάθος 18 έως 60m. Μόλις έφταναν στο επιθυμητό βάθος άρχιζαν προς τα πλάγια την εκσκαφή της σήραγγας, ώστε να συνδέονται τα φρεάτια μεταξύ τους. Με την βοήθεια αυτών κατάφεραν να σκάψουν το τούνελ αλλά και να παρακολουθούν την ροή του νερού. Επίσης, χρησίμευαν για την συντήρηση και τον καθαρισμό της υπόγειας σήραγγας.



Για να επιτευχθεί η προστασία της καταβόθρας από υπερβολικές ποσότητες νερού και για να γίνεται αξιόπιστος έλεγχός του υδραυλικού συστήματος ‘εισροής – αποθήκευσης - εκροής’, φρόντισαν να εξασφαλιστεί η δυνατότητα απορροής των υδάτων της διώρυγας στην λίμνη, σε περίπτωση έντονων βροχοπτώσεων, με την μέθοδο της υπερχείλισης και κατασκεύασαν ειδικό χώρο προσωρινής κατακράτησης των νερών που υπερχείλιζαν, ακριβώς μπροστά από τις μεγάλες καταβόθρες του βορειοανατολικού όρμου.

1.3.3. ΑΙΤΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ:

Υπάρχουν διάφορες εκδοχές για την καταστροφή του έργου της αποξήρανσης, οι επικρατέστερες όμως είναι οι εξής:

- Μετά την μεγάλη έκρηξη της Θήρας, το 1630 π. Χ. ακολούθησαν σεισμοί που προκάλεσαν πολλές αναστατώσεις στον Μινωικό και εν γένει στον Ελλαδικό πολιτισμό, όπως και στον Μινυακό. Οι σεισμοί πιθανών έφραξαν τις καταβόθρες και παραμελήθηκε πλέον η συντήρηση του έργου, των καναλιών και των αναχωμάτων.
- Γύρω στο 1200 π. Χ., σχεδόν συγχρόνως με την καταστροφή των Μυκηναϊκών ακροπόλεων, όταν η εξουσία δεν ήταν πια σε θέση να συντηρήσει τα έργα, η πεδιάδα μετατράπηκε σε μια τεράστια λίμνη κατακλύζοντας πόλεις, καλλιέργειες και καταστρέφοντας τα έργα των Μινυών.

1.3.4. ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗΣ ΣΤΙΣ ΓΥΡΩ ΠΕΡΙΟΧΕΣ:

Πριν την αποξήρανση οι κάτοικοι γύρω από την λίμνη ζούσαν σχεδόν πρωτόγονα. Καλλιεργούσαν τις λίγες εκτάσεις που υπήρχαν στις όχθες της λίμνης, αλλά η παραγωγή καταστρεφόταν αρκετές φορές εξαιτίας της υπερχείλισης της. Ακόμη ψάρευαν, κυνηγούσαν ή έβοσκαν γιδοπρόβατα βόδια και γουρούνια.

Με την αποξήρανση δόθηκαν μεγάλες εκτάσεις για εκχέρσωση και καλλιέργεια, πράγμα που άλλαξε και βελτίωσε τη ζωή του τόπου ριζικά.

- Άρχισαν να καλλιεργούνται περίπου 200.000 στρέμματα. Απασχολήθηκαν χιλιάδες εργατικά χέρια και έγιναν μεγαλύτερης έκτασης καλλιέργεια περισσότερων προϊόντων. Έκτος από το σιτάρι καλλιεργήθηκε βαμβάκι, αραβόσιτο, όσπρια και πεπόνια.
- Ταυτόχρονα αναπτύχθηκε η κτηνοτροφία, όπου εκτρέφονταν χιλιάδες αιγοπρόβατα και βοοειδή.
- Μια άλλη πολύ σημαντική βελτίωση που επέφερε η αποξήρανση είναι αυτή στο θέμα της υγείας, όπου αρχίζει να μειώνεται αρχικά και να εξαφανίζεται στη συνέχεια, η ελονοσία που πριν κυριολεκτικά θέριζε τους κατοίκους.

1.3.5. Η ΚΩΠΑΪΔΑ ΣΗΜΕΡΑ:

Σήμερα τα έργα υποδομής στο κάμπο της Κωπαΐδας και σε μια έκταση ενδεικτικά 330.000 στρεμμάτων είναι χειρότερα από αυτά που υπήρχαν μετά την αποξήρανση της λίμνης, ενώ μέχρι σήμερα τόσο τα αρδευτικά κανάλια όσο και οι αγροτικοί δρόμοι είναι χωμάτινοι. Παρόλα αυτά η Κωπαΐδα αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα κέντρα βαμβακοπαραγωγής, η εκμετάλλευση του οποίου είναι πηγή εισοδήματος για τους αγρότες της Βοιωτίας. Επίσης στην περιοχή της, η Ανώτατη Γεωπονική Σχολή κατέχει μεγάλες καλλιεργητικές μονάδες για την πρακτική εξάσκηση των φοιτητών της.



1.4. ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΤΩΝ ΠΤΕΧΩΝ

1.4.1. Η ΛΙΜΝΗ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗ:

Η λίμνη των Πτεχών λαμβάνει χώρα 66km νοτιοανατολικά της Χαλκίδας και 2km νότια της Δυστού. Πρόκειται για μια λίμνη γλυκού νερού και καλύπτεται από καλαμιώνες. Η θέση της είναι ανάμεσα σε γυμνούς λόφους, ενώ η επιφάνειά της εκτείνεται σε 7.500, περίπου, στρέμματα.

Οι κύριες ανθρώπινες δραστηριότητες στην περιοχή είναι η γεωργία, η κτηνοτροφία και το κυνήγι, που προκαλούν τη συνεχόμενη υποβάθμιση της λίμνης.



1.4.2. Η ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗ:

Ένα από τα πλέον πιο εντυπωσιακά υδραυλικά τεχνικά έργα της αρχαιότητας, λόγω της άρτιας κατασκευαστικής υποδομής και της χρόνιας σωστής λειτουργικότητας, είναι η αποξήρανση της λίμνης των Πτεχών.

Δυστυχώς, δεν σώζονται πολλές πληροφορίες για την αποξήρανση της λίμνης των Πτεχών. Το μόνο στοιχείο, του οποίου την ύπαρξη γνωρίζουμε, είναι ένα ψηφισματικό ανάγλυφο του 4^{ου} αιώνα π. Χ.. Το ανάγλυφο αυτό αναφέρεται στην αποξήρανση της λίμνης του Δυστού και η οποία ταυτίζεται πιθανότατα με την λίμνη των Πτεχών. Το ανώτερο τμήμα της στήλης διακοσμείται με ανάγλυφη παράσταση στην οποία σώζονται τα ίχνη δύο μορφών, της Αρτέμιδος και της Λητούς. Συγκεκριμένα στην ενεπίγραφη αυτή μαρμάρινη στήλη, η οποία φιλοξενείται στο Επιγραφικό Μουσείο Αθηνών, αναγράφεται η σύμβαση αποξήρανσης της λίμνης των Πτεχών μεταξύ του αναδόχου του έργου Χαιρεφάνη και 160 περίπου κατοίκων των δήμων Ερετρίας.

Σύμφωνα με τους όρους της σύμβασης, προβλεπόταν η κατασκευή αγωγών, υπονόμων και φρεατίων για την αποχέτευση των υδάτων σε φυσικές υπόγειες ρωγμές, τις καταβόθρες. Παράλληλα λήφθηκε περιβαλλοντική μέριμνα για απαλλοτριώσεις ιδιωτικών εκτάσεων έναντι αποζημιώσεων, καθώς και για την εκτέλεση των έργων αποξήρανσης σε μη καλλιεργήσιμες πρωτίστως εκτάσεις, ώστε να αποφεύγονταν οι ζημιές στην ιδιωτική περιουσία. Δίνεται τετραετής προθεσμία για την ολοκλήρωση του έργου, παρέχεται ατέλεια στα εισαγόμενα υλικά, και ασυλία στον εργολάβο και στους εργαζόμενους κατά την διάρκεια της τετραετίας. Τέλος προβλέπονται ποινικές ρήτρες, υλικής και ηθικής φύσεως.

1.4.3. Η ΛΙΜΝΗ ΤΩΝ ΠΤΕΧΩΝ ΣΗΜΕΡΑ:

Πολλές προσπάθειες έγιναν για την αποξήρανση της λίμνης στα μεταγενέστερα χρόνια, μερικές από τις οποίες δεν υλοποιήθηκαν, ωστόσο ο ανθρώπινος παράγοντας και οι βιομηχανικές μονάδες κατάφεραν να εξαφανίσουν ένα μοναδικό υδροβιότοπο.



1.5. ΟΜΟΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕ ΤΟ ΣΗΜΕΡΑ

Από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα έχουν πραγματοποιηθεί πολλές αποξηράνσεις λιμνών στην Ελλάδα. Συγκεκριμένα το 65,08% των λιμνών έχει ήδη αποξηρανθεί γιατί είχε κριθεί σκόπιμη η εκμετάλλευση των εκτάσεων που κατελάμβαναν, προς όφελος των κατοίκων των γύρω περιοχών.

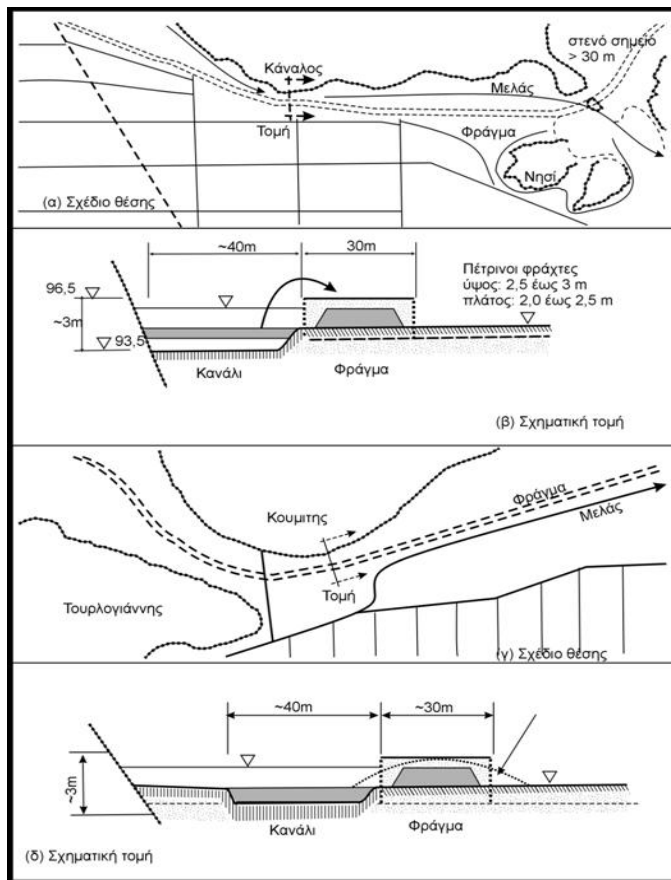
Μέσα σε 15 χρόνια, αποξηράνθηκαν οι λίμνες των Γιαννιτσών, του Αρτζάν, της Αμάτοβας, του Αχινού, όπως και τα έλη του Λουδία και τα τενάγη των Φιλίππων. Με όλα αυτά τα έργα στη Μακεδονία και τη Θράκη, μπόρεσαν να εγκατασταθούν εκεί οι χιλιάδες πρόσφυγες της Ανατολικής Θράκης και της Μικράς Ασίας.

Οι μεγαλύτερες επεμβάσεις σε λίμνες έγιναν μετά το 1930, χάρη στις μεγάλες πιστώσεις και στα τεχνικά μέσα που διατέθηκαν. Οι επεμβάσεις άρχισαν με αποξηράνσεις υγροτόπων (εσωτερικών και παράκτιων) για να αποκτηθούν νέες καλλιεργήσιμες εκτάσεις, και για να απαλλαγούν οι κάτοικοι από την ελονοσία.

Όλες αυτές οι αποξηράνσεις είχαν σαν αποτέλεσμα στη σημερινή εποχή, να υπάρχει πρόβλημα υδροληψίας στην Ελλάδα. Το γεγονός αυτό οδήγησε στην διακοπή των αποξηράνσεων των λιμνών και στην προσπάθεια για την αναδημιουργία τους.

Στην απόφαση αυτή έχουν συμβάλλει και οι διάφορες οικολογικές οργανώσεις, οι οποίες αντιλαμβανόμενες τις επιπτώσεις των συνεχών αποξηράνσεων στο περιβάλλον, προσπάθησαν με κάθε τρόπο να αφυπνίσουν τους αρμόδιους φορείς για το σταμάτημα των διεργασιών αποξήρανσης.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι η αποξήρανση της Κοπαΐδας είναι ένα έργο των αρχαίων Μινύων τόσο άρτιο τεχνικά και κατασκευαστικά, που διδάσκεται σήμερα στα Πανεπιστήμια και στα Πολυτεχνεία όλου του κόσμου.



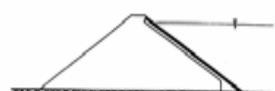
Συγκριτικές παρατηρήσεις μεταξύ των σχηματικών τομών στο κανάλι και το ανάχωμα των Μινύων στα περιθώρια της Κωπαΐδας (κατά Knauss) και των χωματινών φραγμάτων από ένα σύγχρονο πανεπιστημιακό εγχειρίδιο. Από τη σύγκριση καταφαίνεται ότι η κατασκευή των χωματινών φραγμάτων είναι η ίδια τα τελευταία 3.500 χρόνια.



Εχ. 6-16



Εχ. 6-17



Εχ. 6-18

2. ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΑ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αν για έναν άνθρωπο το πολυτιμότερο υλικό αγαθό είναι το οξυγόνο που αναπνέει, για μια πόλη το σημαντικότερο αγαθό είναι το νερό. Από τους πρώτους υποτυπώδεις οικισμούς της προϊστορίας ως τις αχανείς και τεχνολογικά εξελιγμένες μεγαλουπόλεις των καιρών μας, η δυνατότητα εύκολης πρόσβασης σε επαρκή αποθέματα πόσιμου νερού αποτέλεσε προϋπόθεση της δημιουργίας τους. Και μπορεί σήμερα η πρόσβαση αυτή είναι τόσο εύκολη όσο το άνοιγμα μιας βρύσης, τα πράγματα όμως δεν ήταν πάντοτε τόσο απλά.

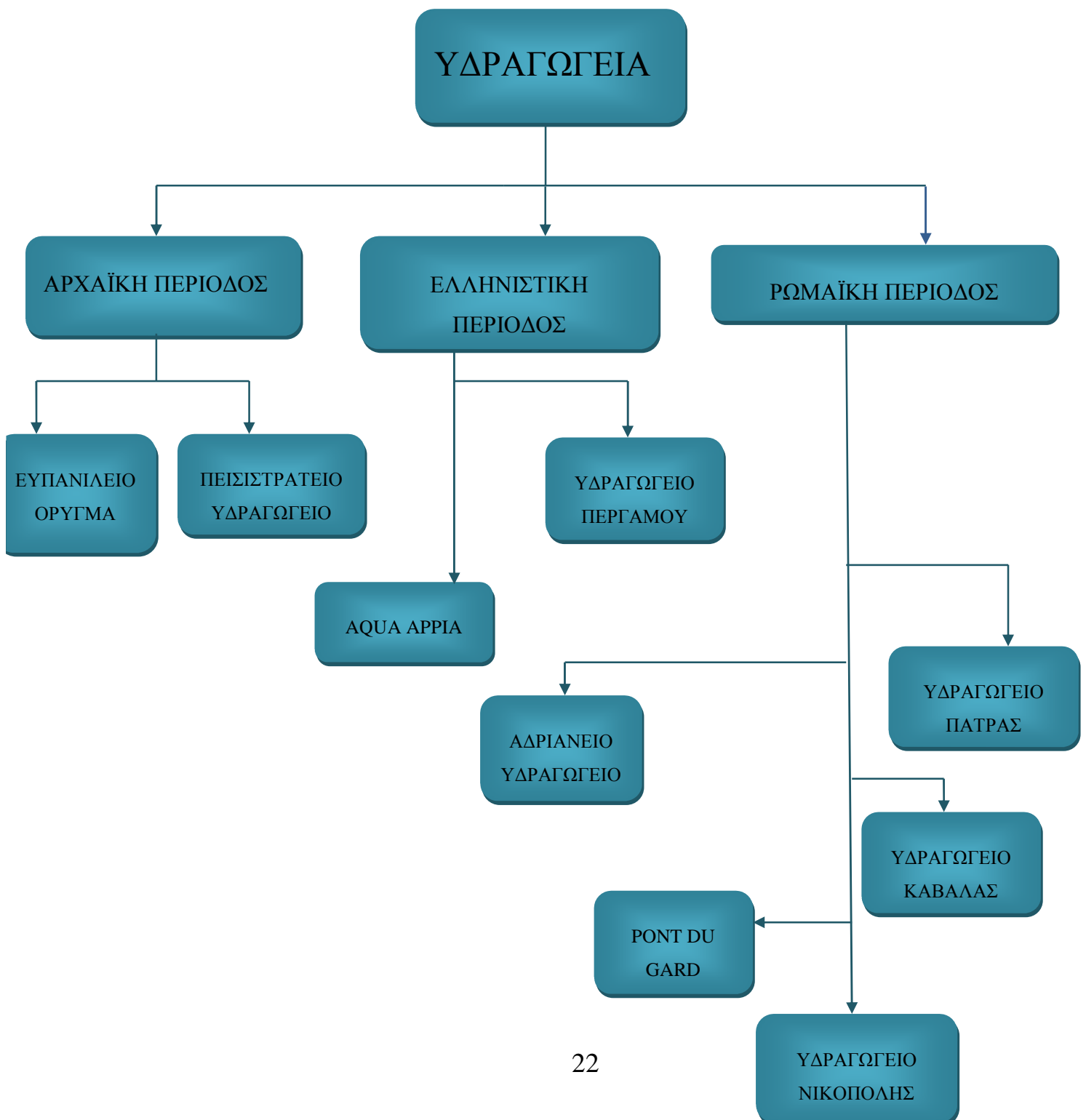
Την εποχή που οι αρχαίοι οικισμοί άρχισαν να οργανώνονται σε επίπεδο πόλης, η απλή γειτνίαση με ποταμούς, λίμνες ή πηγές έπαψε να επαρκεί, και η ανάγκη για δημιουργία δικτύων μεταφοράς και διανομής νερού άρχισε να γίνεται επιτακτική προκειμένου να εξασφαλιστεί η περαιτέρω ανάπτυξή τους. Η ανάγκη αυτή οδήγησε στην κατασκευή των πρώτων υδραγωγείων, υπόγειων ή υπέργειων αγωγών μεταφοράς νερού.

Υδραγωγείο ονομάζουμε το τεχνητό κανάλι που κατασκευάζεται για να μεταβιβάσει το ύδωρ από μια θέση σε μια άλλη. Ο όρος ετυμολογείται από τις λέξεις «ύδωρ» και «άγω».

Συγκεκριμένα, το δεύτερο μισό του 6^{ου} αιώνα π. Χ. κατασκευάστηκαν έργα παροχής ύδατος σε όλες τις σημαντικές πόλεις. Οι λόγοι της εξέλιξης μπορούν να αναζητηθούν στην αποφασιστική αλλαγή των γενικών καιρικών συνθηκών, στην ταχεία αύξηση του πληθυσμού, στην άνοδο του βιοτικού επιπέδου ή και απλώς σε πολιτικές σκοπιμότητες.

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε αναλυτικά στα υδραγωγεία που κατά την αρχαιότητα κατασκευάστηκαν με σκοπό την ύδρευση ή την άρδευση των πόλεων. Πιο συγκεκριμένα, μελετάμε υδραγωγεία που κατασκευάστηκαν κατά την Αρχαϊκή (8^{ος} αιώνας – 6^{ος} αιώνας), την Ελληνιστική (323 π. Χ. – 146 π. Χ.) και Ρωμαϊκή (146 π. Χ. – 330 μ. Χ.) περίοδο. Πρώτα θα αναλύσουμε την κατασκευή του Ευπαλίνειου ορύγματος και του Πεισιστράτειου υδραγωγείου τα οποία κατασκευάστηκαν κατά την διάρκεια της Αρχαϊκής περιόδου και στη

συνέχεια θα ασχοληθούμε με υδραγωγεία που κατασκευάστηκαν την Ελληνιστική περίοδο, όπως το Aqua Appia και το υδραγωγείο της Περγάμου, το οποίο ανήκει και στην Ρωμαϊκή περίοδο. Και θα ολοκληρώσουμε το κεφάλαιο αυτό με τα υδραγωγεία που κατασκευάστηκαν κατά την Ρωμαϊκή περίοδο: υδραγωγείο Νικόπολης, Αδριανείο υδραγωγείο, Pont du Gard, υδραγωγείο της Καβάλας και τέλος το υδραγωγείο της Πάτρας.



2.1.1. ΡΩΜΑΪΚΑ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΑ:

Οι Ρωμαίοι κατασκεύασαν πολυάριθμα υδραγωγεία η κατασκευή των οποίων αποσκοπούσε στην εξυπηρέτηση κάθε μεγαλούπολης της αυτοκρατορίας τους, καθώς και πολλές μικρές πόλεις και βιομηχανικές περιοχές.

Ρωμαϊκά υδραγωγεία χτίστηκαν σε όλα τα μέρη της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας, από τη Γερμανία έως την Αφρική, και ειδικά στην πόλη της Ρώμης, όπου το συνδυασμένο μήκος των υδραγωγείων υπολογίζεται μεταξύ 490 και 500 μιλίων. Εντούτοις, μόνο 29 μίλια (47km) ήταν επάνω από το έδαφος, καθώς τα περισσότερα ρωμαϊκά υδραγωγεία ήταν υπόγεια. Οι κυριότεροι λόγοι οι οποίοι οδήγησαν στην κατασκευή των υπόγειων υδραγωγείων ήταν:

- για να μην μολυνθεί το νερό από ασθένειες της εποχής και
- για να διασφαλιστεί η προστασία των υδραγωγείων από τις εχθρικές επιθέσεις.

Τα υδραγωγεία ήταν σημαντικά για την παροχή του ύδατος στις μεγάλες πόλεις πέρα από την αυτοκρατορία, και καθόρισαν υψηλά πρότυπα της εφαρμοσμένης μηχανικής που δεν ξεπεράστηκαν για περισσότερο από χίλια έτη.

Η πόλη της Ρώμης είχε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση υδραγωγείων, με νερό που της παροχέτευαν ένδεκα υδραγωγεία. Επίσης τα υδραγωγεία παρείχαν νερό σε πολυάριθμα λουτρά, σε διάφορες πηγές της πόλης και κατέληγαν στο αποχετευτικό σύστημα.

Το πρώτο ρωμαϊκό υδραγωγείο ήταν το Aqua Appia, που κατασκευάστηκε το 312 π. Χ. κατά την διάρκεια της Ρωμαϊκής Δημοκρατίας. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του, περιγράφονται στο De Architectura του Vitruvius που γράφτηκε τον 1^ο αιώνα π. Χ.. Το βιβλίο αυτό βοήθησε πάρα πολύ τον Frontinus, ο οποίος διορίστηκε προς το τέλος του 1^{ου} αιώνα μ. Χ. για να διαχειριστεί τα υδραγωγεία της Ρώμης. Ανακάλυψε μια διαφορά μεταξύ της πρόσληψης και της προσφοράς του νερού που οφειλόταν στην παράνομη εισαγωγή σωλήνων στα κανάλια διαφυγής του νερού, και υπέβαλε έκθεση σχετικά με τις προσπάθειές του για τη βελτίωση και τη ρύθμιση του συστήματος στον αυτοκράτορα Τραϊανό, η οποία είναι γνωστή ως De Aquaeductu.

Η πρόκληση για ένα υδραγωγείο ήταν να επιτευχθεί η σωστή κλίση, για να μην παρουσιαστούν στην συνέχεια προβλήματα υπερχειλίσης.

Έχοντας ως κινητήρια δύναμη την βαρύτητα, μπορούσαν να μεταφέρουν πολύ αποτελεσματικά, μεγάλες ποσότητες νερού.

Οι μέθοδοι για την κατασκευή ενός υδραγωγείου περιγράφονται αναλυτικά στο βιβλίο 8 του De Architectura. Το βιβλίο καθορίζει τις δοκιμές που απαιτούνται να γίνουν για να εξασφαλίσουν ότι το νερό είναι πόσιμο, και προειδοποιεί για την ακαταλληλότητα των μολύβδινων σωλήνων, λόγω τοξικότητας, συνιστώντας είτε κανάλια τοιχοποιίας είτε πήλινους σωλήνες.

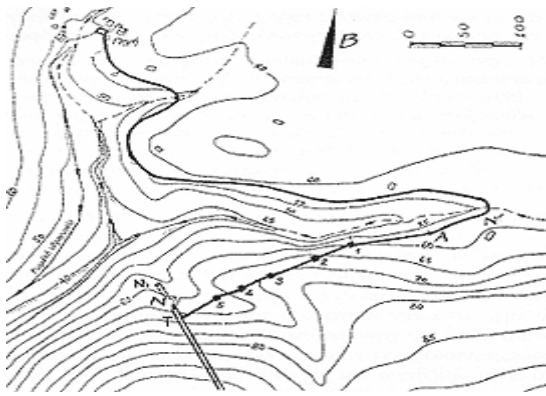
Τα υδραγωγεία απαιτούσαν πολύ προσεκτικό υπολογισμό πριν την κατασκευή τους, ιδίως για τον προσδιορισμό της πηγής του νερού, το απαιτούμενο μήκος του και τέλος το μέγεθός του. Η εξασφάλιση μιας κανονικής κλίσης απαιτούσε μεγάλη ικανότητα, έτσι ώστε το νερό να ρέει ομαλά από την πηγή χωρίς να προκαλεί βλάβη στους τοίχους των καναλιών.

Διάφορα τεχνικά εργαλεία χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των υδραγωγείων, ένα από αυτά ήταν και ο χωροβάτης. Ο χωροβάτης χρησιμοποιήθηκε για την οριζοντίωση του εδάφους πριν την κατασκευή. Ήταν ένα ξύλινο πλαίσιο που στηριζόταν σε τέσσερα πόδια, με ένα επίπεδο πίνακα εφοδιασμένο με μια υδροστάθμη και με ξύλινα τόξα για να στηρίζουν τους θόλους. Ένα άλλο εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των υδραγωγείων ήταν ο Groma (γνώμων). Ο Γνώμονας ήταν ένα εργαλείο το οποίο το χρησιμοποιούσαν για να μετρήσουν ορθές γωνίες. Ένας Γνώμονας αποτελούνταν από πέτρες που κρέμονταν από τέσσερις κάθετες χορδές. Τέλος η Διόπτρα, που είναι ο πρόδρομος του Θεοδόλιχου, χρησιμοποιούνταν για την μέτρηση των κατακόρυφων γωνιών.

Οι ασίδες χρησιμοποιούνται συχνά για να απεικονίσουν ένα υδραγωγείο αλλά δεν πρέπει να συγχέονται με το ίδιο το υδραγωγείο. Αυτές οι ασίδες, μερικές φορές σε διάφορα επίπεδα, μαζί με τις σήραγγες, κατασκευάστηκαν για να διατηρήσουν τον βαθμό κλίσης του υδραγωγείου, καθώς και τη ροή του νερού, πάνω από το ανώμαλο έδαφος.

2.2. ΕΥΠΑΛΙΝΕΙΟ ΟΡΥΓΜΑ ΤΗΣ ΣΑΜΟΥ

2.2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ:



Το Ευπαλίνειο όρυγμα αποτελεί ένα μηχανικό έργο αξεπέραστο στην ιστορία της μηχανικής τεχνολογίας και τεκμήριο του υψηλού επίπεδου τεχνογνωσίας των Ελλήνων μηχανικών και των εξειδικευμένων γνώσεών τους στην εφαρμογή της Γεωμετρίας, της Τοπογραφίας, της Γεωδαισίας και της Οπτικής στην αρχαία Ελλάδα. Όλες οι εργασίες έγιναν βάση σχεδίων και υπολογισμών οι οποίοι ήταν στηριγμένοι στην γεωμετρία του Ευκλείδη.

Οι αρχαίοι Έλληνες είχαν πολύ μεγάλη πείρα στα υπόγεια έργα, από την εποχή των Μυκηνών, οι πόλεις των οποίων υδρεύονταν με υδρομαστεύσεις, με στοές μέσα στις πλαγιές. Επομένως υπήρχε η γνώση για την κατασκευή υπόγειων έργων, δεν υπήρχε όμως η επιστημονική μέθοδος με την οποία μπορεί κανείς να χαράξει. Αυτή η εξέλιξη πραγματοποιήθηκε τον 6^ο αιώνα.

Ο Ευπαλίνος είχε την πείρα των υπόγειων έργων και της επιστήμης της γεωμετρίας και γι' αυτό λέμε ότι η Αρχαία Σάμος υδροδοτήθηκε από τα μαθηματικά.

Είναι μια σήραγγα που κατασκευάστηκε το β' μισό του 6^{ου} αιώνα π. Χ., γύρω στο 530 π. Χ. και λαμβάνει χώρα 2km έξω από το Πυθαγόρειο της Σάμου. Ο δημιουργός του έργου αυτού είναι ο Ευπαλίνος, γιός του Ναυστρόφου, ένας από τους σημαντικότερους αρχιτέκτονες της εποχής, ο οποίος καταγόταν από τα Μέγαρα και του οποίου το όνομα πήρε και το υδραγωγείο. Το έργο αυτό κατασκευάστηκε την περίοδο που τη Σάμο κυβερνούσε ο τύραννος Πολυκράτης. Οι εργασίες για την ολοκλήρωση του έργου, που μνημονεύεται από τον Ηρόδοτο ως το «αμφίστομο όρυγμα», διήρκεσαν περίπου 10 χρόνια. Πολλοί μηχανικοί αποκαλούν το Ευπαλίνειο όρυγμα «8^ο θαύμα του κόσμου» καθώς τα τεχνικά μέσα της εποχής αυτής δεν ενδείκνυνται για την κατασκευή ενός έργου σαν αυτό.

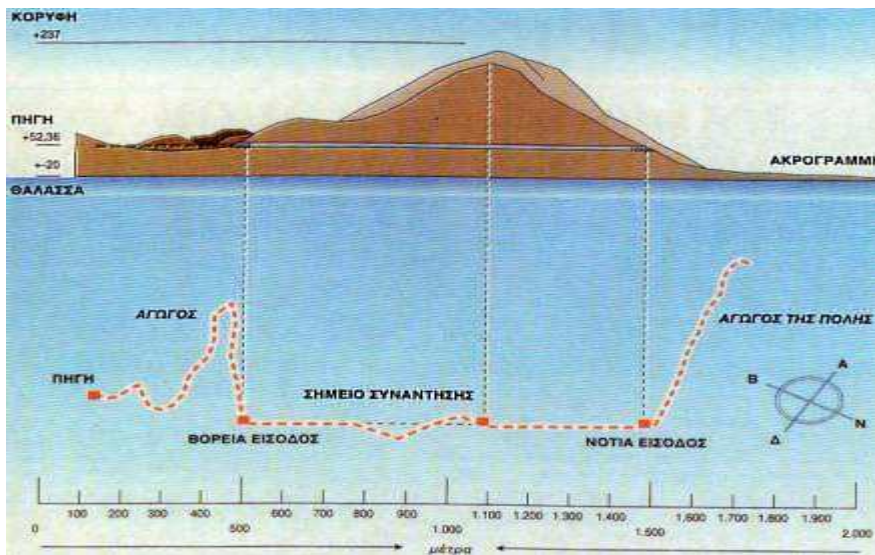
2.2.2. ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΕΥΠΑΛΙΝΕΙΟΥ ΟΡΥΓΜΑΤΟΣ:

Πολλές πόλεις κατά την διάρκεια του 6^{ου} αιώνα είχαν πρόβλημα υδροδότησης, έτσι και η Σάμος κατέστη κάποια στιγμή ανεπαρκής για να καλύψει τις ανάγκες του συνεχούς αυξανόμενου πληθυσμού (80.000 κάτοικοι). Η μοναδική πηγή (δυναμικού περίπου 400m³ νερού ανά μέρα) που μπορούσε να δώσει μια λύση στο πρόβλημα αυτό, ήταν η πηγή των Αγιάδων, που βρισκόταν όχι μόνο έξω από τα οχυρωματικά τείχη, αλλά και πίσω από τη ράχη του βουνού, που υψώνεται στα βόρεια της πόλης. Το νερό ήταν δυνατόν να φθάσει στην πόλη μόνον κατά δύο τρόπους: με εγκαταστάσεις που είτε θα παρέκαμπταν το βουνό είτε διαπερνώντας το. Με τον πρώτο τρόπο όμως υπήρχε ο κίνδυνος ανίχνευσης των αγωγών από τους επιδρομείς σε καιρό πολιορκίας, οι οποίοι θα μπορούσαν εύκολα να τους καταστρέψουν και να στερήσουν την πόλη από τον βασικότερο πόρο της, για τον λόγο αυτό προτιμήθηκε η διάτρηση του βουνού. Οι προδιαγραφές που έθεσε ο Πολυκράτης για την κατασκευή του υδραγωγείου ήταν οι εξής: 1) να τροφοδοτείται από το νερό της πλούσιας πηγής των Αγιάδων, 2) να είναι επισκέψιμα όλα τα τμήματα του αγωγού και 3) να βγάζει νερό σε ορισμένο σημείο στο εσωτερικό των τειχών και σε στάθμη υψηλότερη της τότε πόλης για την αβίαστη μεταφορά του νερού.



2.2.3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

Το υδραγωγείο που κατασκευάστηκε είχε συνολικό μήκος 3km, και χωρίζεται σε τρία τμήματα: το πρώτο τμήμα είναι ο αγωγός από την πηγή έως την βόρεια πλευρά του βουνού, το δεύτερο τμήμα αποτελείται από το ορύγμα που περνά μέσα από το βουνό και το τρίτο τμήμα είναι ο αγωγός που περνά μέσα από την πόλη και καταλήγει στη νότια πλευρά του βουνού. Οι εργασίες ξεκίνησαν με την διάνοιξη του ορύγματος μέσα από το βουνό, καθώς αυτή ήταν και η πραγματική πρόκληση.



2.2.3.1. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΟΡΥΓΜΑΤΟΣ:

Ο Ευπαλίνοσ για την κατασκευή του ορύγματος βρέθηκε αντιμέτωπος με τα εξής προβλήματα:

- Θα έπρεπε να είναι ευθύγραμμο για να επιτευχθεί το ελάχιστο μήκος διάτρησης.
- Να είναι αμφίστομο, δηλαδή οι εργασίες να ξεκινήσουν ταυτόχρονα και από τις δυο πλευρές του βουνού, για την ελαχιστοποίηση του χρόνου κατασκευής.
- Να είναι οριζόντιο για την αποφυγή προβλημάτων από τυχόν ανεύρεση υπογείων υδάτων που ίσως συγκεντρώνονταν στο μέτωπο της εκσκαφής. Η οριζοντιότητα του ορύγματος χρησιμοποιήθηκε ως σημείο αναφοράς για την λάξευση κεκλιμένου αυλακιού, σταθερής κλίσης, για την τοποθέτηση των αγωγών. Εξάλλου η μη οριζόντια χάραξη θα καθιστούσε

τη συνάντηση των δυο συνεργειών ένα πολύπλοκο πρόβλημα Στερεομετρίας.

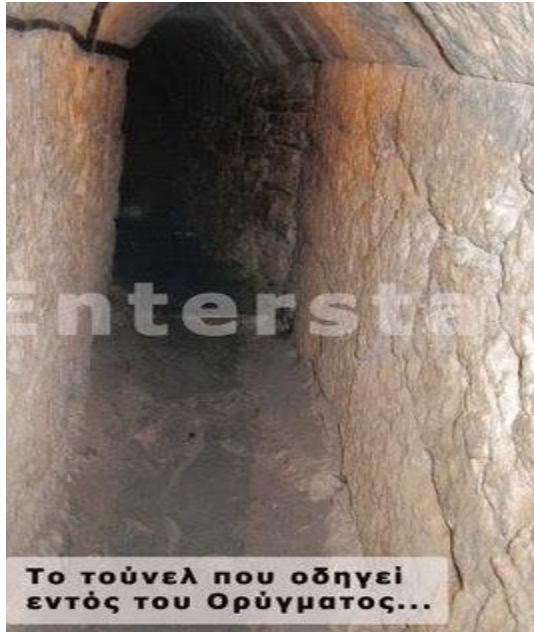
- Να είναι σε δοσμένο υψόμετρο, που το επέβαλε το υψόμετρο της πηγής και η κλίση της ροής του νερού.

Για την εκσκαφή της σήραγγας, οι εργάτες χωρίστηκαν σε δυο ομάδες, καθώς οι εργασίες θα ξεκινούσαν από τις δυο πλευρές του βουνού ταυτόχρονα. Κάθε φορά μπορούσαν να εργάζονται μόνο δύο εργάτες, τους οποίους έπρεπε να τους αντικαθιστούν πολλές φορές της ημέρας, έτσι ώστε η εργασία να εκτελείτε χωρίς διακοπή μέρα και νύχτα. Η πρόοδος της κάθε ημέρας μπορεί να υπολογιστεί περίπου από 12 έως 15cm για την κάθε πλευρά.

Από τα πολλά κόκκινα σημάδια που βρέθηκαν στην πλάγια του βουνού προκύπτει πως το αρχικό σχέδιο του Ευπαλίνου ήταν να ορίσει με κοντάρια σκόπευσης μια ευθεία πάνω από το βουνό και μια οριζόντια γραμμή γύρω από αυτό. Με τον τρόπο αυτό προέκυψε τόσο η κατεύθυνση της πορείας του ορύγματος όσο και ένα κοινό επίπεδο. Οι τιμές αυτές προβλήθηκαν, μέσω απλών μετρήσεων, στον κάθετο και στον οριζόντιο άξονα και με την ίδια μέθοδο μπορούσαν να ελεγχθούν. Όμως το σχέδιο αυτό δεν επαρκούσε ώστε να εξασφαλίζεται η ακεραιότητα του έργου, και έτσι, έπρεπε να ληφθούν επιπλέον μέτρα για να αντιμετωπιστεί ο κίνδυνος να αποκλίνουν τα δυο ορύγματα και να επιλυθούν τα πιθανά τεχνικά προβλήματα της μορφολογίας του βουνού. Στην αρχή ο Ευπαλίνος με το μάτι, δηλαδή βλέποντας την περασιά των ακοντίων που είχαν τοποθετηθεί πάνω από το βουνό, προχωρούσε τη στοιά σε ευθεία. Για να επιβεβαιώσει την ορθότητα της κατασκευής, μετά από κάποιο μήκος κατέβασε ένα φρεάτιο, δηλαδή άνοιξε ένα πηγάδι από πάνω από την βάση του ακοντίου προς τα κάτω, κατακόρυφα και διαπίστωσε ότι το όρυγμα προχωρούσε σύμφωνα με την μελέτη του. Ο σχεδιασμός του ορύγματος είχε γίνει έτσι ώστε, καθεμία από τις υπόγειους διόδους να μετρηθεί με βάση το μήκος της εκάστοτε βουνοπλαγιάς. Το σημείο συνάντησης ορίστηκε, σκόπιμα, κάτω από την κορυφή του βουνού. Οι δυο σήραγγες μπορεί να είχαν διαφορετικό μήκος αλλά οι επιπτώσεις ενδεχόμενων λαθών στην κατεύθυνση παρέμεναν με τον τρόπο αυτό υπολογίσιμες. Στην περιοχή του προγραμματισμένου



σημείου ένωσης οι δυο ευθείες που ακολουθούσαν τα ορύγματα έκαναν καμπή στην ίδια γωνία και οδηγήθηκαν προς τα ανατολικά. Και έτσι το σημείο συνάντησης «εκβιάστηκε» κατά κάποιο τρόπο αφού οι δυο σήραγγες έπρεπε να συναντηθούν στο ίδιο επίπεδο.

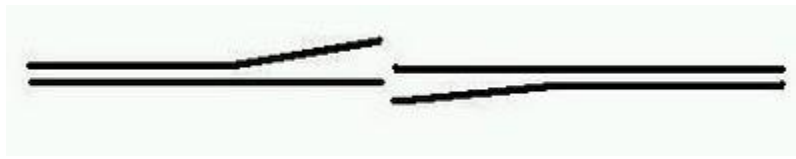


Η σήραγγα, που αποτελεί το μεσαίο τμήμα του έργου, διαπερνά το βουνό με την οχύρωση, σε ύψος περίπου 55m από την επιφάνεια της θάλασσας και 189m κάτω από την κορυφή του βουνού. Το νότιο τμήμα της σήραγγας έχει μήκος 420m και το υψόμετρο στην είσοδο αυτής είναι HS=55,26m, το δε βόρειο τμήμα έχει μήκος 616m και υψόμετρο HN=55,83m. Το συνολικό μήκος της σήραγγας είναι 1.036m και έχει μέση διατομή περίπου 1,80×1,80m. Με εξαίρεση ορισμένα σημεία, η σήραγγα διασχίζει το βουνό οριζόντια.

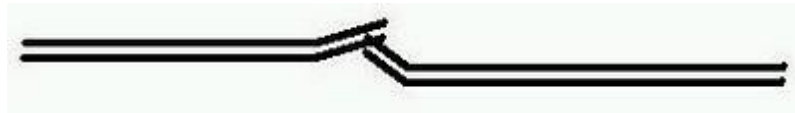
Μέσα στο όρυγμα και κατά μήκος του ανατολικού τοιχώματος ανοίχτηκε μια τάφρος από τον πυθμένα της οποίας περνούσε ο αγωγός του νερού. Η τάφρος ανοίχτηκε με κλίση 0,6% και πλάτος 60cm, ώστε να υπάρχει φυσική ροή του νερού προς την πόλη. Η επίτευξη της κλίσης της τάφρου γινόταν με την βαθύτερη εκσκαφή της κατά 60cm περίπου κάθε 100m. Το νερό περνούσε μέσα από πήλινους σωλήνες σχήματος «U», το υλικό των οποίων είχε την ιδιότητα να κατακρατεί τα άλατα του νερού. Στην βόρεια είσοδο από την πηγή το βάθος είναι 2m ενώ στην έξοδο της προς την πόλη φτάνει τα 9m. Σε ορισμένα σημεία το κανάλι έχει ανοιχτεί σε όλο του το βάθος, στην ουσία εμφανίζει μια διμερή διατομή, η οποία αποτελείται από μια ανοιχτή τάφρο και κάτω από αυτή, ένα κατά τμήματα υπόγειο κανάλι. Το κανάλι αυτό αποτελείται από δυο φάσεις: α) την αρχαϊκή, με πολυγωνικό σύστημα και οξυκόρυφη απόληξη και β) την ρωμαϊκή, στεγασμένη με καμάρα.

