

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΤΑ ΠΕΤΡΙΝΑ ΓΕΦΥΡΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**



**ΓΡΗΓΟΡΟΠΟΥΛΟΥ ΣΟΦΙΑ  
ΜΟΪΖΕ ΜΑΡΙΑ  
ΝΤΟΒΑ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ**

**ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ  
ΜΠΙΣΚΙΝΗΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2009**



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη  
Εισαγωγή

### **Α ΜΕΡΟΣ: ΤΑ ΠΕΤΡΙΝΑ ΓΕΦΥΡΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΓΕΦΥΡΙΩΝ**

1.1. Ιστορική Εξέλιξη των Γεφυριών.....	9
1.2. Ήπειρος.....	11
1.3. Μακεδονία.....	13
1.4. Κρήτη.....	18
1.4.1. Ρέθυμνο.....	20
1.4.2. Ενετοκρατία (1252-1645).....	22
1.5. Πελοπόννησος.....	24
1.5.1. Αρχαίες γέφυρες.....	25
1.5.2. Βυζαντινές.....	27
1.5.3. Νεότερα χρόνια.....	28

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΛΑΟΓΡΑΦΙΑ**

2.1. Οι Μαστόροι.....	33
2.1.1. Χτίζοντας τόξα.....	36
2.2. Λαϊκοί μύθοι.....	39
2.3. Δημοτικά τραγούδια.....	43
2.4. Ονοματολογία.....	45

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

3.1. Εισαγωγή.....	48
3.2. Μονότοξα.....	49
3.3. Πολύτοξα.....	51
3.4. Είδη προβόλων.....	53
3.5. Τα υλικά και η κατασκευή.....	54
3.5.1. Το γεφύρι της πλάκας.....	59

3.5.2. Γεφύρια στην Κρήτη.....	60
3.6. Η αισθητική και η αρχιτεκτονική.....	61
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ: ΚΟΣΤΟΣ</b>	
4.1. Τι στοίχιζαν τα πέτρινα γεφύρια.....	66
4.2. Πίνακας κόστους γεφυριών.....	68
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ: ΠΕΤΡΙΝΑ ΓΕΦΥΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ</b>	
5.1. Εισαγωγή. ....	72
5.2. Ήπειρος .....	72
5.2.1 Το γεφύρι της Άρτας. ....	72
5.2.1. Το γεφύρι της Πλάκας.....	73
5.2.3. Καλογερικό γεφύρι ή Πλακίδα.....	75
5.2.4. Το γεφύρι της Κόνιτσας.....	76
5.2.5. Το γεφύρι του βοϊδομάτη (Κλειδωνιά).....	77
5.2.6. Το γεφύρι της Βοβούσας .....	78
5.2.7. Κατωγέφυρο.....	78
5.2.8. Γεφύρι Παπαστάθη.....	79
5.2.9. Γεφύρι του Ξηροπόταμου.....	80
5.2.10. Γεφύρι του Μίσσιου.....	81
5.2.11. Τα δύο γεφύρια.....	81
5.2.12. Γεφύρι Τσίπιανης .....	82
5.2.13. Ζαλλογογέφυρο.....	82
5.2.14. Γεφύρι του φίλου.....	83
5.2.15. Γεφύρι του Χάτσιου.....	83
5.2.16. Γεφύρι Χριστών .....	84
5.2.17. Γεφύρι του Ποντίκα.....	84
5.2.18. Γεφύρι του Κοντοδήμου ή Λαζαρίδη.....	85
5.2.19. Παλαιογέφυρο.....	86
5.2.20. Γεφύρι του Ραφτάνη.....	86



5.3. Θεσσαλία.....	87
5.3.1. Γεφύρι Παλαιοκαρυάς.....	87
5.3.1.1. Θέση – Περιγραφή τοπίου.....	88
5.3.1.2. Περιγραφή – Τεχνικά χαρακτηριστικά.....	88
5.3.1.3. Στατική κατάσταση.....	89
5.3.2. Γεφύρι Πόρτας (Αγίου Βησσαρίωνα).....	89
5.3.2.1. Θέση – Ιστορικό.....	90
5.3.2.2. Περιγραφή – Τεχνικά χαρακτηριστικά.....	90
5.3.2.3. Υλικά κατασκευής.....	91
5.3.2.4. Στατική κατάσταση.....	91
5.3.3. Το γεφύρι στο κεραμίδι.....	92
5.3.3.1. Θέση.....	92
5.3.3.2. Περιγραφή – Τεχνικά χαρακτηριστικά.....	93
5.3.3.3. Υλικά κατασκευής.. ..	93
5.3.3.4. Στατική κατάσταση.....	93
5.3.3.5. Προτάσεις.....	93
5.3.3.6. Ιστορικό.....	93
5.3.4. Γεφύρι Μεσοχώρας.....	94
5.3.4.1. Θέση.....	94
5.3.4.2. Περιγραφή – τεχνικά χαρακτηριστικά.....	95
5.3.4.3. Στατική κατάσταση.....	96
5.3.4.4. Προτάσεις.....	96
5.4. Νησιά	
5.4.1. Ικαρία.....	97
5.4.2. Άνδρος .....	98

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ: ΣΤΑΤΙΚΗ ΛΙΘΙΝΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ**

6.1. Μια συνοπτική ιστορική αναδρομή .....	100
6.2. Κατασκευαστική συμπεριφορά-αντοχή .....	118
6.2.1. Γενικά.....	118

6.2.2. Δυνάμεις επί των γεφυριών.....	119
6.2.3. Δράσεις και αποτελέσματα.....	119
6.3. Το τόξο.....	121
6.3.1. Συμπεράσματα για την ευστάθεια τόξου.....	123
6.3.2. Συμπεράσματα για τις αντοχές των λιθοδομών..	125

## **Β΄ ΜΕΡΟΣ : ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΛΙΘΟΔΟΜΗ – ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ**

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ: ΕΙΔΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΩΝ**

1.1 Είδη τοιχοποιιών.....	129
1.2 Τοιχοποιίες από φυσικούς λίθους.....	132

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΕΙΔΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ ΑΨΙΔΕΣ**

2.1 Ειδικές κατασκευές από τοιχοποιία, Αψίδες.....	137
2.1.1 Σχεδιασμός αψίδων.....	143
2.1.2 Αστοχία και επισκευή αψίδων.....	148

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ: ΒΛΑΒΕΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

3.1 Εισαγωγή.....	157
3.2 Αίτια των βλαβών.....	159
3.2.1 Ενδογενή αιτία βλαβών.....	160
3.2.2 Εξωγενή αιτία βλαβών.....	161
3.2.3 Βλάβες οφειλόμενες στο έδαφος.....	163
3.3 Έλεγχος της δομής.....	165
3.3.1 Μη καταστρεπτικές μέθοδοι.....	165
3.3.2 Καταστρεπτικές Μέθοδοι.....	167
3.4 Προσδιορισμός των μηχανικών χαρακτηριστικών.....	168
3.4.1 Μη καταστρεπτικές μέθοδοι.....	168

3.4.2 Καταστρεπτικές μέθοδοι.....	169
3.5. Έλεγχος παραμορφώσεων.....	169
3.5.1 Έλεγχος της επίδρασης μακροχρόνιων φορτίων..	169
3.5.2 Έλεγχος της επίδρασης παροδικών φορτίων.....	171
3.6. Μέτρηση του εύρους των ρωγμών .....	172

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΙΧΩΝ**

### **ΑΠΟ ΔΟΠΛΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ**

4.1 Εισαγωγή.....	174
4.2 Σχεδιασμός δομικών μελών.....	174
4.3 Άοπλοι τοίχοι υπό κατακόρυφη φόρτιση.....	175
4.3.1 Αξονική δύναμη αντοχής τοίχου.....	175
4.3.2 Μειωτικός συντελεστής λόγω λυγηρότητας .....	177
4.3.3 Ενεργό πάχος τοίχου .....	178
4.3.4 Τυχηματική Εκκεντρότητα.....	178
4.3.5 Συγκεντρωμένα φορτία.....	178

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ: ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ**

5.1 Εισαγωγή.....	182
5.2 Αρμολόγημα.....	184
5.3 Ριζοοπισμοί.....	185
5.4 Εκτοξευμένο σκυρόδεμα.....	188
5.4.1 Τύποι εκτοξευμένου σκυροδέματος.....	188
5.4.2 Υλικά και μηχανικές ιδιότητες.....	188
5.4.3 Εφαρμογές του εκτοξευμένου σκυροδέματος.....	189
5.4.4 Προκαταρκτικές εργασίες.....	189
5.4.5 Αναλογίες του μείγματος.....	190
5.4.6 Εφαρμογή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.....	191
5.5 Ενέσεις ή εμποτισμοί.....	193
5.5.1 Μέθοδοι εφαρμογής ενέσεων.....	194
5.5.2 Υλικά και μίγματα ενεμάτων.....	195

5.5.3 Μηχανικά χαρακτηριστικά εμποτισμένων τοίχων.....	196
5.6 Επισκευές ρηγματώσεων – αποκολλήσεων τοίχων.....	200
5.6.1 Ελαφρά ρηγμάτωση.....	200
5.6.2 Έντονη ρηγμάτωση.....	202
5.6.3 Τοπική κύρτωση.....	204
5.7 Ενισχύσεις.....	206
5.7.1 Κατασκευή διαζωμάτων.....	206
5.7.2 Ενίσχυση με προένταση.....	209
5.7.3 Ενίσχυση θεμελίων.....	210
5.8 C.F.R.P.....	214
5.8.1 Τα πλεονεκτήματα του F.R.P.....	215
5.8.2 Ιστορικά μνημεία και FRP.....	216
5.8.3 Ενίσχυση ιστορικών μνημείων με FRP.....	217

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

I. Λεξιλόγιο.....	223
II. Πίνακας με γεωγραφικά και ιστορικά χαρακτηριστικά πέτρινων γεφυριών.....	227
III. Χάρτες μέσω google earth.....	235
IV. Πρόσοψη του γεφυριού της Πλάκας με την χρήση του προγράμματος AutoCad.....	241



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην πορεία του ο άνθρωπος αγωνίστηκε να άρει την απομόνωση, να συμφιλιωθεί με τη φύση, να δημιουργήσει πολιτισμό και να ασκήσει την ελευθερία του.

Η επικοινωνία υπήρξε πάντα ο βασικός καταλύτης για την ενσωμάτωση νέων στοιχείων στην κουλτούρα των κοινωνιών και κυρίαρχος παράγοντας διαμόρφωσης των πολιτισμών...

Η άμεση επαφή των ανθρώπων προϋποθέτει την άρση των φυσικών εμποδίων, την ασφαλή κινητικότητα, τη συντόμευση των αποστάσεων και τη δημιουργία περιβάλλοντος αλληλοκατανόησης.

Στα πλαίσια αυτά ο άνθρωπος ήρθε αντιμέτωπος με την ίδια τη φύση προεκτείνοντάς την ...με γέφυρες!

Τα πέτρινα γεφύρια, έκφραση βασικής ανάγκης του ανθρώπου, ήταν αποτέλεσμα διαλόγου αλλά και σεβασμού του ανθρώπου με το φυσικό του περιβάλλον. Δημιούργησαν τη δική τους ιστορία που εκφράζει την επικοινωνιακή ανάγκη του ανθρώπου να αγαπηθεί, να γιορτάσει, να εκτεθεί σε άλλες κουλτούρες, να ανταλλάξει τα προϊόντα του και ακόμη , δυστυχώς, να δώσει τη δυνατότητα σε στρατούς να βιάσουν την ελευθερία του.

Η ποικιλομορφία και η διαφορετικότητα στην αρχιτεκτονική σύνθεση των γεφυριών παραπέμπει στο «μεράκι» του πρωτομάστορα.

Τα γεφύρια του Ελλαδικού χώρου και ιδιαίτερα τα Ηπειρωτικά είναι απέριττα, χωρίς υπερβολικές διακοσμήσεις, είναι χτισμένα συνήθως σε ορεινούς όγκους και δίνουν την αίσθηση ότι αποτελούν φυσική προέκταση των βράχων.

Η Ήπειρος αποτελεί το ορεινότερο τμήμα του ελληνικού χώρου και οι Ηπειρώτες χαρακτηρίζονται από την αναζήτηση καλύτερης τύχης σε μακρινούς τόπους. Οι διαπιστώσεις αυτές δηλώνουν την ανάγκη υπερπήδησης των υδάτινων εμποδίων που δυσκόλευαν τις μετακινήσεις.

Το ανθρώπινο δυναμικό που θα μπορούσε να ανταποκριθεί στις προκλήσεις για συμπλήρωση της φύσης, οι μαστόροι, δεν χρειάστηκε να αναζητηθεί μακριά γιατί η περιοχή αποτελούσε φυτώριο σπουδαίων μαστόρων με δοκιμασμένες ικανότητες, διαισθητικό ταλέντο και γνήσια λαϊκή αισθητική ( Πυρσόγιαννη, Βούρμπιανη, Πράμαντα, Χουλιαράδες,...οι μαστορομάνες).

Το διαισθητικό ταλέντο του πρωτομάστορα το διακρίνει κανείς από τον τρόπο που αυτός αξιοποιούσε (από διαίσθηση) τους φυσικούς νόμους.

Τα πέτρινα γεφύρια συνέβαλαν στη διαμόρφωση του πολιτισμού μας, στην έκφραση της αυθεντικής λαϊκής αισθητικής και το σεβασμό στο φυσικό περιβάλλον, στην αναζήτηση,...και συνεχίζουν να μας θυμίζουν τη χαμένη κοινωνική μας συνοχή...εγκαταλελειμμένα στην ύπαιθρο της πατρίδας μας...σιωπηλά στη μοναξιά και την αδιαφορία.

Η ψηφιοποίηση και η ιστορική τεκμηρίωση όλων των πέτρινων γεφυριών, η επισήμανση των βλαβών τους, η υιοθέτηση αξιόπιστης στατικής και δυναμικής ανάλυσής τους, η προσομοίωση των υλικών κατασκευής τους, η μεταφορά εμπειριών, η αποκάλυψη των αιτιών των εμφανιζομένων βλαβών, η επεξεργασία κανονισμών αποκατάστασης της συμπεριφοράς τους και η προστασία της αισθητικής τους αποτελούν εθνικό χρέος και δείγμα κύρους της κοινωνίας μας.

Τα πέτρινα γεφύρια δε χρησιμεύουν σε κανέναν πια...

Τα μούσκλα τρώνε σιγά-σιγά τις πέτρες, τα δένδρα υπονομεύουν τα θεμέλιά τους και οι χαράδρες περιμένουν υπομονετικά την εκδίκησή τους...

Ο σεβασμός στον πολιτισμό μας και στο όραμα για έναν καλύτερο κόσμο μας δεσμεύουν να κρατήσουμε ζωντανούς τους διαύλους επικοινωνίας με το παρελθόν, τα πέτρινα γεφύρια, για να βρουν τα όνειρα του κάθε πρωτομάστορα δικαίωση!

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### **Τα πέτρινα γεφύρια.**

Ο χώρος και ο χρόνος είναι βασικές συντεταγμένες της κοινωνικής συγκρότησης. Ο άνθρωπος καθώς οικειοποιείται **το χώρο** και **το χρόνο**, τον μετασχηματίζει και αυτό γίνεται με όρους ιστορικούς, δηλαδή με βάση τις συνθήκες παραγωγής και αναπαραγωγής των υλικών και συμβολικών προϋποθέσεων της κοινωνικής ζωής, οι οποίες μεταβάλλονται μέσα στο χρόνο. Ο πολιτισμός είναι πρώτα απ' όλα ένας χώρος έλεγε ο Braudel, και εμείς μπορούμε να προσθέσουμε άφοβα και ένας χρόνος. Δεν υπάρχει πολιτισμός έξω από το χώρο και το χρόνο. Μπορούμε όμως να αντιστρέψουμε τα πράγματα και να πούμε ότι και ο χώρος και ο χρόνος είναι πάνω απ' όλα **πολιτισμός**. Και αυτό όχι με την έννοια της αντανάκλασης, ότι δηλαδή αποτυπώνονται πάνω τους και μέσα τους τα ίχνη του, αλλά με την έννοια ότι είναι παράγωγα του.

Μέσα λοιπόν σε αυτές τις έννοιες χώρου- χρόνου και κατά συνέπεια πολιτισμού εντάσσεται η δημιουργία – κατασκευή πέτρινων γεφυριών μέσα στον Ελλαδικό χώρο γιατί το γεφύρι δεν είναι μόνο το ανάχωμα, αλλά είναι ένα πολιτιστικό δημιούργημα μέσα στην αέναη ροή του ιστορικού χρόνου που στη δημιουργία του εμφανίζονται όλες οι πολιτιστικές συντεταγμένες μιας εποχής, οι πολλαπλές όψεις της λαϊκής κουλτούρας, με την οποία συνυφαίνονται τα βιώματα και οι πράξεις της ατομικότητας.

Ο κατασκευαστής ή οι κατασκευαστές των πέτρινων γεφυριών, ή διαφορετικά οι **γεφυρωτές**, ή για τους Λατίνους οι *rontem extruentes*, δεν ήταν άλλοι από λαϊκοί άνθρωποι που η ερμηνεία της δράσης τους οριοθετεί αυστηρά τα πλαίσια του ατομικού χωροχρόνου με τις επιταγές της ατομικής κουλτούρας· και συντάσσει τους όρους μιας διαλεκτικής ανάμεσα στην πεπερασμένη ατομική και την αναδύομενη από το βάθος του ιστορικού χρόνου συλλογική κουλτούρα. Για παράδειγμα: *45 μάστορες και 60 μαθητάδες*.



Μέσα σ' αυτή την έννοια της κουλτούρας και της διαφορετικότητας εντάσσεται και η διαφορετικότητα των πέτρινων γεφυριών του τόπου μας, που διαφέρουν από τόπο σε τόπο ως προς την τεχνοδομή, τα υλικά και γενικά στην συλλογική προσέγγιση.

Σύμφωνα με τις τελευταίες μελέτες έχουν καταγραφεί περί τα 700 γεφύρια στον Ελλαδικό χώρο, είναι όμως πολύ περισσότερα γιατί πολλά είναι άγνωστα, όπως για παράδειγμα τα πέτρινα γεφύρια της Ικαρίας, χτισμένα με παραδοσιακές μεθόδους και υλικά, λιθόκτιστα, συνήθως μονότοξα με ημικυκλική και σπάνια οξυκόρυφα, τα οποία είναι αρκετά λόγω των ποταμιών και του πετρώδους εδάφους.

Το γεφύρι λοιπόν δεν είναι απλά ένα κατασκεύασμα για λόγους πρακτικούς και επίλυσης προβλημάτων επικοινωνίας αλλά και σημείο αναφοράς πολιτισμού και κοινής ζωής ενός τύπου.

Γι' αυτό όπως προείπαμε τα γεφύρια διαφέρουν από τόπο σε τόπο αντανακλώντας τον ίδιο τόπο. Κατατάσσοντας τα σε κατηγορίες μπορούμε να μελετήσουμε τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, τις κλιματικές μεταβολές, την επικοινωνία με άλλους λαούς, τις αλληλεπιδράσεις από την περίοδο της προϊστορίας ακόμη, αφού κοντά στα γεφύρια υπήρχε και το οδικό δίκτυο, απομεινάρια του οποίου υπάρχουν ως τα σήμερα.

### **Τι ήταν το γεφύρι.**

Το γεφύρι λοιπόν ήταν ένα σημαντικό κομμάτι της πολιτιστικής δημιουργίας ενός τόπου και είναι σημαντικό και για εμάς σήμερα, γιατί πέρα από το δέος και την ομορφιά που αναδεικνύει βοηθά σημαντικά την επιστημονική γνώση, αφενός για τους αρχιτεκτονικούς τρόπους τεχνοδομής, αλλά ακόμη αποτελούν πολύτιμες αποδείξεις για την ύπαρξη παλιών δρόμων που σήμερα έχουν εξαφανιστεί και για την ύπαρξη νερού και για την μεταβολή των

κλιματολογικών συνθηκών ενός τόπου εφόσον εκεί που υπήρχε γεφύρι κάποτε υπήρχε νερό και πλούσια φύση, ενώ σήμερα επικρατούν συνθήκες ξηρασίας.

Μέσα από το γεφύρι λοιπόν αναδεικνύεται η φύση και ο άνθρωπος και αντίστοιχα ο άνθρωπος προσπάθησε να δώσει την ανάγκη του είναι του στο χτίσιμο του γεφυριού και του τόπου του.

Και επειδή ταυτισμένος με το χτίσιμο, με τη σμίλευση της πέτρας ανέκαθεν ήταν ο Ηπειρώτης, τα πέτρινα γεφύρια της Ηπείρου έχουν μια δική τους ομορφιά, εμπερικλείουν την αγωνία της σκληρής ζωής, έγιναν μύθος-παράδοση.

Το τι ακριβώς ένοιωσε ο ντόπιος απέναντι στο γεφύρι έχει να κάνει με το ποιος ήταν ο ίδιος και τι θέλησε απ' αυτό. Ο χτίστης για παράδειγμα πέρασε από το φόβο της απόφασης στην υπομονή της σκληρής δουλειάς για να καταλήξει στη χαρά της επιτυχίας. Για τον απλό Ηπειρώτη, το χρήστη, τον ξωμάχο αγρότη, τον μυλωνά, τον χατζή, η ασφάλεια και η ανακούφιση έφεραν την βαθιά ευγνωμοσύνη.

Αυτά τα μονότοξα και άλλοτε πολύτοξα πέτρινα γεφύρια της Ηπείρου, μολονότι σήμερα δευτερευόντως ίσως και καθόλου θεραπεύονται καθημερινές πρακτικές ανάγκες, εξακολουθούν έντονα να ευαισθητοποιούν τους περιπατητές και να τους ανακουφίζουν αισθητικά. Παραθέτουμε την υπέροχη περιγραφή όπως ακριβώς την έδωσε ο Σπ. Μαντάς:

*«Ήταν μέσα του Οκτώβρη μήνα. Είχαν αρχίσει τα πρώτα κρύα, όχι όμως οι βροχές. Ανέβαινα Μακεδονία, αφήνοντας πίσω μου μια Ήπειρο φθινοπωρινή.*

*Βγαίνοντας από την Κόνιτσα, ξαναείδα το παλιό γεφύρι στη ρεματιά, κάτω απ' το πλατάνι. Θέλησα άλλη μια φορά να το φωτογραφήσω, σε απόχρωση τώρα εποχιακού κίτρινου.*

*Απέναντι, στην πλαγιά, χιλιάδες γιδοπρόβατα, σκυλιά, φορτωμένα μουλάρια. Κατηφόριζαν προς το μέρος μου, στις Τοπόλιτσας το γεφύρι. Κάθοδος φθινοπωρινή, από της Πίνδου τα υψώματα στην Ηγουμενίτσα και την Παραμυθιά.*

*Ηλιοκαμένοι, αγριωποί οι τσοπαναράιοι, σφύριζαν με νόημα, έκοβαν δρόμο, αγνοούσαν τα καγκιόλια που πήγαινε- έλα καθυστέραγαν.*

*Παρακολούθησα το πέρασμα τους από το γεφύρι ώρα πολύ. Και είχε κείνη η εικόνα κάτι απ' την πατίνα του χρόνου πάνω της, που την έκανε ακόμα πιο πολύτιμη.*

*Όταν πέρασαν και τα τελευταία ζώα, ένας από τους τσοπάνους, εκείνος που έκλεινε τη θορυβώδη πομπή, στάθηκε στην πιο ψηλή αρκάδα κι άναψε τσιγάρο. Κι απόμεινε εκεί ακίνητος, μέχρι να φτάσει το μάτι του, μαζί με το νερό, κάτω στην πεδιάδα, στον κάμπο της Γλιτονιάβιστας. Αυτός και το γεφύρι. Ολομόναχοι. Να τους καδράρει και τους δυο η αιωνιότητα του πλάτανου.»*



Γεφύρι του Κοκκορού

«...Διάλεξαν το πιο στενό σημείο της χαράδρας του Βίκου, από την μια μεριά που λέγεται "κεφάλια" και την από' δω "κουκουλιώτικη" και χτίσαν το γεφύρι του Κόκκορου. Όπως κλείνει η τανάλια, είναι ανοιχτή και κλείνει, εκεί γέρονταν τότε τα γιοφύρια». Κώστας Λαζαρίδης (1986).

# **Α΄ ΜΕΡΟΣ**

**Τα πέτρινα γεφύρια της Ελλάδας**

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>**

## **ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΓΕΦΥΡΙΩΝ**

## 1.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΓΕΦΥΡΙΩΝ

Γεφύρια είναι τα τεχνικά έργα τα οποία αποκαθιστούν τη συνέχεια οδών, οποιασδήποτε φύσεως, που διακόπτονται από φυσικά εμπόδια, (συνήθως ποταμούς, χειμάρρους, χαράδρες, κοιλάδες, έλη κ.λ.π.) και καθιστούν δυνατή τη διάβαση σε ανθρώπους, οχήματα, υλικά κ.λ.π. Η εξέλιξη των γεφυριών παρακολούθησε την εξέλιξη των οδών και κατ'επέκταση των συγκοινωνιών.

Οι πρώτες τεχνητές γέφυρες κατασκευάστηκαν από τον άνθρωπο με δύο τρόπους:

α) με την τοποθέτηση μεγάλων, επίπεδων λίθων, πάνω από τις φυσικές ροές.

β) με μεγάλους κορμούς δέντρων, που γεφύρωναν μικρά ρεύματα.

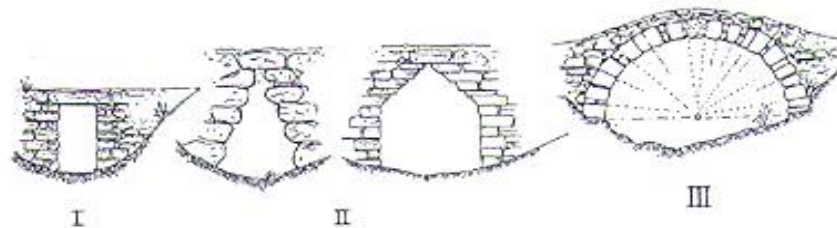
Σχετικά σύντομα θα έγινε αντιληπτό ότι η τοποθέτηση δύο ή και περισσότερων κορμών δεμένων μεταξύ τους με σχοινιά έδινε μια πολύ πιο αποτελεσματική κατασκευή. Και οι δύο τρόποι παρείχαν ιδιαίτερα περιορισμένες δυνατότητες.

Οι άνθρωποι που ζούσαν στους λιμναίους οικισμούς αντιλήφθηκαν πρώτοι τη δυνατότητα που προσέφεραν τα φυσικά σχοινιά. Η πλέξη αυτών των φυσικών σχοινιών οδήγησε στην κατασκευή των πρώτων κρεμαστών γεφυρών.

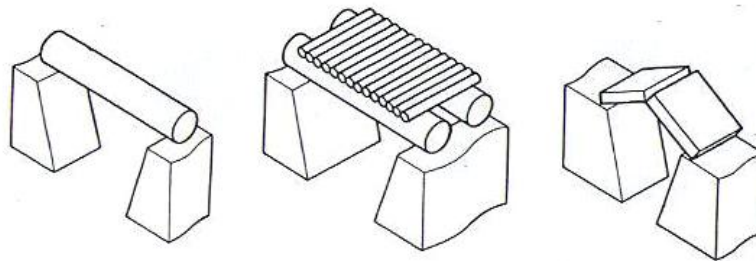
Ο άνθρωπος της νεολιθικής εποχής πιστεύεται ότι το 4.000 π.Χ. ήταν ήδη ώριμος να μιμηθεί τα φυσικά τόξα. Έτσι, επεξεργάζεται μεγάλους λίθους και τους τοποθετεί σε μορφές τόξων.

Παρά δε το γεγονός ότι η εξέλιξη των γεφυριών ήταν συνεχής θα μπορούσαμε να διακρίνουμε τρεις περιόδους. Η πρώτη περίοδος αρχίζει τους **προϊστορικούς** χρόνους και λήγει τους πρώτους ρωμαϊκούς χρόνους. Η δεύτερη περίοδος λήγει στις αρχές του δεκάτου ενάτου αιώνα και η τρίτη περίοδος μέχρι σήμερα. Η πρώτη γέφυρα που κατασκεύασε ο άνθρωπος θα ήταν επακόλουθο του πρώτου μονοπατιού, που στην κατασκευή της θα οδηγήθηκε από την ίδια τη φύση. Είναι λοιπόν φυσικό τα πρώτα γεφύρια να αποτελούνταν από υλικά που παρείχε η φύση με ελάχιστη ανθρώπινη επεξεργασία.

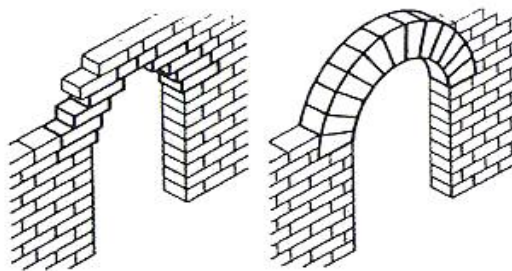
Γεφύρια με τα χαρακτηριστικά όλων των χρονικών περιόδων συναντάμε σχεδόν σε όλα τα γεωγραφικά διαμερίσματα του Ελλαδικού χώρου, με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, τις δυσκολίες κατασκευής και τη λαογραφία



Σχ. 1.1: Οι τρεις βασικές τύποι δημιουργίας γεφυριών: I. Με οριζόντιες δοκούς. II. Με εκφορικό σύστημα. III. Με τοξωτή κατασκευή.



