

ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΚΑ ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΑ ΕΡΓΑ

Jost Knauss

Πολιτικός Μηχανικός

τ. Καθηγητής Πολυτεχνείου του Μονάχου (Technische Universität München)

Η Ελλάδα είναι εξαιρετικά ορεινή χώρα, αφού τα δύο τρίτα της επιφάνειάς της έχουν μέση κλίση 3-65%, γι' αυτό και οι υλιγοστές περιοχές που διαθέτουν ανάγλυφο κατάλληλο για εντατική γεωργική χρήση έπαιξαν σπουδαίο ρόλο στην εξέλιξη της κι έγιναν κέντρα πολιτισμικής ανάπτυξης. Οι μεγαλύτερες επίπεδες επιφάνειες στην ηπειρωτική Ελλάδα συναντώνται στις αποκαλούμενες πόλγες, δηλαδή σε κλειστές λεκάνες που περικλείονται από όρη. Πρόκειται για λεκάνες εισροής υδάτων στα καρστικά όρη των Βαλκανίων, στην επιφάνεια των οποίων η εναπόθεση ιζημάτων επί μακρά διαστήματα δημιούργησε εξαιρετικά γόνιμο έδαφος. Η γεωργική εκμετάλλευση των εδαφών αυτών, ωστόσο, εμποδίστηκε στο παρελθόν (εν μέρει και σήμερα) από το γεγονός ότι στη διάρκεια του χειμώνα, και πολλές φορές κατά την άνοιξη, ο πυθμένας της λεκάνης καλύπτεται από νερό, δεδομένου ότι οι βροχοπτώσεις είναι έντονες. Η απορροή των επιφανειακών υδάτων από την περικλειστή λεκάνη γίνεται υπογειως, μέσα από καταβόθρες και σπηλαιϊκά συστήματα του ασβεστολιθού. Η υδραυλική αγωγιμότητα των υπόγειων αυτών αγωγών είναι όμως περιορισμένη, με αποτέλεσμα να υπάρχει ανισότητα μεταξύ εισροής και απορροής και να σχηματίζονται λίμνες στο μέσον της λεκάνης, οι οποίες εμποδίζουν σημαντικά τη γεωργική εκμετάλλευση των πολύτιμων αυτών περιοχών.

Την άνοιξη, παρά τη σαφή υποχώρηση των βροχοπτώσεων, προστίθενται κι οι εισροές από την τήξη του χιονιού, με αποτέλεσμα να ακολουθεί δεύτερη πλημμύρα, αυτή τη φορά σε εποχή εξαιρετικά δυσμενή για τους γεωργούς, λίγο μετά τη σπορά, μόλις «ξυπνούν» τα ακόμα ευαίσθητα φυτά.

Η ανάγκη μιας αποτελεσματικότερης εκμετάλλευσης του πεδινού εδάφους απαιτούσε λοιπόν την τεχνική ενασχόληση του ανθρώπου με τα ιδιαίτερα αυτά φυσικά φαινόμενα, ειδικότερα για την αντιμετώπιση του κινδύνου δεύτερης πλημμύρας με το λιώσιμο του χιονιού. Σοβαρός ήταν και ο κίνδυνος που προέκυπτε από την αβεβαιότητα σχετικά με το δυναμικό που δέχεται οι υπόγειοι αγωγοί, οι «καταβόθρες». Η απορροφητική ικανότητά τους μπορούσε να μειωθεί από την ανεξέλεγκτη εναπόθεση ιζημάτων και φερτών υλικών αλλά κι από καθιζήσεις έπειτα από σεισμούς.

Πόλγες και καταβόθρες υπάρχουν σε πολλές περιοχές της Ελλάδας, όπως στην ανατολική Αρκαδία (εικ. 1) και στις πέντε μεγάλες πεδιάδες με ιστορική σημασία, δηλαδή στις πεδιάδες της ομηρικής Τεγέας και της Μαντινείας, του Ορχο-

μενού-Καρυών, του Φενεού και της Στυμφαλίας¹. Η μεγαλύτερη λεκάνη με καταβόθρες, ωστόσο, βρίσκεται στην Κωπαΐδα της Βοιωτίας (εικ. 2). Είναι χαρακτηριστικό ότι πριν από μόλις 100 χρόνια, ύστερα από ακραίες βροχοπτώσεις, δημιουργήθηκε εκεί λίμνη έκτασης 250 τετρ. χλμ. με μέσο βάθος 2,5 μ. Σ' αυτές τις πόλγες, ο σχηματισμός λιμνών περιορίστηκε ή μετατοπίστηκε με την κατασκευή υδραυλικών έργων από πολύ νωρίς.

