



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ενεργειακές και Υδατικές ανάγκες Ρωμαϊκού Λουτρού



Θωμάς Θ. Γουλιανού

Επιβλέπων: **Νικόλαος Μαμάσης**

Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2020



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS

SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING

**DEPARTMENT OF WATER RESOURCES & ENVIRONMENTAL
ENGINEERING**

DIPLOMA THESIS

Energy and Water Needs of the Roman Bath



Thomai T. Goulianou

Supervisor: **Nikolaos Mamassis**

Associate Professor NTUA

Athens, March 2020

Ευχαριστίες

Με την εκπόνηση και την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, σηματοδοτείται και το τέλος του κύκλου σπουδών μου στη σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας κ. Νικόλαο Μαμάση, Αναπληρωτή Καθηγητή της σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, για την ανάθεση του θέματος καθώς και για τις καθοριστικές και πολύτιμες συμβουλές του καθ'όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια μου και ιδιαίτερα τον αδερφό μου Κωνσταντίνο Γουλιανό, που αν και βρισκόταν μακριά αυτό το διάστημα με στήριζε, καθώς τους φίλους μου για την ηθική και ψυχολογική υποστήριξη που μου παρείχαν.

Θώμη Γουλιανού
Αθήνα, Μάρτιος 2020

Η χρήση του λουτρού ήταν γνωστή στον ευρύτερο ελλαδικό χώρο ήδη από την προϊστορική περίοδο ως αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής ζωής των ανθρώπων. Οι κτιριακές εγκαταστάσεις αλλά και η διαδικασία του λουτρού στα αρχαία χρόνια ονομάζεται «βαλανείον». Η αγάπη των Ελλήνων για τα λουτρά κληροδοτήθηκε και αναπτύχθηκε από τους Ρωμαίους. Οι Ρωμαίοι υπήρξαν πραγματικοί λάτρεις των λουτρών. Τα ρωμαϊκά λουτρά, σε κάθε γωνιά της αυτοκρατορίας ήταν τεράστια και πολυτελή και λειτουργούσαν εκτός των άλλων ως χώροι επικοινωνίας και διασκέδασης. Εξαιτίας της μεγάλης κατανάλωσης νερού που γινόταν από τις εγκαταστάσεις των θερμών κατά τη διάρκεια της ρωμαϊκής περιόδου η κατασκευή των υδραγωγείων έφτασε σε εξαιρετική τελειότητα.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η προσπάθεια εκτίμησης των ενεργειακών και υδατικών αναγκών του. Μέσο της επίτευξης του σκοπού αποτελεί η μελέτη αρχαίων κειμένων και η προσπάθεια υπολογισμού των ενεργειακών και υδατικών αναγκών, η οποία βασίζεται σε αρχαιολογικές ανακατασκευές, αρχαιολογικά ευρήματα και αναφορές.

Αρχικά, μέσω αρχαίων πηγών γίνεται η προσπάθεια αποτίμησης των υδρευτικών αναγκών της αρχαιότητας. Πιο συγκεκριμένα, ο Πλούταρχος παρέχει πληροφορίες για την αρχαία Αθήνα, ενώ αντίστοιχα ο Φροντίνος για την αρχαία Ρώμη καθώς παράλληλα δίνει πληροφορίες και για την *quinaría*, η οποία αντιστοιχεί σε παροχετευτικότητα περίπου $41.5 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$.

Στη συνέχεια, διερευνήθηκε η διάρθρωση των χώρων του ρωμαϊκού λουτρού και αναλύθηκε περισσότερο το σύστημα θέρμανσης των χώρων και του νερού και πιο συγκεκριμένα ο τρόπος λειτουργίας του υποκαύστου. Μελετήθηκε ακόμα ο τρόπος λειτουργίας των τούρκικων χαμάμ καθώς οι Οθωμανοί αξιοποίησαν την παράδοση των Ρωμαίων και των Βυζαντινών όσον αφορά στον τρόπο λειτουργίας του λουτρού.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον δόθηκε στην εκτίμηση του τύπου καυσίμων και της χρήσης τους στην αρχαία ρωμαϊκή οικονομία. Έγινε προσπάθεια μέτρησης της κατανάλωσης καυσίμων των λουτρών μέσω αρχαίων αναφορών αλλά και αρχαιολογικών ανακατασκευών. Ακόμη, μέσω των αρχαιολογικών ευρημάτων έγινε η προσπάθεια αποτίμησης των υδατικών αναγκών του λουτρού.

Καταλήγοντας, με το πέρας των προσπαθειών διερεύνησης των ενεργειακών και υδατικών αναγκών του ρωμαϊκού λουτρού, προκύπτουν σημαντικά συμπεράσματα σχετικά με την πρώτη προσέγγιση της διερεύνησης και διαφαίνονται αρκετά ζητήματα με τα οποία μπορεί να εξελιχθεί η έρευνα στα ρωμαϊκά λουτρά.

The use of baths has been known throughout Greece since prehistoric times as an integral part of people's daily lives. The buildings and the bathing process in ancient times are called "balanion" (βαλανείον). The Greeks' love for the baths was inherited and developed by the Romans. The Romans loved bathing. The Roman baths, in every corner of the empire, were huge and luxurious and functioned, inter alia, as places of communication and entertainment. Due to the high water consumption of the thermal facilities during the Roman period, the construction of the aqueducts came to excellent perfection.

The purpose of this thesis is to try to assess its energy and water needs. The means of achieving this goal is the study of ancient texts and the attempt to calculate energy and water needs, based on archaeological reconstructions, archaeological findings and references.

Initially, through ancient sources we tried to assess the water supply needs of antiquity. Specifically, Plutarch provides information on ancient Athens, while Frontinus provides information on ancient Rome as well as quinaria, which corresponds to a capacity of approximately 41.5 m³/day.

Then, the structure of the Roman bath spaces was investigated and the room and water heating system was analyzed in more detail, and in particular the way in which the hypocaust was operated. The Turkish hammam was also studied as the Ottomans exploited the tradition of the Romans and the Byzantines in the way the bath was operated.

Particular interest was given to the assessment of the type of fuel and its use in the ancient Roman economy. An attempt was made to measure the fuel consumption of baths through ancient reports and archaeological reconstructions. Furthermore, through archaeological findings, bathing water needs have been attempted to assess.

In conclusion, as the efforts to investigate the Roman bath energy and water needs are completed, important conclusions have been drawn regarding the first approach of the investigation and many topics of future research have been revealed.

| | |
|--|----|
| Περίληψη | ii |
| Abstract | v |
| 1. Εισαγωγή | 1 |
| 1.1. Γενικά | 1 |
| 1.2. Σκοπός | 3 |
| 1.3. Διάρθρωση | 3 |
| 2. Υδρευτικές ανάγκες | 5 |
| 2.1. Υδρευτικές ανάγκες του σήμερα | 5 |
| 2.2. Υδρευτικές ανάγκες της αρχαιότητας | 8 |
| 2.2.1. Κατανάλωση νερού στην αρχαία Αθήνα | 8 |
| 2.2.2. Κατανάλωση νερού στην αρχαία Ρώμη | 8 |
| 2.3. Εκτίμηση πληθυσμού αρχαίων κοινωνιών | 9 |
| 3. Υδατικές και ενεργειακές ανάγκες ρωμαϊκού λουτρού | 13 |
| 3.1. Χρονική εξέλιξη των λουτρών στα ομηρικά χρόνια και την αρχαία Ελλάδα..... | 13 |
| 3.2. Ρωμαϊκή εποχή | 19 |
| 3.2.1. Γενικά | 19 |
| 3.2.2. Διάρθρωση και αρχιτεκτονική του λουτρού | 20 |
| 3.2.3. Παροχή νερού | 24 |
| 3.2.4. Η θέρμανση | 25 |
| 3.2.5. Το υπόκαυστο | 25 |
| 3.3. Βυζαντινή εποχή | 27 |
| 3.4. Οθωμανική εποχή | 29 |
| 3.5. Κατανάλωση καυσίμων για τη θέρμανση του λουτρού | 32 |
| 3.5.1. Εισαγωγή | 32 |
| 3.5.2. Αρχαίες αναφορές-επιγραφές | 33 |

| | |
|--|-----|
| 3.5.3. Η επίδραση του συστήματος υποκαύστου, οι ώρες λειτουργίας και οι θερμοκρασίες του μπάνιου | 35 |
| 3.5.4. Αρχαιολογική ανακατασκευή, θερμική ανάλυση και μελέτες μεταφοράς θερμότητας | 41 |
| 3.6. Ρωμαϊκά λουτρά | 45 |
| 3.6.1. Λουτρά Πομπηίας | 45 |
| 3.6.2. Το λουτρό του Μπαθ | 58 |
| 3.7. Χαμάμ | 62 |
| 3.7.1. Το ζικυρ χαμάμ | 62 |
| 3.7.2. Το Sengul χαμάμ | 69 |
| 3.8. Σύγκριση των αρχαιολογικών ανακατασκευών | 71 |
| 3.9. Η χρήση ξύλου, ξυλάνθρακα και άνθρακα | 72 |
| 3.10. Συμπεράσματα | 76 |
| 4. Λουτρά της ρωμαϊκής Αθήνας | 78 |
| 4.1. Εισαγωγή | 78 |
| 4.2. Τα λουτρά της Αθήνας | 81 |
| 5. Συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική έρευνα | 91 |
| 5.1. Σύνοψη – Συμπεράσματα | 91 |
| 5.2. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα | 93 |
| Βιβλιογραφία | 94 |
| Παράρτημα Α | 96 |
| Παράρτημα Β | 112 |

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Τα ρωμαϊκά λουτρά κατείχαν εξέχουσα θέση στη ζωή των Ρωμαίων. Από την πρώιμη αυτοκρατορική περίοδο λειτούργησαν λουτρά σε όλες τις πόλεις της Ιταλικής Χερσονήσου. Με την ύστερη αρχαιότητα, πολλές πόλεις σε ολόκληρη την αυτοκρατορία είχαν ένα ή περισσότερα δημόσια λουτρά κολύμβησης παράλληλα με μια πληθώρα ιδιωτικών εγκαταστάσεων. Από τον 2^ο αιώνα π.Χ. οι καθημερινές επισκέψεις στα λουτρά αποτελούσαν ουσιαστικό κομμάτι της ζωής των κατοίκων σε όλα σχεδόν τα επίπεδα της ρωμαϊκής κοινωνίας. Τα λουτρά παρείχαν περισσότερα από την απλή υγιεινή. Ήταν ζωντανοί κόμβοι κοινωνικής και πολιτιστικής αλληλεπίδρασης. Το τελετουργικό της δημόσιας κολύμβησης βοήθησε να διαμορφωθούν οι ρυθμοί της πόλης, ενώ η κατασκευή των συγκροτημάτων κολύμβησης έπαιξε σημαντικό ρόλο στην αστική ανάπτυξη της Ρώμης και γενικότερα όλης της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας. Οι αυτοκράτορες της Ρώμης συνέβαλαν σε μεγάλη κλίμακα, κατασκευάζοντας σε όλη την πρωτεύουσα, για δημόσια χρήση τεράστια συγκροτήματα λουτρών. Η απαίτηση για επαρκή τροφοδοσία των πολυάριθμων λουτρών οδήγησε στην κατασκευή υδραγωγείων, η οποία έφτασε σε εξαιρετική τελειότητα. Τα λουτρά ενσωμάτωσαν μια πολύπλοκη ομάδα κολυμβητικών και πολιτιστικών χώρων που συνδύαζαν αναψυχή και καθαριότητα με ψυχαγωγικές και πνευματικές επιδιώξεις, προσφέροντας στους χρήστες εγκαταστάσεις όπως αίθουσες εκδηλώσεων, βιβλιοθήκες, αίθουσες συνεδριάσεων, αίθουσες εκδηλώσεων, αθλητικούς χώρους και θρησκευτικά ιερά.

Η μελέτη των ρωμαϊκών λουτρών έχει ήδη προσφέρει πληθώρα πληροφοριών, όπως την κατανόηση της καθημερινής ζωής και τις συνήθειες των ανθρώπων στη ρωμαϊκή εποχή. Ωστόσο, η μελέτη των δημόσιων λουτρών είναι κάτι περισσότερο

από απλή αρχιτεκτονική, γιατί συμπεριλαμβάνει επίσης πρακτικές υγείας και τεχνολογία όπως η παροχή κρύου και θερμού νερού, η θέρμανση των χώρων, η θέρμανση του νερού και η κατανάλωση καυσίμων. Η προμήθεια καυσίμων για τα δημόσια ρωμαϊκά λουτρά της αρχαίας Ρώμης αγγίζει ορισμένες θεμελιώδεις αρχές στη σκέψη μας για τη συμπεριφορά της αρχαίας οικονομίας. Μία από τις προκλήσεις είναι η προσπάθεια μέτρησης της κατανάλωσης καυσίμων καθώς και η προσπάθεια εκτίμησης του είδους καυσίμου που χρησιμοποιήθηκε. Οι Ρωμαίοι δεν περιορίστηκαν μόνο στην τεχνολογική πρόοδο της εξαιρετικής κατασκευής υδραγωγείων. Οι προσπάθειές τους να ελέγξουν τη θερμοκρασία των λουτρών ήταν εξίσου εντυπωσιακές. Όπως γνωρίζουμε, υπήρχαν λουτρά διαφορετικών θερμοκρασιών και αυτό ήταν εφικτό χάρη στην ύπαρξη του υποκαύστου. Το συγκεκριμένο σύστημα θέρμανσης θερμαίνει τα λουτρά με περίπλοκη διαδικασία ξεκινώντας από την καύση του καυσίμου, το οποίο παρήγαγε ζεστό αέρα που κυκλοφορούσε μέσα από έναν σκόπιμα κατασκευασμένο χώρο κάτω από το πάτωμα των λουτρών, για να θερμάνει τα λουτρά επάνω.

Για την καλύτερη κατανόηση των ρωμαϊκών εγκαταστάσεων του λουτρού, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε καλύτερα τα συστήματα ύδρευσης και θέρμανσης των ιστορικών λουτρών - χαμάμ από την άποψη της απόδοσης, της ικανότητας και της επάρκειας τους, προκειμένου να διατηρηθεί η καλή λειτουργία τους για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι Οθωμανοί εμπνεύστηκαν τα χαμάμ από την παράδοση κολύμβησης των Ρωμαίων και των Βυζαντινών και προτίμησαν να αξιοποιήσουν την υπάρχουσα πολιτιστική, αρχιτεκτονική και τεχνολογική κληρονομιά για να επιτύχουν μια μοναδική σύνθεση προσθέτοντας τη δική τους παράδοση κολύμβησης, η οποία είναι σύμφωνη με τη μουσουλμανική θρησκεία.

1.2 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η αποτίμηση της χρησιμότητας του ρωμαϊκού λουτρού, δηλαδή η προσπάθεια εκτίμησης των ενεργειακών και υδατικών αναγκών του. Μέσο της επίτευξης του σκοπού αποτελεί η μελέτη αρχαίων κειμένων και η προσπάθεια υπολογισμού των ενεργειακών και υδατικών αναγκών, η οποία βασίζεται σε αρχαιολογικές ανακατασκευές, σε αρχαιολογικά ευρήματα και αναφορές.

1.3 Διάρθρωση

Συνοπτικά, τα περιεχόμενα της διπλωματικής εργασίας έχουν ως εξής:

Στο *Κεφάλαιο 2* παρουσιάζονται οι υδρευτικές ανάγκες του σύγχρονου κόσμου καθώς και η καταλάνωση νερού ανά τον κόσμο για το έτος 2010. Αντίστοιχα, παρουσιάζονται οι υδατικές ανάγκες στην αρχαιότητα και συγκεκριμένα της αρχαίας Αθήνας και της αρχαίας Ρώμης. Στη συνέχεια, περιγράφεται η διαδικασία υπολογισμού του πληθυσμού των αρχαίων κοινωνιών με βάση την πυκνότητα πληθυσμού σε κατοίκους και την έκταση που καταλαμβάνει η πόλη.

Στο *Κεφάλαιο 3* καθώς παρουσιάζεται διεξοδικά η χρονική εξέλιξη των λουτρών από τα ομηρικά χρόνια έως την οθωμανική εποχή, περιγράφονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά και η αρχιτεκτονική του ρωμαϊκού λουτρού. Γίνεται αναφορά στην θέρμανση των χώρων και του νερού μέσω του συστήματος του υποκαύστου. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι υδατικές και ενεργειακές ανάγκες του ρωμαϊκού λουτρού οι οποίες υπολογίσθηκαν μέσω της ανακατασκευής λουτρών και των δεδομένων που συλλέχθηκαν από διάφορα ρωμαϊκά αλλά και οθωμανικά λουτρά. Τέλος, γίνεται περιγραφή των καυσίμων που χρησιμοποιήθηκαν για τη θέρμανση των λουτρών.

Στο *Κεφάλαιο 4* περιγράφεται η ιστορική εξέλιξη της πόλης της Αθήνας κατά τη διάρκεια της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας. Στη συνέχεια, παρατίθενται τα ρωμαϊκά λουτρά που βρέθηκαν στην περιοχή της Αθήνας.

Στο *Κεφάλαιο 5* περιγράφονται αναλυτικά τα συμπεράσματα των υδατικών και ενεργειακών αναγκών του ρωμαϊκού λουτρού και προτείνονται θέματα για μελλοντική έρευνα.

Κεφάλαιο 2

Υδρευτικές ανάγκες

2.1 Υδρευτικές ανάγκες του σήμερα

Σύμφωνα με διεθνείς οργανώσεις όπως ο WHO (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας) και η UNICEF, ορίζεται ως ελάχιστη απαίτηση κατανάλωσης νερού ανά άτομο και ημέρα τα 20 L από μια πηγή που βρίσκεται σε απόσταση μικρότερη από 1 km. Η ποσότητα αυτή είναι η ελάχιστη για κατανάλωση και προσωπική υγιεινή. Αν συνυπολογιστούν το μπάνιο και το πλύσιμο ρούχων και χώρων, η ποσότητα αυτή ανέρχεται σε 50 L ανά άτομο και ημέρα.

Η κατανάλωση αυτή των 50 L κατανέμεται στις τέσσερις παρακάτω βασικές χρήσεις (Gleick, P.H. 1996). Στις παρένθεσις παρατίθενται τα όρια διακύμανσης στις διάφορες περιοχές.

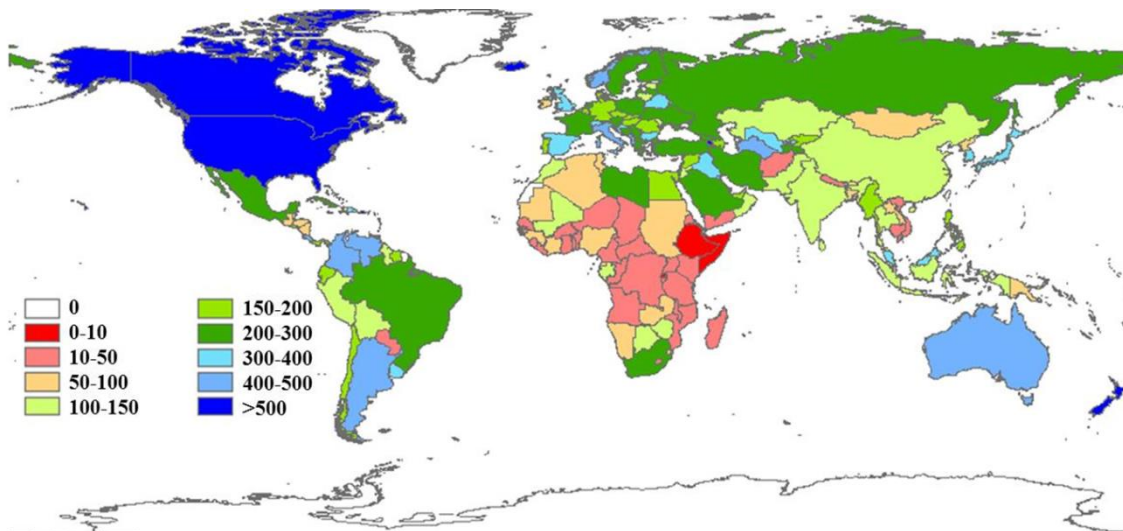
- Πόσιμο νερό: 5 L/cap/d (2-5 L/cap/d)
- Προετοιμασία φαγητού: 10 L/cap/d (10-50 L/cap/d)
- Ατομική καθαριότητα: 15 L/cap/d (5-70 L/cap/d)
- Καθαριότητα χώρων-αποχέτευση: 20 L/cap/d (0-75 L/cap/d)

Στην Εικόνα 2.1 απεικονίζεται η κατάσταση που επικρατεί σε αναπτυσσόμενες χώρες λόγω έλλειψης συστήματος αποχέτευσης.

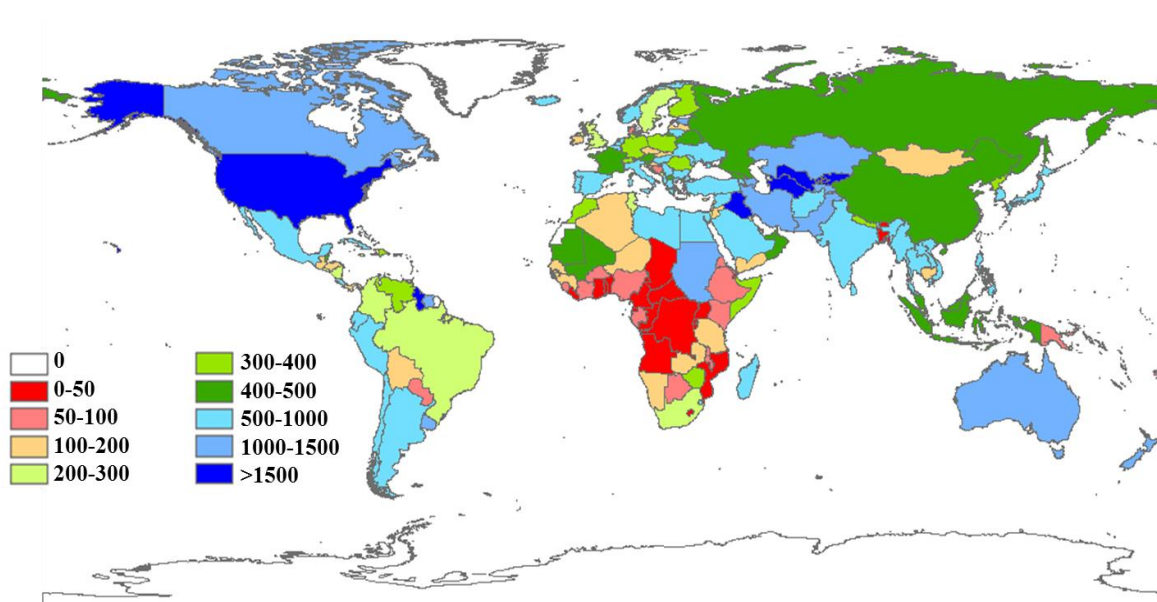


Εικόνα 2.1: Έλλειψη συστήματος αποχέτευσης σε αναπτυσσόμενες χώρες. Πηγή: Εκπαιδευτικό πρόγραμμα για το νερό και τη γη, «Έκθεση στην επιφάνεια»

Παρακάτω παρατίθενται χάρτες που απεικονίζουν την κατανάλωση νερού του σύγχρονου κόσμου για το έτος 2010. Στην Εικόνα 2.2 απεικονίζεται η οικιακή κατανάλωση νερού σε L ανά κάτοικο ανά ημέρα. Στην Εικόνα 2.3 απεικονίζεται η συνολική κατανάλωση νερού, αποτελούμενη από την ύδρευση, την άρδρευση και τις απαιτήσεις της βιομηχανίας, εκφρασμένη σε όρους κυβικών μέτρων ανά κάτοικο ανά μέρα ($m^3/cap/y$).



Εικόνα 2.2: Χάρτης για οικιακή κατανάλωση νερού το 2010, σε L ανά κάτοικο ανά ημέρα (L/cap/d). Πηγή: Εκπαιδευτικό πρόγραμμα για το νερό και τη γη, «Έκθεση στην επιφάνεια»



Εικόνα 2.3: Χάρτης για τη συνολική κατανάλωση νερού (ύδρευση, άρδευση, βιομηχανία) το 2010, σε m³ ανά κάτοικο ανά έτος (m³/cap/y). Πηγή: Εκπαιδευτικό πρόγραμμα για το νερό και τη γη, «Έκθεση στην επιφάνεια»

2.2 Υδρευτικές ανάγκες της αρχαιότητας

2.2.1 Κατανάλωση νερού στην αρχαία Αθήνα

Για την αρχαία Αθήνα, ο Πλούταρχος στο έργο του Βίοι Παράλληλοι αναφέρει: «Επειδή η χώρα της Αττικής δεν έχει επάρκεια σε νερό, καθώς δεν διαθέτει ποτάμια με διαρκή ροή, ούτε κάποιες λίμνες, ούτε άφθονες πηγές, αλλά οι περισσότεροι κάτοικοι χρησιμοποιούν τεχνητά πηγάδια, ο Σόλων θέσπισε νόμο, όπου υπήρχε δημόσιο πηγάδι σε απόσταση ενός ιππικού —το ιππικό ήταν ίσο με τέσσερα στάδια— να βολεύονται από αυτό· όπου όμως η απόσταση ήταν μεγαλύτερη, να ψάχνουν να βρουν δικό τους νερό· σε περίπτωση πάλι που έσκαβαν σε βάθος δέκα οργιές και δεν εύρισκαν νερό στο κτήμα τους, τότε να παίρνουν από τον γείτονα γεμίζοντας δύο φορές την ημέρα μian εξάχρη στάμνα. Γιατί πίστευε πως έπρεπε να βοηθάει όσους δεν είχαν, όχι όμως και να παρέχει εφόδια στους τεμπέληδες». Σύμφωνα με τα παραπάνω γίνονται γνωστοί οι πρώτοι κανόνες για τη διαχείριση των υδατικών πόρων στον αρχαίο αθηναϊκό πολιτισμό, οι οποίοι περιλαμβάνονται στη νομοθεσία του Σόλωνα, στις αρχές του 6^{ου} αιώνα π.Χ. Πιο συγκεκριμένα, ο νόμος αναφέρει τα εξής:

- εάν υπήρχε ένα δημόσιο πηγάδι σε απόσταση 4 σταδίων (710 m) όλοι θα χρησιμοποιούσαν αυτό
- εάν το πηγάδι ήταν μακρύτερα θα έπρεπε να ανοιχτεί πηγάδι με ιδιωτικά μέσα
- εάν είχαν σκάψει για 18 m και δεν είχαν βρει νερό είχαν το δικαίωμα να παίρνουν μια υδρία (20 L) 2 φορές την ημέρα από τους γείτονές τους

Επομένως, προκύπτει μία ελάχιστη ανάγκη των 40 L/d για κάθε νοικοκυριό.

2.2.2 Κατανάλωση νερού στην αρχαία Ρώμη

Για την αρχαία Ρώμη, ο Φροντίνος (Frontinus, De Aquaeductu Urbis Romae; LXXVIII) στο κείμενό του αναφέρει πως η συνολική κατανάλωση της πόλης υπερέβαινε τα 550 000 m³ την ημέρα, δηλαδή 14 018 quinariae. Μία quinarια αντιστοιχούσε σε

παροχή 41.5 m³/ημέρα για την οποία γίνεται εκτενής αναφορά στο Παράρτημα Α. Το 25% της ποσότητας πήγαινε στον Καίσαρα και το 45% σε πολυτελείς κατοικίες. Με τις ποσότητες αυτές υδρεύονταν και μερικές εκατοντάδες χιλιάδες σκλάβοι. Οι 591 δεξαμενές διανομής νερού στις συνοικίες της μέσης και κατώτερης τάξης, που αποτελούν το 8.1% της συνολικής κατανάλωσης, εξυπηρετούσαν περίπου 900 κατοίκους η κάθε μία, δηλαδή ένα πληθυσμό 530 000 κατοίκων. Η οικιακή κατανάλωση στις συνοικίες αυτές εκτιμάται σε 85 L ανά κάτοικο ανά ημέρα. Πρόσθετα οι πολίτες είχαν πρόσβαση στις δημόσιες καταναλώσεις νερού, όπως λουτρά και σιντριβάνια που αποτελούν το 16.4% και 2.7% της συνολικής κατανάλωσης αντίστοιχα, με αποτέλεσμα να αντιστοιχούν επιπλέον 200 L για κατανάλωση ανά κάτοικο ανά ημέρα. Αυτή η ποσότητα ορίζεται ως ο μέσος όρος κατανάλωσης νερού καθώς σύμφωνα με τον Castiglioni (1947), η κατανάλωση νερού στην αρχαία Ρώμη υπερέβαινε τα 500 L ανά κάτοικο. Συνυπολογίζοντας, ωστόσο και τον πληθυσμό των σκλάβων που δεν χρησιμοποιούσαν τα λουτρά, η δημόσια κατανάλωση νερού αντιστοιχούσε σε 200 L επιπρόσθετα ανά κάτοικο ανά ημέρα.

Επιπρόσθετα, ο Φροντίνος αναφέρει τη νομική βάση σύμφωνα με την οποία πρέπει να αντληθεί νερό και να διασφαλιστεί η προσφορά του. Αναφέρει πως κανείς δεν πρέπει να αντλήσει νερό χωρίς τη γραπτή εξουσιοδότηση του Καίσαρα και κανείς δεν πρέπει να αντλεί περισσότερα από αυτά που έχει λάβει με επιχορήγηση. Ο Επίτροπος θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικός για να αντιμετωπίσει διάφορες μορφές απάτης. Τα κανάλια έξω από την πόλη πρέπει να επιθεωρούνται με προσοχή και σε τακτά χρονικά διαστήματα, ώστε να ελέγχεται η ακρίβεια των παραχωρηθεισών παραδόσεων και το ίδιο πρέπει να γίνει σε δεξαμενές και σε δημόσιες βρύσες για να διασφαλιστεί ότι το νερό ρέει χωρίς διακοπή τόσο την ημέρα όσο και τη νύχτα.

2.3 Εκτίμηση πληθυσμού αρχαίων κοινωνιών

Τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται αύξηση του αριθμού των δημογραφικών μελετών των αρχαίων κοινωνιών, με κύριο στόχο την αναγνώριση της εσωτερικής

οργάνωσης των πληθυσμών. Ορισμένες δημογραφικές μελέτες βασίστηκαν σε αποσπάσματα από αρχαία κείμενα (Wiseman, 1969), άλλες κυρίως σε στρατιωτικά δεδομένα (Forni, 1966), ωστόσο εξακολουθούν να αποτελούν τα θεμέλια για τους υπολογισμούς που πραγματοποιήθηκαν από τους περισσότερους μετέπειτα μελετητές (Warden and Bagnall, 1988; Lo Cascio, 1994). Από την άλλη πλευρά, το μέγεθος των αμφιθεάτρων και των υδραγωγείων συνέβαλε σε εκτιμήσεις βασισμένες στην αρχαιολογία, αν και τα αποτελέσματά τους θεωρούνται σήμερα αναξιόπιστα (Lloyd and Lewis, 1976; Duncan-Jones, 1977; Gallo, 1981). Άλλη εκτίμηση προέρχεται από την ποιοτική και, ενίοτε, ποσοτική μελέτη των πληθυσμών από τη νεκρόπολη (Palol, 1966), η οποία παρουσιάζει τις δικές της δυσκολίες. Τέλος, οι επιγραφές είναι μια ιδιαίτερη πηγή δύσκολης ερμηνείας, καθώς αναγνωρίζει μόνο ένα περιορισμένο τμήμα του πληθυσμού που θα μπορούσε να αντέξει τα έξοδα μιας επιγραφής για να διαιωνίσει τη μνήμη του. Σε μια ιστορική εκτίμηση πληθυσμού, πρέπει να γίνει διάκριση μεταξύ δύο πληθυσμών, τον αστικό και τον αγροτικό. Οι αρχαιολογικές μαρτυρίες που καθορίζουν το μέγεθος του αστικού πληθυσμού είναι τα ερείπια της περιοχής τα οποία βρίσκονται εντός της περιμέτρου των τειχών της πόλης. Μια δυσκολία που εμφανίζεται, είναι πως οι περίμετροι είναι γνωστές μόνο για έναν περιορισμένο αριθμό πόλεων. Επιπλέον, μερικές φορές, η προτεινόμενη περίμετρος είναι απλά μια υπόθεση που πρέπει να εξεταστεί από μελλοντικές ανασκαφές. Ένα ακόμη πρόβλημα είναι η χρονολόγηση της κατασκευής τειχών των πόλεων, καθώς μπορεί να υπάρξει επέκταση της πόλης σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Η μεθοδολογία υπολογισμού του ρωμαϊκού αστικού πληθυσμού στην οποία κατέληξε ο César Carreras Monfort (1995-1996) ερευνώντας τα δημογραφικά στοιχεία της ρωμαϊκής Ισπανίας και η οποία μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις ρωμαϊκές πόλεις φαίνεται στην εξίσωση (2.1). Η εκτίμηση του πληθυσμού γίνεται με βάση την έκταση που καταλαμβάνει μία αρχαία πόλη και την πυκνότητα που έχει καθοριστεί σύμφωνα με τα εθνογραφικά, λογοτεχνικά και ιστορικά δεδομένα. Ο τύπος για τον υπολογισμό των αστικών πληθυσμών ορίζεται ως:

$$P = k \times A \quad (2.1)$$

όπου P είναι ο πληθυσμός, k είναι η πυκνότητα πληθυσμού σε κατοίκους ανά εκτάριο (hab/ha) και A είναι η έκταση που καταλαμβάνει η πόλη σε εκτάρια (ha).

Η πυκνότητα του αστικού πληθυσμού διαφέρει ανάλογα με το μέσο μέγεθος των νοικοκυριών, τον αριθμό των κατοίκων ανά νοικοκυριό και τους δημόσιους χώρους. Μια πρώτη πηγή, σύμφωνα με τον Mols (1955), έδειξε ότι οι πόλεις στην Ευρώπη από τον 14^ο έως το 18^ο αιώνα είχαν πυκνότητες μεταξύ 100 έως 500 hab/ha . Από την άλλη πλευρά, ο Frankfort (1950) καθόρισε έναν μέσο όρο μεταξύ 297 και 494 hab/ha για την αρχαία Μεσοποταμία, ενώ ο Adams (1965) υπολογίζει κατά μέσο όρο περίπου 200 hab/ha , με βάση τις σύγχρονες πυκνότητες στη Βαγδάτη (216 hab/ha). Τέλος, η πρόταση του Russell (1958) ξεχωρίζει. Αυτός καθόρισε την πυκνότητα μεταξύ 100 και 200 hab/ha για τη Μεσαιωνική Ευρώπη. Από τα στοιχεία αυτά προκύπτει ότι όλοι οι συγγραφείς φαίνεται να συμφωνούν στους 150 έως 350 hab/ha ως μια λογική πυκνότητα για τις πόλεις. Ωστόσο, διαπιστώθηκε ότι τα μεγάλα πολιτικά, οικονομικά και διοικητικά κέντρα αύξησαν τον πληθυσμό τους. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο επιλέχθηκαν δύο πυκνότητες, μία για τα πρωτεύοντα κέντρα και άλλη μία για τα δευτερεύοντα, αν και και οι δύο βρίσκονται εντός του ίδιου εύρους 150 έως 350 hab/ha .

Η πυκνότητα των πρωτεύοντων κέντρων ελήφθη από ένα απόσπασμα του Διόδωρου Σικελιώτη, ο οποίος κατέγραψε ότι ο ελεύθερος πληθυσμός της Αλεξάνδρειας ήταν 300 000 πολίτες. Η πόλη κάλυπτε έκταση περίπου 920 εκταρίων (ha) (Engels, 1991). Η τιμή αυτή αντιπροσωπεύει πυκνότητα 326 hab/ha , η οποία αποτελεί μια αρκετά λογική εκτίμηση που μπορεί να συγκριθεί με αυτή της Βενετίας του 16^{ου} αιώνα (327 hab/ha) ή εκείνη της Πομπηίας με βάση την ικανότητα του αμφιθεάτρου της (312 hab/ha) (Grant, 1971, 45).

Όσον αφορά **στα δευτερεύοντα κέντρα**, υπολογίζεται ο μέσος όρος μεταξύ 4 και 5 ατόμων ανά νοικοκυριό, ο οποίος είναι ο πλέον αποδεκτός για τη Ρώμη (Saller and Shaw, 1984). Κατά συνέπεια, η πυκνότητα υπολογίζεται σε ένα εύρος μεταξύ 216 έως 233 hab/ha (Adams, 1950) για τα δευτερεύοντα αστικά κέντρα.

Συνοψίζοντας, επιλέχθηκαν δύο πυκνότητες (k) για τον υπολογισμό του αστικού πληθυσμού. Η πρώτη είναι 326 hab/ha για τα πρωτογενή κέντρα, ενώ η δεύτερη

είναι 233 hab/ha για τα δευτερεύοντα κέντρα. Εκτός των αστικών πυκνοτήτων, υπάρχει άλλη μία, αυτή των 250 hab/ha για στρατιωτικούς καταυλισμούς, γνωρίζοντας ότι κάθε λεγεώνα των 5 000 ανδρών καταλάμβανε μία έκταση περίπου 20 εκταρίων (ha) (Kerrie, 1984).