Σχ. 1.2: Χαρακτηριστικοί τρόποι γεφύρωσης από τις πρώτες γενιές του ανθρώπου. Χρησιμοποιήθηκαν κορμοί δέντρων και μεγάλες πέτρινες πλάκες



Σχ. 1.3: Αριστερά ο «ψευδοθόλος» των Μυκηνών με τους οριζόντιους αρμούς έδρασης. Η επικάλυψη των ανοιγμάτων επιτυγχάνεται με λιθοδομή όπου κάθε ανώτερη στρώση προεξείχε της κατώτερης δημιουργώντας πρόβολο. Δεξιά το πλήρες ημικυκλικό τόξο που χρησιμοποίησαν οι Ρωμαίοι.

## 1.2. ΗΠΕΙΡΟΣ

Κατά τη διάρκεια της ερευνάς μας σχετικά με τα γεφύρια στον Ελλαδικό χώρο η Ήπειρος ήταν αυτή που κατέκτησε το αμέριστο ενδιαφέρον μας και μας παρέπεμψε στη συστηματικότερη μελέτη της. Η προσεκτικά μελετημένη τεχνική και η τεράστια επικοινωνιακή αξία των γεφυριών, που κατασκευάστηκαν κατά την Τουρκοκρατία, η οποία υπήρξε ιδιαίτερα μακρόχρονη στη συγκεκριμένη περιοχή, ήταν τα στοιχεία που μας προσέλκυσαν περισσότερο. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι οι μάστορες εκείνης της εποχής, σε μια περιοχή μάλιστα με παράδοση στις ομαδικές μετακινήσεις τις οποίες επιχειρούσαν οργανωμένοι σε επαγγελματικές συντεχνίες, και με εξαιρετικά περιορισμένα τεχνολογικά μέσα, κατάφερναν να σμιλεύουν την πέτρα με τέτοιο τρόπο ώστε να μην είναι απαραίτητη η χρήση συνδετικών υλικών και κονιαμάτων για την κατασκευή περίτεχνων γεφυριών μονότοξων αλλά και πολύτοξων, τα μεγαλύτερα από τα οποία έφταναν σε διαστάσεις τα 140 μέτρα μήκος και τα 20 μέτρα ύψος! Επίσης αξιοθαύμαστο είναι το ενδιαφέρον τόσο των Τούρκων όσο και των Ελλήνων κατοίκων αλλά και μοναχών για την τύχη των γεφυριών το οποίο εκδήλωναν είτε με χρηματικές εισφορές, είτε με προσωπική εργασία για το χτίσιμο και την επισκευή τους.

Είναι χαρακτηριστικό ότι όταν η περιοχή ήταν σκλαβωμένη από τους Τούρκους, οι κάτοικοί της είχαν διατηρήσει αναλλοίωτο τον Ελληνισμό, τη θρησκεία και την παράδοση, χάρις στα πέτρινα αυτά γεφύρια, τα οποία αποτελούσαν τον συνδετικό κρίκο των σκλαβωμένων Ελλήνων της Μακεδονίας, της Θεσσαλίας και της Ηπείρου.

Στην περίοδο της Τουρκοκρατίας τα πέτρινα γεφύρια συντέλεσαν σημαντικά στην ανάπτυξη της περιοχής, όπως επίσης και στη διάδοση των επαναστατικών ιδεών και την ανταλλαγή των πολιτιστικών στοιχείων των περιοχών, καθώς απ' αυτά περνούσαν όλες οι κύριοι δίοδοι, μεταξύ της ελεύθερης και της σκλαβωμένης Ελλάδας.



Ήταν η εποχή όπου τα караβάνια των εμπόρων από την Ήπειρο τη Μακεδονία και τη Θεσσαλία διακινούσαν μέσω των δεκαεννέα πέτρινων γεφυριών, τόσο την πρoμάτεια τους όσο και τα μηνύματα του απελευθερωτικού αγώνα, παρά το γεγονός ότι οι Τούρκοι σε πολλά απ' αυτά είχαν εγκατεστημένη μόνιμη φρουρά.

### 1.3. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ

Από την προϊστορική, ακόμα, περίοδο ο γεωγραφικός χώρος της Μακεδονίας αποτέλεσε πεδίο μετακινήσεων και προσωρινών εγκαταστάσεων των Ελληνικών φύλων, που κατεβαίνουν προς νότο, ή των Θρακικών που μετακινούνταν, αργότερα, προς ανατολής. Κατά τη Ρωμαϊκή περίοδο, η Μακεδονία απέκτησε σημαντική γεωγραφική σημασία, γιατί από κει περνούσαν οι μεγάλοι Ρωμαϊκοί δρόμοι που συνέδεσαν τη Δύση με την Ανατολή (Εγνατία οδός, Βασιλική Στράτα του Τραϊανού από Δυτική Μακεδονία προς Ήπειρο, παράλιοι και εγκάρσιοι δρόμοι ανάμεσα στις μεγάλες πόλεις της εποχής, όπως οι Φίλιπποι, η Πύδνα, η Θεσσαλονίκη). Την ίδια σημασία εξακολούθησε να έχει ο Μακεδονικός χώρος κατά τη **Βυζαντινή περίοδο**, αλλά και κατά την **Τουρκοκρατία**, κατέχοντας το κεντρικότερο και νευραλγικότερο τμήμα της Βαλκανικής Χερσονήσου.

Οι ανάγκες της διάβασης των ποταμών, των χειμάρρων και των ρεμάτων για τις επικοινωνίες κατέστησαν, από την αρχαιότητα ακόμα, απαραίτητο το χτίσιμο γεφυριών. Τα γεφύρια ήταν **πέτρινα** και **ξύλινα**, Τα πρώτα πιο στερεά και ανθεκτικά στο χρόνο, τα δεύτερα πρόχειρα και προσωρινά, λιγότερο ασφαλή, αλλά αρκετά πρακτικά, όταν στηρίζονταν σε λίθινα «ποδαρικά» και γεφύρωναν μεγάλα ποτάμια. Στα τελευταία, χρησιμοποιούνταν μέχρι τα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα και ο τρόπος διέλευσης με σχεδίες.

Τα Μακεδονικά ποτάμια είναι λιγότερα σε αριθμό, αναλογικά με την έκταση του χώρου, από τα Ηπειρώτικα, που είναι και πολυυδρότερα, εξαιτίας της διαφοράς του βροχομετρικού ύψους, που στην Ήπειρο είναι σχεδόν, διπλάσιο από τη Μακεδονία.

Επίσης πλέον το ανάγλυφο του εδάφους είναι ομαλότερο στη Μακεδονία, σε αντίθεση με το ορεινό, διακεκομμένο έδαφος της Ηπείρου. Έτσι, τα πέτρινα γεφύρια στην Ήπειρο ήταν περισσότερα και μεγαλύτερα. Από τα Μακεδονικά γεφύρια, τα οποία επιβιώνουν μέχρι σήμερα, μόνο το μισογκρεμισμένο γεφύρι του Πασά στη Δυτική Μακεδονία μπορεί να συγκριθεί σε μήκος με τα μεγάλα Ηπειρώτικα γεφύρια, όπως της Άρτας, ή με τα ακόμα μεγαλύτερα Αλβανικά, όπως τα γεφύρια του Γενούσου και του Δρίνου. Στο παρελθόν και, πάντως, πριν από τα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα, θα πρέπει να υπήρχαν και σε μεγάλα Μακεδονικά ποτάμια, όπως ο Αξιός, ο Στρυμόνας και ο Νέστος μεγάλα σε μήκος πέτρινα γεφύρια, αλλά φαίνεται πως δεν διασώθηκε μέχρι σήμερα κανένα ίχνος τους. Τα μεγαλύτερα όμως, γεφύρια στην νότια Βαλκανική, ήταν τα γεφύρια της Ανατολικής Θράκης, όπως τα γεφύρια της Αδριανούπολης και της Μακριάς Γέφυρας (Ουζούν Κιοπρού). Το τελευταίο γεφύρωνε τον ποταμό Εργίνη και ήταν το μεγαλύτερο πέτρινο γεφύρι των Βαλκανίων, με 1300 μέτρα μήκους και 174 τόξα. Σήμερα, τον τίτλο του μακρότερου γεφυριού έχει η καινούργια γέφυρα των Σερβίων, πάνω στην τεχνική λίμνη του Αλιάκμονα ποταμού, με μήκος 1372 μέτρα και ύψος 55 μέτρα από την επιφάνεια του νερού. Από τα πέτρινα γεφύρια, μεγαλύτερο σε μήκος είναι το γεφύρι της Άρτας, εάν εξαιρέσουμε το χαμηλό σε ύψος (1-2 μ.) αλλά πολύ μεγάλο σε μήκος πέτρινο γεφύρι του Κουταβού στην ομώνυμη λιμνοθάλασσα του Αργοστολίου Κεφαλονιάς, το οποίο, αν και τοξωτό και μάλιστα πολύτοξο δεν μπορεί να ενταχθεί στα τοξωτά πέτρινα γεφύρια με μεγάλο άνοιγμα και μήκος τόξου.

Πολλά από τα μικρά (συνήθως μονότοξα) πέτρινα γεφύρια, κυρίως της Ανατολικής Μακεδονίας γεφύρωναν μικρούς «λάκκους», οι οποίοι ούτε ως χείμαρροι δεν μπορούν να θεωρηθούν σήμερα, αφού από δεκαετίες δεν περνάει πια νερό από τις κοίτες τους.

Η ύπαρξη γεφυριών σε τέτοιες θέσεις πιστοποιεί ότι τα νερά ήταν κάποτε περισσότερο κι αυτά επιβεβαιώνουν οι παλαιότεροι κάτοικοι των οικισμών, οι οποίοι διηγούνταν ότι **προπολεμικά** τα νερά των χειμάρρων και ρεμάτων ήταν πολύ περισσότερο. Επισημαίνουν προοδευτική μείωση των νερών, υπόγειων ή όμβριων, μετά το 1950 και ιδίως μετά το 1970. Σ' όλα τα χωριά που έχουν γεφύρια ακούσαμε την ίδια επωδό, με την οποία καταλήγει κάθε διήγηση σχετική με τα γεφύρια: «Κάποτε αυτό το ρέμα είχε πολύ νερό, χειμώνα-καλοκαίρι. Τι έγιναν αυτά τα νερά;». Το κτίσιμο γεφυριών σε τοποθεσίες που δε δικαιολογούν σήμερα την ύπαρξή τους, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως στοιχείο για την έρευνα για τυχόν αλλαγή του κλίματος στην Ελλάδα τα τελευταία 50 χρόνια.

Τα γεφύρια κτίζονταν πάντα πάνω σε δρόμους και τα σωζόμενα πέτρινα γεφύρια της Μακεδονίας αποτελούν αποδείξεις για την πορεία παλιών δρόμων που έχουν σήμερα εξαφανιστεί. Οι δρόμοι αυτοί στις ορεινές περιοχές στένευαν, γίνονταν σε πολλές περιπτώσεις στενά μονοπάτια, που ελίσσονταν σε απότομα πρανή, όταν η εδαφική διαμόρφωση το επέβαλε. Κατά την περίοδο της Τουρκοκρατίας, παρατηρήθηκαν μετακινήσεις των Ελληνικών πληθυσμών από τα εύφορα πεδινά, αλλά και ευπρόσβλητα από τον κατακτητή, εδάφη, στα ορεινά κι απομονωμένα, κυρίως στη Δυτική Μακεδονία. Οι επικοινωνίες ανάμεσα στους ορεινούς οικισμούς βελτιώθηκαν με την κατασκευή γεφυριών, τα οποία αυξήθηκαν αριθμητικά κατά την περίοδο της Τουρκοκρατίας σ' όλα τα ορεινά εδάφη της Μακεδονίας. Σε πολλές, όμως, από τις θέσεις των πέτρινων γεφυριών που χτίστηκαν την εποχή της δουλείας, προϋπήρχαν άλλα παλιότερα γεφύρια, ιδίως στις ορεινές διαβάσεις, οι οποίες χρησιμοποιούνταν από τα αρχαία χρόνια για την επικοινωνία ανάμεσα στη Δυτική Μακεδονία και την Ήπειρο, ή ανάμεσα στις Μακεδονικές πεδιάδες και κοιλάδες, που χωρίζονται από βουνά.

Οι δρόμοι αυτοί, που σε πολλές περιπτώσεις συμπίπτουν με τους σημερινούς, χρησιμοποιήθηκαν, εκτός από τις ανάγκες για τοπική επικοινωνία των γειτονικών οικισμών και το διαμετακομιστικό εμπόριο, και για άλλες μετακινήσεις όπως: Οι πορείες των Μακεδονικών και Ηπειρώτικων καραβανιών των εμπόρων και ξενιτεμένων προς τη Σερβία κι από κει προς τις χώρες της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης. Οι μετακινήσεις αυτές, από τα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα, κατευθύνθηκαν προς την Κωνσταντινούπολη και τη Νότια (Ελεύθερη) Ελλάδα. Οι εξαμηνιαίες μετακινήσεις των κτηνοτρόφων προς τα χειμαδιά της Θεσσαλίας και Χαλκιδικής. Οι πορείες των Δυτικομακεδόνων μαστόρων και εποχιακών εργατών προς όλες τις, εκτός Μακεδονίας, διευθύνσεις, πλην της δυτικής και οι αντίστοιχες των Αλβανών εργατών αλλά και των πολυάριθμων Αλβανικών ληστοσυμμοριών. (Γ. Τσότσος «Ορεινοί δρόμοι στη Βόρεια Πίνδο κατά το 18<sup>ο</sup> και 19<sup>ο</sup> αιώνα», Δρόμοι και κόμβοι της Βαλκανικής, 1995)



Εικ. 1.2. Η χρήση των γεφυριών για κίνηση των εμπορευμάτων

Με βάση τη γεωγραφική θέση και τις ανάγκες της επικοινωνίας που εξυπηρετούσαν, τα υπάρχοντα σήμερα πέτρινα, παραδοσιακά γεφύρια της Μακεδονίας, μπορούν να ενταχθούν σε τρεις κατηγορίες:

1. Τα μεγάλα γεφύρια που βρίσκονται σε πεδιάδες, γεφυρώνουν μεγάλα ποτάμια και βρίσκονται πάνω σε μεγάλους οδικούς άξονες, που δεν άλλαξαν από την αρχαιότητα. Τα σωζόμενα γεφύρια αυτού του είδους είναι ελάχιστα, επειδή καταστράφηκαν, σε διάφορες χρονικές περιόδους, για να κατασκευαστούν σύγχρονα. Παραδείγματα τέτοιων γεφυριών που είναι το γεφύρι του Πασά στη Δυτική Μακεδονία και της Αγγίστας στην Ανατολική.

2. Τα μικρά γεφύρια που βρίσκονται μέσα σε οικισμούς, ή γύρω από αυτούς, γεφυρώνουν συνήθως χειμάρρους και χρησιμεύουν, ακόμα και σήμερα στην τοπική επικοινωνία. Πολλά από τα γεφύρια αυτά έχουν υποστεί επισκευές οι οποίες αλλοίωσαν την παραδοσιακή φυσιογνωμία τους.

3. Τα γεφύρια που βρίσκονται σε ορεινές διαβάσεις οι οποίες δεν χρησιμοποιούνται σήμερα, αλλά στο παρελθόν αποτελούσαν τμήματα βασικών ορεινών οδών επικοινωνίας. Τέτοια γεφύρια είναι το γεφύρι της Κορομιλιάς ή το γεφύρι του Αζίζ Αγά στη Δυτική Μακεδονία. Το μοναδικό, ίσως, δείγμα γεφυριού αυτής της κατηγορίας στην Κεντρική και Ανατολική Μακεδονία, είναι το γεφύρι της Μόρνας στην Πιερία.

Εάν εξαιρέσει κανείς τα μικρά γεφύρια που βρίσκονται μέσα σε οικισμούς, τα υπόλοιπα και πιο μεγάλα έχουν προ πολλού χάσει κάθε χρησιμότητα. Αρκετά από αυτά είναι χαμένα σε δυσπρόσιτες ρεματιές και μοιάζουν ξεχασμένα κι αφημένα στο έλεος του Θεού και στη φθορά του χρόνου. Ορισμένα συνδέονται με θρύλους που ανάγονται στην αρχαιότητα, όπως το γεφύρι Μεγαλέξαντρου Αλμωπίας ή το κατεστραμμένο σήμερα γεφύρι Ελευθεροχωρίου Γρεβενών (του οποίου ο θρύλος αναφέρεται στον Μ. Αλέξανδρο), ακόμα και το γεφύρι του Κάστρου Εορδαίας που ονομάζεται και γεφύρι «του Αλεξάνδρου μας».

Παρόμοιες ονομασίες είχε επίσης ο Γερ. Καψάλης («Λαογραφικά εκ Μακεδονίας», Λαογραφία τ. ΣΤ'), ήδη από το 1918, όταν έγραφε: «Εν Μακεδονία ου μόνον πάσα σχεδόν δημώδης παράδοσις, αλλά και παν κτήριον αρχαίον είναι συνδεδεμένον με το όνομα του Μ. Αλεξάνδρου, σπανιώτερον δε με το του Φιλίππου και το του γενάρχου της Μακεδονικής Δυναστείας Ηρακλέους». Οπωσδήποτε όλα τα σωζόμενα πέτρινα γεφύρια αποτελούν ιστορικά μνημεία και χαρακτηρίζουν με την τεχνοτροπία τους τις ανάλογες εποχές στην ιστορία της αρχιτεκτονικής, γι αυτό και τους αρμόζει ο τίτλος «ιστορικά γεφύρια, παρόμοια μ' αυτή των γειτονικών περιοχών (Ηπείρου, Θεσσαλίας, Θράκης). Οι παρατηρούμενες διαφορές, κυρίως οφείλονται στις διαφορετικές χρονικές περιόδους κατά τις οποίες κατασκευάστηκαν τα γεφύρια. Μπορούμε να πούμε ότι οι γενικές αρχές κατασκευής είναι η σταθερή θεμελίωση, η ελαφρότητα της κατασκευής και η προφύλαξη από τη διάβρωση, σε συνδυασμό με την προσπάθεια αποφυγής των επιπτώσεων από τις σπάνιες, αλλά καταστροφικές θεομηνίες, τις πλημμύρες δηλαδή των ποταμών και χειμάρρων, που πολλές φορές επέφεραν ζημιές, ή και καταρρεύσεις γεφυριών. Και, όπως υπογραμμίζει ο Γ. Χατζηστεργίου («Τεχνική και Αισθητική των Ηπειρώτικων Γεφυριών» στο βιβλίο του Σ. Μαντά Το γεφύρι και ο Ηπειρώτης, σ. 178): «οι πέτρινες γέφυρες είναι αξεπέραστες στο ζήτημα της ανθεκτικότητας της κατασκευής στο χρόνο».

#### **1.4. ΚΡΗΤΗ**

Η τεχνική παράδοση της Κρήτης είναι πανάρχαια, όπως μαρτυρούν τα ευρήματα του Μινωικού Πολιτισμού. Ξεκίνησε με τις ανταλλαγές και αλληλεπιδράσεις της Κρήτης με την Αίγυπτο και τους Φοίνικες. Η μορφή που ενσαρκώνει την τεχνική παράδοση στα πανάρχαια αυτά χρόνια είναι ασφαλώς ο Δαίδαλος ο οποίος, κατά την παράδοση, επισκέφθηκε την Αίγυπτο για

να γνωρίσει από κοντά την τέχνη τους και ο οποίος με τον Διόδωρο, θεωρείται ο αρχιτέκτονας των προπυλαίων του Ηφαιστείου στη Μέμφιδα.

Ξακουστοί επίσης στην αρχαιότητα στάθηκαν οι Κνώσιοι αρχιτέκτονες Χερσίφρονας και Μεταγένης (πατέρας και γιος) που λέγεται ότι διαδέχθηκαν τους Σάμιους Ροίκο και Θεόδωρο στην κατασκευή του ναού Εφέσιας Αρτέμιδος.

Μετά τη Ρωμαϊκή κατασκευή έχουμε την ακμή νέων πόλεων και νέες κατασκευές βασισμένες στην εξαιρετη τεχνική γνώση και οργάνωση των Ρωμαίων (Γόρτυνα, Άπτερα κ.λ.π.). Αρκετά δείγματα θολοδομίας από την εποχή εκείνη έχουν διασωθεί ως σήμερα.

Το πέρασμα της Κρήτης στη βυζαντινή κυριαρχία έχει αφήσει και στον τομέα των κατασκευών σημαντικά δείγματα, κυρίως ναούς, που μαρτυρούν την επίδραση της βυζαντινής κατασκευαστικής τέχνης και τεχνικής στο νησί. Η περίοδος της Αραβοκρατίας συνήθως παρουσιάζεται σαν περίοδος καταστροφής. Πιστεύουμε ότι δεν μπορεί να ήταν μόνο έτσι, αν κρίνουμε από τον υψηλό πολιτισμό που είχαν αναπτύξει οι Άραβες της Ισπανίας την εποχή εκείνη. Όμως δεν έχουμε στοιχεία για την επίδραση των Αράβων πάνω στις ντόπιες κατασκευαστικές παραδόσεις.

Κατά τη διάρκεια του δυτικού Μεσαίωνα, όταν η καλλιέργεια και η μετάδοση της γνώσης περιορίστηκε στα μοναστήρια, αποδόθηκε μεγάλη σημασία στην κατασκευή των γεφυρών. Χαρακτηριστικό είναι ότι το 1171 ιδρύθηκε στην Τοσκάνη θρησκευτικό φιλανθρωπικό τάγμα με τον τίτλο «Αδελφοί Γεφυροποιοί» (Fraires Pontifices) με σκοπό την κατασκευή και συντήρηση γεφυρών. Σιγά σιγά παρόμοια τάγματα δημιουργήθηκαν στη Γαλλία και την Αγγλία. Οι Αδελφοί Γεφυροποιοί κατασκεύασαν πολλά γοητευτικά και χρήσιμα έργα, αλλά και μερικά μεγάλα και μεγαλοπρεπή (όπως οι γέφυρες της Avignon και του Λονδίνου), και η αναγνώριση του έργου τους καθιέρωσε τον τίτλο του γεφυροποιού (Ποντίφιξ) για τον προκαθήμενο της Ρωμαιοκαθολικής Εκκλησίας. Φαίνεται ότι οι μεσαιωνικοί Αδελφοί Γεφυροποιοί αποτελούν αναβίωση αντίστοιχης μορφής οργάνωσης των ρωμαϊκών χρόνων, όπου οι κατασκευαστές γεφυρών ήταν οργανωμένοι



σε «θρησκευτικό τάγμα» που ονομαζόταν Collegium Pontifices και του οποίου ο επικεφαλής ονομαζόταν Pontifex Maximus, δηλαδή Μέγας Γεφυροποιός.

#### **1.4.1. ΡΕΘΥΜΝΟ**

Τα λίθινα γεφύρια του νομού Ρεθύμνης παρουσιάζουν μεγάλη χρονολογική ποικιλία που μας επιτρέπει να έχουμε μπροστά μας μια ολοκληρωμένη εικόνα εξέλιξης. Έτσι τα λίθινα γεφύρια της Κρήτης σαν τεχνικές κατασκευές ενσωματώνουν την τεχνογνωσία των δημιουργών τους και είναι μάρτυρες μιας ολόκληρης τεχνικής παράδοσης βασισμένης στη θολοδομία. Αποτελούν κατ' εξοχήν έκφραση και κορυφαία δείγματα της παράδοσης αυτής.

Από τα Ρωμαϊκά χρόνια έχουμε το γεφύρι της Ελεύθερας που έχει δομηθεί με το εκφορικό σύστημα που μαζί με την «Ελληνική Καμάρα», στα σύνορα των Νομών Ρεθύμνου και Χανίων, αποτελούν σπάνια δείγματα Ρωμαϊκών γεφυρών στην Ελλάδα.

Από τη Βενετοκρατία έχουμε την κομψή γέφυρα του San Marco στον ποταμό Πλατανιά λίγο έξω από το Ρέθυμνο, που έχει καταγραφεί και φωτογραφηθεί από τον Gerola στις αρχές του 20ού αιώνα. Βενετσιάνικη ήταν πιθανότατα και η κατεστραμμένη σήμερα γέφυρα του Ατσιποπούλου, που τόσο εντυπωσίασε τους περιηγητές των περασμένων αιώνων με το περίεργο σχήμα της.

Από την Τουρκοκρατία και την Αιγυπτιακή Κατοχή έχουμε πολλά δείγματα γεφυρών που κατασκευάστηκαν είτε με μοναστηριακή πρωτοβουλία, όπως τα γεφύρια του Πρέβελη, είτε με λαϊκή, όπως η «Καμάρα του Μανουρά».

Υπάρχουν αρκετά δείγματα από τα τέλη του 19ου αιώνα που σχετίζονται με τα πρώτα Δημόσια Έργα στο νησί μας, την ψήφιση το 1881 από την Γενική Συνέλευση των Κρητών του πρώτου Νόμου περί οδοποιίας και την πρόσκληση των πρώτων ξένων μηχανικών.

Υπάρχουν, τέλος, τα έργα της Υπηρεσίας Δημοσίων Έργων της Κρήτης που από τη δημιουργία της, το 1901, από την Κρητική Πολιτεία και με προεξέχουσα τη μορφή του μηχανικού Μιχάλη Σαββάκη, έδωσε λαμπρά έργα που χρησιμοποιούνται ακόμα, όπως τη γέφυρα των Ποταμών Αμαρίου ( Καμάρα του Σίμα ) και τη γέφυρα του Γαράζου πάνω στην παλαιά Εθνική Οδό Ρεθύμνου \_ Ηρακλείου.

Το σημαντικό είναι ότι από τη δεκαετία του 1880 οι περισσότερες λίθινες γέφυρες του νησιού κατασκευάζονται βάσει μελέτης και σχεδίων μηχανικού. Οι μελέτες αναφέρουν με λεπτομέρεια τα υλικά και τον τρόπο κατασκευής των θεμελίων, των βάθρων και των τόξων, τις διαστάσεις, τη σύνθεση των κονιαμάτων, ακόμα και τον τρόπο κατασκευής των ξυλοτύπων.

Τα θεμέλια κατασκευάζονται με χαλίκι και κονίαμα από τη θηραϊκή γη, ασβέστη και άμμο, τα μη ορατά μέρη των βάθρων , τα στηθαία και τα πτερύγια με αργολιθοδομή και αμμοκονία, ενώ για τους θόλους απαιτείται λαξευτή λιθοδομή και κονίαμα από γαλλική γη (τσιμέντο) ή κεραμοκονία. Από το 1900 περίπου αρχίζει να χρησιμοποιείται για τις γέφυρες ο σίδηρος και κατασκευάζονται στο νησί οι πρώτες γέφυρες με λίθινα βάθρα, σιδηροδοκούς και ξύλινο κατάστρωμα (π.χ. η γέφυρα Ταυρωνίτη στα Χανιά ). Για την κατασκευή των γεφυρών αυτών ενδιαφέρον δείχνουν, κατ' αρχήν ξένες εταιρείες , αφού στην Κρήτη δεν υπάρχει ακόμα αυτή την εποχή η απαραίτητη τεχνογνωσία.

Ωστόσο συνεχίζεται για πολλά ακόμη χρόνια η κατασκευή λίθινων γεφυριών, και είναι από την εποχή των αρχών του αιώνα που διατηρούνται μερικά από τα πιο αξιόλογα δείγματα στον νομό (γέφυρα Σίμα Γαράζου κ.ά.).

#### **1.4.2. ΕΝΕΤΟΚΡΑΤΙΑ (1252-1645)**

Αυτή την εποχή η Κρήτη καταλαμβάνεται από τους Ενετούς και ξεκινά μια περίοδος τεσσάρων αιώνων που ολοκληρώνεται με την περίοδο που αναφέρεται ως «Κρητική Αναγέννηση» και που έχει ως κύριο χαρακτηριστικό την ανάμιξη της κρητικής με τη βενετική παράδοση στις τέχνες και τα γράμματα. Η παρουσία των Βενετών στη Κρήτη ασφαλώς έβαλε τη σφραγίδα της και στον τομέα των κατασκευών και είναι αρκετά δύσκολη η διακρίβωση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ της τεχνικής γνώσης των κυρίαρχων Βενετών και του ντόπιου παραδοσιακού τεχνικού δυναμικού.

Αυτή την εποχή η επιστήμη των κατασκευών είναι ακόμα εν πολλοίς εμπειρική, στη Βενετία, ωστόσο, έχουν αρχίσει τα πρώτα βήματα για συστηματοποίηση των γνώσεων στον τομέα αυτό, με τη δημοσίευση των πρώτων αναγεννησιακών πραγματειών σε θέματα αρχιτεκτονικής και κατασκευών και την προσπάθεια εισαγωγής των μαθηματικών και σ' αυτό το πεδίο γνώσεων. Μετά την ανακάλυψη των Δέκα Βιβλίων για την Αρχιτεκτονική του Ρωμαίου Βιτρούβιου, το 1414 από τον Poggio Brecciolini, και την πρώτη έκδοσή τους το 1486, έχουμε την πραγματεία του Alberti, Περί Αρχιτεκτονικής το 1485, του Giorgio Martini το 1480, του Serlio το 1545 και τέλος του μεγάλου Βενετσιάννου Palladio τα Τέσσερα Βιβλία Αρχιτεκτονικής το 1570.