Κατά την κατασκευή της σήραγγας και λόγω της πίεσης του βάρους του νερού, η πηγή αναγκάστηκε να υποχωρήσει κάποια μέτρα χαμηλότερα, συνεπώς δεν μπορούσε με φυσική ροή να οδηγηθεί στη στοά αυτή. Για το λόγο αυτό κρίθηκε αναγκαία η διάνοιξη μιας βοηθητικής, μικρότερης σήραγγας, σε χαμηλότερο επίπεδο. Η στοά αυτή διανοίχτηκε μέσα στην κύρια με την βοήθεια κάθετων ορυγμάτων.

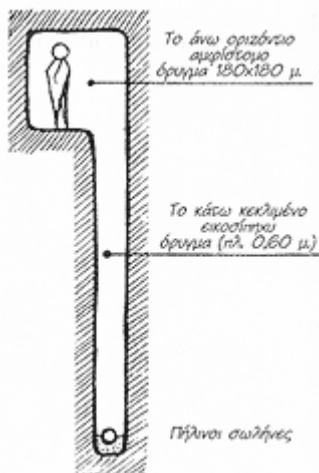
Στο οριζόντιο επίπεδο



Στο κάθετο επίπεδο



Οι δυο ομάδες συναντήθηκαν στο κέντρο με ελάχιστη απόκλιση 0,6m, παρά το γεγονός ότι στη βόρεια σήραγγα έπρεπε να γίνουν κάποιες τροποποιήσεις, αφού περνούσε από την αρχή μέσα από σαθρά πετρώματα και επομένως χρειαζόταν επιπλέον στήριξη, η οποία έγινε με ξύλινα υποστυλώματα από κορμούς δέντρων. Ωστόσο μετά από 260m πορείας, ο κίνδυνος κατολίσθησης ήταν τόσο μεγάλος, που ανάγκασε τον Ευπαλίνο να εγκαταλείψει την αρχική κατεύθυνση και να στρέψει το όρυγμα προς γεωλογικά πιο ασφαλές έδαφος. Η παράκαμψη σχεδιάστηκε σε μια καθαρά γεωμετρική μορφή, παίρνοντας το σχήμα τριγώνου. Για να αποφύγει τις δύσκολες αυτές γεωλογικές συνθήκες έστριψε 25° προς τη δύση και για να μην γίνει λάθος όταν τόλμησε να φύγει από την ευθυγραμμία έκανε ένα πλήρη θεωρητικό υπολογισμό που το έγραψε «παράδειγμα» πάνω στον τοίχο. Η βόρεια σήραγγα οδηγήθηκε πίσω προς τα δυτικά και στη συνέχεια στράφηκε σύμφωνα με το αρχικό σχέδιο προς τη νότια σήραγγα, της οποίας η κατασκευή είχε ολοκληρωθεί 2 χρόνια



νωρίτερα. Αξίζει να σημειωθεί πως η νότια σήραγγα δεν χρειάστηκε να αποκλίνει από την πορεία της και ταυτίζεται σχεδόν απόλυτα με μια ιδανική ευθεία σε όλο το μήκος της. Στο σημείο ένωσης στη μέση του τούνελ υπάρχει σιφόνι 30cm διαμέτρου εντελώς λείο, η μέθοδος λείανσης παραμένει ανεξακρίβωτη. Η σήραγγα η οποία ήταν εύκολα προσβάσιμη από τους ανθρώπους, για τον καθαρισμό και συντήρησή της, παραμένει εντελώς οριζόντια. Υπήρχαν και αρκετά πηγάδια περίπου 30 από τα οποία ήταν δυνατή η πρόσβαση στο όρυγμα.

2.2.3.2. Ο ΑΓΩΓΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΗΓΗ ΕΩΣ ΤΗΝ ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΟΡΥΓΜΑΤΟΣ:

Ο αγωγός που ξεκινά από την πηγή έχει συνολικό μήκος 950m. Για τα πρώτα 800m περίπου ο αγωγός ακολουθεί το ανάγλυφο του εδάφους της περιοχής. Στη διαδρομή αυτή η περιοχή σκάφτηκε ως ανοιχτή τάφρος. Για τα υπόλοιπα 150m ο αγωγός έπρεπε να διασχίσει υπογείως ένα μικρό λόφο, για το σκοπό αυτό ανοίχτηκαν τέσσερα φρεάτια, εκ των οποίων το μεγαλύτερο είχε βάθος 19m, και συνδέθηκαν μεταξύ τους υπόγεια στο επιθυμητό βάθος.



Διεξοδική έρευνα της περιοχής της πηγής οδήγησε στο συμπέρασμα ότι εκεί πραγματοποιήθηκε η πρώτη απόπειρα συγκέντρωσης του νερού, προκειμένου να επιτευχθεί μία όσο το δυνατόν υψηλότερη στάθμη, και ότι κατά την προσπάθεια αυτή η πηγή μετατοπίστηκε, λόγω της πίεσης του νερού, στο σημείο που αναβλύζει και σήμερα. Η αναποδιά με την μετατόπιση της πηγής κόστισε αρκετή επιπλέον δουλειά. Ο αγωγός

σύνδεσης με την πηγή προσαρμόστηκε στα νέα δεδομένα, η ήδη υπάρχουσα τάφρος στο όρυγμα χρειάστηκε να εμβαθύνει, και ο αγωγός μέσα στην πόλη ακολούθησε απλώς το νέο επίπεδο. Αφού τελείωσαν αυτές οι βασικές εργασίες, το όρυγμα έπρεπε να ενισχυθεί σε τρία κομμάτια συνολικού μήκους 150m, καθώς στα σημεία αυτά ο βράχος ήταν επικίνδυνα χαλαρός. Ακόμα και στο στενό κανάλι υπήρχαν αρκετά τμήματα που χρειαζόνταν επιπλέον σταθεροποίηση. Στον πυθμένα του καναλιού κατασκευάστηκε, τέλος, ένα αυλάκι με συνεχή κλίση, πάνω στο οποίο τοποθετήθηκαν προσεκτικά δουλεμένοι πήλινοι σωλήνες.

Για τις συμπληρωματικές εργασίες, μεταφέρθηκαν πίσω στην σήραγγα περίπου 300m³ λίθοι, μεταξύ των οποίων ορθογώνιοι λίθοι βάρους που ξεπερνούσαν τον 1t. Τέλος ο αγωγός αποτελείται από 5.000 πήλινους σωλήνες, οι οποίοι έπρεπε να κατασκευαστούν στον τροχό του αγγειοπλάστη, να ψηθούν, να μεταφερθούν και να τοποθετηθούν στον πυθμένα του καναλιού.

2.2.3.3. Ο ΑΓΩΓΟΣ ΑΠΟ ΤΟ ΝΟΤΙΟ ΤΜΗΜΑ ΤΟΥ ΟΡΥΓΜΑΤΟΣ ΕΩΣ ΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ:

Ο αγωγός που ξεκίνα από το νότιο τμήμα του βουνού και καταλήγει στο κέντρο της πόλης (στο λιμάνι) έχει μήκος 500m. Το υδραγωγείο στην πλευρά αυτή προχωράει παράλληλα με την πλαγιά του βουνού. Ο αγωγός της πόλης σκάφτηκε σε όλο το μήκος του κάτω από τη γη με την βοήθεια φρεατίων, που ανοίχτηκαν σε αποστάσεις από 11 έως 25m και συνδέθηκαν υπογείως μεταξύ τους. Κατά μήκος αυτού του τμήματος του αγωγού είχαν τοποθετηθεί κρήνες με δεξαμενές, από όπου οι κάτοικοι της πόλης προμηθεύονταν το νερό. Όλοι οι αγωγοί που χρησιμοποιήθηκαν ήταν κατασκευασμένοι από πηλό, είχαν τοποθετηθεί με κλίση 0,75% για τη ροή του νερού από της έξοδο της σήραγγας μέχρι την πόλη και κατά μήκος του υπήρχαν πηγάδια καθαρισμού και εξαερισμού.



Το πόσο μεγάλο ήταν το κατασκευαστικό αυτό επίτευγμα μπορεί να εκτιμηθεί καλύτερα αν παραθέσουμε ορισμένα αριθμητικά στοιχεία: για τον αγωγό σύνδεσης με την πηγή χρειάστηκε να εξορυχτούν περίπου 1.500m³ φυσικού βράχου, για το όρυγμα με την τάφρο και το τελικό κανάλι σχεδόν 5.000m³ και για τον αγωγό μέσα στην πόλη άλλα 1.000m³. Όλες αυτές οι εργασίες έγιναν με σφυρί και καλέμι.

2.2.4. ΤΑ ΟΡΓΑΝΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΟΡΥΓΜΑΤΟΣ:

Ο τρόπος κατασκευής της σήραγγας επιβεβαιώνει την ύπαρξη γωνιόμετρου μέτρησης οριζόντιων γωνιών καθώς και επιτραπέζιου γωνιόμετρου. Επίσης θα έπρεπε να υπήρχε και κάποιο όργανο που να μπορεί να μετράει κατακόρυφες γωνίες και ακόμα να υλοποιεί σκοπευτικά το οριζόντιο επίπεδο. Η ύπαρξη των οργάνων επιβεβαιώνεται από τα εξής: α) την υλοποίηση του οριζόντιου επιπέδου της σήραγγας, β) την

υλοποίηση και πύκνωση της ευθυγραμμίας των ακοντίων στη ράχη του βουνού, γ) τη μέτρηση της οριζόντιας απόστασης ανάμεσα στα σημεία εισόδου των σηράγγων στο βουνό, δ) από το κατέβασμα της ευθυγραμμίας των ακοντίων στο οριζόντιο επίπεδο, ε) την παρακολούθηση της οριζοντιότητας της βόρειας και της νότιας σήραγγας, στ) την παρακολούθηση και την τήρηση της κλίσης στα τούνελ των πηγαδιών, στο βόρειο, νότιο και κεντρικό τμήμα του υδραγωγείου και τέλος ζ) από την χάραξη της ισοκλινούς πορείας του αγωγού από την πηγή στο βουνό.



Η οριζοντιότητα του δαπέδου της σήραγγας ελεγχόταν με την βοήθεια ενός μεγάλου χωροβάτη, μήκους 6m ο οποίος στην μέση του είχε ένα μακρύ ανοιχτό δοχείο με νερό. Ο Ευπαλίνος παρακολουθώντας την επιφάνεια του νερού και σκοπεύοντας με το όργανο έδινε συνεχής οδηγίες για το σταθερό υψόμετρο του δαπέδου της σήραγγας.

2.2.5. ΤΟ ΟΡΥΓΜΑ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ:

Το υδραγωγείου του Ευπαλίνου τροφοδοτούσε την πόλη της Σάμου με νερό από την πηγή των Αγιάδων για περισσότερα από 1.000 χρόνια. Όταν η Σάμος συγκρούστηκε πολεμικά με την ισχυρότερη Αθήνα, ηγέτιδα τότε της Αθηναϊκής ηγεμονίας, το 439 π. Χ. πέρασε τελικά σε παρακμή. Η πολιορκία κράτησε 9 μήνες και οι Αθηναίοι δεν μπόρεσαν να βρουν το



Ευπαλίνειο όρυγμα και να αποκόψουν την τροφοδοσία της πόλης με νερό. Στα βυζαντινά χρόνια, οι κάτοικοι της Σάμου αναγκάστηκαν να χρησιμοποιήσουν το όρυγμα ως καταφύγιο. Η Σάμος βρισκόταν στο πέρασμα των λαών, που κατευθυνόμενοι τότε προς την Κωνσταντινούπολη, κυρίευαν τα πάντα στο πέρασμά τους. Οι πολεμικές αναταραχές είχαν ως αποτέλεσμα να παραμεληθεί η συντήρηση του υδραγωγείου, με αποτέλεσμα να αλλάξει η κλίση του καναλιού και να μην αρκεί για την ροή του νερού. Με το χρόνο καταχώθηκε από καταρρεύσεις χωμάτων και σταλακτιτών. Επίσης από των 5^ο μέχρι των 7^ο αιώνα μ. Χ. χρησιμοποιήθηκε σαν χριστιανικό νεκροταφείο.

2.2.6. Η ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΟΥ ΟΡΥΓΜΑΤΟΣ:

Μετά τη διακοπή της λειτουργίας του υδραγωγείου, τα επιφανειακά ίχνη του εξαφανίστηκαν και χωρίς την αναφορά του Ηρόδοτου θα παρέμενε άγνωστο. Ο Ηρόδοτος ήταν αυτός που παρακίνησε τους ερευνητές να αναζητήσουν το όρυγμα στα νεότερα χρόνια, όπου τελικά τον 19^ο αιώνα επετεύχθη η ανακάλυψή του. Συγκεκριμένα το 1841 ο Ross προσπάθησε ματαία να το ανακαλύψει, το 1856 ο Γκερέν βρήκε τη μισή υπόγεια διαδρομή της πηγής. Το 1882 δύο μοναχοί ο Κύριλλος και ο Θεοφάνης βρίσκουν το βόρειο και το νότιο άνοιγμα αντίστοιχα. Το 1884 ο Γερμανός Fabricius διαπίστωσε πρώτος το ευθύγραμμο της κατασκευής. Η αναγνώριση της σημασίας και ο καθορισμός του είναι επίτευγμα του Ulf Jantzen, διευθυντή του τότε Γερμανικού Αρχαιολογικού Ινστιτούτου. Χάρη στην προθυμία όσων εργάστηκαν σε αυτό, το έργο αποκαλύφθηκε στα 1971 - 1973 και έγινε προσβάσιμο στους ερευνητές. Η τεκμηρίωση της συνολικής εγκατάστασης διήρκεσε έως τη δεκαετία του 1980, ενώ για την αξιολόγηση των στοιχείων χρειάστηκε άλλη μια δεκαετία.

2.2.7. ΤΟ ΜΝΗΜΕΙΟ ΣΗΜΕΡΑ:

Το Ευπαλίνειο όρυγμα δεν χρησιμοποιείται πλέον ως υδραγωγείο παρά μόνο σαν τουριστικό αξιοθέατο του νησιού. Στη νότια είσοδο της σήραγγας χτίστηκε το 1882 ένα μικρό πέτρινο κτίριο για να είναι εύκολη η πρόσβαση των επισκεπτών. Ένα στενό ορθογώνιο άνοιγμα στο πάτωμα περιλαμβάνει μια απότομη ξύλινη σκάλα που οδηγεί σε ένα περιφραγμένο

διάδρομο μήκους περίπου 12m, ελαφρώς κυρτό, που μετά βίας μπορεί να περάσει ένα άτομο. Οι πλευρές του διαδρόμου, οι οποίες είναι χτισμένες από ογκόλιθους χωρίς προσθήκη κονιάματος, ενώνονται με δίρριχτη στέγη, κατασκευασμένη από ζεύγη επίπεδων πλακών, χαρακτηριστικό τρόπο των αρχαίων ελλήνων για την κατασκευή των στεγών. Αυτό το πέρασμα κατασκευάστηκε αφού είχε ανασκαφεί πλήρως το τούνελ. Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει ηλεκτροδότηση τμήματος της σήραγγας από τη νότια είσοδο έως ένα σημείο περίπου 100m βόρεια από τη διασταύρωση με το βόρειο τούνελ. Σ' αυτό το σημείο υπάρχει ένα εμπόδιο που απαγορεύει στους επισκέπτες να προχωρήσουν περαιτέρω.



Πρόσφατα ολοκληρώθηκε και απεστάλη στα Υπουργεία Πολιτισμού, Μεταφορών και Υποδομών, στους αρμόδιους υπουργούς καθώς και στη Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Σάμου, η οριστική μελέτη αναστήλωσης και ανάδειξης του Ευπαλίνειου Υδραγωγείου της Σάμου.

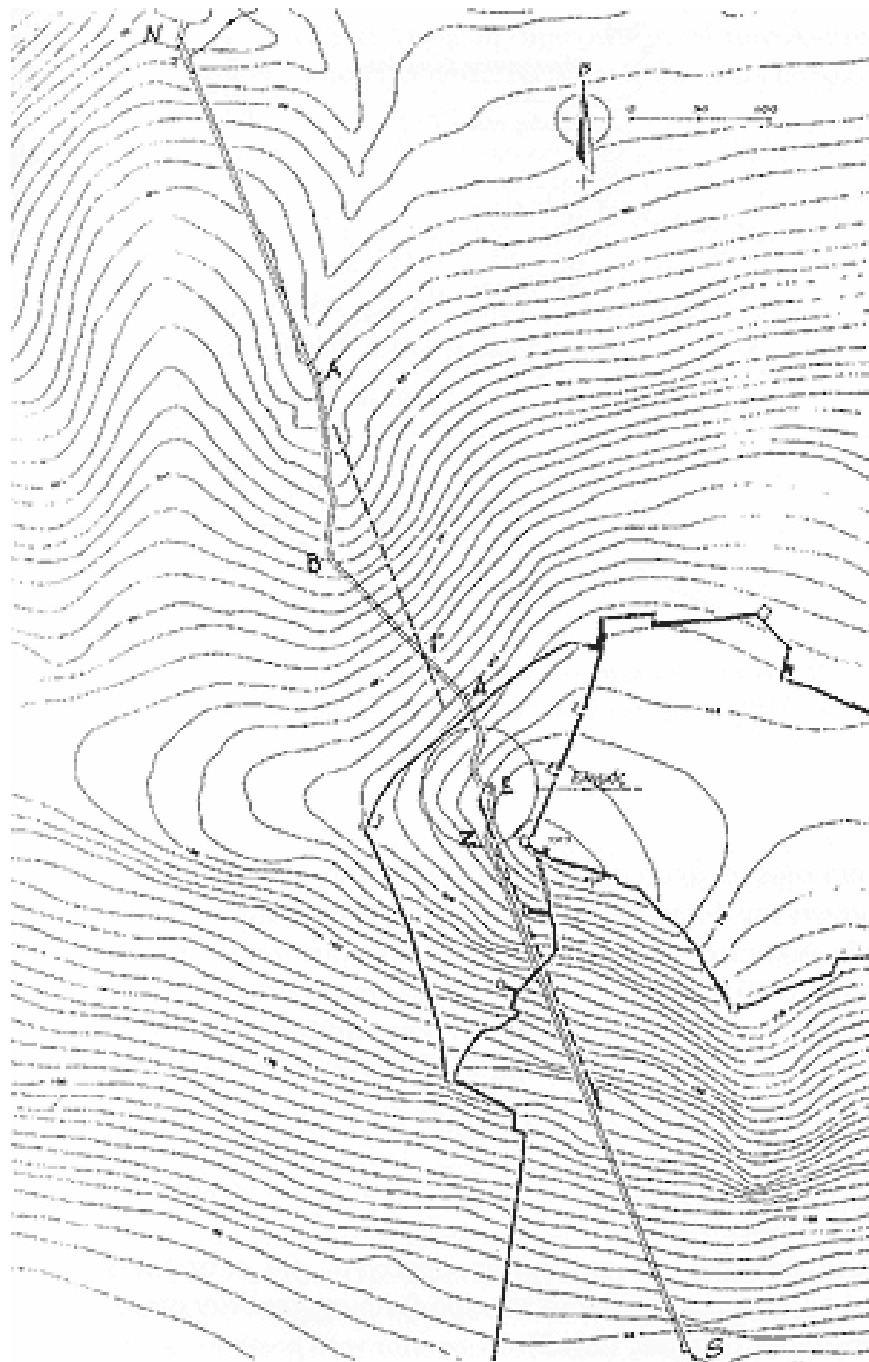
Η μελέτη προβλέπει:

- α) μόνιμα έργα προστασίας και εξασφάλισης της μακροχρόνιας ευστάθειας του ανυποστήρικτου τμήματος της κύριας σήραγγας.
- β) αποκατάσταση τμημάτων της αρχαϊκής και της ρωμαϊκής επένδυσης.
- γ) ανάδειξη της σήραγγας σε συνδυασμό με το φωτισμό και τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.
- δ) την επισκεψιμότητα της σήραγγας.
- ε) τη διαμόρφωση των χώρων του υδραγωγείου έξω από το όρυγμα που αφορούν την είσοδο στον αρχαιολογικό χώρο από το νότιο στόμιο, τη σήμανση του παλαιού αστικού αγωγού προς την παλαιά πόλη, την ανάδειξη του βόρειου στομίου, την ανάδειξη της πορείας του προσαγωγού, τη βελτίωση του δρόμου προς Αγιάδες, τη διαμόρφωση του χώρου γύρω από την αρχαϊκή δεξαμενή, τη δημιουργία κυλικείου και χώρου στάθμευσης και την αξιοποίηση του μονοπατιού που οδηγεί προς το νότιο στόμιο μέσα από το ρέμα του Αϊ - Γιάννη.

2.2.8 ΟΜΟΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕ ΤΟ ΣΗΜΕΡΑ:

Ψάχνοντας τις ομοιότητες και τις διαφορές του τότε με το σήμερα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι κάποιες τεχνικές των τελευταίων ετών μόνο μπορούμε να πούμε ότι ίσως ξεπέρασαν αυτές των Αρχαίων Ελλήνων. Βέβαια υπάρχει και το θέμα της αντοχής στον χρόνο. Τι νόημα έχει να κάνεις ένα πράγματι εκπληκτικό έργο, αν μετά από μερικά χρόνια πέσει σε αχρηστία;

Τα περισσότερα έργα δημόσιας χρήσης που κατασκευάζονται σήμερα, τουλάχιστον στην Ελλάδα, δεν έχουν ούτε την ίδια αντοχή, ούτε την ίδια λειτουργικότητα αλλά ούτε και την ίδια διαχρονικότητα με αυτά των προγόνων μας. Κι αν τα χίλια χρόνια λειτουργίας του Ευπαλίνειου ορύγματος φαίνονται πολλά, θα ήταν ευχής έργον οι αρμόδιοι φορείς του ελληνικού κράτους να διδαχθούν από τις ικανότητες του μεγάλου μας αρχιτέκτονα, ώστε τα έργα που κατασκευάζουν να έχουν όσο γίνεται περισσότερα κοινά στοιχεία.



Το "Ευπαλίνειο Όρυγμα" (χάρτης του Γερμανικού Ινστιτούτου Αθηνών):

Νότια ευθεία SZ ~ 400m.

Βόρεια ευθεία NA ~ 265m.

AB ~ 137m., BΓ ~ 96m,

BΔ ~ 139m., ZE ~ 28+5m.

ΔΕ ~ 77m.

Συνολικό αρχαίο όρυγμα: NS = 1.035+20 ~ 1.055m.(20 λόγω ελιγμού).

Ευθύγραμμο μήκος: NS ~ 1.035m.

Απόκλιση του βόρειου άξονα από το νότιο ~7,0m.

2.3. ΠΕΙΣΙΣΤΡΑΤΕΙΟ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ

2.3.1. ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ - ΣΚΟΠΟΣ – ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

Στα μέσα του 6^ο αιώνα π. Χ., οι αυξημένες ανάγκες της πόλης οδηγούν στην κατασκευή ενός σημαντικού τεχνικού έργου, του Πεισιστράτειου υδραγωγείου. Η πιθανότερη χρονολογία κατασκευής τοποθετείται μεταξύ του 540 και 530 π. Χ..

Επικρατούν διάφορες απόψεις σχετικά με την συγκεκριμένη τοποθεσία του υδραγωγείου. Κατά την άποψη του Camp (1977), το Πεισιστράτειο υδραγωγείο υδρομάστευε την πηγή που βρισκόταν στις βορειοανατολικές χαμηλές υπόγειες του Υμηττού (στάθμη εδάφους περίπου +130m), στο Γουδί, (κάπου στην οδό Αγίας Λαύρας, στο ύψος του Αγίου Θωμά), δίπλα στην κοίτη του Ιλισού και των πολλών παραποτάμων του εκεί. Απόσταση από την Ακρόπολη 3,5km.

Κατά τον Kastenbein (1994) συνέχιζε πολύ πιο ανάντη, παρακολουθώντας την κοίτη του Ιλισού μέχρι ψηλά στον Χολαργό. Κάπου μεταξύ της Μονής του Αγιάννη του Θεολόγου, της συνέχειας της οδού Αναστάσεως προς Υμηττό (+245m), και μέχρι 1km περίπου Νοτιοανατολικός της πλατείας Παπαφλέσσα (Ανω Χολαργός). Απόσταση από την Ακρόπολη 7,5km περίπου.

Ωστόσο ο Keinast υποστηρίζει ότι το υδραγωγείο πρέπει να ξεκινούσε από στις πλαγιές του Υμηττού σε ένα σημείο στο οποίο οι τοπογράφοι Curtius και Kaupert διαπίστωσαν την ύπαρξη πηγής και λειψάνων αρχαίου τείχους.

2.3.2. ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΕΙΣΙΣΤΡΑΤΟ:

Ο Πεισίστρατος γεννήθηκε γύρω στο 605 π. Χ. και υπήρξε γόνος αριστοκρατικής οικογένειας η οποία καταγόταν από την Βραυρώνα της Αττικής. Ήταν γιός ενός πλούσιου άνδρα που είχε ακίνητη περιουσία στα Μεσόγεια, πιθανόν στο Μαραθώνα ή στη Βραυρώνα και μητέρα του ήταν ξαδέλφη της μητέρας του Σόλωνα και ίσως αυτό ήταν η αιτία που κάποιοι ανέφεραν στενή σχέση μεταξύ των δύο ανδρών.



Όταν ήταν νέος, στην Αθήνα κυριαρχούσε σχεδόν εμφύλιος με έντονες διαμάχες λόγω των μέτρων του Σόλωνα. Ο Πεισίστρατος προτού βάλει στόχο την εξουσία, είχε διακριθεί τότε σε μια εκστρατεία στα Μέγαρα, και ο λαός τον εκτιμούσε. Ο λόγος ήταν πως το 570 π. Χ., στη διάρκεια του πολέμου των Αθηναίων με τους Μεγαρείς, κατέλαβε τη Νίσαια, το λιμάνι των Μεγάρων.

Ο Πεισίστρατος υπήρξε κατά διαστήματα για συνολικά περίπου 20 χρόνια τύραννος των Αθηνών, στην περίοδο 561 έως 527 π. Χ. Προσπάθησε και κατάφερε να επιβάλει τυραννίδα τρεις φορές χρησιμοποιώντας άλλοτε συμμάχους από διάφορες πόλεις, άλλοτε από την ίδια την Αθήνα όπου υπήρχαν έντονες διαμάχες εξουσίας μεταξύ αντίπαλων ισχυρών οικογενειών, άλλοτε μισθοφορικό στρατό και άλλοτε τραγελαφικά τεχνάσματα.

Την πρώτη φορά, το 561 π. Χ., αυτοτραυματίστηκε και μαχαίρωσε επίσης τα μουλάρια του. Εμφανίστηκε αιμόφυρτος στην αγορά με δυο πληγωμένα μουλάρια, και υποστήριξε ότι γλίτωσε από βέβαιη δολοφονία, καθώς υπερασπιζόταν τα δίκαια των αδυνάμων. Με ψήφισμα θα επιτρεπόταν πλέον ο Πεισίστρατος να διαθέτει προσωπική φρουρά από ενόπλους και συγκεκριμένα από 50 κορυνηφόρους (άνδρες οπλισμένους με ρόπαλα). Ο Πεισίστρατος χρησιμοποίησε πολύ σύντομα αυτή την προσωπική φρουρά, την οποία τεχνηέντως αύξησε σημαντικά σε αριθμό και κατέλαβε την Ακρόπολη και την εξουσία. Ο Πεισίστρατος δεν κατέλυσε τότε τις βασικές δημοκρατικές λειτουργίες και προσπάθησε να κυβερνήσει προσωποπαγώς δίχως να θίξει το πολίτευμα σε καίρια σημεία, πλην όμως πολύ γρήγορα (ίσως σε λίγους μήνες ή το πολύ μέσα σε ένα χρόνο) ανατράπηκε και εξορίστηκε.

Ο Πεισίστρατος, εκμεταλλευόμενος τη νέα διαμάχη των εκπροσώπων των δύο ισχυρών τάξεων που κυριαρχούσαν στην πολιτική σκηνή, του Αλκμεωνίδη Μεγακλή και του Λυκούργου του Αριστολαΐδη, συμμάχησε

με τον πρώτο, ο οποίος για να απαλλαγεί από το Λυκούργο και τους ολιγαρχικούς, και θεωρώντας ότι ο πλούτος του αρκούσε για να ελέγξει τον Πεισίστρατο, δέχτηκε να τον στηρίζει σε μια μορφή ήπιας τυραννίας ώστε να μην ανατραπεί το σύστημα του Σόλωνα. Του έδωσε μάλιστα για σύζυγο την κόρη του ώστε τα παιδιά που θα αποκτούσε με αυτήν να ένωναν τις δύο οικογένειες, των Αλκμεωνιδών και των Πεισιστρατιδών. Με αυτό τον όρο ο Μεγακλής βοήθησε τον Πεισίστρατο να καταλάβει την εξουσία. Για να κερδίσει την εύνοια των Αθηναίων αυτή τη φορά ο Πεισίστρατος επινόησε ένα τέχνασμα που ο Αριστοτέλης περιγράφει ως χονδροειδέστατο. Έβαλε πάνω σε άρμα μια νεαρή και υψηλή γυναίκα ντυμένη με πανοπλία και περικεφαλαία και εν πομπή την έφερε από την Παιανία στην Ακρόπολη διαδίδοντας ότι ήρθε η ίδια η Αθηνά για να τον στέψει άρχοντα της πόλης. Ο λαός της Αθήνας πράγματι εντυπωσιάστηκε και ο Πεισίστρατος έγινε τύραννος για δεύτερη φορά το 558 π. Χ.. Σύντομα η συμμαχία του Πεισίστρατου με τον Αλκμεωνίδα Μεγακλή άρχισε να κλονίζεται επειδή ο τύραννος έδειξε εξαρχής ότι απέφευγε να κάνει παιδιά με την κόρη του πολιτικού συμμάχου του. Ο Μεγακλής συμάχησε λοιπόν το 556 π. Χ. με τον Λυκούργο για άλλη μια φορά και έτσι κατάφερε πάλι να ανατρέψει τον Πεισίστρατο. Αυτή τη φορά η τυραννίδα κράτησε 2 χρόνια (αν και δεν συμφωνούν όλοι οι ιστορικοί για τις χρονολογίες).

Αν και εξόριστος και χωρίς περιουσία, ο Πεισίστρατος δεν έμεινε άπραγος. Κατόρθωσε χάρη στην επινοητικότητά του να αποκτήσει τον έλεγχο ορυχείων αργύρου και χρυσού στη Μακεδονία και τη Θράκη, και να πλουτίσει. Έτσι, με μισθοφόρους από το Άργος και στρατό που του εξασφάλισε ο φίλος του Λύγδαμης από το νησί της Νάξου, και αριστοκράτες φίλοι του από τη Θήβα, τη Θεσσαλία και την Ερέτρια, ο Πεισίστρατος έπλευσε από την Ερέτρια στον Μαραθώνα. Από εκεί εκστράτευσε κατά της Αθήνας και νικώντας τις δυνάμεις του Λυκούργου και Μεγακλή που τον περίμεναν στην Παλλήνη, έγινε κυρίαρχος των Αθηνών για τρίτη φορά, το 545 π. Χ., και μέχρι το τέλος της ζωής του. Αυτός επήλθε από φυσικά αίτια και σε μεγάλη ηλικία του Πεισιστράτου, το 527 π. Χ., οπότε τον διαδέχτηκαν οι Πεισιστρατίδες.

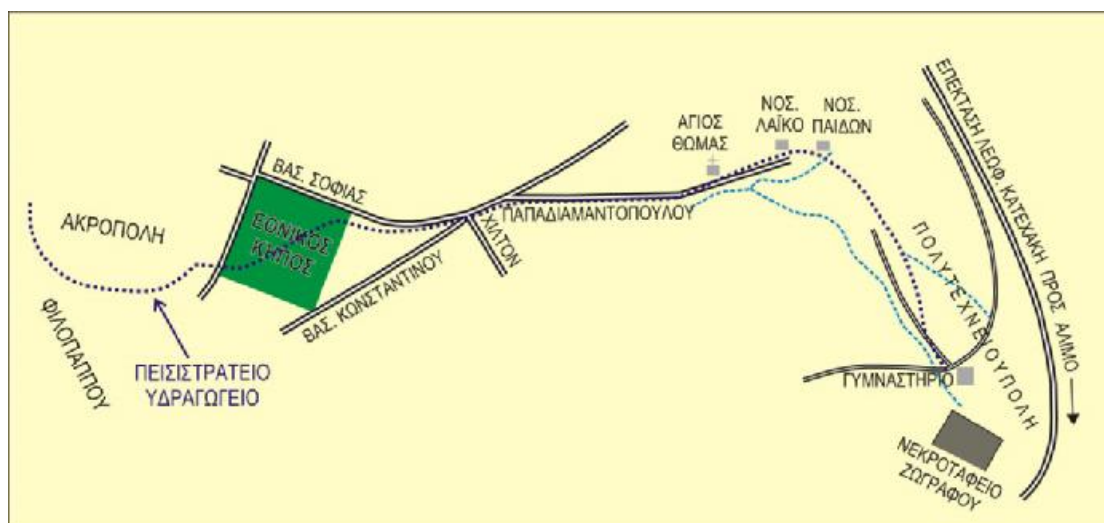
Ο Πεισίστρατος ενθάρρυνε και τη βιοτεχνία και το εμπόριο, και καλυτέρευσε κατά πολύ την οικονομία της Αθήνας με τη φορολογία της δεκάτης (10% επί του εισοδήματος). Με τα χρήματα που εισέπραττε από τους φόρους κατασκεύασε δρόμους και πολλά άλλα δημόσια έργα, μνημεία και ναούς που ομόρφυναν την Αττική αλλά ταυτόχρονα πρόσφεραν δουλειά στον αστικό πληθυσμό. Αυτά τα χρόνια, πολλά Αττικά προϊόντα εξήχθησαν στην Ετρουρία και Αίγυπτο, Μικρά Ασία και πόλεις της Μαύρης Θάλασσας, κυρίως κρασί, λάδι και αρώματα.

Μερικά από τα διασημότερα έργα της εποχής του Πεισίστρατου ήταν το υδραγωγείο, η Εννεάκρουνος ή Καλλιρρόη, ο Εκατόμπεδος στην Ακρόπολη προς τιμήν της Αθηνάς, εκεί όπου αργότερα χτίστηκε ο Παρθενώνας, και ο ναός του Ολυμπίου Διός, ο οποίος τελικά ολοκληρώθηκε αιώνες αργότερα από τον Ρωμαίο αυτοκράτορα Αδριανό.

2.3.3. Η ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

Τα γνωστότερα σημεία διαδρομής του υδραγωγείου αυτού είναι: ο ναός του Αγίου Ιωάννη του Θεολόγου στις Δυτικές παρυφές του Υμηττού, βορειοανατολικά του Νεκροταφείου Ζωγράφου, παράπλευρα, του παλαιού ναού του Αγίου Θωμά. Από εκεί στην οδό Παπαδιαμαντοπούλου, τον Εθνικό Κήπο και δια της οδού των Κυδαθηναίων εισέρχεται στην παλιά Πόλη και προχωρεί στην νότια πλευρά της Ακροπόλεως, στρέφει προς βορρά, διέρχεται τον αυχένα του Άρειου Πάγου και στη συνέχεια έφθανε στην Εννεάκρουνο Κρήνη που παλαιότερα πιθανόν να ταυτιζόταν με την κρήνη Καλλιρρόη.

Ο Keinast ισχυρίζεται ότι το υδραγωγείο έφτανε μέχρι το ανατολικό άκρο της Ακρόπολης και στη συνέχεια διακλαδιζόταν στο λεγόμενο νότιο και βόρειο κλάδο. Ο βόρειος κλάδος έφτανε στην Αγορά ενώ ο νότιος κλάδος ακολουθούσε την νότια πλευρά της Ακρόπολης και στη συνέχεια διακλαδιζόταν εκ νέου. Η μία διακλάδωση ύδρευε την περιοχή ανάμεσα στον Άρειο Πάγο και την Πνύκα, η άλλη οδηγούσε στην κοινότητα Κοίλη.



2.3.4. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

Το μήκος του υδραγωγείου είναι 2.800m, το πλάτος του 0,65m και το ύψος του 1,30m, ενώ το συνολικό μήκος του δικτύου είναι πάνω από 6,0km.

Το υδραγωγείο βρίσκεται κατά το μεγαλύτερο μέρος του σε σήραγγα, μέχρι και βάθους 14,00m. Μέσα στην διατομή της σήραγγας και στον πυθμένα του υδραγωγείου είναι τοποθετημένοι πήλινοι υδροσωλήνες εσωτερικής διαμέτρου 20cm περίπου, με εξαιρετικής συλλήψεως μούφες και κολάρα, με σπές καθαρισμού με χαράγματα προσανατολισμού και με άλλα τεχνικά στοιχεία. Οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες αυτές μαρτυρούν υψηλή ποιότητα, αν και κάποιες από αυτές λόγω της διαφορετικότητας μαρτυρούν και διαφορετικές φάσεις κατασκευής και επιμελημένες επισκευές. Μέσα από τους υδροσωλήνες αυτούς μεταφερόταν το νερό.



Το αριστούργημα αυτού του υδραγωγείου ήταν το εσωτερικό δίκτυο διανομής. Μετά τον Εθνικό Κήπο (βάθος σήραγγας 14m), ο αγωγός πάει προς την ρωσική εκκλησία (βάθος 5,0m), για να αρχίσει να διακλαδώνεται από την γωνία Κυδαθηναίων και Χρυσοστόμου (σχεδόν

στην επιφάνεια) προς κλάδους νότια και βόρεια της Ακροπόλεως. Κατά μήκος αυτών των κλάδων, το πλήθος των δεξαμενών, των δημόσιων κρηνών και των νυμφαίων εκπλήσσει με τον πλούτο και την πυκνότητά τους.



Ο αγωγός, όπως και σε όλα τα υδραγωγεία της ελληνικής αρχαιότητας, ήταν υπόγειος. Κατά κανονικά διαστήματα υπήρχαν φρεάτια τα οποία συνδέονταν μεταξύ τους υπογείως. Οι εργασίες χωρομέτρησης περιορίζονταν στην χάραξη της διαδρομής επί της επιφανείας του εδάφους, στη χωροστάθμηση και στον ακριβή προσδιορισμό του βάθους των

φρεατίων.

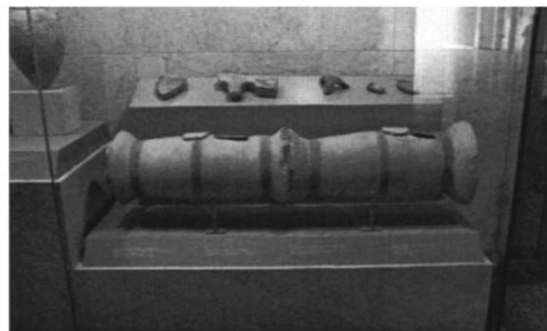
Η κατά μήκος κλίση του υδραγωγείου είναι εξαιρετικά ευνοϊκή (πάνω από 2%). Μόνο στην περιοχή του νυν Χίλτον η κλίση πέφτει στο 0,5% περίπου.

2.3.5. ΤΟ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ:

Με την πάροδο των αιώνων, το υδραγωγείο αχρηστεύθηκε κατά μεγάλο μέρος στο πεδινό του τμήμα και το νερό ανέβλυζε ως πηγή δίπλα στον Άγιο Θωμά (Γουδί). Το 1920 συνέδεσαν σε αυτό καινούργιους μαντεμένιους σωλήνες και έτσι μέχρι σήμερα 1.050m³ νερού χύνονται καθημερινά στην πρώτη λίμνη του Εθνικού Κήπου από την είσοδο της λεωφόρου Βασιλίσσης Σοφίας, ακολουθώντας την ίδια αρχαία διαδρομή μέσω σωληνώσεων μήκους 2,5km. Στο πότισμα συμβάλλουν 4 γεωτρήσεις ημερήσιας παροχής 200m³.



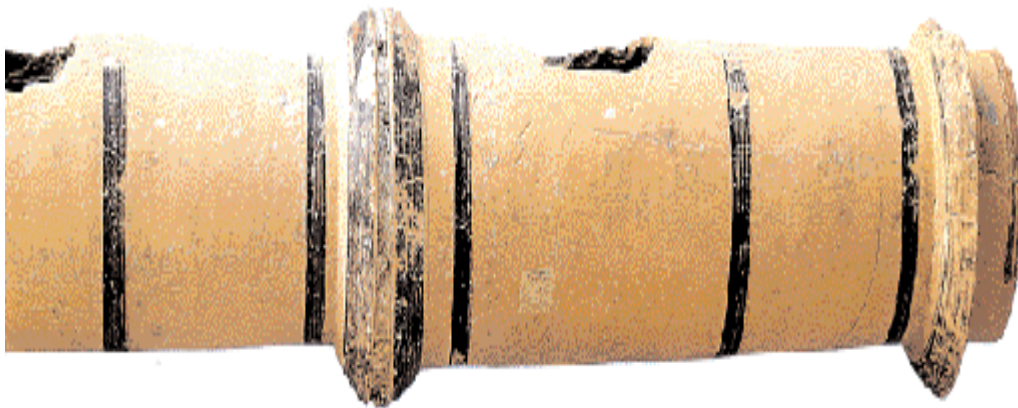
(a)



(b)

2.3.6. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΣΙΣΤΡΑΤΕΙΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ ΜΕ ΑΛΛΑ ΜΕΤΑΓΕΝΕΣΤΕΡΑ:

Το Πεισιστράτειο υδραγωγείο έγινε από τους τεχνικούς εκείνους με ευτελή μέσα και όχι με μέσα όπως εκείνα που διέθεταν οι τεχνικοί του Αδριάνειου και πολύ περισσότερο οι σύγχρονοι που κατασκεύασαν εκείνο του Μόρνου. Γι' αυτό και το Πεισιστράτειο, που έγινε εδώ και 2.500 και πλέον χρόνια, πρέπει να θεωρείται σημαντικό έργο.