Κεφάλαιο 3

Υδατικές και ενεργειακές ανάγκες ρωμαϊκού λουτρού

3.1 Χρονική εξέλιξη των λουτρών στα ομηρικά χρόνια και την αρχαία Ελλάδα

Η σημασία του νερού στη ζωή των αρχαίων συνόδευε όλες τις εκδηλώσεις του ανθρωπίνου βίου. Ειδικότερα, η χρήση του λουτρού ήταν γνωστή στον ευρύτερο ελλαδικό χώρο ήδη από την προϊστορική περίοδο ως αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής ζωής των ανθρώπων. Αναφορές σε λουτρά και στην καθαρτήριο δύναμη του νερού μάς παραδίδονται από τα **χρόνια του Ομήρου**. Στην ομηρική διάλεκτο η ασάμινθος είναι ο λουτήρας ή μάκτρα της αττικής διαλέκτου και αποτελεί την αρχαιότερη λέξη που αποδίδει την μπανιέρα. Στην Εικόνα 3.1 παρουσιάζεται ο πήλινος λουτήρας στο ανάκτορο του Νέστορα στην Πύλο, ένα τυπικό παράδειγμα ασαμίνθου της εποχής. Πιο συγκεκριμένα, ο Όμηρος στην Οδύσσεια στην ραψωδία Κ' κατά την παραμονή του Οδυσσέα στο νησί της Κίρκης περιγράφει τη διαδικασία του λουτρού ως εξής:

«ή δὲ τετάρτη ὕδωρ ἐφόρει καὶ πῦρ ἀνέκαιε
πολλὸν ὑπὸ τρίποδι μεγάλῳ· ἰαίνετο δ' ὕδωρ. αὐτὰρ ἐπεὶ δὴ ζέσσειεν ὕδωρ
ἐνὶ ἥνοπι χαλκῷ, ἔξ ῥ' ἀσάμινθον ἔσασα λό' ἐκ τρίποδος μεγάλοιο,
θυμῆρες κεράσασα, κατὰ κρατός τε καὶ ὤμων,
ὄφρα μοι ἐκ κάματον θυμοφθόρον εἴλετο γυίων.
αὐτὰρ ἐπεὶ λοῦσέν τε καὶ ἔχρισεν λίπ' ἐλαίῳ(..)» (Οδ. Κ' 358-364)

«Η τέταρτη κουβάλησε νερό κι άναψε δυνατή φωτιά κάτω από τον μεγάλο τρίποδα, για να ζεστάνει το νερό. Κι όταν, στο χάλκωμα που γυάλιζε, κόχλασε το νερό, με κατεβάζει στον λουτρό για να με λούσει· γλύκανε το καυτό νερό απ' τον μεγάλο τρίποδα με δροσερό, κι ύστερα το 'χυνε

στους ώμους και στην κεφαλή μου, τα μέλη μου ν' ανακουφίσει
από τον κάματο, που βάραινε και την ψυχή μου.
Τελειώνοντας με το λουτρό, ύστερα μ' άλειψε καλότατα με μυρωμένο λάδι.»
(Ν.Καζαντζάκης & Ι.Θ. Κακριδής, 1965)



Εικόνα 3.1: Ασάμινθος στο ανάκτορο του Νέστορα στην Πύλο, Λήψη: Ν. Μαμάσης

Κάθε θρησκευτική τελετή, δέηση, μύηση, κάθαρση νεκρού, προϋποθέτει νίψη ή λούση με νερό. Το νερό είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με όλες τις σημαντικές στιγμές της ανθρώπινης ζωής: τη γέννηση, το γάμο, το θάνατο. Ο Όμηρος αναφέρει ότι ο Έκτορας φοβάται να κάνει σπονδή στο Δία με τα χέρια άνιφτα. Στα ομηρικά έπη βρίσκουμε μαρτυρίες για ψυχρά και για θερμά λουτρά, τα οποία φαίνεται να ήταν συνήθεια τόσο των ανδρών όσο και των γυναικών. Σε ένα περιστατικό από την

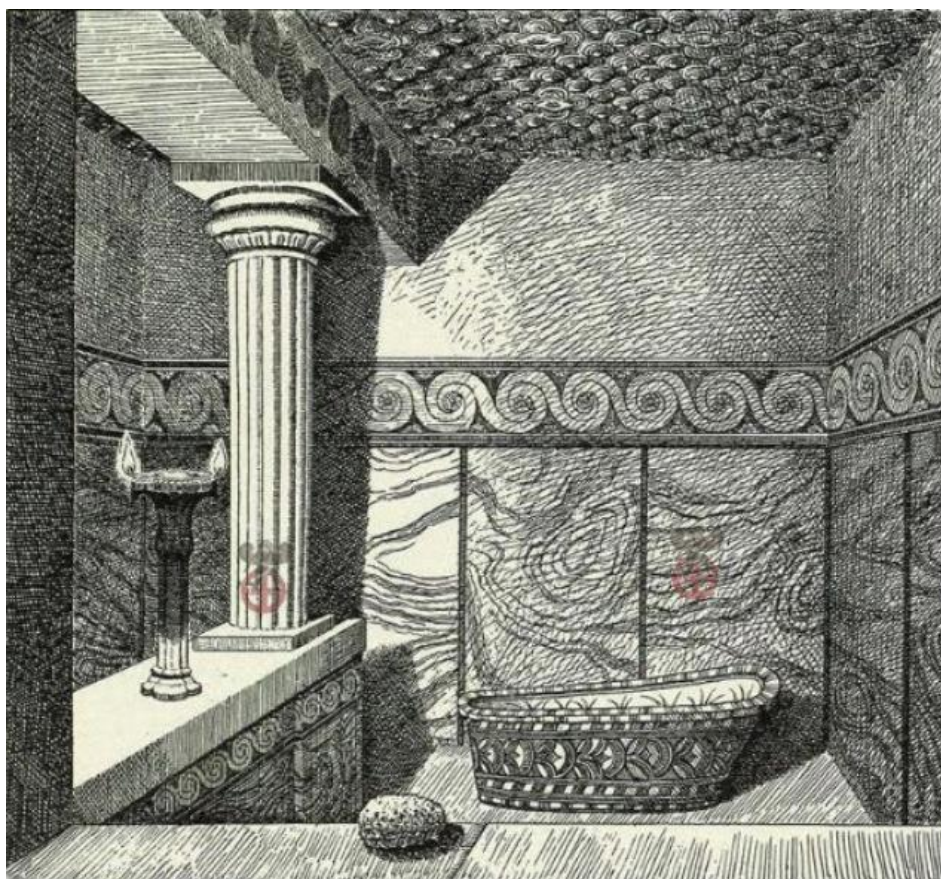
Ιλιάδα, ο Οδυσσέας και ο Διομήδης στην επιστροφή τους από νυχτερινή επιδρομή, αφού έκλεψαν τα άλογα του Ρήσου, μπήκαν στη θάλασσα για να απαλλαγούν από τον ιδρώτα και έλουσαν το λαιμό και τους μηρούς τους. Στη συνέχεια μπήκαν στα θερμά λουτρά για να λουστούν. Στην Ιλιάδα, στη ραψωδία Χ' στους στίχους 440-4, ο Όμηρος περιγράφοντας την Ανδρομάχη που περιμένει τον Έκτορα αναφέρει:

«ἀλλ' ἢ γ' ἰστὸν ὕφαινε μυχῶ δόμου ὑψηλοῖο
δίπλακα πορφυρέην, ἐν δὲ θρόνα ποικίλ' ἔπασσε.
κέκλετο δ' ἀμφιπόλοισιν εὐπλοκάμοις κατὰ δῶμα
ἀμφὶ πυρὶ στήσαι τρίποδα μέγαν, ὄφρα πέλοιτο
Ἕκτορι θερμὰ λοετρὰ μάχης ἐκ νοστήσαντι»

«Αλλά μες στα δωμάτια της είχε στο χέρι υφάδι
διπλό, ολοπόρφυρο, και πολλά πλουμίδια τού κεντούσε·
και εις τις καλές θεράπαινες είπε στην στια να στήσουν
τρίποδα μέγαν, έτοιμα θερμὰ λουτρά να γίνουν
του Έκτορος που έμελλε να γύρει από την μάχην·»

(Πολυλάς Ι., 1922)

Ένα ακόμη παράδειγμα της άριστης τεχνογνωσίας των λουτρών κατά την ομηρική εποχή είναι η ύπαρξη λουτρών στα Μινωϊκά ανάκτορα της Κνωσού, Φαιστού και στα Μάλια, όπως αποτυπώνεται στην Εικόνα 3.2. Εκεί οι αγωγοί περνούσαν από τα μαγειρεία όπου το νερό θερμαινόταν και στη συνέχεια με αγωγούς που έφθαναν έως έξω από τα δωμάτια εξασφάλιζε παροχή ζεστού νερού.



Εικόνα 3.2: Λουτρό στο παλάτι της Κνωσού σε αναπαράσταση από τις ανασκαφές του Έβανς (Evans,1930)

Δεν υπάρχει αμφιβολία πως το υδροχαρές πνεύμα των Αχαιών κληροδοτήθηκε και στους Έλληνες των μετέπειτα χρόνων. Στην **αρχαία Ελλάδα** υπήρχαν λουτρά που χρησιμοποιούνταν για καθαριότητα και τόνωση και λουτρά για θεραπευτικούς σκοπούς. Τα λουτρά ήταν συνήθως μικτά. Ο σπαρτιατικός, πειθαρχημένος τρόπος ζωής, επέβαλε στους Λακεδαιμόνες να λούζονται στα ψυχρά νερά του ποταμού Ευρώτα για σκληραγώγηση. Αντίθετα οι Αθηναίοι, ανάλογα με τις περιστάσεις, έκαναν χρήση θερμών και ψυχρών λουτρών, τα οποία και θεωρούσαν παράγοντα υγείας και πολιτισμού. Οι Μακεδόνες προτιμούσαν τα ψυχρά λουτρά, καθώς πίστευαν πως τα θερμά προκαλούσαν μαλθακότητα. Ο Μέγας Αλέξανδρος, όταν βρέθηκε μπροστά στο πολυτελέστατο λουτρό του Δαρείου διερωτήθηκε: « δύναται τις διοικῆσαι ἄνδρας ἐν μέσω τοιαύτης μαλθακότητος;». Τα λουτρά στην αρχαία Ελλάδα ήταν συνδεδεμένα με τις αντιλήψεις, τα ήθη κι έθιμα, τις κοινωνικές συνθήκες της εποχής. Οι αρχαιότερες λουτρικές εγκαταστάσεις που έχουν βρεθεί έως τώρα, λειτούργησαν στη Σύβαρη, αρχαία πόλη της Μεγάλης Ελλάδας στη Νότια

Ιταλία, τέλος του 6^{ου} π.Χ. αιώνα. Στην Εικόνα 3.3 αποτυπώνεται η τυπική διαδικασία του λουτρού.



Εικόνα 3.3: Λουτρό τριών γυναικών. Οι δύο κρατούν σπλεγγίδα (εργαλείο που χρησιμοποιούσαν οι αθλητές για να καθαρίζονται από το λάδι και τη σκόνη) και η τρίτη πλένεται στο νιπήρα. Μία τέταρτη γυναίκα κρατάει αρωματικό λάδι ενώ φέρει στον ώμο της τα ρούχα των γυναικών ή πετσέτα. 440-450 π.Χ.

Πηγή:<http://users.sch.gr/ipap/Ellinikos%20Politismos/klasiki/PolygnotosGroup08.htm>

Οι κτιριακές εγκαταστάσεις αλλά και η διαδικασία του λουτρού στα αρχαία χρόνια ονομάζεται «βαλανείον», λέξη την οποία εισήγαγε πρώτος ο Αριστοτέλης. Λειτουργούσαν από τις 8 - 9 το πρωί μέχρι την δύση του ήλιου. Οι κύριες αίθουσες που περιλάμβανε ένα τυπικό βαλανείο ήταν:

- το αποδυτήριο

- το πυριατήριο, δηλαδή αίθουσα εφίδρωσης
- πισίνες θερμού λουτρού
- πισίνες ψυχρού λουτρού
- αλειπτήριο, εφόσον συνδυαζόταν με γυμνάσιο, δηλαδή αίθουσα όπου οι αθλητές αλείφονταν λάδι πριν από την άθληση.

Η λέξη πυριατήριο αναφέρεται ακόμα στον Εύπολι και τον Αριστοτέλη. Αυτό θερμαινόταν είτε με κλίβανο, που ήταν τοποθετημένος κάτω από το δάπεδο, είτε από ατμό, που έβγαινε από μεγάλους λέβητες. Ο λουόμενος έμενε για λίγο χρόνο μέσα στο πυριατήριο όπου ίδρωνε και μετά λουζόταν στο λουτήρα με θερμό ή ψυχρό νερό. Βαλανεία βρίσκουμε στην Αθήνα από τον 5^ο αιώνα π.Χ., αλλά η διάδοσή τους συνεχίζει να είναι μεγάλη και κατά τους ελληνοιστικούς χρόνους. Τα βαλανεία ήταν δημόσια ή ιδιωτικά και βρίσκονταν συνήθως κοντά σε γυμνάσια, χώρους άσκησης της ψυχής και του σώματος των νέων, τα οποία χωροθετούνταν αρχικά κοντά σε παραποτάμιες ή θαλάσσιες περιοχές για να παίρνουν οι αθλητές πιο εύκολα το λουτρό τους. Το κρύο λουτρό δεν βοηθούσε τους αθλητές των γυμνασίων στην καθαριότητα του σώματος, αφού μετά την άθληση είχε σχηματιστεί πάνω σε αυτό ένα μίγμα από σκόνη και λάδι, που αλειφόταν πριν από την άσκηση σε ειδική αίθουσα. Μετά την εκγύμναση ήταν απαραίτητο ένα λουτρό εφίδρωσης κι έπειτα ένα γερό τρίψιμο για να καθαρίσει η επιδερμίδα. Αντιλήφθηκαν ότι στην όλη διαδικασία ένα θερμό ή και χλιαρό λουτρό εξυπηρετούσε καλύτερα.

Στο τέλος του 2^{ου} και στις αρχές του 1^{ου} αιώνα π.Χ. απαντάται η πρώτη αίθουσα θερμαινόμενου νερού στον ελλαδικό χώρο με το σύστημα των υποκαύστων, την υποδαπέδια θέρμανση δηλαδή, στην Ολυμπία, τα οποία είναι τα παλαιότερα λουτρά του ιερού της, που εξυπηρετούσαν τις ανάγκες των αθλητών, όπως φαίνεται στη Εικόνα 3.4.



Εικόνα 3.4: Υπόκαυστο λουτρών αρχαίας Ολυμπίας. *Πηγή:*

<https://m.naftemporiki.gr/story/765023>

3.2 Ρωμαϊκή εποχή

3.2.1 Γενικά

Η αγάπη των Ελλήνων για τα λουτρά κληροδοτήθηκε και αναπτύχθηκε από τους Ρωμαίους. Οι Ρωμαίοι υπήρξαν πραγματικοί λάτρεις των λουτρών, καθώς το λούσιμο ήταν για αυτούς κοινωνική υποχρέωση και οι μη λουόμενοι τιμωρούνταν. Η ευρύτατη εξάπλωσή τους σε ολόκληρη την ρωμαϊκή επικράτεια φανερώνει τη σημασία που έδιναν την εποχή εκείνη, όχι μόνο για την φροντίδα του καθαρισμού του σώματος αλλά και για τις κοινωνικές προεκτάσεις της τελετουργίας του λουτρού. Ξακουστά ήταν τα δημόσια λουτρά τους, που καλούνταν θερμές, και τα οποία χρησίμευαν τόσο στην προσωπική υγιεινή όσο και στην κοινωνικοποίηση. Εξαιτίας της μεγάλης κατανάλωσης νερού που γινόταν από τις εγκαταστάσεις των θερμών, η κατασκευή των υδραγωγείων έφτασε σε εξαιρετική τελειότητα. Επομένως, σημαντικό ρόλο στην ανοικοδόμηση των λουτρών και στην ανάπτυξη της λουτροθεραπείας έπαιξε η πρόοδος που συντελέστηκε στα υδραυλικά συστήματα νερού. Τα ρωμαϊκά λουτρά, σε κάθε γωνιά της αυτοκρατορίας ήταν τεράστια και

πολυτελή και λειτουργούσαν εκτός των άλλων ως χώροι επικοινωνίας και διασκέδασης.

3.2.2 Διάρθρωση και αρχιτεκτονική του λουτρού

Ανάλογα με το είδος των νερών που χρησιμοποιούνταν, τα λουτρά κατά τη ρωμαϊκή περίοδο χωρίζονταν, όπως και τα λουτρά της αρχαίας Ελλάδας, σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- *Aquae*, θερμά λουτρά.
- *Balnae*, συνηθισμένα λουτρά από τις πηγές πόσιμου νερού.
- *Therme*, κατά τον Αγρίππα, ήταν τα δημόσια συγκροτήματα λουτρών με θερμά και πολύ θερμά μπάνια, στη βάση των ελληνικών πρότυπων λουτρών με τους χώρους για άθληση, επικοινωνία και συζήτηση.

Η διάρθρωση και η αρχιτεκτονική των χώρων των ρωμαϊκών λουτρών είναι η εξής:

- Το *caldarium*, το πιο ζεστό δωμάτιο του λουτρού, χαρακτηριζόταν συνήθως από καμπύλα στοιχεία καθώς ήταν κυκλικός χώρος με σφαιρικό θόλο. Απαραίτητο στοιχείο ήταν ύπαρξη της πισίνας (*alveus*), κυρίως στρογγυλής με περιμετρικά εσωτερικά σκαλοπάτια. Όπως όλες οι θερμές αίθουσες, ήταν εφοδιασμένο με τις απαραίτητες τεχνικές προβλέψεις, προσανατολισμένο προς τα νοτιοδυτικά, έτσι ώστε να εκμεταλλεύονται τη φυσική θερμότητα του μεσημεριανού ήλιου. Για τον σκοπό αυτό προεξείχε από τον γενικό όγκο του λουτρικού συγκροτήματος και διέθετε μεγάλα τοξωτά παράθυρα, ενώ βρισκόταν πάντα κοντά στους χώρους θέρμανσης.
- Το *tepidarium*, το ζεστό - χλιαρό δωμάτιο του λουτρού, δεν είχε ιδιαίτερα χαρακτηριστικά: ήταν ωστόσο σε περίκεντρη διάταξη σε τετραγωνική ή ορθογωνική κάτοψη και ήταν μικρότερο από τους προηγούμενους χώρους. Εφοδιασμένο με εγκαταστάσεις που επέτρεπαν μια σχετική θέρμανση, μπορούσε να έχει μία ή περισσότερες πισίνες με χλιαρό νερό και καθίσματα κατά μήκος των πλευρικών τοίχων.

- Το frigidarium, το κρύο δωμάτιο του λουτρού με δεξαμενή κολύμβησης, σχεδιαζόταν με βορειοανατολικό προσανατολισμό και δεν ήταν από μόνο του ανεξάρτητος χώρος. Εκεί συγκεντρώνονταν οι λουόμενοι, καθώς αποτελούσε πέρασμα και σημείο συνάντησης.

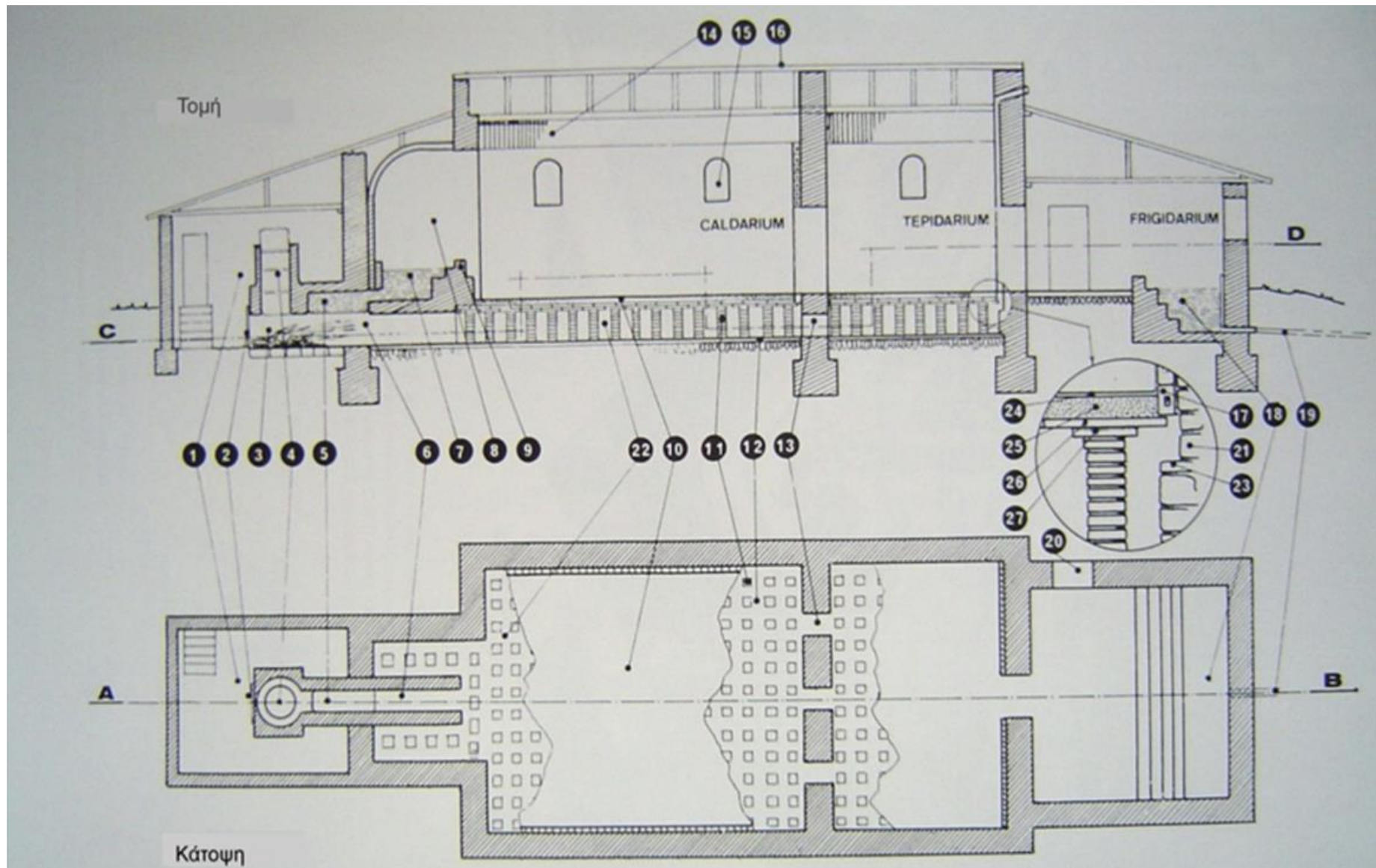
Άλλοι δευτερεύοντες χώροι των συγκροτημάτων ήταν:

- Aproduteria ή sprogliatorio, αποδυτήρια ανδρών και γυναικών, ήταν συνήθως τετράγωνης ή ορθογώνιας κάτοψης, με κάλυψη από ημικυλινδρικό θόλο ή σταυροθόλια. Δεν θερμαινόταν υποχρεωτικά και κατά μήκος των τοίχων υπήρχαν μαρμάρινοι πάγκοι, όπου και κάθονταν οι επισκέπτες, περιμένοντας τη σειρά τους. Κόγχες και ράφια χρησίμευαν για την αποθήκευση των προσωπικών τους ειδών.
- Palestra, η παλαίστρα, το γυμναστήριο, η οποία ήταν συνήθως ένας ανοιχτός χώρος, σαν μεγάλη αυλή. Διέθετε περιμετρική κιονοστοιχία και σ' αυτό εφάπτονταν βοηθητικοί χώροι για την άθληση των επισκεπτών του λουτρού.
- Heliokamin, χώροι ηλιοθεραπείας.
- Laconicum, χώροι εφίδρωσης με ρεύμα θερμού αέρα.
- Elaeotherium Alipterium, χώρος για επάλειψη με αρωματικά έλαια.

Εκτός από τα θερμά, χλιαρά και ψυχρά λουτρά που απολάμβαναν οι θαμώνες στις αντίστοιχες αίθουσες, που υπήρχαν απαραίτητως σε κάθε θέρμη, υπήρχαν επί πλέον ένα βεστιάριο για τα ρούχα, ειδικοί χώροι γυμναστικής αλλά και αίθουσες για παράθεση γευμάτων, συζητήσεις, απαγγελίες ή μικρές θεατρικές παραστάσεις. Συχνά εκτός από τις μεγαλύτερες πισίνες για ομαδική κολύμβηση υπήρχαν και ορθογώνιοι ατομικοί λουτήρες. Χαρακτηριστικό γνώρισμα των θερμών ήταν η συμμετρία στην κάτοψη και η κολοσσιαία κλίμακα. Το κεντρικό κτίσμα περιβαλλόταν από περίτεχνους κήπους και αλύσια κοσμημένα με εξέδρες και αγάλματα.

Όπως γίνεται αντιληπτό από την περιγραφή των χώρων ενός ρωμαϊκού συγκροτήματος θερμών, η διαδικασία του λουτρού στην εποχή αυτή και κατ'

επέκταση η παραμονή του λουόμενου στο λουτρό απαιτούσε αρκετό χρόνο, καθώς προχωρούσε διαδοχικά από το ένα στάδιο στο άλλο, από το ψυχρό, στο χλιαρό, στο ζεστό και αντίστροφα, προετοιμάζοντας κατάλληλα, στις εναλλαγές της θερμοκρασίας, το σώμα. Στα ενδιάμεσα στάδια, ο θαμώνας των θερμών είχε την δυνατότητα να απολαύσει ένα χαλαρωτικό μασάζ, να παρακολουθήσει μία συζήτηση ή ένα καλλιτεχνικό δρώμενο, που λάμβανε χώρα σε κάποια από τις προορισμένες γι' αυτό το σκοπό αίθουσες. Ο επισκέπτης μπορούσε επίσης να γυμναστεί ή να κολυπήσει, να ακούσει διαλέξεις ή να διαβάσει στη βιβλιοθήκη των θερμών, αλλά και να απολαύσει ένα πλούσιο γεύμα με τους φίλους του. Στην Εικόνα 3.5 απεικονίζεται ένα τυπικό ρωμαϊκό λουτρό στην πιο απλή μορφή του.



Εικόνα 3.5 : Τομή και κάτοψη ενός ρωμαϊκού λουτρού στην πιο απλή μορφή του.

Caldarium, το πιο ζεστό δωμάτιο του λουτρού

Terpidarium, το ζεστό - χλιαρό δωμάτιο του λουτρού

Frigidarium, το κρύο δωμάτιο του λουτρού

1. Αποθήκη 2. Κάλυμμα εστίας 3. Εστία (praefurnium) 4. Λέβητας 5. Testudo alvei (μεταλλική κατασκευή με λειτουργία ανάλογη ενός θερμοστάτη) 6. Κανάλι θέρμανσης 7. Πισίνα με ζεστό νερό (alveus) 8. Κόγχη της πισίνας 9. Κιγκλίδωμα 10. Πάτωμα 11. Στυλίσκοι υποκαύστων 12. Υπόκαυση 13. Ανοίγματα επικοινωνίας υποκαύσεως 14. Θόλος 15. Παράθυρο 16. Οροφή 17. Tubulus (πήλινος σωλήνας) 18. Πισίνα με κρύο νερό 19. Αγωγός αποχέτευσης 20. Είσοδος 21. Τοίχος υποκαύστων 22. Υπόκαυστο 23. Κοιλότητα τοίχου 24. Πάτωμα 25. Τσιμέντο 26. Τετράγωνη πλάκα 27. Κιονόκρανο στυλίσκου, *Πηγή: Frederick University of Cyprus*

3.2.3 Παροχή νερού

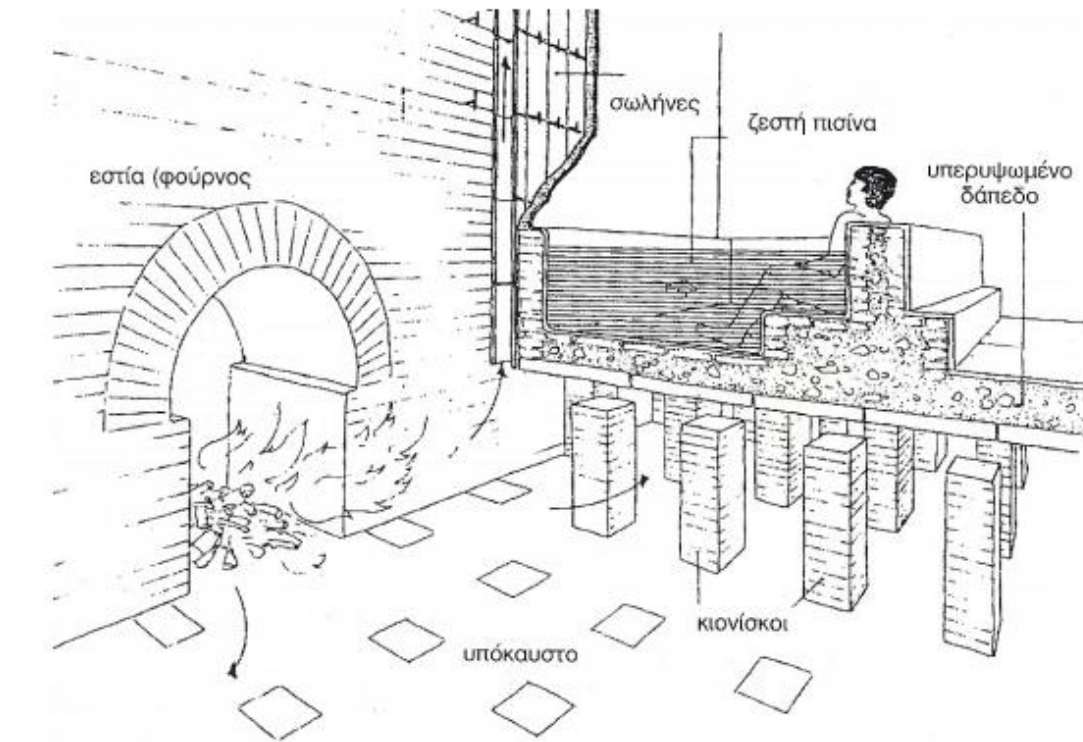
Η παροχή ύδρευσης εξασφαλιζόταν μέσω των υδραγωγείων που υπήρχαν, ωστόσο το νερό δεν ερχόταν απ' ευθείας, αλλά συγκεντρωνόταν σε μεγάλες δεξαμενές και διοχετευόταν μέσα από ένα δίκτυο διανομής πήλινων σωλήνων. Σύμφωνα με τον Βιτρούβιο, βιβλίο 5, κεφάλαιο 10, έπρεπε να ληφθεί μέριμνα ώστε τα θερμά λουτρά των γυναικών και των ανδρών να γειτνιάζουν και να έχουν την ίδια όψη και στην περίπτωση αυτή ο ίδιος φούρνος και τα δοχεία-δεξαμενές να εξυπηρετούν και τα δύο λουτρά. Οι θερμαντήρες – καζάνια - λέβητες πάνω από τους φούρνους πρέπει να είναι τρία, ένα για το ζεστό νερό, ένα για το χλιαρό νερό και ένα τρίτο για το κρύο νερό. Πρέπει να είναι έτσι διατεταγμένα ώστε το ζεστό νερό που εξέρχεται από το θερμαινόμενο δοχείο να μπορεί να αντικατασταθεί με ισοδύναμη ποσότητα από το χλιαρό δοχείο, το οποίο με παρόμοιο τρόπο τροφοδοτείται από το ψυχρό δοχείο και ότι οι τοξωτές κοιλότητες στις οποίες βρίσκονται να μπορούν να θερμαίνονται από μία φωτιά.

3.2.4 Η θέρμανση

Στις αίθουσες του θερμού λουτρού διοχετευόταν, από έναν παρακείμενο κλίβανο (praefurnium), θερμότητα με υπόκαυστα, ένα είδος υποδαπέδιας θέρμανσης, και μέσω πήλινων αεραγωγών σωλήνων, ενσωματωμένων μέσα στην τοιχοδομία των δωματίων. Ο φούρνος (praefurnium) βρισκόταν στο κεντρικό τμήμα και σε κοντινή απόσταση από τις ζεστές αίθουσες, ενώ τα δάπεδα των κρύων λουτρών δε διέθεταν απολύτως καμία θέρμανση. Επρόκειτο για ανοιχτό χώρο, προσπελάσιμο μέσω ενός ή περισσότερων βοηθητικών διαδρόμων, με λάκκους για την καύση, που διαχωρίζονταν μεταξύ τους από χαμηλούς τοίχους, πάνω στους οποίους ακουμπούσαν τα καζάνια. Ως υλικό καύσης χρησιμοποιούσαν συνήθως καυσόξυλα, κατά προτίμηση ξύλα που παρήγαγαν λίγο καπνό (έλατα), έτσι ώστε να γίνεται απόθεση μικρής ποσότητας αιθάλης στις εγκαταστάσεις. Η στάχτη, που παραγόταν από τις συνεχείς καύσεις, υφίστατο επεξεργασία και χρησιμοποιείτο για τις πλύσεις των ρούχων σαν απορρυπαντικό. Τα καζάνια κατασκευάζονταν από μπρούντζο στο κάτω μέρος και από φύλλα μολύβδου στο ανώτερο.

3.2.5 Το υπόκαυστο

Η θέρμανση γινόταν μέσω ενός υποδαπέδιου (hypocaustis) και ενδοτοιχίου συστήματος κυκλοφορίας ζεστού αέρα. Το σύστημα αυτό της κεντρικής θέρμανσης των υποκαύστων, ήταν γνωστό ήδη από τους Έλληνες και τελειοποιήθηκε με την διέλευση σωλήνων από τους τοίχους των διαφόρων διαμερισμάτων. Ένα παράδειγμα του συστήματος του υποκαύστου αποτυπώνεται στην Εικόνα 3.6.



Εικόνα 3.6: Σύστημα υποκαύστου, Πηγή: Ελένη Κανετάκη, Οθωμανικά Λουτρά στον Ελλαδικό Χώρο, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα 2004, σελ. 26

Το πάτωμα ήταν διπλό, κάτω από το οποίο περνούσε ο ζεστός αέρας που παρήγαγε η καύση του ξύλου στους φούρνους. Με αυτό το σύστημα θέρμανσης, η θερμοκρασία ανέβαινε μέχρι τους 60°C, ενώ κατά την διάρκεια της νύχτας, το στρώμα αέρα που παρέμενε μέσα στην τοιχοποιία λειτουργούσε μονωτικά, εμποδίζοντας κατά κάποιον τρόπο την ψύξη των χώρων. Το σύστημα των υποκαύστων κατασκευαζόταν από σειρές κιονίσκων (από τετράγωνα τούβλα), διατομής 20 x 20 cm και ύψους 70 - 90 cm, που τοποθετούνταν σε αποστάσεις 60 cm ο ένας από τον άλλον. Οι κιονίσκοι (*suspensurae*) εδράζονταν σε ένα υπόστρωμα από κεραμίδια ή μεγάλα τούβλα, με κλίση προς την πηγή της θερμότητας, έτσι ώστε να επιτρέπουν τη ροή του νερού από τους υδρατμούς (λόγω συμπύκνωσης). Πάνω σ' αυτούς τοποθετούσαν μεγάλα τούβλα, διαστάσεων 60 cm, πάνω στα οποία έστρωναν ένα είδος υδραυλικού κονιάματος, το *cocciopesto* και τέλος τις πλάκες μαρμάρου.

3.3 Βυζαντινή εποχή

Τα λουτρά κατά τους βυζαντινούς χρόνους ήταν δημόσια, ιδιωτικά ή και μοναστηριακά. Τα δημόσια κτίζονταν σε κεντρικά σημεία των πόλεων. Οι Βυζαντινοί τα αποκαλούσαν και λούσμα, ενώ συχνά χρησιμοποιήθηκε και ο όρος βαλανείο. Τα κείμενα των ιστορικών αναφέρουν τον διαχωρισμό του λουτρού σε τρία διαμερίσματα, τα οποία είναι όμοια με τις ρωμαϊκές θέρμες και τα βαλανεία καθώς διατηρούν τους τρεις κύριους χώρους τους, που είναι: το tepidarium, το caldarium και το frigidarium. Στα μεγάλα λουτρά υπήρχε ο προθάλαμος, ο χώρος των αποδυτηρίων - τα αποδυτά ή απόδυτρα - και στη συνέχεια το ψυχρολούσιο ή κρύον ή frigidarium, όπου γίνονταν προετοιμασία. Μετά ακολουθούσε το χλιαροψύχριο ή tepidarium, όπου γινόταν ο καθαρισμός και στο τέλος ο θερμός χώρος, ο οποίος αποκαλούνταν εσώτερος, ενδότερος θόλος ή ζεστόν ή και caldarium, όπου γινόταν η εφίδρωση και ο καθαρισμός. Στην Εικόνα 3.7 διακρίνεται το εσωτερικό του Βυζαντινού λουτρού της Θεσσαλονίκης, τυπικό παράδειγμα της εποχής εκείνης.



Εικόνα 3.7: Βυζαντινό λουτρό, Θεσσαλονίκη, Πηγή: <https://www.typosthes.gr/>

Κάθε λουτρό ήταν εφοδιασμένο με δεξαμενή θερμού και ψυχρού ύδατος, την κολυμβήθρα ή κόλυμβο ή δεξαμενή. Το κυρίως κτήριο των λουτρών είχε υποδομή για την θέρμανση του νερού, υπόκαυστα και αποθήκες. Υπήρχαν ακόμη: μία αίθουσα αναμονής, που οδηγούσε στα αποδυτήρια, καθώς και διάφοροι βοηθητικοί χώροι. Το νερό που τροφοδοτούσε τους χώρους του λουτρού θερμαινόταν στο καζάνι ή χάλκωμα ή χαλκίον. Η θέρμανση των χώρων γινόταν μέσω των υποκαύστων, ενώ σαν καύσιμη ύλη χρησιμοποιούσαν ξύλα ή ξυλάνθρακα. Οι Βυζαντινοί, στον χλιαρό χώρο του λουτρού, άλειβαν το σώμα τους με λάδι ή κρασί και άλλες αρωματικές ουσίες, για να αποφύγουν την εκδήλωση εξανθημάτων. Στη συνέχεια, έμπαιναν στον θερμό χώρο όπου γινόταν η κύρια διαδικασία του λουτρού. Αφού ίδρωναν, τρίβονταν με το τρίπτρο, ένα είδος υφασμάτινου γάντιου, μετά με σπαρτίον, ίνες του φυτού σπάρτου, ή με ύσσωπο, ένα θεραπευτικό βότανο και μετά σαπουνίζονταν με σαπούνι. Το πλύσιμο μπορούσε να γίνει και στην εμβατή, τη δεξαμενή με το ζεστό νερό. Το τελευταίο στάδιο του λουτρού ήταν η είσοδος στο ψυχρόν, τη δεξαμενή με το κρύο νερό. Στη συνέχεια σκουπίζονταν, αλείβονταν με μύρα και αποσύρονταν στα διαμερίσματα ανάπαυσης, όπου έπιναν τονωτικά ποτά και συχνά έτρωγαν. Η επίσκεψη στο λουτρό αποτελούσε εκδήλωση της κοινωνικής ζωής, αλλά και πηγή ευχαρίστησης. Άνοιγαν στη 1 μ.μ. - 2 μ.μ. το μεσημέρι και λειτουργούσαν μέχρι και τις νυχτερινές ώρες.

Οι Βυζαντινοί έδειχναν μεγάλο ενδιαφέρον για τα λουτρά. Σε κάθε πόλη υπήρχαν δημόσια βαλανεία, γεγονός που επιβεβαιώνεται τόσο από τα ερείπια που έχουν βρεθεί όσο και από τα συγγράμματα των βυζαντινών λογίων. Τα περισσότερα λουτρά της πρωτοβυζαντινής περιόδου ήταν δίδυμα, για τον διαχωρισμό των φύλων. Πρόκειται δηλαδή για δύο πλήρη λουτρικά συγκροτήματα με ξεχωριστές συνήθως εισόδους, που δεν επικοινωνούν μεταξύ τους αλλά έχουν κοινά υπόκαυστα για λόγους οικονομίας. Τον τύπο των διδύμων - διπλών λουτρών τον βρίσκουμε και στα ρωμαϊκά αλλά τον συναντάμε πολύ αργότερα και στα μουσουλμανικά χαμάμ. Όταν το λουτρό ήταν απλό, το πρόβλημα του διαχωρισμού των φύλων αντιμετωπιζόταν με διαφορετικά ωράρια λειτουργίας.

Αναμφίβολα λοιπόν τα δημόσια λουτρά ήταν βασικό στοιχείο της καθημερινής ζωής στο Βυζάντιο και μία από τις πιο σημαντικές εξυπηρετήσεις των πόλεων, που εξασφάλιζαν την καθαριότητα, τις κοινωνικές επαφές και την ευχαρίστηση των πολιτών. Εκτός από χώροι καθαριότητας και ευχαρίστησης, ήταν και χώροι κοινωνικής ζωής, κυρίως για τις γυναίκες, οι οποίες, ζώντας περιορισμένες και χωρίς πολλές ευκαιρίες για έξοδο, είχαν την δυνατότητα εδώ να συζητήσουν και συχνά να τραγουδήσουν και να χορέψουν. Σ' όλες τις πόλεις του Βυζαντινού κράτους υπήρχαν αρκετά δημόσια λουτρά για την εξυπηρέτηση όλων των κατοίκων, ανεξάρτητα από κοινωνική τάξη, επάγγελμα ή φύλο. Οι Βυζαντινοί αυτοκράτορες φρόντιζαν για την ανέγερση των δημοσίων λουτρών και στη συνέχεια η Πολιτεία κάλυπτε τη δαπάνη συντήρησης και λειτουργίας τους. Όπως στη Ρώμη, έτσι και στο Βυζάντιο, τα δημόσια λουτρά ήταν συνήθως κτίσματα καλοφτιαγμένα και επιβλητικά.

3.4 Οθωμανική εποχή

Η κατάκτηση της Μικράς Ασίας από τα ισλαμικά φύλα στο διάστημα από τον 11^ο έως τον 15^ο αιώνα μ.Χ. έφερε σε επαφή τους επιδρομείς με τα δημόσια λουτρά των βυζαντινών πόλεων. Τα τουρκικά λουτρά ή χαμάμ όπως είναι ευρέως γνωστά είναι είτε τα ίδια τα βυζαντινά λουτρά που κατέσχεσαν οι Τούρκοι είτε αντίγραφά τους, σε πολλές περιπτώσεις χτισμένα από Βυζαντινούς αρχιτέκτονες. Αποτελούσαν κτίρια τυπικά του ισλαμικού κόσμου ενώ ήταν απαραίτητο στοιχείο στην καθημερινή ζωή μιας μουσουλμανικής πόλης, καθώς το Κοράνι επέβαλε τη λούση και τις νύψεις στους πιστούς του θεωρώντας ότι εξαλείφει τα αμαρτήματα της ψυχής. Τα χαμάμ δε διαφέρουν από τα ρωμαϊκά λουτρά. Ωστόσο, όπως τα Βυζαντινά, έτσι και τα πρώιμα ισλαμικά λουτρά δεν διέθεταν χώρους γυμναστηρίων (palestrae), αφού η έννοια της φυσικής εξάσκησης, που ήταν άλλοτε συνδεδεμένη με την επίσκεψη σε αυτό κατά τους ρωμαϊκούς χρόνους, απουσίαζε. Τα Οθωμανικά λουτρά υιοθέτησαν τη λουτρική παράδοση των Ρωμαίων, η οποία εξελίχθηκε μέσα από τα πρότυπα της κλασικής αρχαιότητας. Κάποιες διαφορές που υπάρχουν οφείλονται σε ειδικές διατάξεις του Κορανίου. Η βασικότερη απ' αυτές είναι ότι το

πλύσιμο του σώματος πρέπει να γίνεται με νερό τρεχούμενο. Το βύθισμα του σώματος σε κοινή με άλλους δεξαμενή, που συνηθιζόταν στα ρωμαϊκά και βυζαντινά βαλανεία, αντικαταστάθηκε στα μουσουλμανικά λουτρά με το πλύσιμο πλάι στη γούρνα, όπου ο λουόμενος πλένεται με νερό που τρέχει. Ακόμη, η εξέλιξη των λουτρών στην οθωμανική περίοδο αφορούσε κυρίως στη βελτίωση του συστήματος κυκλοφορίας του ζεστού νερού και του αέρα μέσα στους τοίχους με σωλήνες, για την καλύτερη θέρμανση των χώρων. Τυπικό παράδειγμα ενός χαμάμ είναι τα λουτρά Μπέη Χαμάμ στη Θεσσαλονίκη, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.8.