Είναι αναμφίβολο ότι οι Βενετσιάνοι αρχιτέκτονες και μηχανικοί που ερχόντουσαν στη Κρήτη, για την επιθεώρηση και κατασκευή των οχυρώσεων, κατά κύριο λόγο, θα πρέπει να ήταν φορείς της τεχνικής αυτής γνώσης της εποχής τους. Ανάμεσα στους επώνυμους αρχιτέκτονες και στρατιωτικούς μηχανικούς ο Michele Sanmicheli, ο Francesco Basilicata, ο Gabriele Tadini, ο Gerolamo Martinengo και ο Giulio Savorgnano. Ο πρώτος μάζ άφησε πλούσιο έργο με σαφή πρότυπα τόσο από την πραγματεία του Palladio όσο και του Serlio. Ο δεύτερος μια αναφορά για την κατάσταση των οχυρώσεων του νησιού μαζί με μια σειρά από χάρτες.

Πολλά γεφύρια έχουν καταγραφή στη Κρήτη, κυριότερα όμως είναι τα γεφύρια του Ρεθύμνου. Από τα Ρωμαϊκά χρόνια έχουμε το γεφύρι της Ελεύθερνας πού έχει δομηθεί με το εκφορικό σύστημα πού μαζί με την «Ελληνική Καμάρα», στα σύνορα των Νομών Ρεθύμνου και Χανιών, αποτελούν σπάνια δείγματα Ρωμαϊκών γεφυρών στην Ελλάδα.

Από τη Βενετοκρατία έχουμε την κομψή γέφυρα του San Marco στον ποταμό Πλατάνια λίγο έξω από το Ρέθυμνο, πού έχει καταγραφεί και φωτογραφηθεί από τον Gerola στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Βενετσιάνικη ήταν πιθανότατα και η κατεστραμμένη σήμερα γέφυρα του Ατσιποπούλου, πού τόσο εντυπωσίασε τους περιηγητές των περασμένων αιώνων με το περίεργο σχήμα της.

Από την Τουρκοκρατία και την Αιγυπτιακή Κατοχή έχουμε πολλά δείγματα γεφυρών που κατασκευάστηκαν είτε με μοναστηριακή πρωτοβουλία, όπως τα γεφύρια του Πρέβελη, είτε με λαϊκή, όπως η «Καμάρα του Μανουρά».

Υπάρχουν αρκετά δείγματα από τα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα πού σχετίζονται με τα πρώτα Δημόσια Έργα στο νησί, την ψήφιση το 1881 από την Γενική Συνέλευση των Κρητών του πρώτου Νόμου περί Οδοποιίας και την πρόσκληση των πρώτων ξένων μηχανικών.

Υπάρχουν, τέλος, τα έργα της Υπηρεσίας Δημοσίων Έργων της Κρήτης πού από τη δημιουργία της, το 1901, από την Κρητική Πολιτεία και με

προεξέχουσα τη μορφή του μηχανικού Μιχάλη Σαββάκη, έδωσε λαμπρά έργα που χρησιμοποιούνται ακόμα, όπως τη γέφυρα των Ποταμών Αμαρίου (Καμάρα του Σίμα) και τη γέφυρα του Γαράζου πάνω στην παλαιά Εθνική Οδό Ρεθύμνου – Ηρακλείου.

## 1.5. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ

Η Πελοπόννησος δεν παρουσιάζει τον πλούτο γεφυριών άλλων περιοχών, αφού δεν διαθέτει ευρεία ενδοχώρα ούτε μεγάλα ποτάμια. Εξάλλου καθώς περι-βρέχεται από το υγρό στοιχείο, κύριο ρόλο έπαιζαν άλλοτε οι θαλάσσιες μεταφορές και το οδικό δίκτυο με τις γέφυρες του δεν αναπτυσσόταν. Όχι, όμως, ότι ήταν ανύπαρκτα τα γεφύρια, όπως γράφτηκε, και για τα οποία δεν υπάρχει συστηματική καταγραφή. Ένα είδος απογραφής μπορεί να στηριχτεί στο οδοιπορικό του Τζελ (Sir William Gell, 1777-1836). Άγγλου περιηγητή στην Πελοπόννησο από το 1805. Στην Αχαΐα επί 48 ρευμάτων βρήκε 11 γέφυρες (στα Καλάβρυτα μια 6τοξη), στην Ηλεία επί 39 είδε 8 (μεταξύ τους μια 5τοξη πριν από την Κυπαρισσία), στη Μεσσηνία επί 81 σημειώνει 17 (ανάμεσα τους και αυτή της «Μαυροζούμενας»), στη Λακωνία στα 47 μόλις 6, στη πολύυδρη Αρκαδία επί 115 τις περισσότερες, ήτοι 22, και στην Αργολίδα και Κορινθία σε 101 ρεύματα συνάντησε 12. Συνολικά στο Μοριά τότε από τα 431 περίπου ρεύματα γεφυρώνονταν 76.



Εικ. 1.3: Γεφύρι Καρύταινας (βρίσκεται στο νομό Αρκαδίας και κτίστηκε το 1441)

### 1.5.1. ΑΡΧΑΙΕΣ ΓΕΦΥΡΕΣ

Η Αργολίδα έχει το προνόμιο να διαθέτει τα περισσότερα από τα προϊστορικά γεφύρια της Πελοποννήσου (μαζί δε με την Κρήτη τα πιο πολλά στην Ελλάδα): πρόκειται δηλαδή για μυκηναϊκά γεφύρια κατασκευασμένα με το «εκφορικό σύστημα». Τη λαμπρή εκείνη εποχή διαδέχονται σκοτεινοί αιώνες.

Για την κλασική και ελληνιστική περίοδο διαθέτουμε περισσότερα στοιχεία και λίγα αλλά πολύτιμα λείψανα γεφυριών διασώθηκαν. Αναφέρουμε τις τρεις γέφυρες επί του Οφεως της Μαντινείας, που καταγράφηκαν στα 1805, κατάλοιπα που διασώζονται στη Ηλίδα, και την αδημοσίευτη (3τοξη) γέφυρα του Αρκαδικού Ορχομενού στον κάμπο του Λεβιδιού. Στη Μεσσηνία, στο δρόμο από Μελιγαλά προς το Νιχώρι Ιθώμης, βρίσκεται το πιο ιδιόμορφο αρχαίο γεφύρι της Ελλάδας, που έστω με συμπληρώματα χρησιμοποιείτε ακόμα.

Πρόκειται για ένα τριγέφυρο σε κανονικά σχήμα Υ, τόσο ασυνήθιστο που οι Άγγλοι το συγκρίνουν με το ομόλογο στην Crowland του Lincolnshire. Το γεφύρι, γνωστό παλαιά ως «δυοφίρι της Μαυροζούμενας», κτίστηκε τοξωτό και θεωρείτε το αρχαιότερο δείγμα γέφυρας τέτοιας δομής στην Ελλάδα, χρονολογούμενο από τον προχωρημένο 4<sup>ο</sup> έως τον 2<sup>ο</sup> π.Χ. αι. Εξυπηρετούσε κύριο οδικό άξονα της Μεσσήνης που άρχισε να κτίζεται μετά το 371 π.Χ.

Τότε ιδρύθηκε και η αρκαδική πρωτεύουσα Μεγάλη Πόλις (= η Μεγαλόπολη), ο πολιτισμός της έγινε προγραμματικά ώστε να τη διχάζει ο Ελισσών, τα δε εκατέρωθεν τμήματα της συνδέθηκαν με λίθινες γέφυρες. Αναφέρονται ακόμα λείψανα γέφυρας στο πλησίον ποταμάκι Βάθυλλος, και κατάλοιπα άλλης στην πομπική οδό Μεγάλης Πόλεως – Λυκοσούρας, επί του Αλφειού στην θέση «Κομμένο Γεφύρι». Για να μην επανερχόμαστε, κάνουμε μνεία και μεταγενέστερης επιγραφικής μαρτυρίας για οικοδόμηση γέφυρας επί του Ελισσόντος, προσφορά του Ιταλού Ταυρίσκου στα χρόνια του Αυγούστου (61 π.Χ. – 14 μ.Χ.).

Υπάρχουν επιγραφικά και οικοδομικά τεκμήρια για μεταγενέστερες γέφυρες ρωμαϊκών και μεσαιωνικών χρόνων στον Ευρώτα. Επιγραφή κάνει μνεία γέφυρας του μοναχού Νικόδημου το 1027. Βυζαντινές πρέπει να είναι άλλες δύο, η γέφυρα της Μαγούλας και η γέφυρα της Νίκοβας. Τη σειρά του Ευρώτα κλείνει το «Γεφύρι του Κόπανου» που είναι νεότερο. Είχε ένα μεγάλο κεντρικό τόξο και δύο αρκετά μεγάλα πλευρικά, τα οποία όμως δεν ανοίγονταν έως κάτω στο φυσικό έδαφος, λειτουργώντας ως ανακουφιστικά τόξα. Στις παλαιές απεικονίσεις (π.χ. του H. Belle ή του O.M. von Stackelberg) εμφανίζεται σαν τρίτοξη, καθώς τα ακραία τόξα της καλύπτονται χαμηλά από πράσινο. Οι «ποδιές» αυτές των δύο ακραίων τόξων της την κάνουν να μοιάζει με την τρίτοξη γέφυρα του βενετικού μάλλον υδραγωγείου των «Κήπων» έξω από την Τριπολιτσά, ενώ σε μερικούς θυμίζει την Ponte della Maddelena στα λουτρά Lucca στην Ιταλία.

Επανερχόμαστε στα ρωμαϊκά γεφύρια: 15 χλμ. Νότια της Σπάρτης, στο Ξηροκάμπι, σώζεται καλά μονότοξη ρωμαϊκή γέφυρα (1<sup>ου</sup> π.Χ. 1<sup>ου</sup> μ.Χ. αι.). Βορειότερα στην Αρκαδία στον Ελισσόντα ποταμό, στη θέση «Καρτερόλια» του κάμπου της Ντάβιας, κοντά σε άλλα δύο γεφύρια, όταν «στύβει» (στραγγίζει) από νερό, αποκαλύπτονται λείψανα τρίτου γεφυριού, πιθανώς ρωμαϊκού. Στην Αχαΐα, στην πόλη των Πατρών διασώθηκαν δύο έργα ρωμαϊκής γεφυροποιίας ένα μονότοξο και ένα δίτοξο.

### 1.5.2. BYZANTINES

Στο εξής οι πληροφορίες σπανίζουν, σπανίζουν και τα έργα. Ιδιόμορφη κατασκευή, μια «θαλασσογέφυρα», πρέπει να χτίστηκε με την ίδρυση της Μονεμβασίας το 582/3 (ή 587/8) μ.Χ. Φωτογραφία του 1895 εμφανίζει σειρά τόξων, ίσως βυζαντινών. Στα βυζαντινά χρόνια η χρήση και συντήρηση προϋπάρχονταν γεφυριών είναι γνωστή. Παραδείγματα: το γεφύρι στο Ξηροκάμπι Λακωνίας και η γέφυρα της Μαυροζούμενας στη Μεσσηνία.

Ερχόμαστε στην υστεροβυζαντινή εποχή για να συναντήσουμε μέγα αξιόλογο έργο: είναι η γέφυρα της Καρύταινας επί του Αλφειού, μήκους 50 μ., ύψους πλέον των 12 μ., αρχικά με πέντε άνισα τόξα (το μεγαλύτερο 8,75 μ.). Σε δύο μεσόβαθρα διανοίγεται από ένα ανόμοιο ανακουφιστικό άνοιγμα. Σημειώνεται εδώ μια πρώτης τάξεως υδρο-δυναμική εφαρμογή της (υστερο-) βυζαντινής γεφυροποιίας: Η γέφυρα σε κάτοψη δεν είναι ευθύγραμμη, αλλά κατασκευάστηκε με ελαφρά κύρτωση προς τα ανάντη, προς το ρεύμα του ποταμού, ώστε να αντιμετωπίζει αποτελεσματικότερα την ορμή του. Στην προς τα κατάντη (δυτική) πλευρά ενός μεσόβαθρου βρίσκεται προσκτισμένο θολωτό εκκλησάκι. Αφιερωμένο τώρα εις το Γενέσιον της Θεοτόκου, εορτάζονταν πριν από 300 χρόνια (μνεία της 9 Ιανουαρίου 1699) «των Αγίων Θεοφανίων». Ελληνική επιγραφή ονομάζει τον Ραούλ Μανουήλ Μελίκην ως «Νέον δομήτορα [της] γέφυρας» στα 1439 - 1440.



Αναγνωρίζεται προηγούμενη δομική φάση του 13<sup>ου</sup> αι. (τα βάθρα), εποχή Φραγκοκρατίας, καθώς και μεταγενέστερη του 19<sup>ου</sup> αι. (το οριζοντιωμένο κατάστρωμα και η σειρά των ορθογώνιων θυρίδων).

### 1.5.3. ΝΕΟΤΕΡΑ ΧΡΟΝΙΑ

Ο Αλφειός, το μεγαλύτερο ρεϊθρο της χερσονήσου, διέθετε και διαθέτει τα λιγότερα γεφύρια. Έπρεπε να περάσουν 440 χρόνια για να προστεθεί ένα γεφύρι ακόμα, αυτό του Βλαχόρραφτη, όπως θα δούμε. Για χρόνια δεν κτίστηκε νέο. Ακόμα ούτε και στις εκβολές του στη ζωτική δυτική ζώνη ώστε να ισχύσει εκεί για χιλιάδες έτη το αρχαίον (του Στράβωνος), «Αλφειού δε πόρον φησίν ότι πεζή περατός είναι δοκεί κατά τούτον τον τόπον». Γύρω στα 1890 κατασκευάστηκε η σιδηροδρομική γέφυρα των ΣΠΑΠ και μόλις μετά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο μια σειρά από 3-4 άλλες.

Ονομαστό «της Κυράς το Γεφύρι», βρίσκεται πάνω στο Λάδωνα (στη ντοπιολαλιά «Ρουφιάς»), πέρασμα στην «Πέρα Μεριά», από τη Γλανιτζιά (τώρα Μυγδαλιά) προς την Ποδογορά (σήμερα Πουρναριά) και στη Στρέζοβα (Δάφνη). Πρόκειται για πεντάτοξο γεφύρι μήκους περ. 55 μ. και πλάτους 3,10 μ. (καθαρού 2,10 ανάμεσα στα στηθαία, όσο να περνάει σήμερα και αυτοκίνητο μεσαίου μεγέθους). Φαίνεται ότι αρχικά στη Φραγκοκρατία κτίστηκε η γέφυρα με δύο μόνο τόξα και προστέθηκαν άλλα δύο στην Τουρκοκρατία. «Της Κυράς το Γεφύρι» λένε το χτίσανε Τσάκωνες μαστόροι. Εκεί στο 1890 τετράτοξο το πέρασε ο Πατρινός γιατρός Χρ. Κορύλλος (1843 – 1930). Μεταγενέστερα, ίσως το 1908, συμπληρώθηκε με το πέμπτο τόξο από Λαγκαδι(α)νούς τεχνίτες. Όταν τώρα το νερό της τεχνητής λίμνης του Λάδωνα ανεβαίνει, σκεπάζει τη γέφυρα της Κυράς. Ο μύθος της όμως μένει ακοίμητος στους αιώνες. Ποια ήταν η «Κυρά»; Ο λαός τη θέλει ίδια με τη «Μονοβύζα της Ακοβας».

Θα μπορούσε άραγε να είναι μία από τις τρεις Κυράδες της ομώνυμης βαρωνείας (τις δύο Μαργαρίτες ή την Ισαβέλλα) ή πιθανότερο πρόκειται για μεταγενέστερη Γαλλίδα ηγεμονίδα;

Πιο πάνω από της «Κυράς το γεφύρι» υπάρχουν 2-3 γεφύρια στο Λάδωνα σώα ή ερειπωμένα ή παρατημένα από το ποτάμι, με χαρακτηριστικά ονόματα, όπως «γέφυρα Τσορωτά-Μπέη», «Κομμένο γιοφύρι», «Ξερογέφυρο». Πιο κάτω δε από το «γεφύρι της Κυράς», αμέσως μετά το φράγμα της τεχνητής λίμνης του Λάδωνα, περνάμε το γεφύρι του δρόμου Τροπαίων-Βάχλιας στη θέση παλαιού γεφυριού στο «Φραγκαπήδημα», άραγε φράγκικου; Ένα γεφύρι χαμηλότερο πάντοτε στο Λάδωνα , που συχνά αναφέρουν περιηγητές είναι η «γέφυρα [κοντά] στο [χωριό] Σπαθάρι»: μονότοξη με χαρακτηριστικά ισλαμίζον τόξο, τώρα ερειπωμένη. Υπάρχουν και άλλα.

Στο Λούσιο/Γορτύνιο καταμετρούν 11 παλιά και νέα γεφύρια. Δύο απ' αυτά, από παλαιότερα γνωστά και σχεδιασμένα, συναντάμε στον κάτω του Λουσίου, που ονομάζεται Γορτύνιος (ή στην ντοπιολαλιά «Ατσιχωλίτικο ποτάμι»). Το πρώτο, το μονότοξο ισλαμίζον «γεφύρι του Κόκκορη» βρίσκεται ακριβώς στην αρχαία Γόρτυνα δίπλα στον Αγι-Αντρέα (στη θέση άλλου γκρεμισμένου). Εκεί το τρουλωτό εκκλησάκι, το δυναμικό τόξο της γέφυρας, το ορμητικό ποτάμι, το ήρεμο και άφθονο πράσινο, και πάνω ψηλά τα άγρια πετροπελέκητα βουνά δημιουργούν μια θαυμαστή εικόνα κλασικής αρκαδικής ομορφιάς. Το δεύτερο γεφύρι υψώνεται παρακάτω, πλησιέστερα στα μοναστηράκια Παλαιά και Νέο Καλάμι, στη διαδρομή (της αρχαίας μάλλον και μεσαιωνικής οδού), καθώς και του τωρινού δρόμου από Καρύταινα στα χωριά Ατσίχωλο, Βλαχόρραφτη κ.ά. και προς την Ηραία. Στην ίδια εποχή (στο Παλιό και Νέο Καλάμι) ακούμε και για άλλο «ξερογέφυρο». Ένα ακόμα εγκαταλειμμένο είναι ανάμεσα στα χωριά Βούτσι και Ράχες της Γορτυνίας.

Τα περισσότερα γεφύρια που σώζονται ανήκουν στην περίοδο της Τουρκοκρατίας και της Παλιγγενεσίας. Τα γεφύρια της Τουρκοκρατίας αναγνωρίζονται κατ' αρχήν από το οξυκόρυφο τόξο τους. Αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι και γεφύρια με ημικυκλικό τόξο δεν κτίστηκαν τότε. Παράδειγμα το γεφύρι Κόπανου του 1730. Εξάλλου με ημικυκλική καμάρα γεφύρια μπορεί να ανήκουν στη Βενετοκρατία: όπως το τρίτοξο γεφύρι του υδραγωγείου των «Κήπων» έξω από την Τριπολιτσά. Γέφυρα μονότοξη με ισλαμίζον τόξο, γνωστή στους περιηγητές, σώζεται κοντά στον Ντάρα Μαντινείας επί του Τράγου, παραπόταμου του Λάδωνα. Επίσης στον Ελισσόντα («ποτάμι της Νταβιάς») στη θέση «Καρτερόλι(α)», που αναφέραμε, υπάρχουν δύο γεφύρια, «το παλιό», όπως λένε και «το καινούργιο». Το παλαιό παρουσιάζει ισλαμίζαν τόξο, τώρα δε είναι κι αυτό «ξερογέφυρο». Σειρά γεφυριών γνωρίζουμε και στον Ερύμανθο (κοινώς (η) «Ντο(υ)άνα»). Μακρύς είναι ο κατάλογος σωζόμενων γεφυριών, στενός όμως ο χώρος να αναφερθούν όλα. Σχολιάζουμε μερικές χαρακτηριστικές ονομασίες τους:

Πρωτοαναφέρουμε το «Αμαξογιόφυρο» (κοντά στον Αγιον Λέντη και το «Τεσσαρόστρατο») Διακοφτού, γνωστό από μνεία περί το 1572, ονομασία αποδεικτική της τότε ή πριν πρόσφατης χρήσης του από άμαξες. Το «Πετρογέφυρο» στο ποτάμι «Σουλτίνα» (ο αρχαίος Νους;) νότια της Θεισάας (Λάβδα), όνομα ενδεικτικό της εντύπωσης που έκανε κάποια εποχή ( 17<sup>ος</sup> /18<sup>ος</sup> αι.;) η ανέγερση νέων πέτρινων γεφυριών αντί ξύλινων προφανώς. Την ύπαρξη των τελευταίων βεβαιώνουν τοπωνύμια, όπως «Ξυλογέφυρο» ΒΑ της Αγίας Αναστασίας του Αστρους Κυνουρίας. «Θεογέφυρο» στον ποταμό Κράθι της Ακράτας Αιγιαλείας ή «Θεόχτιστο» κοντά στην Τοπόριστα (που τώρα έχει το όνομα του), χωριό της Γορτυνίας: πρόκειται για φυσικά γεφύρια («από το Θεό» φκιαγμένα ). Αλλά και «Διαβολογέφυρο» στο Δαμαλά (σημ. Τροιζήνα) Τροιζηνίας, γεφύρι φυσικό μετεωριζόμενο σε μέγα ύψος πάνω από το χείμαρρο «Χρυσορρόα» των αρχαίων, τώρα «Κρεμαστό». Επίσης «Διαβολογιόφυρο», η

στενή γέφυρα σε χαράδρα κοντά στη Δίβρη Ηλείας: γεφύρια αποδιδόμενα από τη λαϊκή πίστη στη συνεργασία του Σατανά.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>**

### **ΛΟΓΟΓΡΑΦΙΑ**

## 2.1. Οι Μαστόροι

Οι άνθρωποι που θα αναλάμβαναν ένα τέτοιο έργο, να δαμάσουν δηλαδή τη φύση υπερπηδώντας την ορμή της, δεν ήταν ανάγκη να αναζητηθούν μακριά. Η ίδια η περιοχή αποτελούσε φυτώριο σπουδαίων μαστόρων με δοκιμασμένες τις ικανότητές τους. Οργανωμένοι σε μικρές ομάδες, τα λεγόμενα μπουλούκια ή εσνάφια, οργάνωναν κυριολεκτικά ολόκληρη τη βαλκανική, χτίζοντας αρχοντικά, όμορφες βρύσες, δεξαμενές, διαμορφώνοντας εκκλησίες, σηκώνοντας σεράγια, τζαμιά, πανύψηλα εξαγωνικά καμπαναριά. Στις ανατολικές επαρχίες χαρακτηρίζονταν και «κιουπρουλήδες» (=γεφυράδες, από την τουρκική λέξη «κιουπρί»), ονομασία πάντως άγνωστη στην Ήπειρο και τη Δυτική Μακεδονία, με τα σπουδαία και πολλά γεφύρια. Η εκτίμηση που έκρυβε γι' αυτούς ο κατακτητής ήταν πάντα μεγάλη και ανάλογα βέβαια τα προνόμια που τους παραχωρούσε.

Επικεφαλής της ομάδας ήταν ο πρωτομάστορας , ο Κάφλας, που κατεύθυνε όλο το μπουλούκι. Το μπουλούκι αποτελούσαν κάθε λογής ειδικότητες, Νταμαρτζήδες , χτίστες, λασπιτζήδες, μαρμαρογλύπτες, ξυλογλύπτες , ζωγράφοι, πολλά μικρά παιδιά- τα λεγόμενά τσιράκια – και φυσικά αρκετά ζώα. Οι Κουδαραίοι, όπως αποκαλούσαν τους χτίστες, ονομασία όμως που προεκτεινόταν και στις άλλες ειδικότητες, ξεκινούσαν τον Απρίλη, ανήμερα του Αι Γεωργιού και γύριζαν το φθινόπωρο, γύρω στη γιορτή του Αι-Δημήτρη. Οι διαδρομές, όπως είπαμε, αρκετά μεγάλες, εξαρτιόνταν βασικά από την ικανότητα και τη φήμη του πρωτομάστορα. Εκεί, στα ξένα μέρη, «χτίσαν» λέξη-λέξη και τη δική τους μυστική γλώσσα, τα «Κουδαρίτκα» ή «Μαστόρκα» όπως την βάφτισαν, μέσο προφύλαξης της τέχνης τους αλλά και των συμφερόντων τους. Χωριά που έδωσαν σπουδαίους μαστόρους στην περιοχή της Κόνιτσας , ήταν η Πυρσόγιαννη, η Βούρμπιανη, η Στράτσιανη, η Μόλιστα, το παλιό Λεσκάτσι, οι Πληκάδες, το Τούρνοβο, το Ίσβορο, το Λούψικο και

άλλα. Χαμηλότερα, στην περιοχή των Τζουμέρκων, φημισμένα ήταν το Βασταβέτσι (Πετροβούνι), οι Χουλιαράδες, τ' Άγναντα, τα Πράμαντα, η Κουτσοβίτσα, οι Ραφταναίοι. Σπουδαία όμως μαστοροχώρια υπήρχαν και στην περιοχή που σήμερα ανήκει στην Αλβανία. Ξεχώριζαν το Λεσκοβίκι, η Χότστα, η Μπίγλιτσα και φυσικά το Αργυρόκαστρο. Αλλά και τα διπλανά μακεδονίτικα χωριά του Βόιου, της Καστοριάς, της Φλώρινας, είχαν το ίδιο σημαντική παράδοση, στην προσφορά κυρίως χτιστών.

Ενδεικτικό είναι και το παρακάτω ανέκδοτο...

«Δεσπότης ερώτησε υποψήφιο παπά προ της χειροτονίας για να δοκιμάσει τις θεολογικές του γνώσεις:

-Ποιος έχτισε τον κόσμο;

-Οι Πυρσογιαννίτες Δέσποτά μου, απάντησε εκείνος. Μα κουβάλησαν λάσπη και οι Βουρμπιανίτες...»

Στο σημείο αυτό αξίζει ν' αναφέρουμε και έναν μικρό αριθμό πρωτομαστόρων. Περίφημος είναι ο πρωτομάστορας Μανόλης, που, με τον πρωτομάστορα Δημήτριο, έκτισε το ομώνυμό του γεφύρι στα 1659 στον Αγραφιώτη. Πρέπει να περάσουμε στον 19ο αι. για να μάθουμε περισσότερα. Στα πρώτα χρόνια του αιώνα (ή στα τελευταία του προηγούμενου) ο αρχιτέκτονας του Αλή Πασά Τεπελένλη, ο κυρ Πέτρος («Έλλην μηχανικός» κατά τον Λικ, «Αρβανίτης» σύμφωνα με τον Πουκεβίλ) κτίζει το πολύτοξο γεφύρι επί του Αώου στο Τεπελένι. Γκρεμίστηκε σύντομα από το ατίθασο ποτάμι, όπως πάλι και πάλι, όταν το ξαναέχτιζαν, έως ότου στα 1809, ο γεφυροποιός Σελίμ Αγάς (ο εξισλαμισμένος Άγγλος μηχανικός Bailey) αποφάνθηκε ότι είναι αδύνατο να στερεωθεί εκεί γεφύρι (Η αλήθεια είναι ότι εκεί ακόμη και σήμερα υπάρχει σειρά βάρων απορφανισμένων από τα τόξα τους...). Στην Πυρσόγιαννη της Κόνιτσας ξακουστός ήταν ο πρωτομάστορας Ζιώγας (=Γεώργιος) Φρότζος. Έλεγαν γι' αυτόν: «Το είπε ο Ζιώγα-Φρόντζος, το είπε ο Θεός. Αυτός είναι που έκτισε στα 1870-1871 το ατράνταχτο γεφύρι της Κόνιτσας επί του Αώου. Στα 1881 αναφέρεται ο ομότεχνος του Μολιστινός

πρωτομάστορας Ευάγγελος. Τελευταία γνωρίσαμε τον Πυρσογιαννίτη γέφυρα Πασχάλη Ζούνη (1898-1988), γιο, εγγονό, δισέγγονο μαστόρων.



Εικ. 2.1: Μαστόροι από την Πυρσόγιαννη και το Ζουπάνι στην Καρδίτσα του 1934. «Ενθύμιον Καρδίτσας, 26<sup>η</sup> Οκτωβρίου, ημέρα Παρασκευή, το έτος 1934. Γκασιόπουλος Γεώργιος του Λεωνίδα. Συντεχνία Εμπειροτεχνών».

Στα μέσα του 19ου αιώνα πρωτομάστοροι γεφυροποιοί ακούγονται και στα μαστοροχώρια (προς τα Τζουμέρκα), Πράμαντα, Ραφταναίοι, Σκλούντου κ. α. Γνωστότερος είναι ο Πραμαντιώτης Κώστας Μπέκας, που έκτισε από τον Ιούλιο έως τον Σεπτέμβριο του 1866 το γεφύρι της Πλάκας στον Άραχθο. Το έκτισε αυτός, αφού μόλις λίγο πριν είχε αποτύχει ένας «Μαστρογιώργης Κονιτζιώτης».



Τα γεφύρια αποτέλεσαν μια ξεχωριστή περίπτωση για τους παραπάνω μαστόρους. Η ίδια η φύση της κατασκευής τους ήταν δεμένη με πολλές δυσκολίες και προβλήματα. Εμπόδια, που μαζί με το φόβο της επέμβασης στη φύση που διακατείχε το λαό, γέννησαν ένα μεγάλο, όπως θα δούμε παρακάτω, αριθμό θρύλων.

### **2.1.1. ΧΤΙΖΟΝΤΑΣ ΤΟΞΑ...**

Θυμούνται έξι γεφυράδες και ένας χαντζής...