2.4. ΤΟ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ AQUA APPIA

2.4.1. ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ – ΣΚΟΠΟΣ – ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

Μέχρι το 312 π. Χ. η συλλογή του νερού γινόταν με κάδους από τις τοπικές πηγές. Η μέθοδος αυτή ήταν επαρκής έως τότε, αλλά καθώς ο πληθυσμός της Ρώμης αυξανόταν συνεχώς όπως και το εμπόριο και ο ιδιωτικός τομέας, η ανάγκη για μια εξωτερική πηγή νερού έγινε απαραίτητη. Ένας ακόμη λόγος που θα μπορούσε να οδηγήσει στην κατασκευή υδραγωγείου ήταν η μείωση της καλής ποιότητας των υδάτων. Όπως επισημαίνει ο Hodge η αυξανόμενη χρήση του Τιβέριου και το σύστημα υπονόμων της Ρώμης, η Cloaca Maxima, που κατέληγε στον ποταμό, είχαν ως αποτέλεσμα την ρύπανσή του. Ωστόσο δεν είναι πολλοί αυτοί που ενστερνίζονται την άποψη του Hodge, καθώς το έδαφος περιείχε υπεραρκετά φίλτρα.

Το πρώτο υδραγωγείο για την Ρώμη ήταν γεγονός. Το Aqua Appia, κατασκευάστηκε από τον Appius Claudius Caecus, ο οποίος ήταν λογοκριτής για 18 μήνες, το 312 π. Χ.. Δεν υπάρχει ομοφωνία ως προς την ακριβή θέση της πηγής, δεδομένου ότι οι πηγές ήταν τοποθετημένες 16m κάτω από την στάθμη του εδάφους και πιθανώς να έχουν καλυφθεί. Η πηγή του υδραγωγείου σύμφωνα με τον Frontinus και τον Middleton βρίσκεται στο Argo Lucullano, 780 βήματα αριστερά από την Praenestina μεταξύ του 7^{ου} και 8^{ου} km, σε μια περιοχή που ονομάζεται Ager Lucullanus.

2.4.2. ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ APPIUS CLAUDIUS CAECUS:



Ο Appius Claudius Caecus γεννημένος το 340 π. Χ. υπήρξε ρωμαίος πολιτικός και προερχόταν από μια πλούσια αριστοκρατική οικογένεια.

Το 312 π. Χ. χρησίμηκε λογοκριτής, αφού πρώτα είχε διατελέσει χρέη πρόξενου. Ζήτησε στήριξη από τις κατώτερες τάξεις, επιτρέποντας στους γιους του να ελευθερώσουν τους σκλάβους

για να υπηρετήσουν την Γερουσία, επίσης έδωσε προνόμια ψήφου στους άνδρες των αγροτικών φυλών που δεν είχαν δική τους γη.

Κατά τη διάρκεια της θητείας του ως λογοκριτής, έχτισε τη *Via Appia*, ένα σημαντικό και διάσημο δρόμο μεταξύ Ρώμης και Capua, καθώς και το πρώτο υδραγωγείο στη Ρώμη, το Aqua Appia. Επίσης, δημοσίευσε για πρώτη φορά τον κατάλογο των νομικών διαδικασιών και το νομικό ημερολόγιο, η γνώση των οποίων, αποτελούσε προνόμιο των *'pontifices'* και των ιερωμένων. Ασχολήθηκε με τη λογοτεχνία και τη ρητορική, και πραγματοποίησε τις μεταρρυθμίσεις στην Λατινική ορθογραφία.

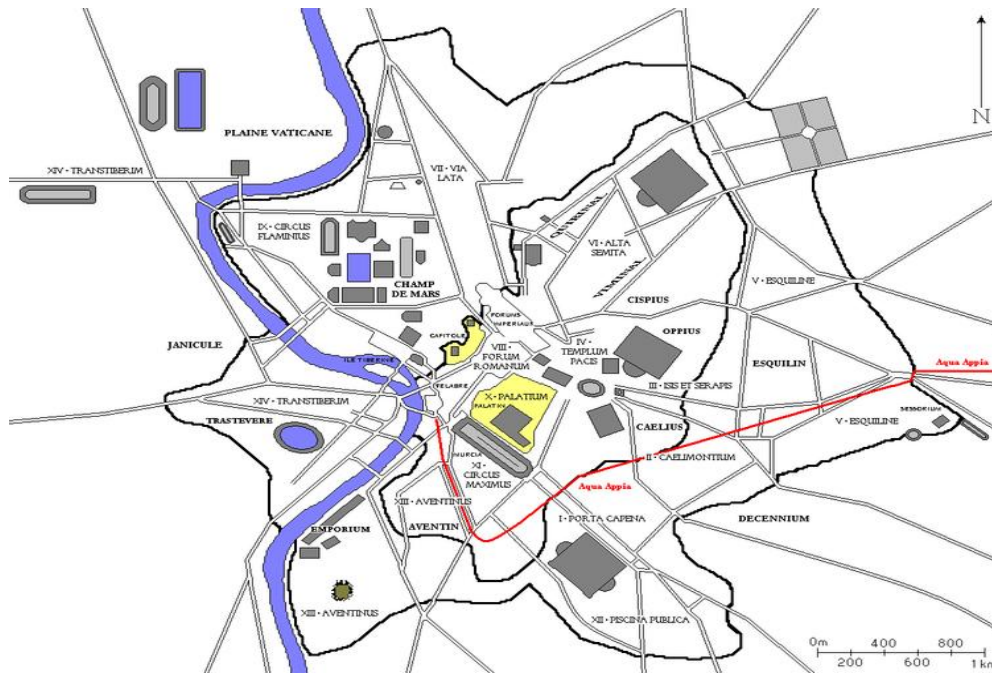
Το 307 π. Χ. και το 296 π. Χ. διετέλεσε πρόξενος και το 292 π. Χ. και το 285 π. Χ. διορίστηκε Δικτάτορας. Το 280 π. Χ., αφού είχε τυφλωθεί (λόγω κατάρας, σύμφωνα με τον Λίβιο), έδωσε μια περίφημη ομιλία δηλώνοντας ότι η Ρώμη δεν θα παραδοθεί ποτέ. Αυτή είναι η πρώτη καταγεγραμμένη πολιτική ομιλία στα λατινικά. Πέθανε το 273 π. Χ..

2.4.3. Η ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

Το υδραγωγείο ήταν περίπου 16km μακρύ και έρεε 15m κάτω από τη ν στάθμη του εδάφους. Εισερχόταν στη Ρώμη από μια περιοχή η οποία ήταν γνωστή ως Ad Spem Veterem. Στην περιοχή αυτή βρισκόταν και ο αρχαίος ναός της Θεάς της Ελπίδας και σήμερα ονομάζεται Porta Maggiore. Από το σημείο αυτό, ο αγωγός συνέχιζε την πορεία του στο Caelian ομαλά για 90m, διασχίζοντας την κοιλάδα μεταξύ των λόφων Caelian και Aventino οι οποίοι βρίσκονται κοντά στο ανατολικό τέλος του Circus Maximus, πάνω στις καμάρες οι οποίες στηρίζονταν στο Mura Serviane και στο Porta Capena. Η διαδρομή του τερματιζόταν στο Clivus Publicius, στο νότιο Forum Boarium, σε μια περιοχή που ονομάζεται Porta Trigemina, κοντά στο Salinae.

Αυτή η αψίδα στάθηκε ακριβώς μέσα στο Servian Wall και σήμερα δεν υπάρχει. Από αυτό το σημείο το κανάλι συνεχίζει πάλι υπόγεια, μετά την κορυφογραμμή, διαβαίνοντας τον Aventine για να καταλήξει στον ποταμό Τιβέριο. Ο Frontinus επισημαίνει ότι το Appia αναδυόταν από την υπόγεια πορεία του στην επιφάνεια του εδάφους στο Porta Capena, ωστόσο συνεχίζει, στο σημείο αυτό δεν υπάρχει κανένα ίχνος υδατόπυργου.

Λόγω του χαμηλού υψομέτρου του, το υδραγωγείο μπορεί δια της βίας να ανακαλυφθεί. Το υδάτινο σύστημα ακολουθεί αυτήν την υπόγεια πορεία για λόγους ασφαλείας. Η Ρώμη δεχόταν συχνά επιθέσεις από εχθρούς, οι οποίοι θα μπορούσαν σε μια προσπάθεια πολιορκίας, να κόψουν την παροχή νερού. Πράγμα που συνέβη τον 6^ο αιώνα κατά την διάρκεια της εισβολής των Goth.



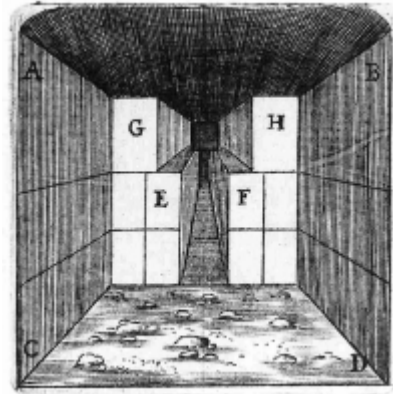
2.4.4. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

Η πηγή του Appria ήταν περίπου 24m επάνω από τη στάθμη της θάλασσας (20m κάτω από τη στάθμη του εδάφους), σε μια σειρά από πηγές που ανακαλύφθηκαν από τον Gaius Plautius Venox (το επίθετο Venox του αποδόθηκε λόγω αυτού του άθλου).



Η κατασκευή του υδραγωγείου βασίστηκε στην τεχνολογία των Ελλήνων. Εκτιμάται ότι το Aqua Appria παρείχε 1.825 quinaria νερού ανά ημέρα (75.737m³/day) και σημαντικό ήταν να διατηρηθεί η γωνία του καναλιού σταθερή. Λόγω της διαφοράς στο υψόμετρο το Aqua Appria είχε ένα μήκος περίπου 16,5km, ενώ η πηγή ήταν μόνο 11km μακριά από την Ρώμη.

Από άποψη υψομέτρου το Appia ήταν αυτό με το χαμηλότερο από όλα τα άλλα υδραγωγεία. Το υψόμετρο του Appia μειώθηκε σε 15m περίπου. Αυτή η πτώση, των 8m ή 5%, απεικονίζει την ελάχιστη πτώση όπως περιγράφει ο Vitruvius. Η υψομετρική αυτή διαφορά είχε σαν αποτέλεσμα την δημιουργία διαφόρων προβλημάτων για τους σύγχρονους μηχανικούς, και στην προσπάθειά τους να αποδείξουν ότι η υψομετρική διαφορά ανάμεσα στην αρχή και το τέλος της πορείας ενός αγωγού, πρέπει να είναι μεγαλύτερο, ειδικότερα στις κατοικήσιμες περιοχές. Στην πραγματικότητα, όπως επισημαίνει ο Evans, από τεχνικής απόψεως λόγω του χαμηλού υψομέτρου του Appia η διανομή του νερού σε υψηλότερες περιοχές γινόταν με πολλά εμπόδια.



Ο αγωγός αποτελούνταν από ασβεστολιθικούς ογκόλιθους με μια τρύπα στο κέντρο. Οι ασβεστολιθικοί ογκόλιθοι ήταν συνδεδεμένοι μεταξύ τους.

2.4.5. ΤΟ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ ΜΕΣΑ ΣΤΟΝ ΧΡΟΝΟ:

Παρά τη φήμη τους ως θαύματα της εφαρμοσμένης μηχανικής, τα υδραγωγεία διέρρεαν αρκετά άσχημα και απαιτούσαν συχνή συντήρηση. Το Appia επισκευάστηκε από τον Q. Marcius Rex μεταξύ του 144 και 140 π. Χ., από τον Αγρίππα και τελικά από τον Αύγουστο το 22 - 24 π. Χ.. Ο Αύγουστος πρόσθεσε επίσης έναν νέο κλάδο τροφοδότησης, το Appia Augusta, το σημείο όπου τα δύο κανάλια ανεφοδιασμού ενώνονταν ονομαζόταν gemelli (= δίδυμο).

Αυτό μετέφερε το νερό από τις πηγές που βρίσκονταν μεταξύ των δρόμων Prenestina και Collatina. Αυτό ήταν πιο κοντά στη Ρώμη από τον αρχικό κλάδο και ένωσε το κανάλι Appian κοντά σε μια περιοχή που ο Frontinus ονομάζει ad Gemellos, η οποία είναι πιθανώς στο Porta Praenestina.

Οι Platner και Ashby (1965) δεν αναφέρουν τις επισκευές που πραγματοποίησε ο Αγρίππας, σε αντίθεση με τον Frontinus ο οποίος δηλώνει ότι ο Αγρίππας επισκεύασε τους αγωγούς του Appia, του Anio

και του Aqua Marcia που είχαν φθαρεί σχεδόν ολοκληρωτικά και με χρηματοδότησή του παρέχει στην πόλη ένα μεγάλο αριθμό πηγών.

Κατά την διάρκεια της λειτουργίας του, επισκευάστηκε τρεις φορές. Επικρατεί η άποψη ότι το Appia εξυπηρετούσε επτά από τις δεκατέσσερις περιοχές του Augustan: το Caelian, το Roman Forum, το Circus Maximu, το Piscina Publica, το Aventine και το Transtiber. Ο Frontinus θεωρεί, κατά προσέγγιση, ότι το ένα τέταρτο του νερού του Appia διανεμήθηκε σε ιδιωτικές κατοικίες. Αυτή του η άποψη φαίνεται αρκετά βάσιμη λαμβάνοντας υπόψη την ημερομηνία της εισαγωγής του υδραγωγείου, του χαμηλού υψομέτρου και του μικρού ποσοστού απόκλισής του. Οι αριθμοί που δίνει ο Frontinus διευκρινίζουν ότι το Appia παρέδιδε το 70% του όγκου του σε αυτοκρατορικά και δημόσια κτίρια.

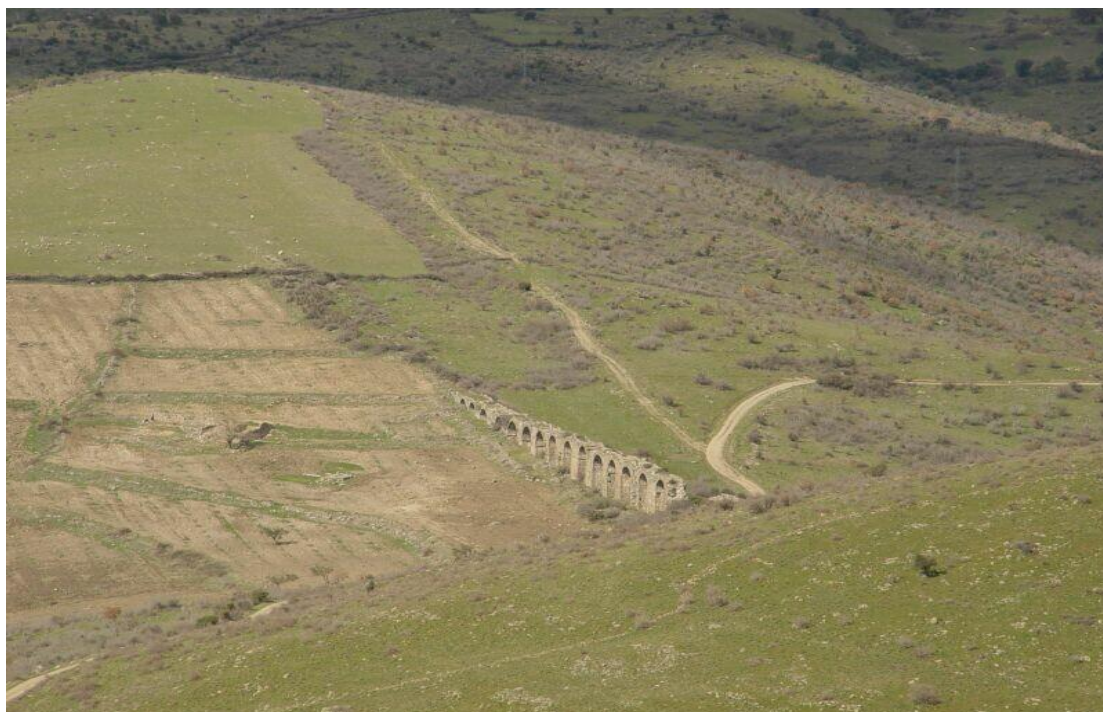


2.5. ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ ΤΗΣ ΠΕΡΓΑΜΟΥ

2.5.1. ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ – ΣΚΟΠΟΣ - ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

Η πόλη της Περγάμου βρίσκεται στην δυτική ακτή της Ανατολίας, στη σημερινή Τουρκία, 30km εσωτερικά από την θάλασσα του Αιγαίου, κοντά στην κοιλάδα του ποταμού Κάικου.



Όταν άρχισε να επεκτείνεται γύρω στο 200 π. Χ., η απαίτηση για νερό της βασιλικής πόλης της Περγάμου, υπερέβη σημαντικά την περιορισμένη χωρητικότητα των διαθέσιμων υδάτινων πόρων και έτσι με εντολή του Αττάλου του Α΄, κατασκεύασαν τρία μακροσκελή υδραγωγεία βόρεια της πόλης. Τα δύο υδραγωγεία κατασκευάστηκαν στην κοιλάδα του Σελινούντα και το άλλο στα βουνά Madradag. Το υδραγωγείο μετέφερε νερό από το όρος Madradag προς το οχυρό της Περγάμου.

2.5.2. ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΤΤΑΛΟ ΤΟΝ Α΄:



Ο Άτταλος Α΄ ο Σωτήρ γεννήθηκε το 269 π. Χ. και ήταν ηγεμόνας του ελληνιστικού βασιλείου της Περγάμου. Ήταν γιος του Αττάλου και της Αντιοχίδος, πριγκίπισσας από τον Οίκο των Σελευκιδών. Παντρεύτηκε την Απολλωνίδα από την Κύζικο με την οποία απέκτησε τέσσερις γιους.

Μαζί με τους θείους τους αναφέρεται ως ευεργέτης της πόλης των Δελφών. Ήταν ολυμπιονίκης οδηγός των αρματοδρομιών και τιμήθηκε με δικό του μνημείο στην Πέργαμο. Όταν ήταν ακόμα παιδί έχασε τον πατέρα του

και τον υιοθέτησε ο Ευμένης Α΄, που ήταν ο ηγεμόνας της Περγάμου.

Ο Άτταλος βασίλευσε από το 241 π. Χ. μέχρι το θάνατο του το 197 π. Χ.. Σύμφωνα με τον Πausanias, το 236 π. Χ., το μεγαλύτερο του επίτευγμα ήταν η νίκη εξέχουσας σημασίας κατά των Γαλατών, εις ανάμνηση αυτής της επιτυχίας ανεγέρθη το θριαμβικό μνημείο της Περγάμου, μέρος του οποίου αποτελούσε και το διάσημο άγαλμα του ‘Θνήσκοντος Γαλάτη’ και την απελευθέρωση των πόλεων από την γαλατική απειλή, και έτσι κέρδισε την επωνυμία ‘ο Σωτήρ’.

Η Πέργαμος δέχτηκε ξανά επίθεση από τους Γαλάτες και ο Άτταλος τους νίκησε στο Αφροδίσιο, και σε άλλες περιοχές και τέλος το 228 π. Χ. σε μια μάχη στην Καρία. Με αυτές του τις νίκες κέρδισε τον έλεγχο όλης της επικράτειας των Σελευκιδών στη Μικρά Ασία. Ο Άτταλος έχασε τις ελπίδες του να κατακτήσει την ανατολή και έτσι έστρεψε την προσοχή του στα δυτικά. Εκλέχτηκε ένας από τους δύο στρατηγούς της Αιτωλικής Συμπολιτείας συνεισφέροντας στον πόλεμο τον ισχυρό στόλο του. Το 205 π. Χ., με την υπογραφή της ειρήνης, η Ρώμη στράφηκε στον Άτταλο.

Με την προνοητικότητα του Αττάλου να ενισχύσει τα οχυρωματικά έργα της πόλης της Περγάμου, το 201 π. Χ., όταν έγινε εισβολή στην περιοχή δεν ήταν δυνατόν να κυριευθεί από τους Μακεδόνες. Οι Αθηναίοι πρόσφεραν σπανιότατες τιμές στον βασιλιά της Περγάμου, όταν πήγε για να τους πει πως ήταν η κατάσταση στην Πέργαμο, τιμώντας τον

ως ευεργέτη και ονόμασαν μία από τις φυλές τους Ατταλίδα, καθιστώντας τον 'επώνυμο ήρωα' της.

Πέθανε το 197 π. Χ. λίγο πριν την λήξη του δεύτερου πολέμου, σε ηλικία 72 ετών, λέγετε ότι πιθανότατα η αιτία είναι εγκεφαλικό επεισόδιο, όπου έπαθε τη στιγμή που του είχαν απευθύνει το λόγο σε πολεμικό συμβούλιο στη Βοιωτία.

2.5.3. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

2.5.3.1. ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ:

- **ΤΑ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΣΙΦΩΝΙΟ:**



Το μήκος των υδραγωγείων ήταν 20 με 45km, αποτελούνταν από σωλήνες αργίλου με διάμετρο 13 έως 18cm και χωρητικότητα 6 έως 45lit/sec (520 έως 3.900m³/day). Το ένα υδραγωγείο μετέφερε νερό από το βουνό 'Madradag' και διέσχιζε το χαμήλωμα βόρεια της πόλης με ένα εισαγωγικό σιφώνιο με μήκος που υπερέβαινε τα 3km με μέγιστη κατεύθυνση πίεσης περίπου 180m. Το εισαγωγικό σιφώνιο ήταν φτιαγμένο από μέταλλο (μόλυβδος) και δέθηκε με τις μεγάλες κατασκευές των πετρών. Ο θάλαμος για την τακτοποίηση των ιζημάτων χτίστηκε προς τα πάνω στο

τέλος του σιφωνίου για να το αποτρέψει από την παρεμπόδιση των ιζημάτων. Το μεγάλο μήκος της κατασκευής και πάνω από όλα η απίστευτα υψηλή πίεση της κατεύθυνσης, που κάνουν ανέφικτη οποιαδήποτε άλλη εναλλακτική λύση (π.χ. η γέφυρα ύδατος), και είναι ένα κύριο σημείο της εφαρμοσμένης υδραυλικής μηχανικής.

Το υλικό των σιφωνίων των σωλήνων ήταν από άργιλο και πέτρα για τα δύο υδραγωγεία της κοιλάδας του Σελινούντα, και μόλυβδο για το υδραγωγείο που βρίσκεται στα βουνά Madradag. Τα κεφάλια πίεσης των σιφωνίων ήταν 25, 30 και 180m, αντίστοιχα.

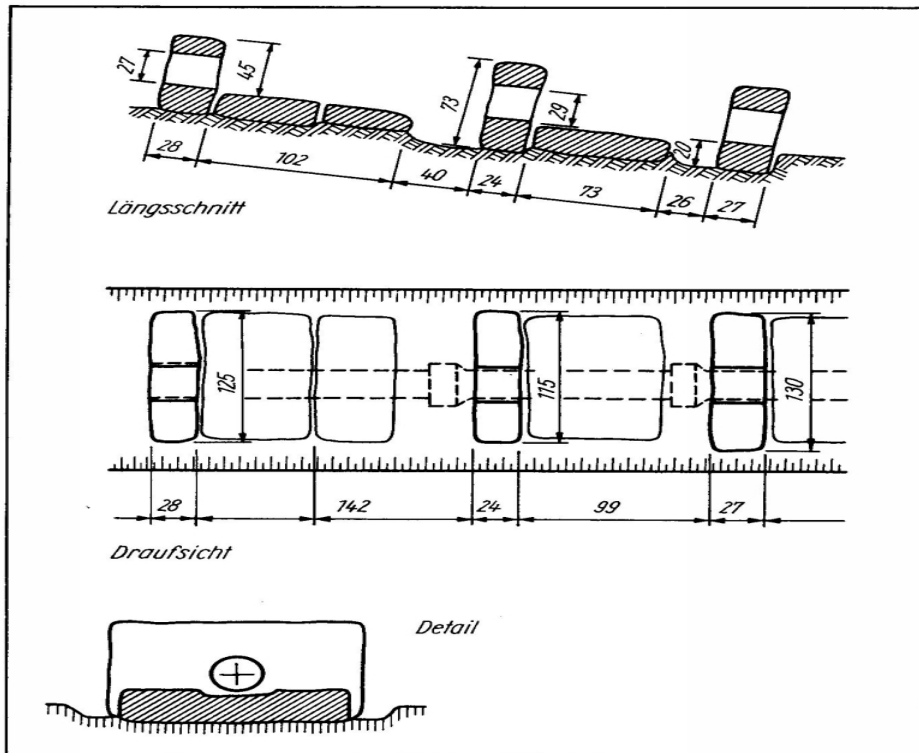
2.5.3.2. ΡΩΜΑΪΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ:

• ΤΑ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΑ:

Ο πληθυσμός στην Πέργαμο, αυξήθηκε και από φρούριο έγινε ανοικτή πόλη. Για να ικανοποιήσουν την αυξανόμενη απαίτηση του νερού, κατασκεύασαν ακόμα δύο υδραγωγεία, το υδραγωγείο Κάικος, που αργότερα έγινε το υδραγωγείο 'Aksu' και το ρωμαϊκό υδραγωγείο 'Madradag'. Τα υδραγωγεία 'Κάικος' και 'Aksu' είχαν μήκος 53 και 73km αντίστοιχα, και είχαν μια ικανότητα περίπου 150lit/sec (13.000m³/day). Το υδραγωγείο 'Madradag' είχε περίπου μήκος 50km και είχε ικανότητα περίπου 100 - 120lit/sec (9.500m³/day). Το υδραγωγείο 'Κάικος', είχε εξαιρετικά μικρή κλίση, μέσο όρο 0,00034 και η πορεία του έπρεπε να κρατηθεί όσο το δυνατόν σε ευθεία.

Τα κανάλια όλου του ρωμαϊκού υδραγωγείου κατασκευάστηκαν στην τεκτονική και επικονιάστηκαν με το κονίαμα και τοποθετήθηκαν ελαφρώς κάτω από την επιφάνεια. Το υδραγωγείο Madradag πίστευαν ότι έχει δημιουργηθεί από μια ανερχόμενη ομάδα στο βουνό Toklu στην έκταση του βουνού Madradag, περίπου 5km ανατολικά του ελληνιστικού υδραγωγείου. Περίπου 10km κάτω από την έκταση, το ελληνιστικό και τα ρωμαϊκά υδραγωγεία έτρεχαν παράλληλα το ένα στο άλλο μέχρι την απόσταση της κατωφέρειας βόρεια του λόφου της πόλης.

Για να διασχίσουν την κατωφέρεια, οι Ρωμαίοι δεν έχτισαν ένα σιφώνιο, όπως έκαναν οι Έλληνες 350 χρόνια νωρίτερα. Αντί για αυτό, το κανάλι οδηγήθηκε προς τα κάτω, πιθανώς υπό μορφή καταρράκτη και διέσχισε τη ράχη του βουνού σε υψόμετρο 204,5m σε μορφή μιας τοξωτής γέφυρας.



Το 178 μ. Χ., μόνο μερικά χρόνια μετά από την ολοκλήρωσή της, η τοξωτή γέφυρα καταστράφηκε από έναν ολέθριο σεισμό, ο οποίος έβλαψε ή κατέστρεψε τις περισσότερες γέφυρες του υδραγωγείου 'Κάικος'. Προκειμένου να αποφευχθεί η ανακατασκευή των μεγάλων γεφυρών και να μειωθεί η ζημιά από μελλοντικούς σεισμούς το υδραγωγείο 'Κάικος' ξανασχεδιάστηκε με τις ακόλουθες αλλαγές:

- Το ανώτερο μέρος του υδραγωγείου μεταφέρθηκε σε νέο μέρος εξ' ολοκλήρου στην δεξιά όχθη του ποταμού 'Κάικος',
- η πλευρά στην κοιλάδα 'Karkasos' ακολουθήθηκε με μια μικρότερη γέφυρα υψηλότερη, επάνω στην κοιλάδα και
- οι νέες οριζόντιες δοκοί του υδραγωγείου κατασκευάστηκαν ως σήραγγες, μερικά μέτρα κάτω από την επιφάνεια.

Αυτές οι αλλαγές οδήγησαν σε μια σημαντική μείωση του συνολικού αριθμού των γεφυρών και το πιο σημαντικό, αφαιρέθηκαν οι τεράστιες δομές που διέσχιζαν τον ποταμό 'Κάικος', τον ποταμό 'Yacili' και τον ποταμό 'Karkasos'.

Μετά την αναδημιουργία της, η γέφυρα κατέρρευσε πάλι κατά τη διάρκεια του σεισμού του 262 μ. Χ.. Έπειτα αντικαταστάθηκε από ένα τετραπλάσιο σιφώνιο πίεσης και αργότερα (πιθανώς μετά από το 365 μ. Χ.) από ένα διπλό ανοικτό κανάλι, πάνω από το υπόλοιπο χαμηλότερο

επίπεδο του τόξου των τριών αρχικών γεφυρών της ιστορίας. Η χρονολόγηση και η θεμελιώδη ανακατασκευή αυτών των φάσεων της τοξωτής γέφυρας ήταν μόνο δυνατόν, μέσω της συνδυασμένης εισαγωγής των μηχανικών, των αρχιτεκτόνων και των αρχαιολόγων.

• Η ΓΕΦΥΡΑ ΤΗΣ ΠΕΡΓΑΜΟΥ:

Η γέφυρα της Περγάμου περνάει πάνω από τον ποταμό Σελινούντα, το σύγχρονο Bergama Hay. Είναι η μεγαλύτερη του είδους της, στην αρχαιότητα και έχει μήκος 196m. Σχεδιάστηκε την εποχή του αυτοκράτορα Handian (117 – 138 μ. Χ.), που απαιτούσε το γεφύρωμα ενός ολόκληρου τμήματος του ποταμού Σελινούντα, προκειμένου να διαμορφωθεί το ικανοποιητικό διάστημα για μια μεγάλη έκταση (πλατφόρμα) μπροστά από το μνημείο του ναού του Σέραπη.

Η θεμελίωση της γέφυρας χαρακτηρίζεται από δύο παράλληλους και γραμμικούς υπόγειους θαλάμους βαρελιών που χωρίζονται από έναν συνεχή τοίχο. Οι ανηφορικές εισοδοί του διπλού σωλήνα είναι στο ίδιο επίπεδο, σε αντίθεση οι έξοδοι στην πλευρά των κάτω κοιλάδων χωρίζονται κατά διαστήματα, με απόσταση 13m, που οδηγεί σε μια σημαντική διαφορά μήκους μεταξύ του δυτικού κλάδου που είναι 183m και του ανατολικού κλάδου που είναι 196m.

Αποτελείται από δύο ημικυκλικές αψίδες, οι οποίες πρακτικά έχουν ίδιες διαστάσεις. Οι εκτάσεις είναι 9m για την κάθε μία, η άνοδος από την οριζόντια γραμμή της καμάρας του τόξου προς την κορυφή της αψίδας είναι 4,5m και η απόσταση προς το έδαφος είναι 7,5m.

Οι υπόγειοι θάλαμοι στηρίζονται στα ερείπια που δεσμεύονται με το κονίαμα και το υπόλοιπο σε μια βάση πέτρινων λίθων. Πάνω και κάτω στην θεμελίωση των γεφυρών προς την κατεύθυνση του ρέματος.



Υπάρχουν άλλες δύο καλά συντηρημένες γέφυρες οι οποίες διασχίζουν τον ποταμό Σελινούντα, ονομαζόμενες 'Tabak Köprüsü' και 'Üc Kemer Köprüsü', αλλιώς γέφυρες τριών αψίδων.

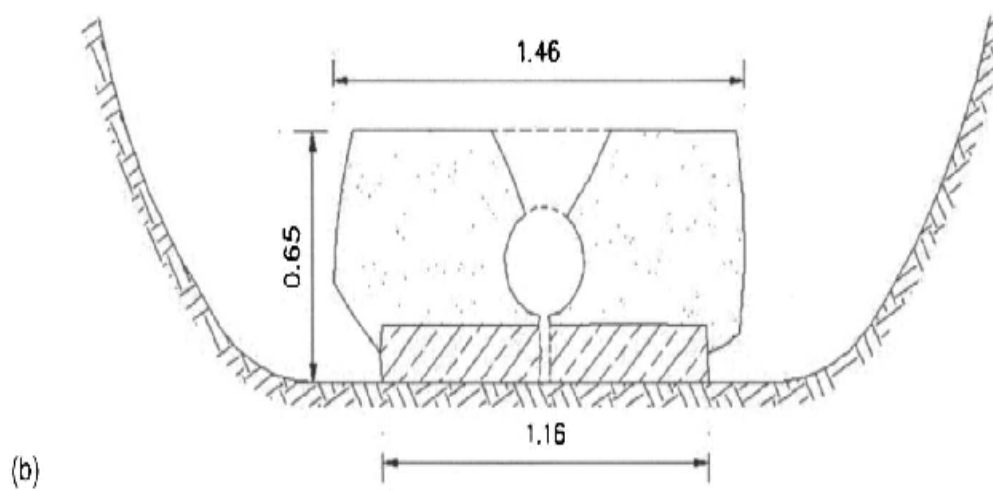
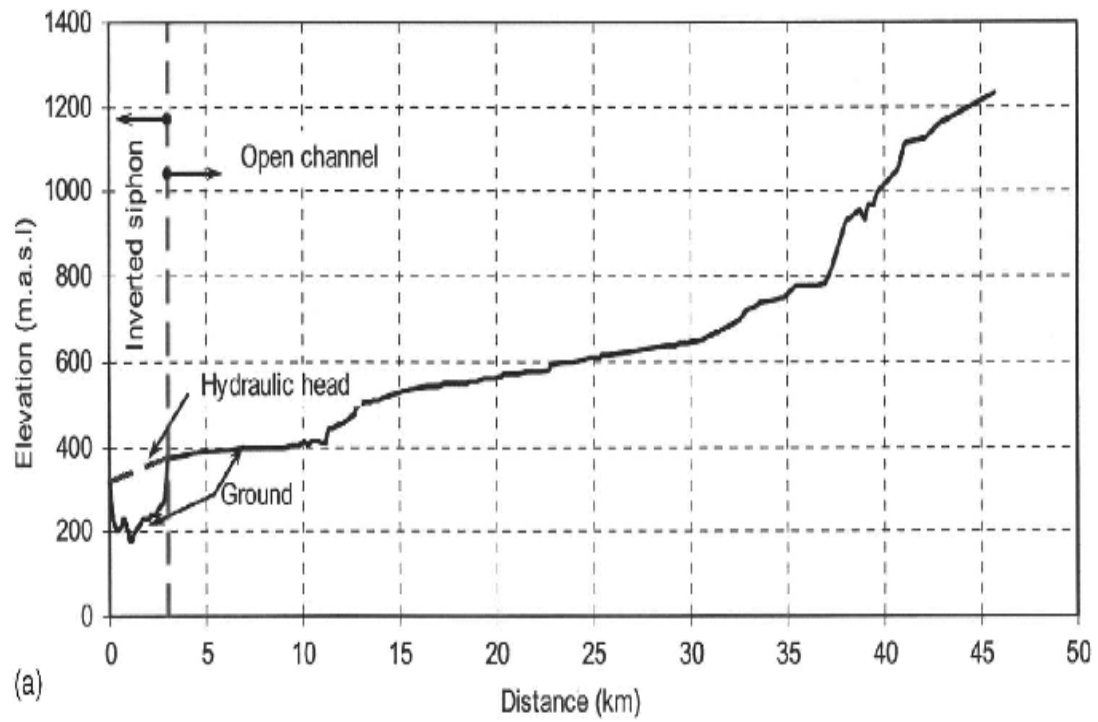
Το όριο ικανότητας της γέφυρας της Περγάμου σε περίπτωση πλημμύρας, υπάγεται από υδραυλική και υδρολογική έρευνα. Από την μελέτη η κλίση υπολογίστηκε 0,6%, που μεταφράζεται σε μια μέγιστη ικανότητα απαλλαγής 360m³/sec, που βάζει την γέφυρα κάτω από την εσωτερική πίεση και βλάπτει τη δομή στη διαδικασία. Το μήκος του ποταμού Σελινούντα είναι 13,4km, με μεσαία κλίση 2,2% και λεκάνη διοχέτευσης 101km², ανάλογα με την μέθοδο που υπολογίστηκε έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

- 1.250 χρόνια (μέθοδος Günerman)
- 1.550 χρόνια (μέθοδος D.S.I.)
- 1.100 χρόνια (μέθοδος Mockus)
- 8.500 χρόνια (μέθοδος Snyder)

Το συμπέρασμα της μελέτης είναι ότι στατιστικά κάθε 700 χρόνια, οι πλημμύρες πρέπει να αναμένονται όταν θα υπερέβαινε την ικανότητα της γέφυρας.

2.5.4. Η ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΩΝ:

Τα δύο υδραγωγεία στην κοιλάδα του Σελινούντα εκτιμήθηκαν και ερευνήθηκαν κατά τη διάρκεια των εκστρατειών του 1975/76 κάτω από την καθοδήγηση του Dr. G. Garbrecht. Όσον αφορά το ελληνιστικό υδραγωγείο Madradag, μόνο την ύπαρξη και τη γενική πορεία του υδραγωγείου και το σιφόνι μήκους 3 km ανακαλύφθηκαν το 1886. Καμία αξιόλογη ανάλυση και ερμηνεία του υδραγωγείου Madradag δεν υπάρχει. Τέτοια έρευνα πραγματοποιήθηκε μεταξύ του 1968 και του 1972 από τον Dr. G. Garbrecht. Οι μηχανικοί της ομάδας εκτέλεσαν τις έρευνες και τους υδραυλικούς υπολογισμούς, οι αρχιτέκτονες παρείχαν μια θεμελιώδη ανακατασκευή των γεφυρών και άλλων υδραυλικών δομών, οι αρχαιολόγοι βοήθησαν στη χρονολόγηση των δομών και οι φιλόλογοι βοήθησαν στην ανάγνωση και την ερμηνεία των επιγραφών και άλλου γραπτού υλικού.



- a) Ανεστραμμένος σίφωνας μήκους 3km με υδραυλικό φορτίο 180
 b) Πέτρα αγκύρωσης του μολύβδινου αγωγού υπό πίεση

2.6. ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ ΝΙΚΟΠΟΛΗΣ

2.6.1. ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ – ΣΚΟΠΟΣ – ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

Στο βόρειο άκρο της κοιλάδας του Λούρου, κοντά στο χωριό Άγιος Γεώργιος, βόρεια της Φιλιπιάδας, δεσπόζει το ρωμαϊκό υδραγωγείο της αρχαίας Νικόπολης. Μεγάλα βουνά με βραχώδεις εξάρσεις υψώνονται πάνω από το ποτάμι και τις καμάρες του υδραγωγείου.

Το υδραγωγείο της Νικόπολης κατασκευάστηκε τον 1^ο αιώνα π. Χ. από τον Οκταβιανό Αύγουστο με σκοπό να καλύψει τις ανάγκες των κατοίκων της αρχαίας Νικόπολης.

2.6.2. ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΟΚΤΑΒΙΟ ΑΥΓΟΥΣΤΟ:



Ο Αύγουστος γεννήθηκε στη Ρώμη στις 23 Σεπτεμβρίου 63 π. Χ., και του δόθηκε το όνομα Γάιος Οκτάβιος. Ήταν μέλος της σεβαστής, αλλά και μη διακεκριμένης, οικογένειας των Οκταβίων από την πλευρά του πατέρα του, που έφερε το ίδιο όνομα. Η μητέρα του ονομαζόταν Ατία Βάλβα Καισονία. Ο νεαρός Οκτάβιος είχε δύο μεγαλύτερα αδέρφια: μια ετεροθαλή αδερφή, από τον πρώτο γάμο του πατέρα του, την Οκταβία τη Μεγάλη, και μια ομόαιμη αδερφή, την Οκταβία τη Μικρή. Η οικογένεια ήταν εύπορη χάρη στις τραπεζικές τους επιχειρήσεις στο Βέλετρι, όπου ανήκαν στην τοπική αριστοκρατία.

Ο πατέρας του Οκταβιανού ήταν ο πρώτος της οικογένειας που αποτέλεσε μέλος της Ρωμαϊκής Συγκλήτου (*novus homo*), προνόμιο που του αποδόθηκε όταν ανακηρύχτηκε κυαίστωρ (*quaestor*) το 70 π. Χ..

Ο Γάιος Ιούλιος Καίσαρας Οκταβιανός Αύγουστος είναι από τους πιο σημαντικούς αυτοκράτορες της Ρώμης. Ήταν ανιψιός και θετός γιος του

Ιουλίου Καίσαρα και μετά τη δολοφονία αυτού διεκδίκησε τα κληρονομικά του δικαιώματα από τον Αντώνιο, που φαινόταν πως ήταν ο μόνος κύριος της κατάστασης. Ήταν τότε μόλις 19 χρόνων, με φυσιολογική καχεκτική και αδύνατη, αλλά αρκετά δραστήριος και ενεργητικός με άριστες ικανότητες στους πολιτικούς ελιγμούς. Αρχικά φάνηκε πως αναγνώρισε τη διάδοχη κατάσταση που προέκυψε μετά τη δολοφονία του Καίσαρα, ύστερα όμως, αφού δέχτηκε και την υποστήριξη της συγκλήτου, βάδισε εναντίον του Αντωνίου που βρισκόταν τότε στη Β. Ιταλία καταδιώκοντας τους δολοφόνους του Καίσαρα. Αλλά οι δύο αντίπαλοι προτίμησαν να συνεννοηθούν με τη μεσολάβηση του Λέπιδου, αρχηγού του ιππικού της Ρώμης και σχημάτισαν τη Δεύτερη Τριανδρία (43 π. Χ.). Οι τρεις άνδρες ανέλαβαν τη διακυβέρνηση της χώρας εκτελώντας καθήκοντα υπάτων και έθεσαν ως στόχους την αναδιοργάνωση του κράτους και την τιμωρία των δολοφόνων. Ακολούθησαν άγριες προγραφές των αντιπάλων στη Ρώμη εν όψει της μακρινής εκστρατείας που θα επιχειρούσαν στην Ελλάδα εναντίον του Κάσσιου και του Βρούτου. Η σύγκρουση μεταξύ των αντιπάλων έγινε στους Φιλίππους (42 π. Χ.) και έληξε με σημαντική υπεροχή των ανδρών της τριανδρίας. Ο Κάσσιος και ο Βρούτος αυτοκτόνησαν.