Μικηναϊκά υδραυλικά έργα, στόχοι και τρόπος λειτουργίας

Σύμφωνα με τα μέχρι τώρα αρχαιολογικά ευρήματα, η ακμή των τεχνικών έργων ύδρευσης των Μικηναίων στην Πελοπόννησο και των Μινυών στη Βοιωτία και τη Θεσσαλία τοποθετείται χρονολογικά στον 14ο και 13ο αιώνα π.Χ. Τα συστήματα εκμετάλλευσης των υδάτων και τα έργα ύδρευσης της εποχής εκείνης είναι πρωτόγνωρα και μοναδικά στην Ευρώπη, είχαν δε ως κύριο στόχο την απόκτηση και την εξασφάλιση καλλιεργησιμων γαιών και τη βελτίωση της ποιότητας του εδάφους, με τον έλεγχο της θέσης και του μεγέ-

θους των λιμνών που σχηματίζονταν. Αποτελέσματα των τεχνικών παρεμβάσεων ήταν τα προηγμένα γεγυροβελτιωτικά έργα, που εξασφάλιζαν απορροή των υδάτων από κατοικημένες και καλλιεργήσιμες περιοχές σε περιόδους αφθονίας υδάτων και εφοδιασμό με νερό σε περιόδους ξηρασίας. Τα γεγυροβελτιωτικά έργα αφορούσαν σε επιλεγμένα τμήματα των κλειστών λεκανών, ενώ η κατά περιόδους αποξήρανση ολόκληρου του πυθμένα της πεδιάδας αποτελούσε μάλλον δευτερεύοντα στόχο των έργων.

Αν και κάθε περιοχή παρουσιάζει τις δικές της τοπογραφικές ιδιομορφίες, που απαιτούν ανάλογη λύση, οι συγκριτικές παρατηρήσεις επιτρέπουν τη συνγωγή γενικών συμπερασμάτων ως προς τις μεθόδους, τα κριτήρια σχεδιασμού και τον τρόπο εκτέλεσης των έργων. Κύριο γνώρισμα των μυκηναϊκών υδραυλικών έργων ήταν η τεχνική των λεκανών, που έγκειται κατά βάση στην κατασκευή φραγμάτων ή υδατοφρακτών μικρού ύψους, αλλά συχνά μεγάλου πλάτους και κυρίως μήκους πολλών χιλιομέτρων. Τα φράγματα έχουν κατά κανόνα ύψος 2-3 μ. και κατ' ανώτατο όριο 5 μ. Το μήκος των φραγμάτων κυμαίνεται μεταξύ 250 και 2500 μ., ενώ ο όγκος των υδάτων που συγκρατούνταν έφτανε, ανάλογα με το μέγεθος της τεχνητής λίμνης, από 2 ως 20 εκατομ. κυβικά μέτρα.

Ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα στις λεκάνες ήταν η εξασφάλιση της απορροής. Για το σκοπό αυτό ήταν απαραίτητη η διεύρυνση των σημείων απορροής στις καταβόθρες και η προστασία από ιζήματα και φερτά υλικά, καθώς και η διάνοιξη των αγωγών προς τα σπήλαια βαθιά μέσα στο βουνό. Σε περίπτωση σεισμού, βέβαια, δεν υπήρχε τρόπος να προστατευθούν οι καταβό-

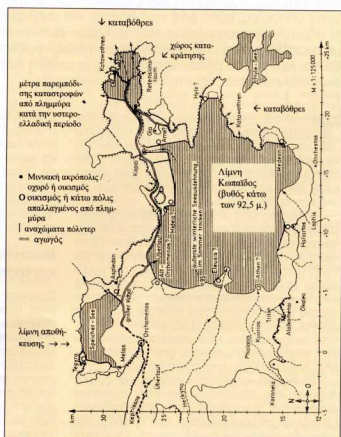
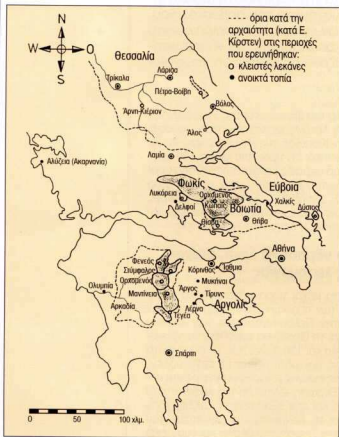
θρες από κατολιθήσεις. Στα αρχαία κείμενα γίνεται συχνά αναφορά σε καταστροφές από σεισμούς, πολύ συχνότερα απ' ό,τι στην επιτυχία των προϊστορικών γεγυροβελτιωτικών έργων².