Εικόνα 3.8: Τα λουτρά Μπέη Χαμάμ στη Θεσσαλονίκη, *Πηγή:* Μηχανή του χρόνου

Η διάρθρωση και η αρχιτεκτονική των χώρων του οθωμανικού χαμάμ είναι η εξής:

- Τα αποδυτήρια, μία θολωτή αίθουσα, η οποία θερμαίνεται ελαφρά - χλιαρά για να αλλάζουν τα ρούχα τους και να στεγνώνουν τις πετσέτες που χρησιμοποιούν οι λουόμενοι. Σε πολλά λουτρά η πρώτη αυτή αίθουσα διαθέτει συντριβάνι και ξύλινο υπερώο, όπου εκεί ήταν τα αποδυτήρια. Σ' αυτήν επίσης υπήρχε και το δωμάτιο εκείνου που διαχειριζόταν το λουτρό, του χαμαμτζή.

- Το αντίστοιχο ρωμαϊκό tepidarium, που θερμαίνεται μέτρια στους 20-30°C και χρησιμεύει στο να συνηθίζει το σώμα τη ζέστη, προτού περάσει στην πολύ ζεστή τρίτη αίθουσα. Υπήρχαν όμως και γούρνες στην αίθουσα αυτή για να μπορούν να πλυθούν όσοι δεν αντέχουν την πολλή ζέστη. Η αίθουσα διαθέτει και πεζούλια περιμετρικά, για να ξεκουράζονται οι λουόμενοι.
- Το αντίστοιχο ρωμαϊκό caldarium, δηλαδή η πολύ ζεστή αίθουσα, όπου η θερμοκρασία φτάνει τους 38-40°C. Το δάπεδο στη μέση της αίθουσας υπερυψώνεται αρκετά, ώστε να σχηματιστεί αυτό που λέγεται γκιομπέκ τασί (ομφαλική πέτρα), όπου ξαπλώνει κανείς μπρούμυτα για να του κάνουν οι ειδικοί υπάλληλοι του λουτρού εντριβές. Η αίθουσα αυτή κατά κανόνα διέθετε γούρνες όπου πλένονταν οι λουόμενοι.
- Το θερμαντικό κέντρο, το υπόκαυστο των Ρωμαίων, που βρίσκεται σε επαφή με την τρίτη αίθουσα και τους απαραίτητους βοηθητικούς χώρους υγιεινής.

Η είσοδος γίνεται απ' ευθείας από τον δρόμο και ο επισκέπτης εισέρχεται στο αποδυτήριο, όπου υπάρχει κατάλληλη διαρρύθμιση με ντουλάπια, ξύλινους πάγκους με μαξιλάρια για τους λουόμενους, ενώ συνήθως στο κέντρο βρίσκεται ένα συντριβάνι. Εκεί ο υπεύθυνος παραδίνει ένα λινό ύφασμα, δύο πετσέτες και ένα ζευγάρι ξύλινα υποδήματα. Ο λουόμενος οδηγείται εν συνεχεία στο χλιαρό χώρο, όπου παραμένει μέχρι να εξοικειωθεί στη θερμοκρασία περίπου στους 25°C. Από το χλιαρό τμήμα εισέρχεται στο θερμό χώρο, με θερμοκρασία 40°C. Μόλις συνηθίσει στη θερμότητα περνά σ' έναν από τους ατομικούς θερμούς χώρους, όπου παραμένει μέχρι να ολοκληρωθεί η εφίδρωση. Κατόπιν επιστρέφει στη θερμή αίθουσα όπου γίνεται το τρίψιμο και καθαρισμός με την βοήθεια ειδικού γαντιού.

Οι ενδιάμεσες πόρτες των κυρίως χώρων του λουτρού ήταν συνήθως τοξωτές και χαμηλές και δεν υπάρχουν καθόλου παράθυρα ή φεγγίτες προκειμένου να μη διαφεύγει η θερμότητα και ο ατμός. Το φως έμπαινε από τα πολυάριθμα στρογγυλά χοντρά τζάμια και τα οποία διακοσμούσαν συγχρόνως εξωτερικά το κτίριο. Τα περισσότερα λουτρά ήταν διπλά, δηλαδή χρησιμοποιούνταν συγχρόνως από άνδρες και γυναίκες. Στην περίπτωση αυτή είχαν κοινό υπόκαυστο. Υπάρχουν δύο τύποι διπλού χαμάμ. Ο πρώτος αποτελείται από δύο λουτρά τοποθετημένα το ένα πλάι

στο άλλο. Ο δεύτερος τύπος ορίζει πως το ένα χαμάμ είναι συνέχεια του άλλου, με τα θερμά λουτρά τους να είναι σε επαφή. Τα οθωμανικά λουτρά που κτίστηκαν στον ελλαδικό χώρο κατά την περίοδο της τουρκοκρατίας συγκροτούν μια ιδιόμορφη κτιριολογική ενότητα. Συνηθέστερα είναι τα μονά με εναλλάξ λειτουργία για άνδρες και γυναίκες. Σπανιότερα και μεγάλου πάντα μεγέθους είναι τα διπλά, τα δίδυμα, που λειτουργούν παράλληλα και για τα δύο φύλα. Τα χαμάμ χρησιμοποιούνταν συχνά και από μη μουσουλμάνους. Στην περίπτωση αυτή προβλέπονταν και χώροι με στάσιμο νερό. Το στάσιμο νερό, δηλαδή το λούσιμο σε μπανιέρες, υπήρχε μόνο για χρήση από μη μουσουλμάνους, γι' αυτό και οι μπανιέρες συνηθίζονταν μόνο σε χαμάμ που δεχόνταν χριστιανούς και εβραίους .

3.5 Κατανάλωση καυσίμων για τη θέρμανση του λουτρού

3.5.1 Εισαγωγή

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων είκοσι ετών, παρατηρείται αύξηση του ενδιαφέροντος όσον αφορά στο ρόλο και τη χρήση καυσίμων στην αρχαία ρωμαϊκή οικονομία. Μία από τις προκλήσεις είναι η προσπάθεια μέτρησης της κατανάλωσης καυσίμων. Η προμήθεια καυσίμων για τα δημόσια λουτρά της αρχαίας Ρώμης αγγίζει μερικές θεμελιώδεις αρχές στη σκέψη μας για την αρχαία οικονομική συμπεριφορά. Τα λουτρά συχνά κατηγορούνται για τη σπατάλη τους. Σύμφωνα με τον Wilson (2012), η ζήτηση καυσίμων για τα λουτρά ήταν τεράστια. Λόγω της ευρείας χρήσης τους από τους ελληνιστικούς χρόνους, η αρχαία συνήθεια των λουτρών είναι συχνά συνδεδεμένη με την εξάντληση των δασών και την αποδάσωση. Σε όλη την αυτοκρατορία χρησιμοποιήθηκαν πολλές διαφορετικές ποικιλίες καυσίμων όπως ελαιόδεντρα, άχυρο, παραπροϊόντα της γεωργίας και άνθρακας. Ορισμένες από αυτές τις εναλλακτικές πηγές καυσίμων στην πραγματικότητα καίγονται παράγοντας μεγαλύτερη θερμότητα και είναι καθαρότερες από το ξύλο. Η απεικόνιση της αρχαίας οικονομίας καυσίμου από τον Wilson (2012) στην περίπτωση των θερμαινόμενων λουτρών αποτελείται από τους

εξής παράγοντες: (α) ότι το κόστος καυσίμων για τη θέρμανση των λουτρών βάρυνε τους πόρους, έχοντας ως αποτέλεσμα η θέρμανση των λουτρών να είναι δαπανηρή. Συνέπεια του αυξημένου κόστους είναι ότι (β) τα καύσιμα κατά προτίμηση θα ήταν όσο το δυνατόν φθηνότερα και πιο εύκολα προμηθεύσιμα, πράγμα που σημαίνει ότι (γ) τα καυσόξυλα χρησιμοποιήθηκαν περισσότερο και όχι το πιο ακριβό κάρβουνο. Όπου τα καυσόξυλα ήταν σπάνια ή έγιναν σπάνια, είτε εισήχθησαν καυσόξυλα είτε χρησιμοποιήθηκαν άλλες ποικιλίες χαμηλού κόστους καυσίμων.

Υπάρχουν τρεις τρόποι για να υπολογισθεί η κατανάλωση καυσίμων των δημόσιων λουτρών. Ο πρώτος αφορά τον έλεγχο των αρχαίων πηγών, οι οποίες δίνουν τις πληροφορίες σχετικά με τις ποσότητες καυσίμων που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν. Ωστόσο, το μειονέκτημά τους είναι πως ορισμένες παροχές, μισθώσεις και συμβάσεις που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό του όγκου των καυσίμων εκφράζονται σε νομισματικό κόστος. Ο δεύτερος τρόπος μέτρησης της κατανάλωσης καυσίμου είναι η ανάλυση των δομών του λουτρού ή η σύγκριση του συστήματος του υποκαύστου με πιο σύγχρονες εγκαταστάσεις όπως για παράδειγμα τα χαμάμ, τα οποία παρέχουν μια καλή σύγκριση για τη μέτρηση των θερμοκρασιών που χρησιμοποιούνται σε αυτά τα λουτρά, καθώς και των συστημάτων που χρησιμοποιούν. Ο τρίτος τρόπος μέτρησης είναι μέσω της αρχαιολογικής αναδόμησης, θερμικής ανάλυσης και μελέτης μεταφοράς θερμότητας.

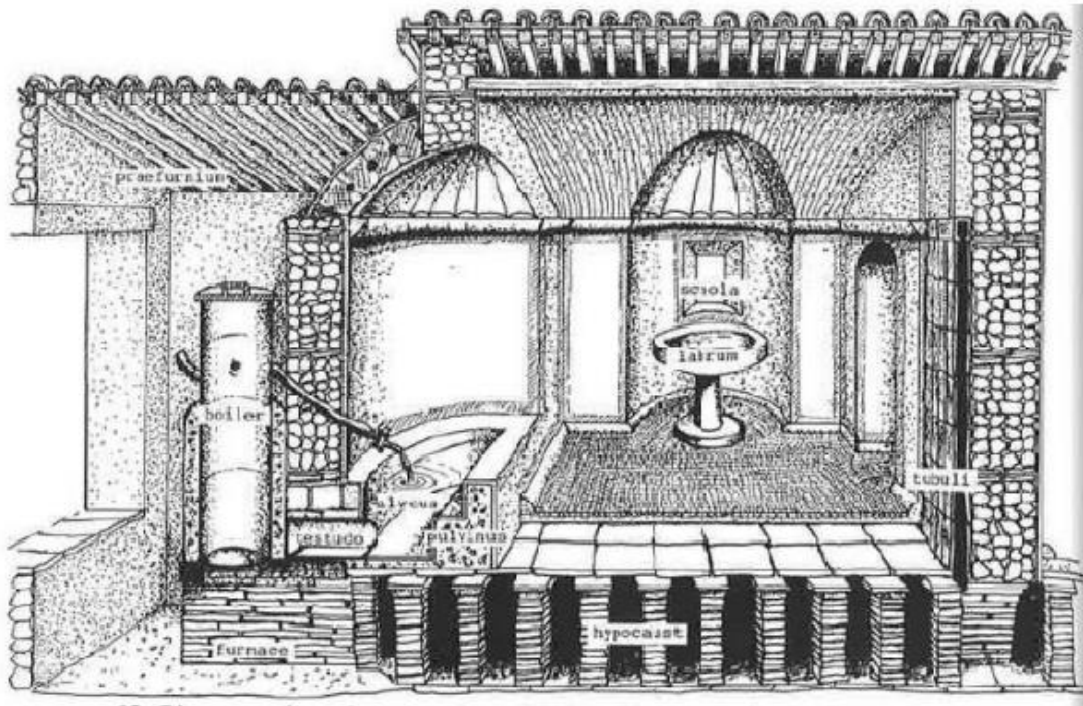
3.5.2 Αρχαίες αναφορές-επιγραφές

Μια επιγραφή στο Misenum, αρχαίο λιμάνι της Καμπανίας στην Ιταλία, από το τέλος του 2^{ου} αιώνα μ.Χ. καταγράφει μια δωρεά στα λουτρά της πόλης με 400 φορτία σκληρού ξύλου. Το ποσό αυτό έπρεπε να χορηγείται κάθε χρόνο καθώς φαίνεται πιθανό να κάλυπτε το πλήρες κόστος θέρμανσης. Εκτιμώντας πως ένα φορτίο ισούται με 393 kg, προκύπτει ότι η δωρεά θα είναι 157 200 kg σκληρού ξύλου. Αυτά τα στοιχεία μπορούν να συγκριθούν με μια άλλη επιγραφή που καταγράφει μια δασική έκταση που δωρήθηκε στα τέλη του 1^{ου} αιώνα μ.Χ. Η δωρεά περιελάμβανε λουτρά μαζί με ένα υδραγωγείο και 36 (ha) εκτάρια δασικής έκτασης

για την προμήθεια των λουτρών. Τα ποσοστά αποδόσεων που αναφέρει ο Blyth (1999) σε μετατραπείσα μορφή είναι: για καστανιές 0.57 τόνοι ξύλου ανά iugerum (1/4 εκταρίου), για τέφρα (η τέφρα είναι το αγγλικό όνομα, ανήκει σε μια οικογένεια με ανθοφόρα φυτά στην οικογένεια των ελαιώνων) 0.87 τόνοι ξύλου ανά iugerum (1/4 εκταρίου), που σημαίνει ετήσια απόδοση μεταξύ 85 500 - 130 500 kg. Για δρυς, αυτό υπολογίστηκε σε 65 625 kg, το οποίο είναι κατά μέσο όρο κάπως μικρότερο από το μισό σε σύγκριση με την επιγραφή στο Misenum. Μια άλλη επιγραφή από τον 5^ο αιώνα μ.Χ. στην Κατάνια, στην ανατολική Σικελία, αναφέρει ότι η καθημερινή χρήση του ξύλου στα Αχίλλεια λουτρά μειώθηκε από 4 960 kg σε 2 790 kg ανά μέρα σύμφωνα με τον Herz (2010). Το γεγονός ότι τα στοιχεία αυτά εκφράζονται σε καθημερινή χρήση είναι ενδιαφέρον, παρότι θα ήταν εύλογο να υπάρχουν διαφορές μεταξύ της χρήσης καυσίμων το καλοκαίρι και το χειμώνα ακόμη και για τη Σικελία. Ωστόσο, η έλλειψη διάκρισης μεταξύ καλοκαιριού και χειμώνα σε αυτή την επιγραφή θα μπορούσε βέβαια να εξηγηθεί ως μέσος όρος. Ένα άλλο επιχείρημα είναι ότι οι διαφορές στη θερμοκρασία δεν είχαν σημασία για το πόσο καύσιμο χρησιμοποιήθηκε. Υπολογιζόμενη σε ένα έτος - όπου τα λουτρά είναι ενεργά 365 ημέρες - η επιγραφή αναφέρει ότι η χρήση καυσίμου μειώθηκε από 1 785 600 kg σε 1 018 350 kg. Ο αριθμός αυτός είναι περίπου δεκαπλάσιος του ποσού που χρησιμοποιήθηκε στο Misenum. Αντίστοιχα, η περιοχή που απαιτείται για την προσφορά της αρχικής ποσότητας ξύλου, θα ήταν μεταξύ 776 - 1020 εκτάρια (ha), μειώνοντας στα 442 - 582 εκτάρια (ha), χρησιμοποιώντας τα στοιχεία του Blyth για την απόδοση της ξυλείας από καστανιά ή δρυ. Χρησιμοποιώντας τα στοιχεία για το *Pinus nigra* από το έργο του Xylarch θα μας έδιναν από τα 464 στα 265 εκτάρια (ha).

3.5.3 Η επίδραση του συστήματος υποκαύστου, οι ώρες λειτουργίας και οι θερμοκρασίες του μπάνιου

Η γενική αρχή πίσω από ένα **σύστημα υπόκαυστου** είναι συνήθως η ίδια (Βλ. Σχήμα 3.1).



Σχήμα 3.1: Σύστημα υπόκαυστου αποτελούμενο από : α) praefurnium, θερμαντικός κλίβανος ,β) boiler, λέβητας, γ) furnace, εστία φωτιάς, δ) testudo, μεταλλική κατασκευή με λειτουργία ανάλογη ενός θερμοστάτη ε) alveus, πισίνα στ) tubuli, πλήλιοι σωλήνες μεταφοράς θερμού αέρα. Πηγή: Michael Mietz, *The Fuel Economy of Public Bathhouses in the Roman Empire*, Universiteit Gent, 2015-2016

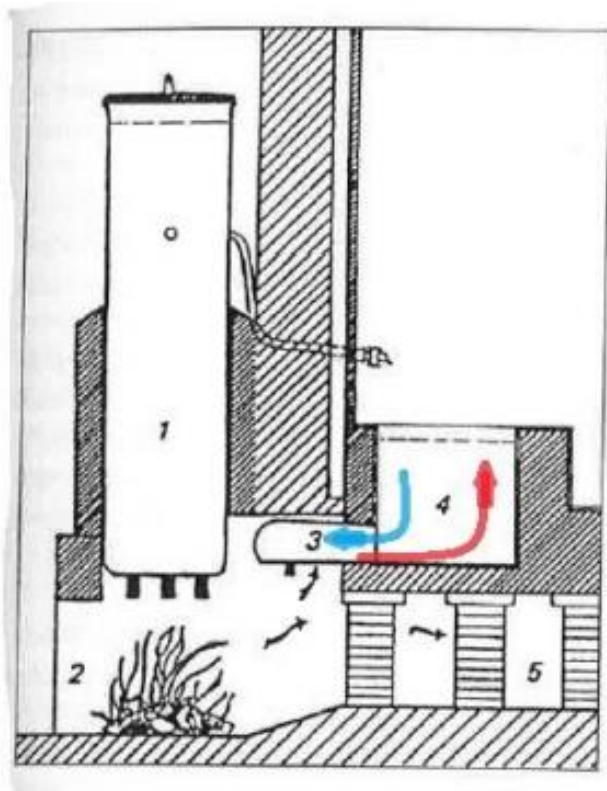
Ένας κλίβανος τοποθετείται σε ένα θάλαμο σε χαμηλότερο επίπεδο, το οποίο συνδέεται με ένα χώρο κάτω από τους θερμαινόμενους χώρους του συγκροτήματος του λουτρού. Ο ζεστός αέρας ρέει κάτω από τα ανυψωμένα δάπεδα και τελικά απομακρύνεται μέσω ενός καπναγωγού ή καμινάδας. Τα αρχαία ρωμαϊκά λουτρά δεν διέθεταν ακριβώς καμινάδες. Αντ' αυτού, είχαν ανοίγματα αερισμού ή αγωγούς σύμφωνα με τον Rook (1992 σ. 30-33). Επειδή αυτά τα ανοίγματα λειτουργούσαν ως καπνοδόχοι και λόγω της έλλειψης μιας καλύτερης λέξης, η λέξη καμινάδα και τα

παράγωγά της θα εξακολουθήσουν να χρησιμοποιούνται. Η φωτιά έκαιγε απευθείας στο πάτωμα χωρίς την ύπαρξη σχάρας. Ο Rook (1992) σημειώνει πως αυτό έχει το πλεονέκτημα ότι η θερμοκρασία της φωτιάς μπορεί να ρυθμιστεί ή να παραμείνει σταθερή με το χειρισμό του μεγέθους και της γεωμετρίας της. Μια φωτιά τύπου πυρκαγιάς έχει το πλεονέκτημα της πιο αργής καύσης, επειδή ο αέρας αναρροφάται πάνω από τη φωτιά. Ως αποτέλεσμα, η φωτιά αυτή μπορεί να αφεθεί να καεί χωρίς επιτήρηση για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Από τα πρώτα χρόνια της αυτοκρατορίας, άρχισαν να γίνονται πολλές προσθήκες σε αυτό το σύστημα. Αυτά περιελάμβαναν κεραμίδια ή κοίλους σωλήνες σε τοίχους και μερικές φορές κοίλους σωλήνες σε θόλους των οροφών. Με αυτές τις καινοτομίες, ο θερμός αέρας έρρεε μέσα από τους τοίχους με αποτέλεσμα αυτό να παρέχει μόνωση ενώ ταυτόχρονα αυτός ο θερμός αέρας αποτελούσε ένα ενεργό μέσο θέρμανσης. Όπως αναφέρει ο Seneca (1998), ακτινοβολούσε ομοιόμορφη θερμότητα σε όλο το θερμαινόμενο δωμάτιο, ακόμα και στις χαμηλότερες ή υψηλότερες περιοχές του δωματίου. Η θέρμανση των τοίχων σημαίνει ότι μια μεγαλύτερη επιφάνεια μεταφέρει τη θερμότητα, σε σύγκριση με τη θέρμανση μόνο των δαπέδων. Σύμφωνα με τον Rook (1992), η θερμότητα μεταφέρεται επίσης στην θερμαινόμενη αίθουσα πιο εύκολα καθώς τα κεραμίδια και ο σοβάς των τοίχων είναι πολύ λεπτότερα υλικά σε σύγκριση με τα δάπεδα σκυροδέματος. Υπάρχει μία ακόμη ενδιαφέρουσα οπτική για το σκοπό της μελέτης της κατανάλωσης καυσίμου. Για τους επισκέπτες, οι θερμαινόμενοι τοίχοι θα είχαν το ίδιο αποτέλεσμα θέρμανσης, αλλά σε χαμηλότερη πραγματική θερμοκρασία δωματίου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι άνθρωποι ανταποκρίνονται περισσότερο στην ακτινοβολούμενη θερμότητα. Η επίδραση αυτού του γεγονότος στα θερμαινόμενα λουτρά είναι ότι οι κλίβανοι μπορούν να λειτουργούν σε πολύ χαμηλότερες θερμοκρασίες, παρέχοντας ταυτόχρονα την ίδια θερμική επίδραση μέσα στους θερμαινόμενους χώρους. Αυτό συνεπάγεται λιγότερα καύσιμα. Μία άλλη ενέργεια που θα επηρέαζε τη φωτιά είναι το πόσο γρήγορα ο αέρας έρρεε μέσα από το σύστημα των σωληνώσεων. Ένα σύστημα όπου οι σωλήνες στο επίπεδο της οροφής ενώνονταν μεταξύ τους και αποτελούσαν έναν ενιαίο καπναγωγό, θα παρείχαν ένα μικρότερο εξαερισμό. Εάν δεν υπάρχει ικανοποιητικός εξαερισμός, υπάρχει ο

κίνδυνος σχηματισμού μονοξειδίου του άνθρακα (CO). Αν το σύστημα σωληνώσεων είχε περισσότερες συνδέσεις με τον καπνοθάλαμο, θα υπήρχε πολύ περισσότερος εξαερισμός και η φωτιά θα έκαιγε πιο έντονα. Σύμφωνα με τον Yegül (2003), ένα κλειστό σύστημα θα ήταν πιθανότατα πιο αργό και οικονομικό.

Συχνά τα θερμαινόμενα δωμάτια διέθεταν θερμαινόμενες πισίνες. Ιδανικά, το νερό για αυτές τις πισίνες προερχόταν από σωλήνες που συνδέονταν με το υδραγωγείο, ή διαφορετικά το νερό συλλέγονταν από πηγάδι ή δεξαμενή. Τα περισσότερα συστήματα υποκαύστου χρησιμοποιούσαν έναν ή περισσότερους λέβητες τοποθετημένους ακριβώς πάνω από τη φωτιά. Οι πισίνες ήταν συνήθως κλεισμένες με πυκνή τοιχοποιία. Η θέρμανση του νερού από τα δάπεδα από σκυρόδεμα δεν θα ήταν γρήγορη και η διατήρηση σταθερής θερμότητας για μεγάλες χρονικές περιόδους θα απαιτούσε εποπτεία. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο πολλές πισίνες έφεραν ένα μεταλλικό κουτί, στην πραγματικότητα μισό κύλινδρο, συνήθως φτιαγμένο από χαλκό, ανοικτό στο τέλος της πισίνας στο κάτω μέρος και συνδεδεμένο αλλά κλειστό στην περιοχή της φωτιάς. Αυτό το κλειστό άκρο ήταν εκτεθειμένο στη θερμότητα του κλιβάνου και συνεπώς θέρμαινε το νερό μέσα σε αυτό το τμήμα, μετακινώντας το προς το ανοικτό άκρο του πυθμένα της πισίνας και πιέζοντας το κρύο νερό προς το κλειστό θερμαινόμενο άκρο (βλ. Σχήμα 3.2). Στο Σχήμα 3.2 απεικονίζεται ο τρόπος με τον οποίο η φωτιά (2) θερμαίνει το νερό στον λέβητα (1), από τον οποίο γίνεται η διανομή νερού στους χώρους του λουτρού. Ταυτοχρόνως, μέσω της φωτιάς θερμαίνεται ο μεταλλικός κύλινδρος της πισίνας, ο οποίος με τη σειρά του θερμαίνει το κρύο νερό (3), μετακινώντας το πλέον ως ζεστό νερό (4) προς τα πάνω.



Σχήμα 3.2: Λειτουργία υπόκαυστου για τη θέρμανση της πισίνας. Πηγή: Michael Mietz, *The Fuel Economy of Public Bathhouses in the Roman Empire*, Universiteit Gent, 2015 -2016

Είναι πιθανό ότι οι **ώρες λειτουργίας των λουτρών** είχαν κάποια επίδραση στην κατανάλωση καυσίμου. Ο Βιτρούβιος αναφέρει ότι η κολύμβηση γινόταν ανάμεσα στο μεσημέρι και το σούρουπο, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τον Μαρτιάλη (Martial, Epigrams; 10.48). Ο Yegül (2010) υποστηρίζει ότι οι περισσότεροι άνθρωποι έκαναν το μπάνιο τους το απόγευμα, όταν οι εργάσιμες ώρες είχαν παρέλθει και γενικά οι λουόμενοι ήθελαν να κολυμπήσουν κάτω από άφθονο φως της ημέρας. Η Nielsen (1993) σημειώνει ότι ο Μαρτιάλης (Martial) κι ο Βιτρούβιος αναφέρουν στα έργα τους ως επί το πλείστον τους άνδρες και την εργάσιμη μέρα του άνδρα ή υπονοούν διπλές εγκαταστάσεις λουτρών με ξεχωριστά τμήματα για άντρες και γυναίκες. Ειδικά κατά τις περιόδους όπου η μικτή κολύμβηση ήταν αδύνατη, ορισμένες δημόσιες εγκαταστάσεις που δεν διέθεταν ξεχωριστά γυναικεία

τμήματα παρείχαν νωρίτερες ώρες λειτουργίας για να φιλοξενήσουν τις γυναίκες. Τα λουτρά σύμφωνα με μία επιγραφή (στη περιοχή *Vipascenum*), για παράδειγμα, λειτουργούσαν από το πρώτο φως της ημέρας μέχρι τη δεύτερη ώρα της νύχτας και οι ώρες μεταξύ του πρώτου φωτός και του μεσημεριού ήταν αποκλειστικά για τις γυναίκες. Η Nielsen (1992) αναφέρει ότι μια τοιχογραφία στους Αρκάδες στην Κρήτη, κατά την πρώιμη αυτοκρατορική εποχή, είχε παρόμοιες ώρες για τα λουτρά. Ωστόσο, υπάρχουν ενδείξεις πως η λειτουργία των λουτρών παρατεινόταν μέχρι και τη διάρκεια της νύχτας. Ο αυτοκράτορας Αλέξανδρος Σεβήρος (Alexander Severus) δώρησε λαμπτήρες και πετρέλαιο για να κρατήσει τα δημόσια λουτρά ανοιχτά το βράδυ. Ο Merten (1983), ωστόσο θεωρεί πως ο σκοπός της επιγραφής είναι να αναδειχθεί η γενναιοδωρία του αυτοκράτορα. Περίπου πενήντα χρόνια αργότερα, ο αυτοκράτορας Τάκιτος (Tacitus) διέταξε τη διακοπή της λειτουργίας των λουτρών το βράδυ. Τόσο ο Yegül (2010) όσο και η Nielsen (1993) καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η νυχτερινή κολύμβηση, όταν συνέβαινε στα δημόσια λουτρά (πιθανότατα πιο συχνή ήταν στα ιδιωτικά), πρέπει να θεωρηθεί ως η εξαίρεση που επιβεβαιώνει τον κανόνα.

Τα περισσότερα δημόσια λουτρά ήταν ανοιχτά καθημερινά, με εξαίρεση όταν απαιτείται συντήρηση. Για τα λουτρά στο *Vipascenum* αυτό συνέβαινε μία φορά το μήνα. Η Nielsen (1993) αποδεικνύει ότι αυτό ισχύει γενικά και για τα ιδιωτικά λουτρά. Ο Kretzschmer (1953) δηλώνει ότι μετά από 5 ημέρες συνεχούς καύσης σε πειραματικό φούρνο στο Saalburg βρέθηκαν μόνο 3 έως 4 χούφτες τέφρας. Βρήκε παρόμοια αποτελέσματα για μια καύση στο Xanten της Γερμανίας. Ωστόσο, αυτές οι δοκιμές έγιναν με ξυλάνθρακα, το οποίο αφήνει συνήθως ελάχιστη τέφρα. Ωστόσο, δεν είναι εύκολο να μεταφραστούν οι ώρες λειτουργίας σε ποσότητα καυσίμου. Οι φούρνοι τροφοδοτούνταν άφθονα νωρίς το πρωί για να εξασφαλίσουν ότι το κτίριο θα ζεσταθεί εκ νέου μέχρι την απαιτούμενη θερμοκρασία. Αυτό σημαίνει ότι είναι πιθανό η κατανάλωση καυσίμων των λουτρών να αποσυνδεθεί κάπως από τις ώρες λειτουργίας τους. Η Nielsen (1993) αναφέρει πως σύμφωνα με τον Πλίνιο, υπήρχε ένα κουδούνι που χτυπούσε όταν το νερό στα λουτρά είχε επιτύχει τη σωστή θερμοκρασία. Ομοίως, αναφέρει πως σύμφωνα με τον Μάρκο Βαλέριο Μαρτιάλη το κουδούνι των θερμών λουτρών βρισκόταν σε ένα συγκεκριμένο σημείο και

υποστηρίζει ότι αυτό ήταν να προειδοποιήσει τους λουόμενους ότι η θέρμανση των πισινών θα σταματούσε και έτσι θα έπρεπε να βιαστούν αν δεν επιθυμούν να κολυμπήσουν σε κρύο νερό. Σύμφωνα με τον Μαρτιάλη (Martial, Epigrams), ο ίδιος προτιμούσε την όγδοη ώρα για τη χρήση των λουτρών, καθώς η έβδομη ώρα χαρακτηρίζεται σύμφωνα με τον ίδιο ως ένας απαράδεκτος υπερβολικός ατμός και την έκτη ώρα θεωρεί πως τα λουτρά είναι πάρα πολύ ζεστά.

Οι Ρωμαίοι δεν είχαν επιστημονικό τρόπο μέτρησης της **θερμοκρασίας των λουτρών** ή της υγρασίας. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχουν πηγές που να αναφέρουν με αντικειμενικούς όρους τις θερμοκρασίες στις οποίες λειτουργούσε ο κλίβανος, ούτε πόσο ζεστά ήταν τα λουτρά. Όταν ο Πλίνιος (Pliny) αφηγείται την απόπειρα δολοφονίας του Larcus Macedo (Λάρσιου Μακεδού) από τους σκλάβους του στα λουτρά του, αναφέρει ότι τον έριξαν στο καυτό δάπεδο για να δουν αν υποκρινόταν το θάνατό του. Ο Φρόντωνας (Fronto) περιγράφει ότι κάηκε όταν το γόνατό του ακούμπησε τυχαία στον τοίχο των λουτρών. Ένα ψηφιδωτό από τη Σαμπράθα (Sabratha) της Λιβύης στην Εικόνα 3.9 απεικονίζει σανδάλια λουτρού που θα μπορούσαν να φορεθούν για να αντέξουν τα ζεστά δάπεδα, τα οποία είναι αρκετά παρόμοια με αυτά που φοριούνται στα σύγχρονα χαμάμ.



Εικόνα 3.9: Ψηφιδωτό που δείχνει σανδάλια λουτρού. Πηγή: Michael Mietz, *The Fuel Economy of Public Bathhouses in the Roman Empire*, Universiteit Gent, 2015 - 2016

Ο Yegül (2010) δηλώνει πως στα σύγχρονα τούρκικα λουτρά, τα οποία χρησιμοποιούν παρόμοια τεχνολογία για τη θέρμανση των δαπέδων, έχουν ελάχιστες θερμοκρασίες δαπέδου 42-44°C, οι οποίες είναι πολύ καυτές για να περπατήσει κανείς ξυπόλυτος και ότι τα ξύλινα υποδήματα συνήθως χρησιμοποιούνται. Παράγουν θερμοκρασίες περιβάλλοντος άνω των 37-38°C, που είναι το ελάχιστο για να προκαλέσει εφίδρωση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το ανθρώπινο σώμα λειτουργεί στους 36°C περίπου. Ακόμη, καθοριστικό ρόλο έχει και ο βαθμός υγρασίας. Επιπλέον, καθώς η συνήθεια κολύμβησης έγινε ολοένα και πιο δημοφιλής, φαίνεται ότι η θερμότητα ή η ψυχρότητα των λουτρών έγινε ένα θέμα συζήτησης. Ένα ανώνυμο σατιρικό ποίημα δηλώνει: "Θα πρέπει να το ονομάζετε όχι λουτρό αλλά μάλλον νεκρική πυρά (...) (για το λουτρό). Αν σκοπεύετε να μας κάψετε ζωντανούς, ανάψτε μια ξύλινη πυρά εκτέλεσης, και όχι μια πέτρινη."

3.5.4 Αρχαιολογική ανακατασκευή, θερμική ανάλυση και μελέτες μεταφοράς θερμότητας

Αρκετές προσπάθειες έχουν γίνει για την ανακατασκευή των υποκαύστων των λουτρών. Αυτό περιλαμβάνει την παρακολούθηση του τρόπου θέρμανσης του κτιρίου, της απαιτούμενης ποσότητας θερμότητας και κατά συνέπεια της ποσότητας των καυσίμων που απαιτείται. Από την πρώιμη αυτοκρατορία τα λουτρά συνήθως διέθεταν μεγάλα παράθυρα προσανατολισμένα προς τα νότια και τα νοτιοδυτικά. Αυτό επέτρεπε στο ηλιακό φως να εισέλθει με μεγαλύτερη άνεση. Θα παρουσιαστούν μερικές μελέτες που έλαβαν χώρα σε θερμά λουτρά, είτε με σύγχρονες ανακατασκευές είτε με αρχαιολογικές ανακατασκευές χρησιμοποιώντας εκτιμήσεις. Κατά τη μέτρηση και τη σύγκριση των συνθηκών λειτουργίας ενός υπόκαυστου πρέπει πάντα να λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω πτυχές: η θερμοκρασία του αέρα, η θερμοκρασία των δαπέδων, των τοίχων, των οροφών καθώς και η υγρασία.

Λουτρό Saalburg

Το Saalburg είναι ένα ρωμαϊκό φρούριο που βρίσκεται βορειοδυτικά του Bad Homburg, Hesse, στη Γερμανία. Το 1952 ο Kretzschmer ήταν ο πρώτος που πραγματοποίησε μια ακαδημαϊκή μελέτη ενός μικρού ανακατασκευασμένου δωματίου στο Saalburg, εξοπλισμένου με *suspensura* (αρχιτεκτονικός όρος που δίδει ο Βιτρούβιος σε τετράγωνους πύργους-απόβαθρα (περίπου 20 x 20 cm) που στηρίζουν το υπερηψωμένο πάτωμα ενός ρωμαϊκού λουτρού που καλύπτει μια περιοχή του υπόκαυστου μέσω του οποίου έρρεε ο θερμός αέρας και *tubuli* (λεπτούς σωλήνες)). Αυτό περιελάμβανε μια μελέτη θερμοκρασίας μέσα στο δωμάτιο και ένα μοντέλο ροής του θερμού αέρα. Ο θερμός χώρος μετρήθηκε 5.14 x 4.42 x 3 m και ο όγκος του είναι περίπου 68 m³. Μία μέση θερμοκρασία δωματίου περίπου 25°C επιτεύχθηκε με θερμοκρασία δαπέδου περίπου 26-27°C, με εξωτερικές θερμοκρασίες κυμαινόμενες μεταξύ -2 και 5°C. Η θερμοκρασία στον κλίβανο κυμάνθηκε μεταξύ 45-110°C. Η πυροδότηση έγινε από τις 8 το πρωί μέχρι τις 8 το βράδυ. Μετά από μια αρχική περίοδο θέρμανσης, προστέθηκαν στην πυρκαγιά περίπου 7.5 kg ξυλάνθρακα κάθε τέσσερις ώρες. Περίπου 150 kg ξυλάνθρακα χρησιμοποιήθηκε σε διάστημα 5 ημερών. Ωστόσο, η μελέτη απέδειξε ότι οι τοίχοι των σωληνώσεων δεν συνέβαλαν στη θέρμανση απλώς χρησίμευσαν ως μόνωση. Μία μεταγενέστερη ανάλυση της ίδιας εγκατάστασης με πιο προηγμένα εργαλεία όπως η θερμική απεικόνιση από τον Hüser (1979) έδειξε ότι το δίκτυο των σωληνώσεων (*tubuli*) θέρμαινε ενεργά το δωμάτιο. Έρευνες που έγιναν αργότερα από τον Grassmann (2011) στο Herbergsthermen στο Xanten της Γερμανίας το 1993-94, υποστηρίζουν γενικά την ανάλυση του Hüser και δείχνουν ότι οι σωληνώσεις είχαν ενεργό ρόλο στη θέρμανση του δωματίου. Περίπου κάθε δύο στήλες σωληνών γεμίζουν με θερμό αέρα, εναλλασσόμενο με δύο ψυχρότερους σωλήνες. Παρ' όλα αυτά, παραμένει κάποια διαμάχη που περιβάλλει τις λεπτομέρειες του συστήματος θέρμανσης. Το μοντέλο ροής αερίων του Grassmann που βασίζεται στις μετρήσεις του Hüser απορρίπτεται από τον Schiebold (2006), με το σκεπτικό ότι αντιβαίνει στις σύγχρονες γνώσεις σχετικά με τη συμπεριφορά των αερίων. Από τη δική του πλευρά, ο Schiebold δέχεται ένα μοντέλο ροής όπου τα πλευρικά ανοίγματα στους σωλήνες είναι για να εξισορροπήσουν την πίεση,

οδηγώντας σε μια διαρκή κίνηση του θερμού αέρα προς τα πάνω. Ενώ ο Grassmann ορίζει το μοντέλο του με τη συμπεριφορά του ζεστού νερού σύμφωνα με τη βαρύτητα (τόσο το αέριο όσο και το νερό συμπεριφέρονται ως ρευστά). Μια υψηλότερη θερμοκρασία επιτρέπει μια λιγότερο πυκνή συγκέντρωση (και χαμηλότερη πίεση), έτσι ώστε τα θερμά στοιχεία να ανεβαίνουν. Με τη θέρμανση των σωληνώσεων και των τοιχωμάτων, το αέριο εκπέμπει θερμότητα και στη συνέχεια κατεβαίνει, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη πυκνότητα (και υψηλότερη πίεση).

Λουτρά Herbergsthermen

Στις αρχές της δεκαετίας του 1990 ο Grassmann (2011) πραγματοποίησε αρκετές μετρήσεις στα λουτρά Herbergsthermen στο Xanten της Γερμανίας. Το caldarium, δηλαδή το πιο ζεστό δωμάτιο του λουτρού έχει όγκο 142 m³. Έχει μια πισίνα (alveus) χωρητικότητας 4 200 L και ο κλίβανος διαθέτει επίσης ένα λέβητα χωρητικότητας 1 000 L. Η νεότερη τεχνολογία επέτρεψε στον Grassmann να μετρήσει και να υπολογίσει διάφορες πηγές απώλειας θερμότητας, που σημαίνει ότι οι θερμικές ισορροπίες θα μπορούσαν τώρα να γίνουν με ακρίβεια. Ο Grassmann μέτρησε ότι το χειμώνα ξεκίνησαν αρχικά με 120 kg ξύλου. Ενώ διατηρείται σταθερή θέρμανση των λουτρών στους 31°C, αυτή η ποσότητα θα μπορούσε να μειωθεί στα 100 kg την ημέρα (24 ώρες) μετά από 6 ημέρες. Η απώλεια θερμότητας το χειμώνα υπολογίστηκε ότι είναι περίπου 12.01 kW, πράγμα που σημαίνει ότι μια ωριαία εισροή αυτής της ενέργειας ήταν απαραίτητη για τη διατήρηση σταθερών θερμοκρασιών. Το καλοκαίρι η αρχική χρήση ήταν 150 kg ξύλου, η οποία έπειτα έπεσε στα 100 kg μετά από 7 ημέρες και από την 11^η ημέρα και μετά χρησιμοποιήθηκαν περίπου 65 kg ξύλου κάθε μέρα για να διατηρηθεί η θερμοκρασία σταθερή στους 37°C. Εδώ η απαίτηση θερμότητας ήταν 7.73kW. Ο Grassmann θεώρησε αυτή τη θερμοκρασία αρκετή και υποστήριξε ότι ο μέσος όρος των 31°C το καλοκαίρι θα κατανάλωνε μόνο 50 kg ξύλου. Υποθέτοντας τρεις μήνες του καλοκαιριού, έξι μήνες των ενδιάμεσων θερμοκρασιών (με χρήση καυσίμων το μέσο όρο του χειμώνα και του καλοκαιριού) και τρεις μήνες χειμώνα, θα

υπολογίζαμε τη συνολική χρήση καυσίμων ετησίως σε 27 375 kg ξύλου. Η υγρασία του αέρα στο caldarium για τις δύο εποχές ήταν μεταξύ 60-70%. Το νερό στο λέβητα ξεκίνησε στους 10°C. Διαπιστώθηκε ότι κατά τις ώρες λειτουργίας των λουτρών (περίπου 16 ώρες) θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν περίπου 80 L νερού στους 40°C κάθε ώρα. Ομοίως, η πισίνα (alveus) θερμάνθηκε από τους 15°C στους 30°C το χειμώνα και περίπου 40°C το καλοκαίρι. Ο Grassmann κατέληξε στο αξιοσημείωτο συμπέρασμα της μελέτης καυσίμων του αναφέροντας ότι η ικανότητα διατήρησης της θερμότητας του συστήματος του υποκαύστου εξασφάλισε ότι παρόλο που οι εξωτερικές θερμοκρασίες κυμάνθηκαν ευρέως στις δύο εποχές (χειμώνα από 0-10°C, καλοκαίρι από 16-22°C) οι μέσες θερμοκρασίες θα μπορούσαν να επιτευχθούν μετά από μερικές ημέρες, με σταθερή καθημερινή κατανάλωση καυσίμου.