*Κιοπρού λέγανε το γιοφύρι παλιά, επί Τουρκίας. Ήτουνε δύσκολα πολύ να φκιάσεις γιοφύρι. Πιο δύσκολα από' να σπίτι. Πιο δύσκολα. Το 'μαθα στον πατέρα μου...*

*Αν πέφταν τα γιοφύρια; Άμα δεν τα 'φκιανες καλά! Άλλα βρίζανε ύστερα. Γιατί να πέσει το γιοφύρι; Λόγω θεομηνίας, έβρεξε πολύ, ξέρω 'γω, πάγωνε, έπεφτε... Εγώ έφτιαξα στου Κουβαρά, κάτω στο ρέμα, στο Δολό. Ναι! Ρίξαμε και αυγά! Το χωριό 'κανε κουμάντο. Έφερε στη στέρνα. Όταν τελειώσαμε, κάναμε γιορτή. Όλο το χωριό. Γλέντι με φαγητά κι αυτά...*

### **Πασχάλης Ζούνης (1898-1988). Πυρσογιαννίτης πρωτομάστορας**

*Στο μπουλούκι εγώ πήγα μαραγκός. Έφτιαχνα τα καλούπια. Τα ξύλα ήταν από πεύκο. Το σχέδιο το φτιάχναμαν κάτω, στο έδαφος. Έπο κάτω τα σηκώναμαν ψηλά, πάνω απ' τα θεμέλια. Όλα μαζί. Όλοι μαζί. Και τα τοποθετούσαμε όλα το ένα δίπλα στο άλλο. Κάναμαν κύκλο. Όλο ξύλινο το γεφύρι πρώτα. Φτιάχναμαν υποστηλώματα, αντηρίδες. Το στηρίζαμαν. Κι ύστερα, ξανά οι πελεκάνοι... Δεν βαριέσαι. Χρόνια σκληρά, δουλειά πολύ, λεφτά λίγα! Δεν κάναμαν τίποτα. Ο κόπος διάφορος και τα παπούτσια χάρη..!*

### **Γιώργος Φακούρας (1905-2001). Καστανιανίτης μαραγκός**

*Το γιοφύρι, από την πέρα μεριά, απ' τη Ζέρμα, το είχε φάει το νερό μέχρι κάτω και έπεσε. Είχε φαγωθεί κάτω η βάση... Ήρθαν τότε οι μάστοροι και το δούλεψαν. Ήμασταν δέκα, δεκαπέντε άτομα οι μάστοροι. Έμπαιναν μέσα ως εδώ, μες στο νερό και έβαζαν την πέτρα... Εγώ δούλεψα δεκαεφτά μέρες από κάτω απ' το γεφύρι. Αρμολογούσα. Αρμολόι απ' το θόλο αποκάτω. Εκάναμαν δεκαεφτά μέρες μαζί μ' έναν άλλο απ' την Καστανιαννη. Είχαμαν φτιάξει σκαλωσιά, κρεβάτι αποκάτω, το είχαμαν δεμένο. Και ένας μάστορας, αποπάνω μας, μας κρεμούσε τη λάσπη...*

### **Γιώργος Σιούτης (1903-1996). Μάστορας απ' το Κάντσικο**

*Βλέπεις τη φωτογραφία; Στην Περσία είμαστε, το '35. Τι κάναμαν εκεί; Φτιάχναμαν γαλαρίες, γέφυρες, σιδηροδρομική γραμμή... Αν έχω φτιάξει εγώ γεφύρια; Ένα μοναχά. Και σε αμπασωτό εδούλεψα και σ' αυτό με το μικέζι. Πέτρινα γεφύρια. Μεγάλα. Με καμάρα. Εγώ δεν κουνιόμουνα αποπάνω απ' το καλούπι. Καθόμουνα ή στο πρώτο, ή στο δεύτερο, ή στο κλειδί απάνω. Ήταν σε τρεις μεριές οι γεφυράδες. Δούλευαν σε πέντε σημεία. Τα δύο ήταν κάτω, στην αρχή του θόλου, τα άλλα δύο στη μέση και το άλλο στο κλειδί, απάνω, για να ρίζουν τα πρώτα βάρη...*

### **Τάκης Ζαφείρης (1905-1990). Μάστορας απ' την Πυρσόγιαννη**

*Όταν ήταν να ρίζουν το κλειδί, το τελευταίο, εχτυπήσανε το κουδούνι για να σχολάσουνε οι εργάτες. Ήτουνε μεσημέρι. Και αφού χτύπησαν το κουδούνι, ξεφορτώθηκε το γιοφύρι απ' τους μαστόρους και πήγε να δει ο πρωτομάστορας και δυο-τρεις άλλοι, να δούνε κατά πόσο έρχεται εντάξει το κλειδί. Και τότε,*

...τότε σκώθηκε πάνω το γεφύρι, δεν ήταν τα καλούπια του καλά, σκώθηκε πάνω, έφυγε το βάρος και τους πήρε όλους μέσα...Σκοτώθηκε τότε, 1892 ήτανε, ο Κολοκυθάς, ο πρωτομάστορας, σκοτώθηκε και ο Ασημάκης απ' το Κρίκελο. Ίσως κι άλλοι, εργάτες απ' το Δερμάτι – διηγούνταν ο πατέρας μου και ο παππούς μου...

### **Γιάννης Μπαλτάς. Χατζής στον Προυσό**

Τότε εγώ ήμουνα δεκατριών χρονών και είχα τρία μουλάρια. Μαστροπαίδι δηλαδή. Για της Μαλνίτσας το γιοφύρι, την πέτρα τη φέρναμε 'πο πάνω, από τη Σούκανη. Φόρτωνα, ξεφόρτωνα πέτρα. Πω, πω, πω τι τραβούσαμε, να πούμε. Πετροφαγάδες που λεν. Δύσκολη δουλειά. «Α ρε, πάρε αυτό το λιθάρι και βάλτο απάνω». Ήταν η πρώτη μου δουλειά...

Κάθε μάστορας με το χέρι το ένα χτυπούσε το ματρακά και με το άλλο έπιανε το βελόνι. Τρία, τέσσερα κομμάτια, ανάλογα ο καθένας, έβγαζε τη μέρα. Και δουλεύαμε από το πρωί μέχρι το βράδυ, ήλιο με ήλιο. Ναι! «Ε, ρε...» τους έλεγα, «Θα ανταμώσουμε όλοι στο νταβάν του Θεού...»

### **Γρηγόρης Δούκας (1920-). Μαστροπαίδι απ' την Καστάγιαννη**

Έβγαζες μια φόρμα πρώτα, κάτω. Καρφώναμαν ένα καρφί εδώ, στο κέντρο. Αν είχε η γεφύρα δέκα μέτρα άνοιγμα, στα πέντε μέτρα βάζαμαν ένα καρφί και δέναμαν εκεί έναν σπάγκο και βγάζαμαν το τόξο. Μετρούσαμεναν έναν-έναν θολίτη, πόσους θα βγάζαμαν. Πελεκούσαμεναν βέβαια πιο πλατύ επάνω, υποχρεωτικό αυτό, δεν γινότανε αλλιώς, δεν θα κλείδωνε διαφορετικά η καμάρα. Βγάζαμαν με ακρίβεια, στο χιλιοστό, τον κάθε θολίτη. Ήταν βγαλμένοι με νούμερα, τακτοποιημένοι καλά, να πετύχει... Φτιάξαμαν όλες τις γέφυρες τις θολωτές μέχρι πάνω στη Μάζια και παραπέρα, μέχρι Μπαλντούμα. Όλες με πέτρες...

## Αντώνης Κωνσταντινίδης (1915-2002). Πρωτομάστορας απ' τους Χουλιαράδες

Από το «Αρχείο Γεφυριών Ηπειρώτικων» (ΑΓΗ) του Σπύρου Μαντά

### 2.2. ΛΑΪΚΟΙ ΜΥΘΟΙ

Με την κατασκευή των πέτρινων γεφυριών σχετίζονται διάφοροι μύθοι και παραδόσεις που μπορούν να ενταχθούν σε δύο βασικές κατηγορίες.

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν γεγονότα που οδήγησαν στην κατασκευή ενός γεφυριού. Συνήθως αναφέρονται στο θάνατο ενός ανθρώπου που προσπαθούσε να περάσει το πλημμυρισμένο ποτάμι, είτε πάνω σε παλιότερο ξύλινο γεφύρι, είτε από τον πόρο (διάβαση), μέσα στο ποτάμι. Το ατύχημα ήταν αφορμή για την κατασκευή του γεφυριού, με χρηματοδότη κάποιο προσφιές πρόσωπο του θύματος. Πολλές φορές το έργο χρηματοδοτούσε κάποιος πλούχιοντας, Έλληνας ή Τούρκος, η εκκλησία, ή ακόμα οι κλέφτες κι οι αρματολοί, που θεωρούσαν εξαιρετικά θεάρεστο έργο την κατασκευή ενός πέτρινου γεφυριού, που ήταν από τα πιο χρήσιμα κι απαραίτητα τεχνικά έργα την εποχή εκείνη:

«Ο κόσμος φκιάνουν εκκλησίες φκιάνουν και μοναστήρια

Φκιάνουν και πετρογέφυρα για να διαβαίν' ο κόσμος...»

Στη δεύτερη κατηγορία εντάσσονται θρύλοι και παραδόσεις που σχετίζονται με θυσίες ανθρώπων ή ζώων προκειμένου «να στεριώσει το γεφύρι». Η θυσία ενός ζώου κατά τη θεμελίωση γεφυριών (όπως και σπιτιών) ήταν, επίσης, θεσμός μέχρι την πρόσφατη μεταπολεμική περίοδο.

Ένας γέρος από το χωριό Άγιος της Αιδηψού αφηγείται:

Τον καιρό που χτίστηκε το γιοφύρι, από κάποιον ξακουστό πρωτομάστορα, ζούσε στο χωριό μας ετούτο μια πεντάμορφη γυναίκα. Κυπαρισσένιο το κορμί της, ήλιος το πρόσωπο της, κι ασπροκόκκινο σαν απριλιάτικο τριαντάφυλλο το δέρμα της. Ντούμινα την έλεγαν. Ότι που είχε παντρευτεί, στα δεκαοχτώ της, κείνη τη χρονιά που 'ρθε ο πρωτομάστορας στο χωριό μας να βάλει τα θεμέλια του  
γιοφυριού.

Την πρώτη μέρα που 'βαζε τα σχέδια ο πρωτομάστορας, κατέβηκε όπως όλες οι γυναίκες του χωριού, και η Ντούμινα με την στάμνα της να πάρει νερό από τη βρύση που 'ταν κοντά στο μελλούμενο τότε γιοφύρι. Άστραψε ο τόπος και η ρεματιά! Μοσκοβόλησε ο αγέρας θηλυκό, σαν πέρασε δίπλα όπου έστεκε ο πρωτομάστορας, κι εκείνος τα 'χασέ! Νέος, γερός και όμορφος, μόλις που την αντίκρισε έμεινε ο νους και η καρδιά του σ' αυτήν. Ποτέ του, όσα μέρη κι αν γύρισε, δεν ξανάχε δει τέτοια παράξενη ομορφιά, ίδια νεράιδα. Σαν έμαθε όμως πως ήταν παντρεμένη, μαράθηκε! Τη ζήλεψε, ζήλεψε και μίσησε ακόμα τον άντρα που την παντρεύτηκε και καταράστηκε τη μοίρα του γιατί να μην τον βοηθήσει να τη γνωρίσει πριν παντρευτεί!

Σε λίγες μέρες ετοιμάστηκαν τα σχέδια του γιοφυριού κι ανοίχτηκαν τα φαρδιά και βαθιά θεμέλια. Έτσι έφτασε κι η ημέρα που θ' άρχιζε το χτίσιμο. Το πρωί εκείνο θα 'ριχνε ο πρωτομάστορας τη πρώτη πέτρα στο θεμέλιο. Όμως κατά το έθιμο τότε των μαστόρων, για να θεμελιωθεί και να στεριώσει το γιοφύρι, έπρεπε να στεριώσουν τον πρώτο τυχόντα περαστικό ή περαστικιά από εκεί. Έτσι αποφάσισαν και περίμεναν οι μαστόροι, κείνο το πρωί, ποιος ή ποια θα περνούσε για τη βρύση ή το ρέμα, να τον φωνάξει ο πρωτομάστορας κοντά στο θεμέλιο και να ρίξει την πρώτη πέτρα πάνω στον ίσκιο του. Κείνο το πρωινό, με το σκάσιμο του ήλιου, από το βουνό της ανατολής, κίνησε η Ντούμινα να πάει στο ρέμα για κοπάνισμα. Έτσι, αστάλαχτη στο ντύσιμο καθώς ήταν όλες τις ώρες, έβαλε τον μπόγο στο κεφάλι της κρατώντας τον με το να της χέρι, ενώ με τ' άλλο βαστούσε τον κόπανο και κατηφόρισε προς το ρέμα.

Τα ψεύτικα φουριά της μπόλιας της άστραφαν στον πρωινό ήλιο κι αντιφέγγιζαν στο αιθέριο της πρόσωπο!

Έτσι καθώς την είδαν οι μαστόροι να κατεβαίνει, την αποθαύμαζαν, αναστέναζαν, κι ύστερα έμειναν μ' ανοιχτό το στόμα για πολλή ώρα! Την κοίταξε κι ο πρωτομάστορας και πώς δε λιποθύμησε από την ταραχή του! Από τη μία ζήλευε πολύ που δεν μπορούσε να την κάνει δική του. Από την άλλη όμως την λυπόταν, δεν ήθελε να είναι εκείνη που θα στοίχειωνε. Να, όμως, που η μοίρα το 'θελε έτσι!

Η λυγερόκορμη Ντούμινα έφτασε στο ρέμα, καλημέρισε με χαμόγελο τους μαστόρους κι ύστερα προχώρησε στο ποτάμι, όπου ο βόθανος με τις πλακαρόπετρες που κοπάνιζαν. Απόθεσε στην ακροποταμιά το μπόγο, ξυπολήθηκε κι ύστερα σήκωσε λίγο ως τις γάμπες της τη χιονάτη, μακριά ως τον αστράγαλο, παλιαρούτα της που την έπιασε πίσω μπρος με δυο παραμάνες. Και σαν μπήκε στο κατακάθαρο νερό του ποταμιού, καθρεφτίστηκαν τα ασπροκόκκινα πόδια της, τα τόσο λαχταριστά και εξαίσια. Έσκυψε ύστερα το κορμί της να ταχτοποιήσει την πλακαρόπετρα, και τότε έτσι, καθώς μια κατακόκκινη ηλιαχτίδα τη σημάδεψε, φάνταξε σ' όλους ίδια πεντάμορφη καμάρα γεφυριού!

Ο πρωτομάστορας, αφού την αποθαύμασε και τη ροκάνισε με τα μάτια του, έτσι, καθώς καθόταν στην άκρη του θεμελιού, για μια στιγμή πήρε θάρρος και φώναξε σαν από βαθύ ύπνο:

‘Καλή αρχόντισσα, παίρνεις αν θες λίγο το μαντίλι μου να το πλύνεις. Έτσι να ‘χεις πολύ καλό...’

Εκείνη, αφού δίστασε στην αρχή, ξεκίνησε ρέμα-ρέμα και έφτασε ως την άκρη του θεμελιού, όπου από την άλλη μεριά έστεκε ο πρωτομάστορας. Κι έτσι καθώς έσκυψε να πάρει το μαντίλι, έπεσε για καλά ο ίσκιος της στον πάτο του θεμελιού. Τότε –χωπ!- έριξε την πρώτη πέτρα ο πρωτομάστορας στο θεμέλιο, πάνω ακριβώς στον ίσκιο της Ντούμινας!

Λένα πως η Ντούμινα δεν το πήρε είδηση, ούτε και ήξερε από αυτά τα τερτίπια και τα ξετάσματα των μαστόρων. Όμως στο χρόνο πάνω πέθανε! Και πέθανε κείνη τη μέρα ακριβώς που τελείωνε το γιοφύρι και έκαναν τα εγκαίνια στο φαρδύ εκείνο αμαξόδρομο.

Λένε πως πέθανε απότομα, έτσι, χωρίς αρρώστια, μόλις που ‘κλεισε τα είκοσι, νιόπαντρη, μ’ ένα παιδί στα σπλάχνα της! Αναστατώθηκε όλο το χωριό! Έκλαψε όλη η γούρνα εκείνη. Έκλαψε όμως πολύ και ο πρωτομάστορας, που δεν είχε προλάβει ακόμα να φύγει από το χωριό. Έκλαψε πολύ, γιατί πίστευε στα σοβαρά πως αυτός τη θανάτωσε, επειδή την είχε στοιχειώσει για να στεριωθεί το γιοφύρι.

Από τότε, λένε, άρχισε να βγαίνει το φάντασμα της στο γιοφύρι εκείνο. Την έχουν δει πολλοί να ανεβαίνει, ακριβώς τα μεσάνυχτα, από το θεμέλιο του γιοφυριού, ακριβώς από εκεί που στοιχειώθηκε. Ανεβαίνει αεράτα, αργά και στέκεται ψηλά στο μαρμαρένιο χείλος του γιοφυριού. Βγαίνει, λένε, πάντα με τα καλά της σεγκούνια, με την καλή της φορεσιά. Έτσι καθώς έβγαινε, σαν ζούσε, στα πανηγύρια και τις λαμπρές μέρες. Έτσι καθώς την είχαν ντύσει για τον άλλο κόσμο! Φοράει την καινούργια μπόλια, κόκκινο χρυσοκάβαδο με διπλή αρματωσιά, φλουριά στα στήθια και στην καμάρα του μετώπου της. Αστράφτει και φέγγει σαν τον ήλιο (λένε αυτοί που την είδαν) και στέκεται εκεί στο χείλος του γιοφυριού για κάμποση ώρα, ακριβώς τα μεσάνυχτα κι ύστερα εξαφανίζεται πάλι σαν αέρας.

Πάρα πολλοί, λένε, είχαν δει την στοιχειωμένη Ντούμινα. Γι’ αυτό μέχρι πριν λίγα χρόνια, όπου ο κόσμος άρχισε να μην πολυπιστεύει στα φαντάσματα και τα στοιχειά, το γιοφύρι αυτό φοβόταν ο καθένας να το περάσει τη νύχτα μόνος του. Πολλοί που βρίσκονταν στην ανάγκη, το πέρναγαν βιαστικά λέγοντας το ‘Πάτερ Ημών’. Άλλοι πάλι το πέρναγαν τραγουδώντας δυνατά, γιατί κάποιος είπε πως η Ντούμινα δεν βγαίνει σαν ακούσει φωνές και τραγούδια!

Ακόμα οι καροτσέρηδες και οι σοφεραίοι φοβόνταν και αυτοί να περάσουν την νύχτα από το στοιχειωμένο γιοφύρι κι όταν ήταν απαραίτητο να περάσουν, άρχιζαν να χουγιάζουν δυνατά τα άλογα ή να κορνάρουν συνέχεια ως ν' απομακρυνθούν πολύ από εκεί.

Τώρα πια, είπε τελειώνοντας ο γέρος, κανένας δεν πιστεύει στα στοιχειά και στα φαντάσματα. Κι όμως, οι πιο παλιοί, ακόμα και τώρα, όταν περνάνε νύχτα μόνοι από το γιοφύρι αυτό, αισθάνονται μια κρυάδα, έναν κάποιο αόριστο φόβο...»

### 2.3. ΔΗΜΟΤΙΚΑ ΤΡΑΓΟΥΔΙΑ

Το **δημοτικό τραγούδι** ως λογοτεχνικό είδος αντλεί το υλικό του από την προφορική λογοτεχνική παράδοσή, αυτήν που αναπτύχθηκε στον ευρύτερο γεωπολιτικό χώρο των Βαλκανίων και συνδέεται με όψεις της κοινωνικής δραστηριότητας εκείνης της εποχής.

Τα πέτρινα γεφύρια λόγω της δυσκολίας κατασκευής τους και κυρίως την κατάρρευση τους ενέπνευσαν τις κοινωνικές αγροτικές, κυρίως, κοινωνίες να δημιουργήσουν δημοτικά τραγούδια που αναβιώνουν μέχρι και σήμερα.

Ένα από τα πιο γνωστά είναι αυτό που αναφέρεται στο πολυσυζητημένο γεφύρι της Άρτας.

*Σαράντα πέντε μάστοροι κι εξήντα μαθητάδες γιοφύριν εθεμέλιωναν στις Άρτας το ποτάμι. Ολημερίς το χτίζανε, το βράδυ εγκρεμιζόταν. Μοιρολογούν οι μάστορες και κλαίν οι μαθητάδες. "Αλίμονο στους κόπους μας, κρίμα στις δούλεψές μας, ολημερίς να χτίζουμε, το βράδυ να γκρεμίζεται. "Πουλάκι edιάβη κι έκατсен, αντίκρυ στο ποτάμι, δεν εκελάηδε σαν πουλί, μηδέ σα χελιδόνι, παρά εκελάηδε κι έλεγε ανθρώπινη λαλίτσα:" αν δε στοιχειώσετε άνθρωπο, γιοφύρι δε στεριώνει και μη στοιχειώσετε ορφανό, μη ξένο, μη διαβάτη, παρά του πρωτομάστορα την όμορφη γυναίκα, που έρχεται αργά τ' αποταχύ και πάρωρα το γιόμα. "Τ' άκουσ' ο πρωτομάστορας και του θανάτου πέφτει.*

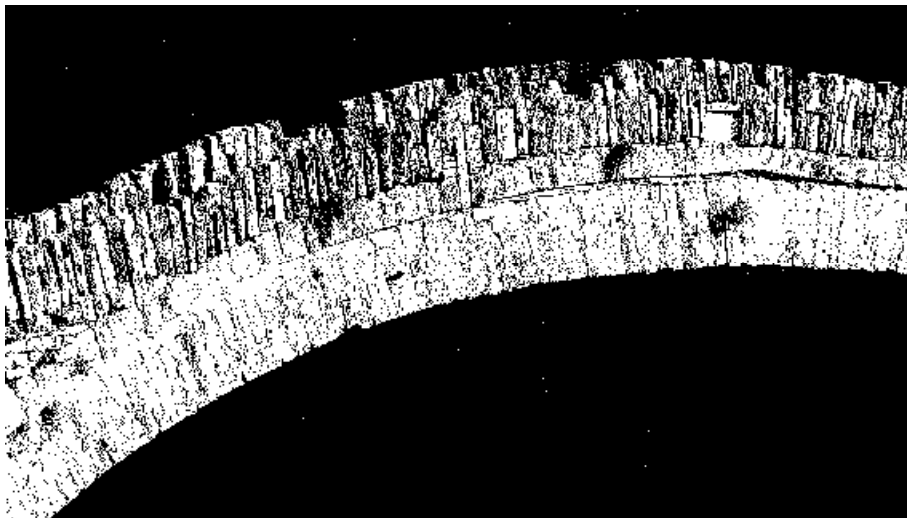


*Πιάνει, μηνάει της λυγερής με το πουλί τ' αηδόνι. Αργά ντυθεί, αργά αλλαχτεί, αργά να πάει το γιόμα, αργά να πάει να διαβεί της Άρτας το γιοφύρι. Και το πουλί παράκουσε κι αλλιώς επήγε κι είπε: "Γοργά ντύσου, γοργά άλλαξε, γοργά να πας το γιόμα, γοργά να πας και να διαβείς της Άρτας το γιοφύρι. "Να τηνε κι εμφανίστηκε από την άσπρη στράτα .Την είδ' ο πρωτομάστορας, ραγίζεται η καρδιά του. Από μακριά τους χαιρετά κι από κοντά τους λέει: "Γειά σας χαρά σας μάστοροι και σεις οι μαθητάδες, μα τι έχει ο πρωτομάστορας και είναι βαργομισμένος; ""Το δαχτυλίδι του 'πεσε στην πρώτη την καμάρα και ποιος να μπει και ποιος να βγει, το δαχτυλίδι να 'βρει; ""Μάστορα, μην πικραίνεσαι κι εγώ να πά' σ' το φέρω, εγώ να μπω, εγώ να βγω, το δαχτυλίδι να 'βρω. "Μηδέ καλά κατέβηκε, μηδέ στη μέση πήγε. "Τράβα καλέ μ' τον άλυσο, τράβα την αλυσίδα,τι όλον κόσμο ανάγειρα και τίποτας δεν βρήκα. "Ένας πηχάει με το μυστρί κι άλλος με τον ασβέστη, παίρνει κι ο πρωτομάστορας και ρίχνει μέγα λίθο. "Αλίμονο στη μοίρα μας, κρίμα στο ριζικό μας! Τρεις αδερφάδες ήμαστε κι οι τρεις κακογραμμένες. Η μια 'χτισε το Δούναβη κι η άλλη τον Αφράτηκι εγώ η πιο στερνότερη της Άρτας το γιοφύρι. Ως τρέμει το καρυόφυλλο, να τρέμει το γιοφύρικο ως τρέμουν τα δεντρόφυλλα, να πέφτουν οι διαβάτες. ""Κόρη, το λόγον άλλαξε κι άλλη κατάρα δώσε,που 'χεις μονάκριβο αδελφό, μη λάχει και περάσει."Κι αυτή το λόγον άλλαξε κι άλλη κατάρα δίνει."Αν τρέμουν τ' άγρια βουνά, να τρέμει το γιοφύρικο αν πέφτουν τ' άγρια πουλιά, να πέφτουν οι διαβάτες, 'τί έχω αδερφό στην ξενιτιά, μη λάχει και περάσει.*

Αξίζει να αναφερθούμε ότι το γεφύρι της Άρτας ήταν πηγή έμπνευσης για την δημιουργία της τραγωδίας «Θυσία» του Νίκου Καζαντζάκη, καθώς και της όπερας « ο πρωτομάστορας».

## 2.4. ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Την απόφαση για να «στηθεί» ένα γεφύρι, έπαιρνε κάποιο μεμονωμένο άτομο, ή και ολόκληρο χωριό. Στην πρώτη περίπτωση, για κάποιον τούρκο αξιωματούχο, ή και για τον ηγούμενο ενός διπλανού μοναστηριού. Όπως ήταν φυσικό, τους ίδιους βάραινε και η δαπάνη. Για ηθικό αντάλλαγμα, το γεφύρι έπαιρνε αρκετές φορές το όνομα τους, χωρίς όμως τούτο να αποτελεί και κανόνα. Το «βάφτισμα» γινόταν με την πάροδο του χρόνου και κατά συνήθεια από τους κατοίκους των γύρων χωριών. Αναφέρουμε το γεφύρι του Καμπέραγα που έχτισε ο ομώνυμος αγάς από τα Γιάννενα, του Μίσιου, δωρεά του άρχοντα Αλέξιου Μίσιου από το Μονοδέντρι, του Καλόγερου ή Καλογερίκο, επειδή το έφτιαξε κάποιος καλόγερος ονομαζόμενος Σεραφείμ από το μοναστήρι του Προφήτη Ηλία της Βίτσας, του Εβραίου, μια και την κατασκευή του αποφάσισε ο Γιαννιώτης Εβραίος Σολομών Ματσίλης σαν γλίτωσε κάποτε από τα νερά του ποταμού.



Εικ. 2.2: *Επάνω δεξιά φαίνεται η ορθογώνια επιγραφή του γεφυριού του Κοκκόρου.*

Μερικές φορές συναντάμε γεφύρια και με δύο ονόματα. Τότε, μπορεί το έργο να πήρε και την ονομασία κάποιας τοποθεσίας ή διπλανού χωριού, μπορεί και μια μεταγενέστερη επισκευή να άφησε το όνομα και του χορηγού. Κάτι τέτοιο έγινε με το γεφύρι του Νούτσου ή Κόκκορου. Το πρώτο – Νούτσος Κοντοδήμος – είναι το όνομα του αρχικού κατασκευαστή από το χωριό Βραδέτο του Ζαγορίου, το δεύτερο – Γ. Κόκκορος – το όνομα του αργότερα επισκευαστή. Το ίδιο συμβαίνει και με το γεφύρι του Καλόγερου που αναφέραμε πιο πάνω. Λέγεται και του Πλακίδα, μια και ο τελευταίος κάποτε χρειάστηκε να το επισκευάσει.

Όταν όμως την κατασκευή αποφάσιζε ένα ή και περισσότερα χωριά με εισφορές των κατοίκων τους, το γεφύρι οριζόταν ή από την τοποθεσία ή από το όνομα του πλησιέστερου χωριού. Για παράδειγμα υπάρχει το γεφύρι της Πλάκας, της Κόνιτσας, της Τσίπιανης και άλλα.