Τα θεαματικότερα τεχνικά έργα της μυκηναϊκής εποχής είναι οι μεγάλοι αγωγοί, κυρίως της Κωπαϊδας, αλλά και της κοιλάδας του Φενεού, καθώς και της Τίρυνθας. Οι πλεονάζοντες αγωγών προστατεύονταν από τερράστια κυκλωτικά τείχη. Οι αγωγοί χρησιμοποιούνταν για την εκτροπή και την απορροή πλημμυρισμένων ποταμών, τα νερά των οποίων κατέληγαν κατευθείαν στις υπογείες δεξαμενές ή στα φράγματα. Αγωγοί απορροής με κοίτη από λιθοδομή, που αποσκοπούσαν στην άμση αποξήρανση ελωδών περιοχών, καθώς και μικρότερα αυλάκια για την κένωση των ενδιάμεσων πόλντερ³ συμπληρώνουν τον κατάλογο των τεχνικών έργων της εποχής.

Το μεγάλο πλεονέκτημα των υδραυλικών έργων ήταν ο αυτοματισμός τους. Μετά την κατασκευή τους χρειαζόνταν μόνο εργασίες συντήρησης και όχι υποστήριξη. Η εκτροπή, η απορροή, η συγκράτηση, η εκχείλιση και η εκκένωση γίνονταν αυτόματα. Βλάβες στη λειτουργία ανέκυπταν μόνο από βλάβες που επέφερε μια πλημμύρα στις επίγειες κατασκευές ή από απόφραξη των καταβόθρων, προβλήματα που μπορούσαν να τεθούν υπό έλεγχο, τουλάχιστον όσον αφορά την προγραμματισμένη απορροή. Άλλο πρόβλημα, που με την πάροδο του χρόνου λάμβανε ενδοχλητικές διαστάσεις, ήταν η εναπόθεση ιζημάτων κι η αποξήρανση των τεχνητών λιμνών στα φράγματα, γεγονός που τελικά αναιρούσε το όλο σύστημα. Τα περισσότερα τεχνικά έργα υδρευσης επέζησαν πολύ μετά το τέλος της μυκηναϊ-

1. Χάρτης της Ελλάδας με ένδειξη των περιοχών που ερευνήθηκαν (πολύες, κλειστές λεκάνες).

2. Μινωικά γεγυροβελτιωτικά έργα στην Κωπαΐδα περί το 1300 π.Χ.



κής περιόδου, έως το 100 π.Χ. περίπου. Ο περίφημος ερευνητής και περιηγητής της αρχαιότητας Πλουταρχος είδε τη διπλή λεκάνη του Ορχομενού-Καρυών (έργο της 2ης χιλιετίας π.Χ.) να λειτουργεί ακόμα⁴.