Λουτρά Nona

Το πείραμα των λουτρών Nona στις Σάρδεις στην Τουρκία, από τον Yegül (2003) δείχνει τη σημασία των σωληνώσεων στη θέρμανση του λουτρού. Το λουτρό αποτελείται από τρεις χώρους –frigidarium (ψυχρό λουτρό), tepidarium (χλιαρό) και caldarium (θερμό) - που ανακατασκευάστηκε κοντά στο Sart της Τουρκίας. Το caldarium, δηλαδή το πιο ζεστό δωμάτιο είχε συνολικό όγκο 37.6 m³, η πισίνα (alveus) είχε χωρητικότητα 1 700 L και λέβητα ικανότητας περίπου 520 L. Υπολογίστηκε ότι για να επιτευχθεί μια ζεστή θερμοκρασία δωματίου χωρίς τη χρήση θερμαινόμενων τοίχων, τα δάπεδα θα έπρεπε να έχουν θερμανθεί στους 62°C, όπως περιγράφεται από τον Yegül ως μη πρακτική και επικίνδυνη θερμοκρασία. Αντ' αυτού, με την τοποθέτηση σωληνώσεων θέρμανσης στους τοίχους από τον Yegül, επιτεύχθηκε μια θερμοκρασία 42-43°C, το οποίο ήταν εμπνευσμένο από ένα σύγχρονο χαμάμ. Η κατασκευή περιελάμβανε ενεργές σωληνώσεις-tubuli, αλλά λίγο εξαερισμό (κάθε πέμπτη σειρά tubuli οδηγούνταν προς την καμινάδα), με σκοπό να δημιουργήσει μια αργή καύση. Όσο περισσότερα ρεύματα - εξαερισμοί, τόσο περισσότερα καύσιμα θα χρησιμοποιηθούν. Η υψηλή

Θερμοκρασία δαπέδου σημαίνει ότι τα σανδάλια έπρεπε να φορεθούν. Η έρευνα του Grassmann (2011) επεσήμανε ότι η θερμοκρασία του δαπέδου συνδέεται με το πάχος της *suspensura* (αρχιτεκτονικός όρος που δίδει ο Βιτρούβιος σε τετράγωνους πύργους-απόβαθρα (περίπου 20 × 20 cm) που στηρίζουν το υπερηψωμένο πάτωμα ενός ρωμαϊκού λουτρού που καλύπτει μια περιοχή του υπόκαυστου μέσω του οποίου έρρεε ο θερμός αέρας). Με άλλα λόγια, η πάχυνση των δαπέδων θα μπορούσε να εξαλείψει την ανάγκη να φορούν σανδάλια, εκτός ίσως για την αντιμετώπιση της ολίσθησης. Ο Grassmann κατέγραψε ότι το σύστημα μπορεί να αντισταθμίσει αυτή την απώλεια με ένα πάχος μέχρι 60 cm, μειώνοντας τη θερμοκρασία των δαπέδων σε 27.5°C έως 22°C. Το πάχος των δαπέδων στα λουτρά NOVA ήταν 22 cm. Η χρήση καυσίμου ήταν περίπου 15 kg ξύλου δρυός ανά ώρα . Διαπιστώθηκε ότι χρειάστηκε 4.7 kW ανά ώρα για να διατηρηθούν τα λουτρά στην επιθυμητή θερμοκρασία. Ο κλίβανος τροφοδοτείται κάθε δύο ώρες, όλο το 24ωρο. Πειράματα θέρμανσης διεξήχθησαν για δέκα ημέρες (μεταξύ 31 Οκτωβρίου και 9 Νοεμβρίου 1998) και η μέση εξωτερική θερμοκρασία ήταν 15°C. Με περαιτέρω προσθήκες στο σύστημα και σωστά αποξηραμένο ξύλο, ο Yegül εκτιμά ότι ο αριθμός αυτός θα μπορούσε να μειωθεί στα 6 kg ξύλου ανά ώρα, χρησιμοποιώντας υπολογιζόμενη τιμή θέρμανσης 15 492 kJ/kg ή 4.303 kWh/kg για την καύσιμη ύλη. Αυτό σημαίνει καθημερινή χρήση είτε 144kg είτε 360 kg ξύλου, δηλαδή ετήσια χρήση 52 560 kg είτε 131 400 kg. Δεδομένου ότι το λουτρό αυτό βρίσκεται στην Τουρκία, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η καύση έγινε χρησιμοποιώντας μαquis (θάμνος στην περιοχή της Μεσογείου) και πεύκο.

3.6 Ρωμαϊκά λουτρά

3.6.1 Λουτρά Πομπηίας

Ο Richard Olsson (2015) στη διατριβή του «The water-supply system in Roman Pompeii» παρουσιάζει πέντε δημόσια λουτρά που υπήρχαν στη ρωμαϊκή Πομπηία. Σύμφωνα με τον ίδιο, μια σταθερή και επαρκής παροχή νερού ήταν ζωτικής σημασίας για τα ρωμαϊκά λουτρά. Η ανάγκη για νερό ήταν μεγάλη, αλλά πολύ διαφορετική κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η παροχή νερού στους λέβητες και τα

λουτρά μπορούσε να ανοίξει και να κλείσει με βαλβίδες στους σωλήνες νερού. Επομένως τα ρωμαϊκά λουτρά διέθεταν λογικά ένα ανυψωμένο δοχείο αποθήκευσης νερού για να εξασφαλίζουν την επαρκή ποσότητα νερού όταν ήταν απαραίτητο. Μια τέτοια δεξαμενή αποθήκευσης νερού έχει ανάγκη από μια ισχυρή κατασκευή κάτω από αυτήν ώστε να μπορεί να φέρει το μεγάλο βάρος της.

Τα Στάβια λουτρά (The Stabian Baths)

Τοποθεσία και μέγεθος

Τα Στάβια λουτρά βρίσκονται στη γωνία Via Stabiana και Via dell'Abbondanza. Το κτίριο είναι μεγάλο, περίπου 2 400 m². Τα λουτρά χτίστηκαν αρχικά πολύ πριν η πόλη γίνει ρωμαϊκή αποικία και ξαναχτίστηκαν και εκσυγχρονίστηκαν σε διάφορες φάσεις κατά την αρχαιότητα. Το κτιριακό συγκρότημα που ήταν τα λουτρά μελετήθηκε και περιγράφηκε λεπτομερώς από τον H. Eschebach όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 3.10. Η κύρια είσοδος των λουτρών για τους άνδρες είναι από τη Via dell'Abbondanza στις VII 1, 8 που οδηγεί στο ανοικτό υπαίθριο χώρο (A) με την μεγάλη πισίνα (B) και δύο πλευρικές πισίνες (C). Στα δεξιά βρίσκονται τα ανδρικά αποδυτήρια (D) ,το κρύο λουτρό (E), το θερμό λουτρό (F) και το καυτό λουτρό (G). Στη βορειοανατολική γωνία είναι η κύρια είσοδος στα γυναικεία λουτρά από την Via Stabiana στις VII, 1, 17, που οδηγεί στα γυναικεία αποδυτήρια (H) στο κρύο λουτρό (I), το θερμό λουτρό (J) και το καυτό λουτρό (K). Το λεβητοστάσιο (L) βρίσκεται ενδιάμεσα για να εξυπηρετεί τόσο τα ανδρικά όσο και τα γυναικεία λουτρά.

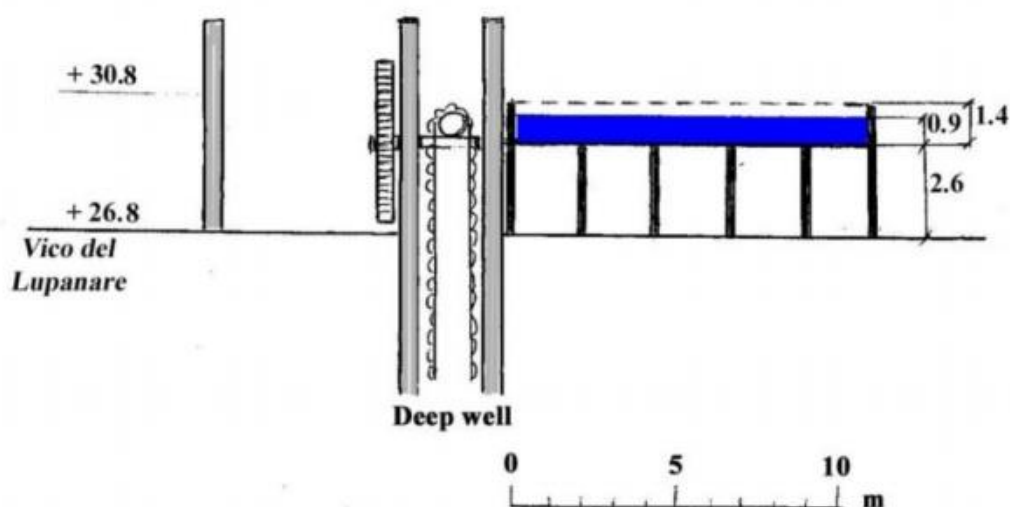


Εικόνα 3.10: Τα Στάβια λουτρά (σχέδιο του συγγραφέα), Πηγή: Richard Olsson, 2015, The water-supply system in Roman Pompeii

Παροχή νερού από βαθύ πηγάδι

Στην αρχή, τα Στάβια λουτρά προμηθεύονταν το νερό τους από ένα βαθύ πηγάδι, που βρίσκεται στα βορειοδυτικά της περιοχής. Είχε εξοπλιστεί με πηδάλιο ύψους 5.50 m που λειτουργούσε από ψηλά και μια συσκευή ανύψωσης νερού, η οποία μετέφερε το νερό από το πηγάδι σε ένα μεγάλο δοχείο αποθήκευσης στην κορυφή του κτιρίου. Σύμφωνα με τον Eschebach, η δεξαμενή αποθήκευσης ήταν 3.80 x 11.25 m με ύψος 0.90 m και βρισκόταν σε ύψος 2.60 m. Η χωρητικότητα της δεξαμενής αποθήκευσης εκτιμήθηκε σε 38 000 L. Το κατά προσέγγιση επίπεδο της δεξαμενής αποθήκευσης μπορεί να βασιστεί στα επίπεδα των δρόμων που δίδονται από τον Eschebach. Η γωνία της Via dell'Abbondanza και του Vico del Lupanare βρίσκεται στα + 25.1 m. Η πλαγιά προς τα βόρεια κατά μήκος του Vico del Lupanare μέχρι την είσοδο στο VII 1, 49 έξω από την αίθουσα για τη διάταξη ανύψωσης νερού και το πηγάδι έχει άνοδο περίπου 1.7 m και με το επίπεδο του δρόμου στην είσοδο ανέρχεται στα + 26.8 m . Όπως αναφέρθηκε, η δεξαμενή αποθήκευσης νερού βρισκόταν σε ύψος 2.60 m πάνω από το δάπεδο και είχε ύψος 0.90 m. Έτσι, η

στάθμη του νερού στη δεξαμενή αποθήκευσης ύδατος των λουτρών Stabian μπορεί να υπολογιστεί περίπου στα + 30.8m. (Βλ.Εικόνα 3.11)



Εικόνα 3.11: Επίπεδο δεξαμενής αποθήκευσης νερού στα Στάβια Λουτρά . Σχέδιο συγγραφέα, Πηγή: Richard Olsson, 2015, The water-supply system in Roman Pompeii

Δεν είναι γνωστό εάν το βαθύ πηγάδι χρησιμοποιήθηκε αφότου η δεξαμενή αποθήκευσης συνδέθηκε με το σύστημα υδραγωγείου. Το νερό στο βαθύ πηγάδι δεν μπορούσε πλέον να τροφοδοτήσει τα λουτρά, αλλά το πηγάδι παρέμεινε ανοιχτό. Δεν είναι γνωστό αν το νερό χρησιμοποιήθηκε για άλλους σκοπούς, είτε αν χρησιμοποιήθηκε για τη φροντίδα της υπερχειλίσης του νερού από τη δεξαμενή αποθήκευσης είτε αν το πηγάδι έπαψε να χρησιμοποιείται.

Παροχή νερού από το υδραγωγείο

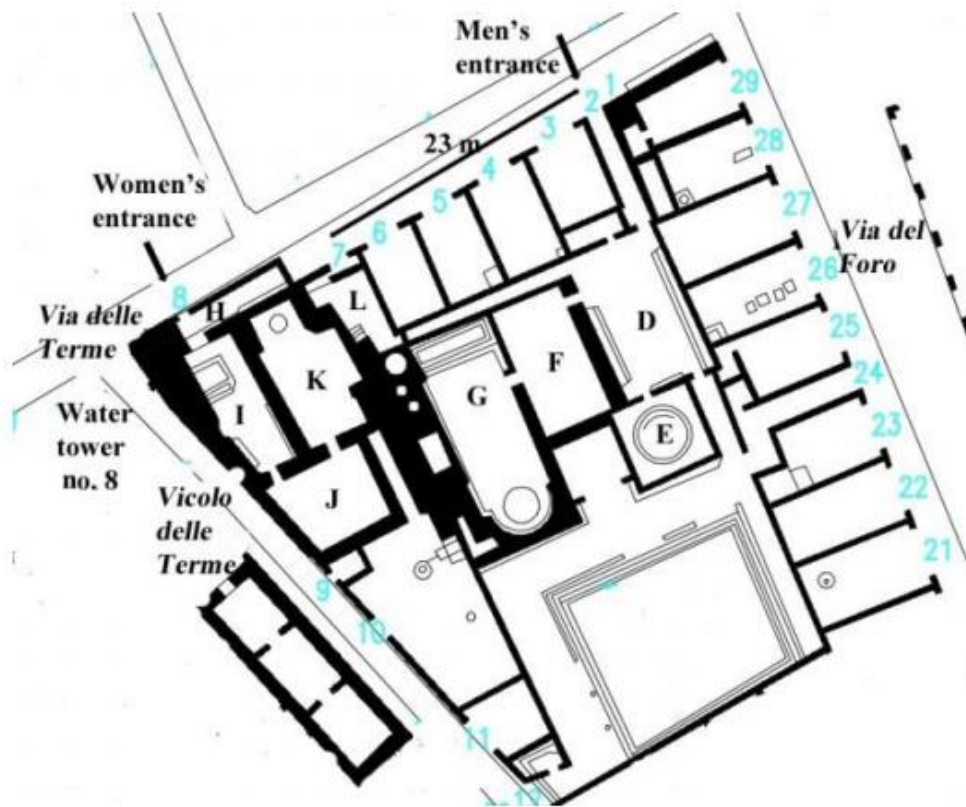
Τα Στάβια λουτρά υπήρχαν ήδη όταν κατασκευάστηκε το υδραγωγείο και επομένως η παροχή νερού στα λουτρά μπορούσε να ληφθεί υπόψη κατά το σχεδιασμό του νέου υδατοσυστήματος του νέου υδραγωγείου. Τα Στάβια λουτρά είχαν μια μεγάλη δεξαμενή αποθήκευσης νερού στην κορυφή του κτιρίου και παράλληλα είχαν μεγάλη ανάγκη για νερό, γεγονός που αποδεικνύεται από το ότι το ύψος της δεξαμενής αποθήκευσης αυξήθηκε κατά τη σύνδεση με το υδραγωγείο. Κατά τη γνώμη του συγγραφέα, τα Στάβια λουτρά εφοδιάστηκαν με νερό μέσω ενός ξεχωριστού, μεγάλου σωλήνα μολύβδου τοποθετημένου σε ξεχωριστή αυλάκωση

σε έναν πύργο νερού, διανέμοντας νερό κατευθείαν στη δεξαμενή αποθήκευσης νερού.

Τα λουτρά Φόρουμ (The Forum Baths)

Τοποθεσία και μέγεθος

Η διάταξη των λουτρών του Φόρουμ σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε παρόμοια με τα Στάβια λουτρά (βλ. Εικόνα 3.12): έχουν περιγραφεί πρόσφατα με όλα τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους από τον Koloski-Ostrow (2007). Το μέγεθος των λουτρών Φόρουμ είναι μόνο το μισό του μεγέθους των Στάβιων λουτρών, περίπου 1 200 m². Τα λουτρά κατασκευάστηκαν λίγο μετά την δημιουργία της ρωμαϊκής αποικίας το 80 π.Χ., αλλά αργότερα διευρύνθηκαν προσθέτοντας ένα γυναικείο λουτρό, πιθανότατα κατά την περίοδο του Αυγούστου, όταν άρχισε να παρέχεται το νερό του υδραγωγείου. Τα λουτρά του Φόρουμ είχαν δύο κύριες εισόδους από τη Via delle Terme: στο VII 5, 2, για τα λουτρά των ανδρών και στο VII 5, 8, για τα γυναικεία λουτρά. Υπήρχαν δύο πίσω εισοδοί στα λουτρά των ανδρών: στο VII 5, 24 και στο VII 5, 12. Τα λουτρά των ανδρών είχαν μια αίθουσα αποδυτηρίων (D) και κρύο (E), θερμό (F) και καυτό λουτρό (G). Τα γυναικεία λουτρά είχαν επίσης ένα δωμάτιο αποδυτηρίων (H) και κρύο (I), θερμό (J) και καυτό λουτρό (K). Το λεβητοστάσιο (L) βρισκόταν ενδιάμεσα για να εξυπηρετεί και τα δύο λουτρά με κρύο, θερμό και καυτό νερό με ξεχωριστή είσοδο στο VII 5, 7 και πίσω είσοδο στην περιοχή εργασίας στο VII 5, 10. Όταν τα λουτρά διευρύνθηκαν προσθέτοντας τα γυναικεία λουτρά, ενισχύθηκε η βορειοδυτική γωνία του κτιρίου και χρησιμοποιήθηκε μέρος της νότιας οδού Via delle Terme για την επέκταση.



Εικόνα 3.12: Τα λουτρά Φόρουμ, σχέδιο του συγγραφέα, Πηγή: Richard Olsson, 2015, The water-supply system in Roman Pompeii

Παροχή νερού από βαθύ πηγάδι

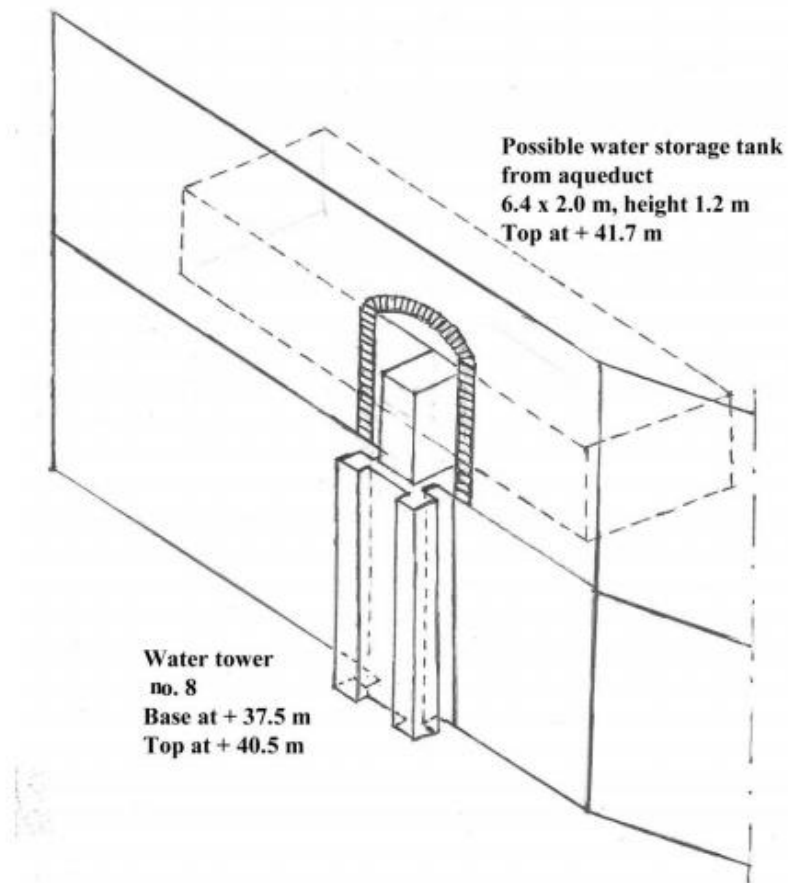
Αρχικά, τα λουτρά Φόρουμ τροφοδοτούνταν με νερό από ένα βαθύ πηγάδι που βρίσκεται στη βορειοδυτική πλευρά του κτιρίου. Το πηγάδι ήταν εξοπλισμένο με διάταξη ανύψωσης μικρών κάδων σε μια αλυσίδα. Η κύρια είσοδος των λουτρών των ανδρών βρίσκεται στις VII 5, 2 κατά μήκος της Via delle Terme.

Ο Remp (1939-40) υποδεικνύει ότι στην κορυφή του κτιρίου θα έπρεπε να υπάρχει μια δεξαμενή αποθήκευσης νερού, αρκετά μεγάλη για να δέχεται το νερό από το βαθύ πηγάδι. Δεν υπάρχουν αρχαιολογικά στοιχεία για μια δεξαμενή νερού στην κορυφή των λουτρών, αλλά με τη διάταξη ανύψωσης του νερού που περιγράφηκε από τον Remp, θα ήταν απαραίτητο να υπάρχει δεξαμενή αποθήκευσης για τη συλλογή του νερού προτού διανεμηθεί σε διαφορετικούς χώρους των λουτρών. Από τη δεξαμενή αποθήκευσης παρέχεται νερό στους διάφορους χώρους των λουτρών με τρόπο παρόμοιο με αυτόν στα Στάβια λουτρά.

Παροχή νερού από το υδραγωγείο

Στην κορυφή του πύργου του νερού (αριθμού 8) υπήρχε ένα δοχείο νερού (βλ. Εικόνα 3.13) που θα μπορούσε να χτιστεί εν μέρει στον πύργο και να εκτείνεται εν μέρει στα λουτρά, ενδεχομένως συνδεδεμένο με μια δεξαμενή αποθήκευσης νερού στην κορυφή του κτιρίου. Δεν υπάρχει αρχαιολογική τεκμηρίωση για μια τέτοια δεξαμενή στην κορυφή των λουτρών Φόρουμ, αλλά θα ήταν απαραίτητο να υπάρχει μια δεξαμενή αποθήκευσης για να συλλέγει το νερό προτού διανεμηθεί στα λουτρά. Ακριβώς μια τέτοια ανθεκτική κατασκευή χτίστηκε στη βορειοδυτική γωνία των λουτρών του Φόρουμ όταν έγινε η προέκταση για τα γυναικεία λουτρά. Το δοχείο στην κορυφή του πύργου νερού θα μπορούσε να συνδεθεί με δεξαμενή αποθήκευσης μέσα στο κτίριο του λουτρού Φόρουμ, εκτιμώμενη από τον συγγραφέα ότι ήταν 6.4 x 2.0 m με ύψος 1.2 m και χωρητικότητα περίπου 15 000 L.

Από την άλλη πλευρά του Vicolo delle Terme απέναντι από τα λουτρά Φόρουμ, υπάρχει μια μεγάλη δεξαμενή. Η χωρητικότητα αποθήκευσης νερού της δεξαμενής ήταν πάνω από 400 000 L αλλά ο σκοπός της δεν είναι γνωστός.



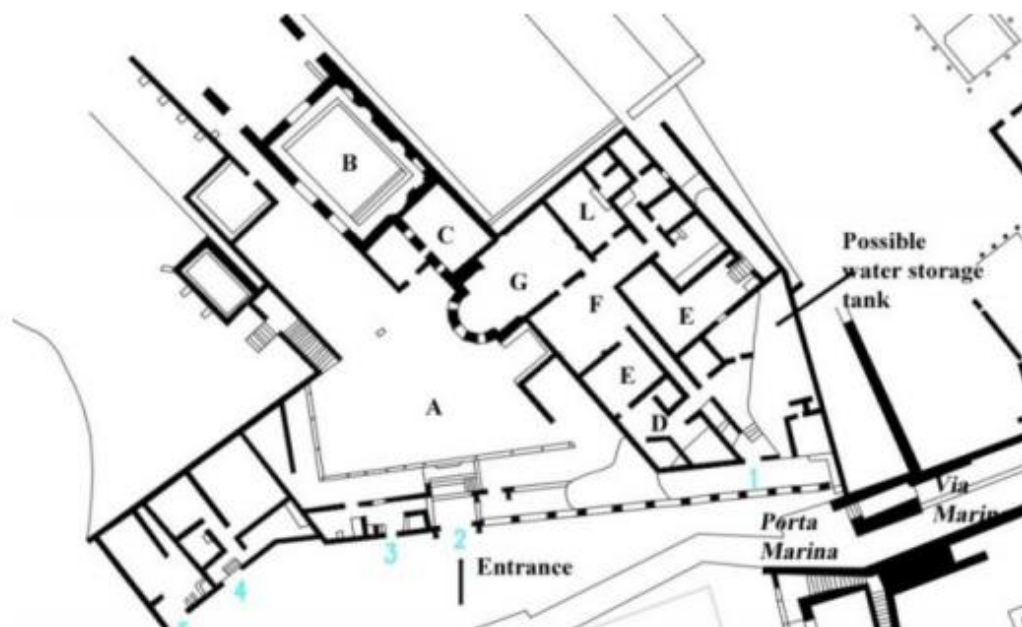
Εικόνα 3.13: Βορειοδυτική γωνία των λουτρών Φόρουμ με υποθετική δεξαμενή αποθήκευσης νερού από το υδραγωγείο. Σχέδιο του συγγραφέα, Πηγή: Richard Olsson, 2015, The water-supply system in Roman Pompeii

Τα Προαστιακά λουτρά (The Suburban Baths)

Τοποθεσία και μέγεθος

Τα προαστιακά λουτρά χτίστηκαν μετά την κατασκευή του υδραγωγείου και η παροχή ύδατος δεν είχε ληφθεί υπόψη κατά το σχεδιασμό του πρωτεύοντος συστήματος ύδρευσης με τους πύργους νερού, επομένως δεν υπήρχαν αυλακώσεις για τους σωλήνες που προορίζονταν για τα λουτρά στους αρχικούς πύργους. Το

νερό του υδραγωγείου παρέχεται με τον ίδιο τρόπο όπως και για όλους τους άλλους χρήστες: μέσω ενός ξεχωριστού σωλήνα μολύβδου στο δευτερεύον σύστημα νερού. Τα προασιακά λουτρά βρίσκονται έξω από τη Porta Marina (η πιο εντυπωσιακή από τις επτά πύλες που σηματοδότησαν τα αρχαία τείχη της πόλης), όπου οι σκάλες οδηγούν στην κύρια είσοδο των λουτρών από τη βεράντα. Αυτά τα λουτρά κατασκευάστηκαν κατά τη διάρκεια της Ιουλιο-Κλαυδιανής περιόδου μετά την σύνδεση του υδραγωγείου με την πόλη. Ο Koloski-Ostrow (2007) υποδηλώνει ότι η κατασκευή έγινε κατά τη διάρκεια της βασιλείας του αυτοκράτορα Τιβέριου στις αρχές του 1^{ου} αιώνα μ.Χ. Το σύστημα διαχείρισης νερού στα προασιακά λουτρά διερευνήθηκε και παρουσιάστηκε από τον Mandersheid (2000). Τα λουτρά καταλαμβάνουν ένα χώρο που είναι μόνο το ήμισυ του μεγέθους των λουτρών Φόρουμ ή περίπου 600 m² με μεγάλη βεράντα προς τη θάλασσα. Τα προασιακά λουτρά είχαν μόνο ένα σύνολο λουτρών (βλ. Εικόνα 3.14), με είσοδο που οδηγούσε σε ανοιχτό χώρο στη βεράντα (A) και ένα διάδρομο προς τα δεξιά που οδηγούσε σε ένα δωμάτιο αποδυτηρίων (D), στο κρύο λουτρό (E), θερμό λουτρό (F) και στο καυτό λουτρό (G). Είχε μια πλευρική πισίνα (C) και μια εσωτερική πισίνα (B). Ο λέβητας (L) βρίσκεται σε άμεση σύνδεση με τα ζεστά και τα καυτά λουτρά.



Εικόνα 3.14: Τα προασιακά λουτρά. Σχέδιο με προσθήκες από τον συγγραφέα,
Πηγή: Richard Olsson, 2015, The water-supply system in Roman Pompeii

Παροχή νερού από το υδραγωγείο

Ο Manderscheid (2000), υποθέτοντας ότι τα προαστιακά λουτρά ήταν συνδεδεμένα με το σύστημα ύδρευσης της πόλης, τεκμηρίωσε λεπτομερώς την κατανομή του νερού στους διάφορους χώρους των λουτρών. Υπήρχε μεγάλη δεξαμενή αποθήκευσης νερού ακριβώς έξω από τη νοτιοανατολική πλευρά των λουτρών που δέχεται νερό από το υδραγωγείο και προμηθεύει νερό σε όλες τις εγκαταστάσεις. Ο Manderscheid δεν δίνει καμία πληροφορία σχετικά με το μέγεθος της δεξαμενής αποθήκευσης, αλλά υποθέτοντας την ύπαρξη τριών τμημάτων, καθένα από τα οποία έχει μήκος περίπου 4 m και πλάτος μεγαλύτερο από 1 m, η δεξαμενή αποθήκευσης θα μπορούσε να έχει χωρητικότητα άνω των 10 000 L. Ο Manderscheid ήταν της γνώμης ότι η κατανάλωση νερού στα προαστιακά λουτρά ήταν έντονη. Υπάρχει μια όμορφη είσοδος νερού στο κρύο μπάνιο που ο επισκέπτης θα μπορούσε να θαυμάσει ήδη όταν έμπαινε. Το νερό έβγαινε από ένα στόμιο από ένα σιντριβάνι σε ένα επίπεδο ψηλά πάνω από το κεφάλι του επισκέπτη και έρρεε σε μια σκάλα νερού σε ένα μεγάλο κρύο λουτρό όπου ο επισκέπτης μπορούσε να δροισιστεί σε σχέση με την υψηλή θερμοκρασία της πόλης.

Τα λουτρά του Σάρνο (The Sarno Baths)

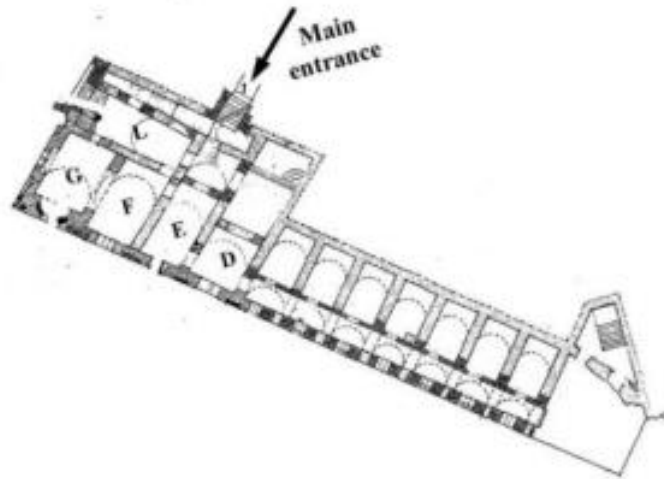
Τοποθεσία και μέγεθος

Τα λουτρά του Σάρνο κατασκευάστηκαν επίσης μετά την κατασκευή του υδραγωγείου και κατά συνέπεια τροφοδοτήθηκαν με νερό μέσω ενός ξεχωριστού σωλήνα στο δευτερεύον σύστημα ύδρευσης από την κορυφή ενός από τους πύργους. Τα λουτρά του Σάρνο βρίσκονται στο νότιο τμήμα της πόλης και είχαν την κύρια είσοδο στο επίπεδο του δρόμου απευθείας από τη Via delle Scuole. Τα λουτρά κατασκευάστηκαν κατά τη διάρκεια της Κλαυδιανής περιόδου γύρω στα 50 μ.Χ. και δεν λειτουργούσαν την περίοδο της έκρηξης του Βεζούβιου το 79 μ.Χ. Ο Koloski-Ostrow (2007) υποδεικνύει ότι τα λουτρά του Σάρνο έπρεπε να ανακαινιστούν λόγω ζημιών που προκλήθηκαν από το σεισμό το 62μ.Χ. Τα λουτρά

βρίσκονται τέσσερα επίπεδα κάτω από το επίπεδο του δρόμου σε ένα μεγάλο κτίριο και είχαν όπως φαίνεται στις Εικόνα 3.15 και 3.16, ένα αποδυτήριο (D) , κρύο λουτρό(Ε), θερμό λουτρό (F) και καυτό λουτρό (G). Το λεβητοστάσιο (L) βρισκόταν δίπλα στους χώρους για ζεστά και καυτά λουτρά. Τα λουτρά δεν είχαν ανοιχτό χώρο, καθώς επίσης δεν διέθεταν πισίνα και κανένα ξεχωριστό λουτρό για τις γυναίκες. Τα λουτρά διέθεταν επτά δωμάτια. Η συνολική έκταση των λουτρών ήταν μικρότερη από 100 m².



Εικόνα 3.15: Τα λουτρά Σάρνο στο επίπεδο του δρόμου. Σχέδιο με προσθήκες από συγγραφέα, Πηγή: Richard Olsson, 2015, The water-supply system in Roman Pompeii



Εικόνα 3.16: Τα λουτρά Σάρνο στο επίπεδο του λουτρού, τέσσερα επίπεδα κάτω από το επίπεδο του δρόμου. Σχέδιο με προσθήκες από τον συγγραφέα, Πηγή: Richard Olsson, 2015, *The water-supply system in Roman Pompeii*

Παροχή νερού από το υδραγωγείο

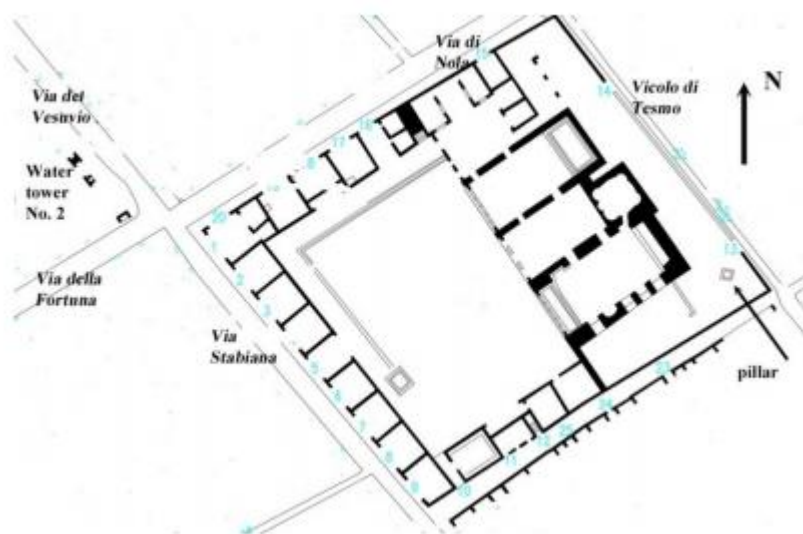
Είναι πιθανό ότι η παροχή νερού στα λουτρά του Σάρνο ήρθε επίσης μέσω ενός ξεχωριστού σωλήνα από τον πύργο νερού κατά μήκος της Via Championne και κάτω από τη Via delle Scuole, όπου ο δρόμος στην άκρη της γωνίας βρίσκεται σε + 33,3 μέτρα. Δεν υπάρχουν ενδείξεις για δεξαμενή αποθήκευσης στα λουτρά του Σάρνο.

Τα Κεντρικά λουτρά (The Central Baths)

Τοποθεσία και μέγεθος

Τα Κεντρικά λουτρά ήταν υπό κατασκευή κατά την έκρηξη του Βεζούβιου το 79 μ.Χ. Τα λουτρά σχεδιάστηκαν με τις επιταγές της τελευταίας τεχνολογίας αλλά δεν είχαν ξεχωριστά λουτρά για τις γυναίκες. Το κτίριο ήταν πολύ μεγάλο, σχεδόν 3 600m² (Βλ. Εικόνα 3.17). Δεν υπάρχουν ενδείξεις για σύνδεση νερού με τα Κεντρικά λουτρά αλλά η κατασκευή αυτού του νέου και σύγχρονου κτιρίου λουτρών δεν θα μπορούσε να ξεκινήσει χωρίς να προγραμματιστεί και να σχεδιαστεί η παροχή

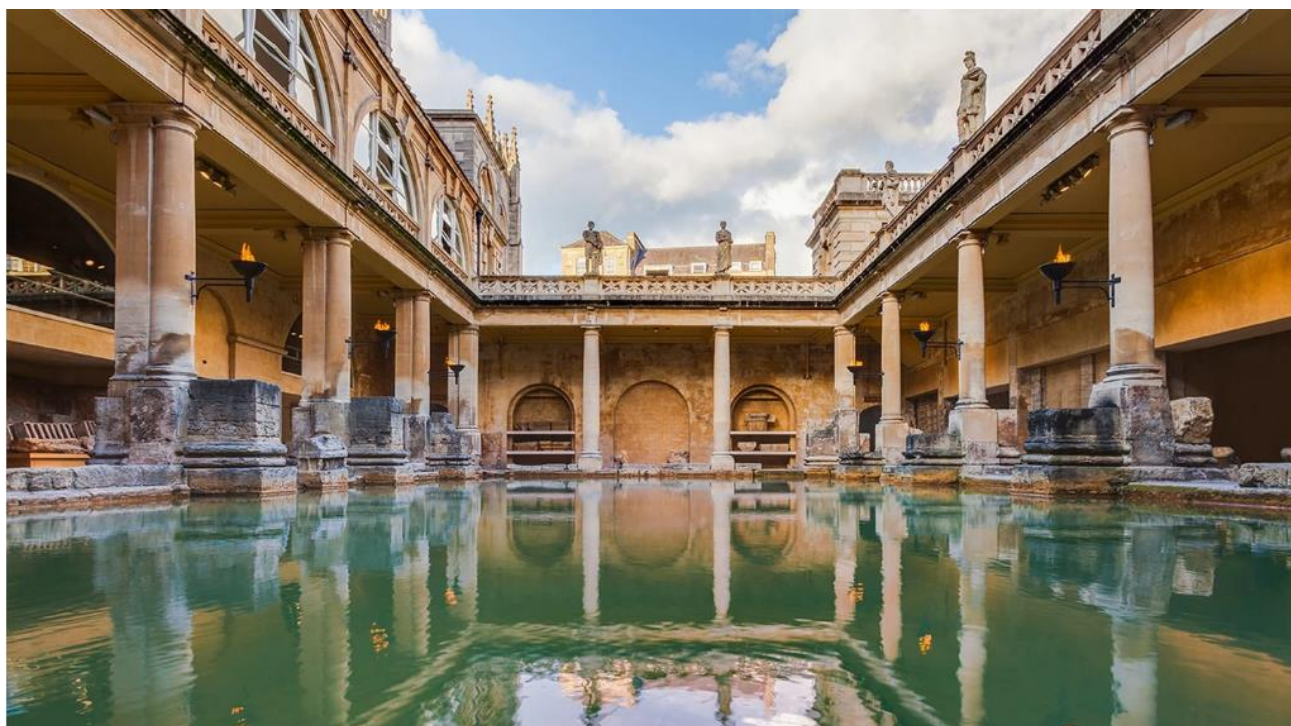
νερού. Ο Narro (1996) διερεύνησε το νότιο οδόστρωμα της Via di Nola και βρήκε δύο σωλήνες μολύβδου. Οι δύο σωλήνες στρίβουν βόρεια κάτω από το δρόμο προς το βόρειο πεζοδρόμιο, οπότε ο Narro ήταν σίγουρος ότι δεν θα μπορούσαν να είχαν σκοπό να τροφοδοτήσουν τα Κεντρικά λουτρά. Οι De Haan και Wallat (2006) παρουσίασαν μια τεκμηρίωση του σχεδιαζόμενου συστήματος παροχής νερού για τα Κεντρικά λουτρά. Έχουν επικεντρωθεί στην εκτιμώμενη χρήση νερού για κρύα και ζεστά λουτρά, για πισίνες και λέβητες και για διάφορα labra (το labrum παρείχε κρύο νερό, για να ρίχνει στο κεφάλι του ο λουόμενος πριν φύγει από το δωμάτιο). Η χωρητικότητα των πισίνων στο frigidarium υπολογίζεται σε 22 700 L και οι δύο πισίνες στο caldarium σε 6 800 και 5 400 L, αντίστοιχα. Επομένως, η κατανάλωση νερού των Κεντρικών λουτρών θα ήταν μεγάλη αν είχαν ολοκληρωθεί και πρέπει να υποτεθεί ότι προορίζονταν να συνδεθούν με το σύστημα ύδρευσης νερού. Δεν υπάρχει αρχαιολογική ένδειξη δεξαμενής αποθήκευσης νερού, αλλά θα ήταν απαραίτητη μια μεγάλη δεξαμενή.