Η νίκη σήμανε και το τέλος της Ρωμαϊκής Δημοκρατίας, αφού έπεσαν και οι τελευταίοι υπερασπιστές της. Οι νικητές, αφού παραμέρισαν το Λέπιδο, μοιράστηκαν το ρωμαϊκό κόσμο, ο Αντώνιος πήρε την Ανατολή και ο Οκταβιανός τη Δύση. Δεν άργησαν όμως να συγκρουστούν μεταξύ τους και με την υπερίσχυση του Οκταβιανού στο Άκτιο (31 π. Χ.), ο νικητής παρέμεινε απόλυτος μονάρχης της απέραντης Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας. Δίστασε βέβαια να δεχτεί τον τίτλο του δικτάτορα και προσπάθησε να συμβιβάσει αρχικά τις δημοκρατικές και αυτοκρατορικές τάσεις, σιγά - σιγά όμως συγκέντρωσε στα χέρια του όλες τις εξουσίες, του προϊσταμένου της Συγκλήτου, του ανθύπατου, του δημάρχου κλπ. και εγκαινίασε μια καινούρια μορφή διακυβέρνησης της χώρας που ονομάζεται αυτοκρατορία, με αυστηρά συγκεντρωτικό χαρακτήρα.

Σε ανάμνηση της νίκης του στη Ναυμαχία του Ακτίου το 31 π. Χ. κατά του Αντωνίου και της Κλεοπάτρας, ο Οκτάβιος Αύγουστος ίδρυσε την Νικόπολη. Η Νικόπολη βρίσκεται σε απόσταση 7km Βορειοανατολικά της Πρέβεζας. Ο Οκταβιανός φρόντισε να κοσμηθεί η πόλη και η γύρω περιοχή με μεγαλοπρεπή δημόσια κτίρια και άλλα έργα, όπως το θέατρο, το Νυμφαίο, τα Λουτρά, το Ωδείο, το Γυμνάσιο, το Υδραγωγείο, το Μνημείο του Αυγούστου. Τα εντυπωσιακά βυζαντινά τείχη και τα ψηφιδωτά της Βασιλικής Δουμετίου και Αλκίσωνος μαρτυρούν την αίγλη της πόλης κατά τους πρώτους χριστιανικούς αιώνες.

Λαμπρά ήταν και τα διοικητικά μέτρα του Αυγούστου, που στην ουσία είναι νέο διοικητικό σύστημα. Η Ιταλία διαιρέθηκε σε 11 περιοχές και η Γαλατία σε 3. Το κράτος ουσιαστικά κυβερνούσε το Συμβούλιο του Αυτοκράτορα, που αποτελούνταν από λαμπρούς συνεργάτες και φίλους του, το Μαικήνα, τον Αγρίππα, τον Τιβέριο και το Δρούσο. Δημιουργήθηκε κρατική ταχυδρομική υπηρεσία, θεσπίστηκαν νέα φορολογικά μέτρα, ιδρύθηκε το αυτοκρατορικό θησαυροφυλάκιο, από το οποίο μισθοδοτούνταν οι ανώτατοι αξιωματικοί και υπάλληλοι και πάρθηκε μια σειρά μέτρων που απέβλεπαν στην αναγέννηση της γεωργίας με τη ενίσχυση της μικρής ιδιοκτησίας.

Τις τελευταίες του στιγμές, ο Αύγουστος καυχήθηκε: «Παρέλαβα τη Ρώμη φτιαγμένη από τούβλα, τώρα σας την παραδίδω ντυμένη από μάρμαρο». Αν και η ρήση αυτή αληθεύει εν μέρει και κυριολεκτικά, ο Δίων Κάσσιος βεβαιώνει πως πρόκειται για μεταφορά σχετικά με την ισχύ της Αυτοκρατορίας.

Μάρμαρο υπήρχε σε κτίρια και πριν από την εποχή του Αυγούστου, αλλά μέχρι τότε δεν χρησιμοποιούνταν σαν σύνθετες κατασκευαστικό υλικό. Παρόλο που η κατάσταση δεν άλλαξε για τις φτωχογειτονιές της Σουμπούρα, που έμειναν σαθρές και εύφλεκτες όπως πάντα, ο Αύγουστος άφησε πράγματι το σημάδι του στα οικοδομήματα του κέντρου της πόλης και του Πεδίου του Άρεως, κατασκευάζοντας την Ara Pacis (*Βωμό της Ειρήνης*) και ένα μνημειώδες ηλιακό ρολόι, κεντρικός γνώμονας του οποίου ήταν ένας οβελίσκος που έφερε από την Αίγυπτο. Τα ανάγλυφα που διακοσμούν την Ara Pacis αναπαριστούν οπτικά τους θριάμβους που αφηγείται ο Αύγουστος στο έργο «*Res Gestae*». Τα ανάγλυφα παρουσιάζουν την αυτοκρατορική πομπή των Πραιτοριανών, των Εστιάδων Παρθένων και των πολιτών της Ρώμης. Ο Αύγουστος έχτισε επίσης το Ναό του Καίσαρα, τα Λουτρά του Αγρίππα και την Αγορά του Αυγούστου, στην οποία ανήγειρε ναό αφιερωμένο στον Εκδικητή Άρη. Ενθάρρυνε τις κατασκευές κι άλλων έργων, ανάμεσα στα οποία συναντούμε το Θέατρο του Βάλβου και το Πάνθεον, το οποίο κατασκεύασε ο Αγρίππας. Επίσης χρηματοδότησε και οικοδομήματα στο όνομα άλλων, για παράδειγμα την Στοά της Οκταβίας και το Θέατρο του Μάρκελλου. Ακόμη και το Μουσουλείο του χτίστηκε πριν από το θάνατό του για να στεγάσει την τέφρα άλλων μελών της οικογένειάς του. Για να υμνήσει τη νίκη του στη Ναυμαχία του Ακτίου, χτίστηκε η Αψίδα του Αυγούστου το 29 π. Χ. κοντά στην είσοδο του Ναού του Κάστορα και του Πολυδεύκη, η οποία επιμηκύνθηκε το 19 π. Χ. για να συμπεριλάβει ένα σχέδιο με τρεις αψίδες. Υπάρχουν επίσης διάφορα κτίρια εκτός της πόλης της Ρώμης που αποτελούν κληρονομιά του Αυγούστου και φέρουν το όνομά του, όπως το Θέατρο της Μέριντα στην Ισπανία, το Maison

Carrée που χτίστηκε στη Νιμς στο σύγχρονο γαλλικό νότο, καθώς επίσης και το Τρόπαιο του Αυγούστου στην Λα Τουρμπί, κοντά στο Μονακό.

Μετά το θάνατο του Αγρίππα το 12 π. Χ., έπρεπε να βρεθεί μια λύση σχετικά με την οργάνωση του δικτύου ύδρευσης της Ρώμης. Το θέμα τέθηκε τη στιγμή αυτή καθώς ήταν υπό την επίβλεψη του Αγρίππα όταν υπηρετούσε ως aedile, και χρηματοδοτήθηκε αργότερα με δικά του έξοδα όταν ήταν απλός ιδιώτης. Τη χρονιά αυτή ο Αύγουστος κανόνισε ένα σύστημα βάσει του οποίου η Σύγκλητος όριζε τρία από τα μέλη της υπευθύνους για την παροχή νερού στην πόλη, καθώς και για τη συντήρηση των υδραγωγείων. Προς το τέλος της εποχής του Αυγούστου, μια επιτροπή πέντε Συγκλητικών, γνωστοί ως «curatores locorum publicorum iudicandorum», ανέλαβε τη συντήρηση των δημόσιων κτιρίων και των ναών της κρατικής λατρείας. Ο Αύγουστος δημιούργησε επίσης μια επιτροπή Συγκλητικών για τη συντήρηση του οδικού δικτύου, οι οποίοι καλούνταν «curatores viarum». Η επιτροπή αυτή συνεργαζόταν με ντόπιους αξιωματούχους και εργολάβους για την οργάνωση τακτικών εξορμήσεων για επισκευές.

Ο κορινθιακός αρχιτεκτονικός ρυθμός, με προέλευση την Αρχαία Ελλάδα, ήταν το κυρίαρχο ρεύμα κατά την εποχή του Αυγούστου και κατά τη διάρκεια της αυτοκρατορικής εποχής της Ρώμης. Ο Σουητόνιος κάποτε σχολίασε πως η Ρώμη δεν ήταν άξια να αποκαλείται αυτοκρατορική πρωτεύουσα, αν και οι Αύγουστος και Αγρίππας προσπάθησαν να διαλύσουν αυτήν την εντύπωση μεταμορφώνοντας την πόλη σύμφωνα με το κλασικό ελληνικό μοντέλο.

Παρά την αγάπη του για την ειρήνη ο Αύγουστος αναγκάστηκε να κάνει και πολέμους. Ο Αύγουστος πέθανε το 14 μ. Χ., αφού άφησε διάδοχό του το γιο της δεύτερης γυναίκας του Λιβίας, τον Τιβέριο. Η Ρωμαϊκή Σύγκλητος για τις μεγάλες του υπηρεσίες απέναντι στο κράτος τον κατέταξε μεταξύ των θεών.

2.6.3. Η ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

Ο αγωγός του υδραγωγείου, αφού διέλθει με τοξωτό εναέριο σύστημα μεταφοράς, για να παρακαμφτεί η χαράδρα του ποταμού Λούρου, κινείται προς την περιοχή του Κοκκινόπηλου, την οποία διασχίζει με τη μορφή υπόγειας σήραγγας, που έχει διανοιχθεί, κάτω από τις αποθέσεις ερυθρογής, στο ασβεστολιθικό υπόβαθρο της περιοχής. Στη

συνέχεια αφού διασχίσει το Δίχαλο Ρέμα με τη μορφή μικρής τοξωτής γέφυρας εντοπίζεται στην περιοχή της Αγίας Ελεούσας και στους πρόποδες του υψώματος Μουλιά με τη μορφή υπόγειας αύλακας. Στην περιοχή του Καστριού ο αγωγός στρέφεται προς βορρά, διερχόμενος από το Ριζοβούνι, με την βοήθεια αυλακοσωλήνων και πιθανώς το Γαλατά. Αφού στραφεί προς νότο και διασχίσει το Θεσπρωτικό εντοπίζεται εκ νέου στην περιοχή του Κέντρου Υγείας και των Εργατικών Κατοικιών, όπου εξακολουθεί να έχει τη μορφή υπόγειας αύλακας. Με την ίδια μορφή εντοπίζεται στην περιοχή Βόιδι και στην ευρύτερη περιοχή της Τύριας της Κοινότητας Κρανιας. Από την περιοχή της Λάκκας εξέρχεται ως λαξευμένη στο βράχο σήραγγα μέσω του στενού της Στεφάνης.

2.6.4. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

Ο αγωγός του υδραγωγείου έχει μήκος 50km περίπου. Για να γίνει αυτό το έργο προφανώς πέρασαν κάποιες δεκαετίες, λέγεται δε, ότι εργάστηκαν δεκάδες χιλιάδες δούλοι. Κατά τις πλέον αισιόδοξες απόψεις, υπολογίζεται ότι η κατασκευή του Ρωμαϊκού Υδραγωγείου Νικοπόλεως κράτησε περίπου τριάντα χρόνια και συνεπώς πρέπει να παραδόθηκε σε χρήση την περίοδο που γεννήθηκε ο Ιησούς Χριστός, ενώ κατά τις πλέον απαισιόδοξες απόψεις, πρέπει να αποπερατώθηκε στο δεύτερο ήμισυ του 2^{ου} μ. Χ. αιώνα (150 - 200 μ. Χ.).

Η κατασκευή του απαιτούσε επισταμένη μελέτη, προηγμένες τεχνικές γνώσεις και εφαρμογή ειδικών και τολμηρών λύσεων. Για να αντιμετωπίσουν την υψομετρική διαφορά (περίπου 80m) που υπήρχε ανάμεσα στις πηγές του ποταμού και τη Νικόπολη, κατασκεύασαν τον αγωγό με κλίση προς τη θάλασσα. Για να παρακάμψουν την ανάγλυφη διαμόρφωση του εδάφους χρησιμοποίησαν 3 τρόπους για την κατασκευή του:

- τη δημιουργία αύλακα κατά μήκος της πλαγιάς των λόφων με τοξωτή στεγανοποιημένη κάλυψη και τετράγωνα ανοίγματα εξαερισμού,
- τη διάνοιξη, λαξευμένης στον ασβεστόλιθο σήραγγας μήκους 400m, η οποία εντοπίζεται σε βάθος 20m από την επιφάνεια του εδάφους, στην περιοχή του Κοκκινόπηλου με πυργοειδή ανοίγματα εξαερισμού,

- κατασκευή πεσσοστοιχιών με εναέριους σκεπαστούς αυλακοσωλήνες, που γεφύρωναν τα τμήματα μεταξύ των λόφων και οδηγούσαν το νερό στις δεξαμενές της Νικόπολης.

Το υδραγωγείο έχει κατά κανόνα τη μορφή υπόγειας αύλακας, με χτιστή τοξωτή κάλυψη και τοιχώματα, που επενδύονται με ισχυρό υδραυλικό κονίαμα, προκειμένου να επιτευχθεί η στεγανοποίησή τους.



Στην αρχή του δικτύου ο αγωγός βρίσκεται πάνω σε δύο γέφυρες, τις οποίες στήριζαν πεσσοί, μεταφέροντάς τον στην απέναντι όχθη του ποταμού. Από εκεί με λαξευτή σήραγγα, δια μέσου των λόφων, βγαίνει στην πεδιάδα του Θεσπρωτικού και κατευθύνεται νότια, περνώντας δίπλα από το χωριό Στεφάνη. Τα τοιχώματά της, στα οποία είναι ευδιάκριτα τα ίχνη των σκαπτικών εργαλείων, που χρησιμοποιήθηκαν για τη διάνοιξη της, είναι σχεδόν κάθετα, και καταλήγουν σε οξύληκτη οροφή. Η πορεία, που ακολουθεί η σήραγγα, δεν είναι ευθύγραμμη, αλλά πιθανώς προσαρμόζεται κάθε φορά στις δυσκολίες, που συναντούσαν κατά τη διάρκεια της λάξευσης του βράχου. Έπειτα παρακάμπτει το χωριό του Ζαλόγγου, διέρχεται κοντά από το χωριό Αρχάγγελος και από εκεί στηριζόμενος σε πεσσοστοιχίες καταλήγει στο Νυμφαίο (κεντρική δεξαμενή της πόλης).

Οι πεσσοί που στήριζαν τις γέφυρες έχουν διαστάσεις 3,80x3,60m και είναι ενισχυμένοι με αντηρίδες (διαστάσεων 2,40x1,80m), τα κενά που σχηματίζονται μεταξύ τους έχουν μήκος 3,80m και συνδέονται με επάλληλα τόξα. Στο ύψος που σχηματίζονται τα τόξα υπάρχει ένα είδος γείσου, που περιτρέπει τον κυρίως πεσσό και τις αντηρίδες.



Το τμήμα του λαξευτού αγωγού που έχει αποκαλυφθεί (νότια πλευρά του λόφου Ίσιωμα), φτάνει τα 230m μήκος ενώ το πλάτος του είναι 0,75m και το ύψος 1,20m. Σε ορισμένα σημεία επικαλύπτεται με τούβλα που σχηματίζουν μια καμάρα. Εκεί διαμορφώνεται ένα άνοιγμα (πιθανώς φρεάτιο εξαερισμού και καθαρισμού του νερού), ενώ σε δύο σημεία επικοινωνεί με τις γέφυρες που συνέδεαν τις όχθες του ποταμού.

Για τον έλεγχο και τον εξαερισμό της σήραγγας έχουν διανοιχθεί κάθετα στο έδαφος φρεάτια. Πρόκειται για τετράγωνες κατασκευές, με εσωτερικό αγωγό και ισχυρούς τοίχους.

Οι Ρωμαίοι στα περισσότερα υδραγωγεία τους συνήθιζαν να κατασκευάζουν δεξαμενή κοντά στις πηγές πριν αρχίσουν την μεταφορά του νερού ώστε να διατηρούν σταθερή ροή και πίεση. Η μεταφορά του νερού γινόταν από τα γνωστά αψιδωτά τμήματα που με κλίση 1:1.000 εξασφάλιζαν σταθερή ροή.



2.6.5. ΤΟ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ:

Το υδραγωγείο της Νικοπόλεως ήταν αρκετά μεγάλο για να καλύπτει επί μήνες τις ανάγκες της πόλης. Από τον ίδιο αγωγό τροφοδοτούταν και το υδραγωγείο του Νυμφαίου. Κατά την περίοδο του Αυτοκράτορα Ιουλιανού (361 μ. Χ. - 363 μ. Χ.) επισκευάστηκε το Ρωμαϊκό Υδραγωγείο και άλλα δημόσια οικοδομήματα. Κατά την παλαιοχριστιανική εποχή (300 μ. Χ. – 400 μ. Χ.), και ιδίως επί αυτοκράτορα Θεοδοσίου Α (379 – 395 μ. Χ.), η Νικόπολη δέχθηκε βαρβαρικές επιδρομές, περιορίστηκαν οι εμπορικές της δραστηριότητες και οι κάτοικοι στράφηκαν στον αγροτικό τομέα και κατασκεύασαν ένα νέο τείχος (Παλαιοχριστιανικό Τείχος) που περιόρισε χωροταξικά την πόλη.

Λείψανα του υδραγωγείου σώζονται σε αρκετά σημεία της διαδρομής του, όπως στον Άγιο Γεώργιο (σώζονται πεσσοστοιχίες σε αρκετό ύψος), στην κοινότητα Ριζοβουνίου και στην κοινότητα Αρχαγγέλου. Επίσης στην

περιοχή της Νικόπολης, εντοπίστηκαν 14 πεσσοί από την πεσσοστοιχία του (Δυτική Πύλη). Ένας διπλός γωνιαίος πεσσός σε απόσταση 18m από το Νυμφαίο Πβ φαίνεται πως χρησιμοποιήθηκε για να συνδεθεί ο αγωγός με τη βόρεια δεξαμενή, ο οποίος στη συνέχεια περνούσε πάνω από την Πύλη έως το Νυμφαίο Πα, φτάνοντας έτσι στη δεύτερη νότια δεξαμενή.

Στερεωτικές - αναστηλωτικές εργασίες πραγματοποιήθηκαν από το 1978 ως το 1980, στα βάθρα των τόξων της γέφυρας του υδραγωγείου, κοντά στις πηγές του Λούρου, στον Άγιο Γεώργιο Πρέβεζας.



2.7. ΑΔΡΙΑΝΕΙΟ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ

2.7.1. ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ – ΣΚΟΠΟΣ – ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

Τη δεκαετία του 120 μ. Χ., ο Ρωμαίος αυτοκράτορας Αδριανός επισκέφτηκε επανειλημμένα την Αθήνα, η οποία την εποχή εκείνη αποτελούσε κτήση της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας. Μεταξύ άλλων έργων, έδωσε εντολή και για την κατασκευή ενός εκτεταμένου υδραγωγείου που θα κάλυπτε αποτελεσματικά τις αυξανόμενες ανάγκες υδροδότησης της πόλης.

Ο σχεδιασμός του Αδριανείου υδραγωγείου αποσκοπούσε πρωτίστως στη συγκέντρωση και διοχέτευση υδάτων, προς την ρωμαϊκή συνοικία της Αθήνας που ονομαζόταν "Πόλη του Αδριανού" και κάλυπτε όλο το σημερινό πάρκο του Ζαπείου, από το Καλλιμάρμαρο μέχρι τη Βουλή, προερχόμενων από τις πηγές των νοτιοανατολικών κλιτύων της Πάρνηθας και των βορειοδυτικών της Πεντέλης.

Ως προς τον ακριβή χρόνο κατασκευής του φερόνυμου υδραγωγείου υπάρχουν διαφωνίες. Κάποιοι ιστορικοί υποστηρίζουν ότι αυτό είχε ξεκινήσει να κατασκευάζεται ήδη από το 117 μ. Χ. και ότι αποπερατώθηκε το 161 μ. Χ., άλλοι κάνουν λόγο για το διάστημα μεταξύ 125 και 140 μ. Χ., και άλλοι προσδιορίζουν το χρόνο κατασκευής του μεταξύ 134 και 140 μ. Χ..

2.7.2. ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΔΡΙΑΝΟ:



Ο Ρωμαίος Αυτοκράτορας Αδριανός κατέχει μια λαμπρότατη θέση, όχι μόνο στην ιστορία της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας, αλλά και στην ιστορία του ελληνικού έθνους. Και αυτό, επειδή ήταν βαθιά ποτισμένος με τον πολιτισμό της αρχαίας Ελλάδας και βοήθησε σημαντικά τα ελληνικά

γράμματα και την ελληνική τέχνη.

Σύμφωνα με μεταγενέστερη παράδοση ο Αδριανός γεννήθηκε στην Ιτάλικα, μια πόλη στην επαρχία με το όνομα Hispania Baetica (η νοτιότερη ρωμαϊκή επαρχία στην Ιβηρική Χερσόνησο, που περιλαμβάνει τη σύγχρονη Ισπανία και Πορτογαλία), ωστόσο ο ίδιος αναφέρει στη σήμερα χαμένη αυτοβιογραφία του πως γεννήθηκε στη Ρώμη στις 24 Ιανουαρίου 76 μ. Χ., από μια οικογένεια με ιταλικές ρίζες, η οποία διέμενε στην Ισπανία για πολλές γενεές. Ίσως αυτό να ήταν κάποιος πολιτικός ελιγμός από μέρους του, ώστε να αποδείξει πως ήταν Ρωμαίος από κάθε άποψη. Πατέρας του ήταν ο Ρωμαίος από την Ισπανία, Πούπλιος Αίλιος Αδριανός Άφερ, ο οποίος ως συγκλητικός της τάξης των πραιτωριανών περνούσε πολύ από τον καιρό του στη Ρώμη. Μητέρα του ήταν η Δομίτια Παυλίνα από τις Γάδες (το Κάδιξ). Η Παυλίνα ήταν κόρη διακεκριμένης οικογένειας Ρωμαίων από την Ισπανία. Μοναδική αδερφή του Αδριανού ήταν η Αέλια Δομίτια Παυλίνα. Οι γονείς τους πέθαναν το 85/86 όταν ο Αδριανός ήταν μόλις εννέα ετών, και έτσι ο τελευταίος πέρασε στην κηδεμονία του Τραϊανού και του Πούμπλιου Ακίλιου Αττιανού. Ο Αδριανός έλαβε μόρφωση σε διάφορα πεδία, όπως όλοι οι νεαροί αριστοκράτες της εποχής του. Μάλιστα του άρεσε τόσο πολύ να μελετά την ελληνική λογοτεχνία που τον αποκαλούσαν *Graeculus* ("Μικρό Έλληνα"). Ο Αδριανός παντρεύτηκε την Βίμπια Σαβίνα την ανιψιά του αυτοκράτορα Τραϊανού.

Με την μεγάλη του εργατικότητα και το σταθερό του χαρακτήρα γρήγορα ανέβηκε στα μεγαλύτερα αξιώματα και διαδέχτηκε τον Τραϊανό στο ρωμαϊκό θρόνο. Βασίλεψε επί εικοσιένα χρόνια από το 117 έως το 138 μ. Χ. και έγινε γνωστός σαν το πρότυπο βασιλιά. Λεπτός και φιλόκαλος, αλλά και φιλήδονος συγχρόνως, διέθετε θαυμαστή οργανωτική ικανότητα και διακρίθηκε σαν ο κύριος οργανωτής της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας.

Φρόντισε για την ευημερία, την ειρήνη και τη γαλήνη της χώρας του και δεν έκανε παρά μόνο έναν πόλεμο εναντίον των Ιουδαίων, που επαναστάτησαν και τον εξανάγκασαν να φανεί πολύ σκληρός και να τους εξολοθρεύσει, διασκορπίζοντάς τους σ' όλο τον κόσμο.

Συμπεριφέρθηκε ήπια και μετριοπαθέστατα στους χριστιανούς και απαγόρευσε κάθε διωγμό και κάθε τιμωρία για τις θρησκευτικές πεποιθήσεις του καθενός. Η μεγαλύτερη αδυναμία του φιλέλληνα αυτού αυτοκράτορα ήταν ο στρατός που τον φρόντιζε με ξεχωριστό ενδιαφέρον και γι' αυτό και οι στρατιώτες του ήταν πολύ αφοσιωμένοι σ' αυτόν.

Ο Αδριανός περιγράφεται συχνά ως ο πιο εύστροφος από τους Ρωμαίους αυτοκράτορες. Του άρεσε επίσης να επιδεικνύει γνώσεις σε όλα τα πνευματικά και καλλιτεχνικά πεδία. Πάνω από όλα, ο Αδριανός υπήρξε προστάτης των τεχνών: η Βίλλα του Αδριανού στο Τίβολι ήταν το εξοχότερο ρωμαϊκό παράδειγμα αλεξανδρινού κήπου, ανασυνθέτοντας ένα ιερό τοπίο, χαμένο σήμερα σε μεγάλο μέρος εξαιτίας της καταστροφής των ερειπίων από τον Καρδινάλιο ντ' Έστε που αφαίρεσε μεγάλο μέρος των μαρμάρων για να χτίσει τη Βίλλα ντ' Έστε. Στη Ρώμη, το Πάνθεον, αρχικά χτισμένο από τον Αγρίππα, κατεστραμμένο από φωτιά το 80, χτίστηκε εκ νέου από τον Αδριανό με τη θολωτή μορφή που βλέπουμε μέχρι σήμερα. Είναι ένα από τα πιο καλά διατηρημένα αρχαία ρωμαϊκά κτίρια και επηρέασε σημαντικά πολλούς από τους μεγάλους αρχιτέκτονες της Ιταλικής Αναγέννησης και του Μπαρόκ.

Κατά τη διάρκεια της επίσκεψής του στην Ελλάδα το 125, προσπάθησε να δημιουργήσει ένα είδος περιφερειακής βουλής για να ενώσει όλες τις ημιαυτόνομες πρώην πόλεις – κράτη σε όλη την Ελλάδα και την Ιωνία. Η βουλή αυτή, γνωστή ως *Πανελλήνιον*, απέτυχε παρά τις ψυχωμένες προσπάθειες να υπάρξει συνεργασία ανάμεσα στους Έλληνες. Μέσα σε λίγο καιρό, μια καινούρια πόλη κτίστηκε κοντά στην παλιά και η μέχρι σήμερα σωζόμενη "**Πύλη του Αδριανού**" χώριζε τις δύο πόλεις. Κοντά στην επιγραφή που έλεγε "**Αυτή είναι η Αθήνα η πόλη του Θεσέα**" σκαλίστηκε μια άλλη επιγραφή με τα λόγια: "**Αυτή είναι η πόλη του Αδριανού και όχι του Θεσέα**". Η νέα πόλη κοσμήθηκε με διάφορα αγάλματα και οικοδομήματα, από τα οποία μεγαλοπρεπέστερα ήταν το Γυμνάσιο και η περίφημη Αδριάνειος βιβλιοθήκη. Ακόμη, κατασκευάστηκε το καταπληκτικό Αδριάνειο υδραγωγείο και τελείωσε ο περίφημος ναός του Ολύμπιου Διός που είχε αρχίσει να κατασκευάζεται από την εποχή του Πεισίστρατου.

Ο Αδριανός έγραψε ποίηση τόσο στα λατινικά όσο και στα ελληνικά. Ένα από τα λίγα σωζόμενα είναι ένα ποίημα στα λατινικά που έγραψε την ώρα του θανάτου του. Επίσης συνέγραψε την αυτοβιογραφία του, μια εργασία όχι και τόσο μεγάλη σε έκταση ή αποκαλυπτικότητα, αλλά με στόχο να ξεκαθαρίσει διάφορες φήμες και να εξηγήσει διάφορες πράξεις του. Το έργο αυτό δεν έχει διασωθεί αλλά από ό, τι φαίνεται χρησιμοποιήθηκε από το συγγραφέα – είτε τον Μάριο Μάξιμο είτε κάποιον άλλο – σαν βάση για το βίο του Αδριανού στο έργο *Historia Augusta*.

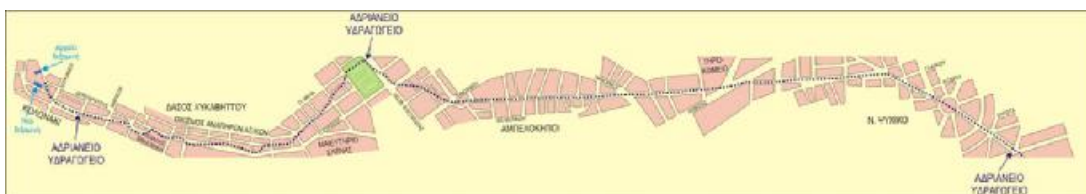
Ο Αδριανός ήταν ουμανιστής και βαθύτατα φιλέλληνας σε όλα του τα γούστα. Αγαπούσε τις διδαχές των φιλοσόφων Επίκτητου, Ηλιόδωρου και Φαβορίνου και γενικά θεωρείται επικούρειος, όπως και ορισμένοι από

τους φίλους του. Στην πατρίδα φρόντισε για τις κοινωνικές ανάγκες. Μείωσε αν και δεν κατάργησε τη δουλεία, εξανθρώπισε τον νομικό κώδικα και απαγόρευσε τα βασανιστήρια. Έχτισε βιβλιοθήκες, υδραγωγεία, λουτρά και θέατρα. Ο Αδριανός θεωρείται από πολλούς ιστορικούς σοφός και δίκαιος: ο Σίλλερ τον αποκαλεί «*πρώτο υπηρέτη της Αυτοκρατορίας*», ενώ ο Έντουαρντ Γκίμπον θαύμαζε την «*ευρεία και ενεργή του ευφυΐα*», καθώς και τη «*δικαιοσύνη και μετριοπάθεια*» που τον χαρακτήριζαν.

Ο Αδριανός πέθανε στη Βίλλα του. Κηδεύτηκε σε ένα μαυσωλείο στη δυτική όχθη του Τίβερη στη Ρώμη, κτίριο που αργότερα μετατράπηκε σε παπικό οχυρό, το Καστέλ Σαντ' Άντζελο. Οι διαστάσεις του μαυσωλείου αυτού, στην αρχική του μορφή, σχεδιάστηκαν επίτηδες ώστε να υπερβαίνουν αυτές του προγενέστερου Μαυσωλείου του Αυγούστου.

2.7.3. Η ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

Ο κλάδος της Πάρνηθας φαίνεται ότι είχε αρχικά δύο σκέλη, το δυτικό που ξεκινούσε από το Μετόχι της Αγίας Τριάδας (η ύπαρξη, πάντως, του σκέλους αυτού αμφισβητείται από κάποιους μελετητές) και το βόρειο που ξεκινούσε από το φαράγγι Αμπούλθι στη Δεκέλεια. Το υδραγωγείο κατέβαινε μέσα από τα κτήματα Βαρυμπόμπη προς την περιοχή Σούνα Μενιδίου, εν συνεχεία προχωρούσε προς την οδό Δεκελείας στη θέση Μονομάτι, με παράλληλη πορεία προς την κοίτη του Κηφισού ποταμού (Αγία Σωτήρα - Κόκκινος Μύλος) συνέχιζε προς τη Μεταμόρφωση, διέσχισε το Ν. Ηράκλειο, έβγαινε στη Λεωφ. Κηφισίας, περνούσε από την κυκλική δεξαμενή Χαλανδρίου, ανέβαινε στις υπώρειες Υμηττού, και πάλι διέσχισε τη Λεωφ. Κηφισίας και τους Αμπελόκηπους, καταλήγοντας στη μεγάλη δεξαμενή του Λυκαβηττού.

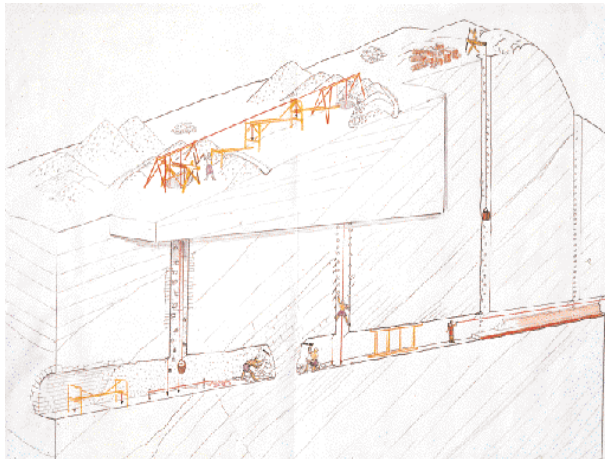


Ο Πεντελικός κλάδος ξεκινούσε λίγο βορειοανατολικότερα της πλατείας Αγίας Τριάδας Παλαιάς Πεντέλης φερόμενος προς Χαλάνδρι και, ενωμένος με τον κλάδο της Πάρνηθας, κατέληγε και αυτός στη δεξαμενή του Λυκαβηττού, στην περίφημη Αδριάνειο Δεξαμενή. Καθ' όλο το μήκος της διαδρομής των κύριων κλάδων είχαν κατασκευαστεί μικρότερα βοηθητικά υδραγωγεία που συνεισέφεραν ύδατα στους

κεντρικούς αγωγούς. Τα βοηθητικά υδραγωγεία ήταν τα υδραγωγεία του Χαλανδρίου, του Κοκκιναρά, της Κιθάρας και του Μονοματίου.

2.7.4. ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ - ΤΕΧΝΙΚΑ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

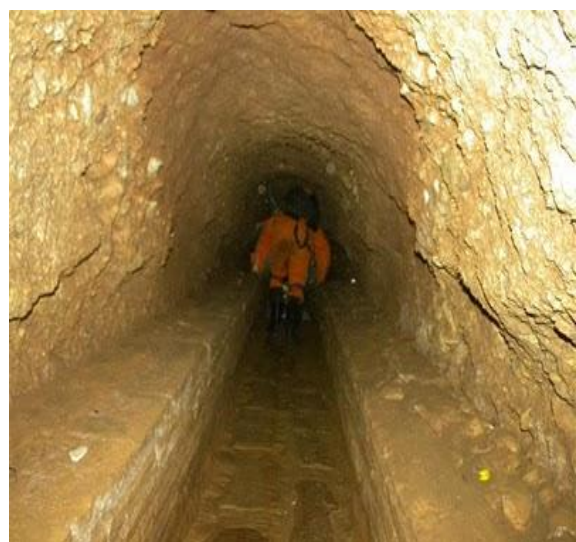


Το Υδραγωγείο ήταν ένα σύμπλεγμα από υπόγειες σήραγγες με συνολικό μήκος περίπου 25km, ύψος 1,60m και πλάτος περίπου 60 έως 70cm, η οποία σκάφτηκε όλη με τα χέρια, πιθανώς σκλάβων, που χρησιμοποιούσαν απλά εργαλεία λάξευσης της πέτρας, όπως σφυρί και καλέμι.

Ωστόσο οι αρχιτέκτονες του Αδριάνειου υδραγωγείου ήρθαν αντιμέτωποι με προβλήματα, που είχαν να κάνουν με τον τρόπο κατασκευής του.

Αρχικά θα έπρεπε να κατασκευαστεί η σήραγγα έτσι ώστε να μην υπάρχουν σημεία συμφόρησης και υπερχειλίσης. Για το λόγο αυτό αποφασίστηκε η ροή του νερού να είναι ελεύθερη δια βαρύτητας, εξασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό την ομαλή κίνησή του. Στη συνέχεια για να διατηρήσουν σταθερή την ταχύτητα και να μην υπολείπεται μιας ορισμένης ελάχιστης τιμής, αποφάσισαν ότι το πλάτος της αύλακος θα πρέπει να είναι σταθερό σε όλο το μήκος του υδραγωγείου.

Ο ακριβής σχεδιασμός του Αδριάνειου υδραγωγείου βασίστηκε σε πολύ συστηματικές μετρήσεις αποστάσεων, γωνιών (με διόπτρα) και υψομέτρων (με κατάλληλο χωροβάτη). Μετά το πέρας των μετρήσεων αποφασίστηκε η πορεία του υδραγωγείου να μην είναι ευθεία αλλά πολλαπλώς τεθλασμένη. Τα υψόμετρα, η σύσταση του εδάφους καθώς και οι λειτουργικές απαιτήσεις του έργου ήταν μερικοί από τους λόγους που οδήγησαν στην απόφαση αυτή.



Η πορεία των εργασιών που ακολουθήθηκε για την κατασκευή του υδραγωγείου είναι:

- 1) η χάραξη της πορείας επί του εδάφους,
- 2) ο ορισμός της θέσης των φρεατίων,
- 3) ο υπολογισμός του βάθους των φρεατίων βάση του υψομέτρου του στομίου, της δεξαμενής, της αποστάσεως της δεξαμενής και της κλίσεως του αγωγού,
- 4) η εξόρυξη των φρεατίων,
- 5) επένδυση με πλινθοδομή ή λιθοδομή των εντός χαλαρών εδαφών φρεατίων,
- 6) εξόρυξη της σήραγγας κατά τμήματα μεταξύ διαδοχικών φρεατίων,
- 7) επένδυση με πλινθοδομή ή λιθοδομή των εντός χαλαρών εδαφών τμημάτων της σήραγγας,
- 8) τελική διαμόρφωση και στεγάνωση του πυθμένα και των τοιχωμάτων της σήραγγας με υδραυλικά κονιάματα και
- 9) προστατευτική κάλυψη των στομίων των φρεατίων.

Πιο αναλυτικά:



Αρχικά διανοίγονταν, στο μήκος της χαραγμένης διαδρομής, κατακόρυφα πηγάδια (φρεάτια) των οποίων η απόσταση ήταν κατά μέσο όρο 33 έως 37m. Στη συνέχεια, από κάθε τέτοιο πηγάδι ξεκινούσε η διάνοιξη της σήραγγας και προς τις δύο κατευθύνσεις, μέχρι το τμήμα που ξεκινούσε από το ένα πηγάδι να συναντήσει το τμήμα που διανοίγονταν από το επόμενο προς την αντίθετη κατεύθυνση. Η μέθοδος αυτή επιτάχυνε κατά πολύ τους ρυθμούς διάνοιξης των σήραγγων. Τα φρεάτια ήταν απαραίτητα για

τον άμεσο αερισμό και φωτισμό, ενώ διευκόλυναν ταυτόχρονα την απομάκρυνση των προϊόντων της εκσκαφής και την κατάβαση των υλικών για τις επενδύσεις και τα υδραυλικά επιχρίσματα. Τέλος επέτρεπαν τη συνεχή επιθεώρηση και συντήρηση όλου του έργου. Γεγονός αποτελεί πάντως ότι τα φρεάτια, όταν το βάθος είναι μικρό ή το έδαφος της σήραγγας είναι μέτριας σκληρότητας, πυκνώνουν, ενώ όταν το βάθος είναι πολύ μεγάλο ή το έδαφος είναι βραχώδη αραιώνουν.

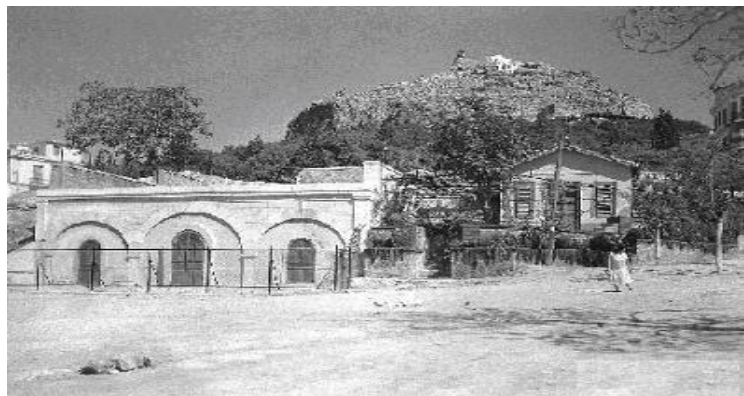
Οι σήραγγες ήταν, ανάλογα με τον τύπο του υπεδάφους, αλλού λαξευμένες μέσα σε βράχο και αλλού πλινθόκτιστες, ώστε να εμποδίζεται η κατάρρευση των μαλακών τοιχωμάτων εντός του αυλού. Διέρχονταν σε βάθη 10 έως 40m από την επιφάνεια του εδάφους και η διατομή τους είχε σχήμα όρθιου ορθογώνιου παραλληλόγραμμου, με το άνω τμήμα στρογγυλεμένο σε ημικύκλιο.

Η διαδρομή των σηράγγων φυλασσόταν μυστική, ενώ μετά τη διάνοιξη κάθε τμήματος, τα στόμια των φρεάτων σκεπάζονταν και παραλλάσσονταν ώστε να μη διακρίνονται εύκολα, ακόμα κι από μικρή απόσταση. Κατά τον τρόπο αυτό λαμβάνονταν προφυλάξεις για το ενδεχόμενο εσκεμμένης μόλυνσης του νερού, είτε ως αποτέλεσμα δολιοφθοράς είτε κατά τη διάρκεια τυχόν πολιορκίας της πόλης από κάποιον εχθρό.

Η διανομή του ύδατος στην πόλη γινόταν κυρίως με μεγάλου πάχους μολύβδινους ή πέτρινους σωλήνες και ανάλογα με την μορφή του εδάφους ήταν αλλού υπέργειοι με υδατογέφυρες και αλλού υπόγειοι.

Η κλίση του Αδριάνειου υδραγωγείου είναι περίπου ίση προς ένα πόδα ανά στάδιο (1:600). Η κλίση αυτή και εφ' όσον η τραχύτητα των τοιχωμάτων δεν είναι μεγάλη, επέτρεπε ταχύτητα ροής έως 1m/sec, εάν το ύψος του νερού από τον πυθμένα φθάνει περίπου τα 60 - 70cm ή ταχύτητα έως 0,5m/sec εάν το ύψος του νερού είναι περίπου 30cm. Στην πρώτη περίπτωση η παροχή ήταν να είναι περίπου 36lit/sec (περίπου 25.000m³ ημερησίως), ενώ στη δεύτερη μόνο 9lit/sec (περίπου 6.000m³ ημερησίως).