Από τα παραπάνω λοιπόν συμπεραίνουμε, πώς εκείνο που τελικά σίγουρα ξεχνιόταν, ήταν το όνομα του Πρωτομάστορα, ο οποίος θες από υπερβολική μετριοφροσύνη, θες από τις συνθήκες της εποχής, δεν σκάλιζε σε καμιά γωνιά του έργου του το τυπικό «εποίει». Αντίθετα, σε μερικές περιπτώσεις, σώζεται χαραγμένη η χρονολογία της κατασκευής. Μόνο το γεφύρι του Μανώλη, χαμηλά στον Αγραφιώτη, φαίνεται να βαφτίστηκε στο όνομα του Πρωτομάστορα του, που το έχτισε το 1659.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>**

### **ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

### 3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε όλο τον ελλαδικό χώρο υπάρχουν εκατοντάδες πέτρινα γεφύρια, χτισμένα με παραδοσιακές μεθόδους και υλικά. Είναι λιθόκτιστα και αποτελούνται από τόξα, δεδομένου ότι το τόξο είναι η μοναδική μορφή πέτρινου φορέα που μπορεί να γεφυρώσει κάποιο άνοιγμα. Μπορούμε να διακρίνουμε μία αρκετά μεγάλη ποικιλία μορφών στα γεφύρια, σημαντική ένδειξη της αστείρευτης φαντασίας του λαϊκού τεχνίτη. Το βασικό στοιχείο που εξασφαλίζει την αλλαγή, είναι το τόξο, η καμάρα. Αναλόγως του αριθμού των τόξων τους, τα πέτρινα γεφύρια διακρίνονται σε μονότοξα και πολύτοξα. Ο αριθμός τους το μέγεθός και το σχήμα τους προσδιορίζουν την ταυτότητα της ιδιαιτερότητας του καθενός. Συνήθως είναι μονότοξα με ημικυκλικά, ως επί το πλείστον, και σπάνια οξυκόρυφα τόξα με λιτή αυστηρή γραμμή και έντονη πλαστικότητα, έργα κυρίως λαϊκής τεχνοτροπίας. Τα μονότοξα έχουν επιβλητικότητα εξ' αιτίας του μεγάλου ανοίγματος της καμάρας, τα πολύτοξα κερδίζουν σε γραφικότητα. Πολύτοξα γεφύρια χτίζονταν κυρίως σε πεδινές ή ημιορεινές περιοχές, ενώ σε ορεινές περιοχές τα περισσότερα ήταν μονότοξα ,αφού το πλάτος της κοίτης των ποταμών είναι συνήθως μικρό.

Στα περισσότερα από τα σωζόμενα γεφύρια παρατηρεί κανείς, μικρά ανοίγματα στο κύριο σώμα τους, που τελικά καταφέρνουν να ελαφρύνουν την όλη κατασκευή. Αυτές οι ψευτοκαμάρες όμως, ανεξάρτητα από το όποιο αισθητικό αποτέλεσμα που μπορεί να προκάλεσαν, εξυπηρέτησαν βασικά μία ανάγκη. Λειτουργήσαν ανακουφιστικά , επιτρέποντας τη διέλευση από μέσα τους μεγάλης ποσότητας νερού σε περιπτώσεις πλημμύρας, αφού τότε η στάθμη ανέβαινε επικίνδυνα μέχρι και την κορυφή της γέφυρας. Η αυξημένη πίεση του ποταμού, αντιμετωπιζόταν ακόμη, και με ειδικές κόγχες χτισμένες στις βάσεις των τόξων, όταν βέβαια αυτά πατούσαν μέσα στο νερό (πολύτοξα γεφύρια).Κόγχες χρήσιμες, αν και όχι φανερό με την πρώτη ματιά,

κατασκευάζονταν και από την πίσω πλευρά των τόξων, μειώνοντας έτσι στο ελάχιστο τον επικίνδυνο για τα θεμέλια στροβιλισμό.

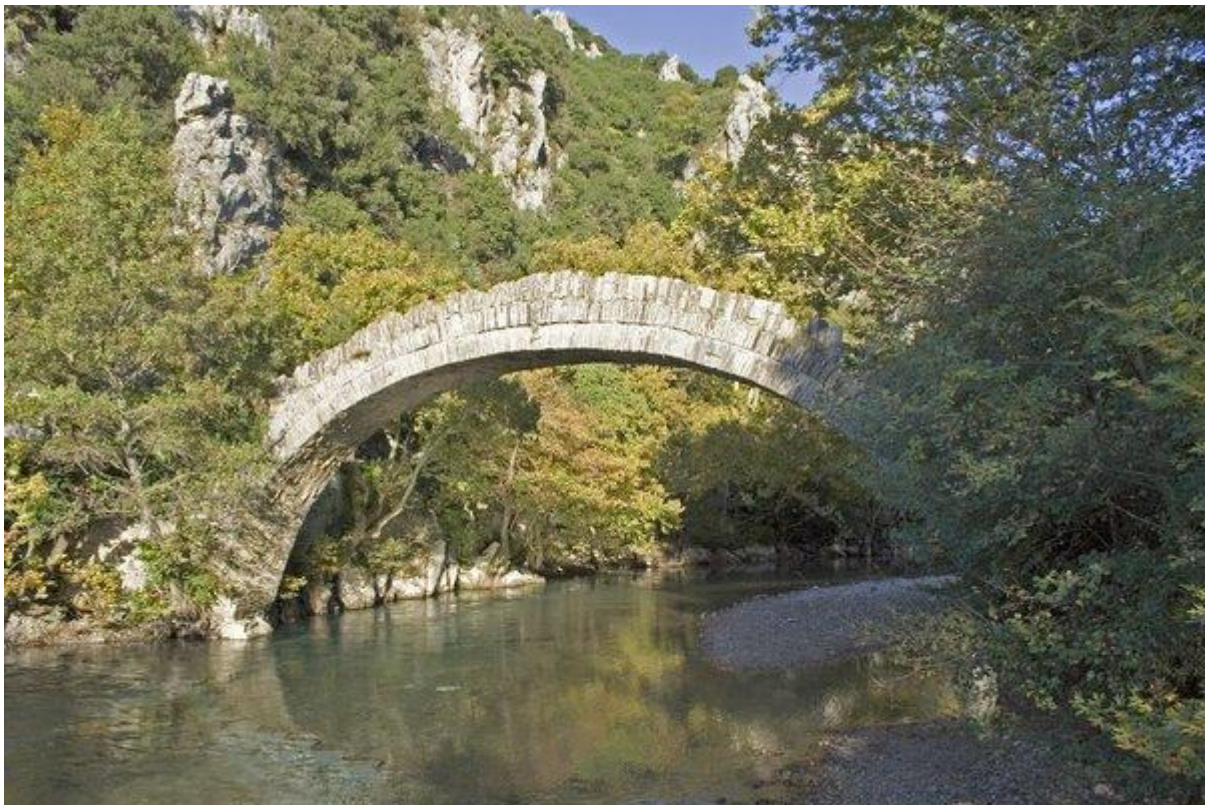
Το οδόστρωμα που χρησιμοποιούσαν οι διερχόμενοι, είναι αρκετά στενό, περιοριζόμενο αρκετές φορές μόλις στα δύο μέτρα. Ακολουθεί μάλιστα καμπυλωτή γραμμή, μιμούμενο σ' αυτό, τα ανεβοκατεβάσματα των από κάτω του τόξων, κάτι που χαρακτηρίζει ιδιαίτερα τα Ηπειρώτικα γεφύρια. Είναι στρωμένο πάντα με καλντερίμι, για να διαμορφωθεί, όταν το ανέβασμα παραείναι απότομο, σε πλατύσκαλα με ελαφριά κλίση. Η διέλευση έτσι δεν ήταν και τόσο ακίνδυνη. Στο γεφύρι της Κόνιτσας, μπορεί να δει κανείς ακόμα και σήμερα, μικρή καμπάνα κρεμασμένη κάτω από την κορυφή της καμάρας. Όταν φυσούσε αέρας δυνατός, άρχιζαν τα καμπανίσματα προειδοποιώντας τους περαστικούς για τον αυξημένο κίνδυνο. Προσπάθησαν να τον μειώσουν, τοποθετώντας στα άκρα τις λεγόμενες αρκάδες, όρθιες δηλαδή στενόμακρες πέτρες και αργότερα χαμηλά πεζούλια.

Τέλος, κυρίως στα Μακεδονικά γεφύρια, παρατηρούμε ότι κατά την είσοδο ή την έξοδο από το γεφύρι ο δρόμος συνήθως στενεύει βαθμιαία και προστατεύεται από τοίχους αντιστηρίξεως ή πτερυγότοιχους. Αυτοί διαμορφώνουν και τα πρανή του εδάφους στις όχθες του ποταμού, όταν αυτά είναι από χώμα και σαθρά υλικά. Αντίθετα, όταν τα ακρόβαθρα του γεφυριού στηρίζονται σε βραχώδης απολήξεις της όχθης, το ρόλο αυτό αναλαμβάνει η φύση.

### **3.2. Μονότοξα**

Τα περισσότερα γεφύρια που κατασκευάστηκαν σε ορεινές περιοχές αποτελούνται, συνήθως, από ένα τόξο, επειδή το πλάτος της κοίτης των ποταμών, κατά κανόνα, είναι μικρό εκτός από κάποιες εξαιρέσεις. Το ελεύθερο άνοιγμά τους υπερβαίνει, πολλές φορές, τα 30 μέτρα. Το ύψος του τόξου τους, σε αρκετές περιπτώσεις, κυμαίνεται γύρω στα 20 μέτρα.

Το πλάτος του φορέα κυμαίνεται, συνήθως, από 2,5 έως 3,5 μέτρα. Τα ορεινά, κυρίως, γεφύρια έχουν το σημαντικό πλεονέκτημα της θεμελίωσής τους σε βράχο και για το λόγο αυτό, σε συνδυασμό, βεβαίως, με την αρτιότητα της κατασκευής, τα περισσότερα διασωθέντα βρίσκονται σε ορεινές περιοχές. Και επειδή το βραχώδες έδαφος της θεμελίωσης των ορεινών γεφυριών βρίσκεται σε στενώσεις των χειμάρρων-ποταμών, επιτεύχθηκε και οικονομία στην κατασκευή λόγω του μειωμένου ανοίγματός τους.



Εικ. 3.1: Γεφύρι Κλειδώνιας (ή γεφύρι του Βοϊδομάτη)

Το παρατηρούμενο μεγάλο ύψος των γεφυριών δεν οφείλεται στο ύψος της πλημμυρικής στάθμης του ποταμού αλλά σε καθαρά στατικούς λόγους, καθώς προκαλείται μικρότερη οριζόντια ώθηση στις στηρίξεις (ακρόβαθρα) όσο αυξάνεται το ύψος του τόξου.



Είναι, λοιπόν, αξιοθαύμαστο το γεγονός ότι οι ομάδες των μαστόρων της εποχής εκείνης απέδειξαν ότι διέθεταν στατικές γνώσεις από ένστικτο, μάλλον, και από εμπειρία που ανέπτυξαν σε διάστημα πολλών γενιών, ύστερα από πολλές προσπάθειες, άλλοτε επιτυχημένες και άλλοτε όχι.

### 3.3. Πολύτοξα

Τα περισσότερα γεφύρια που χτίστηκαν σε πεδινές, ημιορεινές ή ορισμένες φορές και σε ορεινές περιοχές, με σημαντικό πλάτος της κοίτης του ποταμού, γεγονός που το επέβαλαν τοπικές, διοικητικές ή στρατιωτικές ανάγκες, είναι, δίτοξα, τρίτοξα, κ.λπ.

Τα πολύτοξα γεφύρια παρουσιάζουν, συνήθως, τα κύρια ανοίγματα (2 ή το πολύ 3) συγκριτικά μεγαλύτερα από τ' άλλα, δεδομένου ότι τα ανοίγματα αυτά γεφυρώνουν τη βαθιά κοίτη του ποταμού.

Τα υπόλοιπα ανοίγματα καθώς και τα ανακουφιστικά ανοίγματα πάνω από τα μεσόβαθρα παραλαμβάνουν τις πλημμυρικές παροχές του ποταμού.



Εικ .3.2: Καρτ-ποσταλ έκδοσης Στουρνάρα γύρω στα 1910. Είναι μια από τις λίγες υπάρχουσες φωτογραφίες που διακρίνονται και τα εννέα ανοίγματα της γέφυρας. Οξυκόρυφο κλείδωμα τόξων, μεγάλο πάχος λευκών αρμών, χρησιμοποίηση μεγάλων ορθογωνικών πετρών και πέτρινα στηθαία.

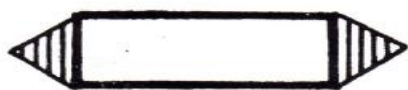


Πιο κάτω παραθέτουμε ορολογία των χαρακτηριστικών στοιχείων των γεφυριών για ευχερέστερη ανάγνωση της συγγραφικής μας μελέτης.

- **Θολίτες** ονομάζονται οι πέτρες από τις οποίες αποτελείται το τόξο.
- **Κλειδί (κλείς)** του τόξου ονομάζεται ο υψηλότερα τοποθετημένος θολίτης στον άξονά του.
- **Τύμπανα** ονομάζονται τα διαμήκη πέτρινα τοιχεία που εδράζονται στα άκρα του τόξου.
- **Εσωρράχιο** ονομάζεται η κάτω (ορατή) επιφάνεια του τόξου.
- **Εξωρράχιο** ονομάζεται η επάνω επιφάνεια του τόξου, η οποία καλύπτεται από το μεταξύ των τυμπάνων γέμισμα. (ράχη του τόξου).
- **Βάθρα** είναι οι ορθοστάτες στους οποίους στηρίζεται το τόξο.
- **Προβόλοι** (Προρίνιο ανάντι Μεταρίνιο κατάντι) είναι οι κατασκευές πριν και μετά τα βάθρα που τα προστατεύουν από τα φερτά υλικά και ομαλοποιούν τη ροή του ποταμού.
- **Γενέσεις** ονομάζονται οι επιφάνειες έδρασης των τόξων επί των βάθρων.
- **Βέλος** του τόξου είναι η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ της γένεσης και του κλειδιού της θολωτής κάτω επιφάνειας του τόξου.
- **Διαζώματα (ή αρχιθόλοι)** είναι οι ορατές (εξωτερικές) επιφάνειες του τόξου στις όψεις των γεφυρών.
- **Καταβιβασμένο** λέγεται το τόξο, όταν το βέλος είναι μικρότερο από το ήμισυ του ανοίγματός του.
- **Αναβιβασμένο** λέγεται το τόξο, όταν το βέλος είναι μεγαλύτερο από το ήμισυ του ανοίγματός του.

\*Δείτε παράρτημα VI με την ανατομία και ονοματολογία ενός πετρογέφυρου μαζί με σχέδιο κάτοψης και πρόσοψης

### 3.4. ΕΙΔΗ ΠΡΟΒΟΛΩΝ



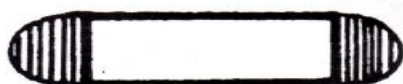
ΤΡΙΓΩΝΙΚΟΣ



ΗΜΙΚΥΚΛΙΚΟΣ



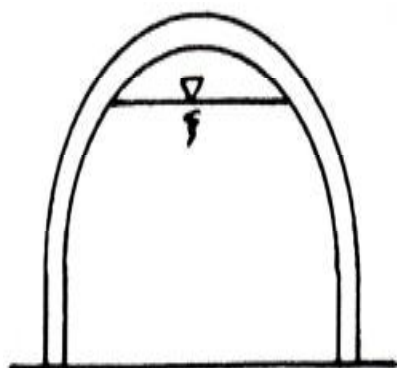
ΣΦΗΝΟΕΙΔΗΣ



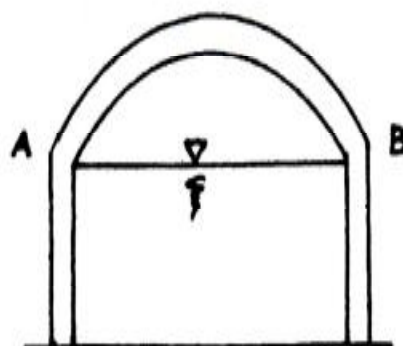
ΕΛΛΕΙΠΤΙΚΟΣ

### ΕΙΔΗ ΤΟΞΩΝ

Ημικυκλικό

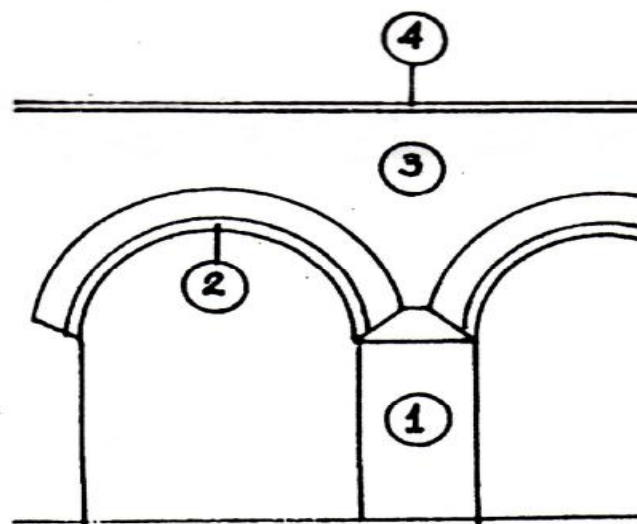


Καταβιβασμένο



Στα καταβιβασμένα τόξα η στάθμη του νερού δεν επιτρέπεται να ανέλθει πάνω από τη στάθμη ΑΒ των βάθρων επειδή δημιουργείται πρόβλημα ευστάθειας του φορέα.

### ΕΙΔΗ ΛΙΘΟΔΟΜΩΝ



1. **Βάθρα** : λιθοδομές συνήθως ξεστές (πελεκητές) ισόδομες.
2. **Διάζωμα** : λιθοδομές συνήθως λαξευτές, ξεστές (πελεκητές).
3. **Τύμπανο** : λιθοδομές συνήθως μορφής μωσαϊκού, οριζοντίων αρμών.
4. **Κορωνίδα** : λιθοδομές συνήθως λαξευτές, ξεστές, πελεκητές.

### 3.5. Τα υλικά και η κατασκευή

Τα Ηπειρώτικα γεφύρια είναι πέτρινα, γι' αυτό άλλωστε έχουν όλα τη μορφή τόξου- που είναι η μόνη δυνατή μορφή πέτρινου φορέα για τη γεφύρωση κάποιου ανοίγματος.

Γενικά το πέτρωμα από το οποίο λαμβάνονται οι πέτρες πρέπει να είναι ομοιογενές, συμπαγές και ανθεκτικό, να μην περιέχει μεγάλους κρυστάλλους ή υλικά σε αποσάθρωση, να μην έχει ρωγμές και να μην αποσαθρώνεται κατά την επαφή του με τον αέρα ή το νερό. Η πέτρα η οποία χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των γεφυριών προέρχεται από ντόπια πετρώματα. Σε αντίθεση με τα Ηπειρώτικα γεφύρια στα οποία χρησιμοποιήθηκε ο σχιστόλιθος, στο θεσσαλικό χώρο η πέτρα ήταν πελεκητή (λαξευτή, ξεστή ή ορθογωνική). Ο σχιστόλιθος έχει το πλεονέκτημα της λήψης πλακοειδών πετρών με μικρή επεξεργασία και εύκολη και φτηνή μεταφορά.

Χαρακτηριστικό είναι ότι σε θέσεις γεφύρωσης όπου η πηγή λήψης των υλικών ήταν σχετικά μακριά χρησιμοποιήθηκαν πολλά είδη πέτρας. Τα βάθρα και οι πρόβολοι των γεφυριών κατασκευάστηκαν από συμπαγή ασβεστόλιθο εξ' αιτίας των δυνάμεων τριβής που δέχονταν από την στερεοπαροχή των ποταμών, σε αντίθεση με την ανωδομή στην οποία χρησιμοποιήθηκαν ελαφρόπετρα ή και ευκολότερα επεξεργάσιμα υλικά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το διάζωμα της γέφυρας των Φαρσάλων το οποίο κατασκευάστηκε από πωρόλιθο.

Το κονίαμα είναι ένα ακόμη υλικό που χρησιμοποιήθηκε, το οποίο αποτελεί τη συνδετική ύλη των πετρών (κουρασάνι) και παρουσιάζει πολλές παραλλαγές, κατά γεφύρι και περιοχή. Τα κύρια συστατικά του είναι η άμμος ή και το χώμα πολλές φορές, ο ασβέστης και το κεραμίδι. Επιπροσθέτως το κονίαμα μπορεί να αποτελείται και από ελαφρόπετρα, ξερά χόρτα, ασπράδια αυγών, ακόμα και από μαλλιά ζώων, που λειτουργούν σαν ενισχυτικές ίνες. Το κονίαμα έχει συνήθως μικρότερη αντοχή από αυτή των πετρών της γέφυρας. Επίσης η αντοχή μειώνεται με το πάχος. Για τους λόγους αυτούς, το πάχος του κονιάματος δεν είναι μεγάλο. Τέλος σε πολλά γεφύρια, κυρίως της Μακεδονίας, μπορούμε να δούμε σιδεριές (τζινέτια) σε σχήμα ταύ τα οποία είναι καρφωμένα (βυθισμένα) στο σώμα του γεφυριού, ενισχύοντας τη τοιχοδομή του.

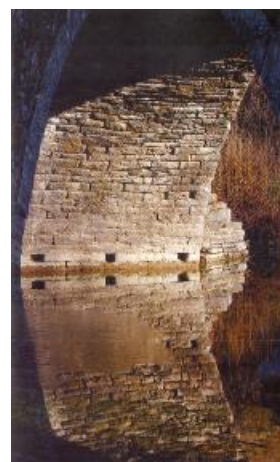
Για την κατασκευή των γεφυριών πρώτα επιλεγόταν η θέση, η οποία ήταν σ' ένα σημείο όπου στένευε η κοίτη του ποταμού και το έδαφος ήταν βραχώδες, όταν η περιοχή ήταν ορεινή, ώστε να επιτευχθεί καλύτερη θεμελίωση. Στη Μακεδονία μάλιστα πολλές φορές λαμβάνονταν υπ' όψη το μικρότερο βάθος του ποταμού. Μεγαλύτερη πάντως δυσκολία αντιμετώπιζαν στην περίπτωση που η γέφυρα έπρεπε να κατασκευαστεί σε πεδινή περιοχή, αφού κατά κανόνα θα ήταν πολύτοξη και θα έπρεπε να θεμελιωθεί σε χαλαρά εδάφη. Η θεμελίωση της γέφυρας γινόταν με ξύλινους πασσάλους. Τα πάντα λοιπόν εξαρτιόταν από την ποιότητα της θεμελίωσης «αχίλλειο πτέρνα» κάθε γεφυριού. Οι καταρρεύσεις γεφυριών κατά τη διάρκεια του κτισίματος οφείλονταν, συνήθως, στην κακή θεμελίωση (όπως π. χ. στο γεφύρι της Άρτας που έπρεπε να θεμελιωθεί στο ακατάλληλο αμμώδες έδαφος του κάμπου).

Μετά την εκλογή της θέσης του γεφυριού, γινόταν η σχεδιάσή του από τον αρχιμάστορα. Το σχήμα και οι διαστάσεις του υπολογίζονταν με βάση τα φορτία που θα έφερε το γεφύρι, που κι αυτά με τη σειρά τους υπαγορεύονταν από το μήκος ανάμεσα στις όχθες και τη μορφή της κοίτης. Συνήθως προτιμούσαν η κατασκευή όσο το δυνατόν περισσότερων τόξων, για ν' αποφεύγονται τα μεγάλα ύψη και τα μεγάλα ανοίγματα τόξων.

Στη συνέχεια ακολουθούσε το χτίσιμο των βάθρων. Επειδή το γεφύρι δέχονταν πλευρικές πιέσεις από τη ροή του νερού, κατασκευάζονταν στα βάθρα του (ιδίως στα μεσαία) προστατευτικές προεξοχές τριγωνικής κάτοψης και σφηνοειδούς μορφής (διεπίπεδης ή ατρακτοειδούς όψης). Οι προεξοχές αυτές κατευθύνουν τα νερά προς τα ανοίγματα, κάτω από τις καμάρες και το προστατεύουν από τις κάθετες, πάνω στην τοιχοποιία του, δυνάμεις. Σε ορισμένες περιπτώσεις, σφηνοειδείς προεξοχές υπάρχουν όχι μόνο στα ανάντη, αλλά και στις προς τα κατόντη όψεις του γεφυριού. Αυτές κατασκευάζονται για αποφυγή δημιουργίας στροβίλων του νερού στην επιφάνεια του γεφυριού.

Έπειτα κατασκευάζονταν οι σκαλωσιές και οι ξυλότυποι έτσι ώστε να σημειώνονται ελάχιστες παραμορφώσεις του τόξου και επιπλέον να απαιτείται ταυτοχρόνως ελάχιστος χρόνος κατασκευής και ελάχιστος απαιτούμενος όγκος ξυλείας. Στα πολύτοξα γεφύρια στα βάθρα υπήρχαν συνήθως πρόβολοι στην μπροστινή και στην πίσω πλευρά που βοηθούσαν στη μείωση του στροβιλισμού του νερού στο σημείο των θεμελίων.

Η κατασκευή του τόξου ξεκινούσε συμμετρικά από τις γενέσεις με τη χρήση πεπλατιασμένων πετρών προς το κλειδί (κλείδα) του τόξου. Με την τοποθέτηση του κλειδιού έκλεινε η κατασκευή του τόξου και γι' αυτό το λόγο στην «κορυφή» του τόξου συναντάτε πάντοτε λίθος και όχι αρμός. Η εργασία κατασκευής των τόξων έπρεπε να έχει ομοιομορφία έτσι ώστε το τόξο, στο σύνολό του, να έχει τα ίδια δομικά χαρακτηριστικά έστω και δυσμενή. Για το λόγω αυτό, κατά τη διάρκεια της δόμησης γινόταν σύμμετρη αντιμετάθεση των κτιστών στις διάφορες θέσεις του έργου. Πάνω από το τόξο χτίζονταν καλντεριματός διάδρομος διάβασης με πλάτος που κυμαινόταν μεταξύ 1,5 και 2 μέτρων, ο οποίος διέγραφε καμπυλωτή τροχιά ακολουθώντας τα τόξα και προφυλασσόταν από χαμηλά στηθαία ή όρθιες τοποθετημένες στενόμακρες πέτρες, τις λεγόμενες αρκάδες.



Εικ 3.3: Το γεφύρι του Μύλου.

Σε πολλά γεφύρια, συνήθως στα πολύτοξα , υπήρχαν ανακουφιστικά ανοίγματα και ημικυκλικό υπέρθυρο, ώστε να περιορίζεται η πίεση που ασκούσε στο οικοδόμημα η απότομη αύξηση του όγκου του νερού και να διοχετεύεται καλύτερα η μεγάλη ποσότητα σε περίπτωση πλημμύρας.

Οι αρμοί των πετρών κατασκευάζονταν κάθετα προς τη γραμμή των πιέσεων (συνισταμένη των πιέσεων) προσαρμοσμένοι στη βασική προϋπόθεση της ευνοϊκότερης καταπόνησης των στοιχείων σε θλίψη.

Την διεκπεραίωση των εργασιών κατασκευής του τόξου ακολουθούσε , όχι πάντοτε, ο εμποτισμός των αρμών από τη ράχη (εξωράχιο) του τόξου με ισχυρό κονίαμα. Τέλος η κατασκευή διατηρούνταν σε ήρεμη κατάσταση μέχρι την μερική πήξη των κονιαμάτων, δεδομένου ότι τα κονιάματα ήταν βραδύπηκτα.

Η φάση κατασκευής των τόξων ήταν η σημαντικότερη και η δυσχερέστερη για το χτίσιμο ενός γεφυριού, καθώς η κακή τοποθέτηση των σκαλωσιών, μια αιφνίδια κακοκαιρία όπως και οι πλημμύρες μπορεί να αποτελούσαν αιτία κατάρρευσης των γεφυριών.

Στη συνέχεια χτίζονταν πάνω στο τόξο τα τύμπανα και γινόταν το γέμισμα της γέφυρας με ξερολιθιά μέχρι την επιφάνεια του καταστρώματος. Οι πέτρες που χρησιμοποιούσαν για το χτίσιμο της καμάρας ήταν πελεκημένες σε όλες τις πλευρές τους, ενώ οι υπόλοιπες πέτρες συνήθως μόνο στην εξωτερική τους επιφάνεια.

Όταν τελείωνε η κατασκευή του γεφυριού το συνεργείο αφαιρούσε τις σκαλωσιές και τα καλούπια και τότε οι πέτρες έπεφταν κατά λίγα εκατοστά προς τα κάτω και σφήνωναν μεταξύ τους. Όλη η κατασκευή μετατοπιζόταν, επομένως, ελάχιστα προς τα κάτω. Κατόπιν έστρωναν δίπλα στο γεφύρι το «ζιαφέτι», το εορταστικό τραπέζι. Η στιγμή αυτή ήταν στιγμή αγωνίας για τους «πρωτομάστορες», καθώς περίμεναν να δουν αν θα «σταθεί» το γεφύρι.

Πολύ σημαντικό ρόλο για την κατασκευή ενός γεφυριού έπαιξε και η εποχή που επέλεξαν για το χτίσιμο , αφού οι πλημμύρες των ποταμών ήταν ο μεγάλος κίνδυνος κατά την κατασκευή, τόσο των βάθρων όσο και του τόξου. Έτσι επέλεξαν τους καλοκαιρινούς μήνες, ξεκινώντας όταν μειώνονταν τα νερά και τελειώνοντας πριν αρχίσουν οι βροχές το φθινόπωρο.

Στο σημείο αυτό θα μπορούσαμε να προσθέσουμε τα υλικά κατασκευής και κάποια τεχνικά χαρακτηριστικά για μερικά γεφύρια, καθ' ότι μπορεί να διαφέρουν από τόπο σε τόπο.