Εικόνα 3.17: Τα κεντρικά λουτρά. Σχέδιο με προσθήκες από τον συγγραφέα, Πηγή: Richard Olsson, 2015, The water-supply system in Roman Pompeii

3.6.2 Το λουτρό του Μπαθ

Το ρωμαϊκό λουτρό στην πόλη Μπαθ της Αγγλίας (Bath, England) είναι ένα από τα καλύτερα διατηρημένα ρωμαϊκά ευρήματα στον κόσμο (βλ. Εικόνα 3.18), που κατασκευάστηκε γύρω στα 70 μ.Χ. ως ένα μεγάλο συγκρότημα κολύμβησης και κοινωνικοποίησης, όπου 1 170 000 L νερού πηγής (steaming spring water) φτάνουν στους 46°C και εξακολουθούν να γεμίζουν χώρο κολύμβησης κάθε μέρα.



Εικόνα 3.18: Τα λουτρά Μπαθ, Πηγή : <https://visitbath.co.uk/>.

Όταν οι Ρωμαίοι ανακάλυψαν το ιαματικό νερό που προέρχεται από γεωθερμικές πηγές, συνειδητοποίησαν τις δυνατότητές του τόσο ως πνευματικό κέντρο όσο και ως μέρος ενός υπέροχου λουτρού. Η κατασκευή πιστεύεται ότι ξεκίνησε γύρω στο 65 μ.Χ. Οι Ρωμαίοι έχτισαν ένα περίβολο γύρω από την πηγή και την πσίνα του, κατασκευάζοντας σωλήνες για να μεταφέρουν ζεστό νερό και χτίστηκαν δεξαμενές για τη συλλογή του νερού. Οι δεξαμενές λειτουργούσαν ως λουτρά. Με το πέρασμα του χρόνου, το συγκρότημα έγινε πιο περίπλοκο. Η πηγή περιβλήθηκε τελικά από ένα κτίριο. Το κτίριο αυτό είχε θολωτή οροφή, όπως γνωρίζουν οι ερευνητές από τα ευρήματα. Το εσωτερικό του κτιρίου είχε μια σκοτεινή και νεφελώδη ατμόσφαιρα.

Το κτίριο βρισκόταν σε μια αυλή που περιείχε ένα βωμό και σκαλοπάτια που οδηγούσαν σε έναν ναό, ο οποίος δεν υπάρχει πλέον. Το συγκρότημα περιβάλλεται από μια ρωμαϊκή πόλη που ονομάζεται Aquae Sulis (Waters of Sulis). Το Aquae Sulis έγινε ένα δημοφιλές κέντρο λουτρών και θρησκείας και προσέλκυσε επισκέπτες τόσο από την Ευρώπη όσο και από τη Βρετανία. Τελικά έγινε η σύγχρονη πόλη του Bath. Οι πισίνες βρίσκονται τόσο στη δυτική όσο και στην ανατολική πλευρά του συγκροτήματος. Μπορεί να έχουν τοποθετηθεί με αυτόν τον τρόπο ώστε να επιτρέπουν στους άντρες και τις γυναίκες να κολυμπούν χωριστά σε απόσταση ο ένας από το άλλο. Πέρα από το Μεγάλο λουτρό, υπάρχουν και μικρότερα λουτρά, συμπεριλαμβανομένου του λουτρού του βασιλιά - Bath King. Το συγκρότημα περιλαμβάνει επίσης δωμάτια χωρίς νερό που κάποτε θερμαίνονταν.

Το **μεγάλο συγκρότημα των ρωμαϊκών κολυμβητηρίων** στο Aquae Sulis σχεδιάστηκε για να ικανοποιήσει τις ανάγκες τόσο των ντόπιων όσο και εκείνων που ταξίδευαν ως προσκυνητές από όλη την αυτοκρατορία. Τα λουτρά στο Bath ήταν ασυνήθιστα όχι μόνο για το μέγεθός τους, αλλά και για το γεγονός ότι χρησιμοποιούσαν τόση μεγάλη ποσότητα ζεστού νερού. Η ρωμαϊκή κολύμβηση βασίστηκε στην πρακτική της κίνησης μέσα από μια ακολουθία από θερμαινόμενα δωμάτια με αποκορύφωμα μια κρύα βουτιά στο τέλος. Αυτή η ακολουθία δεν περιελάμβανε συνήθως την κολύμβηση σε μια μεγάλη θερμή πισίνα όπως το Μεγάλο λουτρό.

Το **Μεγάλο λουτρό** ήταν το κεντρικό κομμάτι του ρωμαϊκού συγκροτήματος κολύμβησης. Τροφοδοτούνταν με ζεστό νερό απευθείας από την ιερή πηγή και προσέφερε ένα πολυτελές ζεστό μπάνιο. Η πισίνα έχει βάθος 1.6 m, το οποίο ήταν ιδανικό για κολύμβηση. Η πρόσβαση γίνεται από τέσσερα απότομα σκαλοπάτια που το περιβάλλουν εξ ολοκλήρου. Παρόλο που η μεγαλύτερη πισίνα του συγκροτήματος είναι ανοιχτή στον ήλιο και τον ουρανό, στη ρωμαϊκή εποχή είχε στέγη καθώς βρισκόταν σε μια τεράστια θολωτή αίθουσα, η οποία ανερχόταν σε ύψος 40 m. Για πολλούς Ρωμαίους επισκέπτες αυτό μπορεί να ήταν το μεγαλύτερο κτίριο που είχαν εισέλθει ποτέ στη ζωή τους. Το Μεγάλο λουτρό πρέπει να αποτελούσε ένα τεράστιο πλεονέκτημα για τους αρχαίους Ρωμαίους, δεδομένου ότι επέτρεπε στους ανθρώπους να κολυμπούν στο νερό αντί να κάνουν απλώς μπάνιο.

Το νερό εισέρχεται στην πισίνα μέσω των αρχικών σωλήνων μολύβδου που φτιάχτηκαν από τους αρχαίους Ρωμαίους, γεγονός που είναι ένα καταπληκτικό, αλλά είναι επίσης εγείρει ανησυχία για την υγεία λόγω της έκπλυσης μολύβδου. Γύρω από το λουτρό υπήρχαν πάγκοι για λουόμενους και ενδεχομένως μικρά τραπέζια.

Η **ανατολική περιοχή** του λουτρού περιείχε ένα μεγάλο χλιαρό λουτρό τροφοδοτούμενο από νερό που ρέει μέσα από ένα σωλήνα από το Μεγάλο λουτρό. Μια σειρά από θερμαινόμενες αίθουσες αναπτύχθηκαν εδώ, οι οποίες έγιναν σταδιακά μεγαλύτερες έως ότου έφθασαν στο μέγιστο βαθμό στον 4^ο αιώνα μ.Χ.

Ένα ασυνήθιστο χαρακτηριστικό των Ρωμαϊκών λουτρών είναι αυτό το ειδικό θερμαινόμενο δωμάτιο που είναι γνωστό ως **laconicum**. Ήταν ένα μικρό δωμάτιο έντονης ξηρής θερμότητας, αν και θα μπορούσε να μετατραπεί σε ατμόλουτρο με την εκτόξευση νερού. Είτε έτσι είτε αλλιώς γρήγορα εκλυόταν μεγάλη ποσότητα ιδρώτα μετά από ένα ή δύο λεπτά. Στη συνέχεια, γινόταν θεραπεία με λάδι.

Το **κυκλικό λουτρό** ήταν το κρύο λουτρό και ήταν χαρακτηριστικό πολλών ρωμαϊκών λουτρών, αλλά σπάνια σε αυτή την κλίμακα. Εδώ γινόταν μια αναζωογονητική βουτιά μετά τις θεραπείες στα ζεστά και καυτά δωμάτια. Η πισίνα έχει βάθος 1.6 m.

Η **δυτική πλευρά** των λουτρών περιλαμβάνει μια ακολουθία πισινών και θερμαινόμενων δωματίων με καλώς διατηρημένο σύστημα υπόκαυστου που δείχνει πως λειτουργούσε το σύστημα θέρμανσης. Η ανάπτυξη θερμαινόμενων δωματίων τόσο στα δυτικά όσο και στα ανατολικά άκρα του λουτρού ίσως επέτρεπε την ταυτόχρονη χρήση του χώρου τόσο από τους άνδρες όσο και από τις γυναίκες, διατηρώντας ωστόσο ένα διαχωρισμό των εγκαταστάσεων για αυτούς. Τα δυτικά λουτρά περιέχουν ένα εξαιρετικά καλά διατηρημένο σύνολο πλακιδίων μέσω των οποίων κυκλοφορούσε ζεστός αέρας για να θερμαίνει το πάτωμα και τους τοίχους του χώρου πάνω.

Το υπόκαυστο, όπως έχει ήδη αναλυθεί, ήταν ένα αρχαίο ρωμαϊκό σύστημα υπόγειας θέρμανσης που θερμαίνει ένα ή περισσότερα δωμάτια σε ένα κτίριο. Το πάτωμα της αίθουσας είχε ανυψωθεί ώστε όταν το ξύλο καιγόταν σε έναν εξωτερικό κλίβανο για να δημιουργήσει τη θερμότητα, η θερμότητα να διαχέεται στο κτίριο κάτω από το πάτωμα, κινούμενη προς τα πάνω μέσα από τους τοίχους, και έπειτα έφευγε μέσα από μια καμινάδα. Αυτό επέτρεπε τη θέρμανση του χώρου χωρίς να γεμίζει το δωμάτιο με καπνό. Μέρος ενός συστήματος του υπόκαυστου στο συγκρότημα έχει διατηρηθεί, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.20.



Εικόνα 3.20: Υπόκαυστο στο Μπαθ, Πηγή: <https://visitbath.co.uk/>

3.7 Χαμάμ

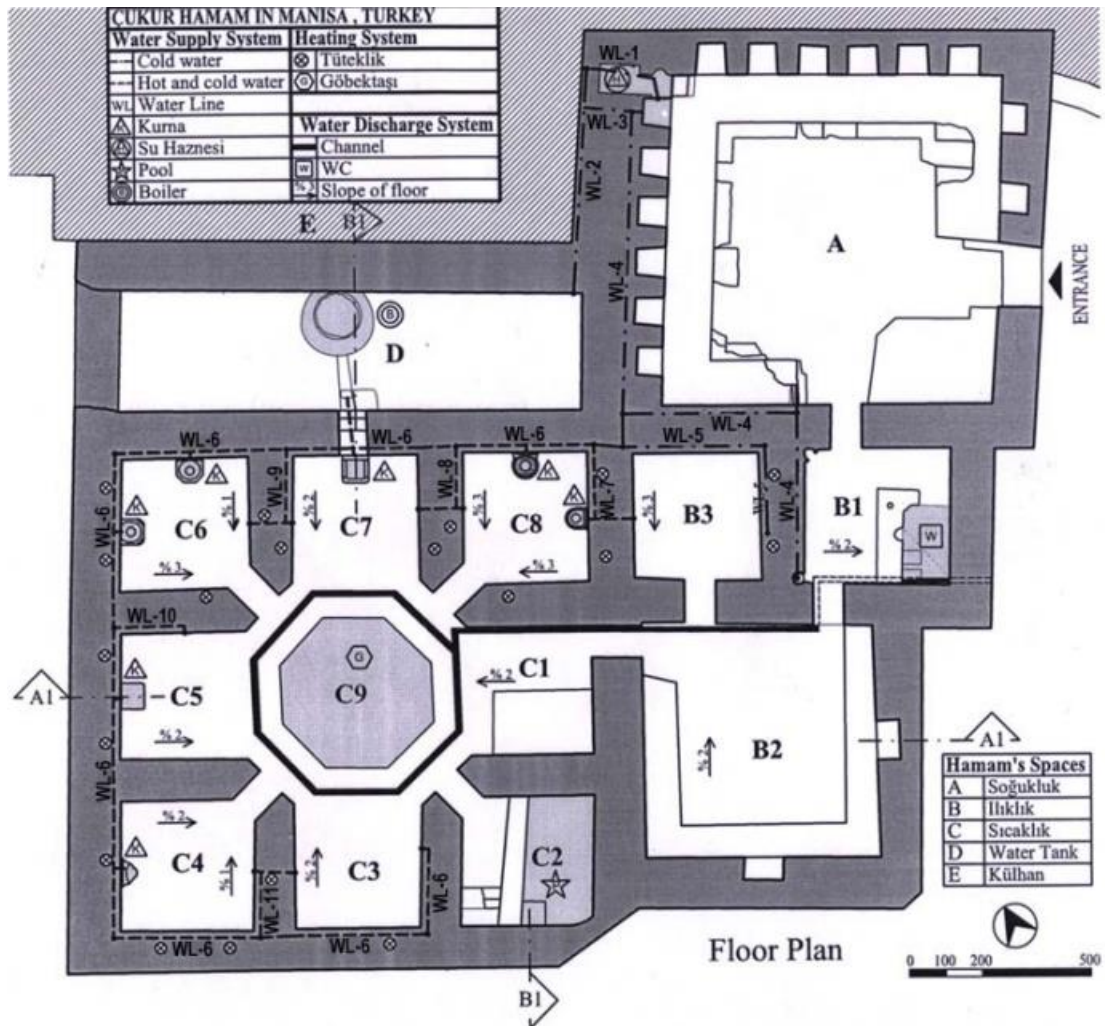
3.7.1 Το Çukur χαμάμ

Στο άρθρο των Temizsoy *et al*, 2002 – 2003 γίνεται περιγραφή των χώρων του χαμάμ και του τρόπου λειτουργίας, όπως παρατίθεται παρακάτω. Η παράδοση του λουτρού στην Ανατολία (Μικρά Ασία) εκτείνεται πολύ πίσω στην αρχαιότητα. Όταν οι Τούρκοι έφτασαν στην Ανατολία, ήρθαν αντιμέτωποι με την παράδοση των λουτρών των Ρωμαίων και των Βυζαντινών. Εμπνεύστηκαν και προτίμησαν να αξιοποιήσουν την υπάρχουσα πολιτιστική, αρχιτεκτονική, τεχνολογική κληρονομιά και να επιτύχουν μια μοναδική σύνθεση προσθέτοντας τη δική τους παράδοση, η οποία προσαρμόστηκε σύμφωνα με το μουσουλμανικό πρότυπο για την καθαριότητα και τη χρήση του νερού. Αυτή η σύνθεση είναι γνωστή ως τουρκικό λουτρό ή αποκαλούμενο ως χαμάμ (Hamam). Τα αρχιτεκτονικά και τεχνολογικά χαρακτηριστικά των χαμάμ είναι στενά αλληλένδετα, ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη χρήση πηγών νερού και θερμότητας. Αυτή είναι η κύρια αρχή σχεδιασμού πίσω από τα συστήματα ύδρευσης και θέρμανσης των χαμάμ. Συγκεκριμένα, εξετάζεται το Çukur Hamam, που χρονολογείται στον 14^ο αιώνα μ.Χ. (δεκαετία του 1360) ως αντιπροσωπευτικό δείγμα των γενικών χαρακτηριστικών της εποχής του.

Διάρθρωση χώρων

Τα χαμάμ αποτελούνται κυρίως από τρία τμήματα: τμήμα αλλαγής, τμήμα κολύμβησης και τμήμα υπηρεσιών. (Στα ρωμαϊκά λουτρά, το τμήμα αλλαγής ονομάζεται *frigidarium* ενώ το τμήμα κολύμβησης αποτελείται από *tepidarium* και *caldarium*). Στα πρώιμα παραδείγματα υπήρχε ένας επιπλέον χώρος μεταξύ των τμημάτων αλλαγής και κολύμβησης, τα οποία αποτελούνται από τουαλέτες. Εξηγείται ως ένας χώρος που παρέχει έλεγχο της μεταφοράς θερμότητας μεταξύ κρύων και ζεστών χώρων. Σε αργότερα παραδείγματα, αντικαταστάθηκε με έναν άξονα, ο οποίος βρίσκεται μεταξύ ψυχρού και θερμού τμήματος ενώ οι τουαλέτες γίνονται μέρος του τμήματος κολύμβησης.

- Τμήμα αλλαγής (soğukluk, soyunmalık, camekan, camegah)
Αυτός ο χώρος χρησιμοποιείται για τους σκοπούς της αλλαγής ρούχων, της αναμονής και της ανάπαυσης. Είναι συνήθως ο μεγαλύτερος μεταξύ όλων των άλλων χώρων.
- Τμήμα κολύμβησης
Αποτελείται από δύο κύρια τμήματα: iliklik και sicaiklik
Το τμήμα Iliklik είναι ο χώρος όπου το σώμα προσαρμόζεται σταδιακά για να θερμανθεί, πριν μπει στα ζεστά δωμάτια. Συνήθως αποτελείται από ένα κεντρικό χώρο, τουαλέτα και ένα κελί (δωμάτιο αποτρίχωσης).
Το Sicaiklik είναι το τμήμα κολύμβησης, το οποίο αποτελείται από ένα κεντρικό χώρο. Υπάρχει ένας πάγκος κατασκευασμένος από μαρμάρινη πλάκα (göbektaş) στον κεντρικό χώρο, που είναι το πιο καυτό τμήμα του χαμάμ. Υπάρχουν επίσης πέτρινες λεκάνες (kurna) για μπάνιο.
- Τμήμα υπηρεσιών
Αποτελείται από δύο χώρους υπηρεσίας: Δεξαμενή νερού και φούρνο (külhan). Η δεξαμενή νερού βρίσκεται κατά μήκος της μιας πλευράς του τμήματος sicaiklik. Έχει μια σύνδεση με το sicaiklik από ένα μικρό παράθυρο και χώρο ακριβώς πίσω, με σκοπό την πρόσβαση για συντήρηση και έλεγχο. Υπάρχει ένας λέβητας (kazan) στη μέση της δεξαμενής νερού για τη θέρμανση του νερού. Ο φούρνος (külhan) εξυπηρετεί τη διπλή λειτουργία της θέρμανσης του υπόκαυστου και του λέβητα (kazan). Βρίσκεται πίσω από τη δεξαμενή νερού και τοποθετείται στον ίδιον άξονα με το λέβητα. Η δεξαμενή νερού είναι ορθογώνιος χώρος, πλάτος 2.6 m και μήκος 10 m. Είναι συνδεδεμένη με την αίθουσα C7 (Βλ Εικόνα 3.21) με παράθυρο πλάτους 0.65 m και ύψους 0.97 m.



Εικόνα 3.21: Κάτοψη του Çukur Hamam, *Πηγή:* A. Temizsoy, S. Esen, K. Şahlan, N. Tunç, S. Telatar, 2002 - 2003

Οι Gulsen Disli, Ayse Tavukcuoglu, Levent Tosun μελετώντας το Sengul Hammam, το οποίο βρίσκεται στην επαρχία της Άγκυρας στην Τουρκία και χρονολογείται τον 15^ο αιώνα μ.Χ., διαπίστωσαν την ύπαρξη των εξής χώρων του λουτρού: το frigidarium, το tepidarium, το caldarium, το χώρο αποθήκευσης κρύου νερού, το δωμάτιο αποθήκευσης καυτού νερού, το δωμάτιο αποθήκευσης καυσόξυλων. Τα τμήματα tepidarium και caldarium είναι αυτά που χρησιμοποιούνται για κολύμβηση. Το σώμα προσαρμόζεται σταδιακά στο τμήμα tepidarium πριν εισέλθει στο πιο καυτό τμήμα, το caldarium.

Συστήματα ύδρευσης και θέρμανσης

Το σύστημα θέρμανσης ορίζεται μέσω της κάθετης και οριζόντιας ροής καπνού κάτω από το δάπεδο και τους τοίχους, την πολλαπλή χρήση της πηγής θέρμανσης τόσο για τη θέρμανση του νερού όσο και για τους χώρους και τα αρχιτεκτονικά στοιχεία του συστήματος. Επιπλέον, οι κατακόρυφες κοιλότητες στους τοίχους (tüteklik) ως μέρος του συστήματος θέρμανσης παρατηρούνται τόσο μέσα στο χαμάμ όσο και στην οροφή. Δυστυχώς, δεν υπάρχουν πληροφορίες για τα πιο σημαντικά στοιχεία του συστήματος θέρμανσης κάτω από το δάπεδο των τμημάτων sıcaklık και ılıklik επειδή είναι κάτω από το έδαφος και συνεπώς απρόσιτα. Στο Çukur χαμάμ υπάρχουν δύο συστήματα παροχής νερού που διανέμουν κρύο και ζεστό νερό με σωλήνες από κεραμικό (künk). Τα συνεχή και κάθετα συστήματα είναι ενσωματωμένα μέσα στον τοίχο και μεταφέρουν νερό με τη δύναμη της βαρύτητας κάτω και γύρω από το χαμάμ.

Σύστημα τροφοδοσίας κρύου νερού

Το σύστημα παροχής ψυχρού ύδατος συνδέει την κύρια πηγή νερού με ένα κάθετο σωλήνα, ο οποίος διανέμει το νερό σε τρεις οριζόντιες γραμμές σε δύο επίπεδα. Το δεύτερο εκ των τριών συστημάτων (WL-2) (Βλ Εικόνα 3.21) που συνδέει την κύρια πηγή νερού με το δωμάτιο D (δεξαμενή νερού), εκτείνεται κατά μήκος του βόρειου εξωτερικού τοίχου του δωματίου A μεταξύ των επιπέδων +0.72 m και + 0.36 m.

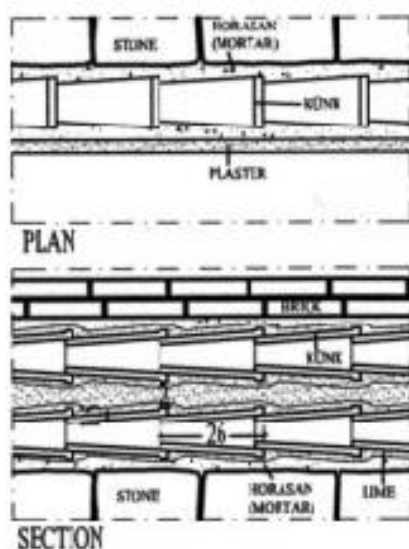
Σύστημα τροφοδοσίας ζεστού νερού

Ο σωλήνας παροχής ζεστού νερού που αποτελείται από σωληνώσεις (künk) τρέχει μέσα στους τοίχους του τμήματος sıcaklık, παράλληλα με τα συστήματα παροχής κρύου νερού αλλά σε χαμηλότερο επίπεδο. Το νερό που συλλέγεται στη δεξαμενή νερού (αίθουσα D) θερμαίνεται από τη φωτιά που βρίσκεται ακριβώς κάτω από το λέβητα (kazan) , ο οποίος είναι στερεωμένος στο δάπεδο της δεξαμενής, στο κέντρο του σχεδίου, πάνω από την πηγή θερμότητας. Από το δωμάτιο D, με δυνάμεις μεταφοράς και βαρύτητας (κλίση), το θερμό νερό τροφοδοτείται στο δωμάτιο C7 σε επίπεδο -1.20 m. Το ζεστό νερό που μεταφέρεται από τη δεξαμενή νερού

κατανέμεται σε δύο συστήματα συνεχούς παροχής ζεστού νερού που βρίσκονται σε κατεύθυνση βορρά-νότου, η πρώτη τροφοδοτεί ζεστό νερό για το δωμάτιο C8 και B3 ενώ ο δεύτερος παρέχει νερό για το υπόλοιπο sisaklık.

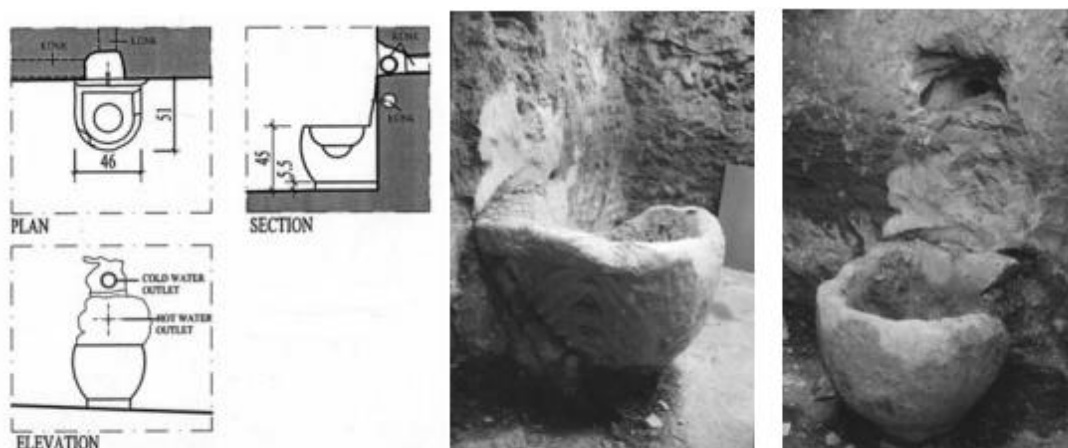
Παρακάτω διευκρινίζονται κάποιοι όροι που χρησιμοποιούνται στο κείμενο:

- Künks (βλ. Εικόνα 3.22): Οι künks που παρατηρούνται στο Çukur Hamam είναι κατασκευασμένες από κεραμικό και γενικά έχουν κωνικές τομές. Παράγονται σε τυποποιημένες διαστάσεις: για παράδειγμα στους θερμούς χώρους (αίθουσα B3 και αίθουσα C1-C9) έχουν μήκος 29 cm και πλάτος 14-10 cm στα άκρα των κώνων. Αντίθετα, στην αίθουσα A είναι μεγαλύτερα σε διάμετρο. Τα künks είναι περίπου 8 cm μέσα από την επιφάνεια του τοίχου και είναι ενσωματωμένα στο πάχος του κονιάματος με αποτελεσματική ελάχιστη κλίση. Αντί της πέτρας, μια επίπεδη σειρά από τούβλα τοποθετείται πάνω από τα künks επειδή το τούβλο τοποθετείται πιο εύκολα σε σχέση με την πέτρα. Το κονίαμα μεταξύ των επιφανειών των σωλήνων κρύου και ζεστού νερού παρέχει μόνωση για απώλεια θερμότητας ή μεταφοράς καθώς και για την αποφυγή οποιασδήποτε διαρροής νερού.



Εικόνα 3.22 : Λεπτομέρεια του künk, *Πηγή:* A. Temizsoy, S. Esen, K. Şahlan, N. Tunç, S. Telatar, 2002 - 2003

- Kurna (βλ. Εικόνα 3.23): Οι Gulsen Disli, Ayşe Tavukcuoglu, Levent Tosun (σ.282) ορίζουν ως λίθινες λεκάνες (kurna) στις οποίες αναμιγνύονται ζεστό και κρύο νερό για να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία για κολύμβηση. Υπάρχουν 7 kurnas στο Çukur Hamam, που βρίσκονται στο τμήμα sıcaklık. Ωστόσο, οι διαρροές νερού και τα ίχνη στους τοίχους υποδεικνύουν περισσότερα kurnas τα οποία καταργήθηκαν στο πρόσφατο παρελθόν. Στο αρχικό σχέδιο, υπάρχουν γενικά 3 kurnas σε κάθε δωμάτιο και βρίσκονται στο κέντρο των τειχών. Καθε kurna διαθέτει δύο σημεία παροχής για ζεστό και κρύο νερό. Επιπλέον, η χωρητικότητα νερού του καθενός kurna είναι περίπου 0.02 m^3 .

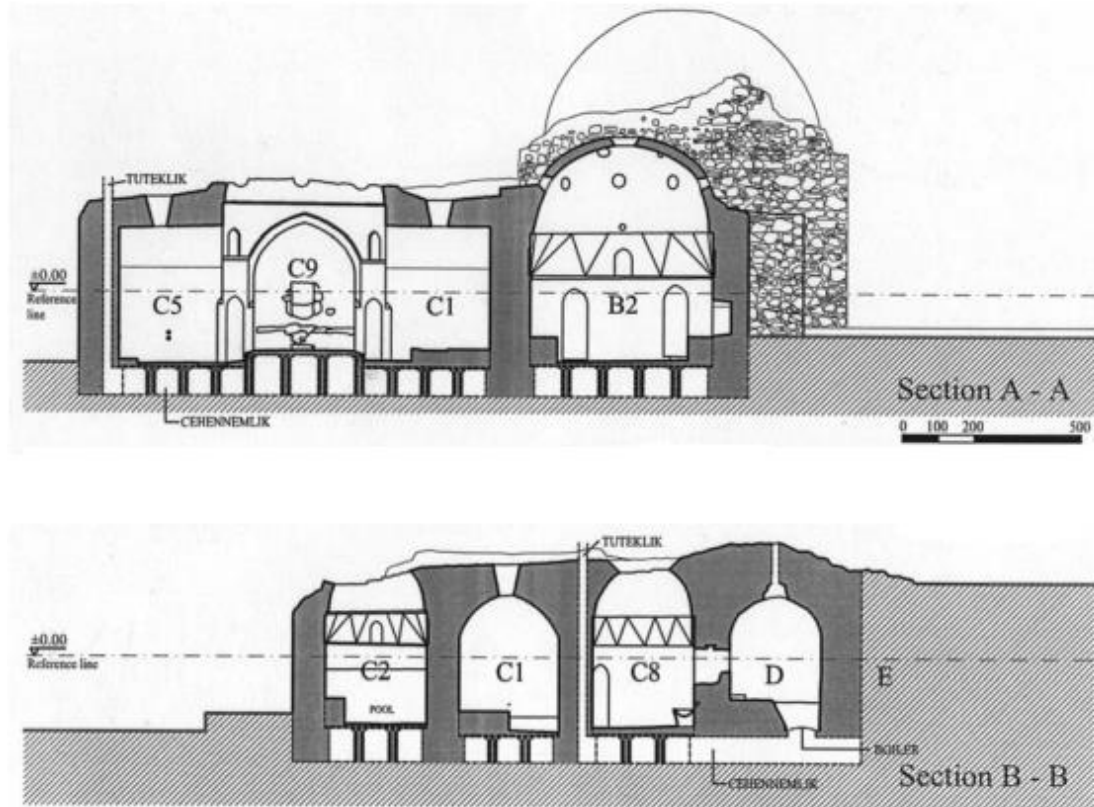


Εικόνα 3.23: Λεπτομέρεια του kurna, *Πηγή:* A. Temizsoy, S. Esen, K. Şahlan, N. Tunç, S. Telatar, 2002 - 2003

- Πισίνα: Η πισίνα είναι πλάτους 150 cm, μήκους 285 cm και ύψους περίπου 150 cm.
- Kazan: Ο λέβητας, ως στοιχείο του συστήματος παροχής ζεστού νερού, βρίσκεται 70 cm κάτω από το δάπεδο της δεξαμενής νερού, στο κέντρο του σχεδίου, πάνω από την πηγή θερμότητας.

Σύστημα θέρμανσης

Το Çukur Hamam θερμαίνεται με ζεστό ατμό και καπνό. Η θέρμανση με ατμό συμβαίνει όταν ο ζεστός ατμός, που βγαίνει από τη δεξαμενή ζεστού νερού, ρέει στο τμήμα sıcaklık μέσω του παραθύρου του δωματίου C7 ή όταν ο ζεστός ατμός ανεβαίνει από τα kurnas κατά τη διάρκεια της κολύμβησης. Η θέρμανση του καπνού πραγματοποιείται από το σύστημα του υπόκαυστου, το οποίο ορίζεται ως η κυκλοφορία του καπνού μέσω του sehennemlik και των tütekliks, που θερμαίνουν το δάπεδο και τους τοίχους του χαμάμ αντίστοιχα (βλ. Εικόνα 3.24). Ο καπνός που παράγεται από το külhan (αίθουσα E) ρέει πρώτα μέσα στα θολωτά κανάλια κάτω από το δάπεδο του δωματίου D και στη συνέχεια κυκλοφορεί γύρω από το sehennemlik. Το πάτωμα του υπόκαυστου υποστηρίζεται από πυλώνες (0.60-0.80 m στο κέντρο) και δημιουργεί ένα αναρτημένο δάπεδο, περίπου 1.00 m ύψους. Το ίδιο το δάπεδο είναι κατασκευασμένο από δύο στρώματα από πέτρα (μαρμάρινες πλάκες πάχους 5 cm και πλάκες από σχιστόλιθο σε πάχος 6 cm) με ένα στρώμα κονιάματος. Οι κίονες είναι κατασκευασμένοι από τετράγωνα τούβλα, πλάτους 23 cm και πάχους 4 cm. Τα τούβλα που χρησιμοποιούνται μεταξύ των λίθων και των πυλώνων έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια για να μειώσουν την επιφανειακή πίεση. Τα tütekliks είναι κατασκευασμένα ως μια τρύπα μέσα από τα τεράστια τείχη. Είναι δυνατόν να πούμε ότι tütekliks ως στοιχεία του συστήματος θέρμανσης έχουν σχεδιαστεί για να υποστηρίξουν το σύστημα παροχής ζεστού νερού στο Çukur Hamam. Εκτός από τη θέρμανση, τα tütekliks στα εξωτερικά τοιχώματα παρέχουν έλεγχο της απώλειας θερμότητας, ενώ αντίστοιχα στα εσωτερικά τοιχώματα διατηρούν το ζεστό νερό ώστε να κυκλοφορεί σε μια καθορισμένη θερμοκρασία μέσα στο χαμάμ.



Εικόνα 3.24: Όψεις A-A και B-B του κτηρίου, *Πηγή:* A. Temizsoy, S. Esen, K. Şahlan, N. Tunç, S. Telatar, 2002 - 2003

3.7.2 Το Sengul χαμάμ

Ικανότητα παροχής νερού

Οι Gulsen Disli, Ayse Tanukcuoglu, Levent Tosun (σ.283) μελετώντας το Sengul Hammam, ένα οθωμανικό διπλό λουτρό του 15^{ου} αιώνα αποτελούμενο από δύο ξεχωριστά μέρη για άνδρες και γυναίκες που βρίσκεται στην επαρχία της Άγκυρας της Τουρκίας, εκτίμησαν το χώρο αποθήκευσης ζεστού νερού, του οποίου οι εσωτερικές διαστάσεις σε μήκος, πλάτος και βάθος μεταξύ των επιπέδων υπερχείλισης και εξόδου μετρήθηκαν σε 14.7 x 3.1 x 1 m και αντίστοιχα 10 x 3.5 x 1.8 m για το χώρο αποθήκευσης κρύου νερού. Οι χρησιμοποιήσιμοι όγκοι των χώρων αποθήκευσης θερμού και ψυχρού ύδατος υπολογίστηκαν σε 45 000 L και 62 000 L, αντίστοιχα. Για τους υπολογισμούς της χωρητικότητας αποθήκευσης και κατανάλωσης νερού, κάποιες υποθέσεις και παραδοχές ήταν απαραίτητες. Ο

αρχικός αριθμός δεξαμενών-λεκανών ήταν 15 άτομα για τους άνδρες και 23 για τις γυναίκες λαμβάνοντας υπόψη όμως μεταγενέστερες παρεμβάσεις, όπως η προσθήκη νέων λεκανών και η απομάκρυνση των αρχικών, ο υφιστάμενος αριθμός ατόμων ανέρχεται στα 43 αν και στο παρελθόν υπολογίστηκε σε 38. Οι ώρες λειτουργίας του χαμάμ κατά το παρελθόν ήταν 12 ώρες, ενώ σήμερα είναι περισσότερες, όπως η επίτευξη 18 ωρών για άνδρες και 13 ωρών για γυναίκες. Ακόμη, αν και η διάρκεια χρήσης του χαμάμ μπορεί να είναι μεγαλύτερη, η περίοδος κατοχής της λεκάνης θεωρείται ότι είναι 2 ώρες κατά μέσο όρο για κάθε χρήστη. Κάθε λεκάνη χρησιμοποιείται από ένα μόνο άτομο, αν και θα μπορούσε να μοιραστεί από δύο ή περισσότερους χρήστες, όπως από τη μητέρα και το παιδί ή από δύο στενούς φίλους. Λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο, η χωρητικότητα του χαμάμ όσον αφορά στους χρήστες υπολογίστηκε ότι εξυπηρετεί συνολικά 228 άτομα την ημέρα σε περίπτωση που το χαμάμ χρησιμοποιούνταν συνεχώς. Η συνολική ποσότητα θερμού νερού που καταναλώνεται από ένα άτομο στο χαμάμ υπολογίστηκε σε 200 L/άτομο, συμπεριλαμβανομένων όλων των δραστηριοτήτων καθαρισμού. Για να ρυθμιστεί η θερμοκρασία του νερού, τέσσερις μονάδες ζεστού νερού αναμειγνύονται με μια μονάδα κρύου νερού. Αυτό σήμαινε ότι η συνολική κατανάλωση νερού για ένα άτομο βρέθηκε να είναι 250 L/άτομο, συμπεριλαμβανομένων όλων των δραστηριοτήτων καθαρισμού. Σε μια μέρα, το χαμάμ βρέθηκε να καταναλώνει νερό 57 000 L . Τα σύγχρονα πρότυπα, όπως τα TS 1258 (1983) και BS6700 (1987) απαιτούν την αποθήκευση κρύου νερού για να καλύψει την παροχή 24 ωρών διακοπής . Ο χρησιμοποιούμενος όγκος χώρου αποθήκευσης κρύου νερού, 62 000 L, ο οποίος είναι ελαφρώς υψηλότερος από την ημερήσια κατανάλωση νερού αυτού του χαμάμ, βρέθηκε ότι ικανοποιεί αυτή την απαίτηση. Αυτή η χωρητικότητα αποθήκευσης νερού αντιμετωπίζει κι άλλες δραστηριότητες που καταναλώνουν νερό, όπως ο γενικός καθαρισμός του χαμάμ, οι πετσέτες για μπάνιο, ο καθαρισμός τουαλέτας.

3.8 Σύγκριση των αρχαιολογικών ανακατασκευών

Αρκετές διαφορές υπάρχουν στις θερμικές μελέτες που παρουσιάζονται παραπάνω. Ο Grassmann (2011) υπολογίζει την κατανάλωση καυσίμων με βάση το Herbergsthermen, το οποίο θερμάνθηκε στους $\sim 31^{\circ}\text{C}$ (εσωτερική θερμοκρασία το χειμώνα) και $\sim 37^{\circ}\text{C}$ (εσωτερική θερμοκρασία το καλοκαίρι). Οι απαιτήσεις θερμότητας για το χειμώνα και το καλοκαίρι ήταν 12.01 kW και 7.73 kW ανά ώρα αντίστοιχα για ένα δωμάτιο που έχει όγκο 142 m². Αντίστοιχα, για τα λουτρά NOVA, ο Yegül βασίστηκε στους 42°C. Εδώ η απαίτηση θερμότητας ήταν χαμηλότερη, 4.7 kW ανά ώρα για ένα δωμάτιο με όγκο 37.6 m². Τα λουτρά λειτουργούσαν επίσης σε διαφορετικά επίπεδα υγρασίας. Η μέση υγρασία για τα λουτρά Herbergsthermen ήταν μεταξύ 60-70% ενώ για τα λουτρά NOVA, ήταν μεταξύ 25-35%. Η κατανάλωση καυσίμου των λουτρών NOVA εκτιμήθηκε σε 6 kg την ώρα ή 144 kg την ημέρα. Η κατανάλωση καυσίμου των Herbergsthermen σχεδόν μεταφράζεται σε 4 kg ανά ώρα το χειμώνα και 2.7 kg το καλοκαίρι ή καθημερινή χρήση (24 ώρες) 102 kg το χειμώνα και 62.7 kg το καλοκαίρι. Η χαμηλή χρήση καυσίμων των Herbergsthermen είναι αξιοσημείωτη, δεδομένου ότι ο όγκος του caldarium είναι τέσσερις φορές μεγαλύτερος από εκείνον των λουτρών Nova. Αυτό μπορεί να συμβαίνει καθώς η συνολική ποσότητα καυσίμου που απαιτείται, εξαρτάται από την θερμογόνο δύναμή του. Η θερμογόνος δύναμη είναι το μέτρο για την ποσότητα ενέργειας που θα παραχθεί σε μια φωτιά. Αυτό μπορεί να εκφράζεται σε θερμίδες (calories) ή σε J (joule), ή σε kW ανά ώρα. Όπως σημειώνουν οι Yegül και Grassmann, η περιεκτικότητα σε υγρασία στα καύσιμα (ξύλο) διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη θερμογόνο δύναμη ενός καυσίμου και καταστέλλει την αποτελεσματικότητά του. Και οι δύο ανωτέρω περιπτώσεις δεν μέτρησαν την περιεκτικότητα σε υγρασία στο ξύλο. Ο Grassmann υπολόγισε την τιμή για καυσόξυλα σε 2.832 kWh/kg, ενώ ο Yegül σε 18.123 MJ/kg ή 5.034 kWh/kg και υπολογίζοντας την εκτιμώμενη περιεκτικότητα σε υγρασία 25.4%, δηλαδή 3.775 kWh/kg. Όσο χαμηλότερη είναι η περιεκτικότητά του σε υγρασία τόσο υψηλότερη είναι η θερμογόνος δύναμή του. Η περιεκτικότητά σε υγρασία μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 50-60% σε (πράσινο) αποξηραμένο ξύλο, έως 25-35% μετά από ξήρανση ενός καλοκαιριού, έως και 15-25% μετά από ξήρανση αρκετών χρόνων. Έτσι θα χρησιμοποιηθεί πολύ λιγότερο

καύσιμο όταν στεγνώσει σωστά. Ακόμη, όπως δηλώνει και ο McParland (2009) δεν είναι γνωστό σε ποια θερμοκρασία έκαιγε ο κλίβανος. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να χρησιμοποιηθούν εκτιμήσεις ή συγκρίσεις. Ένας άλλος παράγοντας που θα πρέπει να εξετασθεί είναι αν χρησιμοποιήθηκε ξυλάνθρακας ή ξύλο. Αυτό έχει επιπτώσεις στην κατανάλωση καυσίμων, επειδή χρειάζονται περίπου 7 έως 8 μέρη ξύλου για να παραχθεί ένα μέρος ξυλάνθρακα. Αν και τα πειράματα των Kretzschmer (1953) και Hüser (1979) χρησιμοποίησαν ξυλάνθρακα, νεότερες μελέτες γενικά προτιμούν τη χρήση ακατέργαστου ξύλου. Στο παράρτημα Β παρατίθεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας με τις πληροφορίες όσων λουτρών μελετήθηκαν.