Η δεξαμενή του υδραγωγείου, είναι ορθογώνια, διαστάσεων 9,36m επί 26,10m, με χωρητικότητα περίπου 500m³. Διέθετε έναν προστώο με ιδιαίτερη αρχιτεκτονική μορφή:



τέσσερις ιωνικοί κίονες με θριγκό, ο οποίος επάνω από το μεσαίο σχετικά διευρυμένο μετακίονιο σχημάτιζε μεγάλο τόξο. Το επιστύλιο έφερε επιγραφή αναμνηστική της κατασκευής του υδραγωγείου, με δαπάνη του Αδριανού και κατόπιν του Αντώνιου Πίου.

2.7.5. ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΑΝΑΚΑΛΥΦΘΕΙ:

1) ΤΟ ΤΜΗΜΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ – ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΩΝ (ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ):

Το 1861 η βασίλισσα Αμαλία χρηματοδότησε τον αρχιτέκτονα Ερν. Τσίλλερ με την εντολή να ξεκινήσει τις ανασκαφές του τμήματος του υδραγωγείου από τους Αμπελόκηπους έως την Αδριάνειο δεξαμενή. Το τμήμα είχε απόσταση 2.210m και βρέθηκαν 40 φρεάτια.

2) ΤΟ ΤΜΗΜΑ ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΩΝ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΨΥΧΙΚΟΥ – ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ:

Το τμήμα αυτό επισημάνθηκε κατά την διαδρομή από το 1^ο φρεάτιο σε απόσταση 25m βορειοδυτικά του νέου ναού του Αγίου Δημητρίου Αμπελοκήπων επί της οδού Λουίζης Ριανκούρ, του Γηροκομείου, της Λεωφ. Κηφισίας, των οδών Αδριανού και Σικελιανού, βορειοανατολικά του τμήματος του Πενταγώνου, των οδών 25^{ης} Μαρτίου και Αργοναυτών και καταλήγει μέσω του ρεύματος Χαλανδρίου στην οδό Αδριανείου, στο 102^ο φρεάτιο. Το συνολικό μήκος του τμήματος είναι 5.539,40m.

3) ΤΟ ΤΜΗΜΑ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ – ΕΘΝΙΚΗΣ ΟΔΟΥ:

Το τμήμα αυτό του υδραγωγείου ήταν ακάλυπτο. Επισημάνθηκαν μερικά φρεάτια, τα 103, 107, 116, 125, καθώς και κυκλική δεξαμενή παρά το Αμαρούσιο. Το συνολικό του μήκος είναι 5.824m.

4) ΤΟ ΤΜΗΜΑ ΕΘΝΙΚΗΣ ΟΔΟΥ – ΜΟΝΟΜΑΤΙΟΥ:

Το τμήμα αυτό έχει απόσταση 3.291m περίπου και έφθανε μέχρι το φρεάτιο 246, όπου συναντούσε τον δευτερεύοντα κλάδο του Αδριανείου υδραγωγείου, στο Μετόχι της Πάρνηθος, στη θέση Μονομάτι.

2.7.6. ΤΟ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ:

Το Αδριάνειο Υδραγωγείο και η Δεξαμενή λειτούργησαν υδροδοτώντας την περιοχή της Αθήνας μέχρι την εποχή της Τουρκοκρατίας. Τότε πια το Υδραγωγείο εγκαταλείφθηκε, με αποτέλεσμα να πέσουν τα σαθρά τοιχώματά του και να φραχθεί μεγάλο τμήμα του από χώματα, με αποτέλεσμα το λιγιστό νερό που ανάβλυζε από κάποια σημεία να είναι βρώμικο ή μολυσμένο. Έτσι, το Υδραγωγείο περιήλθε σε αχρηστία, όπως και η Δεξαμενή και τα περισσότερα μικρότερα υδραγωγεία που λειτουργούσαν από την αρχαιότητα στην Αθήνα. Υπ' αυτές τις συνθήκες οι Αθηναίοι την περίοδο της Τουρκοκρατίας στράφηκαν στην κατασκευή πηγαδιών στα σπίτια ή στους κήπους τους.



Αμέσως μετά την απελευθέρωση της πόλης από τους Τούρκους, έγιναν διαδοχικές εισηγήσεις για επισκευή του δικτύου ύδρευσης. Υπάρχει, για παράδειγμα, στα αρχεία της ΕΥΔΑΠ η υπ' αριθμό 336 της 12/7/1834 αναφορά των τεχνικών υπηρεσιών προς την τότε Νομαρχία Αττικοβοιωτίας, σύμφωνα με την οποία «...είναι άφευκτου ανάγκης προς τούτοις η επισκευή των υδραγωγείων των προερχομένων εκ του Πεντελικού όρους υδάτων...». Λίγα χρόνια αργότερα, τη δεκαετία του 1840, μηχανικοί του Δήμου Αθηναίων αναζήτησαν και ανακάλυψαν τις σήραγγες του Αδριάνειου υδραγωγείου. Ξεκίνησαν τότε εργασίες καθαρισμού των σηράγγων, με ταυτόχρονη ανακατασκευή των περισσοτέρων φρεάτων. Οι εργασίες αυτές συνεχίστηκαν επί πολλές δεκαετίες και αποκατέστησαν σταδιακά τη λειτουργία του υδραγωγείου σε μεγάλο βαθμό.



Μόλις το 1870 ανακαλύφθηκε και η δεξαμενή του Κολωνακίου, σημείο κατάληξης των αρχαίων αγωγών μεταφοράς νερού στην πόλη. Τους προηγούμενους αιώνες η δεξαμενή είχε αχρηστευτεί σταδιακά, μετατρέπόμενη αρχικά σε στάνη, αργότερα σε εκκλησία, ενώ στη συνέχεια επιχωματώθηκε και ξεχάστηκε από τους κατοίκους.

Η αρχαία δεξαμενή ανακατασκευάστηκε και επεκτάθηκε, φτάνοντας σε

χωρητικότητα τα 2.200m³. Λειτουργήσε ως κομβικό σημείο του συστήματος ύδρευσης της Αθήνας έως το 1940. Λίγα χρόνια νωρίτερα, το 1922, την υδροδότηση της πόλης και μαζί τη συντήρηση του Αδριάνειου υδραγωγείου είχε αναλάβει η αμερικανική εταιρία ULEN.

Όμως το 1931, με την κατασκευή του φράγματος του Μαραθώνα και την αποπεράτωση της σήραγγας του Μπογιατίου, η βασική πηγή, καθώς και η κύρια αρτηρία μεταφοράς νερού προς την πόλη άλλαξαν. Το Αδριάνειο υδραγωγείο σύντομα έπαυσε να συντηρείται, και απλά εξακολούθησε να λειτουργεί συμπληρωματικά, μέχρι που σταδιακά εγκαταλείφθηκε εντελώς. Σήμερα, στην πλατεία Δεξαμενής μπορεί κανείς να συναντήσει υπομνήσεις του παρελθόντος του.



2.8. ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ PONT DU GARD

2.8.1 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ – ΣΚΟΠΟΣ – ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

Το Pont du Gard είναι ένα ρωμαϊκό υδραγωγείο στα νότια της Γαλλίας, κοντά στην πόλη Remoulins, στην επαρχία Gard. Το όνομά του σημαίνει, στην κυριολεξία, γέφυρα του Gard (ονομασία και του ποταμού).

Οι απόψεις για το πότε κατασκευάστηκε και το ποιος έδωσε την εντολή κατασκευής του δίστανται. Επί σειρά ετών επικρατούσε η άποψη ότι το Pont du Gard κατασκευάστηκε από τον βοηθό και γαμπρό του Αυγούστου, Marcus Vipsanius Agrippa, το 19^ο αιώνα π. Χ.. Νεότερες ανασκαφές ωστόσο δείχνουν ότι η κατασκευή πραγματοποιήθηκε τον 1^ο αιώνα μ. Χ. (μεταξύ του '40 και του '60 μ. Χ.) υπό την αυτοκρατορία του Κλαύδιου και του Νέρωνα.

Ο σκοπός της δημιουργίας του υδραγωγείου αυτού ήταν η μεταφορά του νερού από τις πηγές του Eure έως την πόλη Νις. Επίσης η κατασκευή ενός υδραγωγείου θα τους έδινε την ελευθερία να εκτελέσουν ένα μεγάλο αστικό πρόγραμμα, με την δημιουργία πηγών, θερμικών λουτρών, συστήματα αποχετεύσεων και μνημεία, το οποίο θα τόνωνε πολύ το γόητρό τους.

2.8.2. ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΛΑΥΔΙΟ ΚΑΙ ΤΟΝ ΝΕΡΩΝΑ:

2.8.2.1. ΚΛΑΥΔΙΟΣ:

Ο καίσαρας Αύγουστος Τιβέριος Κλαύδιος Γερμανικός γεννήθηκε το 10 π. Χ. και πέθανε το 54 μ. Χ. Ανέβηκε στο θρόνο μετά το θάνατο του Καλιγούλα το 41 μ. Χ. κι ήταν κιόλας 50 χρονών, μορφωμένος και προοδευτικός.

Στα πρώτα χρόνια της βασιλείας του κυβέρνησε συνετά και δίκαια, επειδή όμως δεν είχε δυνατή θέληση παρασυρόταν απ' τη γυναίκα του, τη σκληρή και διαφθαρμένη Μεσσαλίνα, που τον είχε κάνει υποχείριό της

και αποδείχθηκε τυραννικός και σκληρός αυτοκράτορας. Παρόλα αυτά η κυβέρνησή του σε πολλά σημεία ήταν καλή, γιατί έφερε την τάξη στα οικονομικά και ανάλαβε την εκτέλεση μεγάλων κοινωφελών έργων.

Μετά τη δολοφονία της Μεσσαλίνας, παντρεύτηκε την Αγριππίνα, μητέρα του Νέρωνα. Αυτή τον έπεισε να ορίσει διάδοχό του το γιο της Νέρωνα κι αφού το κατάφερε δηλητηρίασε, τον άτυχο Κλαύδιο το 54 μ. Χ..

2.8.2.2. ΝΕΡΩΝΑΣ:

Ο Λεύκιος Δομίτιος Κλαύδιος Νέρωνας (37 – 68 μ. Χ.) ήταν γιος του Γαίου Δομίτιου Αχενοβάβη και της Αγριππίνας και θετός γιος του αυτοκράτορα Κλαύδιου. Μετά την δολοφονία του Κλαύδιου, ο Νέρωνας ανέβηκε στον αυτοκρατορικό θρόνο της Ρώμης και κυβέρνησε 14 ολόκληρα χρόνια τη ρωμαϊκή αυτοκρατορία.

Στα 5 πρώτα χρόνια της βασιλείας του, έχοντας για συνεργάτες και συμβούλους τον αρχηγό των πραιτοριανών Βούρρο και το δάσκαλό του, φιλόσοφο Σενέκα, ο Νέρωνας κυβέρνησε με σύνεση. Μετά το θάνατο όμως του Βούρρου και την απομάκρυνση του Σενέκα, βασίλευσε μ' εγκλήματα, μηχανορραφίες κι ακολασίες. Σκότωσε τον αδελφό του Βρετανικό, τη μητέρα του Αγριππίνα, το Σενέκα, τη γυναίκα του Οκταβία και πολλές άλλες μεγάλες προσωπικότητες της Ρώμης.

Ο ίδιος πίστευε ότι ήταν μεγάλος ποιητής και μουσικός, ισάξιος του Όμηρου και, θέλοντας να εμπνευστεί, διέταξε να κάψουν τη Ρώμη, πιστεύοντας ότι θα έπαιρνε έτσι μια ιδέα της πυρπόλησης της Τροίας.

Για την καταστροφή αυτή κατηγόρησε τους χριστιανούς και εξαπόλυσε εναντίον τους φοβερό διωγμό. Χιλιάδες πιστοί χριστιανοί κάηκαν σαν λαμπάδες, φωτίζοντας τους κήπους του τη νύχτα ή κατασπαράχτηκαν απ' τ' άγρια θηρία στον ιππόδρομο. Πήγε στην Ελλάδα για να πάρει μέρος στους αγώνες ως ποιητής και αθλητής κι έφυγε παίρνοντας μαζί του τους θησαυρούς των ναών.

Στο μεταξύ ο λαός της Ρώμης, μην αντέχοντας άλλο το φθονερό και παράφρονα αυτοκράτορα, εξεγέρθηκε κι ο Νέρωνας αναγκάστηκε να διαφύγει από τη Ρώμη. Στις 9 Ιουνίου όμως του 68 δολοφονήθηκε από έναν απελεύθερο.

2.8.3 Η ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΟΥ:



Το υδραγωγείο του Νιμ αρχικά μετέφερε το νερό από μια πηγή στο d'Eure Fontaine, κοντά στην *Ucetia* (Uzès) σε μια δεξαμενή παράδοσης στο Νιμ και στη συνέχεια διανεμιζόταν στις πηγές, στα λουτρά και στις ιδιωτικές κατοικίες γύρω από την πόλη. Παρά το γεγονός ότι η απόσταση μεταξύ της πηγής και της πόλης ήταν μόνο 20km (12 μίλια), το υδραγωγείο ακολουθεί μια ελικοειδή διαδρομή περίπου 50km (31 μίλια) καθώς έπρεπε

να αποφύγει την λοφώδη περιοχή Garrigue. Το Garrigue είναι οι νοτιοανατολικοί λόφοι του Massif central, οι οποίοι είναι πολύ δύσκολο να διασχιστούν λόγω της πυκνής βλάστησης και των βαθιών κοιλάδων που υπάρχουν στην περιοχή και για λόγους πρακτικότητας οι Ρωμαίοι αποφάσισαν να μην περάσουν τον αγωγό του υδραγωγείου μέσα από τους λόφους. Μια έμμεση διαδρομή ήταν ο μοναδικός πρακτικός τρόπος για να φθάσει το νερό από την πηγή στην πόλη.

2.8.4. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

Τα νερά του υδραγωγείου προέρχονται εν μέρει από τον ποταμό Alzon, ο οποίος διέρχεται από τα περίχωρα της Uzès, και από το νερό που συλλέγεται από το Mount Bouquet, που βρίσκεται κοντά στο Ales. Η πηγή d'Eure Fontaine βρίσκεται 76m (249ft) πάνω από την θάλασσα και μόνο 17m ψηλότερα από την δεξαμενή παράδοσης στο Νιμ, γεγονός που παρείχε μια ικανοποιητική κλίση ώστε να διατηρεί σταθερή τη ροή του νερού στους 50.000 κατοίκους της πόλης. Η μέση κλίση του υδραγωγείου είναι μόνο 1:3.000. Κατά μήκος του υδραγωγείου



η κλίση ποικίλλει και σε μερικά σημεία φθάνει το 1:20.000. Το Pont du Gard κατεβαίνει 2,5cm (0,98in.) σε 456m (1.496ft), με κλίση 1:18.241.

Η μέση παροχή του νερού υπολογίστηκε σε 40.000m³/day. Το τρεχούμενο νερό χρειάζεται συνολικά μια ημέρα για να φθάσει με τη βαρύτητα από το σημείο συλλογής του μέχρι το σημείο της διανομής, ένα είδος υδατόπυργου που ονομάζεται castellum και που είναι ορατό από το δρόμο Lampèze στη Νιμ.



Όπως τα περισσότερα ρωμαϊκά υδραγωγεία, έτσι και το Pont du Gard, ένα μεγάλο μέρος του είναι υπόγειο. Κατασκευάστηκε με το σκάψιμο μιας τάφρου μέσα στην οποία χτίστηκε ένα πέτρινο κανάλι και περιφράχτηκε με μια θολωτή οροφή από πέτρινες πλάκες, η οποία στη συνέχεια καλύφθηκε με χώμα. Μερικά τμήματα του αγωγού διανοίχθηκαν μέσα από συμπαγή βράχο. Συνολικά 35km (22μίλια) του υδραγωγείου είναι κατασκευασμένα κάτω από το έδαφος, ενώ ο υπόλοιπος αγωγός είτε περνάει πάνω από το έδαφος είτε περνάει από τοξωτές γέφυρες. Μερικά ουσιαστικά υπολείμματα των υπέργειων εργασιών μπορούμε ακόμα και σήμερα να τα δούμε, όπως την αποκαλούμενη “Rue Pont” που εκτείνεται εκατοντάδες μέτρα γύρω από το Vers και έχει ύψος 7,5m (25ft). Ωστόσο το τμήμα του υδραγωγείου που είναι καλύτερα συντηρημένο (διατηρημένο) είναι αυτό της γέφυρας του Gard.

Η πηγή εξακολουθεί να υπάρχει και είναι στην περιοχή ενός σύγχρονου αντλιοστασίου. Παρέχει νερό το οποίο είναι καθαρό αλλά έχει υψηλή περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο που διωλίζεται από τον περιβάλλοντα ασβεστόλιθο. Τα ανθρακικά άλατα προκάλεσαν σημαντικά προβλήματα στην συντήρηση του υδραγωγείου, καθώς κατακρήμνισαν το νερό κατά την διάρκεια του ταξιδιού του μέσω του αγωγού. Αυτό οδήγησε σταδιακά στην μείωση της ροής του υδραγωγείου. Μια ακόμα απειλή για την λειτουργία του υδραγωγείου ήταν η διεισδυτική βλάστηση των πετρών στο καπάκι του καναλιού. Για να είναι αποτελεσματική η συντήρηση του υδραγωγείου, θα έπρεπε οι αρμόδιοι για την καθαριότητά του να ξεφορτώνονται οποιαδήποτε βλάστηση κατά μήκος του αγωγού.

2.8.5. Η ΓΕΦΥΡΑ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

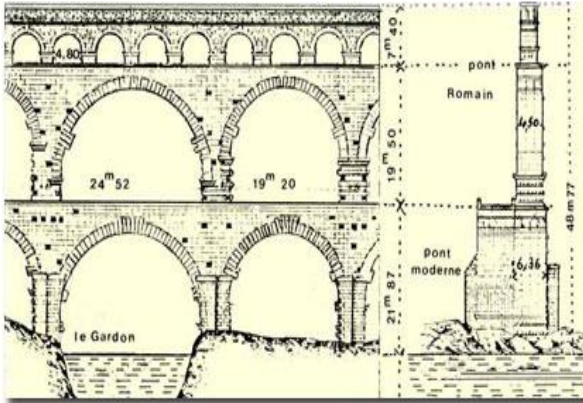
Αξιοθαύμαστα ενσωματωμένη μέσα σε μια αβλαβή περιοχή που διατηρεί την άγρια γοητεία της, η γέφυρα του Pont du Gard συναρπάζει κάθε επισκέπτη με την κομψότητά της και τη μεγαλειότητά της.



Η γέφυρα του Gard είναι το πιο θαυματικό μέρος του υδραγωγείου. Η κατασκευή της κράτησε μια δεκαετία περίπου. Η γέφυρα του Gard ήταν ένα έργο που ανεδείκνυε το γόητρο και την ανωτερότητα του αστικού ρωμαϊκού πολιτισμού. Γεφυρώνει τις δύο περιοχές μεταξύ του ποταμού Gardon που διέρχεται από το κατώτατο σημείο μιας κοιλάδας. Αυτό το ήσυχο ποτάμι, όπου τα νερά είναι τόσο γαλήνια το καλοκαίρι, μπορεί να μετατραπεί σε μια τρομερά καταστροφική πλημμύρα από τις βίαιες βροχές του φθινοπώρου.

Διαφέρει από τις άλλες γέφυρες υδραγωγεία με την επιβολή του μεγέθους της, το ύψος της και το άνοιγμα των τόξων της, μέχρι 24,52m το μεγαλύτερο!

Η γέφυρα αποτελείται από τρεις σειρές αψίδων, που έχουν ύψος 48,8m (160ft) και βρίσκονται σε μια βάση ύψους 0,5m. Το συνολικό μήκος της είναι 275m. Η πρώτη σειρά λέγεται ότι αποτελείται από έξι τόξα, έχει ύψος 20,12m και είναι μέσα στο προτελευταίο πέρασμα το οποίο συνήθως δεν μετριάζει την υπόγεια κυκλοφορία παρά μόνο κατά την διάρκεια πλημμύρας. Η δεύτερη σειρά αποτελείται από δώδεκα τόξα, η οποία έχει ύψος και αυτή περίπου 20m. Η τρίτη, της οποίας τα τόξα



είναι κατά πολύ μικρότερα από των άλλων, αποτελείται από 37 τόξα ύψους 8,55m και σταθερής διαμέτρου 4,80m. Το κανάλι του υδραγωγείου περνάει από τον τρίτο όροφο. Στην ουσία το κανάλι έχει μόνο 1,22m μήκος και 1,85m ύψος. Το άνοιγμα των αψίδων των πρώτων δύο επιπέδων είναι ίδιο επειδή οι πάσσαλοι των αψίδων του

δεύτερου επιπέδου τίθενται σύμφωνα με τους πάσσαλους του πρώτου.

Σε ένα από τα τμήματα της τρίτης αψίδας του δεύτερου ορόφου, προς τα ανατολικά, ένα ανάγλυφο σε σχήμα φαλλού περιλαμβάνει ακόμη τρεις άλλους μικρότερους διακριτικούς αλλά ορατούς φαλλούς. Αυτό το σχέδιο από απόσταση έχει την εμφάνιση ενός λαγού, ο πρώτος φαλλός είναι ο λαιμός και το κεφάλι ο δεύτερος η ουρά και οι άλλοι δυο είναι τα αυτιά. Σύμφωνα με ορισμένους αρχαιολόγους, ακόμη δύο φαλλικά σύμβολα εκπροσωπούνται στο Pont du Gard, το ένα βρίσκεται προς το κάτω μέρος της αψίδας όπου περνάει το μονοπάτι προς το Saint-Privat. Όσο για το άλλο φαλλικό σχήμα είναι κρυμμένο σύμφωνα με το Charvet, υπό την τοιχοποιία της σύγχρονης γέφυρας κολλημένο με το μνημείο από το μηχανικό Pitot το 1745.

Κάθε μία από τις καμάρες της γέφυρας αποτελείται από συναφής υπόγειους θαλάμους (τέσσερις στο χαμηλότερο επίπεδο και τρεις στο δεύτερο), οι οποίοι δίνουν την ικανότητα στην μονάδα να μπορεί να ανταπεξέλθει στις ελαφρές μετακινήσεις και στις αναπόφευκτες συμπίεσεις του χρόνου.

Οι πάσσαλοι των στηρίξεων είναι εφοδιασμένοι με τριγωνικούς ρωμαϊκούς στύλους με περίπου δέκα μέτρα ύψος για να μπορεί να διασπαστεί το ρεύμα του ποταμού Gardon, όταν η στάθμη του, αυξάνεται επικίνδυνα.

Οι μηχανικοί κατασκεύασαν τα ανώτερα επίπεδα της γέφυρας ελαφρώς καμπτόμενα προς την αντίθετη κατεύθυνση του ρεύματος, έτσι ώστε να αποτρέψουν την υπερχειλίση του καναλιού. Εντούτοις, μια μικροτοπογραφική έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 1989 έδειξε ότι η καμπή προκλήθηκε από την καθημερινή διαστολή και συστολή των πετρών κάτω από τη θερμότητα του ήλιου, περίπου 5mm (0,20in).

Ένα μεγάλο μέρος του Pont du Gard κατασκευάστηκε χωρίς τη χρήση κονιάματος ή σφικτήρων. Περιέχει κατ' εκτίμηση 50.400t πέτρας, με όγκο περίπου 21.000m³, μερικές από τις οποίες ζύγιζαν μέχρι 6t. Κόπηκαν με μεγάλη ακρίβεια για να μπορέσουν να εγκατασταθούν τέλεια μαζί μόνο με την τριβή, που εξαλείφει την ανάγκη για κονίαμα. Οι οικοδόμοι άφησαν επίσης επιγραφές στην τοιχοποιία που μεταβιβάζουν διάφορα μηνύματα και οδηγίες. Πολλές πέτρες ήταν αριθμημένες, για να καθοδηγήσουν τους οικοδόμους.



Όλες οι πέτρες που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του υδραγωγείου εξάχθηκαν από ένα απόμακρο μνημείο που βρισκόταν σε απόσταση 600 - 700m από την κατεύθυνση του ρέματος. Η μεταφορά τους στο σημείο του έργου πιθανολογείται ότι έγινε με την χρήση σχεδίας.

Οι λίθοι οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του Pont du Gard ανήκουν σε ασβεστόλιθους τους οποίους οι γεωλόγοι κοινά ονομάζουν κογχύλι αμμόλιθου. Το κογχύλι αυτό είναι ένα απαλό είδος ασβεστόλιθου, χονδρόκοκκο, το οποίο κόβεται εύκολα, δεν προσβάλλεται από τον παγετό, είναι διάτρητο και με την πάροδο του χρόνου γίνεται όλο πιο σκληρό.



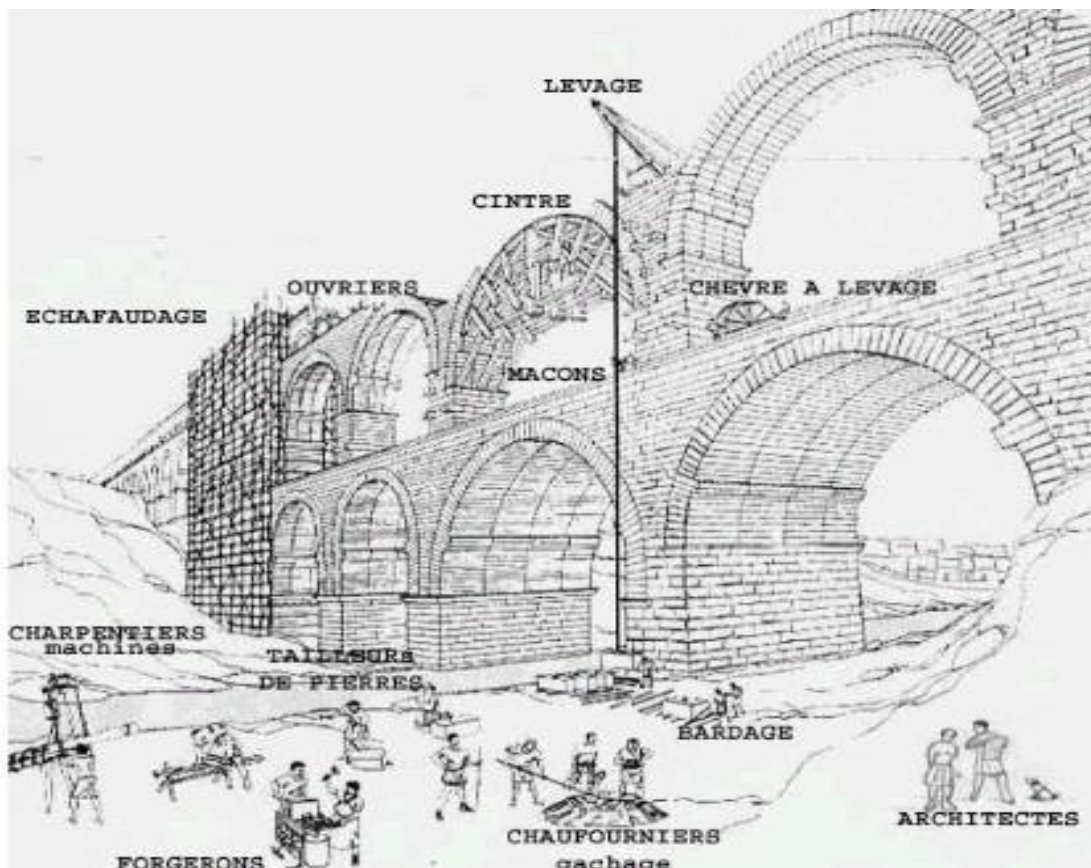
Αν και το εξωτερικό του Pont du Gard είναι τραχύ και σχετικά ατελές, οι οικοδόμοι φρόντισαν να εξασφαλίσουν την ομαλότητα στο εσωτερικό του αγωγού έτσι ώστε να μην εμποδίζεται η ροή του νερού. Οι τοίχοι του αγωγού κατασκευάστηκαν από επικαλυμμένη τοιχοποιία, και το πάτωμα από σκυρόδεμα. Και τα δύο καλύφθηκαν με

στόκο ενσωματώνοντας μικρά θραύσματα αγγείων και κεραμιδιών. Χρωματίστηκε με ελαιόλαδο και καλύφθηκε με maltha, το οποίο είναι ένα μίγμα σβησμένου ασβέστη, λίπους χοιρινού κρέατος και παχύρευστου

χυμού άγουρων σύκων. Αυτό παρήγαγε μια επιφάνεια που ήταν και ομαλή και ανθεκτική.

2.8.6. ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

Η ταυτότητα του αρχιτέκτονα που σχεδίασε το υδραγωγείο είναι άγνωστη, αλλά η μέθοδος κατασκευής του είναι αρκετά κατανοητή. Ο ευεργέτης του υδραγωγείου (κάποιος πλούσιος ή η πόλη του Νιμ) είχε προσλάβει μια πολύ μεγάλη ομάδα αποτελούμενη από εργολάβους και από εξειδικευμένους εργάτες (περίπου 1.000). Η διαδρομή είχε προγραμματιστεί από έναν τοπογράφο, χρησιμοποιώντας ένα όργανο το οποίο ονομάζεται groma για σκόπευση και έναν χωροβάτη για την χωροστάθμηση. Είχε καταγράψει τα νούμερα και ίσως είχε κάνει τα σχέδια πάνω σε κέρινο τραπέζι, για να γραφτούν αργότερα σε πάπυρο. Οι εργολάβοι χρησιμοποιούσαν τα πρότυπα σχέδια για να εκτελέσουν εργασίες που απαιτούσαν υψηλή ακρίβεια, όπως η λάξευση των τυποποιημένων φραγμών από τα οποία κατασκευάστηκε το κανάλι μεταφοράς.



Οι οικοδόμοι είχαν κάνει εκτεταμένη χρήση γερανών, φραγμών και τροχαλιών για να τοποθετήσουν τις πέτρες στη θέση τους. Ένα μεγάλο μέρος της εργασίας γινόταν με απλή λοξοδρόμηση την οποία πραγματοποιούσαν με την βοήθεια βαρούλκου. Για μεγαλύτερους φραγμούς, χρησιμοποιούσαν ένα τεράστιο, υποκινούμενο από ανθρώπους, τροχό. Ένα πολύπλοκο ικρίωμα είχε ανεγερθεί για να υποστηρίξει την γέφυρα, επίσης μεγάλοι φραγμοί αφέθηκαν να προεξέχουν από την γέφυρα για να υποστηρίξουν τον σκελετό και τα ικρίσματα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την διάρκεια της κατασκευής της. Το υδραγωγείο συνολικά ήταν πολύ ακριβή κατασκευή, ο Émile Espérandieu εκτίμησε ότι το κόστος ανερχόταν στο ποσό των 30.000.000 sesterces.

2.8.7. ΤΟ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ:

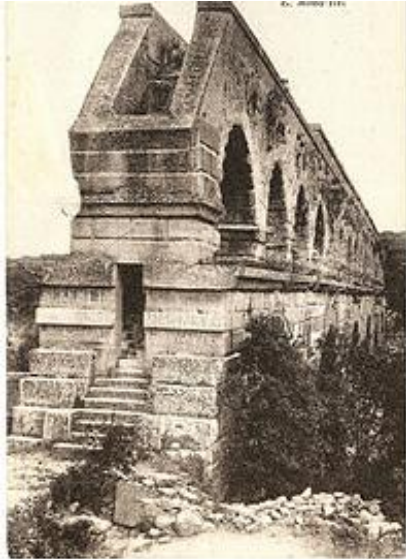
Από το 4^ο αιώνα και μετά, η συντήρηση του υδραγωγείου παραμελήθηκε δεδομένου ότι τα διαδοχικά κύματα των εισβολέων αναστάτωσαν την περιοχή. Το υδραγωγείο φράχτηκε με τα συντρίμια και τις ρίζες των φυτών δημιουργώντας μια κρούστα η οποία είχε σαν αποτέλεσμα την μείωση της ροής. Τον 9^ο αιώνα όπου οι Φράγκοι και οι Βησιγότθοι μοίρασαν την περιοχή από την οποία διέρχεται το υδραγωγείο, παύει οριστικά να λειτουργεί και χρησιμοποιείται μόνο ως γέφυρα.

Αν και μερικές από τις πέτρες της λεηλατήθηκαν για να χρησιμοποιηθούν αλλού, το Pont du Gard παρέμεινε κατά ένα μεγάλο μέρος άθικτο. Η επιβίωσή της οφείλεται στο γεγονός ότι τον 13^ο αιώνα ο Γάλλος βασιλιάς επέβαλε φόρους σε εκείνους που χρησιμοποιούσαν την γέφυρα.

Το 1620 όταν ο Henri, δούκας του Rohan χρησιμοποίησε την γέφυρα για να μεταφέρει το πυροβολικό του κατά τη διάρκεια των πολέμων μεταξύ των γαλλικών Royalists και του Huguenots, η γέφυρα υπέστη σοβαρές βλάβες. Για να μπορέσει να περάσει ο στρατός του από την γέφυρα, ο δούκας απέκοψε τα τόξα στην μια πλευρά του δεύτερου επιπέδου κατά το ένα τρίτο του αρχικού τους πάχους.

Το 1702 οι τοπικές αρχές ανακαίνισαν το Pont du Gard, επισκευάζοντας τις ρωγμές, συμπληρώνοντας τα αυλάκια και αντικαθιστώντας τις πέτρες που χάθηκαν στον προηγούμενο αιώνα. Μια νέα γέφυρα χτίστηκε από το μηχανικό Henri Pitot το 1743 – 47 δίπλα στις αψίδες του χαμηλότερου επιπέδου, έτσι ώστε η οδική κυκλοφορία να

μπορεί να γίνεται σε μια σωστά κατασκευασμένη γέφυρα. Ο μυθιστοριογράφος Alexandre Dumas ήταν έντονα επικριτικός με την κατασκευή της νέας γέφυρας, σχολιάζοντας ότι «διατηρήθηκε για το 18^ο αιώνα για να ατιμάσει ένα μνημείο που οι βάρβαροι του δεν είχαν τολμήσει να καταστρέψουν». Εντούτοις, το Pont du Gard συνέχισε να επιδεινώνεται, με κίνδυνο να καταρρεύσει από τη διάβρωση και την απώλεια της τοιχοποιίας.



Ο Napoleon III, που θαύμαζε κάθε τι ρωμαϊκό, επισκέφτηκε το Pont du Gard το 1850 και έδειξε ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Ενέκρινε τα σχέδια του αρχιτέκτονα Charles Laisné για να επισκευάσει τη γέφυρα σε ένα πρόγραμμα που εκτελέστηκε μεταξύ 1855 - 58, με τη χρηματοδότηση της κυβέρνησης. Η εργασία περιελάμβανε τις ουσιαστικές ανακαινίσεις της διαβρωμένης πέτρας, την πλήρωση μερικών αποβάθρων με σκυρόδεμα και τη βελτίωση της αποξήρανσης με το χωρισμό της γέφυρας από το υδραγωγείο. Τα σκαλοπάτια εγκαταστάθηκαν από τη μία πλευρά και οι τοίχοι των αγωγών επισκευάστηκαν, επιτρέποντας στους επισκέπτες να περπατήσουν κατά μήκος του αγωγού με ασφάλεια.

Έχει επιζήσει τριών σοβαρών πλημμυρών κατά τη διάρκεια του τελευταίου αιώνα το 1958 όλη η χαμηλότερη σειρά καταδύθηκε από μια γιγαντιαία πλημμύρα, αλλά έμεινε ορθοστάτης, ενώ πολλές άλλες γέφυρες, μεταξύ των οποίων και αυτή του Remoulins, παρασύρθηκαν. Το 1998 και το 2002 σημαντικές πλημμύρες δημιούργησαν τεράστια προβλήματα στην περιοχή.

Τον 19^ο αιώνα ο Prosper Mérimée, το 1840, συμπεριέλαβε το Pont du Gard στον πρώτο κατάλογο των σημαντικότερων μνημείων της Επιτροπής Ιστορικών Μνημείων. Τελικά καταχωρήθηκε στην απαρίθμηση της παγκόσμιας κληρονομιάς από την UNESCO το 1986.

Παρά τη διεθνή φήμη του, είναι ένας χώρος χωρίς συνεπή διαχείριση, που δεν περιλαμβάνει ούτε κατάλληλες δομές υποδοχής, ούτε δημόσιες πρακτικές υπηρεσίες (συντήρηση, δημόσιες τουαλέτες).

Το Γενικό Συμβούλιο του Gard εκπονεί μελέτη για να καθοριστεί η σκοπιμότητα ανάπτυξης σε μια περιοχή όπου συχνάζουν περισσότεροι από ένα εκατομμύριο επισκέπτες.

2.8.8. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΟΥ PONT DU GARD ΜΕ ΑΛΛΑ ΜΕΤΑΓΕΝΕΣΤΕΡΑ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΑ:

Ο σχεδιασμός του Pont du Gard αποτελεί ένα αρκετά πρώιμο στάδιο στην ανάπτυξη των ρωμαϊκών υδραγωγείων. Η τεχνική με την οποία σχεδιάστηκε, θεωρείται αδέξια και αρκετά δαπανηρή, δεδομένου ότι χρησιμοποιήθηκε ένα μεγάλο ποσοστό από πέτρες.

Μεταγενέστερα υδραγωγεία είχαν ένα πιο εξελιγμένο σχεδιασμό, χρησιμοποιώντας μεγαλύτερες ποσότητες μπετόν με σκοπό να μειωθεί ο όγκος και το κόστος της κατασκευής.

Το υδραγωγείο της Segovia και το Aqueducte de les Ferreres έχουν το ίδιο μήκος περίπου με το Pont du Gard, αλλά χρησιμοποιούν πολύ λιγότερες καμάρες.



2.9. ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ ΤΗΣ ΚΑΒΑΛΑΣ

2.9.1. ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ – ΣΚΟΠΟΣ – ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

Οι "Καμάρες", αποτελούν ίσως το γνωστότερο μνημείο της σύγχρονης πόλης της Καβάλας. Είναι το εντυπωσιακότερο τμήμα ενός εκτεταμένου συστήματος ύδρευσης που κατασκευάστηκε για να υδροδοτήσει τον άνυδρο βράχο της χερσονήσου Παναγίας, όπου αναπτύχθηκε η αρχαία και μεσαιωνική φάση της πόλης της Καβάλας. Ξεκινά από τους απέναντι λόφους στη θέση Σούμπαση ή Τρία Καραγάτσια, όπου υπάρχουν πηγές νερού. Η στρατηγική θέση της χερσονήσου προσέλκυσε το ενδιαφέρον ήδη από την πρώιμη εποχή του Σιδήρου. Στους ρωμαϊκούς χρόνους εγκαταστάθηκαν εκεί Ρωμαίοι αξιωματούχοι, ενώ τα ευρήματα μαρτυρούν εμπορική δραστηριότητα με την Μικρά Ασία και το ανατολικό Αιγαίο.



Δεν υπάρχουν στοιχεία να διευκρινίζουν τον αρχικό κατασκευαστή και την ακριβή χρονολογία οικοδόμησης του υδραγωγείου. Από τις τελευταίες μελέτες όμως που έχουν γίνει οι αρχαιολόγοι οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα πως ίσως πρόκειται και για ρωμαϊκό κτίσμα. Οδηγήθηκαν προς αυτήν την κατεύθυνση καθώς διαπίστωσαν πως τα τούβλα που χρησιμοποιήθηκαν για το κτίσμα είναι ρωμαϊκής προέλευσης. Το κτίσμα ωστόσο ανακατασκευάστηκε αρκετές φορές και η σημερινή του μορφή οφείλεται στον Σουλτάνο Σουλεϊμάν τον Μεγαλοπρεπή (1520 - 1530) και στον Ιμπραήμ Πασά (1530 - 1540). Παράλληλα έντονο είναι και το αραβικό στοιχείο, σύμφωνα με τις επιγραφές που υπάρχουν επάνω στο κτίσμα. Γεγονός που μας οδηγεί στο ότι τα χρήματα για την

ανακατασκευή του, στην περίοδο της Οθωμανοκρατίας ήρθαν από την Αίγυπτο.

2.9.2. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

Το υδραγωγείο της Καβάλας ακολουθεί τις κλίσεις του εδάφους, διέρχεται από πέντε λίθινες γέφυρες και διαθέτει τέσσερις κτιστές κρήνες με γούρνες για το πότισμα των ζώων. Οι "Καμάρες" είναι το τελευταίο και πιο μνημειακό τμήμα του. Γεφυρώνουν το χαμηλωμένο τμήμα του εδάφους που παρεμβάλλεται μεταξύ του βράχου της χερσονήσου και του λόφου των πηγών. Η κατασκευή του υδραγωγείου περιλαμβάνει 60 απίδες τεσσάρων διαφορετικών μεγεθών με μέγιστο ύψος 52m, σε δυο επίπεδα το ένα πάνω στο άλλο. Ογκώδη τετράπλευρα μεσόβαθρα, που αναπτύσσονται σε μήκος 270m γεφυρώνονται με τόξα τα οποία συγκρατούν μια δεύτερη σειρά πεσσών και τόξων που με τη σειρά τους διαμορφώνουν την ανώτερη επιφάνεια σε μέγιστο ύψος 26m, όπου επικάθεται ο αγωγός, ο οποίος προστατεύεται από διπλό τείχος και μέσα του κυλάει το νερό με φυσική ροή. Τα τόξα της πρώτης σειράς έχουν άνοιγμα 5,60m και ύψος 12m. Μετρούνται έντεκα τόξα στη σειρά. Σε καθένα από αυτά αντιστοιχεί ένα μικρότερο της πάνω ζώνης με άνοιγμα 5,00m και ύψος 8,00m. Στις δυο άκρες υπάρχουν τόξα σε μια σειρά, τρία στην μια άκρη και τέσσερα στην άλλη. Στα μεσόβαθρα της δεύτερης σειράς ανοίγονται δυο επάλληλες μικρές ανισομεγέθεις καμάρες, που ελαφρώνουν την κατασκευή.



Η πρώτη και κύρια πηγή βρίσκεται σε υψόμετρο 400m όπου το νερό συλλεγόταν σε λιθόκτιστη κατασκευή. Εκτός από την πρώτη υπήρχαν κι άλλες δευτερεύουσες μάνες κατά μήκος της διαδρομής του αγωγού, οι οποίες συμπλήρωναν την τροφοδοσία του. Το νερό διοχετεύονταν σε κτιστό επίγειο αγωγό καλυπτόμενο με ακανόνιστες μαρμαρόπλακες.