### **3.5.1. Το γεφύρι της πλάκας**

Κρίθηκε ότι ήταν ένα από τα πλέον αντιπροσωπευτικά γεφύρια της Ηπείρου και γι' αυτό το λόγο αποτέλεσε το αντικείμενο της μελέτης του συνδετικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του. Μετά την επιτόπια λεπτομερή εξέταση της κατασκευής του γεφυριού της Πλάκας, διαπιστώθηκε ότι το συνθετικό υλικό είχε υποστεί σε μεγάλο βαθμό αλλοιώσεις από το χρόνο και τα νερά τόσο της βροχής(κυρίως στο κάτω μέρος του τόξου), όσο και του ποταμού, στα σημεία που διαβρεχόταν από αυτόν κατά τη χειμερινή περίοδο, δίνοντας στον παρατηρητή την εντύπωση επικάλυψης με σταλακτιτικό υλικό. Στα πλάγια του γεφυριού το υλικό είναι μάλλον μη αλλοιωμένο, εάν εξαιρέσουμε την επιφάνειά του. Έτσι έγιναν δύο δειγματοληψίες. Η πρώτη έγινε στα πλάγια της γέφυρας σε μία κόγχη όπου μπορούσε να αφαιρεθεί το επιφανειακό στρώμα και να παρθεί εσωτερικό υλικό και η δεύτερη έγινε σε σημείο όπου το γεφύρι διαβρέχεται το χειμώνα από τα νερά του ποταμού και υπάρχουν εμφανή σημάδια επιφανειακής τουλάχιστον αλλοίωσης. Με αυτά τα δείγματα πραγματοποιήθηκε μία θερμική και μία χημική ανάλυση.

Τα αποτελέσματα της θερμικής ανάλυσης και συγκεκριμένα ο λόγος του παραγομένου διοξειδίου του άνθρακα προς τα απομακρυνόμενα νερά, καθώς και τα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης, μας επιτρέπουν να κατατάξουμε το χρησιμοποιηθέν συνδετικό υλικό στο γεφύρι της Πλάκας και πιθανά, γενικότερα



των γεφυριών που κατασκευάστηκαν κατά τα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα στην περιοχή της Ηπείρου, στα υδραυλικά ασβεστο-κονιάματα.

Η παρασκευή του ασβέστη έγινε από σχετικά καθαρά ασβεστολιθικά πετρώματα, γι' αυτό δεν παρατηρούνται ασβεστο πυριτικά υλικά στο συνδετικό υλικό, ενώ η μετατροπή του σβησμένου ασβέστη σε ανθρακικό ασβέστιο δεν ήταν πλήρης.



Εικ. 3.4: Το γεφύρι της Πλάκας

Η διαβροχή του κονιάματος από τα νερά του ποταμού είχε σαν αποτέλεσμα την έκπλυση μέρους του ασβεστίου και τη μετατροπή της εναπομείνουσας ποσότητας του σβησμένου ασβέστη σε ανθρακικό ασβέστιο.

### 3.5.2. Γεφύρια στην Κρήτη

Από τη δεκαετία του 1880 οι περισσότερες λίθινες γέφυρες του νησιού κατασκευάζονται βάσει μελέτης των σχεδίων μηχανικού. Οι μελέτες αναφέρουν με λεπτομέρεια τα υλικά και τον τρόπο κατασκευής των θεμελίων, των βάθρων και των τόξων, τις διαστάσεις, τη σύνθεση των κονιαμάτων, ακόμα και τον τρόπο κατασκευής των ξυλοτύπων. Τα θεμέλια κατασκευάζονται με χαλίκι και

κονίαμα από θηραϊκή γη, ασβέστη και άμμο. Τα μη ορατά μέρη των βάθρων, τα στηθαία και τα πτερύγια κατασκευάζονται από αργολιθοδομή και αμμοκονία, ενώ για τους θόλους απαιτείται λαξευτή λιθοδομή και κονίαμα από Γαλλική γη (τσιμέντο) ή κεραμοκονία.

### **3.6. Η αισθητική και η αρχιτεκτονική**

Τα ελληνικά γεφύρια με κύριο εκπρόσωπό τους τα ηπειρώτικα, είναι απλά και απέριττα, χωρίς να έχουν ίχνος διακόσμησης. Παρατηρώντας τα ηπειρώτικα γεφύρια, αισθάνεται κανείς ότι αποτελούν προέκταση και συμπλήρωση της φύσης. Φαίνεται πως οι μάστορες που τα έχτισαν δεν είχαν κάποια αισθητική προϋδέαση, ακολούθησαν την τεχνική που τους επέβαλλε η πέτρα και το σχήμα και η μορφή ερχόταν σαν φυσική συνέπεια.

Η λειτουργία της γέφυρας συνίσταται στο να προσφέρει πέρασμα στους ανθρώπους, οχήματα, ή υλικά συνδέοντας δύο σημεία. Αυτή η μοναδική και συγκεκριμένη χρήση της γέφυρας τη διακρίνει από τους άλλους τύπους κατασκευών.

Η γέφυρα σχεδιάζεται κατ' ανάγκη με βασικά κριτήρια τη στατική συμπεριφορά της ανωδομής και εδάφους και την οικονομικότητα. Το σχήμα της γέφυρας συνδέεται στενά με τη στατική συμπεριφορά της κατασκευής: όταν το σχήμα αρχίζει και μεταβάλλεται, τότε προκύπτει αυτόματα και μεταβολή των εντατικών μεγεθών της-δεν συμβαίνει το ίδιο π. χ. Με την αισθητική της όψης ενός κτιρίου.

Δεδομένου μάλιστα ότι στις πέτρινες γέφυρες το σχήμα επιβάλλεται εκ των πραγμάτων, οι αισθητικές αναζητήσεις των κατασκευαστών τους επικεντρώθηκαν στο τι θα τοποθετηθεί επί της γέφυρας-ιδίως στις γέφυρες που βρίσκονταν στις περιοχές των πόλεων.

Για παράδειγμα, η περίφημη γέφυρα Ponte San Angelo του Ανδριανού στον Τίβερη (134 μ.Χ.) είχε ορειχάλκινη στέγη επί σαράντα στηριγμάτων, ενώ αργότερα ο Πάπας Κλημέντιος VII το 1530 τοποθέτησε δέκα κολοσσιαία αγάλματα αγγέλων. Αργότερα στις μεσαιωνικές γέφυρες υπάρχουν πολλές φορές πύργοι για την άμυνα ή ακόμα και καταστήματα, αν αυτές βρίσκονται στο κέντρο της πόλης. Στην παλαιά γέφυρα του Λονδίνου στον Τάμεση, από τα 12 μέτρα πλάτους της γέφυρας, μόνο τα 3 μέτρα έμειναν ελεύθερα από τα καταστήματα.

Οι γέφυρες της Αναγέννησης-με πιο αντιπροσωπευτικές αυτές της Φλωρεντίας και της Βενετίας- έχουν ιδιαίτερα τονισμένη την αισθητική τους διάσταση.

Μία άλλη ιδιομορφία των γεφυρών είναι ότι αυτές- με τον ένα ή τον άλλο τρόπο- αποτελούν δημόσιο έργο, οπότε δεν μπορούν παρά να αντανακλούν περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη κατασκευή το πνεύμα του τόπου και της εποχής τους. Τα Ηπειρώτικα γεφύρια είναι απλά και απέριττα όχι μόνο δεν έχουν άλλα οικοδομήματα στο κατάστρωμά τους-άλλωστε τα περισσότερα δεν είναι κοντά σε μεγάλες πόλεις-αλλά δεν έχουν και κάποιο είδος διακόσμησης.

Η αρχιτεκτονική των πέτρινων γεφυριών της Μακεδονίας δεν διαφέρει από την αντίστοιχη των Ηπειρώτικων και των γεφυριών από άλλες περιοχές του Ελληνικού χώρου. Βασικό της στοιχείο είναι το τόξο (καμάρα). Η κατασκευή πέτρινων τόξων και θόλων ήταν γνωστή στην αρχαία Μακεδονία της κλασσικής εποχής. Επεκτάθηκε και γενικεύτηκε απ' τους Ρωμαίους, που ήταν δεινοί κατασκευαστές τεχνικών έργων (δρόμων, γεφυρών, υδραγωγείων). Αν και οι Ρωμαίοι κατασκεύασαν πλήθος γεφυριών, ωστόσο Έλληνες ήταν οι επιφανέστεροι γεφυροποιοί μηχανικοί της αρχαιότητας: Ο Μανδροκλής, ο Σάμιος (6<sup>ος</sup> αιώνας π. Χ.) που έξευξε τον Βόσπορο, ο Άρπαλος ο Σάμιος (6<sup>ος</sup> - 5<sup>ος</sup> αιώνας π. Χ.) που έξευξε τον Ελλήσποντο και ο Απολλόδωρος ο Δαμασκηνός (60 – 125 μ. Χ.) που κατασκεύασε γέφυρα στο Δούναβη

(Κ. Γεωργακόπουλος *Αρχαίοι Έλληνες θετικοί επιστήμονες*, Γεωργιάδης, Αθήνα 1995). Αρχαιότερο δείγμα πέτρινου τοξωτού γεφυριού θεωρείται ένα γεφύρι στη Ρόδο, κλασικής περιόδου. (Οι προϊστορικές και αρχαϊκές γέφυρες δεν ήταν παρά τοίχοι με τριγωνικές διόδους-οπές παροχέτευσης, κτισμένες με το εκφορικό σύστημα). Κατά την αρχαιολόγο Πολυξένη Μπούγια (1991 και 1995), η οποία μελέτησε τα αρχαία γεφύρια στον ελληνικό χώρο, και με βάση, μεταξύ άλλων, και κείμενα του Γάλλου Adam (1987) και του Ιταλού ουμανιστή Alberti (15ος αιώνας), οι Ρωμαίοι έκτιζαν γέφυρες σχεδόν αποκλειστικά με ημικυκλικά τόξα επειδή τα θεωρούσαν πιο στερεά. Εκτός από τις φυσικές πέτρες, χρησιμοποιήθηκαν σε γέφυρες και οπτόπλινθοι (στην Πάτρα, γεφύρι ανάμεσα 2<sup>ο</sup> - 4<sup>ο</sup> αιώνα μ. Χ.). Τα περισσότερα πέτρινα γεφύρια της Μακεδονίας έγιναν την εποχή της Τουρκοκρατίας, αλλά υπάρχουν και ορισμένα που η κατασκευή τους ανάγεται στη ρωμαϊκή και βυζαντινή περίοδο.

Τα τόξα των Μακεδονικών γεφυριών είναι από ημικυκλικά έως ελλειπτικά. Τα τελευταία δίνουν την εικόνα ελλειπτικού σχήματος, αλλά πλησιάζουν περισσότερο το σχήμα του «καταβιβασμένου» κυκλικού τόξου, δηλαδή τόξου μικρότερου από το ημικύκλιο. Υπάρχουν και μερικές εξαιρέσεις οξυκόρυφων τόξων (π. χ. Κιούπρι Έδεσσας, γεφύρι Γοματίου Χαλκιδικής). Κατά μία άποψη το οξυκόρυφο τόξο είναι ανατολικής προέλευσης, πιθανώς όμως να υπαγορεύτηκε η κατασκευή του από λόγους ευκολίας, αφού η κατασκευή οξυκόρυφου τόξου είναι ευκολότερη από του καμπύλου. Στην περίπτωση της γέφυρας της Αγγίστας, το οξυκόρυφο τόξο της καμάρας παίρνει, σχεδόν, το σχήμα δύο τοίχων, που ξεκινούν από την κατακόρυφη θέση και συγκλίνουν προς τα μέσα κατά το εκφορικό σύστημα δόμησης (κάθε πέτρα προεξέχει όλο και περισσότερο προς το εσωτερικό της καμάρας). Χαρακτηριστικά παραδείγματα οξυκόρυφου τουρκικού τόξου, οξυκόρυφου φραγκικού και ημικυκλικού βυζαντινού, από το κάστρο του Πλαταμώνα, υπάρχουν δημοσιευμένα (με φωτογραφίες) στη μελέτη του Απ. Βακαλόπουλου «Το κάστρο του Πλαταμώνα».

Η μορφή της κατασκευής των Μακεδονικών πέτρινων γεφυριών διαφέρει όχι μόνο από περιοχή σε περιοχή, αλλά παρατηρούμε ανομοιομορφίες ανάμεσα σε γεφύρια και γειτονικών περιοχών ακόμα. Αυτό οφείλεται (πέρα από τις διαφορές στα υλικά κατασκευής και στα γεωμορφολογικά δεδομένα για κάθε θέση γεφυριού) και σε άλλους λόγους, οι οποίοι χρειάζονται περαιτέρω έρευνα από ειδικούς της ιστορίας της αρχιτεκτονικής. Ανάμεσα σε δύο γειτονικά γεφύρια, όπως π. χ. του Ζιάκα και στο Νιδρούζι (Αλατόπετρα- Πρόσβορο) Γρεβενών, υπάρχουν μεγάλες διαφορές στη λιθοδομή (μικρές πέτρες στο ένα, ογκόλιθοι τελείως λαξευτοί στο άλλο). Σε γενικές γραμμές όμως μπορούμε να θεωρήσουμε ότι υπάρχει μία ενιαία αρχιτεκτονική τεχνοτροπία στα Μακεδονικά και στα γεφύρια στις υπόλοιπες περιοχές της Ελλάδος.

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>**

## **ΚΟΣΤΟΣ**

#### 4.1. Τι στοιχίζουν τα πέτρινα γεφύρια

Ένα σοβαρό θέμα που θα μας απασχολήσει στη συνέχεια, είναι αυτό του κόστους κατασκευής των γεφυριών. Δύσκολο βέβαια ζήτημα, καθώς οι αρκετές σωζόμενες τιμές έχουν ενδεικτική μόνο αξία. Απαιτείται γνώση και του μεγέθους του αντίστοιχου γεφυριού, όπως και η αγοραστική δύναμη του χρήματος στη συγκεκριμένη χρονολογία, για να υπάρξει ορθή εκτίμηση της δαπάνης. Κάτι τέτοιο βέβαια είναι αδύνατο, ελλείψει φυσικά στοιχείων, έτσι αναγκαστικά θα καταλήξουμε σε γενικά συμπεράσματα.



Εικ. 4.1: Οθωμανική αυτοκρατορία. Αργυρό 1/2 γρόσι σουλτάνου Μαχμούτ Α' (1730-1754) (Ε) μονόγραμμα του σουλτάνου Ο) επιγραφή. Ιστορικό Μουσείο Κρήτης

Κατά αρχή, όπως θα δούμε και στον σχετικό πίνακα παρακάτω, απομονώσαμε νούμερα του προηγούμενου αιώνα, γιατί γι' αυτό το διάστημα έχουμε μία κάποια ένδειξη της αγοραστικής αξίας της τούρκικης λίρας (νομίσματος της εποχής), αλλά και γιατί τότε χτίστηκαν τα περισσότερα πέτρινα γεφύρια. Πιο πριν, χρησιμοποιούνταν κυρίως ξύλινες κρεμαστές κατασκευές, ξυλοδεσιές ή λιάσες όπως τις έλεγαν. Το «μεριάτικο» εκείνο τον καιρό ήταν τριάντα παράδες, δηλαδή 0,75 γρόσια (μία λίρα είχε 100 γρόσια και κάθε γρόσι 40 παράδες), και βέβαια όταν λέμε μεροκάματο της εποχής, εννοούμε δουλειά «ήλιο με ήλιο», με άλλα λόγια από το πρωί μέχρι και τη

δύση. Τι μπορούσε τώρα ν' αγοράσει κάποιος με αυτά τα χρήματα. Μάλλον ασήμαντα πράγματα. Το 1828 για παράδειγμα, ένα πρόβατο άξιζε 8 ολόκληρα γρόσια. Έπρεπε λοιπόν να δουλέψεις τουλάχιστον δέκα μέρες για να το αποκτήσεις. Από τα παραπάνω, και εάν κοιτάξουμε τις τιμές του πίνακα, αντιλαμβανόμαστε το πόσο πολύ ακριβά κόστιζε η κατασκευή ενός πέτρινου γεφυριού ακόμη και όταν πρόκειται για μικρές κατασκευές με τιμές που κυμαίνονται από 3.000 έως 10.000 γρόσια. Φυσικά για τα μεγάλα γεφύρια, τα ποσά είναι υπέρογκα αφού η δαπάνη τους υπερβαίνει τα 100.000 γρόσια.

Ένας διαφορετικός τρόπος εκτίμησης του κόστους των γεφυριών, ίσως πολύ πιο παραστατικός, είναι αυτός της σύγκρισης με τη δαπάνη άλλων κοινωφελών έργων, όπως είναι τα σχολεία και οι εκκλησίες. Έτσι, για την ίδρυση της εκκλησίας των Αποστόλων Πέτρου και Παύλου στο Σκαμνέλι χρειάστηκαν 50.000 γρόσια (1792), για το χτίσιμο του σχολείου στο Δίλοφο 65.000 γρόσια(1855), του Παρθεναγωγείου στο Αργυρόκαστρο 60.000 γρόσια (1865).Εδώ πρέπει να σημειώσουμε για όλα τα παραπάνω ότι πρόκειται για μεγάλα έργα. Ακόμη για την αγορά μιας οικίας και την μετατροπή της σε παρθεναγωγείο στο Μονοδέντρι 10.000 γρόσια (1841), για την λιθόστρωση των δρόμων στο ίδιο χωριό 5.000 γρόσια (1839), για την κατασκευή υδραγωγείου στη Βίτσα 6.500 (1844).Ενδεικτική τέλος, και η δαπάνη κατασκευής βρυσών, τόσο φροντισμένων σε όλη την περιοχή. Στο Σκαμνέλι γρόσια 3.000(1807), στους Κήπους 6.000(1742), στο Δίλοφο 4.000(1727), στον Καλωτά γρόσια 3.500 (1763).



#### 4.2. ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΕΦΥΡΙΩΝ

<b><u>ΚΟΣΤΟΣ ΓΕΦΥΡΙΩΝ</u></b>		
<b>ΓΕΦΥΡΙ-ΠΕΡΙΟΧΗ</b>	<b>ΔΑΠΑΝΗ (Σε γρόσια)</b>	<b>ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ</b>
Κοντά στο Τσεπέλοβο	5.000	1800
Ανάμεσα Δραγάρι και Φλαμπουράρι	3.000	1828
Κοντά στους Κήπους	4.000	1849
Κοντά στο Σκαμνέλι (θέση Τσαγκάρι)	5.000	1850
Ανάμεσα Κήπους και Νεγάδας	10.000	1861
Λαγκάτσας	13.600	1863
Πλάκας	187.000	1866
Ανάμεσα Καρβασαρά και Χαλκίδας	100.000	1867
Κάτω από τους Φραγκάδες	3.000	1868
Κόνιτσας	120.000	1870
Στο Μεσοβούνι	1.200	1873
Αρτσίστης	21.500	1873
Τσίπιανης	104.000	1875

Γεννιέται λοιπόν δικαιολογημένα το ερώτημα, πώς ήταν δυνατό φτωχά χωριά όπως αυτά της περιοχής να υποστούν μία τόσο μεγάλη θυσία! Κάτι τέτοιο φαντάζει σχεδόν αδύνατο. Είχαν ελπίδες να γίνει πράξη το όνειρό τους μόνο στην περίπτωση που βρισκόταν κάποιος πλούσιος δωρητής, ή το αποφάσιζε ο ηγούμενος ενός μεγάλου μοναστηριού. Σε αυτών τα ποσά έρχονταν να προσθέσουν και τις δικές τους ασήμαντες οικονομίες, ή αρκετές φορές και την προσωπική εργασία των κατοίκων τους, απαλλασσόμενα τότε από αναγκαστική συμμετοχή σε δημόσια έργα. Πρώτοι ανάμεσα στους δωρητές, προκειμένου πάντα για γεφύρια, «προκρίνονται», ο Αλέξιος Μίσιος από το Μονοδέντρι, ο Νούτσος Κοντοδήμος από το Βραδέτο, ο Γ. Λούλης από το Κατόρτσι που διατηρούσε μάλιστα στα Γιάννενα και δικό του πανδοχείο, ο Μητροπολίτης Βυσσαρίωνας από την Πόρτα- Παναγιά των Τρικάλων, ο Θόδωρος Πετσιώνης από το Δίλοφο, η Αγγελική Παπάζογλου, και βέβαια ο μεγάλος Αχμετ Κούρτ Πασιάς, τοπάρχης της επαρχίας Βελεγράδων στη Αλβανία. Αυτοί είναι εκείνοι που έστησαν αρκετά γεφύρια στην Ήπειρο και επισκεύασαν με σημαντικά ποσά περισσότερα.

Επίσης μπορούμε να προσπαθήσουμε να προσεγγίσουμε την τάξη μεγέθους του κόστους κατασκευής των παλιών γεφυριών, κάνοντας κάποιες απλουστευμένες παραδοχές.

Για την κατασκευή του γεφυριού της Κόνιτσας το έτος 1870, όπως αναφέρει ο Σπύρος Μαντάς στα «Ηπειρώτικα γεφύρια», δαπανήθηκαν 120.000 γρόσια. Το γεφύρι αυτό έχει ελεύθερο άνοιγμα 40 μ. γεφυρώνοντας συνολικό μήκος περίπου 60 μ. Όπως είπαμε και παραπάνω, το μεροκάματο ήταν 30 παράδες δηλαδή 0,75 γρόσια, για δουλειά από το πρωί μέχρι τη δύση του ηλίου. Επίσης το κόστος των υλικών ήταν μικρό, δεδομένου ότι τα υλικά λαμβάνονταν «δωρεάν» από τα διατιθέμενα πετρώματα, καθώς και τα μεταφορικά μέσα της εποχής ήταν τα ζώα, με ελάχιστες δαπάνες συντήρησης.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω εάν αναγάγουμε το κόστος κατασκευής σε ημερομίσθια, τα 120.000 γρόσια αντιστοιχούν σε 160.000

ημερομίσθια. Σε σημερινές τιμές τα 160.000 ημερομίσθια, με μέσο εργατικό ημερομίσθιο (μαζί με τις επιβαρύνσεις ΙΚΑ κ.λ.π.) 13.000 δρχ. αντιστοιχούν σε ποσό 2.080.000.000 δρχ. Άρα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τα ποσά που απαιτούσαν τα πέτρινα γεφύρια των προγόνων μας, ήταν τεράστια, αν σκεφτούμε ότι σήμερα μια γέφυρα συνολικού μήκους 60 μέτρων, δεν υπερβαίνει το ποσό των 150.000.000 δρχ.

Μπροστά λοιπόν σε αυτή τη σχεδόν υπεράνθρωπη κατασκευή, τόσο από πλευράς τεχνικής, όσο και χρηματικής, φαντάζει δικαιολογημένος ο λαϊκός λόγος «γιοφύρι θα φκιάσεις αν κάμεις αυτό το καλό».Υπάρχει μάλιστα και περίεργη παράδοση, κυριολεκτικά απίθανη στην πλοκή της, να «ψάχνει» την πηγή των χρημάτων που δημιούργησαν το γεφύρι της Άρτας. Καθ' ότι δεν γίνεται να δεχθεί ο νους του απλού ανθρώπου πως τέτοια ποσά μπορούν να κερδιθούν με φυσικό τρόπο.

Επίσης σε μεγάλο και μυστηριώδη θησαυρό, σύμφωνα με άλλη περίεργη παράδοση, οφείλει το χτίσιμό του και το γεφύρι του Μανώλη στον Αγραφιώτη.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>**

### **ΠΕΤΡΙΝΑ ΓΕΦΥΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

## 5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα πέτρινα γεφύρια της Ελλάδος, εκατοντάδες σε αριθμό, παραδοσιακή κληρονομιά αλλά και μνημεία του τόπου μας είναι πραγματικά αξιοθαύμαστα. Στις επόμενες σελίδες καταγράφονται τα σημαντικότερα και μεγαλύτερα γεφύρια με πλούσιο φωτογραφικό υλικό αλλά και σημαντικές ιστορικές, λαογραφικές και κατασκευαστικές πληροφορίες.

## 5.2. ΗΠΕΙΡΟΣ

Η Ήπειρος είναι η γεωγραφική περιοχή της Ελλάδας όπου χτίστηκαν τα περισσότερα αλλά και τα εντυπωσιακότερα γεφύρια. Ίσως αυτό να οφείλεται εκτός από τη γεωγραφική της θέση, στη γενικότερη μορφολογία του εδάφους της. Οι Ηπειρώτες τεχνίτες άλλωστε κατασκεύασαν γεφύρια όχι μόνο στην Ήπειρο αλλά και σε ολόκληρη την Ελλάδα.

Τα σημαντικότερα από αυτά είναι: το θρυλικό γεφύρι της Άρτας, το γεφύρι της Κόνιτσας, της Πλάκας, του Βοϊδομάτη, του Μίσιου, του καλόγερου κ.α

### 5.2.1 Το γεφύρι της Άρτας



Εικ.5.1.



Εικ. 5.2.

Το γεφύρι της Άρτας στον ποταμό Άραχθο. Σημερινού μήκους 145 μέτρα. Τετράτοξο. Πιθανότατα κτίστηκε αρχικά επί εποχής του Πύρρου (3ος π.χ αιώνας). Επισκευάστηκε στις αρχές του 17ου αιώνα. Το 1881 αποτέλεσε σύνορο μεταξύ Ελλάδας - Τουρκίας. Το παρακείμενο κτίριο που κτίστηκε το 1864 ως στρατώνας αργότερα, το 1881 χρησιμοποιήθηκε ως τουρκικό τελωνείο. Οι κτίστες του δεν είναι γνωστοί. Η κατάστασή του είναι πολύ καλή.

### 5.2.1. Το γεφύρι της Πλάκας



Εικ.5.3

Το γεφύρι της Πλάκας κατασκευάστηκε κοντά στην πόλη των Ιωαννίνων, Βόρεια της Ελλάδας το 1866 από τον πρωτομάστορα Μπέκα και τους εργάτες του. Είναι ιδιαίτερου ιστορικού ενδιαφέροντος το γεγονός ότι η γέφυρα κατασκευάστηκε και κατέρρευσε δύο φορές, το 1860 και το 1863. Το γεφύρι βρίσκεται στον ποταμό Άραχθο και ανήκει διοικητικά στον οικισμό Πλάκα – Ραφταναίων στα σύνορα Άρτας – Ιωαννίνων.

Η καμάρα της πέτρινης γέφυρας είναι το μεγαλύτερο τόξο της Βόρειας Ελλάδας με 40μ πλάτος και 18-20 μέτρα ύψος και δύο μικρές ανάγλυφες καμάρες, 6μ πλάτος η κάθε μία. Είναι πράγματι μια επιβλητική γέφυρα, πραγματικό κόσμημα οικοδομήματος, ένα στολίδι λαϊκής αρχιτεκτονικής που δεν έχει σχεδιαστεί σε τεχνικά γραφεία της σύγχρονης εποχής, αλλά είναι αποτέλεσμα πολλών ετών εμπειρίας και καλλιτεχνικού πάθους των κτιστών της περιοχής της Ηπείρου.

Γενικά η δομική κατάσταση της γέφυρας είναι μέτρια έως και κακή. Υπάρχει μια ρωγμή 15 εκατοστών μέσα στην μεγάλη καμάρα. Οι πέτρες που σχηματίζουν την καμάρα έχουν φύγει από την θέση τους και έχουν χάσει την ευθυγράμμισή τους. Δυστυχώς, αρνητικό ρόλο έχουν και οι παρεμβάσεις με σκυρόδεμα που πραγματοποιήθηκαν στο παρελθόν.

Το γεφύρι υποστηρίζεται επίγεια και υπάρχει πιθανότητα εκτοπισμού της γέφυρας εξαιτίας της διάβρωσης του εδάφους και της ενέργειας του νερού. Η βάση της γέφυρας δεν μπορεί να εξεταστεί λόγω των ορμητικών νερών του ποταμού Άραχθου. Ίσως χρειασθεί να τρυπηθεί για να ερευνηθούν οι γεωλογικές υποδομές. Επίσης αξίζει να αναφερθεί ότι υπάρχει πιθανότητα να κατασκευασθεί φράγμα κοντά στην περιοχή πράγμα που μπορεί να φέρει στην ιστορική αυτή κατασκευή μεγάλες παραμορφώσεις αλλά στην χειρότερη περίπτωση και την κατάρρευση του.

\*Στο παράρτημα VI μπορείτε να δείτε και το σχέδιο του γεφυριού της Πλάκας με ακριβής διαστάσεις.



### 5.2.3. Καλογερικό γεφύρι ή Πλακίδα



Εικ. 5.4.

Κτίστηκε το 1814. Είναι τρίτοξο με μήκος 56 μέτρα και πλάτος καταστρώματος 3,15. Οι κτίστες του δεν είναι γνωστοί. Χορηγός ήταν ο Βίτσας Σεραφείμ ο οποίος ήταν Ηγούμενος της μονής του Προφήτη Ηλία. Η δαπάνη του κόστισε 20.000 γρόσια. Στην ίδια περιοχή ο Ζώτος Ρούσσης από τους Νεγάδες κατασκεύασε ξύλινο γεφύρι, δαπανώντας για το σκοπό αυτό 8.000 γρόσια. Κοντά στο γεφύρι υπήρχε νερόμυλος και νεροτριβή, ιδιοκτησία της Μονής Προφήτη Ηλία της Βίτσας. Ο ηγούμενος της Μονής αποφάσισε την κατασκευή του γεφυριού και γι' αυτόν το λόγο το γεφύρι ονομάστηκε «Καλογερικό». Αργότερα ο μύλος έπεσε. Το 1912 ο Ευγένιος Πλακίδας έφτιαξε κοντά στο γεφύρι μια βρύση, που ονομάστηκε «Βρύση του Πλακίδα».

Τα οδοντωτά στηθαία ελαφρώνουν την ογκώδη κατασκευή της «κάμπιας εν κινήσει» όπως το παρομοίωσαν.



#### 5.2.4. Το γεφύρι της Κόνιτσας



Εικ. 5.5.