3.9 Η χρήση ξύλου, ξυλάνθρακα και άνθρακα

Η Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία αποτελούνταν από μια σειρά διαφορετικών τοπιών. Μόνο στη Μεσόγειο υπάρχουν πάνω από σαράντα είδη δέντρων με τόσες ακόμα υπο-παραλλαγές. Αυτή η ποικιλομορφία καθιστά μια γενική προσέγγιση αρκετά δύσκολη, αν και υπάρχουν ορισμένα πράγματα που έχουν καταστεί σαφή.

Η χρήση του ξύλου ελιάς εν γένει συνιστάται από τους αρχαίους συγγραφείς, εκτός από τη χρήση σε ανοιχτές φωτιές, διότι θα μπορούσε να βλάψει τα θεμέλια των λουτρών. Ωστόσο, πολυάριθμες αρχαιολογικές μελέτες επιβεβαιώνουν τη χρήση του. Η αίθουσα του υπόκαυστου μίας ρωμαϊκής βίλας στην περιοχή Farangola περιείχε ελαιόδενδρο, όπως επίσης και σε ένα δημόσιο λουτρό του 3-4^{ου} μ.Χ. αιώνα στην Τυνησία. Η πρακτική αυτή συνέχισε και κατά τον 6^ο αιώνα μ.Χ και στα βυζαντινά λουτρά. Ωστόσο, η χρήση ελαιόδεντρων δεν ήταν η πρώτη επιλογή αλλά χρησιμοποιούνταν καθώς δεν υπήρχε άλλο ξύλο. Εκτός από τη χρήση της ελιάς από αναγκαιότητα ή την έλλειψη καλύτερης εναλλακτικής λύσης, είναι πολύ πιθανό η χρήση του ξύλου ελιάς ως καύσιμο για τα λουτρά σε ολόκληρη την αυτοκρατορία να οφείλεται στην εγγύτητα ή το χαμηλό κόστος. Η χρήση ξύλου από οπωρώνες και ελαιώνες δείχνει ότι η παραγωγή ξύλου και η προμήθεια καυσίμων θα μπορούσαν να έχουν χαρακτηριστεί ως μέρος του γεωργικού συστήματος. Στην Πομπηία η Veal (2013) διαπίστωσε ότι η κύρια χρήση (50-75% ανάλογα με την χρονική περίοδο) ήταν οξιά. Η καθαρή υλοτομία θεωρείται συνήθως ως ο παλαιότερος και πιο

βασικός τρόπος εκμετάλλευσης ενός δάσους και ήταν πολύ πιθανό να ασκείται σε ρωμαϊκούς χρόνους. Μετά την υλοτόμηση η περιοχή αφήνεται να αναγεννηθεί για αρκετές δεκαετίες. Οι χρήσεις των διαφόρων τύπων ξύλου αναφέρονται συνήθως από τους αρχαίους συγγραφείς. Ο Βιτρούβιος (Vitruvius) αναφέρει ότι το έλατο καίγεται γρήγορα και έντονα, ενώ το πεύκο αναφλέγεται με δυσκολία, έχει όμως αργή καύση. Συμπερασματικά, φαίνεται ότι τα λουτρά συνήθως τροφοδοτούνται από ένα καθορισμένο κύριο καυσόξυλο. Η δρυς-βελανιδιά (78%) και η λεύκα (11%) ήταν το κυρίαρχο είδος των κατάλοιπων που βρέθηκαν στο υπόκαυστο μιας ρωμαϊκής βίλας του 2^{ου}-3^{ου} αιώνα στο Groundwell Ridge. Ομοίως, ο χώρος του υπόκαυστου της βίλας στο Farangola της βορειοανατολικής Απουλίας περιείχε κατά κύριο λόγο βελανιδιά (74% των υπολειμμάτων) κατά τον 2^ο-3^ο αιώνα. Προς τον 5^ο αιώνα, ωστόσο, εμφανίζεται μια τάση να χρησιμοποιούνται καλλιεργούμενα είδη, διακοσμητικά φυτά και οπωρώνες. Ομοίως, στην Πομπηία, η Veal (2013) διαπίστωσε ότι στην πρώιμη αυτοκρατορία η οξιά ήταν το κυρίαρχο είδος καυσόξυλων (51.7%), ακολουθούμενη από βελανιδιές (32.5%). Πολλά από τα είδη που βρέθηκαν στην έρευνα μπορούν να κοπούν. Το πεύκο, το οποίο απαιτεί καθαρή υλοτομία, βρέθηκε λιγότερο στη Δύση. Παρουσιάστηκε όμως στις πιο ανατολικές, άνυδρες περιοχές που ερευνήθηκαν. Στη Μπόσρα (Συρία), το πεύκο επιβεβαιώθηκε από τον 2^ο έως τον 4^ο αιώνα μ.Χ. σε λουτρά από το τμήμα αμφιθεάτρου και τον 8^ο αιώνα μ.Χ. στα λουτρά του παλατιού του Τραϊανού. Ομοίως, τον 6^ο αιώνα, στα λουτρά του Placcus στην πόλη Γέρασα (Jerash), στην Ιορδανία, το πεύκο αποτελούσε λίγο παραπάνω από το ένα τρίτο όλων των ανθρακωλογικών δειγμάτων (36%). Στις ίδιες αυτές περιοχές χρησιμοποιήθηκαν κι άλλα κωνοφόρα, όπως το κυπαρίσσι. Θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι αυτή η απουσία πεύκων ή κωνοφόρων γενικά στο δυτικό τμήμα της αυτοκρατορίας οφείλεται στην κακή φήμη τους ως καύσιμο. Ο Βιτρούβιος για παράδειγμα αναφέρει ορισμένες από τις ιδιότητες καύσης των κωνοφόρων, όπως του έλατου που υποστηρίζει ότι καίει βίαια και ενός είδους πεύκου που αναφλέγεται με δυσκολία και δεν παράγει ξυλάνθρακα. Το ξύλο των κωνοφόρων είναι πράγματι γνωστό ότι καίει σε υψηλή θερμοκρασία. Επιπλέον, η υψηλή περιεκτικότητά του σε ρητίνη και η υγρασία μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα που οδηγούν σε πυρκαγιές καπνοδόχων. Αυτό συμβαίνει κυρίως όταν το ξύλο καίγεται αργά ή αν το ξύλο καίγεται ενώ δεν έχει αποξηρανθεί

επαρκώς. Ωστόσο, το πεύκο που έχει αποξηραθεί για 2 χρόνια καίει γρήγορα, αλλά όταν αναμειγνύεται με άλλο σκληρό ξύλο, καίγεται αργά και παράγει μια πιο ομοιόμορφη φωτιά, η οποία μπορεί να αφεθεί να καίει. Παρόλο που συνήθως υπήρχε ένα κυρίαρχο είδος καυσόξυλου, υπήρχε μια ποικιλία και άλλων καυσόξυλων. Πολλά από αυτά τα δευτερεύοντα καύσιμα προέρχονται από αυτό που θεωρείται πιο άγρια βλάστηση, η οποία είναι σχετικά μη καλλιεργημένη. Τον 5^ο αιώνα, στο υπόκαυστο της Φαραγκόλας εντοπίστηκαν 8 έως 12 διαφορετικοί τύποι ειδών μεταξύ των οποίων αρκετοί θάμνοι. Ομοίως, και τα ανατολικά λουτρά όχι μόνο περιείχαν ξύλο από κωνοφόρα, αλλά και άλλα είδη ξύλου.

Οι αρχαίες πηγές παρέχουν ελάχιστες πληροφορίες σχετικά με το πόσο συχνά χρησιμοποιήθηκε **ξυλάνθρακας** για τη θέρμανση των λουτρών. Από τον Λουκρήτιο (Lucretius) μπορούμε να βρούμε μια προειδοποίηση ενάντια στη χρήση ξυλάνθρακα στα λουτρά αλλά αυτό πιθανότατα προέρχεται από μια εποχή που χρησιμοποιούνταν μαγκάλι για να ζεσταθεί το δωμάτιο και μπορεί να θεωρηθεί ως προειδοποίηση κατά της δηλητηρίασης από μονοξείδιο του άνθρακα (CO). Ο Πλίνιος (Pliny the Elder) παρατηρεί ότι η αιθάλη συχνά συλλέγεται για τη δημιουργία μελανιού όταν καθαρίζεται το υπόκαυστο. Αυτό αποδεικνύει ότι το καύσιμο που συνήθως καίγεται δεν ήταν ξυλάνθρακας αλλά ξύλο, καθώς ο ξυλάνθρακας δεν παράγει αρκετή αιθάλη για τη δημιουργία μελανιού. Παρόλο που δεν υπάρχουν αρχαίες πηγές που να συνδέονται με τη χρήση ξυλάνθρακα στα λουτρά, η Nielsen (1993) πιστεύει ότι η έλλειψη ξυλείας από την Αίγυπτο σημαίνει ότι θα εισήχθη ξυλάνθρακας. Αυτό επιβεβαιώνεται από έναν πάπυρο που τεκμηριώνει τη μεταφορά ξυλάνθρακα. Ωστόσο, η παραγωγή ξυλάνθρακα είναι δαπανηρή. Τα εθνογραφικά δεδομένα υποδεικνύουν ότι μια παρτίδα ξυλάνθρακα απαιτούσε τουλάχιστον τρεις έως τέσσερις φορές την ποσότητα του ξύλου. Δεδομένου ότι το ξύλο ήταν ήδη σπάνιο στην Αίγυπτο, η χρήση ξυλάνθρακα θα αντιπροσώπευε τότε τουλάχιστον τέσσερις φορές περισσότερο ξύλο που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση αυτού του λουτρού. Είναι πιθανό ότι η τιμή του ξυλάνθρακα ήταν αρκετά υψηλή, ίσως παρόμοια με τη Δήλο, όπου έπρεπε να εισαχθούν καύσιμα. Η Veal (2013) σημειώνει ότι στα ρωμαϊκά λουτρά η καύση είναι κάπου ανάμεσα σε ανοιχτή φωτιά και σε κλίβανο. Πράγματι, όπως σημειώνει ο

Rook (1992), τα θερμά λουτρά αντέγραψαν το σχέδιο κατασκευής ενός κλιβάνου. Ωστόσο, το υπόκαυστο πιθανότατα λειτουργούσε ως ανοικτή φωτιά, το οποίο σχετίζεται περισσότερο με τη χρήση ακατέργαστου ξύλου. Είναι πιθανό ότι η προσωπική θέρμανση και το μαγείρεμα στις πόλεις πραγματοποιήθηκε με ξυλάνθρακα. Πράγματι η Veal (2013) επισημαίνει ότι οι εστίες και οι φούρνοι που υπάρχουν στην Πομπηία δεν είχαν χώρο για την τροφοδοσία με ακατέργαστο ξύλο. Ο ξυλάνθρακας γενικά καίει περισσότερο, καθαρότερα και έχει υψηλότερη αναλογία θερμογόνου δύναμης προς το βάρος από την ακατέργαστη ξυλεία. Γενικά, η χρήση ξυλάνθρακα σε πόλεις σε σύγκριση με το ξύλο θεωρείται συχνά ότι έχει αναλογία 80/20 (ενώ το αντίστροφο ισχύει για την ύπαιθρο). Ωστόσο, τα περισσότερα υπόκαυστα είχαν αρκετό χώρο για την τροφοδοσία με ακατέργαστο ξύλο. Είναι πιθανό όμως ο ξυλάνθρακας να αναμιγνύεται με ακατέργαστο ξύλο. Με αυτόν τον τρόπο, η φωτιά θα είχε φτάσει σε υψηλότερη θερμοκρασία νωρίτερα και θα μπορούσε να καεί πιο σταθερά. Το κύριο αποτέλεσμα, ωστόσο, της έρευνας είναι ότι χρησιμοποιήθηκαν ευρέως καύσιμα από ξύλο.

Η ευρεία **χρήση άνθρακα** έχει αποδειχθεί για τη ρωμαϊκή Βρετανία από τον Webster (1955) λόγω των αρχαιολογικών ανασκαφών στη δεκαετία του 1950. Από τότε, οι Dearne και Branigan (1995) έχουν προσθέσει άλλες 150 ρωμαϊκές Βρετανικές τοποθεσίες όπου έχει πιστοποιηθεί η χρήση άνθρακα. Τα περισσότερα από αυτά τα ευρήματα σχετίζονται με τη μεταλλουργία. Σε αυτό το πλαίσιο βρίσκουμε αρχαίες αναφορές σχετικά με τον άνθρακα. Ο Θεόφραστος στο βιβλίο του «Περί λίθων» στο κεφάλαιο 16, αναφέρει: «Ανάμεσα στις ύλες που εξορύσσονται για τη χρησιμότητά τους, αυτές που είναι γνωστές απλώς σαν άνθρακες μοιάζουν σαν χώμα και ανάβουν και καίγονται σαν το ξυλοκάρβουνο. Αυτές υπάρχουν στη Λιγουρία (Βόρεια Ιταλία) και στην Ηλεία, στον ορεινό δρόμο πηγαίνοντας προς την Ολυμπία και τις χρησιμοποιούν οι χαλκουργοί». Αρκετά ευρήματα στην Αγγλία και την Ουαλία αποδεικνύουν τη χρήση άνθρακα στο πλαίσιο του υπόκαυστου. Πολλά από αυτά ήταν λουτρά σε πολυτελή σπίτια που χρονολογούνται μεταξύ του 2^{ου} και 4^{ου} αιώνα μ.Χ. Στα δημόσια λουτρά του Wroxeter βρέθηκαν επίσης ίχνη χρήσης άνθρακα. Η βεβαίωση της χρήσης άνθρακα σε αυτά τα λουτρά μπορεί να αμφισβητήσει το επιχείρημα που έχει τεθεί, δηλαδή ότι οι παράγοντες εγγύτητας

και διαθεσιμότητας καθορίζουν τον τύπο καυσίμου που χρησιμοποιείται στα λουτρά. Όπως αναφέρει ο Smith (1997), οι Ρωμαίοι εκμεταλλεύονταν το κάρβουνο σε όλα τα μεγάλα κοιτάσματα άνθρακα στην Αγγλία και την Ουαλία μέχρι το τέλος του δεύτερου αιώνα. Υπάρχουν λοιπόν άφθονα στοιχεία που δείχνουν ότι ο άνθρακας μεταφέρθηκε στην ξηρά ή μέσω ποταμού στη θάλασσα για αποστολή σε παράκτιες περιοχές μεταξύ του Γιορκσάιρ και του Λονδίνου. Οι Branigan και Dearne (1995) προτείνουν συνεπώς τη χρήση άνθρακα για την ελάφρυνση της πίεσης στους πόρους ξυλείας σε πυκνοκατοικημένες περιοχές και στρατιωτικά οχυρά. Καθώς ο άνθρακας είναι ένα ορυκτό καύσιμο, δεν υπόκειται σε ανησυχίες για βιώσιμη εκμετάλλευση και θα μπορούσε απλώς να εξορύσσεται και η αξία του απλά θα ήταν το κόστος εργασίας της εξόρυξης (είτε σε μισθούς είτε σε τρόφιμα για δούλους) και τις μεταφορές. Είναι πολύ πιθανό, όπως υποδεικνύουν οι Dearne και Branigan (1995), ότι η οικονομική σκοπιμότητα των δικτύων εμπορίου άνθρακα στη Ρωμαϊκή Βρετανία δείχνει ότι οι τοπικοί πόροι καυσίμων δεν μπόρεσαν να αντέξουν τη μακροχρόνια εκμετάλλευση. Αυτό οφείλεται στις πιέσεις του αυξανόμενου πληθυσμού, της στρατιωτικής κατοχής και των ανέσεων όπως τα λουτρά.

3.10 Συμπεράσματα

Οι δασικές εκτάσεις που χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία των δημόσιων λουτρών ήταν πιθανώς μέρος ενός μεγαλύτερου συστήματος χρήσης γης. Είναι πιθανό ότι τα καύσιμα από αυτές τις δασικές εκτάσεις επιλέχθηκαν ειδικά από την άποψη μιας στρατηγικής διαχείρισης που προορίζεται για την εκμετάλλευσή τους με βιώσιμο τρόπο. Είναι σήμερα άγνωστο σε παγκόσμιο επίπεδο σε ποιο βαθμό αυτή η βιώσιμη εκμετάλλευση ήταν επιτυχής. Ωστόσο, είναι προφανές ότι τα λουτρά δεν βασίζονταν αποκλειστικά σε αυτά τα ξύλα ως πηγή καυσίμων. Η χρήση αυτών των περιφερειακών τοπικών πηγών υποστηρίζει την κυρίαρχη σχέση μεταξύ μιας πόλης και της ενδοχώρας της στην παροχή καυσίμων για τα λουτρά, ενδεχομένως αποκλείοντας το διαπεριφερειακό εμπόριο καυσίμων. Η αρχή αυτή δεν μπορεί να αποδειχθεί με βεβαιότητα και υπάρχουν ενδείξεις για το αντίθετο, ενώ για τα καύσιμα από ξύλο υπάρχει η εικασία ότι το θαλάσσιο εμπόριο σε μικρές αποστάσεις μπορεί να ήταν βιώσιμο, όπως αποδεικνύεται από την ανάλυση της

Veal σχετικά με την προσφορά καυσίμων στην Πομπηία. Ομοίως, στη Ρωμαϊκή Βρετανία και ενδεχομένως στη Γαλατία και τη Γερμανία, ο άνθρακας διαπραγματευόταν μεταξύ περιφερειών. Ωστόσο, το κύριο αποτέλεσμα της έρευνας μας είναι ότι χρησιμοποιήθηκαν ευρέως καύσιμα από ξύλο ενώ η χρήση του άνθρακα ήταν περιορισμένη.

Τέλος, συγκρίνοντας τη μελέτη της ανακατασκευής των λουτρών Nona στις Σάρδεις της Τουρκίας με τις πληροφορίες και τις εκτιμήσεις για το Sengul χαμάμ που βρίσκεται στην Άγκυρα της Τουρκίας, έγινε προσπάθεια για την εκτίμηση της ημερήσιας κατανάλωσης ξύλου ανά άτομο. Στα λουτρά Nona για τη θέρμανση των χώρων και μιας πισίνας χωρητικότητας 1 700 L καταναλώθηκαν 360 kg ξύλου/ημέρα. Στο Sengul χαμάμ, εκτιμήθηκε πως καθημερινά καταναλώνονται 45 000 L ζεστού νερού. Προκύπτει, επομένως, ότι η κατανάλωση ξύλου ανέρχεται κατά προσέγγιση σε 9 530 kg ξύλου/ημέρα και αποτελεί μία εκτίμηση της ποσότητας του ξύλου που χρησιμοποιήθηκε. Χρησιμοποιώντας την παραδοχή πως το Sengul χαμάμ εξυπηρετεί συνολικά 228 άτομα την ημέρα, προκύπτει πως για τη θέρμανση των λουτρών απαιτούνται περίπου 40 kg ξύλου ανά άτομο ανά ημέρα. Με εκτιμώμενη θερμογόνο δύναμη του ξύλου ως 4.3 kWh/kg, προκύπτει πως η ημερήσια απαιτούμενη ενέργεια για χρήση του λουτρού ανέρχεται σε 172 kWh/άτομο. Λαμβάνοντας υπόψη ακόμη πως η ημερήσια χρήση νερού για ατομική καθαριότητα κυμαίνεται σε 5-70 L/άτομο και με την παραδοχή πως ένας ηλεκτρικός θερμοσίφωνας χωρητικότητας 80 L καταναλώνει 2.6 kWh για θέρμανση νερού στους 50°C, γίνεται αντιληπτή η εξαιρετικά μεγάλη κατανάλωση ενέργειας κατά τη διαδικασία του λουτρού.

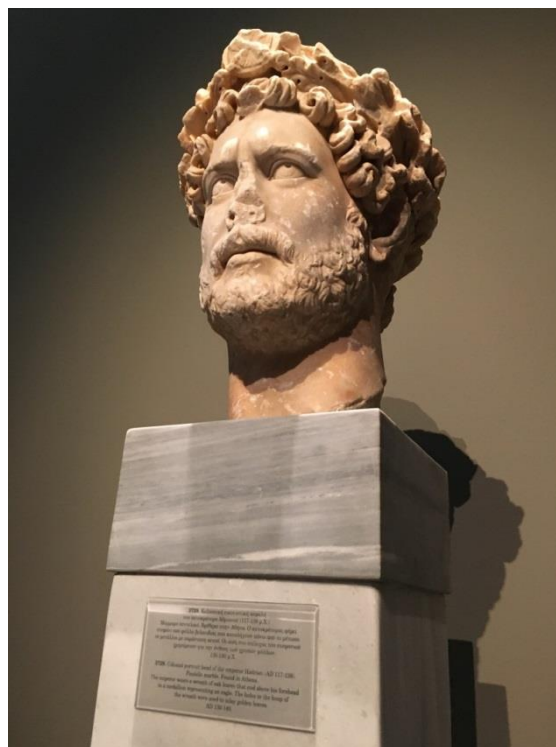
Κεφάλαιο 4

Λουτρά της ρωμαϊκής Αθήνας

4.1 Εισαγωγή

Από το 2^ο αιώνα π.Χ. ο ελλαδικός χώρος σταδιακά κατακτάται από τους Ρωμαίους, μέχρι την οριστική επικράτησή τους το 31 π.Χ. Η Ρωμαϊκή περίοδος είναι μια από τις σημαντικότερες της ελληνικής ιστορίας. Είναι μοναδικό το ιστορικό φαινόμενο ενός λαού που πολιτικά κατακτημένος και στρατιωτικά εξουθενωμένος, κατορθώνει με την τρομακτική δημιουργική δύναμη του πολιτισμού του να κατακτήσει και να εκπολιτίσει τον κατακτητή του, όπως άλλωστε αναγνώρισε και ο Λατίνος ποιητής Οράτιος με την πασίγνωστη φράση του «Η κατακτημένη Ελλάδα κατέκτησε τον σκληρό κατακτητή της και εισήγαγε τις τέχνες στο αγροϊκό Λάτιο». Είναι μοναδικό το φαινόμενο μιας χώρας, που, ουσιαστικά υπόδουλη, διδάσκει την φιλοσοφία της, τις τέχνες της, τα γράμματά της, δια του κατακτητού της στην ανθρωπότητα και τελικά προσφέρει και τη γλώσσα της. Ωστόσο, το οικοδομικό πρόγραμμα για την πρωτεύουσα της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, προκαλεί διπλό αντίκτυπο στην Ελλάδα: αρχικά, οι ελληνικές πόλεις απογυμνώνονται από τους καλλιτεχνικούς τους θησαυρούς, που ως λάφυρα μεταφέρονται στη Ρώμη, ταυτόχρονα με τη μετεγκατάσταση εκεί και κάποιων καλλιτεχνών. Στη συνέχεια, νέα τοπικά εργαστήρια δημιουργούνται για να αντιμετωπιστεί η ζήτηση αντιγράφων κλασικών και ελληνιστικών έργων. Στο δεύτερο ήμισυ του 1^{ου} αι. π.Χ. μια σημαντική αλλαγή που έγινε στην πόλη της Αθήνας ήταν ο μετασχηματισμός της Αρχαίας Αγοράς. Συγκεκριμένα, η πλατεία της Αρχαίας Αγοράς, ο ομφαλός της πολιτικής, πολιτιστικής και εμπορικής ζωής, κατελήφθη από κτήρια, δημιουργώντας μία νέα αγορά, η οποία είναι γνωστή ως Ρωμαϊκή Αγορά. Η Ρωμαϊκή Αγορά, αν και ήταν μια πρωτότυπη κατασκευή ανεξάρτητη από την Αρχαία Αγορά, τοποθετήθηκε στον χώρο σε συσχετισμό με αυτήν, καθώς και με τους προϋπάρχοντες δρόμους. Ως προς την αρχιτεκτονική μορφή της και τον τρόπο ένταξής της στον πολεοδομικό ιστό της

αρχαίας Αθήνας είναι ρωμαϊκή, ως προς τους ρυθμούς, τις μεθόδους κατασκευής και τα επιμέρους αρχιτεκτονικά μέλη βρίσκεται σαφώς μέσα στην ελληνική, κλασική παράδοση. Αργότερα, το 2^ο αιώνα μ.Χ., αναδεικνύεται και πάλι η Αθήνα ως καλλιτεχνικό κέντρο, κυρίως λόγω της εύνοιας των φιλελλήνων αυτοκρατόρων Αδριανού και Αντωνίνου Ευσεβούς. Κατά την περίοδο του αυτοκράτορα Αδριανού, η πόλη γνώρισε μια περίοδο ειρήνης, οικοδομικής δραστηριότητας και νέας πνευματικής ακμής. Δημιουργούνται νέα λαμπρά αρχιτεκτονήματα, γίνεται και πάλι σημαντικό καλλιτεχνικό και πνευματικό κέντρο με σπουδαίες φιλοσοφικές σχολές, όπου φοιτούν νέοι από διάφορα μέρη της αυτοκρατορίας. Ο Αδριανός, αγάπησε την Ελλάδα, την ελληνική παιδεία και τον πολιτισμό. Ιδιαίτερα όμως αγάπησε την Αθήνα, την οποία θεωρούσε δεύτερη πατρίδα του, πράγμα που απέδειξε έμπρακτα με τα έργα του. Την επισκέφθηκε τρεις φορές και υλοποίησε ένα τεράστιο οικοδομικό πρόγραμμα. Οι Αθηναίοι για να εκφράσουν την ευγνωμοσύνη τους έστησαν γύρω στους 100 βωμούς και δεκάδες αγάλματα προς τιμή του, όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 4.1.



Εικόνα 4.1: Αυτοκράτορας Αδριανός, Εθνικό αρχαιολογικό μουσείο.

Κατά την πολύμηνη επίσκεψή του το 124-125 μ.Χ. επεξέτεινε προς τα ανατολικά την πόλη, η οποία έφθασε τα 2 200 000 m². Η νέα πόλη, που ονομάστηκε Αδριανούπολις ή Νέαι Αθήναι, εκτεινόταν στη σημερινή περιοχή Ζαπτείου-Εθνικού Κήπου-Συντάγματος. Ήταν ένα από τα ωραιότερα προάστια της πόλης με γυμνάσια, βαλανεία και πολυτελείς επαύλεις με πλούσια ψηφιδωτά δάπεδα. Στην παλαιά πόλη εξωραΐστηκαν παλαιά κτήρια, λήφθηκε μέριμνα για την ύδρευση και την αποχέτευση, καθώς και το οδικό δίκτυο, ενώ χτίστηκαν και νέα μεγάλα δημόσια οικοδομήματα. Σημαντικό έργο κοινής ωφελείας ήταν το υδραγωγείο. Το νερό έφθανε από την Πεντέλη μέσω ενός καναλιού εν μέρει υπέργειου πάνω σε τοξοστοιχία, εν μέρει υπόγειο μέσα σε πολύ βαθιά λαξευμένη τάφρο στη δεξαμενή στους πρόποδες του λόφου του Λυκαβηττού σε ύψος 136 m, που επισκευάστηκε επανειλημμένα και ήταν σε χρήση έως τα νεότερα χρόνια. Μια μεγαλόπρεπη θριαμβική αψίδα, γνωστή ως Πύλη του Αδριανού κτίστηκε γύρω στο 135 μ.Χ. από τους Αθηναίους σε ένδειξη ευγνωμοσύνης προς τον ευεργέτη αυτοκράτορα. Το πιο εντυπωσιακό όμως Αδριάνειο έργο ήταν η ολοκλήρωση το 131-132 μ.Χ. του τεράστιου Ναού του Ολυμπίου Διός, με τον οποίο ταυτίστηκε ο αυτοκράτορας και λατρεύτηκε με την επωνυμία «Ολύμπιος», όπως μαρτυρούν πλήθος ενεπίγραφων βωμών και βάσεων ανδριάντων, αφιερωμένων στον Αδριανό. Το έργο όμως του Αδριανού στην Αθήνα δεν είναι σημαντικό μόνον για τα μεγαλόπρεπα κτήρια, αλλά κυρίως για την προσπάθειά του να αναβιώσει το ελληνικό πνεύμα, να τονώσει την πίστη στους αρχαίους θεούς και να καταστήσει την Αθήνα κέντρο του Ελληνισμού. Το σπουδαιότερο Αδριάνειο έργο πολιτιστικού χαρακτήρα είναι η Βιβλιοθήκη Αδριανού. Η ευημερία αυτή της Αθήνας διήρκεσε μέχρι το 267 μ.Χ, χρονιά κατά την οποία οι Έρουλοι (βαρβαρικό φύλο βόρειας καταγωγής) πέρασαν από την Αθήνα ισοπεδώνοντας τα πάντα.

4.2 Τα λουτρά της Αθήνας

Η έρευνα της Shawna Leigh (1998) οδήγησε στην ομαδοποίηση των ρωμαϊκών λουτρών της Αθήνας, όπως φαίνεται παρακάτω.

1. Τοποθεσία: Καλλισπέρη και Παρθενώνας
Περιγραφή: Κατά την ανασκαφή δύο οικοδομικών οικοπέδων ανακαλύφθηκε ένα μεγάλο ρωμαϊκό κτήριο. Μπορεί να ήταν λουτρό που σταμάτησε η χρήση του περίπου το 120 μ.Χ. Κατά την ύστερη ρωμαϊκή περίοδο στο ίδιο σημείο κτίστηκε ένα σπίτι, το οποίο καταστράφηκε προς το τέλος του 4^{ου} αιώνα μ.Χ. Περίπου το 400 μ.Χ. δημιουργήθηκε ένα δημόσιο λουτρό που επικαλύπτει μέρος αυτού του σπιτιού.
2. Τοποθεσία: Διονυσίου Αρεοπαγίτου μεταξύ των οδών Μητσαίων και Καρυάτιδων
Περιγραφή: Αναφέρεται ένα νυμφαίο- Με την ονομασία Νυμφαίο οι αρχαίοι Έλληνες χαρακτήριζαν τόπους ιερούς αφιερωμένους στις νύμφες και ειδικότερα στις νύμφες των πηγών- που πιθανόν ανήκει σε λουτρό, ευρήματα του οποίου βρέθηκαν απέναντι του νυμφαίου σε ιδιωτική κατοικία.
3. Τοποθεσία: Ροβέρτου Γκάλι, Καρυάτιδων και Καβαλλότι
Περιγραφή: Βρέθηκε ένα καλά διατηρημένο ρωμαϊκό λουτρό του 2^{ου} αιώνα μ.Χ., τοποθετημένο γύρω από μια κεντρική κυκλική αίθουσα με ευρήματα μωσαϊκού δαπέδου. Μαζί με το λουτρό βρέθηκαν σύστημα νερού με σωλήνες, αποχετεύσεις και δεξαμενές νερού.
4. Τοποθεσία: Μισαραλιώτου
Περιγραφή: Η στήλη που βρίσκεται στη μέση αυτού του δρόμου ανήκει σε μια μεγάλη αίθουσα, νότια της οποίας ήταν ένα λουτρό του 2^{ου} αιώνα μ.Χ.
5. Τοποθεσία: Μακρυγιάννη, Λεμπέση και Πορίνου
Περιγραφή: Υπάρχει μέρος του frigidarium ενός λουτρού του 4^{ου} αιώνα μ.Χ.

6. Τοποθεσία: Μιχαήλ Κοκκίνη, Θεοφιλοπούλου και Μενεμάχου
Περιγραφή: Ερείπια ρωμαϊκού λουτρού που είχε κτιστεί πάνω σε παλαιότερο κτίριο που άνηκε στο γυμνάσιου του Κυνοσάργους.
7. Τοποθεσία: Κυδαθηναίων 18 και Γέροντα
Περιγραφή: Ανακαλύφθηκε το υπόκαυστο ενός λουτρού. Το ψηφιδωτό χρονολογείται μεταξύ του 1^{ου} και 5^{ου} αιώνα μ.Χ.
8. Τοποθεσία: Λυσικράτους
Περιγραφή: Βρέθηκε ένα υπόκαυστο ρωμαϊκού λουτρού του 2^{ου} αιώνα μ.Χ., που πιθανότατα ανήκει σε ένα κτίριο μπροστά από την εκκλησία της Αγίας Αικατερίνης. Στήλες από αυτό το κτίριο βρίσκονται μπροστά από το ναό.
9. Τοποθεσία: Βόρεια της περιφέρειας του Ολυμπίου
Περιγραφή: Ένα λουτρό διατηρείται σε πολύ καλή κατάσταση και ήταν πιθανόν σε χρήση μέχρι τον 7^ο αιώνα. Το συγκρότημα αποτελείται από 8 δωμάτια. Χρονολογείται σύμφωνα με τις επισκέψεις του Αδριανού στην Αθήνα, δηλαδή μεταξύ 124 και 131 μ.Χ.
10. Τοποθεσία: Λεωφόρος Αμαλίας
Περιγραφή: Ευρήματα υπόκαυστου ενός λουτρού, αλλά η ακριβής θέση του δεν είναι σαφής. Χρονολογικά τοποθετείται κατά την περίοδο του Αδριανού.
11. Τοποθεσία: Χώρος του σύγχρονου εκθεσιακού χώρου του Ζαπείου
Περιγραφή: Ανακαλύφθηκε ένα μεγάλο λουτρό, το οποίο καταστράφηκε κατά την κατασκευή του Ζαπείου.
12. Τοποθεσία: Κάτω από τη ρώσικη εκκλησία
Περιγραφή: Πιστεύεται ότι το λουτρό άνηκε στο γυμνάσιο του Λυκείου της αρχαίας Αθήνας. Στις οδούς Ψύλλα και Αμαλίας, ανακαλύφθηκε τοίχος που εκτείνεται από τα ανατολικά προς τα δυτικά, φτάνοντας τα 3.1 m κάτω από

το επίπεδο του εδάφους. Πιθανότατα ανήκει στο ρωμαϊκό λουτρό που διατηρείται στο υπόγειο της εκκλησίας.

13. Τοποθεσία: Όθωνος

Περιγραφή: Βρέθηκαν ερείπια λουτρού του 5^{ου} αιώνα μ.Χ. Το λουτρό του Διοχάρους ήταν πιθανόν στον ίδιο χώρο.

14. Τοποθεσία: Απόλλωνος , κοντά στην οδό Νίκης

Περιγραφή: Βρέθηκε νυμφαίο του 5^{ου} αιώνα μ.Χ. που πιθανόν ανήκει στο λουτρό 13.

15. Τοποθεσία: Μπροστά από το Κοινοβούλιο

Περιγραφή: Βρέθηκαν τμήματα του υπόκαυστου ενός λουτρού. Είναι πιθανό, αυτό να ανήκει σε ήδη υπάρχον λουτρό, το οποίο ανακαλύφθηκε στις ανασκαφές του μετρό.

16. Τοποθεσία: Βορειοανατολική πλευρά του Ηρώδου Αττικού και Μουρούζη

Περιγραφή: Το 1953 βρέθηκε ρωμαϊκό λουτρό.

17. Τοποθεσία: Πανεπιστημίου και Βουκουρεστίου

Περιγραφή: Υπολείμματα ρωμαϊκού λουτρού βρέθηκαν κάτω από την οδό Πανεπιστημίου.

18. Τοποθεσία: Ευριπίδου κοντά στην οδό Σαρρή

Περιγραφή: Βρέθηκαν τα ερείπια λουτρού. Το μωσαϊκό δάπεδο έχει αφαιρεθεί και βρίσκεται στο Βυζαντινό μουσείο στην Αθήνα.

19. Τοποθεσία: Σαρρή, μεταξύ των οδών Ωγύγου και Λούκα

Περιγραφή: Ανακαλύφθηκε ένα μικρό λουτρό που χρονολογείται κατά το τέλος του 4^{ου} αιώνα μ.Χ.

20. Τοποθεσία: Αγορά Αθηνών

Περιγραφή: Βρέθηκε λουτρό που συνδέεται με το γυμνάσιο των Γιγάντων που χρονολογείται γύρω στο 400 μ.Χ.

21. Τοποθεσία: Αγορά Αθηνών

Περιγραφή: Βρέθηκε λουτρό του 2^{ου} – 5^{ου} αιώνα μ.Χ.

22. Τοποθεσία: Αγορά Αθηνών, βορειοδυτική πλαγιά του Αρείου Πάγου

Περιγραφή: Τα νοτιοδυτικά λουτρά. Η παλαιότερη εγκατάσταση του λουτρού χρονολογείται το 2^ο αιώνα π.Χ. Μετά από διάφορες ανακαινίσεις, το λουτρό αντικαταστάθηκε από ένα θολωτό συγκρότημα της εποχής του Αδριανού και λειτούργησε μέχρι τον 6^ο αιώνα μ.Χ.

23. Τοποθεσία: Αγορά Αθηνών

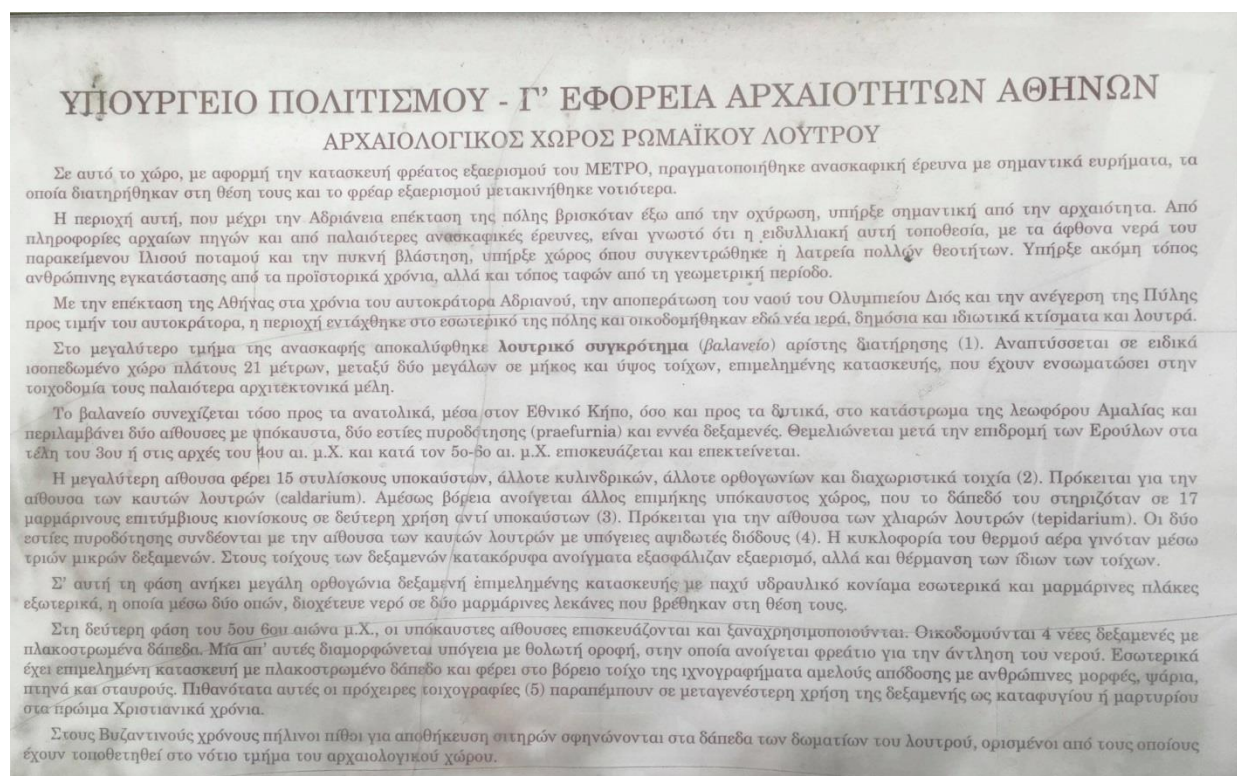
Περιγραφή: Βρέθηκε ένα λουτρό σε πολύ καλή κατάσταση που χρονολογείται μεταξύ του τέλους του 2^{ου} αιώνα έως τον 3^ο αιώνα. Ανακατασκευάστηκε στα τέλη του 4^{ου} αιώνα μ.Χ.