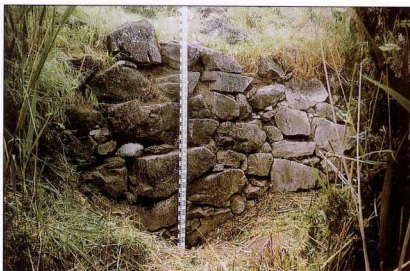
Ο τρόπος λειτουργίας μιας λεκάνης είναι ο εξής: Κατά την περίοδο των κυρίως βροχοπτώσεων, τις παραμονές του χειμώνα, η λεκάνη συνεχίζει να πλημμυρίζει, ακόμα και μετά την κατασκευή των τεχνικών έργων. Υποθέτουμε ότι η ύφανση αυτή του εδάφους θεωρούνταν ευπρόσδεκτη. Μετά τη φυσική εκκένωση της πεδιάδας και την περίοδο του φαινομένου στη μέση του χειμώνα, όταν έλιωναν τα χιόνια, την άνοιξη, έμπαινε σε λειτουργία το τεχνικό έργο. Το νερό είτε απέρρευε στις καταβόθρες μέσω των μεγάλων αγωγών, είτε αποθηκευόταν στις τεχνητές λίμνες. Έτσι, οι τεχνητές λεκάνες έμεναν στεγνές για γεωργική εκμετάλλευση και η ευαίσθητη φάση ανάπτυξης των ωφέλιμων φυτών είχε τεθεί υπό έλεγχο. Κατά την έναρξη των βροχοπτώσεων οι εγκαταστάσεις λειτουργούσαν και πάλι με τον ίδιο τρόπο. Οι φθινοπωρινές εργασίες στα πάλντερ, ο θερμασμός και η σπορά, μπορούσαν τώρα να εκτελεστούν χωρίς εμπόδια. Το αποθηκευμένο νερό, όσο δεν είχε εξατμιστεί ή διαρρεύσει, μπορούσε να χρησιμοποιηθεί τις πρώτες ημέρες του θέρους για πόσιμο. Ο πυθμένας των τεχνητών λιμνών, που είχε αποξηραθεί στα μέσα του καλοκαιριού, σπέρνταν με ζωοτροφή ή βοσκότοπος.

Εγγειοβελτιωτικά έργα των Μινυών στην Κωπαΐδα

Η πεδιάδα της Κωπαΐδας έχει έκταση περίπου 1900 τ.μ. Ο πυθμένας της λεκάνης βρίσκεται 100 μ. πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, και η εκροή των επιφανειακών υδάτων γινόταν παλιά από δώδεκα φυσικούς υπόγειους αγωγούς. Κατά το δεύτερο μισό της 2ης χιλιετίας π.Χ. οι Μίνυες δημιουργήσαν κι εκμεταλλεύθηκαν ένα μεγαλειώδες και εκτεταμένο σύστημα έργων ύδρευσης για να ελεγχουν τη δημιουργία λιμνών στην περιοχή της Βοιωτίας. Δεδομένου ότι δεν ήταν επικτική η ανάχωση ή η αποθήκευση των υδάτων σε μεγάλη έκταση, σκεφθηκαν να οδηγήσουν το μεγάλο μέρος των υδάτων που κατέληγαν δυτικά κατευθείαν στους υπόγειους αγωγούς μεγάλου δυναμικού που βρίσκονταν στα βορειοανατολικά της Κωπαΐδας και όχι στη λεκάνη. Για το σκοπό αυτό κατασκεύασαν διώρυγα κατά μήκος της βόρειας παρειάς της λεκάνης, η οποία αρχίζει από την πρωτεύουσα των Μινυών, τον Ορχομενό, και καταλήγει στην καταβόθρα των Σπιτιών, κοντά στον Βαλδασίο λιμένα των Μινυών, στον όρμο της Λάρυμνας στον Ευβοϊκό κόλπο. Η διώρυγα εξυπηρετούσε τρεις σκοπούς:

A. Την εκτροπή των υπερχειλίστων του Κηφισού, κύριου ποταμού της Κωπαΐδας, με στόχο τη σταθεροποίηση της επιφάνειας της λίμνης. Έτσι, τα προχώραμα που είχαν κατασκευαστεί σε παλαιότερη εποχή απέκτησαν και πάλι την προστατευτική τους ιδιότητα, ακόμα κι σε ακραίες ποσότητες υδάτων.

B. Την τροφοδότηση των οικισμών και των αγροτικών γαϊών κατά τους θερινούς μήνες με ωφέλιμο νερό, κυρίως από τις πλούσιες πηγές του Μέλανος ποταμού του Ορχομενού.



3. Κυκλώπιο τείχος παράλληλο με τα αναχώματα του μεγάλου αγωγού της Κωπαΐδας.

Γ. Τη δημιουργία εσωτερικής ναυσιπλοΐας και μεταφορικής «οδοῦ» από τον Ορχομενό στο κέντρο μεταφοράς στην καταβόθρα των Σπιτιών, απ' όπου ένας δρόμος οδηγούσε σε μικρή απόσταση στο λιμάνι της Λάρυμνας.