2.9.3. Η ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

Η διαδρομή του νερού ξεκινάει από την περιοχή "Τρία караγάτσια" ή "Μάνα του νερού". Στη συνέχεια ο επίγειος αγωγός ύδρευσης διέρχεται από ένα μονοπάτι που το καλύπτουν ακανόνιστες μαρμαρόπλακες. Ακολουθεί μια διαδρομή 2km περίπου, μέσα σε μια χαράδρα με πυκνή βλάστηση και κατά μήκος μιας ρεματιάς, για να φτάσει στο μεγάλο γεφύρι. Στη συνέχεια, μετά από 1,5km, θα φτάσει έως το τελευταίο γεφύρι πριν τη Καβάλα. Η πορεία του αγωγού συνεχίζεται σε καλοδοουλεμένα αυλάκια, καλυμμένα με λαξεμένες πέτρες, περνάει πάνω από πέντε γέφυρες, επιδέξιας αρχιτεκτονικής, και καταλήγει στις "Καμάρες" στο κέντρο της πόλης της Καβάλας.

2.9.4. ΤΟ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ:

Από τη δεκαετία του '90 το μνημείο αρχίζει να παρουσιάζει έντονα σημάδια σημαντικής φθοράς κυρίως σε σημεία όπου το κονίαμα είχε φαγωθεί, με αποτέλεσμα να υπάρχει φόβος να πέσουν πέτρες από αυτό με κίνδυνο να προκληθεί ατύχημα. Η Εφορία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων στην προσπάθεια της να διασωθεί το μνημείο ενέταξε το πρώτο κομμάτι της αναστήλωσής του στο Β' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης οι εργασίες της οποίας ολοκληρώθηκαν το Σεπτέμβριο του '99. Από εκεί και πέρα το έργο σταμάτησε εξαιτίας της αδυναμίας χρηματοδότησής του. Στη συνέχεια ωστόσο έγιναν κάποιες παρεμβάσεις με χρηματοδότηση του Δήμου Καβάλας επί διοικήσεως Στάθη Εριφυλλίδη και τη συμβολή ιδιωτών. Το Νοέμβριο του 2002 οι εργασίες αναστήλωσης του μνημείου ξεκίνησαν και πάλι με την ένταξη του έργου στο Γ' ΚΠΣ με χρηματοδότηση ύψους 100.000 ευρώ.

Πρόσφατα και πριν από την ολοκλήρωση των εργασιών το μνημείο φωτίστηκε από το Δήμο Καβάλας, έπειτα από μια σειρά συζητήσεων και

εκτεταμένων αντιδράσεων από την πλευρά της Εφορίας Βυζαντινών Αρχαιοτήτων. Οι αντιδράσεις της Εφορίας που είχαν να κάνουν με τον τρόπο που θα έπρεπε να φωτιστεί το μνημείο ώστε να μην υπάρξουν επιπλέον φθορές από τις ήδη υπάρχουσες. Ωστόσο βρέθηκε η χρυσή τομή και σήμερα το μνημείο αποτελεί ένα από τα πιο όμορφα σημεία της πόλης τις βραδινές ώρες. Ένα σημείο έτσι κι αλλιώς σήμα κατατεθέν για την πόλη της Καβάλας.

Επάνω στις Καμάρες θα δείτε σήμερα «κολλημένα» κάποια προσφυγικά σπιτάκια, τα οποία μάλιστα έχουν αναστηλωθεί και βαφτεί. Κοντά τους υπάρχει μεντρεσές και απέναντι μερικά από τα παλιά μαγαζάκια του 20^{ου} αιώνα με χαρακτηριστικές ξυλοκατασκευές. Το υδραγωγείο ήταν σε χρήση μέχρι τον 20^ο αιώνα.

Στα μελλοντικά σχέδια της Εφορίας Βυζαντινών Αρχαιοτήτων είναι η διαδρομή του νερού από την παλιά Καβάλα μέχρι και το σημείο που καταλήγει στο υδραγωγείο να αναδειχθεί μέσω κοινοτικού προγράμματος.



2.10. ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ ΠΑΤΡΑΣ

2.10.1. ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ – ΣΚΟΠΟΣ – ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

Η Πάτρα έγινε ρωμαϊκή αποικία το 31 π. Χ. και η επικράτηση της ρωμαϊκής αρχιτεκτονικής ήταν καθολική. Πολλά δημόσια κτίρια και έργα έγιναν με δαπάνες των ρωμαίων αυτοκρατόρων και ευεργετών της πόλης. Μεταξύ αυτών ήταν το ρωμαϊκό υδραγωγείο, έργο απαραίτητο σε μια πολυάνθρωπη πόλη όπως η Πάτρα. Ήταν η εποχή που η Πάτρα διερχόταν τη μεγαλύτερη ακμή της ιστορίας της καταλαμβάνοντας τη θέση της πύλης της Ελλάδας προς την Ιταλία.

Το υδραγωγείο βρίσκεται στην περιοχή Ασυρμάτου Αρόης, στην παλιά Σαμακιά, μια συνοικία λίγο έξω από την Πάτρα, κοντά στο Δασύλλιο. Το μεγαλόπνοο και ζωτικής σημασίας αυτό έργο, το οποίο βέβαια θα ήταν και δαπανηρό, κατασκευάστηκε πιθανώς από τον αυτοκράτορα Αδριανό, στις αρχές του 2^{ου} αιώνα μ. Χ..

2.10.2. Η ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

Το υδραγωγείο της Πάτρας ξεκινούσε από τις πηγές του χειμαρροπόταμου Διακονιάρη, στη σημερινή τοποθεσία «Νερομάνα» του Ρωμανού. Από εκεί ακολουθεί μια δύσκολη καθοδική διαδρομή, μέσα από χαμηλούς λόφους και χαράδρες, για να καταλήξει μετά από διαδρομή 6km στην Αρόη κάτω από το βυζαντινό κάστρο, απ' όπου το νερό διαμοιραζόταν σε υπόγειους αγωγούς και διακλαδιζόταν μέσα στην πόλη.

2.10.3. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ:

Οι Ρωμαίοι κατασκεύασαν μια μεγάλη δεξαμενή νερού στις πηγές του Ρωμανού, από όπου ξεκινά ο χειμάρρος Διακονιάρης. Η δεξαμενή έγινε

με την μορφή τεχνητού φράγματος στην αρχή του λαγκαδιού και σε απόσταση 10m από τις πηγές.

Το νερό μεταφερόταν στο μεγαλύτερο τμήμα του με κτιστό υπόγειο αγωγό, κυρίως κατά τις ομαλές και κατηφορικές διαδρομές ξεπερνώντας τις κοιλάδες και τις χαράδρες πάνω σε επιμελημένες τοξοστοιχίες, με μεγάλη διάμετρο, τμήματα των οποίων σώζονται έως σήμερα.



Στα υπόλοιπα τμήματα, κυρίως στις χαράδρες και όπου οι υψομετρικές διαφορές έπρεπε να γεφυρωθούν για την απρόσκοπτη κατηφορική πορεία του νερού, υπήρχαν ψηλές κτιστές καμάρες, πάνω από τις οποίες περνούσε ο αγωγός.

Τα υπέργεια αυτά κτιστά τμήματα διασώζονται σε μερικά σημεία στο αρχικό τους ύψος αλλά και σε ικανοποιητικό μήκος και μας επιτρέπουν να σχηματίσουμε την εικόνα του εντυπωσιακού έργου.

Υπήρχαν διακλαδώσεις προς διάφορες κατευθύνσεις με μικρότερης διατομής σκεπαστούς αγωγούς. Η συνεχής ροή του νερού επιτυγχανόταν χάρις στην αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων που γνώριζαν οι Έλληνες.

2.10.4 ΤΟ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ ΣΗΜΕΡΑ:

Οι σωστικές ανασκαφές στη ρωμαϊκή πόλη της Πάτρας έφεραν στο φως αρκετά πηγάδια που εξυπηρετούσαν οικιακές ανάγκες, αλλά και ένα άρτια οργανωμένο σύστημα ύδρευσης με υπόγειους αγωγούς και τρεχούμενο νερό, που τροφοδοτούσε ακόμη και σιντριβάνια σε ιδιωτικές κατοικίες.



Τμήμα του αρχικού τοίχου του φράγματος βρίσκεται σήμερα ενσωματωμένο στη βάση της σύγχρονης δεξαμενής, ενώ σε απόσταση 20m μέσα στην κοίτη του ποταμού, βρίσκονται αρκετά μεγάλα κομμάτια ισχυρού τοίχου.

2.11. ΤΑ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΑ ΣΗΜΕΡΑ

Ένα μεγάλο μέρος της πείρας των Ρωμαϊκών μηχανικών χάθηκε στις εποχές και έτσι η κατασκευή υδραγωγείων στην Ευρώπη διακόπηκε. Κατά τη διάρκεια της Αναγέννησης, το ενδιαφέρον για τα υδραγωγεία αναζωπυρώθηκε. Το 1582, το πρώτο δημόσιο σύστημα ύδρευσης πιστεύεται ότι χτίστηκε στο Λονδίνο. Το σύστημα που χρησιμοποιείται είναι μια σειρά αντλιών για να γεμίσει ένα δοχείο και η πίεση που παράγεται από τη βαρύτητα ανάγκασε το νερό να περνάει μέσα από ένα λαβύρινθο σωλήνων από ξύλο. Ένα παρόμοιο είδος του κοίλου συστήματος ύδρευσης σωληνώσεων χτίστηκε στις ΗΠΑ στη Βοστώνη περίπου το 1652.

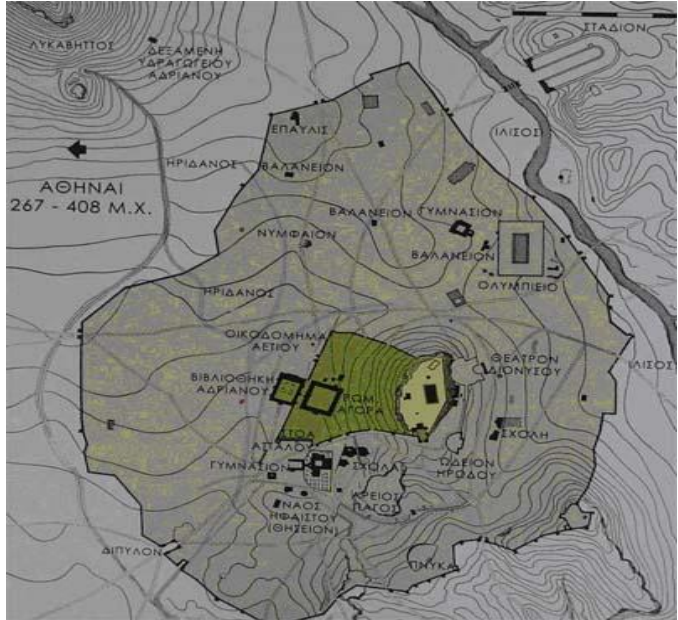
Η κατασκευή υδραγωγείων ήταν αρκετά εκτεταμένη κατά τη διάρκεια του 19^{ου} αιώνα. Τούβλα και μπετόν χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή ανοικτών καναλιών και αγωγών και η χρήση από χυτοσίδηρο πλέον γίνεται άμεσα διαθέσιμη (χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία ανεστραμμένου σιφωνίου υπό υψηλή πίεση).

Η εφεύρεση της ατμομηχανής επίσης συνέβαλε στη βελτίωση της παραγωγικότητας μεγάλων δικτύων ύδρευσης που τα προηγούμενα χρόνια βασιζόταν στις αντλίες δύναμης για να κινηθεί το νερό μέσα από τους σωλήνες. Σιδηροσωλήνες, τέλος, αντικατέστησαν τελικά τους ξύλινους σωλήνες.



3. Η ΕΚΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΚΟΙΤΗΣ ΤΟΥ ΗΡΙΔΑΝΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

Ο Ηριδανός ήταν ένας από τους ποταμούς που άρδευαν το λεκανοπέδιο των Αθηνών από την προϊστορία, μαζί με τον Ιλισό και τον Κηφισό. Η ορμητική του ροή αλλά και το γεγονός ότι περνούσε από το κέντρο της πυκνοκατοικημένης πόλης, οδήγησε στον εγκιβωτισμό και την υπογειοποίησή του κατά τμήματα και περιόδους, ήδη από την κλασική αρχαιότητα. Σήμερα αποτελεί ένα από τα αόρατα φυσικά στοιχεία της πόλης, σχεδόν άγνωστο στους Αθηναίους, ενώ η παρουσία του στο γεωανάγλυφο γίνεται αντιληπτή μέσω ενδείξεων.



Ο ορμητικός χείμαρρος αναφέρεται πολύ σποραδικά στις αρχαίες πηγές. Η ολιγολογία τους ίσως να οφείλεται στα έργα ελέγχου της ροής του. Περισσότερα στοιχεία έγιναν γνωστά μετά τις ανασκαφές για τον Μητροπολιτικό Σιδηρόδρομο Αθηνών στις αρχές της δεκαετίας του '90.

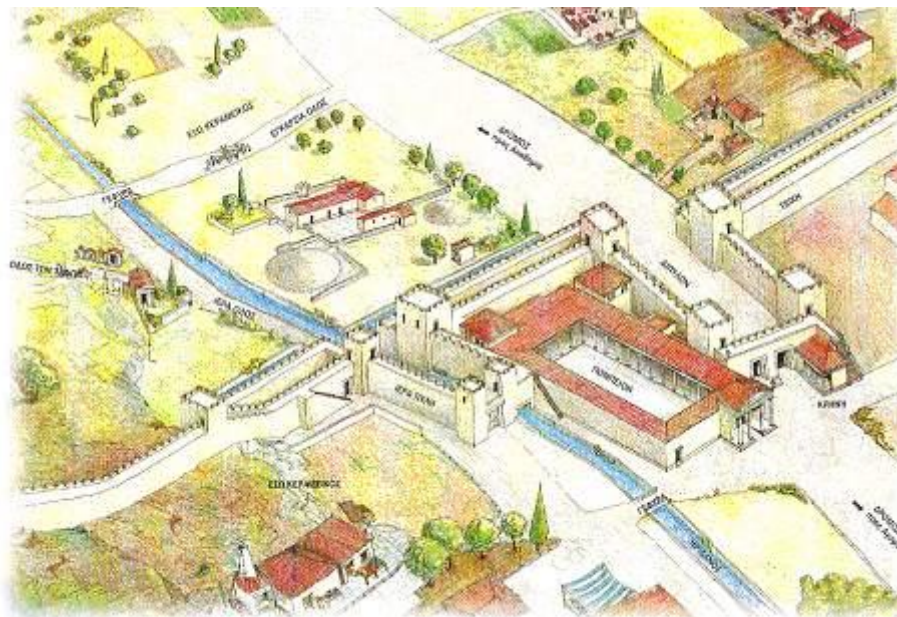


Η κοίτη του Ηριδανού ποταμού έχει υποστεί μια σειρά συνεχών ανθρώπινων επεμβάσεων από την εποχή του Θεμιστοκλή μέχρι τους ρωμαϊκούς χρόνους. Η ανάπτυξη του ποταμού στο εσωτερικό της πόλης ευνόησε την επέμβαση αυτή αρκετά νωρίς. Θεωρήθηκε αναγκαία η διαμόρφωση της κοίτης του για να μπορέσει να «εναρμονιστεί» με την οικιστικά αναπτυσσόμενη πόλη και να «προσαρμοστεί» στις ανάγκες των πολιτών. Το σύνολο των διαχρονικών επεμβάσεων του ανθρώπου στην κοίτη του ποταμού είναι εμφανές στο χώρο του Κεραμεικού.

3.1. ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΗΡΙΔΑΝΟ:

Η λέξη Ηριδανός, μάλλον προέρχεται από την ομηρική λέξη "τό Ηρίον", που σημαίνει τύμβο, μνήμα, τάφος. Συνεπώς, Ηριδανός ονομάζεται ο ποταμός που περνά μέσα από τα "Ηρία", τους τάφους, δηλαδή το ρέμα του νεκροταφείου.

Στην Ελληνική μυθολογία, ο Ηριδανός ήταν περίφημη ποτάμια αλληγορική θεότητα που εμπλέκεται σε αρχαίους μύθους. Ο Ησίοδος στη Θεογονία του, αναφέρει αυτόν ως γιο του Ωκεανού και της Τηθύος, ενώ ο Ηρόδοτος, αναφέρει ότι οι εκβολές του ήταν στον Ωκεανό, προς τη δυτική άκρα της Ευρώπης και ότι από αυτόν προερχόταν το «ήλεκτρον». Εξάλλου, όταν ο Δίας αναγκάστηκε να κεραυνοβολήσει το Φαέθωνα, γιό του θεού Ήλιου και της Κλυμένης, το άψυχο σώμα του έπεσε στον Ηριδανό. Οι κόρες του Ήλιου θρήνησαν τον θάνατο του αδελφού τους στις όχθες του ποταμού, ώσπου μεταμορφώθηκαν σε λεύκες. Τα δάκρυά τους καθώς έσταζαν από τα δέντρα γίνονταν κεχριμπάρι. Οι θεοί τις λυπήθηκαν και μαζί με τον Φαέθωνα τις ανέβασαν στον ουρανό, όπου έγιναν αστερισμοί.



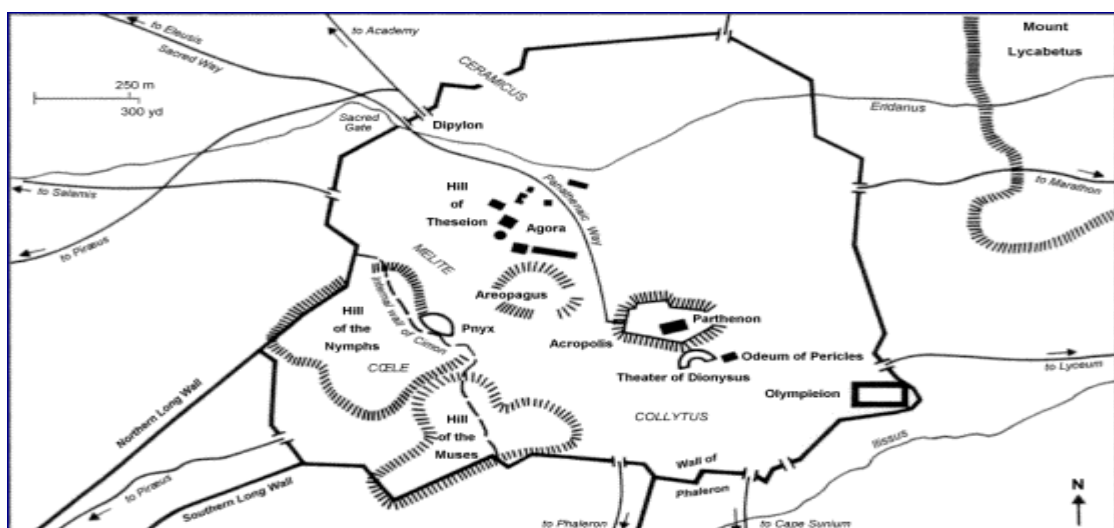
05. Η άφιξη στην Κιρκαστανία είχε ήδη υποψιάξει από τα δύο αγριόκοι η θεοτόκος, και έτσι το άλλοτε θηλυτικό.

Στην αρχαιότητα ο Ηριδανός ήταν ένας φυσικός άξονας της ρυμοτομίας της πόλης, η διέλευσή του όμως μέσα από αυτήν είχε τις επιπτώσεις της. Στην Κλασική εποχή, λόγω της πυκνότητας της δόμησης πλέον, το ποτάμι άρχισε να δέχεται τα λύματα του άστεως και σύντομα μετατράπηκε σε βούρκο. Υπέστη δηλαδή τις συνέπειες αυτού που σήμερα ονομάζουμε περιβαλλοντική μόλυνση.

Όπως μας πληροφορεί ο Πausanias (Paus. Λ κεφ., 195, 5), στην αρχαία πόλη των Αθηνών δύο ήταν τα ποτάμια που είχαν το όνομα Ηριδανός. Το ένα πήγαζε από τον Υμηττό, γνωστό σήμερα και ως ρέμα της Καισαριανής, που ξεκινούσε από την πηγή Καλοπούλα και τη Μονή Καισαριανής και κατέληγε διαμέσου της Καισαριανής στον Ιλισσό ποταμό, στην περιοχή ανάμεσα στα σημερινά ξενοδοχεία Κάραβελ και Χίλτον. Το άλλο ποτάμι, που έχει μεγάλη αρχαιολογική σημασία, είχε τις πηγές του στη νότια πλαγιά του Λυκαβηττού. Οι πηγές του Ηριδανού κατά τον Στράβωνα ήταν εννέα τον αριθμό, με κεντρική πηγή τη "Πάνοπος" κρήνη, απέναντι από τις "Πύλες του Διοχάρους"

3.2. Η ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ:

Η κεντρική πηγή του Ηριδανού βρισκόταν στο τέλος της σημερινής οδού Δημοκρίτου, μεταξύ των κτηρίων Ηλιάσκου και Δοξιάδη. Εκεί υπήρχε μικρό σπήλαιο, μέσα στο οποίο ανάβλυζε νερό από δύο σχισμές. Η ποσότητα του νερού της δίδυμης πηγής του σπηλαίου ήταν τέτοια, ώστε υδρευόταν όλη η περιοχή του Κολωνακίου. Σήμερα, δεν υπάρχει η δίδυμη πηγή. Απ' εκεί, ο Ηριδανός δημιουργούσε μία υπόγεια διαδρομή, έφτανε πιθανότατα στον Εθνικό κήπο, ενισχυόταν με νερά από την εκεί πηγή Μπουμπουνίστρα, περνούσε κάτω από τη σημερινή Βουλή, διέσχισε εγκάρσια την οδό Αμαλίας, κατηφόριζε προς την οδό Όθωνος, τη Μητροπόλεως, έφτανε στην πλατεία του Μοναστηρακίου σε βάθος περίπου 20m, περνούσε κάτω από το Δημοπρατήριο και την οδό Αδριανού, διέσχισε την οδό Ερμού και εμφανιζόταν επιφανειακά στον αρχαιολογικό χώρο του Κεραμεικού, όπου κυλούσε ανάμεσα στα ταφικά μνημεία, παράλληλα σχεδόν με την αρχαία Ιερά Οδό.



Εκεί έρεε για 190m περίπου και μετά χανόταν πάλι κάτω από την οδό Πειραιώς. Στη συνέχεια έστρεφε νότια και ενωνόταν με τον Ιλισό, όπως διαπιστώθηκε με σύγχρονη τεχνολογία από ερευνητική ομάδα του Πανεπιστημίου Πατρών, που είχε αναλάβει την αποτύπωση του ποταμού, στο πλαίσιο της διάνοιξης των σηράγγων του Μετρό. Από τον Κεραμεικό, ο Ηριδανός συνέχιζε την πορεία του, υπογειώς πάλι, προς το σημερινό ρέμα του Προφήτη Δανιήλ και κατέληγε στον Κηφισό διαμέσου της παλιάς κοίτης του Ιλισού. Στον πεδινό χώρο δυτικά του Δίπυλου συναντούσε το ρέμα του Ιλισού, ο οποίος ακόμα δυτικότερα χυνόταν στον Κηφισό. Σε όλη του την πορεία ο ποταμός ενισχυόταν από μικρά ρέματα και χείμαρρους.

3.3. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ:



μετατρέπεται σε υπόνομο.

Κατά την υστεροκλασική περίοδο (5^{ος} - 4^{ος} αιώνας π. Χ.) η κοίτη, με πλάτος 2,60m, οριοθετείται από μεγάλους κροκαλοπαγείς λίθους. Δύο μονοπάτια, βόρεια και νότια, όριζαν την οικοδομική γραμμή για τα κτίρια που άρχισαν να οικοδομούνται και από τις δύο πλευρές. Στα χρόνια του αυτοκράτορα Αδριανού (117 - 138 μ. Χ.), ο ποταμός Ηριδανός καλύπτεται με πλινθόκτιστο θόλο, επιχώνεται και

Μεγάλος τοίχος αντιστήριξης κτίζεται στο βόρειο όριο του ποταμού για να στηρίξει ευρεία στοά ή οδό, ενώ η οικοδομική γραμμή υποχωρεί κατά 4,50m. Τα κτίσματα είναι ιδιωτικού χαρακτήρα, εργαστήρια και αποθηκευτικοί χώροι. Η χρονολόγηση των ερειπίων στηρίζεται σε πολυάριθμα και ποικίλα ευρήματα: μαρμάρινα γλυπτά και αρχιτεκτονικά μέλη, ψηφιδωτά δάπεδα, τοιχογραφίες, διακοσμητικά εγχάρακτα επιχρίσματα, αγγεία, νομίσματα, μεταλλικά και οστέινα αντικείμενα. Ο Πλάτωνας αναφέρει τον Ηριδανό και τον Ιλισό, ως τα δύο ποτάμια της Αθήνας που περιέβαλλαν την πόλη και την οριοθετούσαν, ο Ηριδανός από το Βορρά και ο Ιλισός από το Νότο.

Από τα προϊστορικά χρόνια στις όχθες του Ηριδανού και στη γύρω βαλτώδη περιοχή του Κεραμεικού, που πλημμύριζε το χειμώνα, οι κάτοικοι του κοντινού οικισμού έθαβαν τους νεκρούς τους. Μέχρι και την

εποχή του Σόλωνα (γύρω στο 600 π. Χ.) φαίνεται ότι το ποτάμι ξεκινούσε με δύο ή τρία παρακλάδια που ενώνονταν περίπου στην περιοχή του Συντάγματος και στη συνέχεια περνούσαν ενωμένα από τον Κεραμεικό. Ήδη όμως από την εποχή του Θεμιστοκλή, όπου επεκτάθηκε η πόλη, ο Ηριδανός καλύφθηκε «ένθεν του τείχους», δηλαδή νοτίως της σημερινής οδού Βουλής, και στην κοίτη του κατασκευάστηκε αγωγός.

Με την οικοδόμηση του Θεμιστόκλειου τείχους (487 π. Χ.) και τη διευθέτηση του χώρου του Κεραμεικού ξεκίνησαν και οι εργασίες ευθυγράμμισης της κοίτης του Ηριδανού, που πλέον κυλούσε τα νερά του σε κτιστό κανάλι, ενώ η παλιά κοίτη μπαζώθηκε με χώμα και χιλιάδες θραύσματα αγγείων. Διευθετήσεις της κοίτης έγιναν και στις εργασίες ανοικοδόμησης του τείχους το 394, 307 και το 86 π. Χ.. Γέφυρες υπήρχαν στα σημεία όπου ο ποταμός διασταυρωνόταν με τις μεγάλες οδικές αρτηρίες όπως της Εγκαρσίας οδού, που συνέδεε το Δρόμο με την Ιερά οδό με μια γέφυρα επάνω από τον Ηριδανό.



Η απόπειρα περιορισμού της έκτασης του έλους πραγματοποιήθηκε τον 4^ο αιώνα π. Χ. με την κατασκευή αγωγών για τη συλλογή και την υπόγεια αποστράγγιση των στάσιμων νερών. Το έργο αποσκοπούσε στην πλήρη αποξήρανση του έλους με σκοπό την κατασκευή κεραμικών εργαστηρίων και αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα επέμβασης των αρχαίων κατοίκων με σκοπό την αλλαγή χρήσης γης, κάτι που ο σύγχρονος άνθρωπος ανήγαγε σε καθημερινή δραστηριότητα.

3.4. Ο ΗΡΙΔΑΝΟΣ ΣΗΜΕΡΑ:



Σήμερα ο Ηριδανός, με εμφανή τα φυσικά χαρακτηριστικά ενός ποταμού (κοίτη, φυσικά και τεχνητά αναχώματα), είναι ορατός μόνο στον αρχαιολογικό χώρο των ανασκαφών του Κεραμεικού. Η κοίτη του ποταμού, πλάτους 2m, διασχίζει τον αρχαιολογικό χώρο από τα ανατολικά προς τα δυτικά σε μήκος περίπου 190m. Σε όλο το μήκος αυτής της διαδρομής είναι εμφανείς όλες οι διαχρονικές

ανθρώπινες επεμβάσεις. Εξάλλου, η εγκιβωτισμένη κοίτη του είναι σπάνιο δείγμα υδραυλικής τεχνολογίας που έχει γίνει σε τρεις κατασκευαστικές φάσεις με μαρμάρινες ή πλίνθινες πλάκες, θολωτή κατασκευή σε σχήμα καμάρας και με πλίνθους σε οξυκόρυφη διάταξη.

Μετά την παραλίγο τσιμέντωση του ποταμού κατά τις εργασίες δημιουργίας του σταθμού στο Μοναστηράκι, η 1^η Εφορεία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων και η εταιρεία Αττικό Μετρό Α.Ε. ανέλαβαν την ανάδειξη κάποιων καταλοίπων σε αυτό το σημείο. Εκεί, ανάμεσα στα άλλα, μπορεί να δει κανείς την ύστερη κλασική κοίτη του ποταμού καθώς και τα δυο μονοπάτια που όριζαν την οικοδομική γραμμή εκατέρωθεν. Περισσότερο αναγνωρίσιμη είναι η Αδριάνεια φάση (2^{ος} μ. Χ.), στην οποία - όπως αναφέρθηκε - ο

Ηριδανός καλύπτεται με πλινθόκτιστο θόλο και μετατρέπεται σε υπόνομο. Αν κάποιος, ακολουθήσει νοητά την πορεία του θόλου, από το σημείο δηλαδή που εισέρχεται στον τοίχο (για να κατευθυνθεί προς την αρχαία Αγορά) θα διαπιστώσει πως ο Ηριδανός είναι ορατός μέσα στις γραμμές του ηλεκτρικού σιδηροδρόμου.



Το οικοσύστημα του ποταμού χαρακτηρίζεται σύμφωνα με την UNESCO, ως "πολιτιστικό τοπίο" καθώς με αυτή την έννοια περιγράφονται και προστατεύονται "...ανθρώπινα έργα ή συνδυασμός ανθρώπινων έργων και έργων της φύσης, καθώς και ολόκληρες περιοχές που περιλαμβάνουν μνημεία εξέχουσας ιστορικής, αισθητικής, εθνολογικής και ανθρωπολογικής αξίας". Ο Ηριδανός μέσα στον αρχαιολογικό χώρο του Κεραμεικού, είναι ένα από αυτά και είναι πολύτιμος για την πολιτιστική κληρονομιά της Αθήνας, για το παρόν και το μέλλον της πόλης.



Η εγκιβωτισμένη κώτη του Ηριδανού στο σταθμό Μοναστηράκι.



4. ΦΡΑΓΜΑΤΑ

4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο φράγμα περιγράφουμε μια κατασκευή που εμποδίζει, ανακατευθύνει ή επιβραδύνει τη φυσική ροή του νερού. Αναλυτικότερα, το φράγμα είναι ένας εγκάρσιος φραγμός ενός υδατορρέυματος που κατασκευάζεται με σκοπό την συγκράτηση ύδατος ή τον σχηματισμό ταμιευτήρα για α) ανύψωση της στάθμης του ύδατος β) εκτροπή του ύδατος εντός αγωγού ή διώρυγας γ) δημιουργία υδατοπτώσεων για παραγωγή ενέργειας δ) βελτίωση της ναυσιπλοΐμότητας ενός ποταμού με ρύθμιση της εκροής του νερού που έχει αποταμιευτεί και ε) συγκράτηση υλικών. Συνήθως με την κατασκευή του δημιουργούνται συλλέκτες υδάτων, δεξαμενές ή ακόμα και τεχνητές λίμνες.

4.2. ΦΡΑΓΜΑ ΤΗΣ ΑΛΥΖΙΑΣ

4.2.1. Ο ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ:

Τόσο ο σκοπός όσο και η ακριβής περίοδος κατασκευής του φράγματος δεν έχουν αποσαφηνιστεί ακόμα, ωστόσο επικρατούν διάφορα πιθανά σενάρια από ερευνητές που βασίζονται κυρίως σε αρχαιολογικές προσεγγίσεις.

Τα σενάρια σχετικά με τη χρονολόγηση της κατασκευής του φράγματος είναι:

- Η κατασκευή της λιθοδομής του σώματος του φράγματος ακολουθεί τις αρχές της Κυκλώπειας μηχανικής, επομένως μπορεί να τοποθετηθεί στην Μυκηναϊκή ή οποιαδήποτε μεταγενέστερη εποχή.
- Η ακμή της αρχαίας Αλυζίας, τοποθετείται στον 3^ο και 4^ο π. Χ. αιώνα και είναι η πλέον πιθανή περίοδος για την κατασκευή του φράγματος.

- Το 30 π. Χ. μεγάλα τμήματα του πληθυσμού της Δυτικής Ελλάδας οδηγήθηκαν βίαια κοντά στην Πρέβεζα για την ίδρυση της Νικόπολης. Η ημερομηνία αυτή θα πρέπει να θεωρηθεί η καταληκτική πιθανή ημερομηνία για την κατασκευή του έργου.

Ακριβέστερα στοιχεία σχετικά με την ηλικία του φράγματος, μόνο κάποια σύγχρονη μεθοδολογία, όπως για παράδειγμα η ραδιοχρονολόγηση, μπορεί να μας δώσει.

Τα σενάρια που σχετίζονται με την σκοπιμότητα του έργου αφορούν κυρίως την ύδρευση και την άρδευση της πόλης αρχαίας Αλυζίας. Οι ερευνητές, οι οποίοι ήταν οι Μαστροκώστας, Μπελλιός, Παπαδήμος και Murray, καταλήγουν σ' αυτό το συμπέρασμα στηριζόμενοι:

- Στο γεγονός ότι η κατασκευή αντανάκλα τις επικρατούσες, την εποχή κατά την οποία ήκμασε η αρχαία Αλυζία, θεωρίες σχετικά με την διαχείριση των υδάτινων πόρων.
- Στη θεώρηση ότι μια ξηρασία η οποία συνέβη κάπου μεταξύ του 330 π. Χ. και του 326 π. Χ. ενδεχομένως να ήταν η αφορμή για την κατασκευή του έργου.

Ωστόσο ο Murray βασιζόμενος σε ιστορικά και αρχαιολογικά δεδομένα απορρίπτει το σενάριο που θέλει το φράγμα να έχει κατασκευαστεί προκειμένου να συγκρατεί τα φερτά, στηριζόμενος στο γεγονός ότι τα έργα αυτά είναι συνήθως χαμηλά και τοποθετημένα στον πάτο της κοιλάδας και όχι σε μια στενή θέση όπου η ποσότητα των συγκρατούμενων φερτών είναι πολύ μικρή.

Στη συνέχεια, απορρίπτει και το σενάριο που θέλει το φράγμα να έχει κατασκευαστεί για την ανάσχεση πιθανής πλημμύρας με σκοπό την προστασία του κάμπου του Μύτικα, γιατί:

- Απουσιάζουν ανθρώπινες κατασκευές στο ρου του ρέματος μέχρι τη θάλασσα.
- Η ροή του υδατορέματος μέχρι τη θάλασσα είναι συνεχής, χωρίς σημαντικά εμπόδια.
- Δεν υπάρχουν στην περιοχή λατομεία.

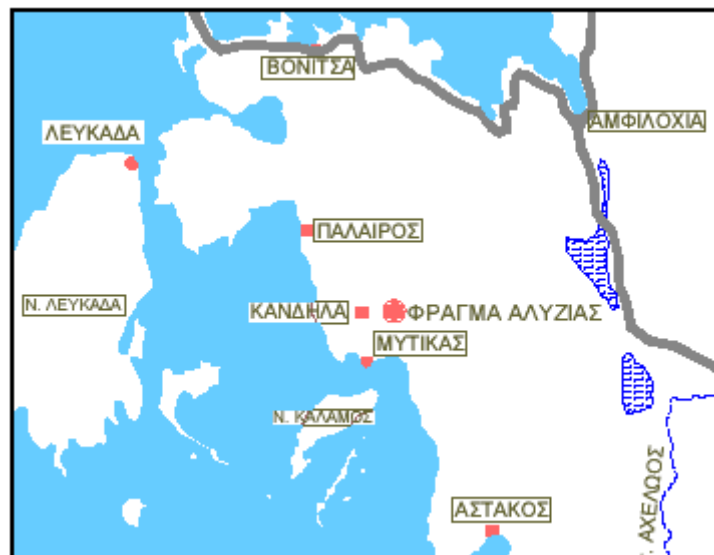
Ο μόνος ερευνητής που διαφωνεί με τους παραπάνω είναι ο Knauss, ο οποίος αναπτύσσει ένα νέο σενάριο για την σκοπιμότητα του έργου, σύμφωνα με το οποίο, πιθανότερες αιτίες κατασκευής του φράγματος είναι το πλύσιμο του μαλλιού των προβάτων και η αποθήκευση νερού, για μικρά χρονικά διαστήματα.

4.2.2. ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΠΟΛΗΣ:

Η πόλη της αρχαίας Αλυζίας βρίσκεται στα δυτικά παράλια της Αιτωλοακαρνανίας και σε απόσταση 15 σταδίων από την θάλασσα, στις παρυφές των Ακαρνανικών Βουνών. Η Αλυζία υπήρξε μια από τις σημαντικότερες πόλεις της Αρχαίας Ακαρνανίας. Το περίφημο λιθόθετο φράγμα βρίσκεται κοντά στα χωριά Μύτικα και Κανδήλα της περιοχής Ξηρομέρου και σε απόσταση 2km από τα τείχη και τα ερείπια της αρχαίας πόλης της Αλυζίας.

Το αρχαίο φράγμα βρίσκεται 1km πριν την έξοδο, ενός στενού περάσματος προς τον κάμπο του Μύτικα, κοντά στο χωριό του Βάρνακα και στη θέση 'Γλώσσες', όπου ορίζεται ένα στενό πέρασμα του υδατορέματος του Βάρνακα ανάμεσα στα Ακαρνανικά όρη 'Ψιλή Κορφή' και 'Μπούμιστος'. Το ρέμα διασχίζει στη συνέχεια πλευρικά τον κάμπο και εκβάλλει στον Όρμο Βούρκο.

Η ονομασία του οφείλεται στους απόκρημνους βράχους που προβάλλουν και από τις δύο πλευρές του φαραγγιού σαν γλώσσες. Οι ντόπιοι αποκαλούν την τοποθεσία του φράγματος 'της γριάς το πήδημα'.



4.2.3. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ:

Το ύψος του φράγματος από το βαθύτερο σημείο της θεμελίωσής του είναι 11m περίπου, με στέψη στο υψόμετρο +95. Το μήκος στη στέψη είναι 30m περίπου. Η κοίτη βρίσκεται σε υψόμετρο +85.



Το φράγμα είναι ορατό μόνο από τα κατάντη, και αυτό συμβαίνει γιατί ο χώρος ανάντη του φράγματος έχει πληρωθεί με φερτά του ρέματος. Η κατάντη παρειά σχηματίζεται με ασβεστολιθικής προέλευσης ορθογωνίους ογκολίθους, διατεταγμένους σε 15

σειρές. Οι 11 άνω σειρές είναι σχηματισμένες με ογκολίθους σε όλο το μήκος του φράγματος, ενώ οι 4 κάτω σειρές περιέχουν ογκολίθους μόνο στο δεξιό τμήμα του φράγματος και το υπόλοιπο σχηματίζεται με λίθους μικρών διαστάσεων και κροκάλες.

Η δομή των ογκολίθων παρουσιάζει έντονη διαφοροποίηση καθ' ύψος του φράγματος. Η άνω επιφάνεια κάθε σειράς ογκολίθων λαμβάνεται από το φωτογραμμετρικό διάγραμμα του Σχ. 3 και αποτυπώνεται ως συνεχής κυματοειδής γραμμή μεταξύ των άνω ακμών των ογκολίθων. Οι γραμμές επιφάνειας κάθε σειράς δείχνονται στο Σχ. 5 και αποτελούν ένδειξη της 'τραχύτητας' κάθε σειράς.

Είναι εύλογο να θεωρηθεί ότι η τελική άνω επιφάνεια κάθε σταδίου ανύψωσης του φράγματος, θα διαμορφωνόταν κατά το δυνατόν οριζόντια και ομαλή, ώστε να αποφευχθεί η συγκεντρωμένη και κατά θέσεις ροή νερού πάνω από το φράγμα. Συνεπώς, σειρές ογκολίθων με υψηλή τραχύτητα, δεν θα μπορούσαν να αποτελέσουν ενδιάμεσες στάθμες ανύψωσης του φράγματος.

Οι ογκολίθοι στις σειρές [1] και [2] είναι ακανόνιστου σχήματος και έχουν τοποθετηθεί μάλλον άτακτα, χωρίς να δένουν μεταξύ τους. Τακτική δόμηση ορθογωνικών ογκολίθων παρατηρείται στη σειρά [3], με την οποία επιτυγχάνεται ενιαίο υψόμετρο στην άνω επιφάνεια της σειράς. Η σειρά εμφανίζει χαμηλή τραχύτητα και συνεπώς θα μπορούσε να λειτουργήσει ως στέψη ενδιάμεσης ανύψωσης του φράγματος.

Στη σειρά [4] χρησιμοποιούνται ογκόλιθοι των οποίων το ύψος είναι μεγαλύτερο από το πλάτος, χωρίς να δίνεται προσοχή στην ευθυγράμμιση της άνω επιφάνειας της στρώσης. Ογκόλιθοι διαφορετικού ύψους τοποθετούνται γειτονικά, με αποτέλεσμα η άνω επιφάνεια της σειράς να εμφανίζει έντονη τραχύτητα.

Στη σειρά [5] παρατηρείται η προσπάθεια κάλυψης των ανωμαλιών της σειράς [4] και ευθυγράμμιση της επιφάνειας των ογκολίθων. Η σειρά [5] εμφανίζει χαμηλή τραχύτητα και θα μπορούσε να αποτελέσει στέψη ενδιάμεσης ανύψωσης του φράγματος. Η δόμηση των λίθων και η ενιαία καθ' ύψος κλίση της παρειάς του φράγματος, υποδηλώνουν ότι οι ενότητες των σειρών [1] - [3] και [4] - [5] κατασκευάστηκαν είτε στην ίδια χρονική περίοδο ή με μικρή χρονική διαφορά μεταξύ τους.