24. Τοποθεσία: Νοτιοδυτική πλευρά της Αγοράς Αθηνών

Περιγραφή: Βρέθηκε ένα μικρό λουτρό που χρονολογείται μεταξύ του τέλους του 3^{ου} έως τον 5^ο αιώνα μ.Χ.

Στη λεωφόρο Αμαλίας, με αφορμή την κατασκευή φρέατος εξαερισμού του μετρό, πραγματοποιήθηκε ανασκαφική έρευνα με σημαντικά ευρήματα τα οποία διατηρήθηκαν στη θέση τους. Στο μεγαλύτερο τμήμα της ανασκαφής αποκαλύφθηκε λουτρικό συγκρότημα άριστης διατήρησης, το οποίο αναφέρεται στον αριθμό 10 της παραπάνω λίστας. Χρονολογικά τοποθετείται κατά την περίοδο του αυτοκράτορα Αδριανού. Το λουτρό αναπτύσσεται σε ειδικά ισοπεδωμένο χώρο πλάτους 21 m, μεταξύ δύο μεγάλων σε μήκος και ύψος τοίχων, επιμελημένης κατασκευής, που έχουν ενσωματώσει στην τοιχοδομία τους παλαιότερα αρχιτεκτονικά μέλη. Το συγκρότημα συνεχίζεται τόσο προς τα ανατολικά, μέσα στον Εθνικό κήπο, όσο και προς τα δυτικά, στο κατάστρωμα της λεωφόρου Αμαλίας και

περιλαμβάνει δύο αίθουσες με υπόκαυστα, δύο εστίες πυροδότησης και εννέα δεξαμενές. Η περιγραφή του λουτρού φαίνεται στην Εικόνα 4.2.



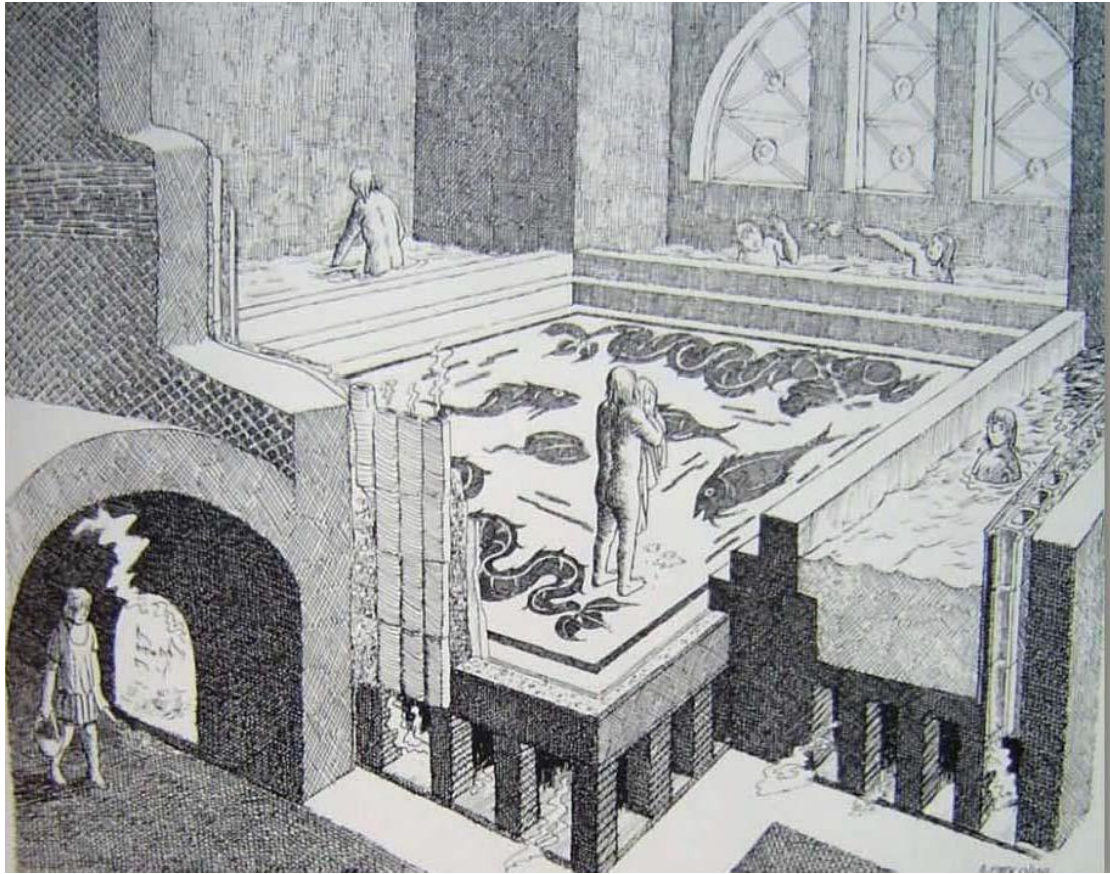
Εικόνα 4.2: Περιγραφή του λουτρού του Ζαπείου

Η μεγαλύτερη αίθουσα φέρει 15 στυλίσκους υποκαύστων, άλλοτε κυλινδρικών, άλλοτε ορθογωνίων και διαχωριστικά τοιχεία. Πρόκειται για την αίθουσα των καυτών λουτρών (caldarium), η οποία απεικονίζεται δεξιά στην Εικόνα 4.3. Αμέσως βόρεια ανοίγεται άλλος υπόκαυστος χώρος, που το δάπεδό του στηριζόταν σε 17 μαρμάρινους επιτύμβιους κιονίσκους σε δεύτερη χρήση αντί υποκαύστων. Πρόκειται για την αίθουσα των χλιαρών λουτρών (tepidarium), η οποία απεικονίζεται αριστερά στην Εικόνα 4.3. Οι δύο εστίες πυροδότησης συνδέονται με την αίθουσα των καυτών λουτρών με υπόγειες αψιδωτές διόδους. Μία τέτοια αψιδωτή διάδος φαίνεται στην εικόνα 4.3. Η κυκλοφορία του θερμού αέρα γινόταν μέσω τριών μικρών δεξαμενών. Στους τοίχους των δεξαμενών κατακόρυφα ανοίγματα εξασφάλιζαν εξαερισμό, αλλά και θέρμανση των ιδίων των τοίχων. Μία μεγάλη ορθογώνια δεξαμενή επιμελημένης κατασκευής με παχύ υδραυλικό

κονίαμα εσωτερικά και μαρμάρινες πλάκες εξωτερικά διοχέτευε μέσω δύο οπών νερό σε δύο μαρμάρινες λεκάνες. Η αναπαράσταση του λουτρού απεικονίζεται στην Εικόνα 4.4.



Εικόνα 4.3: Ρωμαϊκά λουτρά Ζαπείου. Απεικονίζονται: το caldarium (1), το tepidarium (2) και υπόγεια αψιδωτή δίοδος (3)



Εικόνα 4.4: Αναπαράσταση ρωμαϊκού λουτρού Ζαπτείου, Πηγή: Γ' Εφορεία αρχαιοτήτων Αθηνών

Τα νεώτερα λουτρά της Αθήνας

1. Τοποθεσία: Περικλέους 30-32

Περιγραφή: Μέρος ενός πιθανού κτιρίου λουτρών αναγνωρίστηκε ως ενσωματωμένο στους τοίχους ενός κτιρίου της ύστερης ρωμαϊκής εποχής.

2. Τοποθεσία: Πλατεία Συντάγματος

Περιγραφή: Το λουτρό αυτό περιγράφεται ως ένα μεγάλο συγκρότημα, το οποίο βρίσκεται πάνω ή βόρεια του Ηριδανού ποταμού. Δεν ήταν πολυτελές, ωστόσο ήταν καλά χτισμένο με αγωγούς παροχής και αποχέτευσης που λειτουργούσαν κάτω από τα πατώματά του. Αναφέρεται ότι είχε αρκετές χρονολογικές φάσεις. Η μεγαλύτερη χρονολογείται τον 3^ο αιώνα μ.Χ.

3. Τοποθεσία: Θουκυδίδου 6
Περιγραφή: Το κτίριο είχε τουλάχιστον 3 χρονικές φάσεις, η πρώτη τον 2^ο αιώνα, ενώ μια μη καθορισμένη φάση αναγνωρίστηκε ως λουτρό. Τα καλώς διατηρημένα μέρη του λουτρού περιλαμβάνουν το υπόκαυστο, δύο μικρές δεξαμενές νερού, μία εκ των οποίων περιέχει ψηφιδωτά.
4. Τοποθεσία: Αδριανού 117
Περιγραφή: Ένα μικρό λουτρό βρέθηκε κοντά στο κέντρο της οδού 2.04 m κάτω από την από την επιφάνεια.
5. Τοποθεσία: Κήπος του Στρατιωτικού Νοσοκομείου Μακρυγιάννη που οριοθετείται δυτικά από την οδό Μητσαίων, βόρεια από την Διονυσίου Αρεοπαγίτου, ανατολικά από την Μακρυγιάννη και νότια από την Χατζηχρήστου.
Περιγραφή: Το 1980 ένα στρογγυλό κτίριο αναγνωρίστηκε ως frigidarium ενός λουτρού. Επίσης, εντοπίστηκαν τοίχοι από αρκετά καλοδιατηρημένα ύστερα ρωμαϊκά κτίρια. Το συγκρότημα χρονολογείται σε τρεις διαφορετικές χρονικές φάσεις, η δεύτερη από τις οποίες ήταν το ρωμαϊκό λουτρό για το οποίο δεν ξέρουμε την ημερομηνία. Ωστόσο, η τρίτη φάση χρονολογείται από τον 5^ο έως τον 7^ο αιώνα.
6. Τοποθεσία: Οδυσσέα Ανδρούτσου 3 και Φαλήρου 52
Περιγραφή: Τα ερείπια ενός λουτρού βρέθηκαν κάτω από τον οριζοντα εδάφους του 3^{ου} αιώνα.
7. Τοποθεσία: Τσάμη Καρατάσου
Περιγραφή: Μία τάφος από εκσκαφές κατά μήκος της οδού το 1981 έφερε στο φως ένα καλά διατηρημένο λουτρό σε βάθος 0.07m. Πιθανολογείται πως ήταν αποτέλεσμα του συστήματος παροχής ύδατος του Αδριανού.

8. Τοποθεσία: Ηρακλειδών 9

Περιγραφή: Πάνω από ένα παλιότερο πάτωμα ανακλύφθηκε ένα ημικυκλικό λουτρό. Το εξωτερικό του είχε τετραγωνικό σχήμα. Η είσοδος στο λουτρό γίνεται από την ανατολική πλευρά μέσω σκάλας. Στο νότιο τμήμα του ανατολικού τείχους βρέθηκαν ίχνη μαρμάρινης πλακόστρωσης. Πέντε αγωγοί αναγνωρίστηκαν ότι ανήκουν στο λουτρό.

9. Τοποθεσία: Αμφικτύονος 3

Περιγραφή: Οι ανασκαφές της ελληνικής αρχαιολογικής υπηρεσίας έφεραν στο φως μέρος ενός συγκροτήματος λουτρού από τη ρωμαϊκή περίοδο. Βρέθηκαν πέντε δωμάτια. Η αίθουσα 1 ήταν μια μικρή δεξαμενή. Τα ευρήματα βρέθηκαν σε βάθος 1.65 m από το επίπεδο του δρόμου.

10. Τοποθεσία: Ρωμαϊκή Αγορά

Περιγραφή: Στις ανασκαφές της Αγοράς, στα βόρεια της σύγχρονης οδού Αδριανού, ανακαλύφθηκε τμήμα ρωμαϊκού λουτρού. Θεωρήθηκε ότι το λουτρό αυτό αποτελεί τη δεύτερη φάση του ήδη υπάρχοντος λουτρού. Στην ύστερη ρωμαϊκή περίοδο το λουτρό ξαναχτίστηκε. Η έλλειψη αδιάβροχου γύψου στους αγωγούς οδηγεί στο συμπέρασμα ότι κατασκευάστηκαν για τη διοχέτευση ζεστού αέρα γύρω από το δωμάτιο. Το λουτρό καταστράφηκε στα τέλη του 4^{ου} αιώνα μ.Χ.

11. Τοποθεσία: Πειραιώς 61-63

Περιγραφή: Ανακαλύφθηκαν τα ερείπια ενός μικρού λουτρού, αποτελούμενο από ένα ορθογώνιο δωμάτιο Α και μια παρακείμενη εσοχή στην ανατολική πλευρά του. Ένα άνοιγμα πόρτας πλάτους 0.90 m βρέθηκε στο βόρειο τοίχο, ενώ στη μέση του δυτικού τοίχου υπάρχει άνοιγμα πλάτους 0.20 m, που χρησιμοποιείται για την κυκλοφορία του ζεστού αέρα. Οι τοίχοι βρέθηκαν σε βάθος 2.10 m κάτω από την επιφάνεια της σύγχρονης οδού Πειραιώς.

12. Τοποθεσία: Κολοκυνθούς 24

Περιγραφή: Αυτή η ανασκαφή έφερε στο φως μέρος του υπόκαυστου ενός ρωμαϊκού λουτρού. Οι τοίχοι είχαν θεμελιωθεί πάνω στο βράχο. Υπήρχε ένα άνοιγμα στο κάτω μέρος ενός τοίχου για τον αέρα πλάτους 0.40 m.

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική έρευνα

5.1 Σύνοψη - Συμπεράσματα

Μετά την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, δηλαδή με την ολοκλήρωση της προσπάθειας διερεύνησης των ενεργειακών και υδατικών αναγκών του ρωμαϊκού λουτρού προέκυψαν διαδοχικά, κατά τη διάρκεια της διαδικασίας τα ακόλουθα συμπεράσματα.

- Στην αρχαία Ρώμη, η μέση οικιακή κατανάλωση εκτιμάται σε 85 L ανά κάτοικο ανά ημέρα. Πρόσθετα οι πολίτες είχαν πρόσβαση και στις δημόσιες καταναλώσεις νερού, όπως λουτρά και σιντριβάνια, που αντιστοιχούσε σε πρόσθετα 200 L ανά κάτοικο ανά ημέρα. Επομένως, υπολογίζεται πως η μέση ημερήσια κατανάλωση νερού ανά κάτοικο ανέρχεται σε 285 L.
- Η χρήση του λουτρού ήταν γνωστή στον ευρύτερο ελλαδικό χώρο ήδη από την προϊστορική περίοδο ως αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής ζωής των ανθρώπων. Υπάρχουν αναφορές του Ομήρου για τη διαδικασία του λουτρού στην Οδύσσεια και την Ιλιάδα.
- Η διάρθρωση του ρωμαϊκού λουτρού ορίζεται ως εξής: το *caldarium*, το πιο ζεστό δωμάτιο του λουτρού, το *tepidarium*, το ζεστό - χλιαρό δωμάτιο του λουτρού, το *frigidarium*, το κρύο δωμάτιο του λουτρού.
- Η θέρμανση των χώρων του λουτρού γινόταν μέσω ενός υποδαπέδιου και ενδοτοιχίου συστήματος κυκλοφορίας ζεστού αέρα που ονομάζεται υπόκαυστο. Ο φούρνος – εστία βρισκόταν σε κεντρικό τμήμα και σε κοντινή απόσταση από τις ζεστές αίθουσες. Ο ζεστός αέρας που παρήγαγε η καύση του ξύλου έρρεε κάτω από το πάτωμα θερμαίνοντας τους χώρους.

- Τα τούρκικα λουτρά – χαμάμ δε διαφέρουν από τα ρωμαϊκά λουτρά καθώς οι Οθωμανοί υιοθέτησαν τη λουτρική παράδοση των Ρωμαίων. Η βασικότερη διαφοροποίηση των χαμάμ από τα ρωμαϊκά λουτρά είναι ότι το πλύσιμο του σώματος πρέπει να γίνεται με νερό τρεχούμενο.
- Μέσω υπολογισμών και εκτιμήσεων, επιβεβαιώνεται η τιμή της *quinaría* ως μέτρο παροχетеυτικότητας των αγωγών της αρχαίας Ρώμης, όρο τον οποίο εισήγαγε ο Φροντίνος και εκτιμάται η ταχύτητα ροής του νερού των υδραγωγείων της αρχαίας Ρώμης. Προκύπτει πως η τιμή της είναι 1.144 m/s, η οποία αποτελεί λογική τιμή.

Σε ό,τι αφορά τις ενεργειακές και υδατικές ανάγκες του λουτρού, έχουν προκύψει τα εξής:

- Η μελέτη της διάρθρωσης των χώρων και του τρόπου λειτουργίας των τούρκικων χαμάμ οδήγησε στην εκτίμηση της κατανάλωσης νερού ανά άτομο. Αυτή ανέρχεται στα 250 L/άτομο, συμπεριλαμβανομένων όλων των δραστηριοτήτων καθαρισμού.
- Για τη θέρμανση του λουτρού, χρησιμοποιήθηκε κυρίως ξυλεία από ελαιόδεντρα. Ωστόσο, πιστεύεται ότι σε κάποιες περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκε ξυλάνθρακας. Η χρήση του άνθρακα έχει αποδειχθεί για τη ρωμαϊκή Βρετανία κυρίως. Το κύριο αποτέλεσμα της έρευνας είναι ότι χρησιμοποιήθηκαν ευρέως καύσιμα από ξύλο ενώ η χρήση του άνθρακα ήταν περιορισμένη. Εκτιμάται πως η ημερήσια κατανάλωση ξύλου για τη θέρμανση των χώρων και του νερού του λουτρού ανέρχεται σε 40 kg ξύλου/άτομο, η οποία αντιστοιχεί σε 172 kWh/άτομο.
- Τα αποτελέσματα της μελέτης στα λουτρά Herbergsthermen στο Xanten της Γερμανίας για τη θέρμανση του *caldarium*, δηλαδή του πιο ζεστού δωματίου του λουτρού με όγκο 142 m³ και του λέβητα χωρητικότητας 1 000 L, διαθέτοντας μια πισίνα χωρητικότητας 4 200 L, είναι τα εξής: α) για το χειμώνα για σταθερή θερμοκρασία των λουτρών στους 31°C με εξωτερική θερμοκρασία 0 - 10°C, η κατανάλωση ξύλου ανέρχεται στα 100 kg την ημέρα ενώ β) για το καλοκαίρι για σταθερή θερμοκρασία των λουτρών στους 37°C με εξωτερική θερμοκρασία 16 - 22°C, η κατανάλωση ξύλου ανέρχεται στα 50

kg την ημέρα. Στον ακόλουθο Πίνακα, γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων της μελέτης στο Xanten και της μελέτης στις Σάρδεις της Τουρκίας.

| Τοποθεσία | Κιλά σκληρού ξύλου (kg) | όγκος caldarium (m3) | όγκος πισίνα (L) | χωρητικότητα λέβητα (L) | θερμοκρασία δωματίου (°C) | θερμοκρασία δαπέδου(°C) | εξωτερικές θερμοκρασίες (°C) | Θερμοκρασία νερού | Διάρκεια καύσης (hr) | απώλεια θερμότητας |
|------------------|--|----------------------|------------------|-------------------------|-------------------------------|--|---|--|----------------------|---|
| Xanten, Γερμανία | 120 kg/μέρα το χειμώνα, μετά απο 6 μέρες 100kg/μέρα 150 kg/μέρα το καλοκαίρι, μετά από 7 μέρες 100 kg και από την 11η μέρα 65 kg για θερμοκρασία 31°C το καλοκαίρι θα κατανάλωνε μόνο 50 kg ξύλου 27 375kg ετησίως | 142 | 4200 | 1000 | 31 το χειμώνα 37 το καλοκαίρι | | χειμώνα από 0-10°C, καλοκαίρι από 16-22°C | Το νερό στο λέβητα ξεκίνησε στους 10°C | 24 | 12.01 kW το χειμώνα 7.73kW το καλοκαίρι |
| Σάρδεις, Τουρκία | 15 kg δρυός ανά ώρα ή 6 kg αποξηραμένο ξύλο ανά ώρα καθημερινή χρήση είτε 144kg είτε 360 kg , δηλαδή ετήσια χρήση 52 560 kg είτε 131 400 kg | 37.6 | 1700 | 520 | 42-43 | 62°C ωστόσο με την πάχυνση του δαπέδου σε 60 cm, η θερμοκρασία ανέρχεται στους 27.5°C έως 22°C | 15°C μεταξύ 31 Οκτωβρίου και 9 Νοεμβρίου | | 24 | 4.7 kW ανά ώρα |

5.2 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η προσπάθεια διερεύνησης των ενεργειακών και υδατικών αναγκών του ρωμαϊκού λουτρού, όπως παρουσιάζεται στην παρούσα διπλωματική εργασία, αποτελεί τη βάση ενός ευρέος φάσματος μελλοντικής έρευνας. Παρακάτω παρουσιάζονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα, όπως προκύπτουν από την έως τώρα διερεύνηση:

- Συστηματοποίηση της καταγραφής των ρωμαϊκών λουτρών όσον αφορά στην έκταση και τη θέρμανση των εγκαταστάσεων
- Κατάταξη της χωρητικότητας των δεξαμενών και των χώρων υποκαύστων μέσω της έρευνας και των αρχαιολογικών ευρημάτων
- Μελέτη των συστημάτων θέρμανσης και ύδρευσης για την συστηματοποίηση της αποδοτικότητας αυτών των συστημάτων

Βουτυρίτσα Σ., Μπενίση Μ., Μανθούλη Μ., Μαμάσης Ν., Εκπαιδευτικό πρόγραμμα για το νερό και τη γη, «Έκθεση στην επιφάνεια»

Θεόφραστος, *Περί λίθων*, Μετάφραση Αποστολίδη Νικ., Αθήνα, 1975

Καζαντζάκης Ν. & Κακριδής Ι.Θ., *Ομήρου Οδύσσεια*, Αθήνα, 1965

Πλούταρχος, *Βίοι Παράλληλοι/ Σόλων*

Φωκάς Ευγένιος Α. , *Γενικά αρχαία υδροθεραπείας και ιατρικής κλιματολογίας*, Αθήνα , 1957

Castiglioni Arturo, *A history of medicine*, London, 1947

Gleick, P.H., Basic water requirements for human activities: meeting basic needs, *Water International* 21: 83-92., 1996

Gulsen Disli, Ayse Tavukcuoglu, Levent Tosun Ermanno Grinzato, *Assessment of water supply and drainage systems for an historical hammam by using non-destructive methods*, Middle East Technical University (METU), Dept. of Architecture, Ankara, Turkey, Consiglio Nazionale delle Ricerche, CNR-ITC Padova – Italy

Leigh Shawna, *The aqueduct of Hadrian and the water supply of roman Athens*, 1998

Marcus Valerius Martialis, *Epigrams*

Mietz Michael, *The Fuel Economy of Public Bathhouses in the Roman Empire*, Universiteit Gent, 2015-2016

Monfort César Carreras, *A new perspective for the demographic study of Roman Spain*, Universitat Oberta de Catalunya, 1995-1996

Olsson Richard, *The water-supply system in Roman Pompeii*, Lund University, 2015

Rodgers R. H., *Copia Aquarum: Frontinus' Measurements and the Perspective of Capacity*, 1986

Rodgers R.H., *Sectus Iulius Frontinus on the water-management of the city of Rome*,
The University of Vermont, 2003

Temizsoy A., Esen S., Şahlan K., Tunç N., Telatar S. , *Original Water Supply and Heating Systems in a 14th Century Bath: Çukur Hamam in Manisa, Turkey*,
Department of Restoration, Faculty of Architecture, M.E.T.U, Ankara, Turkey,2002-2003

Trevor Hodge A., *How Did Frontinus Measure the Quinaria?* , American Journal of Archaeology, 88,No2,pp 205-216, Apr.1984

Vitruvius, de Architectura

http://penelope.uchicago.edu/~grout/encyclopaedia_romana/romanforum/quinaria.html

<http://ir.lib.uth.gr/bitstream/handle/11615/3156/P0003156.pdf?sequence=1>

http://ellinondiktyo.blogspot.com/2017/09/blog-post_8.html

<https://www.thermalsprings.gr/index.php/el/menu-istorika-stoixeia#>

<https://visitbath.co.uk/listings/single/roman-baths/>

<https://theculturetrip.com/europe/united-kingdom/england/articles/the-story-behind-the-roman-baths-in-bath/>

<https://owlcation.com/humanities/The-Roman-Baths-in-Somerset-A-Hot-Spring-and-a-Goddess>

<https://www.mixanitouxronou.gr/ta-loutra-paradisos-me-ta-thermenomena-dapeda-ke-tous-tichous-pou-evgazan-zesto-aera-dimiourgithikan-apo-ton-porthitimourat-v-me-ilika-apo-epta-ekklisies/>

<https://www.typosthes.gr>

Το αίνιγμα – πρόβλημα της *quinaría*

Εισαγωγή

Ο Φροντίνος (Sextus Julius Frontinus) (35 - 103 μ.Χ.) ήταν Ρωμαίος στρατιωτικός, κυβερνήτης της Βρετανίας και συγγραφέας του *De aquis urbis Romae* ("Σχετικά με τα ύδατα της πόλης της Ρώμης"). Στο κείμενο του παρατίθεται η ιστορία και η περιγραφή της ύδρευσης της Ρώμης, συμπεριλαμβανομένων των νόμων που σχετίζονται με τη χρήση και τη συντήρησή της. Ο Φροντίνος διορίστηκε επικεφαλής των υδραγωγείων από τον αυτοκράτορα Νέρβα το 97 μ.Χ. Ο Πλίνιος ο Νεώτερος τον ονόμασε έναν από τους δύο πιο σεβαστούς άντρες της εποχής του. Το *De aquis urbis Romae* παρέχει πλήρεις τεχνικές λεπτομέρειες για τα υδραγωγεία της Ρώμης, μαζί με την ιστορία τους και τους κανονισμούς που διέπουν τη χρήση τους. Όταν ο Φροντίνος διορίστηκε επικεφαλής των υδραγωγείων από τον αυτοκράτορα Νέρβα το 97 μ.Χ., μέτρησε την ικανότητα ύδρευσης της Ρώμης με τη χρήση της *quinaría*, μιας τυποποιημένης μονάδας που ήταν και το όνομα του μικρότερου μεγέθους σωλήνα μολύβδου και της χωρητικότητάς του. Η διάμετρος του σωλήνα είναι 2.3 cm και το εμβαδόν της διατομής του ανέρχεται σε 4.15 cm². Το πρόβλημα που προκύπτει είναι πώς η διάμετρος του σωλήνα και κατά συνέπεια και η εγκάρσια διατομή του χρησιμοποιήθηκαν για να εκφραστεί ένας τυπικός όγκος νερού. Επιπρόσθετα, πώς ο Φροντίνος μπόρεσε να μετρήσει τις ποσότητες του νερού ελλείψει της κλίσης των αγωγών; Ο ίδιος ο Φροντίνος (Frontinus, *De aquis urbis Romae*;LXXII.3) υποστηρίζει ότι οι δικές του μετρήσεις είναι αξιόπιστες επειδή είχαν ληφθεί σε δεξαμενή καθίζησης.

Το κείμενο του Φροντίνου και διερεύνηση

Το 1916, ο Di Fenizio, χρησιμοποιώντας μια τυποποιημένη φόρμουλα, υπολόγισε την ικανότητα της quinarìa να είναι σχεδόν 0.48 L/s (περίπου 41.5 m³/ημέρα). Οι περισσότεροι σωλήνες στη Ρώμη ήταν κατά μέσο όρο 15 cm και ακόμη και ένας σωλήνας μήκους 19 cm, ο οποίος θα είχε ύψος πτώσης (head) 10 cm, θα μείωνε τη ροή στα 0.44 L/s ή 38.0 m³/ημέρα. Επίσης, αν χρησιμοποιηθεί η εκτίμηση του Di Fenizio για την quinarìa, ο Blackman (2001) διαπίστωσε ότι ορισμένα κανάλια στα τέσσερα μεγαλύτερα υδραγωγεία της Ρώμης δεν ήταν αρκετά βαθιά για να μεταδώσουν την ποσότητα νερού που αναφέρθηκε από το Φροντίνο. Υπολογίζει ότι ο συνολικός όγκος τους είναι περίπου 7 m³/s, αριθμός που δέχεται ο Taylor (1997) για τον καθορισμό της δικής του εκτίμησης για την quinarìa, δηλαδή 32.8 m³/ημέρα.

Ο Φροντίνος στο κείμενό του αναφέρει τα ονόματα των υδάτων που εισρέουν στην πόλη, από ποια σημεία και από ποια απόσταση μεταφέρεται το καθένα, ποιο μέρος της πορείας είναι σε υπόγειο κανάλι, πόσο μέρος είναι πάνω στις υποδομές, πόσο πάνω στις καμάρες. Στη συνέχεια, παραθέτει την εξήγηση των μεγεθών των σωληνώσεων, την προσφορά υδάτων, την ποσότητα που διανεμόταν, ποιες διανομές έγιναν δυνατές, πόση ποσότητα διαθέτει κάθε υδραγωγείο έξω από την πόλη, πόσες δεξαμενές υπάρχουν - τόσο δημόσιες όσο και ιδιωτικές - και σε τι ποσοστό κατανέμεται το νερό στα δημόσια έργα, στις λεκάνες του δρόμου, στον Καίσαρα και πόσο για χρήσεις ιδιωτών πολιτών. Τέλος, παραθέτει το νομικό δικαίωμα που διέπει την άντληση νερού και τη συντήρηση των υδραγωγείων, μαζί με τις κυρώσεις που επιβάλλουν τα δικαιώματα αυτά, όπως ορίζεται από το νόμο, τη γερουσιαστική απόφαση και τις διοικητικές πολιτικές των αυτοκρατόρων.

Οι σωλήνες νερού έχουν βαθμονομηθεί για μέτρηση είτε σε ψηφία (digits) είτε σε ίντσες (inches). Ένα ψηφίο, είναι το 1/16 ενός ποδιού, ενώ μια ίντσα είναι το 1/12. Ένας σωλήνας που ονομάζεται 5-ripe ή quinarìa τέθηκε σε χρήση στην πόλη, αποκλείοντας όλα τα προηγούμενα μεγέθη. Ορισμένοι πιστεύουν ότι ο Αγρίππας ήταν υπεύθυνος για την εισαγωγή του, ενώ άλλοι υποστηρίζουν ότι εισήχθη λόγω του αρχιτέκτονα Βιτρούβιου. Εκείνοι που υποστηρίζουν ότι προέρχεται από τον Αγρίππα, υποστηρίζουν πως το όνομά του προέρχεται από την πρόταση ότι σε έναν

τέτοιο σωλήνα συνδυάστηκαν πέντε από τους λεπτούς αρχαίους σωλήνες που χρησιμοποιούνται για τη διανομή της παροχής νερού. Όσοι αποδίδουν τον 5-ripe στον Βιτρούβιο υποθέτουν ότι η προέλευσή του έγκειται στην παραγωγή ενός κυλινδρικού σωλήνα από ένα φύλλο μολύβδου πέντε ψηφίων σε πλάτος. Η τελευταία εξήγηση είναι ανακριβής, διότι κατά το σχηματισμό κυλινδρικού σχήματος η εσωτερική επιφάνεια συστέλλεται ενώ η εξωτερική επιφάνεια διαστέλλεται. Πιο πιθανή είναι η εξήγηση ότι το όνομα του 5-ripe προήλθε από τη διάμετρό του ($5/4$ του ψηφίου), σύμφωνα με ένα σύστημα το οποίο παραμένει συνεπές σε σωλήνες αυξανόμενου μεγέθους μέχρι το 20-ripe: η διάμετρος κάθε μεγέθους αυξάνεται με την προσθήκη ενός τετάρτου ψηφίου. Για παράδειγμα, ο 6-ripe έχει διάμετρο έξι τετάρτων ψηφίων, ο 7-ripe έχει επτά, και ούτω καθεξής με μοιόμορφη αύξηση έως 20-ripe.

Το μέγεθος κάθε σωλήνα καθορίζεται είτε από τη διάμετρο, είτε από την περιφέρειά του, είτε από τη μέτρηση της διατομής του. Η *quinaria* (ισοδύναμο 5 - ripec) αντιμετωπίζεται ως μονάδα παροχетеυτικότητας. Η διάμετρός της ορίζεται ως $5/4$ του ψηφίου (*digit*) δηλαδή 2.3 cm. Ο υπολογισμός των σωλήνων σύμφωνα με τη χρήση της *quinaria* γίνεται με την αύξηση στη διάμετρο του ίδιου του σωλήνα, μια αλλαγή που αλλάζει τόσο το όνομά του όσο και την παροχетеυτικότητά του. Για παράδειγμα, στον 5-ripec σωλήνα αν προστεθούν $1/4$ του ψηφίου στη διάμετρό του τότε ισοδυναμεί σε έναν 6-ripec σωλήνα. Με την προσθήκη τεταρτημορίων στη διάμετρο με τον ίδιο τρόπο, όπως ήδη έχει εξηγηθεί, κάποιος παίρνει μεγαλύτερους σωλήνες, 7-ripec, 8-ripec και ούτω καθεξής μέχρι τους 20-ripec. Τα τυποποιημένα μεγέθη αυτών των σωλήνων ανέρχονται στα 25, αν και μόνο τα 15 από αυτά χρησιμοποιούνται.

Από το εννιά υδραγωγεία, τα έξι χρησιμοποιούν δεξαμενές καθιζήσεως. Σύμφωνα με το κείμενο του Φροντίνου, η ποσότητα του νερού που μεταφέρουν αυτά τα υδραγωγεία υπολογίζεται από τα όργανα - μετρητές που έχουν τοποθετηθεί εκεί. Η γνώση του Φροντίνου σχετικά με το ύψος πτώσης του νερού (*head*) φαίνεται ξεκάθαρα, καθώς στο κείμενο του αναφέρει αυτολεξεί (*Frontinus, De aquis urbis Romae;XVIII.3*): «Κάθε ένα από τα υδραγωγεία φθάνει στην πόλη σε διαφορετικό επίπεδο. Έτσι, το νερό κάποιων είναι διαθέσιμο για υψηλότερες θέσεις, ενώ αυτό

των άλλων δεν μπορεί να ανυψωθεί σε πιο υπερυψωμένες τοποθεσίες. Υπάρχουν πέντε υδραγωγεία των οποίων το επίπεδο εξασφαλίζει ότι το νερό τους θα φτάσει σε κάθε τμήμα της πόλης. Το υψηλότερο από όλα είναι το Anio Novus, έπειτα το Claudia, το Julia στην τρίτη θέση, το Terula στην τέταρτη θέση και στη τελευταία θέση το Marcia. Το νερό που προέρχεται από ψηλότερο σημείο και φτάνει στη δεξαμενή παράδοσης σε μικρή απόσταση δεν ανταποκρίνεται απλώς στην αναμενόμενη ποσότητα αλλά μάλλον την υπερβαίνει ενώ αντίστοιχα το νερό που προέρχεται από ένα χαμηλότερο σημείο, δηλαδή με μικρότερο ύψος πτώσης και σε μεγαλύτερη απόσταση μειώνεται σε ποσότητα λόγω της βραδύτητας του καναλιού. Κατά συνέπεια, το νερό πρέπει να επιβαρυνθεί ή να ανακουφιστεί σε σχέση με την παράδοση. Αλλά, η ρύθμιση του σωλήνα έχει επίσης αποτέλεσμα. Τοποθετημένος σε ορθή γωνία και οριζόντια, διατηρεί την καθορισμένη ποσότητα. Τοποθετημένος κατά μήκος της ροής του νερού και με κλίση προς τα κάτω, λαμβάνει περισσότερο νερό. Γυρνώντας το σωλήνα προς τα πίσω προς τη ροή του νερού και με κλίση προς τα πάνω, η ροή του είναι πιο αργή και μικρή. Υπάρχει επίσης ένα ειδικό χάλκινο εξάρτημα, το οποίο ονομάζεται calix, το οποίο εισάγεται είτε στο κανάλι είτε στη δεξαμενή μεταφοράς, και έτσι συνδέονται οι σωλήνες μολύβδου. Το calix πρέπει να έχει ελάχιστο μήκος 12 ψηφία (digits) και το άνοιγμά του, δηλαδή η παροχευευστικότητα του, καθορίζεται από την ποσότητα νερού που χορηγείται επισήμως. Η συσκευή φαίνεται να έχει εφευρεθεί επειδή η σκληρότητα του χαλκού είναι πιο δύσκολο να λυγίσει, οπότε το άνοιγμα δεν μπορεί να διασταλεί ή να συρρικνωθεί.» (Frontinus, De aquis urbis Romae;XXXV).

Όταν ο Φροντίνος δηλώνει ότι «το μάλλον γρήγορο ρεύμα του νερού που λαμβάνεται από έναν ευρύ και γρήγορο ποταμό αυξάνει την ποσότητα με την ταχύτητά του» (Frontinus, De aquis urbis Romae;LXXIII.6) ή όταν υποστηρίζει ότι δεν μπορεί να γίνει μέτρηση στην πηγή του Aqua Virgo δεδομένου ότι το ρεύμα είναι "πολύ ήπιο" (Frontinus, De aquis urbis Romae;LXX.2), είναι προφανές ότι γνώριζε την επίδραση της ταχύτητας στην ικανότητα της παροχής. Αλλά δεν ήταν σε θέση να μετρήσει την ταχύτητα ροής ούτε ήταν πιθανό να έχει σημασία και για αυτόν. Ο Φροντίνος λαμβάνει το π ως $3 \frac{1}{7}$ (= 3.1429) το οποίο είναι πολύ κοντά στην πραγματική τιμή, η οποία είναι 3.1416. Οι Maher και Makowski (2001)

υποστηρίζουν ότι το βιβλίο του Φροντίνου, De Aquaeductu Urbis Romae αντιπροσωπεύει την κορυφή των υπαρχόντων ρωμαϊκών επιτευγμάτων στην αριθμητική.

❖ Λαμβάνοντας υπόψιν τα δεδομένα των σωληνών και ακολουθώντας την παραδοχή πως η ικανότητα μιας quinarια ισούται με $41.5 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$, γίνεται η προσπάθεια υπολογισμού της ταχύτητας του νερού των υδραγωγείων στον Πίνακα Α.1.

- $1 \text{ digit} = 1/16 \text{ ft} = 1.85 \text{ cm}$
- $1 \text{ ft} = 29.6 \text{ cm}$
- $\text{quinarια} = 41.5 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$
- $Q \text{ (L/s)} = (7) * 41.5/86.4$
- $V \text{ (m/s)} = \{(8)/1000\}/\{(6)/10000\}$

Πίνακας Α.1 : Υπολογισμός της ταχύτητας

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
|----------|--------------------|---------------------|-------------------------|----------------|------------------------------------|--|------------------|------------------|
| Σωλήνες | Διάμετρος (digits) | Περιφέρεια (digits) | Χωρητικότητα (quinarια) | Διάμετρος (cm) | Εμβαδό διατομής (cm ²) | Εμβαδό διατομής εκφρασμένο σε όρους quinarια | Ποσότητα Q (L/s) | Ταχύτητα V (m/s) |
| 5-ripe | 1.25 | 3.927 | 1 | 2.313 | 4.199 | 1 | 0.480 | 1.144 |
| 6-ripe | 1.5 | 4.715 | 1.785 | 2.775 | 6.047 | 1.44 | 0.691 | 1.144 |
| 10-ripe | 2.5 | 7.858 | 4 | 4.625 | 16.797 | 4 | 1.921 | 1.144 |
| 100-ripe | 11.281 | 35.458 | 81.451 | 20.870 | 342.031 | 81.451 | 39.123 | 1.144 |
| 12-ripe | 3.063 | 9.427 | 6 | 5.666 | 25.206 | 6.003 | 2.883 | 1.144 |
| 15-ripe | 3.75 | 11.991 | 9 | 6.938 | 37.793 | 9 | 4.323 | 1.144 |
| 40-ripe | 7.135 | 22.423 | 32.583 | 13.201 | 136.832 | 32.585 | 15.651 | 1.144 |

| | | | | | | | | |
|-----------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|-------|
| 120-ripe | 12.354 | 38.833 | 163.917 | 22.855 | 410.184 | 97.680 | 46.918 | 1.144 |
| >120-ripe | 16 | | | 29.6 | 688.005 | 163.84 | 78.697 | 1.144 |

Επομένως, προκύπτει πως η ταχύτητα $V = 1.144 \text{ m/s}$, η οποία αποτελεί μία λογική τιμή αφού κατά το σχεδιασμό ενός επενδεδυμένου αγωγού επιδιώκουμε να εξασφαλίσουμε μια ελάχιστη ταχύτητα ροής V_{min} μεγαλύτερη από 0.60 m/s ώστε να μην καθιζάνουν τα φερτά υλικά που μεταφέρει η ροή. Ακόμη, για την αποφυγή της διάβρωσης επιδιώκεται να εξασφαλίζεται ταχύτητα μικρότερη των 4.5 m/s . (Υδραυλική και υδραυλικά έργα, Α. Νάνου-Γιάνναρου, 2018)

Ο Φροντίνος υποστηρίζει ότι κατάφερε να ποσοτικοποιήσει την παροχή νερού παραθέτοντας τα εξής: «Θα αποκαλύψω την ποσότητα που εγώ ο ίδιος ανακάλυψα με σχολαστική έρευνα, που αναλαμβάνεται προς υποστήριξη του δημόσιου συμφέροντος που εκδηλώνεται από τον πιο ευσυνείδητο αυτοκράτορα Νέρβα». Επομένως, είναι σαφές πως δεν αναφέρεται σε εκτίμηση αλλά σε μέτρηση του παρεχόμενου νερού συσχετίζοντας την ποσότητα με την ταχύτητα του ποταμού, όπως αναφέρει: «.....Επομένως, είναι σαφές ότι η προσφορά υπερβαίνει ακόμη και εκείνη που διαπιστώσαμε με τη μέτρηση: ο λόγος είναι ότι το μάλλον γρήγορο ρεύμα του ύδατος, το οποίο λαμβάνεται από έναν ευρύ και γρήγορο ποταμό, αυξάνει την ποσότητα με την ίδια ταχύτητα»

Σύμφωνα με τον ίδιο, κατανεμήθηκαν συνολικά 14 018 quinariae νερού, δηλαδή μια ημερήσια ποσότητα νερού περίπου $581\,750 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$. Από το συνολικό ποσό, 4 063 quinariae παραδίδονται έξω από την πόλη (1 718 quinariae στο όνομα του Καίσαρα, 2 345 quinariae σε ιδιωτικά μέρη). Τα υπόλοιπα 9 955 quinariae διανεμήθηκαν σε 247 δεξαμενές παράδοσης εντός της πόλης. Από τον αριθμό αυτό, παραδόθηκαν $1\,707 \frac{1}{2}$ quinariae στο όνομα του Καίσαρα, 3 847 quinariae σε ιδιωτικά μέρη και 4 401 quinariae για δημόσια χρήση. Στην τελευταία αυτή κατηγορία, τα μερίδια είναι: 279 quinariae σε στρατόπεδα, 2 301 quinariae σε 95 δημόσια έργα, 386 quinariae σε 39 σε παροχή δημόσιων έργων και ψυχαγωγίας (munera), 1 335 quinariae σε 591 λεκάνες δρόμων.