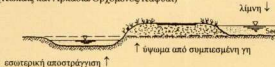
Η διώρυγα είχε μήκος περίπου 25 χλμ., πλάτος 40 μ. και βάθος 2-3 μ. Οριοθετείται από χωμάτινα προχώραμα πλάτους μέχρι 30 μ. και ύψους 2 μ., τα οποία περικλείονται με ισχυρά κυκλώπια τείχη. Ο σχεδιασμός της διώρυγας στηρίχθηκε προφανώς στο εξής σκεπτικό: έπρεπε να κατασκευαστεί σε στεγνό έδαφος, στο ψηλότερο χείλος της λεκάνης, και να συσχετιστεί με όλες τις πλησιέστερες καταβόθρες. Για το σκοπό αυτό, το μεν λιμναίο βουνό Τουρλογιάννης στα βόρεια της Κωπαΐδας έπρεπε να παρακαμφθεί, οι δε χερσόνησοι του Διατριβίου (Μιδέα) και του Κάστρου (Κωπά) να διατηρηθούν. Εκεί όπου τα βραχώδη πρανή της όχθης της λίμνης μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως τείχος της διώρυγας, δεν χρειαζόταν δεύτερο προχώραμα. Η χάραξη της διώρυγας προσαρμοστική απολύτως στη φυσική γωνία του εδάφους στην περιοχή του βορειοανατολικού όρμου. Περίπου 2,5 χλμ. βορειοανατολικά του Ορχομενού η κοίτη του Κηφισού μεταφέρθηκε στη νέα διώρυγα. Στην περιοχή της πόλης οι όχθες είχαν ενισχυθεί, κι επομένως η κοίτη του ποταμού ήταν σταθερή.

Προκειμένου να προστατευθούν οι καταβόθρες από υπερβολικές ποσότητες νερού και να ελεγχεται το υδραυλικό σύστημα «εισροής-αποθήκευσης-εκροής» ελήφθησαν δύο μέτρα: αφενός εξασφαλίστηκε η δυνατότητα απορροής των υδάτων της διώρυγας στη λίμνη, σε περίπτωση έντονων βροχοπτώσεων, με τη μέθοδο της υπερχειλίσσης, και αφετέρου κατασκευάστηκε ειδικός χώρος προσωρινής κατακράτησης των νερών που υπερχειλίζουν, ακριβώς μπροστά από τις μεγάλες καταβόθρες του βορειοανατολικού όρμου.

Από τα περίπου 560 εκατ. κυβικά μέτρα νερού που εισέρρεαν στην Κωπαΐδα τα μισά εκτρέπονταν αμέσως προς τις οπές απορροής, ενώ τα άλλα μισά χύνονταν στη λίμνη. Τα νερά κατά το θερινό εξάμηνο (περίπου 140 εκατ. κυβικά μέτρα), εφόσον προέρχονταν από τον βορειοδυτικό αγωγό οδηγούνταν κατευθείαν στις καταβόθρες ή κατανάλωνταν από τον οικισμό και χρησιμοποιού-

Τύποι αναχωμάτων: ύψος αναχωμάτων 1 ως 3 μ.
πλάτος αναχωμάτων 3 ως 30 μ.

Τύπος 1: Αναχώμα αποκλειστικά από χώμα
(Κοψαίς και Αρκαδία/Ορχομενός/Καρπαι)



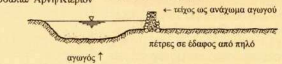
Τύπος 2: Χοιμάτιο ανάχωμα με προστατευτικό τείχος
(κατά των κυμάτων Κοψαίς και Αρκαδία/Φενεός)



Τύπος 3: Διπλό τείχος με πλατό εσωτερικό από πηλό ή
↓ αργιλόχωμα (Κοψαίς, Θισβή και Αρκαδία/Γάκα)



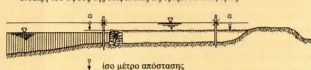
Τύπος 4: Τείχος με αργι-
λοκονίαμα (Κοψαίς και
Θεσσαλία/ Άρνη/Κίριον)



Καθορισμός του απαραίτητου ύψους των κατασκευών:

α) αναχώματα πόλντερ:

ένδειξη του ύψους της επιφάνειας ως οριζόντια αναφοράς

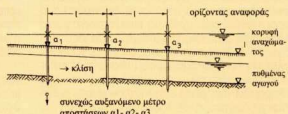


β) αναχώματα αγωγού, διατομή:

ένδειξη του ύψους της επιφάνειας
ως οριζόντια αναφοράς



γ) Αναχώματα αγωγών, κατά μήκος τομή (σηματική παράσταση):



4. Σχηματική αναπαράσταση διαφόρων τύπων μηχανικών-μινυακών κατασκευών αναχωμάτων και φραγμάτων.