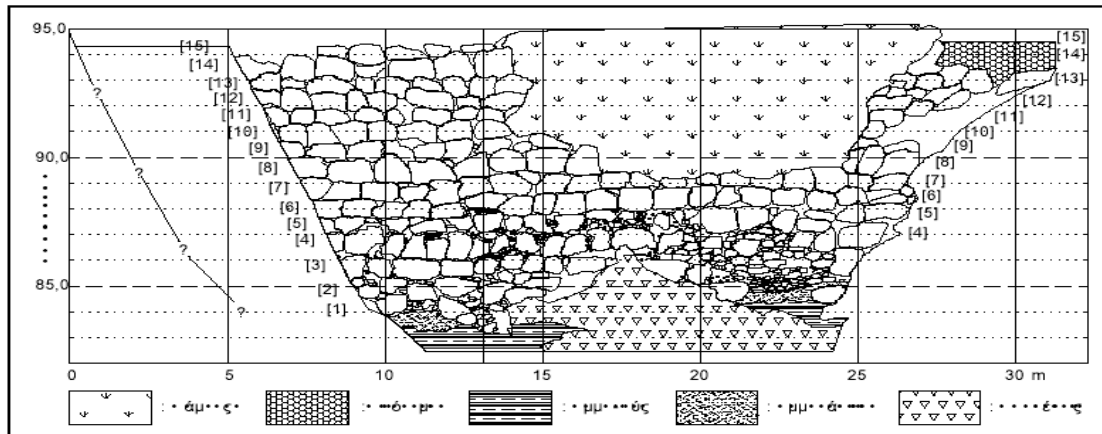
Οι σειρές [6] και [7] εμφανίζουν άρτια διάταξη ορθογωνικών ογκολίθων, με υψηλό βαθμό συναρμολόγησης. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στην εμφάνιση και στη σύνδεση των λίθων, όπως φαίνεται χαρακτηριστικά στη διπλανή φωτογραφία. Οι σειρές [6] και [7] έχουν κατασκευαστεί με ηπιότερη κλίση έναντι των υποκείμενων σειρών. Οι



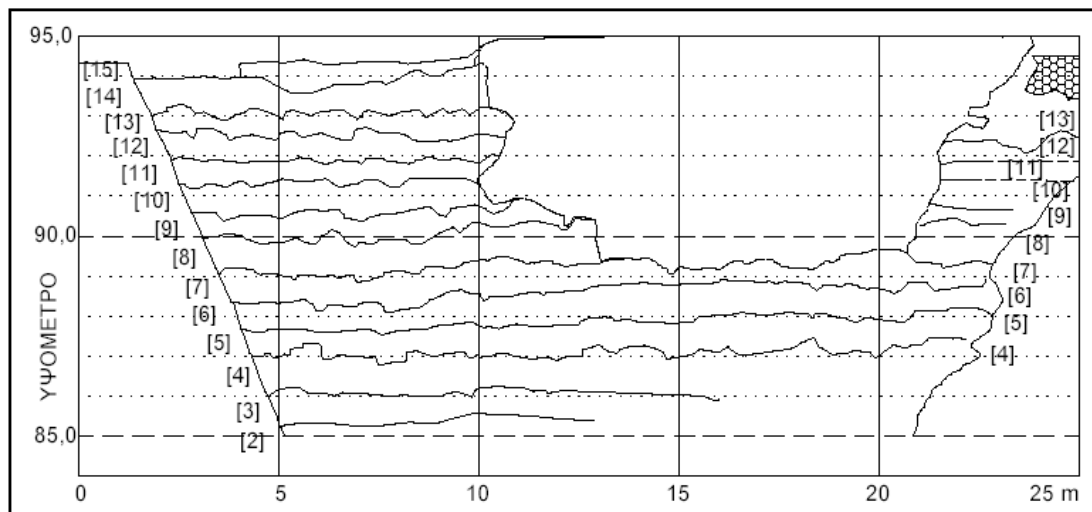
παρατηρήσεις αυτές συνηγορούν στο συμπέρασμα ότι οι σειρές [6] και [7] κατασκευάστηκαν σε άλλη χρονική περίοδο από τις υποκείμενες σειρές και από τεχνίτες αυξημένης καλαισθησίας και τέχνης.

Οι σειρές [8] έως και [15] εμφανίζουν μεγάλο ποσοστό λίθων ακανόνιστου σχήματος, χαμηλό βαθμό συναρμολόγησης των λίθων και αυξημένη τραχύτητα των στρώσεων. Η κλίση του πρανούς είναι σταθερή στις 38° , με μέσο ύψος κάθε στρώσης περί τα 0,8m. Εκτιμάται ότι η κατασκευή των ζωνών αυτών πραγματοποιήθηκε σε ένα στάδιο και μάλλον εσπευσμένα, με εμφανή προχειρότητα στη δόμηση. Κάθε σειρά είναι μετατοπισμένη προς τα ανάντη κατά 0,6 έως 0,7m από την υποκείμενη, γεγονός που απαιτεί αυξημένες διαστάσεις ογκολίθων ώστε να είναι εφικτή η ασφαλής στήριξη της υπερκείμενης στρώσης.

Οι διαστάσεις των ογκολίθων ποικίλουν με χαρακτηριστικότερες διαστάσεις 0,6 - 0,8m ύψος και 1 - 1,5m μήκος. Κατά θέσεις μεταξύ των ογκολίθων παρεμβάλλονται μικροί λίθοι για πλήρωση των κενών και εξομάλυνση των στρώσεων. Δεν υπάρχει συνδετικό υλικό μεταξύ των ογκολίθων.



Σχήμα 3. Φωτογραμμετρική αποτύπωση της κατάντη παρειάς του φράγματος.



Σχήμα 5. Τραχύτητα σειρών ογκολίθων.

4.2.4. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ:

A. ΤΟ ΣΩΜΑ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ:



Το σώμα του φράγματος χαρακτηρίζεται από δύο κύριες κλίσεις. Οι κατώτερες σειρές, αυτές με την έντονη κλίση, χαρακτηρίζονται από πιο τετραγωνισμένους λίθους, άτακτα τοποθετημένους και με μικρότερες πέτρες να καλύπτουν τα κενά που δημιουργούνται μεταξύ τους. Στις ανώτερες σειρές, όπου η κλίση γίνεται πιο ήπια, οι πέτρες είναι ομοιόμορφα

λαξεμένες, πιο τακτικά τοποθετημένες, με μικρότερα κενά τα οποία δεν απαιτούσαν πλήρωση από άλλες, μικρότερες πέτρες. Η ανώτερη σειρά, προϋποθέτει πιο εξελιγμένες κατασκευαστικές μεθόδους και η κατασκευή τους θα πρέπει να τοποθετηθεί, σε μεταγενέστερη φάση. Αυτές οι κλίσεις, επομένως, μάλλον ορίζουν και διαφορετικές κατασκευαστικές φάσεις του έργου.

B. Ο ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΤΗΣ:

Ο υπερχειλιστής διαμορφώθηκε στο μητρικό βράχο στον οποίο οι αρχαίοι φρόντισαν να διαμορφώσουν διώρυγα προσαγωγής, λαξεύοντας ένα αρχικό κανάλι στο βράχο και εξαναγκάζοντας με αυτό τον τρόπο τη ροή να πραγματοποιείται από τη θέση αυτή. Άλλη εκδοχή, εξίσου πιθανή με την προηγούμενη, θα πρότεινε την ύπαρξη κάποιας ρωγμής ή γεωλογικής ασυνέχειας στο μητρικό πέτρωμα την οποία οι αρχαίοι μηχανικοί εντόπισαν και στη συνέχεια εκμεταλλεύτηκαν κατάλληλα για τη διόδευση της πλημμύρας.



Σε κάθε περίπτωση, ανεξάρτητα από την αρχική μορφή του βράχου της υπερχειλίσης, η συστηματική ροή του νερού (το υδατόρεμα διέθετε μόνιμη ροή μέχρι πριν από 15 περίπου χρόνια) και η κρούση των στερεών στοιχείων της παροχής οδήγησαν στην εκτεταμένη διάβρωση του σώματος του βράχου η οποία εκτείνεται βαθμιδωτά σε βάθος περίπου 10m. Οι επιφάνειες που έχουν διαμορφωθεί τελικά στο εσωτερικό του υπερχειλιστή, είναι εξαιρετικά λείες.

Η ιδανική υδραυλική μορφή του, ως αποτέλεσμα των παραπάνω διεργασιών, είναι εντυπωσιακή ακόμα και για τον μη ειδικό. Σημειώνεται ότι οι διαδικασίες που περιγράφονται, πραγματοποιούνται σε μόνιμη βάση, για χρόνο ίσο με το χρόνο λειτουργίας του έργου, δηλαδή για περισσότερο από 2.000 χρόνια.



Πολύ σημαντική από λειτουργικής άποψης είναι και η ύπαρξη, στον πυθμένα του υπερχειλιστή, μιας λεκάνης ηρεμίας, η οποία αποτελείται από τρεις υπολεκάνες. Οι λεκάνες αυτές, οδηγούν σε αποτόνωση της δυναμικής του νερού.

Γ. Η ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ:

Η λεκάνη απορροής στη θέση του φράγματος καλύπτει 21km^2 , ενώ η παροχή πλημμύρας με συχνότητα επαναφοράς 1:1, εκτιμάται στα $98\text{m}^3/\text{sec}$ και με συχνότητα επαναφοράς 1:100 στα $270\text{m}^3/\text{sec}$. Τα εκτεταμένα πλευρικά κορήματα που παρατηρούνται στα πρηνή της λεκάνης απορροής, δημιουργούν ιδιαίτερα υψηλές στερεοπαροχές, με αποτέλεσμα ο εκάστοτε ταμιευτήρας να πληρούται σε μικρό σχετικά χρονικό διάστημα.



4.2.5. Ο ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ:

Το φράγμα κατασκευάστηκε σε περισσότερα του ενός καθ' ύψος στάδια. Το πρώτο στάδιο περιελάμβανε την κατασκευή των σειρών [1] έως [3] ή έως [5], με πλέον πιθανή την ενιαία ανύψωση μέχρι τη σειρά [5] στο υψόμετρο +88. Η ανύψωση αυτή δημιουργεί πτώση μέχρι την κοίτη 4m, με μήκος υπερχείλισης στη στέψη 24m περίπου. Η πτώση νερού των 4m θα προκαλούσε διάβρωση των αμμοχάλικων και της αμμολύος της κοίτης σε μικρό χρονικό διάστημα και επομένως εκτιμάται ότι η κατασκευή της προστατευτικής ποδιάς στον πόδα του φράγματος πραγματοποιήθηκε παράλληλα με την κατασκευή του φράγματος, μειώνοντας έτσι την πτώση στα 2,5m.



4.2.6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ:

Από την υδρολογική τεκμηρίωση προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Από την εκτίμηση του ωφέλιμου όγκου του ταμιευτήρα καθώς και της στερεοπαροχής καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η πλήρωση της λεκάνης του φράγματος με φερτά θα πρέπει να πραγματοποιήθηκε εξαιρετικά σύντομα. Επομένως, εάν το φράγμα κατασκευάστηκε για να ικανοποιήσει ανάγκες σε άρδευση ή ύδρευση, αστόχησε πολύ σύντομα και τελικά δεν εκπλήρωσε τις απαιτήσεις σχεδιασμού.



Τα φερτά στο ύψος του φράγματος.



Τα φερτά αμέσως μετά το φράγμα.

- Με βάση την εκτίμηση των ετήσιων αρδευτικών αναγκών καθώς επίσης και την υπόθεση ότι ο κάμπος του Μύτικα καλλιεργούνταν σε όλη του την έκταση, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ο ωφέλιμος όγκος του φράγματος, μπορούσε να καλύψει ένα πολύ μικρό ποσοστό των συνολικών αναγκών σε νερό.
- Επίσης, με βάση τις σύγχρονες ημερήσιες ανάγκες ενός ατόμου, συμπεραίνεται ότι ο ωφέλιμος όγκος μπορούσε να ικανοποιήσει, τις ανάγκες σε ύδρευση μιας πόλης με συνολικό πληθυσμό μεταξύ 4.000 - 20.000 κατοίκων. Όμως η χρήση του φράγματος για υδρευτικούς λόγους καθίσταται λιγότερο πιθανή, λαμβάνοντας υπόψη και την ύπαρξη πλειάδας πηγών στην περιοχή.

4.2.7 ΤΟ ΦΡΑΓΜΑ ΤΗΣ ΑΛΥΖΙΑΣ ΣΗΜΕΡΑ:

Η σημερινή κατάσταση του σώματος του φράγματος είναι εντυπωσιακή. Οι πέτρες από τις οποίες συντίθεται βρίσκονται κοντά στην αρχική τους θέση και έχουν μετακινηθεί ελαφρά, κατά θέσεις, δίνοντας μας μια ένδειξη των περιορισμένων υπερπηδήσεων και άρα σωστής λειτουργίας του υπερχειλιστή.

Ο υπερχειλιστής, στη σημερινή του μορφή, δεν επαρκεί ούτε καν για τη διόδευση της ετήσιας πλημμύρας. Έχουμε σαν αποτέλεσμα την συστηματική υπερπήδηση του σώματος του φράγματος, η οποία αποδεικνύεται από τη πολύ εκτεταμένη φθορά που έχει δημιουργηθεί στο αριστερό τμήμα του σώματος του φράγματος, με τις 2 - 3 πρώτες κατακόρυφες σειρές από πέτρες να έχουν αποδιοργανωθεί πλήρως και σωροί από ξύλα και άλλα φερτά έχουν καλύψει αυτή την περιοχή.

Στο κενό μεταξύ των λίθων υπάρχει συνδετικό υλικό, αγνώστου συνθέσεως, το οποίο έχει διαβρωθεί επιφανειακά και συναντάται πλέον σε αρκετά μεγάλο βάθος. Πρόκειται όμως μάλλον για διάβρωση από τη συνήθη ροή του νερού της βροχής που πέφτει απευθείας πάνω στο φράγμα και όχι για αποτέλεσμα υπερπήδησης.

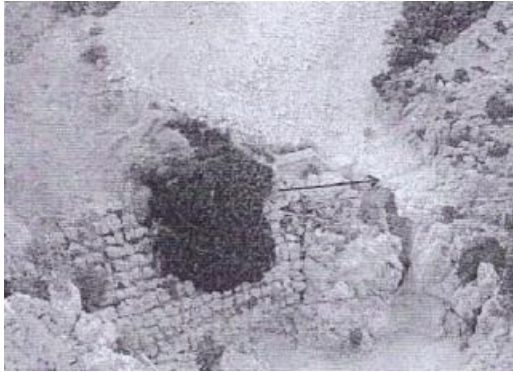
Στην περιοχή του φράγματος υπάρχουν σήμερα οι παρακάτω μεταγενέστερες κατασκευές:

- Ένας νερόμυλος, ο οποίος βρίσκεται εκτός του μνημείου σε μια απόσταση της τάξεως των 30m.
- Ένας δρόμος, στο ανατολικό τμήμα του μνημείου περνά πάνω από το μνημείο και οδηγεί στο παλιό χωριό του Βάρνακα. Ο δρόμος αυτός κατασκευάστηκε για να εξυπηρετεί τις ανάγκες του χωριού, που βρίσκεται σε απόσταση 2km περίπου στα ανάντη. Στη θέση στην οποία συναντά το φράγμα, έχει ένα τοίχιο από σκυρόδεμα, το οποίο ακουμπά πάνω στο σώμα του φράγματος.
- Ένα τοίχιο στην εγκοπή του υπερχειλιστή. Κατασκευάστηκε από τη Διεύθυνση Δασών Στερεάς Ελλάδος, όπως και άλλα 5 παρόμοια τοίχια, με σκοπό τη συγκράτηση των φερτών υλών της πλημμύρας, τα οποία κατέκλυζαν σημαντικό μέρος της κοιλάδας του Μύτικα και μείωναν σημαντικά την αποδοτικότητα των κατακλυζομένων εκτάσεων.
- Μια διώρυγα υδροληψίας, η οποία σήμερα έχει καλυφθεί πλήρως από το δρόμο.

Το τεχνικό έργο βρισκόταν σε θαυμαστή ισορροπία με το φυσικό περιβάλλον, η οποία εξασφάλισε τη διατήρησή του σε εξαιρετική κατάσταση και για βάθος χρόνου της τάξεως των 2.500 ετών. Οι επεμβάσεις των τελευταίων 30 χρόνων, χωρίς να είναι πολύ εκτεταμένες, διαταράσσουν σημαντικά την ισορροπία στην οποία βρισκόταν το έργο.



4.2.7.1. Η ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ ΤΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΤΟΥ ΜΝΗΜΕΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΤΟΙΧΙΟ:

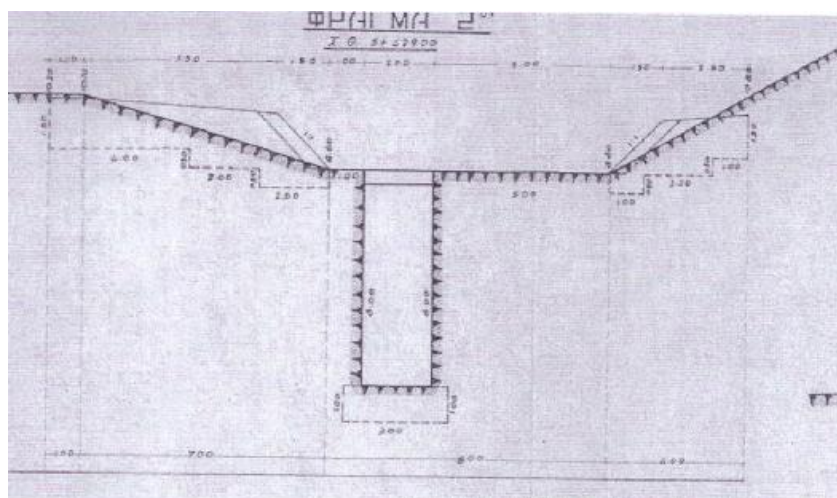


Το υδατόρεμα, κατέληγε στον υπερχειλιστή, ο οποίος και εξανάγκαζε τη ροή να πραγματοποιηθεί από εκεί, αποτονώνοντας μέρος της ενέργειας του πλημμυρικού κύματος και οδηγώντας τη ροή, ελεγχόμενα πλέον, στον κάμπο του Μύτικα. Η διαδικασία αυτή διαταράχθηκε βίαια από την κατασκευή του τοιχίου, το οποίο έφραξε τον υπερχειλιστή σε όλο του το ύψος, σε μια προσπάθεια συγκράτησης των φερτών που κατακλύζουν τον κάμπο.

Η πλήρωση της κοίτης με φερτά πραγματοποιήθηκε άμεσα, μέσα σε έναν ή δύο χειμώνες, με αποτέλεσμα η διατομή του υδατορέματος στα ανάντη να αλλάξει βίαια και να γίνει τελικά σημαντικά πιο πλατιά και ρηχή, ορίζοντας ένα γήπεδο, με κλίση της τάξεως του 2 - 3%.

Επίσης, θα πρέπει να σημειωθεί πως το τοίχιο άλλαξε τη θέση της διώρυγας προσαγωγής του φυσικού υπερχειλιστή. Η ροή πραγματοποιείται από νέα θέση, όντας μετατοπισμένη κατά 0,80m περίπου.

Πρόκειται σαφώς για την πλέον σημαντική διαταραχή της ισορροπίας του τεχνικού έργου. Το τοίχιο άλλαξε εντελώς τη μορφή και τη γεωμετρία του ρέματος στα ανάντη.



4.2.7.2. Η ΔΙΑΤΑΡΑΞΗ ΤΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΤΟΥ ΜΝΗΜΕΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΔΡΟΜΟ:



Ο δρόμος, ο οποίος κατασκευάστηκε για να εξασφαλίσει την οδική σύνδεση του χωριού “Βάρνακας” με το χωριό “Παλαιός Βάρνακας” διαταράσσει και αυτός την ισορροπία του μνημείου.

Εντοπίστηκαν δύο ζητήματα παθολογίας:

- Στη θέση στην οποία ο τοίχος αντιστήριξης συναντά το σώμα του φράγματος πραγματοποιείται ροή νερού, με αποτέλεσμα την ταχύτερη φθορά των γωνιαίων λίθων.
- Η ροή αυτή, υποσκάπτει τα θεμέλια του φράγματος.

Επιπλέον, ο δρόμος κάλυψε και μια διάρυγα υδροληψίας, η οποία τροφοδοτούσε με νερό έναν δεύτερο νερόμυλο ή νεροτριβίο στα κατάντη. Τμήματα αυτής είναι ορατά σε θέσεις σημαντικά πιο κάτω από το φράγμα.

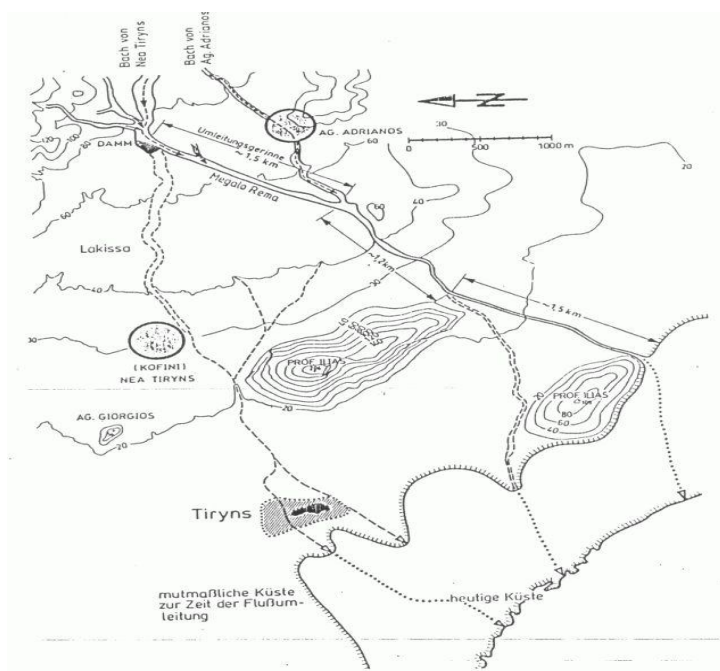


4.3. ΦΡΑΓΜΑ ΤΗΣ ΤΙΡΥΝΘΑΣ:

4.3.1. ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΚΑΙ ΧΡΟΝΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ:

Η Αρχαία Τίρυνθα, ιδρύθηκε από τον Τίρυνθα γιό του Άργου και εγγονό του Δία και ήταν μια από τις σπουδαιότερες πόλεις της Ελλάδας καθώς αποτελούσε το κέντρο του μυκηναϊκού πολιτισμού. Κατοικήθηκε πρώτη φορά κατά την Νεολιθική εποχή (7^η - 4^η χιλιετία π. Χ.) και ήρθε σε μεγάλη ακμή κατά την μυκηναϊκή εποχή. Είναι ιδιαίτερα φημισμένη για την επιβλητική της οχύρωση, τα λεγόμενα Κυκλώπεια τείχη καθώς και για το περίφημο μυκηναϊκό φράγμα, το οποίο βρίσκεται στα ανατολικά περιθώρια του Αργολικού πεδίου στην κοίτη του Μεγάλου Ρέματος, 2km από την Νέα Τίρυνθα και 5km περίπου από την ακρόπολη της Τίρυνθας.

Η κατασκευή του φράγματος πραγματοποιήθηκε τον 13^ο αιώνα π. Χ.. Η χρονολόγηση της κατασκευής του φράγματος κατά τη διάρκεια της Υστεροελλαδικής III Β περιόδου (1.300 - 1.200 π. Χ.) συμπίπτει με τη περίοδο μεγαλύτερης ακμής του Μυκηναϊκού πολιτισμού. Το τεχνικό αυτό επίτευγμα των μυκηναίων μπορεί να συγκριθεί με τα μεγάλης τάξεως αποστραγγιστικά έργα στη Κωπαΐδα.



4.3.2. ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΑΡΧΑΙΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΤΙΡΥΝΘΑΣ:

Πολλές είναι οι ερμηνείες που δίνονται για τους λόγους κατασκευής του φράγματος. Ο επικρατέστερος όμως είναι η αποτελεσματική προστασία του άμεσου περιβάλλοντος χώρου της Μυκηναϊκής ακρόπολης της Τίρυνθας από τις μεγάλες πλημμύρες του χειμάρρου του Μεγάλου Ρέματος, ο οποίος διέρχεται κατά την Μυκηναϊκή εποχή αμέσως νοτιότερα της ακρόπολης. Ο χειμάρρος προκαλούσε σοβαρά προβλήματα επιχωμάτωσης στο Μυκηναϊκό λιμάνι της Τίρυνθας, του οποίου η λειτουργία ήταν ζωτικής σημασίας για τον ευρύτερο χώρο του Μυκηναϊκού Αργολικού πεδίου.

4.3.3. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ:

Το αρχικό (παλαιό) κανάλι του Μεγάλου Ρέματος, που έχει μια κατεύθυνση Ανατολικά προς Δυτικά είναι ακόμα άθικτο δυτικά του φράγματος. Το φράγμα διατηρείται σε καλή κατάσταση, έχει διεύθυνση Βόρεια προς Νότια, μήκος 80 – 100m, πλάτος βάσης 60m και σωζόμενο ύψος 8m. Ο πυρήνας του φράγματος είναι κατασκευασμένος από τη φυσική κόκκινη γη ενώ και στην Ανατολική και Δυτική πλευρά έχουν κτισθεί προστατευτικοί τοίχοι. Η σταθερότητα του φράγματος ενισχύεται από την παρουσία φλύσχη στο νότιο άκρο του.

Ο Ανατολικός προστατευτικός τοίχος είναι ισχυρός και μεγάλος έχοντας συνολικό μήκος 80 - 100m, ύψος 8m, πλάτος περίπου 10m και είναι κατασκευασμένος με τη Κυκλώπεια τεχνική των Μυκηναϊκών οχυρώσεων, αποτελούμενος από μερικώς επεξεργασμένους μεγάλους ασβεστολιθικούς ογκόλιθους, ενώ το εσωτερικό του φράγματος αποτελείται από γεμίσματα χώματος και πετρών. Το ανώτερο τμήμα αυτού του τοίχου και ειδικά η εσωτερική πλευρά του έχει σχεδόν ολοκληρωτικά καταρρεύσει λόγω διάβρωσης, ειδικά από καταρρακτώδεις πλημμύρες, αλλά επίσης από την αφαίρεση λίθων για κατασκευαστικούς λόγους σε πιο πρόσφατες εποχές. Το βόρειο μέρος του εξωτερικού προστατευτικού τοίχου έχει διαβρωθεί έντονα από τις πλημμύρες και συντηρείται σε ένα πλάτος 1,5 – 3m.

Ο δυτικός προστατευτικός τοίχος είναι μικρότερος και πολύ χαμηλότερος από τον ανατολικό και δεν είναι ευδιάκριτος σήμερα. Αυτός

ο τοίχος δεν επηρεάστηκε από την υδραυλική πίεση του χείμαρρου. Είναι αξιοσημείωτο ότι και οι δύο προστατευτικοί τοίχοι έχουν μια κυρτή μορφή.

Παράλληλα με την κατασκευή του αναχώματος, ανοίχθηκε ένα παρακαμπτήριο κανάλι προς τα ΝΔ που έδιωχνε τα νερά νότια του λόφου του προφήτη Ηλία στην κοίτη άλλου χείμαρρου (Ραμαντάνι). Η εκτροπή της κοίτης του Μεγάλου Ρέματος έγινε με την διάνοιξη τεχνητής κοίτης μήκους 1,4km, με κατεύθυνση από Νότια προς Νοτιοδυτικά και την ένωση του με τη φυσική κοίτη του ρέματος του Αγίου Αδριανού το οποίο εκβάλλει νοτιότερα της Τίρυνθας.

4.3.4. Η ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ:

Η πρώτη αναφορά για το Μυκηναϊκό φράγμα ήταν από τον Γερμανό αρχαιολόγο G. Karo, το 1930, που κατά τη διάρκεια ανασκαφών στη Τίρυνθα συνάντησε πλημμυροχειμαρρώδεις αποθέσεις γύρω από τη ακρόπολη και σωστά τις απέδωσε στο Μεγάλο Ρέμα και στο προστατευτικό φράγμα.

Ο έφορος αρχαιοτήτων Ν. Βερδελής το 1963, συμμετέχοντας σε αρχαιολογικές ανασκαφές νότια της ακρόπολης, συνάντησε ποτάμιες αποθέσεις ως ένα βάθος 2,80m, τις οποίες χρονολόγησε στη Πρώιμη Εποχή του Χαλκού (πρωτοελλαδική ΙΙ, δεύτερο μισό της τρίτης χιλιετίας π. Χ.) μέχρι τους ιστορικούς χρόνους. Ο Βερδελής σύνδεσε αυτές τις αποθέσεις με το Μεγάλο Ρέμα και την απότομη διακοπή των πλημμυρικών αποθέσεων με την κατασκευή του φράγματος.

Ο Αμερικανός αρχαιολόγος J. M. Balcer το 1974 μελέτησε στο πεδίο το Μυκηναϊκό φράγμα της Τίρυνθας και έκανε μια επισκόπηση όλης της εργασίας που έγινε στην περιοχή.

Ο J. Knauss το 1996, καθηγητής Υδραυλικής του Πολυτεχνείου του Μονάχου, ασχολήθηκε με την κατασκευή του φράγματος της Τίρυνθας, την εκτροπή του κύριου καναλιού του Μεγάλου Ρέματος στο νότο και τη τεχνική εκσκαφή του τεχνητού καναλιού για ένα συνολικό μήκος περίπου 1,4km.

4.3.5. ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΗ ΜΥΘΟΛΟΓΙΑ:

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι το φράγμα της Τίρυνθας και το κανάλι εκτροπής του Μεγάλου Ρέματος πρέπει μάλλον να αποτελούν το πραγματικό ιστορικό υπόβαθρο του μύθου του ήρωα Ηρακλή για τον άθλο του καθαρισμού των στάβλων του Αυγεία, του πλούσιου βασιλιά της Ήλιδας με τα 3.000 βόδια, από την κοπριά που είχε μαζευτεί εκεί επί 30 χρόνια, που είχαν να καθαριστούν οι στάβλοι. Ο Ηρακλής τους καθάρισε στρέφοντας τα νερά του Πηγειού και του Αλφειού προς τους στάβλους, κι αυτά παρασύρανε την κοπριά.

Μέχρι σήμερα δεν είναι γνωστό στην Ηλεία ένα τέτοιο τεχνικό έργο, μόνο στη περιοχή της Τίρυνθας υπάρχει. Άλλωστε η μυκηναϊκή Τίρυνθα είναι ο χώρος όπου ο Ηρακλής ζει τουλάχιστον 12 χρόνια, υπηρετώντας υποχρεωτικά τον Ευρυσθέα, βασιλιά της Τίρυνθας, και πραγματοποιεί τους άθλους που του πρόσταζε εκείνος, προκειμένου να εξαγνισθεί για το φόνο της γυναίκας του και των παιδιών του, που είχε διαπράξει όταν τον τρέλανε η Ήρα.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι αυτό το τεχνικό θαύμα των Μυκηναίων μηχανικών εξακολουθεί να λειτουργεί επί 3.300 χρόνια μέχρι σήμερα, προστατεύοντας τη περιοχή της Τίρυνθας από τις εποχιακές πλημμύρες. Η κατασκευή ενός τέτοιου μεγάλου τεχνικού άθλου προϋποθέτει την ύπαρξη μιας ισχυρής κεντρικής κυβέρνησης.

4.4. ΤΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΣΗΜΕΡΑ:

Φράγματα σχεδιάζονται και κατασκευάζονται για να συγκρατήσουν τα τρεχούμενα νερά, άλλοτε για συλλογή πόσιμου νερού, άλλοτε για την άρδευση ή για την παραγωγή ενέργειας και άλλοτε για προστασία εδαφών από απρόβλεπτες πλημμύρες.

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή φραγμάτων είναι:

- Συσσώρευση βράχων και χώματος με επικάλυψη κατάλληλου εδαφικού υλικού (πηλός, άργιλος κλπ.), το οποίο λειτουργεί υδρομονωτικά. Η ευστάθεια αυτών των **γεωφραγμάτων** προκύπτει από την βαρύτητα του όγκου των υλικών. Η κορυφή τους, η λεγόμενη **στέψη**, είναι κτιστή ή από σιδηροπαγές σκυρόδεμα (μπετόν).

- Κατασκευή τείχους από τούβλα ή από οπλισμένο σκυρόδεμα, με στέψη, όπως στην προηγούμενη περίπτωση. Είναι επίσης βαρυντικό φράγμα, το οποίο στηρίζεται σε ανθεκτικά πετρώματα, χωρίς κινδύνους υποχώρησης.
- Κατασκευή **τοξωτού** φράγματος σε στενές κοιλάδες με πλευρικούς ορεινούς όγκους (**αντερείσματα**), όπου η πίεση του νερού στην κυρτή πλευρά αγκιστρώνει το τείχος στα αντερείσματα και μεταφέρει εκεί τις δυνάμεις.
- Κατασκευή τείχους, το οποίο στηρίζεται σε **αντηρίδες** (στύλους) από μπετόν που εδράζονται στο υπέδαφος και μεταφέρουν εκεί τις δυνάμεις.

Συχνά κατασκευάζεται στη στέψη των φραγμάτων οδός για πεζούς ή οχήματα.

Στον ελληνικό χώρο, είναι γνωστό ότι παρουσιάζεται γεωγραφική και χρονική ανισοκατανομή των υδατικών πόρων, όπου το δυτικό τμήμα της χώρας (Δυτική Στερεά Ελλάδα, Πελοπόννησος και Ήπειρος) είναι περισσότερο ευνοημένο, ενώ σε άλλες περιοχές υπάρχουν ελάχιστα υδατικά αποθέματα (π.χ. Κυκλάδες και Δωδεκάνησα). Η γεωγραφική ανισοκατανομή οφείλεται σε κλιματολογικούς και γεωγραφικούς παράγοντες, όπως π.χ. ότι οι περισσότερες και εντονότερες βροχοπτώσεις προκύπτουν, λόγω της καθοδικής οροσειράς της Πίνδου, στη Δυτική Ελλάδα. Η χρονική ανισοκατανομή των βροχοπτώσεων, η οποία σχετίζεται με το ελληνικό κλίμα, έχει ως αποτέλεσμα να πέφτουν οι περισσότερες βροχές τους χειμερινούς μήνες και ελάχιστες έως καθόλου τους θερινούς. Εξ αυτών προκύπτει η μεγάλη σημασία των ταμιευτήρων νερού για την σταθερή διάθεσή του στις απαιτούμενες γεωργικές, βιομηχανικές και ενεργειακές ανάγκες.

Τα σημαντικότερα **σύγχρονα φράγματα**, στην Ελλάδα και στο εξωτερικό, σχεδιάζονται κυρίως με στόχο την εγκατάσταση υδροηλεκτρικού σταθμού και, τα μικρότερα, για τη συλλογή πόσιμου νερού, τις αρδεύσεις, την αποτροπή πλημμυρών από χείμαρρους κλπ. Τα γνωστότερα ελληνικά φράγματα είναι αυτά που σχετίζονται:

- με υδροηλεκτρικά έργα, όπως του Λούρου (1954), του Λάδωνα (1955), του Ταυρωπού (1959), των Κρεμαστών (1965), του Καστρακίου (1969), του Πολυφύτου (1974), του Πουρναρίου (1981), της Σφηκιάς και των Ασωμάτων (1985), του Στράτου (1988) κ.α.,
- με τη συλλογή πόσιμου νερού, όπως του (Μαραθώνα που ξεκίνησε το έτος 1926 και ολοκληρώθηκε το 1931, του Μόρνου που ολοκληρώθηκε το έτος 1979 κ.α.).

- με αρδεύσεις, όπως της Λευκόγειας Δράμας (1972), της Απολακκιάς Ρόδου (1978), του Λειβαδιού Αστυπάλαιας (1978), της Φανερωμένης και της Πλακιώτισσας στην περιοχή Μεσαράς Ηρακλείου (1980), του Δοξά στην περιοχή του Φενεού Κορινθίας (1982), του Χαβρία Χαλκιδικής (1982), της Φωλιάς Καβάλας (1983), του Κατάφυτου Δράμας (1984) κ.α.

Με βάση το κύριο υλικό κατασκευής των φραγμάτων διακρίνονται σε:

A) Φράγματα από σκυρόδεμα:

1. Βαρύτητας
2. Αντηριδωτά (φορέας από αντηρίδες, εγκάρσια τοιχώματα τα οποία στηρίζουν την κεκλιμένη ανάντη παρειά που παραλαμβάνει την πίεση του ύδατος)
3. Τοξωτά (τοξωτοί φορείς, μεταφέρουν το σύνολο σχεδόν των τάσεων στα ακρόβαθρα και στη θεμελίωση, μέσω του σώματος του φράγματος).

B) Χωμάτινα φράγματα ή γεωφράγματα:

1. Χωμάτινο ομοιογενές
2. Χωμάτινο διαζωνισμένο
3. Λιθόρριπτο με πυρήνα
4. Λιθόρριπτο με Ανάντη Πλάκα Σκυροδέματος (Λ. Α. Π. Σ.)
5. Λιθόρριπτο με ανάντη ασφατικό τάπητα
6. Λιθόρριπτο με κεντρικό ασφατικό διάφραγμα.

Τα γεωφράγματα χωρίζονται στις εξής κατηγορίες με βάση:

A) του κύριου υλικού κατασκευής τους:

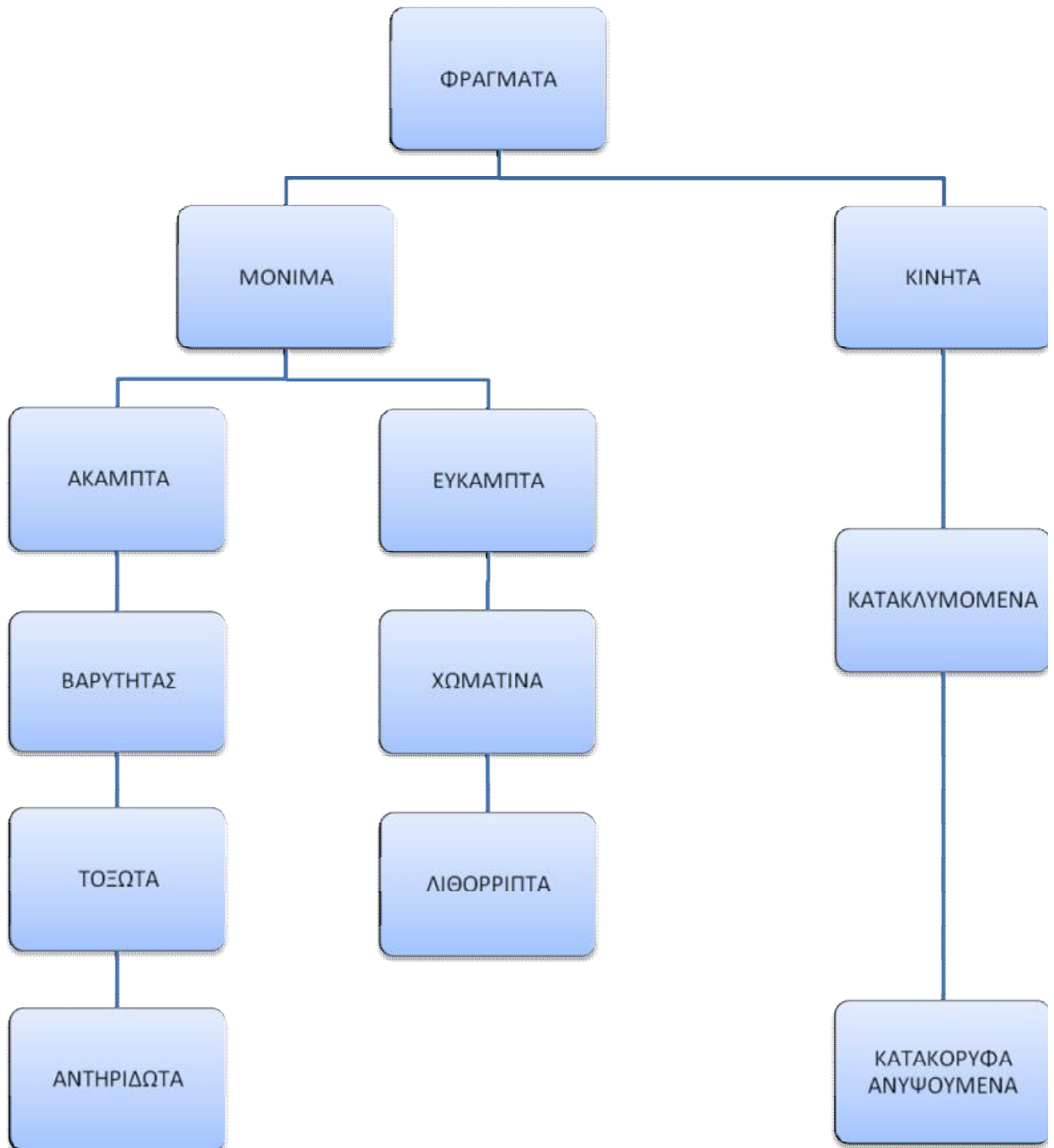
1. Χωμάτινα: εδαφικά υλικά, αμμοχάλικα ποταμών, πλευρικά κορήματα.
2. Λιθόρριπτα: προϊόντα εκσκαφής λατομείου, προϊόντα εκσκαφής βράχου.

B) της διατομής τους:

1. Ομοιογενή: από ένα είδος υλικού με ελάχιστη διαπερατότητα
2. Ετερογενή ή Διαζωνισμένα:
 - Ø Πυρήνας από αδιαπέραστο υλικό
 - Ø Ζώνες με ημιπερατό υλικό
 - Ø Σώμα του φράγματος από διαπερατό υλικό

Γ) του στεγανοποιητικού τους στοιχείου:

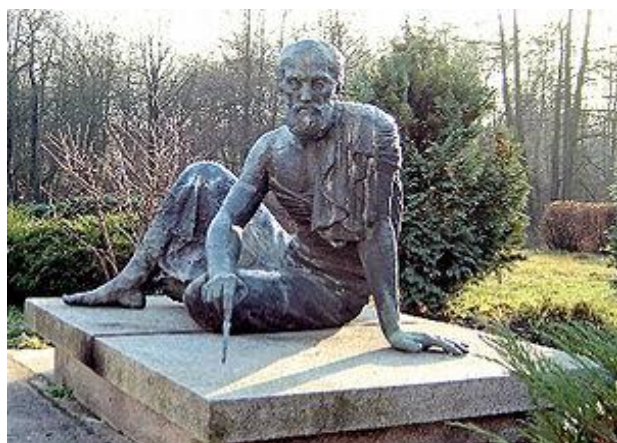
1. Λιθόρριπτο με πυρήνα
2. Λιθόρριπτο με Ανάντη Πλάκα Σκυροδέματος (Λ. Α. Π. Σ.)
3. Λιθόρριπτο με ανάντη ασφαλικό τάπητα
4. Λιθόρριπτο με κεντρικό ασφαλικό διάφραγμα.