❖ Ο Φροντίνος, στην παράγραφο LXV του βιβλίου του De aquis urbis Romae, καταγράφει τις μετρήσεις του στο σημείο the Twins που βρίσκεται στο Spes Vetus και που στη συνέχεια ενώνεται με την διακλάδωση Augusta. Βρήκε πως στο συγκεκριμένο σημείο του καναλιού, το νερό είχε βάθος 5 ft και πλάτος 1.75 ft. Κατά συνέπεια, το εμβαδό της διατομής ήταν 8.75 ft^2 , το οποίο ισοδυναμεί με 22 σωλήνες της τάξης των 100-ripe συν έναν σωλήνα της τάξης των 40-ripe ή διαφορετικά είναι ίσο με 1 825 quinariae. Στον Πίνακα A.2 γίνεται η προσπάθεια υπολογισμού της quinaria.

- $1 \text{ ft} = 29.6 \text{ cm} = 0.296 \text{ m}$
- $h = 5 \text{ ft} = 1.48 \text{ m}$
- $d = 1.75 \text{ ft} = 0.52 \text{ m}$
- $A = h * d = 0.767 \text{ m}^2$
- $V = 1.144 \text{ m/s}$
- $Q = A * V * 86\,400 \text{ s}$
- Ικανότητα παροχής = $22 * 81.451 + 32.653 = 1824.58 \text{ quinariae}$
- $\text{Quinaria} = Q / \text{Ικανότητα παροχής}$

Πίνακας A.2: Υπολογισμός της quinaria

| | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| Βάθος h (m) | 1.48 |
| Πλάτος d (m) | 0.52 |
| Εμβαδόν διατομής A (m^2) | 0.767 |
| Ταχύτητα V (m/s) | 1.144 |
| Παροχή Q (m^3/s) | 75 811.51 |
| Ικανότητα παροχής (quinaria) | $1\,824.58 = 22 * 81.451 + 32.653$ |
| Quinaria (m^3/d) | 41.5 |

Επομένως, η τιμή της quinaria υπολογίσθηκε ως $41.5 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$, η οποία είναι σύμφωνη με όλες τις προηγούμενες εκτιμήσεις.

❖ Στη συνέχεια, σύμφωνα με τις εξισώσεις Manning (A.1) και (A.2)

$$Q = \frac{1}{n} * A * S^{0.5} * R^{2/3} \quad (A.1)$$

$$V = \frac{1}{n} * S^{0.5} * R^{2/3} \quad (A.2)$$

και έχοντας εκτιμήσει την ταχύτητα ως $V = 1.144 \text{ m/s}$, γίνεται η προσπάθεια εύρεσης της κλίσης S και του συντελεστή τραχύτητας n μέσω του Πίνακα A.3, όπου

| | |
|---|------|
| Εμβαδόν διατομής $A \text{ (m}^2\text{)}$ | 0.77 |
| Βρεχόμενη περίμετρος $P \text{ (m)}$ | 3.48 |
| Υδραυλική ακτίνα διατομής R | 0.22 |

Πίνακας A.3: Ταχύτητα για διάφορους συνδυασμούς της κλίσης S και του συντελεστή τραχύτητας n

| | 0.0005 | 0.001 | 0.0015 | 0.002 | 0.0025 | 0.003 | 0.0035 | 0.004 | 0.0045 | 0.005 | 0.0055 | 0.006 | 0.0065 | 0.007 | 0.0075 | 0.008 |
|----------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| 0.0125 | 0.65 | 0.92 | 1.13 | 1.31 | 1.46 | 1.60 | 1.73 | 1.85 | 1.96 | 2.06 | 2.16 | 2.26 | 2.35 | 2.44 | 2.53 | 2.61 |
| 0.01375 | 0.59 | 0.84 | 1.03 | 1.19 | 1.33 | 1.45 | 1.57 | 1.68 | 1.78 | 1.88 | 1.97 | 2.06 | 2.14 | 2.22 | 2.30 | 2.37 |
| 0.015 | 0.54 | 0.77 | 0.94 | 1.09 | 1.22 | 1.33 | 1.44 | 1.54 | 1.63 | 1.72 | 1.80 | 1.88 | 1.96 | 2.04 | 2.11 | 2.18 |
| 0.01625 | 0.50 | 0.71 | 0.87 | 1.00 | 1.12 | 1.23 | 1.33 | 1.42 | 1.51 | 1.59 | 1.67 | 1.74 | 1.81 | 1.88 | 1.94 | 2.01 |
| 0.0175 | 0.47 | 0.66 | 0.81 | 0.93 | 1.04 | 1.14 | 1.23 | 1.32 | 1.40 | 1.47 | 1.55 | 1.62 | 1.68 | 1.74 | 1.81 | 1.87 |
| 0.01875 | 0.44 | 0.62 | 0.75 | 0.87 | 0.97 | 1.07 | 1.15 | 1.23 | 1.31 | 1.38 | 1.44 | 1.51 | 1.57 | 1.63 | 1.69 | 1.74 |
| 0.02 | 0.41 | 0.58 | 0.71 | 0.82 | 0.91 | 1.00 | 1.08 | 1.15 | 1.22 | 1.29 | 1.35 | 1.41 | 1.47 | 1.53 | 1.58 | 1.63 |
| 0.02125 | 0.38 | 0.54 | 0.67 | 0.77 | 0.86 | 0.94 | 1.02 | 1.09 | 1.15 | 1.21 | 1.27 | 1.33 | 1.38 | 1.44 | 1.49 | 1.54 |
| 0.0225 | 0.36 | 0.51 | 0.63 | 0.73 | 0.81 | 0.89 | 0.96 | 1.03 | 1.09 | 1.15 | 1.20 | 1.26 | 1.31 | 1.36 | 1.40 | 1.45 |
| 0.02375 | 0.34 | 0.49 | 0.60 | 0.69 | 0.77 | 0.84 | 0.91 | 0.97 | 1.03 | 1.09 | 1.14 | 1.19 | 1.24 | 1.29 | 1.33 | 1.37 |
| 0.025 | 0.33 | 0.46 | 0.57 | 0.65 | 0.73 | 0.80 | 0.86 | 0.92 | 0.98 | 1.03 | 1.08 | 1.13 | 1.18 | 1.22 | 1.26 | 1.31 |
| 0.02625 | 0.31 | 0.44 | 0.54 | 0.62 | 0.70 | 0.76 | 0.82 | 0.88 | 0.93 | 0.98 | 1.03 | 1.08 | 1.12 | 1.16 | 1.20 | 1.24 |
| 0.0275 | 0.30 | 0.42 | 0.51 | 0.59 | 0.66 | 0.73 | 0.79 | 0.84 | 0.89 | 0.94 | 0.98 | 1.03 | 1.07 | 1.11 | 1.15 | 1.19 |

Ο Βιτρούβιος (VIII, 6, 1) καταγράφει πως η κλίση των αγωγών των υδραγωγείων δεν θα έπρεπε να είναι μικρότερη από 0.5 ft στα 100 ft, δηλαδή 0.005. Επομένως, για κλίση $S=0.005$ και συντελεστή τραχύτητας $n= 0.0225$ προκύπτει η ταχύτητα $V=1.15 \text{ m/s}$.

❖ Τέλος, στον Πίνακα A.4 παρουσιάζεται ο υπολογισμός της ταχύτητας του νερού καθώς και η εκτίμηση της quinarια σύμφωνα με τις εξισώσεις του Manning

- $P = d + 2 * h$
- $R = A/P$
- $quinarια = Q/Ικανότητα\ παροχής\ (quinarια)$

Πίνακας A.4 : Υπολογισμός ταχύτητας και quinarια σύμφωνα με την εξίσωση Manning

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| Εμβαδόν διατομής A (m ²) | 0.77 |
| Βρεχόμενη περίμετρος P (m) | 3.48 |
| Υδραυλική ακτίνα διατομής R | 0.22 |
| Κλίση πιεζομετρικής γραμμής S | 0.005 |
| Συντελεστής τραχύτητας Manning n | 0.0225 |
| Ταχύτητα V (m/s) | 1.15 |
| Παροχή Q (m ³ /s) | 0.88 |
| Παροχή Q (m ³ /d) | 76 000 |
| Ικανότητα παροχής (quinarια) | 1 824.583 |
| Quinarια (m ³ /d) | 41.5 |

Πώς μέτρησε ο Φροντίνος την quinarια

Σχεδόν κάθε μελέτη που αφορά στα υδραγωγεία της πόλης της Ρώμης καταλήγει με μια εκτίμηση του ημερήσιου όγκου νερού που παρέχουν όλα τα υδραγωγεία μαζί. Ουσιαστικά, αυτή η εκτίμηση είναι μια ερμηνεία των αριθμών που έδωσε ο Φροντίνος και όχι ένας υπολογισμός από τα σωζόμενα υπολείμματα των υδραγωγείων, δηλαδή προέρχεται από μια λογοτεχνική και όχι μια αρχαιολογική πηγή. Τι είναι η quinarια όμως, πώς τη μέτρησε ο Φροντίνος και πόσο αξιόπιστα είναι τα στοιχεία του; Αρκετές μελέτες φαίνεται τώρα να συμφωνούν ως προς το τι είναι η quinarια και φαίνεται επίσης ότι τα στοιχεία του Φροντίνου έχουν επαληθευτεί και είναι στην πραγματικότητα σωστά. Παρόλα αυτά, φαίνεται ότι ο

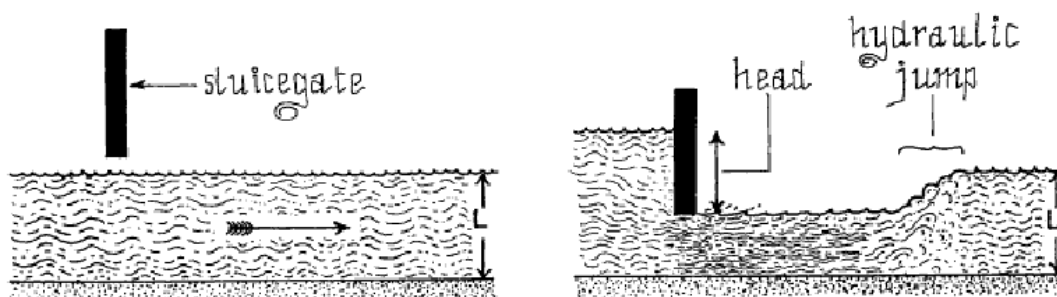
Φροντίνος δεν μπόρεσε να λάβει υπόψη του το στοιχείο ζωτικής σημασίας για τον υπολογισμό της παροχής, δηλαδή την ταχύτητα ροής αν και στο κείμενο του φαίνεται ξεκάθαρα πως γνωρίζει σαφώς το στοιχειώδες γεγονός ότι η αυξημένη ταχύτητα αυξάνει τον όγκο της παροχής νερού. Είναι, επομένως, λογικό ο Φροντίνος να αγνόησε την ταχύτητα μιας και οι αρχαίοι δεν μπορούσαν να τη μετρήσουν γεγονός που αποδεικνύεται από την έλλειψη μονάδων ταχύτητας. Επίσης δεν αναφέρει ακριβώς πώς έκανε τις μετρήσεις του. Δεδομένου, λοιπόν, ότι ένας παράγοντας είναι βέβαιο ότι λείπει είναι λογικό να βλέπει κανείς την εκτίμησή του με κάποιο σκεπτικισμό, ακόμη και αν φαίνεται να έχει καταλήξει σε σωστά αποτελέσματα. Ακόμη, η *quintaria* ορίζεται ως η παροχетеυτικότητα ενός κλειστού σωλήνα. Το ερώτημα που προκύπτει είναι πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια μονάδα μέτρησης βασισμένη στην περιοχή ενός κλειστού σωλήνα για τη μέτρηση της ροής στα κύρια κανάλια των υδραγωγείων, τα οποία ήταν ανοικτά και η στάθμη των υδάτων ήταν υψηλή ή χαμηλή ανάλογα με τις βροχοπτώσεις.

Ο A. Trevor Hodge (1984) αποκαλύπτει ότι υπάρχει ένας απλός τρόπος μέτρησης, τον οποίο εύλογα μπορούμε να υποθέσουμε ότι χρησιμοποίησε ο Φροντίνος. Ο Φροντίνος ίσως να μην γνώριζε με μεγάλη ακρίβεια την επίδραση της βαρύτητας και του ύψους πτώσης στη δημιουργία της ταχύτητας του ρέοντος νερού. Ωστόσο, φαίνεται πως γνώριζε τη βασική αρχή, ότι η ταχύτητα του νερού που δημιουργείται σε ένα βυθισμένο σωλήνα εξαρτάται από το πόσο βαθιά είναι βυθισμένο, δηλαδή η ταχύτητα εξαρτάται από το ύψος πτώσης. Όπως το θέτει σαφώς, «όσο χαμηλότερα είναι ένας σωλήνας στο πλάι μιας δεξαμενής ή ενός καναλιού υδραγωγείου, τόσο μεγαλύτερη είναι η παροχή του». Το ερώτημα που δημιουργείται είναι πώς ο Φροντίνος συμπεριέλαβε στους υπολογισμούς του το ύψος πτώσης. Μια σκέψη είναι πως δεν το συμπεριέλαβε καθόλου και απλώς ήλπιζε ότι σε όλο το σύστημα οι αλλαγές στο ύψος πτώσης θα αλληλοακυρώνονταν, με κάποιους σωλήνες να έχουν μεγαλύτερη ταχύτητα και άλλοι μικρότερη, κάτι που στην ουσία δεν είναι μακριά από την αλήθεια.

Το πρόβλημα είναι ότι παραθέτει στοιχεία για τα κύρια κανάλια του υδραγωγείου όπου, παρόλο που τα δίδει με όρους *quintariae*, δεν υπάρχει ύψος πτώσης, γιατί έχουμε να κάνουμε με νερό που τρέχει σε ανοιχτό κανάλι, χωρίς πίεση, εκτός από

τη βαρύτητα. Επομένως, δεν μπορούμε να υπολογίσουμε την ταχύτητα μετρώντας το ύψος πτώσης που το δημιουργεί, ούτε μπορούμε να μετρήσουμε την ταχύτητα με άμεση παρατήρηση. Πώς θα μπορούσε τότε να μετρήσει ο Φροντίνος; Ένα τουλάχιστον πράγμα είναι βέβαιο. Ο ίδιος ήταν πάντα προσεκτικός στο να περιγράψει τη διαδικασία του ως μέτρηση του νερού και ποτέ ως εκτίμηση. Άρα, αυτό που αναζητούμε είναι ένας απλός τρόπος μέτρησης των παροχών σε ένα ανοικτό κανάλι που θα λαμβάνει υπόψη την ταχύτητα, χωρίς όμως να χρειάζεται να μετρηθεί. Υπάρχει μια τέτοια διαδικασία, η οποία βασίζεται στο γεγονός ότι όταν το νερό διαφεύγει από ένα βυθισμένο άνοιγμα, η ποσότητα που διέρχεται από το άνοιγμα αυτό εξαρτάται από δύο παράγοντες: το ένα είναι το μέγεθος του ανοίγματος, το άλλο είναι η ταχύτητα ροής, η οποία καθορίζεται από ύψος πτώσης, δηλαδή την απόσταση που το άνοιγμα είναι κάτω από τη φυσική επιφάνεια του νερού. Τόσο η διατομή του ανοίγματος όσο και το ύψος πτώσης είναι γραμμικές μετρήσεις και μπορούν εύκολα να διαβαστούν χωρίς να χρειάζεται να εκτιμηθεί η πραγματική ταχύτητα ροής. Έτσι, παρόλο που δεν μπορούμε να μετρήσουμε την ταχύτητα, μπορούμε να παρακάμψουμε αυτήν την απαίτηση υποκαθιστώντας τη με το ύψος πτώσης που μπορούμε να μετρήσουμε. Αλλά αυτό θα λειτουργήσει μόνο για ένα βυθισμένο άνοιγμα, όχι για έναν απλό ανοιχτό αγωγό υδραγωγείου. Πρέπει λοιπόν, κάπου κατά μήκος της ροής, να εισάγουμε ένα βυθισμένο άνοιγμα μέσω του οποίου πρέπει να περάσει το νερό και μετά να επιστρέψει στο ανοικτό κανάλι. Ουσιαστικά πρόκειται για τη μεταφορά του νερού προσωρινά και τεχνητά σε ένα πλαίσιο όπου εφαρμόζεται διαφορετικό σύνολο υδραυλικών κανόνων - αλλά όπου υπάρχει ακόμα η ίδια ποσότητα νερού- καθαρά για χάρη της μέτρησης. Καθώς μια τέτοια διαδικασία είναι πρακτική, τότε υπάρχει πιθανότητα ο Φροντίνος να την ακολούθησε.

Ο A. Trevor Hodge (1984) περιγράφει τη διαδικασία την οποία πιστεύει πως ακολούθησε και ο Φροντίνος. Αποτελείται από ένα βυθισμένο άνοιγμα μεταβλητού μεγέθους με τη χρήση μιας δικλείδας, η οποία αφήνει ένα διάκενο μέσου του οποίου το νερό συνεχίζει να ρέει, αλλά γρηγορότερα, αφού τώρα περνά μέσα από ένα εμπόδιο όπως στην Εικόνα Α.1.



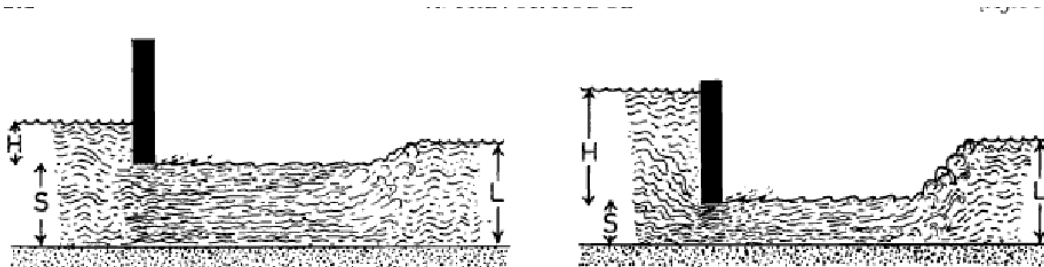
Εικόνα Α.1: α) Διαμήκης τομή καναλιού υδραγωγείου, με ανασηκωμένη δικλείδα. L=φυσικό επίπεδο ροής νερού β) Η δικλείδα κατεβαίνει, δημιουργώντας ύψος ενέργειας και υδραυλικό άλμα καθώς το νερό επιστρέφει στο φυσικό επίπεδο (L),
 Πηγή: A. Trevor Hodge, *How Did Frontinus Measure the Quinaria?*, American Journal of Archaeology, 88, No2, pp 205-216, Apr.1984

Ουσιαστικά, αυτό που δημιουργείται με την ύπαρξη της δικλείδας είναι η μετατροπή ενός ανοιχτού αγωγού του σε ένα κλειστό σημείο συμφόρησης, του οποίου η ταχύτητα του ύδατος που διέρχεται από αυτό δεν εξαρτάται πλέον από τη βαρύτητα αλλά από το ύψος πτώσης (head) που σχηματίζεται πίσω από τη δικλείδα. Όσον αφορά την απόρριψη νερού, δεν υπάρχουν σημεία συμφόρησης σε ένα υδραγωγείο. Οπουδήποτε το κανάλι γίνεται στενότερο, η ταχύτητα του ρεύματος γίνεται ταχύτερη για να αντισταθμιστεί, έτσι ώστε να περάσει η ίδια ποσότητα νερού. Σε κάθε σημείο του καναλιού του υδραγωγείου καθ' όλο το μήκος η εκφόρτιση είναι ίδια. Προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα: η εκφόρτιση ορίζεται ως το γινόμενο της διατομής με την ταχύτητα, η εκφόρτιση είναι παντού η ίδια. Ως εκ τούτου, όπου η διατομή μειώνεται, η ταχύτητα αυξάνεται για να συμπληρωθεί η διαφορά. Όποια και αν είναι η παρεμπόδιση που τοποθετούμε στο κανάλι, δεν μπορούμε να επηρεάσουμε την ποσότητα του νερού που διαρρέει. Συνεπώς, με τη χρήση δικλείδας παράγουμε μια κατάσταση όπου η απόρριψη μπορεί να μετρηθεί.

Στην Εικόνα Α.1 α φαίνεται η διαμήκης διατομή του καναλιού του υδραγωγείου, όπου η ροή του φαίνεται να είναι στο φυσικό επίπεδό του L. Στην Εικόνα Α.1 β φαίνεται τι συμβαίνει όταν η ροή διακόπτεται εν μέρει από τη δικλείδα - θυρόφραγμα. Το νερό ανάντη της ροής συσσωρεύεται πίσω από τη δικλείδα

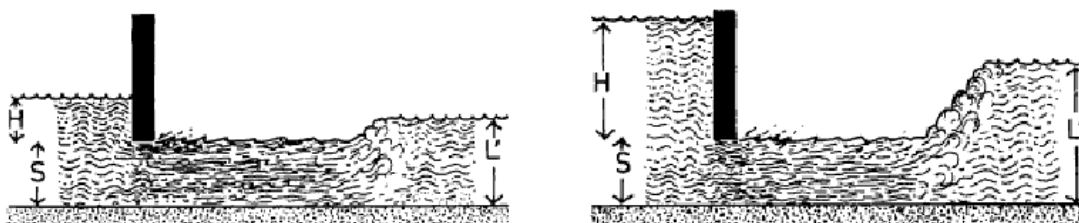
ξεπερνώντας το φυσικό επίπεδο L. Με την εμφάνιση του ύψους της ενέργειας (head), το νερό διαφεύγει με μεγαλύτερη ταχύτητα κάτω από τη δικλείδα και όσο το ύψος ενέργειας αυξάνεται, τόσο αυξάνεται και η ταχύτητα του νερού έτσι ώστε να περάσει τόσο νερό όσο περνάει κατά τη φυσική ροή χωρίς την ύπαρξη εμποδίου. Πρέπει να σημειωθεί ότι το ύψος ενέργειας ορίζεται ως η απόσταση του κάτω άκρου της δικλείδας έως το πάνω μέρος του επιπέδου του νερού ανάντη αυτής. Εν συνεχεία, κατάντη της δικλείδας το νερό συνεχίζει να τρέχει σε γρήγορη και ρηχή ροή για κάποια απόσταση έως ότου ξαφνικά επιστρέφει στο αρχικό του επίπεδο L με φυσικά πιο αργή ταχύτητα. Στο σημείο αυτό δημιουργείται υδραυλικό άλμα. Αυτή η διαδικασία με τη χρήση της δικλείδας αν και απλή μπορεί να επιλύσει αρκετά από τα προβλήματα που αντιμετώπισε ο Φροντίνος. Επομένως, για μία συγκεκριμένη ροή, αν εγκατασταθούν δύο παρόμοιες δικλείδες, μία στην αρχή και μία στο τέλος του υδραγωγείου με ίδιο άνοιγμα και οι δύο, το ύψος του νερού ανάντη στις δύο δικλείδες θα είναι το ίδιο. Αν όχι, τότε η ποσότητα νερού κατά μήκος του καναλιού έχει ελλатωθεί ή αυξηθεί. Είναι αλήθεια πως αυτό θα αποτελέσει μια ένδειξη διαφοροποίησης παρόλα αυτά είναι δύσκολο να εκτιμηθούν οι πραγματικοί αριθμοί για την απόρριψη αλλά ακόμα και η σύγκριση των δύο υψών πτώσεως μπορεί να αποδόσει αναλογικά την διαφορά.

Στην Εικόνα Α.2 παρατηρούνται τα αποτελέσματα της τοποθέτησης της δικλείδας σε διαφορετικά επίπεδα. Στην Εικόνα Α.2 α η δικλείδα χαμηλώνει ελαφρώς και το ύψος ενέργειας είναι σχετικά μικρό, σε αντίθεση με την Εικόνα Α.2 β όπου η δικλείδα χαμηλώνει περισσότερο και το ύψος ενέργειας αυξάνεται ώστε να αντισταθμίσει το μικρό διάκενο S. Είναι πιθανό ο Φροντίνος να είχε τη δυνατότητα να παρακολουθεί μέσω ενός παραθύρου παρακολούθησης αυτή τη διαδικασία. Το επίπεδο του νερού ανάντη της δικλείδας είναι το κλειδί της διαδικασίας μέτρησης. Η πραγματική ταχύτητα με την οποία το νερό ρέει κάτω από τη δικλείδα δεν χρειάζεται. Αυτό που έχει σημασία είναι η διατομή κάτω από την δικλείδα και το ύψος ενέργειας που δημιουργείται (S και H). Και στις δύο περιπτώσεις που απεικονίζονται του στην Εικόνα Α.2 η παροχή στο υδραγωγείο είναι η ίδια.



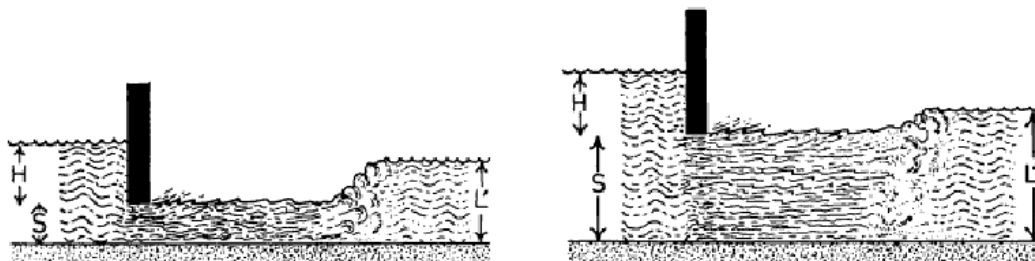
Εικόνα A.2: **α)** Δικλείδα ελαφρώς χαμηλωμένη, με αποτέλεσμα χαμηλό ύψος ενέργειας (H) και μεγάλη διατομή (S) κάτω από τη δικλείδα **β)** Δικλείδα αρκετά βυθισμένη: μεγάλο ύψος ενέργειας (H) και μικρή διατομή (S), φυσικό επίπεδο (L) και εκφόρτιση ίδια με **α)**, Πηγή: A. Trevor Hodge, *How Did Frontinus Measure the Quinaria?*, American Journal of Archaeology, 88, No2, pp 205-216, Apr.1984

Στην Εικόνα A.3 εξετάζεται η περίπτωση που η απόρριψη διαφοροποιείται. Οι δύο εικόνες **α** και **β** καταδεικνύουν την αρχή της μέτρησης μιας μεταβολής στην απόρριψη με σταθερή διατομή S και μέτρηση της προκύπτουσας διαφοράς στην ενέργεια H . Στην Εικόνα A.3 **β** η παροχή είναι πολύ μεγαλύτερη από ό,τι στην Εικόνα A.3 **α**, καθώς φαίνεται ότι το L'' είναι μεγαλύτερο από το L' . Ενώ η δικλείδα παραμένει σταθερή, το H που διαφοροποιείται μπορεί να μετρηθεί και κατά συνέπεια αυτή η μέτρηση θα δείξει την αύξηση της παροχής.



Εικόνα A.3: **α)** Η δικλείδα διατηρείται στο ίδιο επίπεδο ενώ η εκφόρτιση ποικίλλει **β)** Η δικλείδα στο ίδιο επίπεδο ενώ η εκφόρτιση μεταβάλλεται. Το φορτίο (L'') είναι τώρα μεγαλύτερο από ό,τι στο **α)** (L'), το S παραμένει σταθερό ενώ το H αυξάνεται, Πηγή: A. Trevor Hodge, *How Did Frontinus Measure the Quinaria?*, American Journal of Archaeology, 88, No2, pp 205-216, Apr.1984

Αντίστοιχα στην εικόνα A.4 εφαρμόζεται η αντίθετη τεχνική. Και πάλι στην Εικόνα A.4 β η απόρριψη είναι πολύ μεγαλύτερη από ό,τι στην Εικόνα A.4 α, ωστόσο σε αυτή την περίπτωση η δικλείδα στην Εικόνα A.4 β έχει ανυψωθεί ώστε να το ύψος ενέργειας H να παραμείνει το ίδιο.



Εικόνα A.4: α) Το ύψος ενέργειας παραμένει στο ίδιο επίπεδο ενώ η εκφόρτιση ποικίλλει **β)** Η απαλλαγή L'' τώρα είναι μεγαλύτερη από ό,τι στο α) L' , το S αυξάνεται καθώς η δικλείδα ανυψώνεται για να κρατήσει το H σταθερό, *Πηγή:* A. Trevor Hodge, *How Did Frontinus Measure the Quinaria?*, American Journal of Archaeology, 88, No2, pp 205-216, Apr.1984

Οποιαδήποτε από αυτές τις δύο διαδικασίες, την αρχή του σταθερού ύψους ενέργειας ή το σταθερό διάκενο, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από το Φροντίνο για τη μέτρηση της παροχής. Λαμβάνοντας υπόψη την επιμονή του στην μέτρηση της *quinaria* (δηλαδή μετρώντας το μέγεθος της διατομής) προκύπτει πως μάλλον εργάστηκε στο σύστημα σταθερού ύψους ενέργειας. Επομένως, θα είχε κάνει τις μετρήσεις του μετακινώντας τη δικλείδα προς τα πάνω και προς τα κάτω έως ότου το ύψος ενέργειας ανάντη να αντιστοιχεί στην απόσταση που έχει οριστεί για μία *quinaria*, 12 cm, σύμφωνα με τον Di Fenizio, ο οποίος υπολόγισε ότι η *quinaria* ήταν η ελάχιστη χωρητικότητα ενός σωλήνα μήκους 2.3 cm, που λειτουργούσε κάτω από το χαμηλότερο ύψος ενέργειας που θεωρούσε στην πράξη εφικτό, δηλαδή ύψος 12 cm κάτω από το επίπεδο της θάλασσας. Η υιοθέτηση αυτής της τυποποιημένης διαδικασίας μεταφράζεται σε παροχή 40 m^3 ανά 24 ώρες. Το σύστημα που χρησιμοποιήθηκε από τον Φροντίνο ήταν απλό αλλά υδραυλικά πολύπλοκο. Ήταν σίγουρα εντός των ορίων του τι ήταν πρακτικά εφικτό στον αρχαίο κόσμο.

Πίνακας Β.1: Συγκεντρωτικός πίνακας λουτρών

| Λουτρό | Τοποθεσία | Κιλά σκληρού ξύλου (kg) | Δεξαμενή (L) | όγκος caldarium , το πιο ζεστό δωμάτιο (m3) | όγκος πισίνας (L) | χωρητικότητα λέβητα (L) | όγκος δωματίου (m3) | θερμοκρασία δωματίου (°C) | θερμοκρασία δαπέδου (°C) | εξωτερικές θερμοκρασίες (°C) | θερμοκρασία στον κλίβανο (°C) | Θερμοκρασία νερού | Διάρκεια καύσης (hr) | Όγκος νερού (L) | απόλυτα θερμότητας | Σημειώσεις | Σημειώσεις |
|--|----------------------------|---|--------------------------------------|---|-------------------|-------------------------|---------------------|----------------------------------|--|---|-------------------------------|--|----------------------|-----------------|--|---|--|
| Δημόσιο στρατιωτικό λουτρό Piscina Mirabilis | Misenum, Νότια Ιταλία | 157 200 (ετήσια) | 12 600 000 L = 12 600 m ³ | | | | | | | | | | | | | | |
| Αχιλλεία λουτρά | Κατάνια, ανατολική Σικελία | μειώθηκε από 4 960 kg σε 2 790 ανά μέρα, δηλαδή από 1 785 600 σε 1 018 350 ετήσια | | | | | | | | | | | | | | | |
| Saalburg | Γερμανία | 7.5 kg ξυλάνθρακα κάθε τέσσερις ώρες, 150 kg ξυλάνθρακα σε 5 μέρες | | | | | 68 | 25 | 26-27 | μείον 2 έως 5 | 45-110 | | 12 | | | | |
| Herbergsthermen | Γερμανία | 120 kg ξύλου/μέρα το χειμώνα, μετά από 6 μέρες 100kg/μέρα 150 kg ξύλου/μέρα το καλοκαίρι, μετά από 7 μέρες 100 kg και από την 11η μέρα 65 kg ξύλου αν η θερμοκρασία ήταν 31°C το καλοκαίρι θα κατανάλωνε μόνο 50 kg ξύλου 27 375kg ετησίως | | 142 | 4200 | 1000 | | 31 το χειμώνα 37 το καλοκαίρι | | χειμώνα από 0-10°C, καλοκαίρι από 16-22°C | | Το νερό στο λέβητα ξεκίνησε στους 10°C | 24 | | 12.01 kW το χειμώνα 7.73kW το καλοκαίρι | Το νερό στο λέβητα ξεκίνησε στους 10°C. Κατά τις ώρες λειτουργίας των λουτρών (περίπου 16 ώρες) θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν περίπου 80 L νερού στους 40°C κάθε ώρα. Η πισίνα θερμάνθηκε από τους 15°C στους 30°C το χειμώνα και περίπου 40°C το καλοκαίρι | |
| Nova | Σάρδεις, Τουρκία | 15 kg ξύλου δρυός ανά ώρα με σωστά αποξηραμένο ξύλο θα μπορούσε να μειωθεί στα 6 kg ξύλου ανά ώρα καθημερινή χρήση είτε 144kg είτε 360 kg , δηλαδή ετήσια χρήση 52 560 kg είτε 131 400 kg | | 37.6 | 1700 | 520 | | 42-43 | 62°C ωστόσο με την πάχυνση του δαπέδου σε 60 cm, μειώνεται η θερμοκρασία στους 27.5°C έως 22°C | 15°C μεταξύ 31 Οκτωβρίου και 9 Νοεμβρίου | | | 24 | | 4.7 kW ανά ώρα | Το πάχος των δαπέδων στα λουτρά NOVA ήταν 22cm | υπολογιζόμενη τιμή θέρμανσης (Yegül) 15 492 kJ/kg ή 4.303 kWh/kg για την καύση ύλη |

| Λουτρό | Τοποθεσία | Κιλά σκληρού ξύλου (kg) | Δεξαμενή (L) | όγκος caldarium, το πιο ζεστό δωμάτιο (m3) | όγκος πισίνας (L) | χωρητικότητα λέβητα (L) | όγκος δωματίου (m3) | θερμοκρασία δωματίου (°C) | θερμοκρασία δαπέδου (°C) | εξωτερικές θερμοκρασίες (°C) | θερμοκρασία στον κλίβανο (°C) | θερμοκρασία νερού | Διάρκεια καύσης (hr) | Όγκος νερού (L) | απώλεια θερμότητας | Σημειώσεις | Σημειώσεις |
|------------------|--------------|-------------------------|--|--|--|-------------------------|---------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------|--------------------|---|--|
| Στάβια Λουτρά | Πομπηία | | 38 000 | | | | | | | | | | | | | | |
| Λουτρά Φόρουμ | Πομπηία | | 15 000 | | | | | | | | | | | | | | |
| Προαστικά λουτρά | Πομπηία | | 10 000 | | | | | | | | | | | | | | |
| Λουτρά Σάρνο | Πομπηία | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Κεντρικά Λουτρά | Πομπηία | | | | στο Frigidarium 22 700 L και οι δύο πισίνες στο Caldarium σε 6 800 L και 5 400 L | | | | | | | | | | | | |
| Ρωμαϊκό Λουτρό | Μπαθ, Αγγλία | | | | | | | | | | | 46°C στην πισίνα | | 1 170 000 την ημέρα | | | |
| Sengul Χαμάμ | Τουρκία | | Για θερμό νερό 45 000 L και για κρύο νερό 62 000 L | | | | | | | | | | | 57 000 L την ημέρα | | εξυπηρετεί συνολικά 228 άτομα την ημέρα | 200 L θερμού νερού/άτομο 250 L νερού/άτομο |

Πίνακας Β.2: Ισοζύγιο θερμότητας για τα λουτρά Herbergsthermen (Grassmann, 2011)

| | Καλοκαίρι | Χειμώνας |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Ti (εσωτερική θερμοκρασία) | 36.7°C | 31.2°C |
| Ta(εξωτερική θερμοκρασία) | 20.8°C | 1.9°C |
| Ti - Ta | 15.9°C | 29.3°C |
| V*heiz | 2.774 Nm ³ /kg | 2.774 Nm ³ /kg |
| Gholz (ξύλο) | 63 kg | 102 kg |
| Lambda | 12 | 12 |
| Q Abluft | 500 W | 1 492 W |

Πίνακας Β.3: Ισοζύγιο θερμότητας για τα λουτρά Herbergsthermen (Grassmann, 2011)

| Καταναλωτής | Καλοκαίρι σε W | | Χειμώνας σε W | |
|---|----------------|----------------|---------------|---------------|
| | Καλοκαίρι σε W | Καλοκαίρι σε % | Χειμώνας σε W | Χειμώνας σε % |
| heizraum- λεβητοστάσιο | 954 | 12.3 | 1 802 | 15 |
| caldarium | 419 | 31.3 | 4 016 | 33.4 |
| terpidarium | 2 597 | 7.7 | 956 | 8 |
| lüftungswärme- θερμότητα εξαερισμού | 1 305 | 16.9 | 631 | 5.3 |
| Θέρμανση του νερού του λέβητα | 1 148 | 14.8 | 1 860 | 15.5 |
| Θέρμανση νερού πισίνας | 457 | 5.9 | 683 | 5.7 |
| απώλειες φωτιάς | 352 | 4.6 | 570 | 4.7 |
| απαίτηση θερμότητας | 7 232 | 93.5 | 10 518 | 87.6 |
| απώλειες καυσαερίων αέρα | 500 | 6.5 | 1 492 | 12.4 |
| Συνολική απαίτηση θερμότητας | 7 232 | 100 | 12 010 | 100 |

Πίνακας Β.4: Ισοζύγιο θερμότητας στα Λουτρά Νονα στις Σάρδεις (Yegul, 2003)

| | Μέση Θερμοκρασία | Όγκος (m ³) | Απαιτούμενη θερμότητα σε W |
|---------------------------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Εξωτερική | 15.6°C | - | - |
| Caldarium | 35°C | 37.6 | 2 109 |
| Tepidarium | 26.5°C | 25.1 | 664 |
| Frigidarium | 21°C | 76.3 | 957 |
| Απώλεια θερμότητας ζεστού νερού | | | 734 |
| Απώλεια θερμότητας κλιβάνου | | | 250 |
| Συνολική απαίτηση θερμότητας | | | 4 714 |

Πίνακας Β.5: Θερμογόνος δύναμη καυσίμων

| Πηγή καυσίμου | Θερμογόνος δύναμη |
|------------------------------|---------------------------------------|
| Ξηρό καυσόξυλο (15% υγρασία) | 4 000 – 4 400 kcal/kg (14-18MJ/kg) |
| Ξυλάνθρακας | 6 500-7 500 kcal/kg |
| Πράσινο ξύλο (60% υγρασία) | 2 600 - 2 900 kcal/kg |
| Άχυρο (ή χόρτο) | 2 866 – 3 416 kcal/kg (12-14.3 MJ/kg) |
| Ελαιώνες | 4 927 kcal/kg (20.629 MJ/kg) |
| Οστά | 1 500 kcal/kg |
| Κάρβουνο | 7 800 – 8 700 kcal/kg |