5. Υπόθεση ως προς την αρχή που διέπει τις μετρήσεις για τα υδραυλικά έργα (καθορισμός ύψους).

νταν στα χωράφια για πότισμα. Η λίμνη δηλαδή δεν δεχόταν το καλοκαίρι άλγες εισροές, όπως γίνονταν παλιά. Ο πυθμένας της φτευσίαν κατάλληλα και χρησιμοποιούνταν κυρίως ως βοσκότοπος.

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

Στη μινυακή Κωπαίδα δεν υπήρχε μόνο ο μεγαλύτερος και μακρύτερος αγωγός και τα περισσότερα αναχώματα της εποχής, αλλά και η μεγαλύτερη τεχνητή λίμνη της πρώιμης Ελλάδας. Δεν είναι λοιπόν τυχαίο ότι από τις 31 πόλεις της Βοιωτίας που συμμετείχαν στην εκστρατεία του Τρωικού Πολέμου, οι 12 βρίσκονταν στην περιοχή της Κωπαίδας⁵ και είχαν υπό τον έλεγχο τους αυτά τα κατά τον Όμηρο «...χωρία στο πλούτος βουτηγμένα»⁶.

Σημειώσεις

Ο J. Knauss είναι πολιτικός μηχανικός, τ. καθηγητής του Πολυτεχνείου του Μονάχου στον τομέα της Υδραυλικής Μηχανικής και Διαχείρισης των Υδάτων. Από το 1984 μελετά συστηματικά τα μηχανικά υδραυλικά έργα της κεντρικής Ελλάδας και της Πελοποννήσου και έχει δημοσιεύσει τα πορίσματά της έρευνάς του σε πλήθος επιστημονικών εργασιών. Το παρόν άρθρο, με υποδείξη δική του, αποτελεί συνοπτική παρουσίαση του πρώτου μέρους του βιβλίου του Υπεραυλακά υδραυλικά έργα, εκδ. «Σύλλογος για την Μελέτη και Διδασχία της Ελληνικής Ιστορίας», Weilheim 2002.

1. Ιλ. Β 605-608.

2. Βλ. π.χ. Στράβων 9.2.16, «περιγραφή των γαιών».

3. Πόλντερ = χερσαία έκταση που ανακτήθηκε τεχνητά από τη θάλασσα (σπανιότερα από έλη, λίμνες κ.λπ.), περικυκλούμενη

από προχώματα, ώστε να αποξηρανθεί και να καλλιεργηθεί. Τεχνητή λεκάνη. Κυρίως σπατά στην Ελλάδα.

4. Παιρ. 8.23.2.

5. Ιλ. Β 494-516.

6. Ιλ. Ε 710, μπφ. Αλέξ. Πάλλης, εκδ. «Εστία», Αθήνα.

Prehistoric Land Reclamation Works

Jost Knauss

Greece is an exceptionally mountainous country, therefore the few areas that display the appropriate relief for intense agricultural use have played an important role in its evolution and have become centers of cultural development. The need for a more effective exploitation of plain land demanded the technical occupation of man with various natural phenomena, in order the menace of flood and drought to be dealt with effectively. The peak of the technical achievements in land reclamation works both of the Mycenaean in the Peloponnese and the Minyans in Boeotia is dated from the fourteenth and thirteenth centuries BC. They are innovating and unique in Europe works, which secured the flowing out of water from inhabited and cultivated districts in periods of abundant water and, correspondingly, their supply with water in periods of drought. The main characteristic of the Mycenaean waterworks was the basin technique that consisted in the construction of dens or locks that had a medium height but usually a substantial width and a length expanding for many kilometers. The most spectacular technical works of the Mycenaean era are the big pipelines, mainly that of Kopais, but also those of the Pheneos Valley and Tiryns. The great advantage of the waterworks was their automation, since after their construction they only needed maintenance without any technical back up.

During the second half of the second millennium BC the Minyans created and exploited a magnificent and extensive system of waterworks in order to control the creation of artificial lakes in Boeotia. The biggest and longest main, most of the earthworks of the period and the largest artificial lake of early Greece were created in the Minyan Kopais.