4. ΑΝΤΑΙΕΣ

4.1. ΑΝΤΑΙΑ ΤΟΥ ΑΡΧΙΜΗΔΗ

4.1.1. ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΡΧΙΜΗΔΗ (287 Π.Χ. - 212 Π.Χ.):



Ο Αρχιμήδης γεννήθηκε, έζησε και πέθανε στις Συρακούσες, την μεγάλη Ελληνική αποικία της Σικελίας. Ο Αρχιμήδης ήταν γόνος πλούσιας και σπουδαίας οικογένειας, ο πατέρας του Αρχιμήδη ήταν ο αστρονόμος Φειδίας, ο οποίος είχε δεσμούς φιλίας με το βασιλικό γένος των Συρακουσών.

Ταξίδεψε στην Αίγυπτο όπου και σπούδασε στην Αλεξάνδρεια, που τότε ήταν το πνευματικό κέντρο. Στην Αίγυπτο ήρθε σε επαφή με τους διάδοχους του Ευκλείδη, τους Ερατοσθένη και Δοσίθεο, ενώ ήταν φίλος και συμμαθητής του Κόνωνα του Σάμιου. Ο Αρχιμήδης μετά το τέλος των σπουδών του επέστρεψε στις Συρακούσες όπου έκανε τις διάφορες έρευνές του.

Ο Αρχιμήδης ήταν ένας από τους μεγάλους μαθηματικούς μηχανικούς και φυσικούς του αρχαίου Ελληνικού χώρου και μια από της μεγαλύτερες μαθηματικές ευφυΐες του κόσμου.

Το έργο του Αρχιμήδη υπήρξε τεράστιο, τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά. Η ερευνά του δεν επικεντρώθηκε σε έναν μόνο τομέα αλλά κάλυψε πολλούς όπως: γεωμετρία, οπτική (κατοπτρική), υδραυλική, μηχανική, αρχιτεκτονική και την πολιορκητική.

Ο Αρχιμήδης ανακάλυψε διάφορες διατάξεις μερικές από αυτές είναι: σύνθετες τροχαλίες, κάτοπτρα καύσεως, τα οποία εργαζόνταν όπως οι

ηλιακοί φούρνοι και χρησιμοποιούνταν για το κάψιμο των πανιών των εχθρικών πλοίων, καθώς και μια μηχανή εκσφενδονίσεως λίθων, τύπου καταπέλτη, η οποία, όπως λέγεται, απέτρεψε κατά τους χρόνους εκείνους την κατάληψη των Συρακουσών από τους Ρωμαίους. Αν και οι παραπάνω διατάξεις παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον, ο Αρχιμήδης έγινε περισσότερο διάσημος από την πρακτική συνεισφορά του στα μαθηματικά, στην μηχανική και στην υδροστατική.

Στα μαθηματικά έκανε διάφορες ανακαλύψεις στην επίπεδη γεωμετρία και στην στερεομετρία. Ίσως η μεγαλύτερη επιτυχία του στον τομέα αυτό να ήταν η εύρεση του λόγου του όγκου ενός κυλίνδρου προς τον όγκο της εγγεγραμμένης σφαίρας.

Η εργασία του Αρχιμήδη στην υδροστατική περιέχει έναν αριθμό από πειράματα πάνω στην σχετική πυκνότητα (που είναι, επίσης, γνωστή σαν ειδικό βάρος) των ουσιών. Σ' αυτά τα πειράματα παρακινήθηκε από την κατηγορία, που έκανε ο Ιέρωνας της Σικελίας, ότι οι μεταλλοτεχνίτες του έκλεψαν ένα μέρος από το χρυσό του και για να κρύψουν το έγκλημά τους κραματοποίησαν τον υπόλοιπο χρυσό με άργυρο. Ο μύθος αναφέρει, ότι καθώς ο Αρχιμήδης μελετούσε το πρόβλημα στο μπάνιο του, αντιλήφθηκε, ότι το σώμα του, καθώς ήταν βυθισμένο στο νερό, εκτόπισε έναν όγκο νερού ίσο με τον όγκο του βυθισμένου σώματός του. Έτσι, ο Αρχιμήδης κατάφερε να διακρίνει τον καθαρό χρυσό από το ελαφρύτερο του αργύρου με την εμβάπτιση ίσων βαρών από τα δύο μέταλλα στο νερό και παρατηρούσε την ανύψωση σε κάθε περίπτωση. Με τον τρόπο αυτό διατύπωσε τον νόμο της άνωσης.

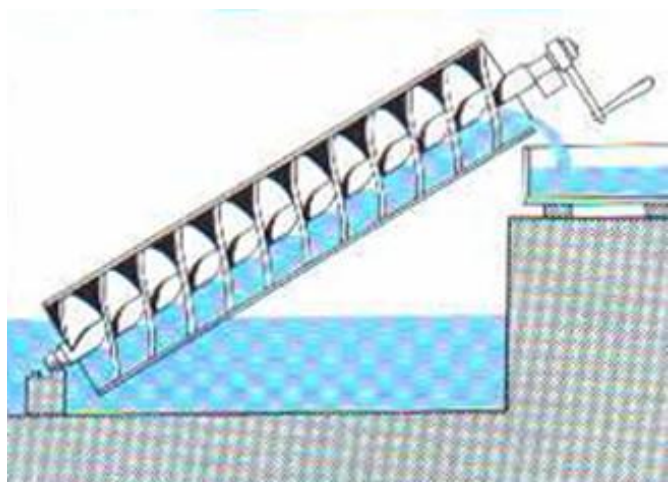
Ο Αρχιμήδης ανακάλυψε, επίσης, το κέντρο βάρους των σωμάτων, καθώς επεξεργαζόταν το νόμο του για τους μοχλούς. Στην εποχή του Αρχιμήδη ήταν διαδεδομένη αρκετά η χρήση των μοχλών, αλλά δεν υπήρχε κάποια θεωρητική εξήγηση για τη λειτουργία τους. Ο Αρχιμήδης χρησιμοποίησε την αρχή των μοχλών για να δείξει, ότι αν ίσα βάρη τοποθετηθούν σε διαφορετικές αποστάσεις από το σημείο στηρίξεως, τότε το βάρος, που τοποθετείται σε μεγαλύτερη απόσταση, κατέρχεται. Ο Αρχιμήδης είναι γνωστός και ως “πατέρας της μηχανικής” αφού συνέδεσε το όνομά του με την γένεση της μηχανικής στην αρχαία Ελλάδα.

Ο Αρχιμήδης ήταν αναμφίβολα μια μεγαλοφυΐα της αρχαιότητας. Τα πειράματά του στην υδροστατική οδήγησαν στην ανακάλυψη του υδρόμετρου για την μέτρηση της πυκνότητας των υγρών. Οι μέθοδοι, που χρησιμοποίησε στους μαθηματικούς του υπολογισμούς, έθεσαν τα θεμέλια ενός σημαντικού κλάδου των μαθηματικών, του μαθηματικού λογισμού, που είναι θεμελιώδης στην επίλυση σύνθετων προβλημάτων της μηχανικής, της φυσικής και όλων των άλλων επιστημών.

Όταν οι Ρωμαίοι κατάφεραν να καταλάβουν τις Συρακούσες, ο στρατηγός τους Κλαύδιος Μάρκελλος διέταξε να φέρονται στον Αρχιμήδη με σεβασμό. Δυστυχώς όμως, ο Αρχιμήδης φονεύθηκε από ένα Ρωμαίο στρατιώτη, επειδή δεν υπάκουσε στις διαταγές του, καθώς ήταν απασχολημένος με το σχεδιασμό ενός διαγράμματος πάνω στην άμμο το 212 π. Χ..

4.1.2. ΑΤΕΡΜΟΝΑΣ ΚΟΧΛΙΑΣ:

Η ανακάλυψη του ατέρμονος κοχλία, κοινώς υδρόβιδας, ή, όπως είναι γνωστότερος, «κοχλίας του Αρχιμήδη», υπήρξε μια απλή αλλά σημαντικότερη ανακάλυψη που συνέβαλε πολύ στην επίλυση καθημερινών πρακτικών προβλημάτων. Η σπείρα του Αρχιμήδη χρησιμοποιήθηκε από τους χρόνους των αρχαίων Αιγυπτίων σαν μια αρχική μέθοδος ανυψώσεως του νερού.



Αν και κατά καιρούς παρουσιάστηκαν αντιφατικές υποθέσεις για το ποιος υπήρξε ο εφευρέτης αυτού του οργάνου, τελικά έχει αποδοθεί στον Αρχιμήδη. Παρά το γεγονός ότι οι φιλολογικές αναφορές είναι σαφείς: ο Αρχιμήδης υπήρξε ο αδιαφιλονίκητος εφευρέτης και κατασκευαστής του κοχλία, κάποιοι θεωρούν ότι η σπείρα του Αρχιμήδη ήταν γνωστή από τους Αιγυπτίους πριν από την εποχή του. Βεβαίως, το τρυπάνι που είναι ένας κοχλίας διανοίξεως τρυπών και χρησιμοποιείται στην ξυλουργική και στην μηχανική, ήταν γνωστό στην Ελλάδα πριν από τον 3^ο αιώνα π. Χ.. Ο Μοσχίως (Αθήναιος, Δειπνοσοφιστές, 575, 1, 3,6, 5,3) δηλώνει ότι εφευρέτης υπήρξε ο Αρχιμήδης, με το όργανο δε αυτό κατέλκυσε τη «Συρακουσία». Την ανακάλυψη αποδίδουν στον Αρχιμήδη τόσο ο Αγαθαρχίδης ο Κνίδιος όσο και ο Ποσειδώνιος από την Απάμεια. Ο Διόδωρος, που έγραψε κατά τον 1^ο αιώνα π. Χ. αναφέρει τη χρησιμοποίηση της σπείρας του Αρχιμήδη για την άρδευση του Δέλτα του Νείλου και την ονόμασε κοχλία, λόγω της ομοιότητας, που είχε με τους σαλίγκαρους.

Η σπείρα του Αρχιμήδη αποτελείται από έναν κοχλία, που βρίσκεται μέσα σ' έναν υδροστεγή κύλινδρο πάνω στον οποίο είναι προσαρτημένα ξύλινα πετάσματα, με τέτοιον τρόπο, ώστε να σχηματίζουν έλικα. Το ένα άκρο της συσκευής αυτής βυθίζεται στο νερό και δίνεται στη συσκευή μια περιστροφική κίνηση. Το νερό από τον πυθμένα της συσκευής έχει την τάση ν' αναρριχάται παρακολουθώντας το σπείρωμα του κοχλία, με αποτέλεσμα να χύνεται έξω από την κορυφή της συσκευής. Η κίνηση αυτή του νερού είναι παρόμοια με την κίνηση σε μια διάταξη ανυψώσεως του νερού με κουβαδάκια, που είναι συνεχούς λειτουργίας.

Το πλεονέκτημα αυτού του τύπου αντλιών είναι ότι δεν ανεβάζουν την πίεση του αντλούμενου υγρού σε όποιο ύψος και αν το αντλήσουν συνδυασμένο με τέτοια σχεδιαστική απλότητα που μεγιστοποιεί την αξιοπιστία.

Η σπείρα του Αρχιμήδη έχει κατασκευαστεί σε διαφορετικές μορφές. Μια μορφή της σπείρας του Αρχιμήδη αποτελείται από έναν κεντρικό κυκλικό ξύλινο άξονα, που είναι χαραγμένος σε μια ελικοειδή (σπιράλ) διαμόρφωση. Ο ξύλινος άξονας περιβάλλεται από έναν ξύλινο κύλινδρο, που ενδεχομένως είναι ενισχυμένος με μεταλλικά δαχτυλίδια ή είναι δεμένος με σχοινιά.

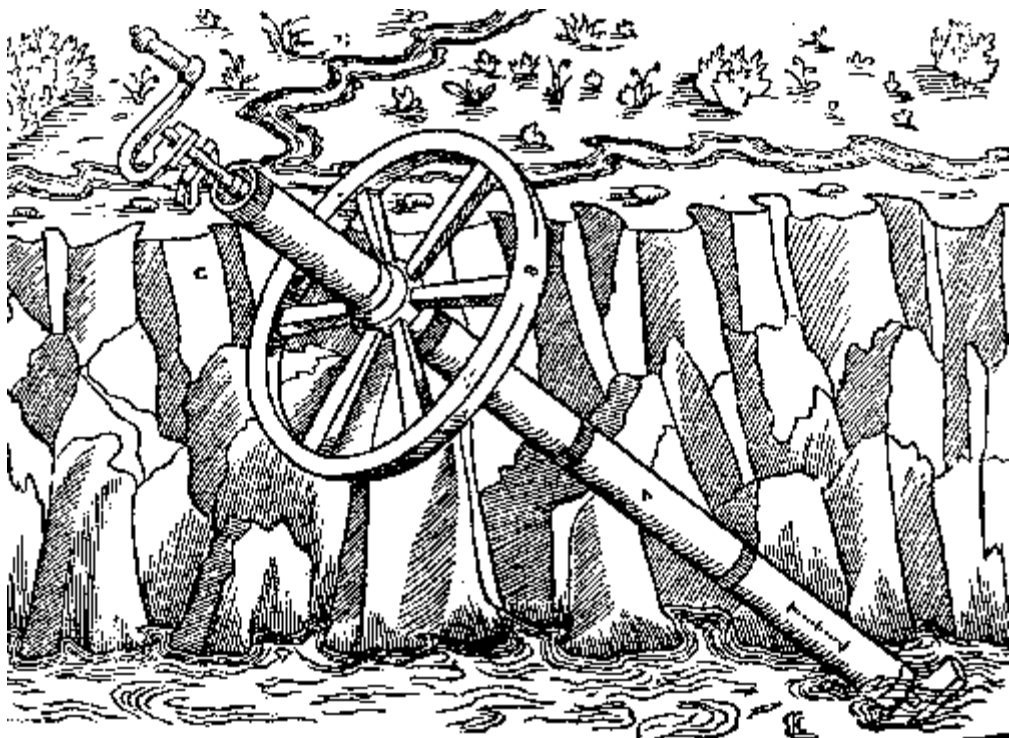


Την εποχή του 1^{ου} αιώνα π. Χ. η συσκευή κινιόταν πάντοτε μ' έναν ποδόμυλο και αυτό φαίνεται ακόμη από τοιχογραφίες της Πομπηίας. Μια σειρά από υπερκείμενες σπείρες του Αρχιμήδη, που κάθε μία είχε μήκος 5m και κινιόταν με ποδόμυλο, χρησιμοποιούταν για την απομάκρυνση του νερού από τα Ρωμαϊκά ορυχεία αργύρου της Ισπανίας. Πολύ αργότερα προστέθηκαν στρόφαλοι, που κινιόταν με το χέρι.

Μια προφανής βελτίωση είναι η χρησιμοποίηση της δυνάμεως των αλόγων και αυτή ήταν μια πρακτική στις Κάτω Χώρες (Ολλανδία, Βέλγιο και Λουξεμβούργο) για πολλά χρόνια. Από το 15^ο αιώνα η κινητήρια δύναμη ήταν ο ανεμόμυλος. Κοχλιωτές αντλίες, που κινούνταν από ανεμόμυλους, χρησιμοποιούνταν στην Ολλανδία για την αποφυγή των πλημμυρών.

Μια τυπική σπείρα του Αρχιμήδη, που χρησιμοποιήθηκε στην Ολλανδία, ήταν κατασκευασμένη από βαλανιδιά. Είχε διάμετρο, περίπου, 1,5m και στρεφόταν με 40 - 50 στροφές ανά πρώτο λεπτό. Οι δυνατότητες, που είχε η σπείρα αυτή ήταν η ανύψωση 41.000lit/min νερού σε ύψος 3,5m.

Πολύ σύντομα η χρήση του κοχλία απλώθηκε σ' όλη σχεδόν τη Μεσόγειο, ακόμη και στην Εγγύς Ανατολή και διατηρήθηκε για πολλούς αιώνες χωρίς βελτιώσεις. Σε μερικές μάλιστα περιοχές της Βόρειας Αφρικής εξακολουθεί να χρησιμοποιείται έως σήμερα, όπως για παράδειγμα στην Αίγυπτο. Η εξάπλωση της χρήσης του κοχλία οφείλεται στο γεγονός ότι η ρωμαϊκή αυτοκρατορία με την ειρήνη που εξασφάλιζε διευκόλυνε την ανταλλαγή των πληροφοριών και το ίδιο συνέβη αργότερα με την κατάκτηση των βορειοαφρικανικών ακτών και μέρους της Ευρώπης από τους Άραβες. Έτσι εξηγείται η εμφάνιση και η χρήση του κοχλία μέχρι το Μεσαίωνα σε αρκετές περιοχές της Ευρώπης.



5.2. ΑΝΤΛΙΑ ΚΤΗΣΙΒΙΟΥ

5.2.1. ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΤΗΣΙΒΙΟ (285 Π.Χ. - 222 Π.Χ.):

Ο Κτησίβιος έζησε μεταξύ του 300 και του 230 π. Χ. περίπου (δηλαδή την εποχή του Πτολεμαίου Β΄ του Φιλάδελφου) στην Αλεξάνδρεια. Ο Κτησίβιος ήταν γιός κουρέα. Από παιδί φανέρωσε τις εφευρετικές του ικανότητες σχεδιάζοντας για το κατάστημα του πατέρα του κάτοπτρο ρυθμιζόμενου ύψους με αντίβαρο. Η φήμη του, που οφείλεται επίσης στο σχεδιασμό όπλων και μηχανών για δημόσια χρήση, και η περίφημη γενναιοδωρία των πρώτων Πτολεμαίων στη χρηματοδότηση της έρευνας, δε μας επιτρέπουν να αμφιβάλλουμε ότι ο Κτησίβιος ήταν προσωπικότητα κύρους.

Μια από τις σημαντικότερες και μακροβιότερες εφευρέσεις του ήταν η υδραντλία. Οι αρχαιολογικές ανακαλύψεις δείχνουν ότι η αντλία αυτού του τύπου χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα κατά τη Ρωμαϊκή εποχή. Ένα αρχαίο εργαλείο που χρησιμοποιούνταν για τον υπολογισμό του χρόνου ήταν η κλεψύδρα του νερού, που ανάγεται στη φαραωνική Αίγυπτο. Ο Κτησίβιος μετέτρεψε τη συσκευή αυτή σε υδραυλικό ρολόι, δηλαδή σε πραγματικό όργανο μέτρησης, χάρη σε επινοήσεις που περιγράφει ο Βετρούβιος. Το σημαντικότερο στοιχείο που ανακύπτει από τις μαρτυρίες για τον σχεδιασμό των εκθήβων όπλων είναι η δοκιμή των νέων μορφών της ελαστικής ενέργειας, που χωρίζονταν σε 2, σύμφωνα με τον Φίλων το Βυζάντιο. Η πρώτη βασιζόταν στη διερεύνηση των ελαστικών ιδιοτήτων των μεταλλικών ενώσεων και στη συμπεριφορά των υλικών. Η δεύτερη οδήγησε στη σχεδίαση καταπέλτη που λειτουργούσε με συμπιεσμένο αέρα.

Το πρώτο ηλεκτροφόρο μουσικό όργανο στην ιστορία, ήταν η ίσως περιφημότερη εφεύρεση του. Ο Κτησίβιος έδωσε στο όργανο το όνομα ύδραυλις, που σχηματίζεται από τις λέξεις ύδωρ και αυλός, από όπου προέρχεται το επίθετο υδραυλικός, το οποίο αργότερα χρησιμοποιήθηκε και για αντικείμενα άσχετα με τη μουσική. Στο όργανο αυτό, το νερό συμπιέζε τον αέρα που περιείχε μια δεξαμενή και το ωθούσε μέσα σε αυλούς. Το υδραυλικό όργανο συνέχισε να κατασκευάζεται και να χρησιμοποιείται χωρίς ουσιαστικές αλλαγές κατά τη Ρωμαϊκή

Αυτοκρατορική και Βυζαντινή εποχή. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι ο Κτησίβιος θεωρείται ιδρυτής της σχολής των αλεξανδρινών μηχανικών και μελετητής των πνευματικών και υδραυλικών συστημάτων.

5.2.2. Η ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΣ ΥΔΡΑΝΤΛΙΑ:

Η αντλία του Κτησίβιου θεωρείται η παλαιότερη εμβολοφόρος υδραντλία. Η υδραντλία του Κτησίβιου έχει την ικανότητα να μεταφέρει νερό σε πολύ μεγάλο ύψος. Για την περιγραφή της θα βασιστούμε στον Βιτρούβιο ο οποίος ασχολήθηκε με την αντλία αυτή εξονυχίστικα.

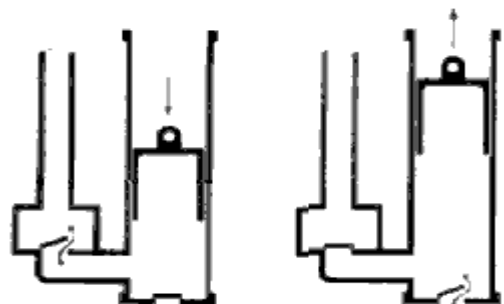
Στη βάση της κατασκευάζονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους δύο όμοιοι κύλινδροι, στους οποίους είναι προσαρμοσμένοι δύο σωλήνες. Οι σωλήνες αυτοί σχηματίζουν μια ανεστραμμένη διχάλα καθώς ενώνονται μεταξύ τους και καταλήγουν σε ένα δοχείο τοποθετημένο στη μέση της συσκευής. Στις κάτω απολήξεις των σωλήνων, στους κυλίνδρους, τοποθετούνται μικρές βαλβίδες με την μορφή τυμπάνων. Τα τύμπανα αυτά εφαρμόζουν ακριβώς στα στόμια των σωλήνων και τα αποφράζουν όταν κλείνουν, με τον τρόπο αυτό δεν επιτρέπεται η διαφυγή του νερού που με την ώθηση του αέρα έχει εισέλθει στο δοχείο.



Πάνω στο δοχείο βρίσκεται προσαρμοσμένο ένα σκέπασμα με μορφή ανεστραμμένης χοάνης, που συγκρατείται από σφήνες περασμένες σε πόρπες, έτσι ώστε η δύναμη του νερού να μην μπορεί να το ανασηκώσει. Πάνω του προσαρμόζεται ένας κατακόρυφος σωλήνας, που ονομάζεται «σάλπιγγα».

Στον πυθμένα των κυλίνδρων, πιο κάτω από τις απολήξεις των σωλήνων, έχουν ανοιχθεί οπές που φέρουν μικρά τύμπανα. Στο πάνω μέρος των κυλίνδρων εφαρμόζουν έμβολα, λιασμένα στον τόρνο και καλά λαδωμένα.

Με την πίεση που μέσω των βραχιόνων ασκούμε με μοχλούς στα έμβολα, αυτά αναδεδούν τον αέρα που βρίσκεται μαζί με το νερό στους κυλίνδρους εμφυσώντας πνοή στο νερό, το συγκεντρώνουν στους κυλίνδρους και



το εκτοπίζουν μέσω των στομιών των σωλήνων, αφού οι οπές στον πυθμένα αποφράζονται από το τύμπανο στο δοχείο. Η πνοή εξωθεί το νερό να ανέβει μέσω του κατακόρυφου σωλήνα ψηλά, οδηγώντας το από την δεξαμενή που είναι τοποθετημένη στο κάτω μέρος της αντλίας να αναβλύσει στην κορυφή της. Η παροχή της εμβολοφόρου αντλίας είναι $1\text{m}^3/\text{h}$, με απόδοση περίπου 80%.

Οι διαστάσεις της κατασκευής προσεγγίζουν κατά πολύ την μπρούτζινη αντλία του 3^{ου} μ. Χ. αιώνα που βρέθηκε στο Soliel Coronada, η οποία είναι και η μεγαλύτερη σε μέγεθος από όλες τις αντλίες αυτού του τύπου που έχουν βρεθεί ως τώρα, και πλησιάζει κατά πολύ τις διαστάσεις που αναφέρονται στο βιβλίο του Φίλωνος του Βυζαντίου.



5.3. ΟΙ ΑΝΤΛΙΕΣ ΣΗΜΕΡΑ

Οι αντλίες που υπάρχουν σήμερα εμπίπτουν σε δύο σημαντικές κατηγορίες: τις rotodynamic αντλίες και τις αντλίες θετικής μετατόπισης. Τα ονόματά τους περιγράφουν τη μέθοδο άντλησης του εκάστοτε υγρού.

5.3.1. ROTODYNAMIC ΑΝΤΛΙΕΣ:

Δυναμικές αντλίες ονομάζονται αυτές στις οποίες η κινητική ενέργεια προσδίδεται στο υγρό με φυγοκεντρικές δυνάμεις, ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις, μεταφορά ορμής ή μηχανική ώθηση.

Μια φυγοκεντρική αντλία λειτουργεί από τη μετατροπή της περιστροφικής κινητικής ενέργειας, χαρακτηριστικά από μια ηλεκτρική μηχανή ή έναν στρόβιλο, σε μια αυξανόμενη στατική ρευστή πίεση. Αυτή η δράση περιγράφεται κατά την αρχή Bernoulli. Η εναλλαγή του στροφείου αντλιών μεταδίδει την κινητική ενέργεια στο ρευστό καθώς προέρχεται μέσα από το μάτι στροφείων (κέντρο) και αναγκάζεται εξωτερικά μέσω vanes στροφείων στην περιφέρεια. Δεδομένου ότι το ρευστό βγαίνει στο στροφείο, η ρευστή κινητική ενέργεια (ταχύτητα) μετατρέπεται έπειτα (στη στατική) σε πίεση λόγω της αλλαγής στην περιοχή που το ρευστό δοκιμάζει στο τμήμα volute. Χαρακτηριστικά η μορφή volute του περιβλήματος των αντλιών (που αυξάνεται στον όγκο), ή vanes διασκορπιστών (που χρησιμεύουν στο να επιβραδύνουν το ρευστό, που μετατρέπει στην κινητική ενέργεια μέσα στην εργασία ροής) είναι αρμόδιες για την ενεργειακή μετατροπή. Η ενεργειακή μετατροπή οδηγεί σε μια αυξανόμενη πίεση στην προς τα κάτω πλευρά της αντλίας, προκαλώντας τη ροή.

5.3.2 ΘΕΤΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ:

Μια θετική αντλία μετατοπίσεων αναγκάζει ένα υγρό ή ένα αέριο για να κινηθεί με την παγίδευση ενός σταθερού ποσού ρευστού και έπειτα

τον καταναγκασμό (μετατόπιση) εκείνου του παγιδευμένου όγκου στο σωλήνα απαλλαγής. Η διαδικασία αυτή έχει σαν αποτέλεσμα την άμεση αύξηση της πίεσης. Μια θετική αντλία μετατοπίσεως μπορεί να ταξινομηθεί περαιτέρω ως:

- Ένας περιστροφικός - τύπος
- Αντλία λαβών, παρόμοιες με τις αντλίες πετρελαίου που χρησιμοποιούνται στις μηχανές των αυτοκινήτων
- Αντλία Wendelkolben ή ελικοειδής στριμμένη αντλία ριζών



5.4. ΟΜΟΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕ ΤΟ ΣΗΜΕΡΑ

Ο Αρχιμήδης και ο Κτησίβιος, υπήρξαν πρωτοπόροι στην κατασκευή αντλιών. Από τότε μέχρι σήμερα επικράτησαν αυτές οι αντλίες, με μικρές παραλλαγές, που τις απαιτούν τα καινούργια εξαρτήματα, και διευκολύνουν ακόμα περισσότερο την άντληση του νερού.

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας έχουν γίνει κάποιες παραλλαγές στις αρχικές αντλίες προκειμένου να μπορέσουν να ανταπεξέλθουν στις ανάγκες των εποχών μας, όπως για παράδειγμα οι εμβολοφόροι κινητήρες εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιούνται σήμερα σε εκατομμύρια αυτοκίνητα, μοτοσυκλέτες και σε άλλες εφαρμογές θεωρούνται μια έξυπνη μετατροπή αυτού του τύπου αντλίας!

Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι οι δυο αυτοί άνθρωποι έθεσαν τα θεμέλια για την κατασκευή και την μετέπειτα παγκόσμια χρήση της αντλίας.





ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

- http://www.arxaiologia.gr/assets/media/PDF/migrated/95_30-34.pdf
- http://www.arxaiologia.gr/assets/media/PDF/migrated/94_19-22.pdf
- http://www.arxaiologia.gr/assets/media/PDF/migrated/95_48-53.pdf
- <http://www.arxaiologia.gr/site/printerfriendly.php?artid=3599>
- <http://www.arxaiologia.gr/site/content.php?artid=3629>
- <http://www.a-angelakis.gr/files/2007JWRPMEvolUrbWatManag.pdf>
- <http://www.apodimos.com>
- <http://www.archimedesclock.gr/gr/index.html>
- <http://www.attiko-prasino.gr/Default.aspx?tabid=102&language=el-GR>
- <http://www.avignon-et-provence.com/tourisme/pont-du-gard>
- http://www.ave-roma.it/eng/Code/Subject.aspx?subject=Aqua_Appia_Aqueduct.xml
- http://www.culture.gr/h/2/gh251.jsp?obj_id=1833
- http://www.culture.gr/h/2/gh251.jsp?obj_id=818
- http://www.culture.gr/h/2/gh251.jsp?obj_id=5882
- http://www.dinosoria.com/pont_du_gard.htm
- <http://www.e-city.gr/preveza/home/view/1104.php>
- <http://www.e-city.gr/achaia/home/view/1204.php>
- <http://www.elefsina.gr/map.aspx?sflang=el>
- <http://www.e-telescope.gr/el/history-and-archaeology/132-ancient-technology>
- http://www.e-telescope.gr/gr/cat05/art05_030227.htm
- http://www.eydap.gr/index.asp?a_id=54
- <http://www.eydap.gr/media/stagonoulis/KuklosNerou/gr/003.htm>
- <http://www.eydap.gr/media/Stagonoulis/stagonoulispopup/gr/016.htm>
- <http://www.ethnos.gr/article.asp?catid=12118&subid=2&pubid=35028948>
- <http://www.exampleessays.com/viewpaper/58578.html>
- http://www.edutv.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=1326&Itemid=100
- http://www.eco-samos.gr/html/hist_archeologicalsite.asp?id=1&lg=gr
- <http://www.eoskavalas.gr/2009-04-17-16-53-33/2009-06-01-22-08-19/2009-06-01-22-17-45/2009-06-01-22-20-40.html>
- <http://www.facebook.com/group.php?gid=178374302680>
- <http://www.fourakis-kea.com/forum/viewtopic.php?f=40&t=2144>

- <http://www.gralon.net/articles/art-et-culture/architecture/article-le-pont-du-gard-712.htm>
- http://www.greatbuildings.com/buildings/Pont_du_Gard.html
- http://www.geo.tu-freiberg.de/oberseminar/os03.../claudia_henke.pdf
- <http://www.gobalkans.eu/pub/TouristInfo/Greece/EasternMacadeoniaThracebg/Kavala/history/idragwgeio.aspx>
- http://www.hiphop.gr/forum_topic/312559/1
- http://www.holiday.gr/gr/page.php?page_id=704
- <http://www.hellascams.gr/grc/patras/>
- <http://www.house-of-light.gr/house-of-light/ygeia-kai-therapeia/to-nero.html>
- <http://www.hellinon.net/efpalinioYdragogio.htm>
- <http://www.iranon.gr/ATHINA/ATHINA15TEXT.htm>
- <http://www.ixorcosmos.gr/ic1/el/enimerosi/katalogos-i-stili-tou-baggeli-mpexi/351-anazitisi-tis-ipogeias-poreias-tou-iridanoy-mesa-sti-sigxroni-poli>
- <http://www.ilioupoli.gr/.../26η1%20Τροποποίηση%20ΠΔ%20Υμηττού.sflb>
- http://www.infrastructureinstitute.org/education/tutorial/t_roman3.html
- http://www.jesuslovesyou.gr/Biblical_Greece/GR/Neapolis.htm
- <http://www.kathimerini.gr/kath/7days/2002/03/24032002.pdf>
- http://www.kavalagreece.gr/?page_id=262
- http://www.kavalanet.gr/enimerosi/news_static/1220943290.php
- <http://www.linaam2.livepage.gr>
- <http://www.livepedia.gr/index.php/%CE%91%CE%B4%CF%81%CE%B9%CE%B1%CE%BD%CF%8C%CF%82>
- www.livepedia.gr/.../Καβάλα%5CΣπαία
- <http://www.lyseistechniki.gr/kamares>
- <http://www.monumenta.org/article.php?IssueID=3&lang=gr&CategoryID=7&ArticleID=159>
- http://www.mariamilani.com/ancient_rome/roman_aqueducts.htm
- http://www.mathsforyou.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=590:2009-04-30-15-46-22&catid=35:-a-&Itemid=74
- <http://www.nimausensis.com/Gard/AqueducRomain.htm>
- http://www.oaka.com.gr/article_detail.asp?e_cat_serial=001020001&e_cat_id=239&e_article_id=156
- <http://www.orchomenos.gr/ORCHOMENOS/LEV01/HISTORY/ARX/PROIIST/kopais.htm>
- <http://www.panoramio.com/photo/5135477>
- <http://www.plataria-sivota.gr/?page=95&lang=1>
- <http://www.plutarcheio.gr/Default.aspx?tabid=107>

- http://www.pontdugard.fr/page.php?m=3_2&langue=FR
- http://www.preveza.gr/cultureportal/index.php?option=com_content&view=article&id=285:2010-03-24-08-01-57&catid=114:2010-03-12-13-22-17&Itemid=167
- <http://www.paliakavala.gr/monopatia/dromosnerou>
- <http://www.ritchiewiki.com/wiki/index.php/Aqueduct>
- <http://www.romanoimpero.com/2009/10/acquedotti-romani.html>
- <http://www.romanaqueducts.info/aquasite/index.html>
- <http://www.servitoros.gr/evia/view.php/517/>
- <http://www.schizas.com/site3/el/i-tehnologia-stin-arhaiotita-kai-oi-mihanes-toy-ktisiviouy.html>
- http://www.samos-caves.com/index.php?option=com_content&task=view&id=53&Itemid=32
- <http://www.thermoydravlikos.gr/article.php?ID=148>
- <http://www.thesprotiko.gr/aksiotheata/45-aksiotheata/290-romaikoidragogeio.html>
- <http://www.tourinfos.com/fr/r0011/d0030/m0006/p005204.htm>
- <http://www.visit-achaia.gr/el/attractions/history/245-2010-01-19-08-05-55>
- http://www.viotiablogs.gr/%CE%95%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%BD%CE%B9%CE%BF/2009/04/13/%CE%97_%CE%A3%CE%A0%CE%97%CE%9B%CE%99%CE%91_%CE%A4%CE%9F%CE%A5_%CE%97%CE%A1%CE%91%CE%9A%CE%9B%CE%89_-_%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%91_%CE%A4%CE%A9%CE%9D_%CE%9C%CE%99%CE%9D%CE%A5%CE%A9%CE%9D_%CE%A3%CE%A4%CE%97%CE%9D_%CE%9A%CE%A9%CE%A0%CE%91%CE%AA%CE%94%CE%91
- <http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/el/Pump>
- <http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/el/Aqueduct>
- http://www.4x4mag.gr/magazine/viewthema.asp?id_thema=37638
- <http://asamon.pblogs.gr/2009/09/h-antlia-toy-kthsibioy.html>
- <http://archangelos.objectis.net/sights/romaninfo>
- <http://aquaduct.hobbysite.info/italy.html>
- <http://apollonionfos.forumotion.net/forum-f37/topic-t314.htm>
- http://alexgger.blogspot.com/2008/06/blog-post_36.html
- <http://blogthea.gr/NextStep/eoinssa/85236-aooiiaoeoiiss-ooci-assa-aeuuea.html>
- <http://blogs.sch.gr/60dimpat/2009/09/09/%CE%B5%CF%85%CF%80%CE%B1%CE%BB%CE%AF%CE%BD%CE%B5%CE%B9%CE%BF-%CF%8C%CF%81%CF%85%CE%B3%CE%BC%CE%B1->

[%CE%B1%CF%80%CF%8C-%CE%B4-%CE%BC%CF%85%CE%BB%CF%89%CE%BD%CE%AC%CE%BA%CE%B7/](#)

- [http://blogs.sch.gr/vasnlavl/category/%CE%BA%CF%89%CF%80%CE%B1%CE%90%CE%B4%CE%B1-%CE%BB%CE%AF%CE%BC%CE%BD%CE%B7/](#)
- [http://books.google.gr/books?id=jYXDC9sc6PUC&pg=PA3983&lpg=PA3983&dq=Drainage+lake+kopaida+ancient&source=bl&ots=cazg7OwdT&sig=jZPo1cl7ldHXSGfTxyZrcek2cYA&hl=el&ei=6aXNS9LAHNiVONKY3KIP&sa=X&oi=book_result&ct=resu](#)
- [http://books.google.gr/books?id=o8ZJ8lFFfnEC&pg=PA121&lpg=PA121&dq=aqueduct+Pergamon&source=bl&ots=gfHf87Z4Z6&sig=TyzVaKZE3UW6APVQk2Xr_OHV9-k&hl=el&ei=eAadTI78L5KTjAeNhZmrDQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=10&ved=0CEQQ6AEwCQ#v=onepage&q=aqueduct%20Pergamon&f=false](#)
- [http://bs-ba.facebook.com/topic.php?uid=21067078931&topic=6859](#)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Pont_du_Gard](#)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Pergamon_Bridge](#)
- [http://fr.wikipedia.org/wiki/Pont_du_Gard](#)
- [http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%AC%CF%84%CF%81%CE%B1](#)
- [http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CF%89%CF%80%CE%B1%CE%B1%CE%90%CE%B4%CE%B1](#)
- [http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B9%CE%BC%CE%AE%CE%B4%CE%B7%CF%82](#)
- [http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%B5%CE%B9%CF%83%CE%AF%CF%83%CF%84%CF%81%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%82](#)
- [http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%B7_%CE%97%CF%80%CE%B5%CE%AF%CF%81%CE%BF%CF%85#.CE.A4.CE.BF_.CE.A1.CF.89.CE.BC.CE.B1.CF.8A.CE.BA.CF.8C_.CE.A5.CE.B4.CF.81.CE.B1.CE.B3.CF.89.CE.B3.CE.B5.CE.AF.CE.BF](#)
- [http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B4%CF%81%CE%B9%CE%B1%CE%BD%CF%8C%CF%82](#)
- [http://estia.hua.gr:8080/dspace/bitstream/123456789/299/1/Ptychiaki66.pdf](#)
- [http://engforum.pravda.ru/showthread.php?250689-Ancient-Greeks-Inventions-Threadhttp://www.cs.uoi.gr/~baga/ancTechn.html](#)
- [http://eneaportal.unile.it/sul_cammino_di_enea_gr/axaia/ta-simeia-toy-aineia/romaiko-odeio-2013-romaika-mnimeia-patras](#)

- <http://eridanos-river.blogspot.com/2008/09/blog-post.html>
- http://grundnig-vassilis.blogspot.com/2006/05/blog-post_20.html
- <http://hellas.teipir.gr/prefectures/greek/Kavalas/Kavala.htm>
- <http://hellas.teipir.gr/Thesis/Preveza/greek/tourism1.html>
- <http://hellinon.net/Nikopolis.htm>
- <http://itia.ntua.gr/en/docinfo/774/>
- http://itia.ntua.gr/getfile/869/1/documents/2007_arxaia.pdf
- http://johnmagin.blogspot.com/2008/07/blog-post_11.html
- <http://monuments.hpclab.ceid.upatras.gr/monuments.php?monument=166>
- <http://newsgroups.derkeiler.com/Archive/Soc/soc.culture.greek/2010-01/msg00010.html>
- http://okthisismylife.blogspot.com/2009/10/blog-post_06.html
- <http://patras.indymedia.org/?lang=el>
- http://patras.indymedia.org/front.php3?lang=el&article_id=1251
- http://penelope.uchicago.edu/Thayer/E/Gazetteer/Places/Europe/Italy/Lazio/Roma/Rome/ Texts/PLATOP*/Aqua Appia.html
- http://reocities.com/athens/ithaca/5743/gr/plumb_waters_g.htm
- <http://truth.freeforums.org/topic-t2979.html>
- http://trans.kathimerini.gr/4dcgi/ w articles taxgreece 100009 02/03/2007_183316
- <http://users.forthnet.gr/ath/deleps/Unknown Hellenic History/Kypaida.html>
- <http://users.forthnet.gr/ath/deleps/Unknown Hellenic History/MNHMEIA ANDRIANOY.html>
- <http://udragwgeio.blogspot.com/>
- <http://viotikoskosmos.wikidot.com/kopaida>
- http://visaltis.blogspot.com/2009/09/blog-post_02.html
- http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:aKr8uRtAwS4J:uir.unisa.ac.za/bitstream/10500/2624/1/dissertation_dembskey_%2520e.pdf+%CF%85%CE%B4%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%BF+Aqua+Appia&cd=55&hl=el&ct=clnk&gl=gr
- <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:xwUnDMhf9V4J:portal.tee.gr/portal/page/portal/emaet/exhibits/MODELS/%25C1%25ED%25F4%25EB%25DF%25E1%2520%25CA%25F4%25E7%25F3%25E9%25E2%25DF%25EF%25F5.doc+%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%BB%CE%B9%CE%B1+%CE%9A%CF%84%CE%B7%CF%83%CE%B9%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CF%85+%CE%94.+%CE%9A%CF%81%CE%B9%CE%B1%CF%81%CE%B7%CF%82&cd=1&hl=el&ct=clnk&gl=gr>

- <http://3gym-ilioup.att.sch.gr/2006-2007/water.htm>
- <http://7gym-laris.lar.sch.gr/ergasies/KATASKEVES/files/ydragogeia.htm>
- <http://11dim-kaval.kav.sch.gr/main/aqua/aquaduct.htm>
- <http://12dim-volou.mag.sch.gr/Oktavianos.htm>
- Το Βήμα (εφημερίδα)
- Τεχνική Εγκυκλοπαίδεια 'Πως λειτουργεί', έκδοση Χαλκυών