Το γεφύρι της Κόνιτσας στον Αώο, ανοίγματος 35,60 μέτρα και ύψος τόξου 19,25 μέτρα. Κτίστηκε το 1870 από τον πρωτομάστορα Ζιώγο Φρόντζο με μαστόρους της Πυρσόγιαννης και των γύρω χωριών. Η δαπάνη κόστισε 120.000 γρόσια. Χορηγοί ήταν οι Ι. Λούλης, Β., Α. Λιάμπεη και ο Α. Παπάζογλου. Στο γεφύρι υπάρχει μικρή ορθογώνια κόγχη, όπου πρέπει να ήταν τοποθετημένη κτητορική επιγραφή. Στη μέση της καμάρας, από κάτω, κρεμόταν καμπανάκι το οποίο προειδοποιούσε τους διαβάτες σε περιπτώσεις ισχυρών ανέμων. Το 1975 επανατοποθετήθηκε νέο καμπανάκι. Τέλος αξίζει να σημειωθεί το περιστατικό παράδοσης του γεφυριού στον πασά των Ιωαννίνων, που λέγεται ότι ήταν ο χορηγός. Ο Γερμανός μηχανικός – τεχνικός σύμβουλος του πασά – έκπληκτος για την πληρότητα και αισθητική του έργου, ρώτησε που σπούδασε ο πρωτομάστορας γεφυροποιός. Και ο Φρόντζος αποκρίθηκε:..στην... Πυρσόγιαννη.

### 5.2.5. Το γεφύρι του βοϊδομάτη (Κλειδωνιά)



Εικ. 5.6.

Κτίστηκε το 1853. Οι κτίστες του είναι άγνωστοι. Η κατάσταση του γεφυριού είναι καλή.



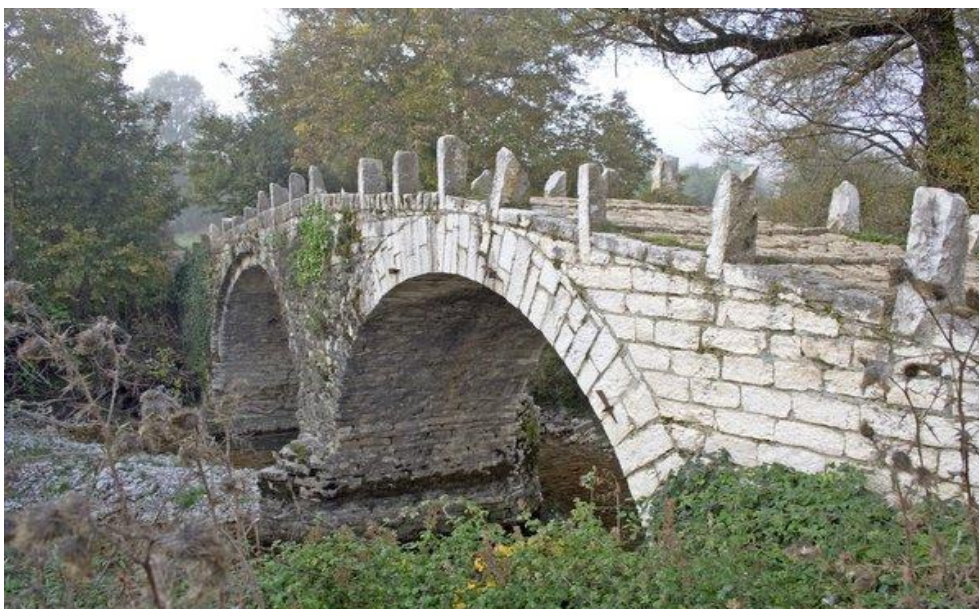
### 5.2.6. Το γεφύρι της Βοβούσας



Εικ. 5.7.

Κτίστηκε το 1748. Ένωσε τους δύο μαχαλάδες της Βοβούσας. Επίσης ένωσε το Ζαγόρι με τη Μακεδονία. Χορηγός ήταν ο Αλέξιος Μιχ. Μίσσιος. Μετά τον πόλεμο τοποθετήθηκαν ξύλινα στηθαία για την συντήρησή του.

### 5.2.7. Κατωγέφυρο



Εικ. 5.8.

Βρίσκεται στο Ωραιόκαστρο Ιωαννίνων. Κτίστηκε το 1889. Είναι δίτοξο με άνοιγμα τόξων 6,30μ. και 5,85μ. αντίστοιχα και ύψος 4 μέτρα. Οι κτίστες του είναι άγνωστοι. Βρίσκεται σε καλή κατάσταση.

### 5.2.8. Γεφύρι Παπαστάθη



Εικ. 5.9.

Κτίστηκε το 1746. Είναι τετράτοξο, με μήκος 85μ., ύψος 8,70μ και πλάτος 2,70 μέτρα. Η δαπάνη ήταν 350 βενετικά φλουριά. Για την κατασκευή του γεφυριού υπάρχουν αρκετές παραδόσεις και διάφορες εκδοχές για το χορηγό και την ονομασία του. Στις παραδόσεις αυτές αναφέρεται ότι χορηγός ήταν κάποιος ηγούμενος, αλλά γίνεται σύγχυση των μονών Κηπίνας και Βύλιζας. Κάποιες απ' αυτές τις παραδόσεις επιχειρούν να ερμηνεύσουν και το όνομα του γεφυριού, θεωρώντας ότι Παπαστάθης ήταν το όνομα του ηγούμενου. Αναφέρεται επίσης ότι τα χρήματα που δόθηκαν για την κατασκευή του γεφυριού προέρχονταν από κάποιους ληστές, που θέλησαν να κλέψουν το μοναστήρι, αλλά με θαυματουργό τρόπο τράπηκαν σε φυγή και εγκατέλειψαν τα χρήματα..



Όταν χτιζόταν το γεφύρι ο Παπαστάθης έριξε λίρες στα θεμέλια. Η κατάσταση του μέχρι σήμερα είναι μέτρια.

### 5.2.9. Γεφύρι του Ξηροπόταμου



Εικ. 5.10.

Βρίσκεται στον ποταμό Καλαμά στο Χελιμόδι σε υψόμετρο 286 μέτρα. Είναι μονότοξο με δύο βοηθητικά τόξα. Το μήκος της βασικής καμάρας είναι 15 μέτρα, ύψος 10μ. και πλάτος 3,20 μέτρα.

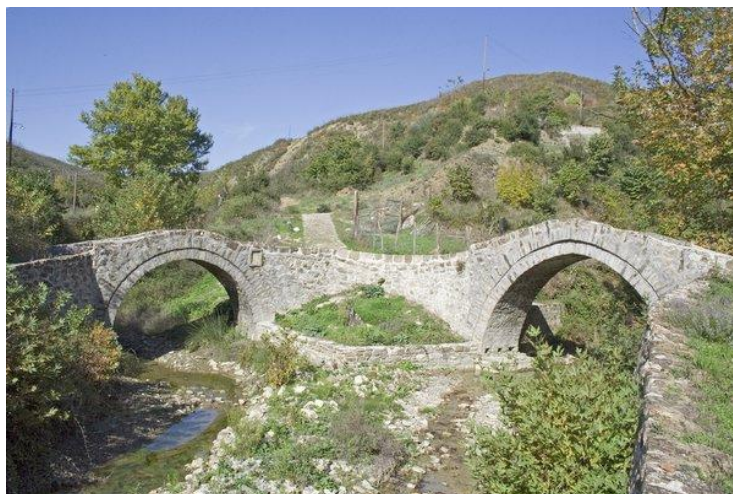
### 5.2.10. Γεφύρι του Μίσσιου



Εικ. 5.11.

Βρίσκεται στον ποταμό Αώο σε υψόμετρο 1072 μέτρων. Είναι δίτοξο με μήκος 24μ και ύψος 10 μέτρα. Κτίστηκε το 1748.

### 5.2.11. Τα δύο γεφύρια



Εικ. 5.12.

Είναι δίτοξο, τα τόξα σχηματίζουν γωνία 90 μοιρών. Οι διαστάσεις τόξων: α) μήκος 4μ., ύψος 3,10μ., πλάτος 1,55μ., και β) μήκος 5μ., ύψος 3,50μ., πλάτος 1,55μ.



### 5.2.12. Γεφύρι Τσίπιανης



Εικ. 5.13.

Κτίστηκε το 1875 από άγνωστους κτίστες. Είναι μονότοξο και βρίσκεται σε καλή κατάσταση. Χορηγός ήταν η Κοινότητα Γρεβενιτίου και ο Αναστάσιος Πασπαλιάρης από Τρίστενο. Η δαπάνη του ήταν 1040 Οθωμανικές λύρες.

### 5.2.13. Ζαλλογογέφυρο



Εικ. 5.14.

Κτίστηκε το 1605. Είναι μονότοξο με μήκος 11,30μ., ύψος 8μ και πλάτος 2 μέτρα.

#### 5.2.14. Γεφύρι του φίλου



Εικ. 5.15.

Κτίστηκε το 1908 από τον κτίστη Φίλο από τα Άγναντα. Είναι μονότοξο με ανακουφιστικό άνοιγμα. Βρίσκεται στον ποταμό Άραχθο σε υψόμετρο 749 μέτρα.

#### 5.2.15. Γεφύρι του Χάτσιου

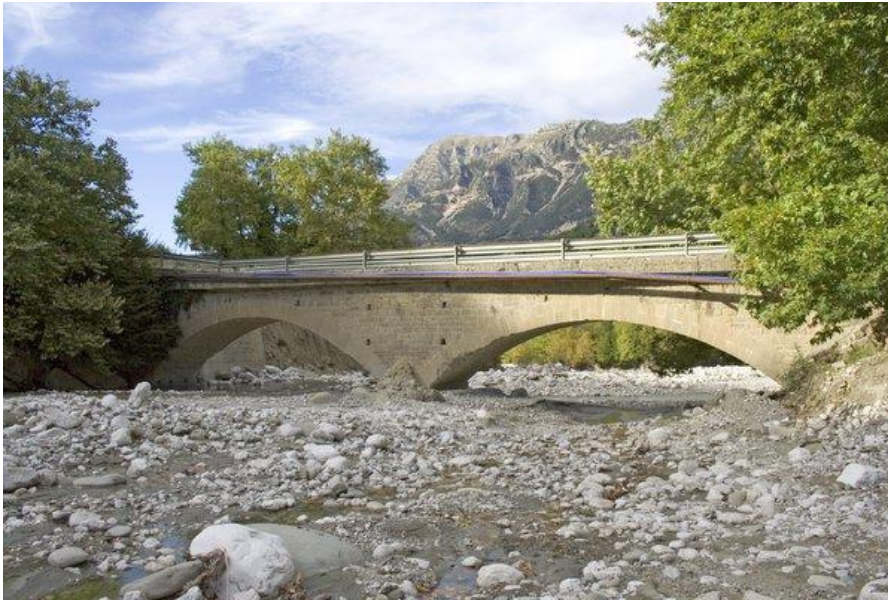


Εικ. 5.16.

Κτίστηκε το 1804. Χορηγός ήταν ο Λάμπρος Χάτσιος από το Τσεπέλοβο. Είναι μονότοξο με μήκος 17,50μ και ύψος 9,90μ.



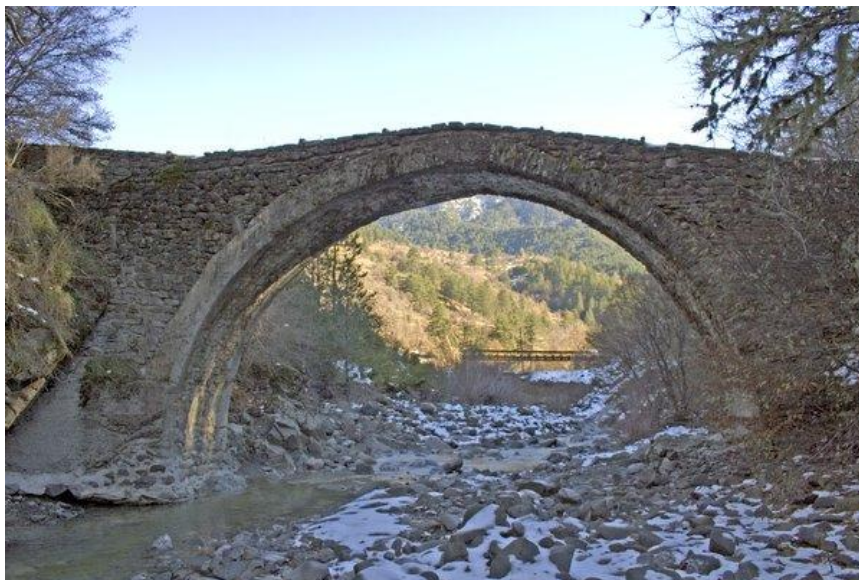
### 5.2.16. Γεφύρι Χριστών



Εικ. 5.17.

Είναι δίτοξο. Η κατάστασή του είναι μέτρια, καθώς το κατάστρωμα έχει επικαλυφθεί με άσφαλτο και περνάει ο αυτοκινητόδρομος.

### 5.2.17. Γεφύρι του Ποντίκα



Εικ. 5.18.

Είναι μονότοξο και βρίσκεται κοντά στην Βωβούσα σε υψόμετρο 995 μέτρα.

### 5.2.18. Γεφύρι του Κοντοδήμου ή Λαζαρίδη

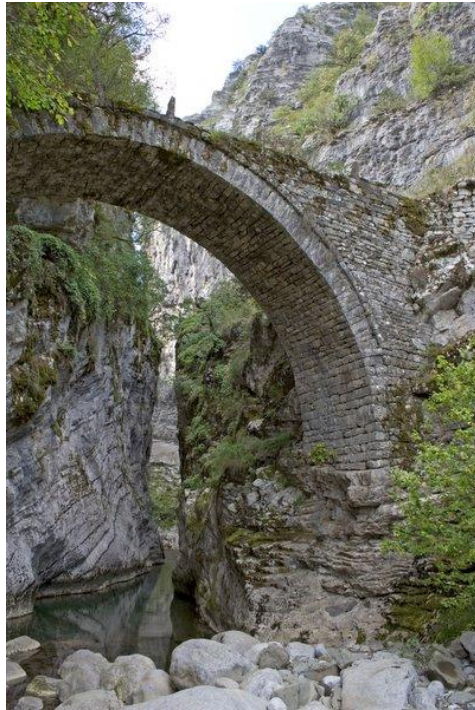


Εικ. 5.19.

Κτίστηκε το 1753. Είναι μονότοξο με μήκος 13,60μ και ύψος 4,20 μέτρα. Το δεύτερο όνομά του το γεφύρι το πήρε από τον παρακείμενο μύλο του Λαζαρίδη. Πάνω από το γεφύρι υπάρχει ένας βράχος που ονομάζεται «Καντήλα, εξαιτίας του παρακάτω θρύλου: Στα 1853, ληστές έκαψαν την εκκλησία της Μπάγιας (Κήπων) και έκλεψαν τις εικόνες της. Ανάμεσα στις εικόνες ήταν κι αυτή του Αγίου Κωνσταντίνου και της Αγίας Ελένης. Από τότε, κάθε βράδι της παραμονής της γιορτής των Αγίων, παρουσιαζόταν μια καντήλα, κρεμασμένη από το βράχο μέχρι το γεφύρι. Τελικά οι Κουκουλιώτες βρήκαν τις εικόνες κρυμμένες κοντά στο ποτάμι και από τότε σταμάτησε να εμφανίζεται και η καντήλα. Στο νερόμυλο αυτό άλεθαν και μαντάνιζαν οι κάτοικοι των Κήπων, του Κουκουλίου, του Καπεσόβου και του Βραδέτου.



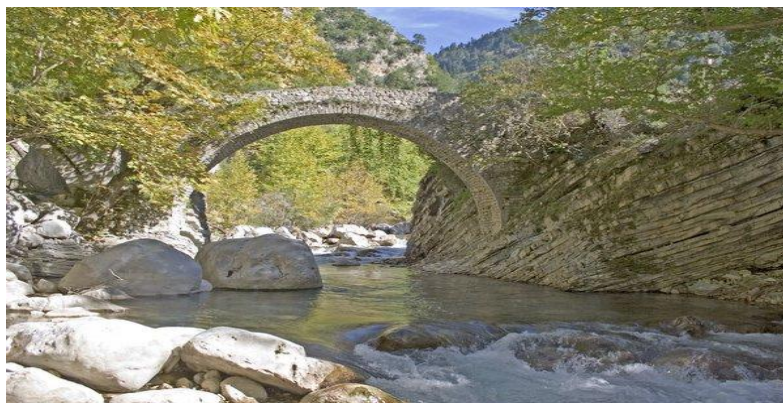
### 5.2.19. Παλαιογέφυρο



Εικ. 5.20.

Κτίστηκε το 1700. Είναι μονότοξο με μήκος 9,50μ και ύψος 10 μέτρα. Βρίσκεται στον ποταμό Αώο σε υψόμετρο 822 μέτρα.

### 5.2.20. Γεφύρι του Ραφτάνη



Εικ. 5.21.

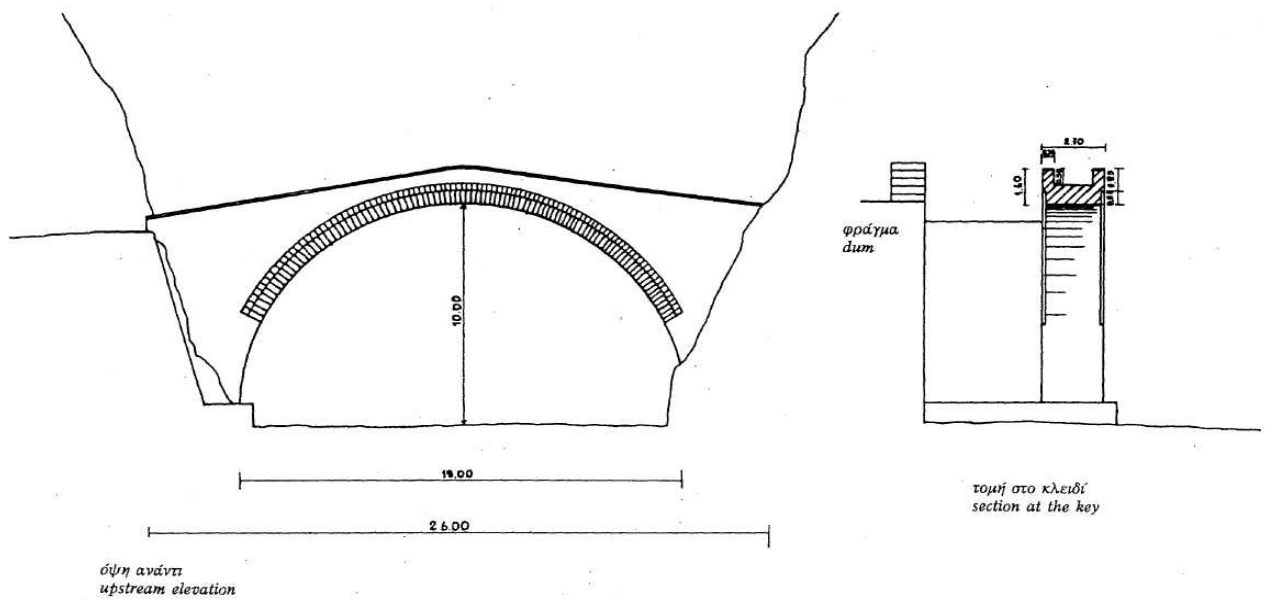
Ο πρωτομάστορας του γεφυριού ήταν ο Ραφτάνης. Βρίσκεται στον Άραχθο σε υψόμετρο 511 μέτρα.

### 5.3. ΘΕΣΣΑΛΙΑ

#### 5.3.1. Γεφύρι Παλαιοκαρυάς



Εικ. 5.22.



Σχ. 5.2.

### **5.3.1.1. Θέση – Περιγραφή τοπίου**

Βρίσκεται επί της επαρχιακής οδού Πύλης – Παλιοκαρυάς, δύο χιλιόμετρα περίπου πριν από την κάτω Παλιοκαρυά και επί του Πορταϊκού ποταμού. Η κατασκευή της επαρχιακής οδού σε στάθμη πολύ ψηλότερα από εκείνη της γέφυρας, είχε σαν αποτέλεσμα η πρόσβαση σε αυτήν να είναι πολύ δύσκολη. Η γέφυρα συνδέεται με πέτρινο μονοπάτι με κατεύθυνση προς Πύλη, κατασκευασμένο, (το πρώτο τμήμα του) πάνω σε βραχώδη περιοχή με αποτέλεσμα να διατηρείται σε καλή κατάσταση. Η γέφυρα παλαιότερα εξυπηρετούσε την επικοινωνία Πύλης – Μεσοχώρας.

Στην ανάντη πλευρά του γεφυριού υπάρχει μικρό φράγμα πολύ κοντά σε αυτήν, το οποίο δημιουργώντας καταρράκτη κάνει το τοπίο εντυπωσιακό.

### **5.3.1.2. Περιγραφή – Τεχνικά χαρακτηριστικά**

Η γέφυρα είναι μονότοξη με ημικυκλικό τόξο χτισμένη πάνω σε βραχώδη απόκρημνη περιοχή. Χτίστηκε σε αυτή τη θέση, επειδή υπάρχει βραχώδες «στένεμα» της κοίτης του ποταμού.

Το γεφύρι έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

Άνοιγμα τόξου : 19,00 μέτρα

Ύψος τόξου : 10,00 μέτρα

Πάχος κλειδιού : 0,55 μέτρα

Πάχος διαζώματος τόξου : 0,55 μέτρα

Πλάτος φορέα – καταστρώματος : 2.70 μέτρα

Διαστάσεις στηθαίων, πλάτος : 0,35 μέτρα

Διαστάσεις στηθαίων, ύψος : 0,55 μέτρα

Το συνολικό μήκος της γέφυρας είναι 26,00 μέτρα.

Η γέφυρα είναι κατασκευασμένη με πέτρα Παλιοκαρυάς, το διάζωμα με πελεκητή και το υπόλοιπο τμήμα με λιθοδομή μορφής οριζόντιων αρμών.



Το έτος 1975, με την κατασκευή του φράγματος ενισχύθηκε το αριστερό βάθρο της γέφυρας με κοιτόστρωση, δεδομένου ότι υπήρχε κίνδυνος υποσκαφής του από το νερό. Επίσης κατασκευάστηκε μεταξύ του φράγματος και του αριστερού βάθρου, πέτρινος τοίχος (περυγότοιχος).

Το έτος 1985, έγινε ανακατασκευή των στηθαίων τα οποία είχαν σχεδόν καταρρεύσει.

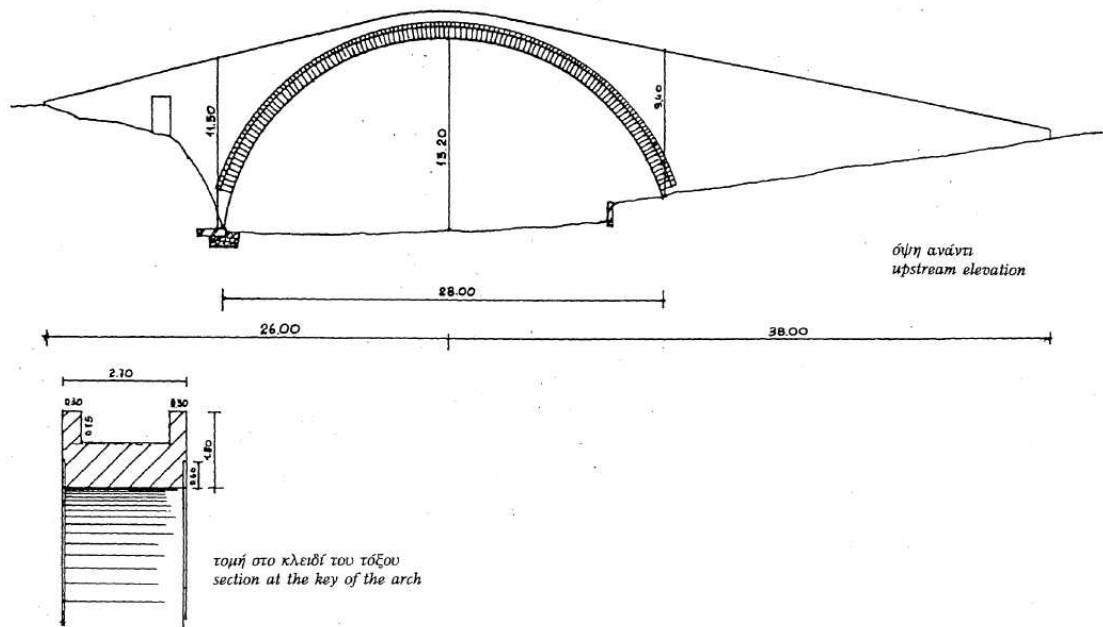
### **5.3.1.3. Στατική κατάσταση**

Η γέφυρα σήμερα, μετά την προστασία με σκυρόδεμα του αριστερού βάθρου το οποίο είχε αρχίσει να διαβρώνεται από τη συνεχή επαφή του με το νερό και την κατασκευή του πέτρινου περυγότοιχου, βρίσκεται σε πολύ καλή στατική κατάσταση.

### **5.3.2. Γεφύρι Πόρτας (Αγίου Βησσαρίωνα)**



Εικ. 5.23.



Σχ. 5.3.

### 5.3.2.1. Θέση – Ιστορικό

Βρίσκεται στο 22<sup>ο</sup> χιλιόμετρο της εθνικής οδού Τρικάλων – Άρτας. Σήμερα είναι το δεύτερο σε μέγεθος μονότοξο γεφύρι του Θεσσαλικού χώρου από όσα κτίστηκαν πριν από τον αιώνα μας (το πρώτο είναι του Τριζώλου).

Γεφυρώνει τον ποταμό Πορταϊκό και αποτελούσε μέχρι το 1936 τη μοναδική σύνδεση του κάμπου με τα χωριά της Πίνδου.

### 5.3.2.2. Περιγραφή – Τεχνικά χαρακτηριστικά

Πρόκειται για μονότοξη γέφυρα, με ημικυκλικό τόξο ανοίγματος 28 μέτρων. Το μεγάλο άνοιγμα του τόξου δίνει στην γέφυρα μεγαλοπρέπεια και μοναδικότητα στην περιοχή.

Το μέγιστο ύψος του τόξου είναι 13,20 μέτρα. Το πάχος του διαζώματος είναι 0,60μ. Τα στηθαία τα οποία ξανακατασκευάστηκαν έχουν ύψος 0,75μ. και πλάτος 0,30μ.

Το πλάτος του καταστρώματος είναι 2,70μ., ενώ το συνολικό μήκος της γέφυρας φθάνει τα 64μ.

Η βαθιά κοίτη του ποταμού βρίσκεται πλησίον του αριστερού βάθρου της γέφυρας. Στο παρελθόν για τη συντήρησή της έγιναν διάφορες επεμβάσεις.

Κατά τη δεκαετία του '50 με πρωτοβουλία του Δασαρχείου κατασκευάστηκε πέτρινη αντιρίδα αντιστήριξης στο αριστερό τύμπανο ανάντη.

Το 1966 έγινε αρμολόγηση, κυρίως στο κατάστρωμα, στεγανοποίηση, επανακατασκευή των στηθαίων, καθώς επίσης και διαμήκης τοίχος αντιστήριξης της όχθης σε απόσταση 4 μέτρων από το δεξιό βάθρο για προστασία της από υποσκαφές.

Το 1984 έγινε ενίσχυση του θεμελίου του αριστερού βάθρου, με κατασκευή από πέτρα και κοιτόστρωση από σκυρόδεμα, δεδομένου ότι η βαθιά κοίτη έχει εκτραπεί προς την πλευρά του αριστερού βάθρου.

### **5.3.2.3. Υλικά κατασκευής**

Για την κατασκευή του διαζώματος έχει χρησιμοποιηθεί πελεκητός ψαμμίτης ενώ για το υπόλοιπο τμήμα ασβεστολιθική αργολιθοδομή που θα μπορούσε να χαρακτηριστεί «επιμελής αργολιθοδομή».

### **5.3.2.4. Στατική κατάσταση**

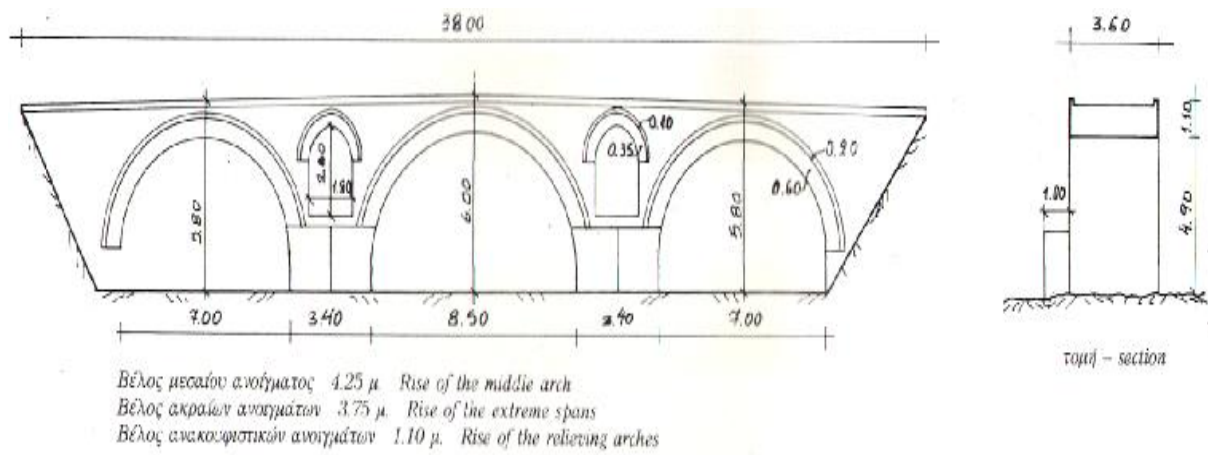
Παρά το μεγάλο άνοιγμα του τόξου η γέφυρα άντεξε στο χρόνο και σήμερα η στατική της κατάσταση είναι ικανοποιητική. Τα προβλήματα εντοπίζονται κυρίως στο εσωράχιο και στην περιοχή του κλειδιού, τα οποία εκφράζονται με ρηγματώσεις, απώλεια πετρών και κονιάματος. Ενδεχομένως να υπάρχουν παραμορφώσεις στο κλείδωμα του τόξου που δεν είναι δυνατόν να διαπιστωθεί χωρίς σχετική μελέτη, εάν προήλθαν από την πάροδο του χρόνου ή από κατασκευαστική ατέλεια.



### 5.3.3. Το γεφύρι στο κεραμίδι



Εικ. 5.24.



Σχ. 5.4.

#### 5.3.3.1. Θέση

Βρίσκεται στο χωριό Κεραμίδι στο δρόμο από το Βλοχό. Γεφυρώνει τον ποταμό Ενιπέα μετά τη συμβολή του Φαρσαλίτη.

### **5.3.3.2. Περιγραφή – Τεχνικά χαρακτηριστικά**

Πρόκειται για ένα τρίτοξο γεφύρι με ημικυκλικής μορφής ανοίγματα και δύο ανακουφιστικά ανοίγματα στα βάθρα. Το μεσαίο άνοιγμα έχει μήκος 8,50μ. και ύψος 6,00μ. Τα ακραία ανοίγματα έχουν μήκος 7,00μ. και ύψος 5,80μ. Τα διαζώματα έχουν πάχος 0,60μ. το κύριο και 0,20 το δευτερεύον.

Τα ανακουφιστικά ανοίγματα έχουν πλάτος 1,80μ. και ύψος 2,80μ.

Τα διαζώματα τους έχουν πάχος 0,35μ. το κύριο και 0,10 το δευτερεύον.

Το συνολικό μήκος του γεφυριού είναι 38,00 μέτρα και το πλάτος 3,60μ.

Το στηθαίο έχει ύψος 0,50μ. και το πλάτος 0,30μ.

Τα βάθρα έχουν πλάτος 3,00μ. και ανάντη έχουν τριγωνικούς προβόλους μήκους 1,00 μέτρου.

### **5.3.3.3. Υλικά κατασκευής**

Το υλικό κατασκευής του γεφυριού έχει παρθεί από τους γειτονικούς λόφους που είναι ασβεστολιθικοί (τόξα από πελεκητές πέτρες, τύμπανα από αργολιθοδομή επιμελημένης κατασκευής).

### **5.3.3.4. Στατική κατάσταση**

Το γεφύρι βρίσκεται σε πολύ καλή κατάσταση

### **5.3.3.5. Προτάσεις**

Είναι απαραίτητη η συντήρηση του γεφυριού ύστερα από σχετική μελέτη δεδομένου ότι κατακλύζεται από τα πλημμυρικά νερά του Ένιπέα.

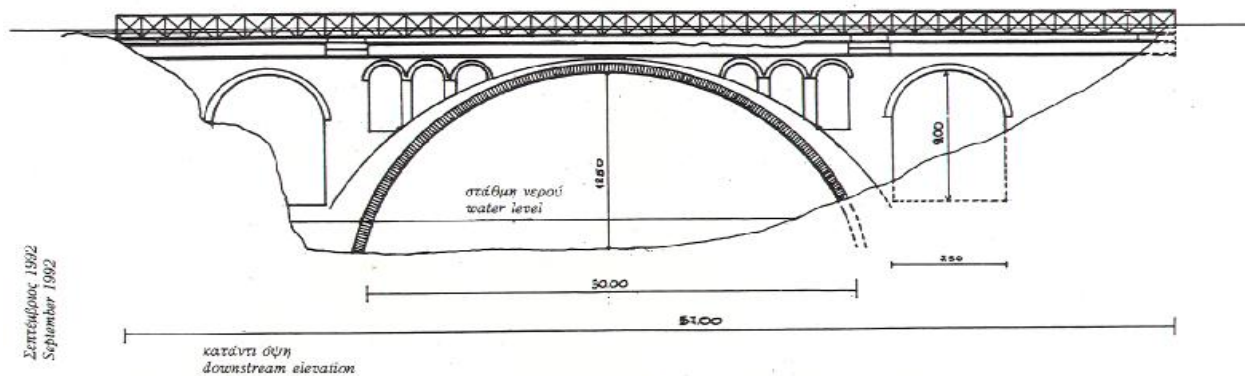
### **5.3.3.6. Ιστορικό**

Δεν είναι γνωστό το πότε κατασκευάστηκε. Τα οξυκόρυφα κλειδώματα των ανακουφιστικών ανοιγμάτων μαρτυρούν κατασκευή μεταξύ 13<sup>ου</sup> και 16<sup>ου</sup> αιώνα.

### 5.3.4. Γεφύρι Μεσοχώρας



Εικ. 5.25.



Σχ. 5.5.

#### 5.3.4.1. Θέση

Βρίσκεται λίγο μετά τη Μεσοχώρα και γεφυρώνοντας τον ποταμό Αχελώο συνδέει τους οικισμούς Μεσοχώρας και Αρματολικού, αποτελώντας το μοναδικό πέρασμα της περιοχής, για πεζούς και τροχοφόρα.

Η ευρεία κούη του ποταμού είναι 40 μέτρα ενώ η βαθιά 25 μέτρα περίπου.

Οι εργασίες του φράγματος της Μεσοχώρας που γίνονται στην περιοχή, έχουν αλλοιώσει εντελώς το τοπίο και τμήμα της γέφυρας έχει επιχωθεί.

#### **5.3.4.2.Περιγραφή – τεχνικά χαρακτηριστικά**

Η γέφυρα είναι μονότοξη με δύο μεγάλα ανακουφιστικά ανοίγματα εκατέρωθεν του τόξου καθώς και άλλα 6 μικρότερων διαστάσεων, και είναι κατασκευασμένα με μεγάλη επιμέλεια.

Το άνοιγμα του τόξου της γέφυρας είναι 30 μέτρα, το πλάτος του φορέα του καταστρώματος 3,00 μέτρα και το πάχος διαζώματος τόξου 0,70μ.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η μεταβολή του πάχους του 2<sup>ου</sup> διαζώματος, αρχίζει με πλάτος 1,80μ. (στις γενέσεις) και καταλήγει σε πλάτος 0,40μ. (στη θέση του κλειδιού).

Τα δύο μεγάλα ανακουφιστικά ανοίγματα έχουν διαστάσεις: πλάτος 7,50μ. και ύψος 9μ. και καταλήγουν σε ημικυκλικό τόξο.

Πάνω από την γέφυρα για την εξυπηρέτηση των τροχοφόρων έχει κατασκευαστεί γέφυρα Μπέλεν πλάτους 5 μέτρων και η οποία διοχετεύει τα φορτία στα ακρόβαθρα του τόξου.

Η βαθιά κοίτη του ποταμού έχει μεταβληθεί από τις επιχώσεις.

Η γέφυρα είναι χτισμένη από μαργαικό ψαμμίτη πελεκητό με λιθοδομή μορφής οριζόντιων αρμών.

Θα πρέπει να τονισθεί η μεγάλη ακρίβεια και επιμέλεια με την οποία είναι λαξευμένες οι πέτρες των διαζωμάτων σε βαθμό που με δυσκολία διακρίνει κανείς την ύπαρξη των αρμών.

Ως υλικό κονιάματος χρησιμοποιήθηκε ποζολάνη φερμένη από ηφαίστειο της Ιταλίας.

#### **5.3.4.3. Στατική κατάσταση**

Παρά τις μεγάλες της διαστάσεις, η γέφυρα διατηρείται σε καλή κατάσταση, αν και στο εσωράχιο των τόξων (κυρίως των βοηθητικών ανοιγμάτων) παρατηρείται απώλεια συνοχής των πετρών.

Η έλλειψη συνοχής των πετρών, προήλθε από τους κραδασμούς που δημιουργεί η διέλευση βαρέων τροχοφόρων πάνω από τη γέφυρα Μπέλευ.

#### **5.3.4.4. Προτάσεις**

Τι να προτείνει κανείς για μια γέφυρα καταδικασμένη να σκεπαστεί από τα νερά του ταμιευτήρα του φράγματος;

Καλές φωτογραφίες για ενθύμιο!!!

Η τεχνοτροπία της μαρτυρεί ότι είναι έργο της 1<sup>ης</sup> δεκαετίας του 20<sup>ου</sup> αιώνα.



## 5.4. ΝΗΣΙΑ

### 5.4.1. Ικαρία

Η ίδια η λογική των Ηπειρώτικων γεφυριών παρατηρείται στα γεφύρια της Ικαρίας, μικρότερα μεν αλλά κομψοτεχνήματα μέσα στο υπέροχο περιβάλλον της φύσης, απλά και απέριττα και ανθεκτικότερα ως σήμερα, όπου άντεξαν μεγάλο βάρος φορτηγών, έως και 20 τόνους κατά μαρτυρίες κατοίκων.



Εικ.5.26: Γεφύρι στα Γεμέλια της Ικαρίας

Είναι μονότοξα, φτιαγμένα από γρανίτη κυρίως ή και σχιστόλιθο. Είναι σπάνιο σε νησιωτική περιοχή να βρεις τόσα γεφύρια, αλλά λόγω του πετρώδους της περιοχής και της δύσκολης επικοινωνίας των κατοίκων και επειδή τα ποτάμια είναι αρκετά για τόσο μικρή περιοχή τα γεφύρια ήταν αναγκαία. Αυτά έδωσαν ελπίδα στον καθημερινό άνθρωπο του μόχθου και θα μπορούσε ο περιηγητής να κάνει την ίδια περιγραφή όπως στο Ηπειρώτικο γεφύρι.

Η πείρα λοιπόν τόσο στην Ήπειρο όσο και στο μικρό νησί της Ικαρίας οδήγησε την τέχνη και ο πολιτισμός είναι φτιαγμένος με πέτρα.

#### 5.4.2. Άνδρος



Εικ. 5.27.

Δικαιολογημένα αποκάλεσαν την Άνδρο υδρούσα. Δεν έχει βέβαια τους μεγάλους ποταμούς και τους πλούσιους χειμάρρους, μα οι πηγές και τα νερά της πάντα αφθονούσαν, δυσκολεύοντας την επικοινωνία. Αναγκάστηκαν έτσι οι κάτοικοι να χτίσουν αρκετά γεφύρια, που ο αριθμός τους, για νησί, εκπλήσσει – μιλούν για παραπάνω από 40, όλα πέτρινα και τοξωτά! Ανάμεσα τους, ξεχωρίζει εκείνο που από τη Χώρα οδηγεί στο μικρό, οχυρωμένο κάποτε με κάστρο, νησί. Αν και με αρκετές σήμερα φθορές – για κατάστρωμα απομένει μια σειρά από καμαρολίθια – εξακολουθεί να γεφυρώνει τη θάλασσα!

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>**

## **ΣΤΑΤΙΚΗ ΛΙΘΙΝΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ**



## 6.1. Μια συνοπτική ιστορική αναδρομή

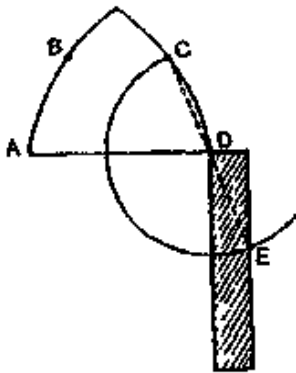
Στα πλαίσια του ενδιαφέροντος για την εξέλιξη της τεχνικής γνώσης των «γεφυροποιών», έχουν θέση στην εργασία αυτή μερικά στοιχεία που αφορούν την εξέλιξη των στατικών γνώσεων για τις λίθινες τοξωτές κατασκευές. Το θέμα δεν αφορά μόνο τις γέφυρες αλλά όλες τις τοξωτές κατασκευές δηλαδή έναν βασικό φορέα, μοναδικό στοιχείο γεφύρωσης σημαντικών ανοιγμάτων με λίθινο υλικό.

Ασφαλώς οι γέφυρες, λόγω του μεγέθους των προς γεφύρωση ανοιγμάτων, των αυξημένων φορτίων καθώς και των συνθηκών θεμελίωσης, αποτελούν την πιο δύσκολη περίπτωση λίθινων τόξων.

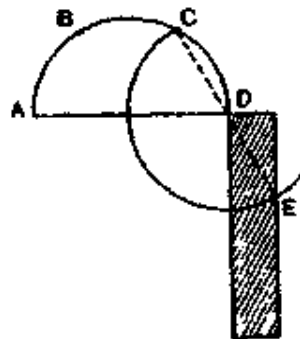
Κάθε προσπάθεια κατανόησης των κατασκευών αυτών θα πρέπει να βασίζεται στον τρόπο που οι κατασκευαστές τους τις είχαν συλλάβει και όχι στη σημερινή μας θεώρηση μέσω της θεωρίας της ελαστικότητας. Θα πρέπει ίσως να μάθουμε να διακρίνουμε μέσα στην τοξωτή κατασκευή μερικούς απλούς ιδεατούς μηχανισμούς (κατάλληλα διατεταγμένο σύστημα μοχλών ή σφηνών) που σκοπό είχαν να προβλέψουν την συμπεριφορά της κατασκευής και τον τρόπο αστοχίας για την συναγωγή κανόνων σχεδιασμού. Είναι γνωστό ότι μια στατική θεωρία των τόξων που να οδηγεί σε ποσοτικούς όρους δεν εμφανίστηκε μέχρι το τέλος του 17<sup>ου</sup> αιώνα. Άλλα και αφού εμφανίστηκε παρέμεινε επί δεκαετίες υπόθεση λίγων επιστημόνων και η ενσωμάτωση των θεωριών αυτών στον εξοπλισμό του μηχανικού της πράξης χρειάστηκε πάνω από έναν αιώνα ακόμα. Είναι όμως επίσης γνωστό ότι βασικές πλευρές της στατικής συμπεριφοράς τους ήταν από πολύ παλιά γνωστές και καθοδηγούσαν την κατασκευαστική πρακτική. Για παράδειγμα στο έκτο από τα Δέκα Βιβλία της Αρχιτεκτονικής, ο Βιτρούβιος μιλάει για την ώθηση που τα τόξα εξασκούν στους τοίχους και τα βάθρα τους. Η κατασκευαστική εμπειρία και η στατική διαίσθηση καλλιεργημένες μέσα από αιώνες τριβής με τα φυσικά υλικά και την διαδικασία δοκιμής και ελέγχου των κατασκευών, οδήγησαν σε αξιοθαύμαστες

κατασκευές πολύ πριν την εμφάνιση και συστηματοποίηση της επιστήμης της μηχανικής.

Οι λεπτές ισορροπίες που πέτυχαν με τα οξυκόρυφα τόξα και τους θόλους με νευρώσεις, οι κατασκευαστές των γοθικών ναών, δείχνουν μια αρκετά καλή γνώση της λειτουργίας του τόξου. Σύμφωνα με τον Violet le Duc οι κατασκευαστές του Μεσαίωνα κατείχαν μια επεξεργασμένη θεωρία, αυτή που θέλει την μορφή του τόξου να πλησιάζει προς την μορφή της καμπύλης των πιέσεων. Σε αυτή την εποχή αποδίδεται και ο παρακάτω εμπειρικός τρόπος καθορισμού του πάχους των βάθρων ανάλογα με τη μορφή του τόξου.



Σχ. 6.1.



Σχ. 6.2.

Το ημικύκλιο ή το οξυκόρυφο τόξο χωρίζεται σε τρία ίσα μέρη. Η τομή του ημικυκλίου ακτίνας DC με την κατακόρυφο ορίζει το πάχος του βάθρου.

Η διαστασιολόγηση των τόξων με γεωμετρικές μεθόδους και κανόνες υπήρξε ο μόνος τρόπος που χρησιμοποιήθηκε μέχρι πρόσφατα. Η αντίληψη που κυριαρχούσε, που πρώτος αμφισβήτησε ο Γαλιλαίος, ότι κατασκευές γεωμετρικά όμοιες έχουν και τις ίδιες στατικές ιδιότητες έκανε τον Leon Batista Alberti να διαβεβαιώνει για την απόλυτη ασφάλεια του ημικυκλικού τόξου και τους διάφορους θεωρητικούς της Αρχιτεκτονικής να καθορίζουν την μορφή του τόξου και τις αναλογίες των διαφόρων μελών της κατασκευής με καθαρά

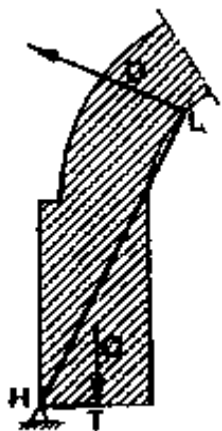
γεωμετρικό τρόπο, χρησιμοποιώντας κριτήρια αισθητικά, συμβολικά ή ρυθμολογικά από την κλασική παράδοση.

Εκείνο που κάνει εντύπωση είναι η απουσία κάθε αναφοράς στην στατική και την αντοχή των κατασκευών αυτών. Εξαίρεση αποτελεί ο Leonardo Da Vinci ανάμεσα στις σημειώσεις και τα σκίτσα του συναντά κανείς παρατηρήσεις και νύξεις που θα αναπτυχθούν αιώνες αργότερα. Φαίνεται πως προσπάθησε να υπολογίσει με πειραματικό τρόπο την ώθηση των τόξων, ενώ σαν κανόνα διαστασιολόγησης πρότεινε : το τόξο δεν θα καταρρεύσει αν η χορδή του εξωράχιου του μισού τόξου δεν αγγίζει την καμπύλη του εσωραχίου. Τον κανόνα αυτό θα χρησιμοποιήσει τον 18<sup>ο</sup> αιώνα και ο Couplet.

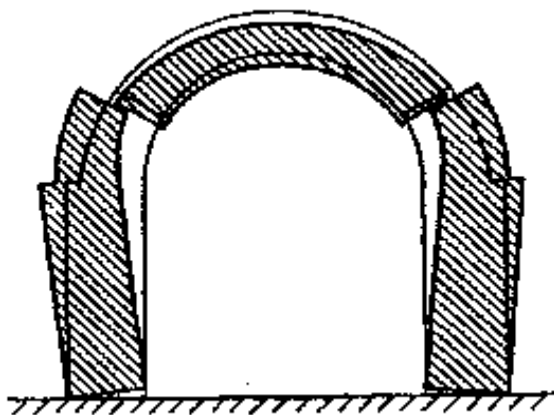
Τα πρώτα σοβαρά βήματα για τη δημιουργία μιας στατικής θεωρίας των τόξων γίνονται από το Γάλλο αστρονόμο και μαθηματικό Philippe De la Hire με τις εργασίες του Traire de Mecanique (1695) και Sur la Construction des voutes dans les edifices (1712). Ο De la Hire ήταν ο πρώτος, σε μια μακρά σειρά αρχιτεκτόνων-γεωμετρών, που προσπάθησε να εφαρμόσει την θεωρία του Varignon για την ανάλυση των δυνάμεων στο πρόβλημα της αντοχής των τόξων. Πίστευε ότι παρ' όλο που η γεωμετρία ήταν απαραίτητη σ' έναν μηχανικό, η φύση συμπεριφέρεται με αρκετά περίπλοκο τρόπο για να υπακούσει σε αυστηρούς γεωμετρικούς κανόνες.

Ο De la Hire αναλύει το τόξο σε στοιχειώδεις σφήνες τις οποίες θεωρεί σαν απολύτως στερεά σώματα τα οποία είναι και απολύτως λεία (αγνοεί την τριβή ανάμεσα τους, την θεωρεί αμελητέα). Το βασικό μειονέκτημα της προσέγγισης δεν είναι τόσο η παράβλεψη της παραμόρφωσης όσο η παράβλεψη της τριβής. Η συνεισφορά του De la Hire είναι σημαντική αλλά η διαστασιολόγηση που συνεπάγεται οδηγεί σε διαφορά παράδοξα και έρχεται σε αντίφαση με τα πειραματικά δεδομένα. Παρ' όλα αυτά αποτελεί την αρχή για μια συστηματική προσέγγιση της στατικής των τόξων και θα δεσπόσει σε όλο τον 18<sup>ο</sup> αιώνα.

Στο πρόβλημα του καθορισμού των διαστάσεων των βάθρων που πραγματεύεται στο δεύτερο έργο του, ο De la Hire εισάγει μια νέα οπτική για την ερμηνεία της συμπεριφοράς του τόξου. Πρόκειται για έναν υπολογισμό σε αστοχία από θραύση` ο De la Hire καθορίζει ένα πιθανό μηχανισμό κατάρρευσης του τόξου σε τρία μέρη και προσπαθεί να εκφράσει την οριακή κατάσταση ισορροπίας.



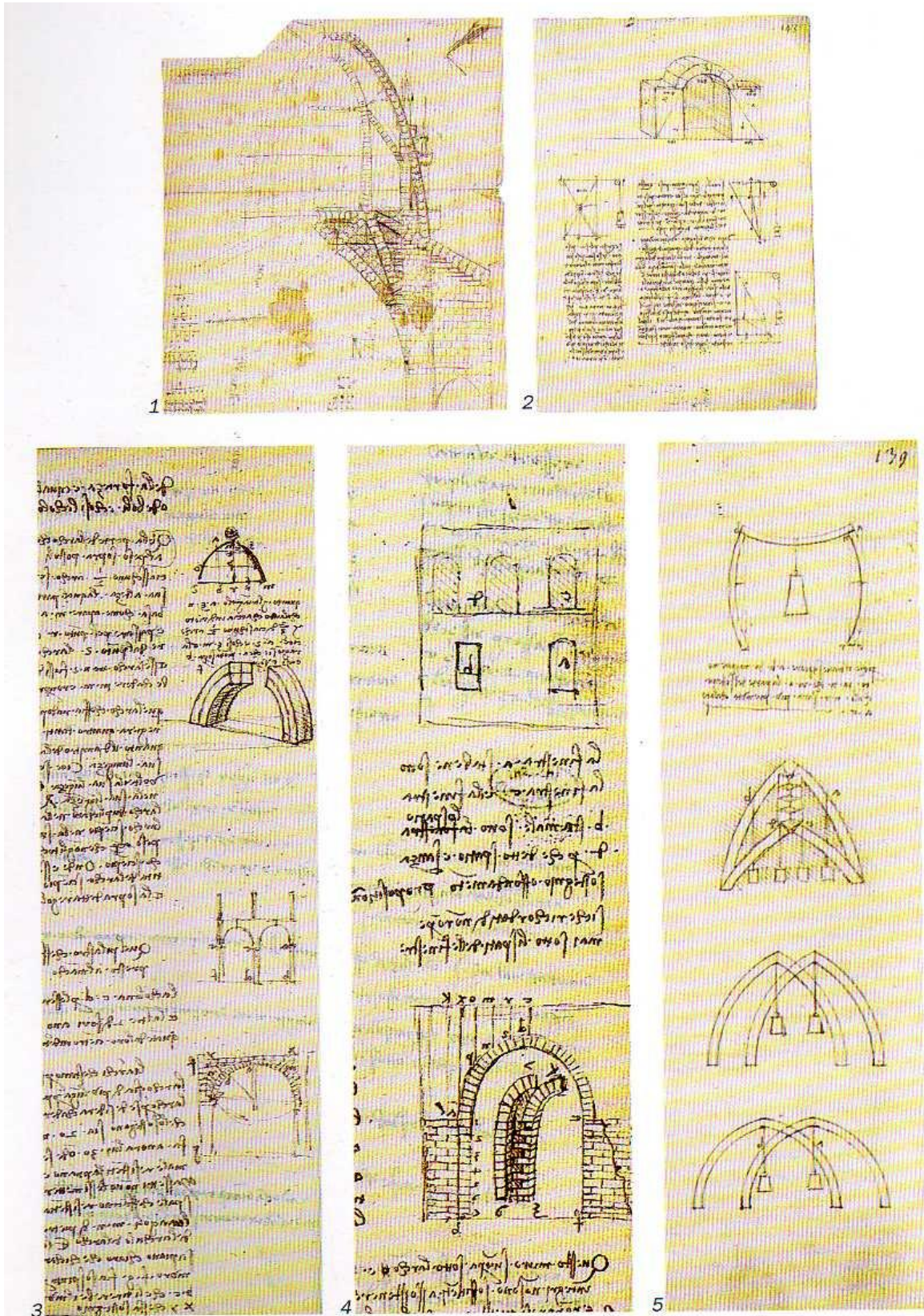
Σχ. 6.3.



Σχ. 6.4.

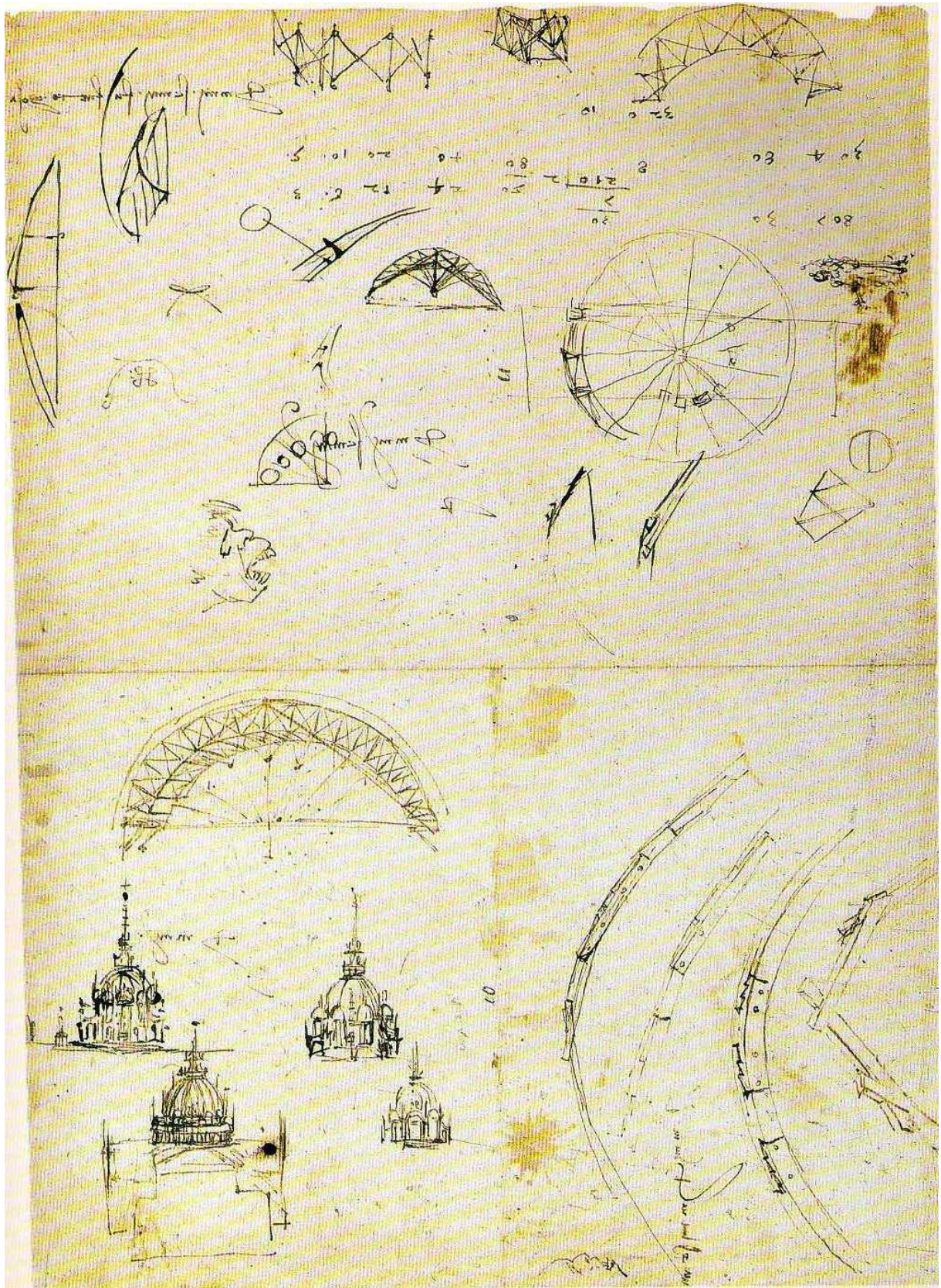
Αξίζει να σημειωθεί ιδιαίτερα η συνεισφορά του Claude Antoine Couplet (1642-1722) με τα μνημόνια του στη Βασιλική Ακαδημία Επιστημών : De la pousse des voutes (1731) και το δεύτερο μέρος της (1732). Εισάγει την έννοια της τριβής ανάμεσα στα μέλη του τόξου χωρίς όμως να δώσει ποσοτική εκτίμηση γι' αυτήν. Ασχολείται επίσης με το πρόβλημα της στατικής των ξύλινων αψιδότυπων. Καταλήγει σ' ένα κανόνα διαστασιολόγησης που συναντάμε ήδη στον Leonardo da Vinci ότι δηλαδή επαρκής όρος για την ισορροπία μιας τοξωτής κατασκευής είναι η χορδή του μισού εξωραχίου να μην τέμνει το εσωράχιο αλλά να βρίσκεται σε όλα τα σημεία της στο εσωτερικό του πάχους του τόξου.





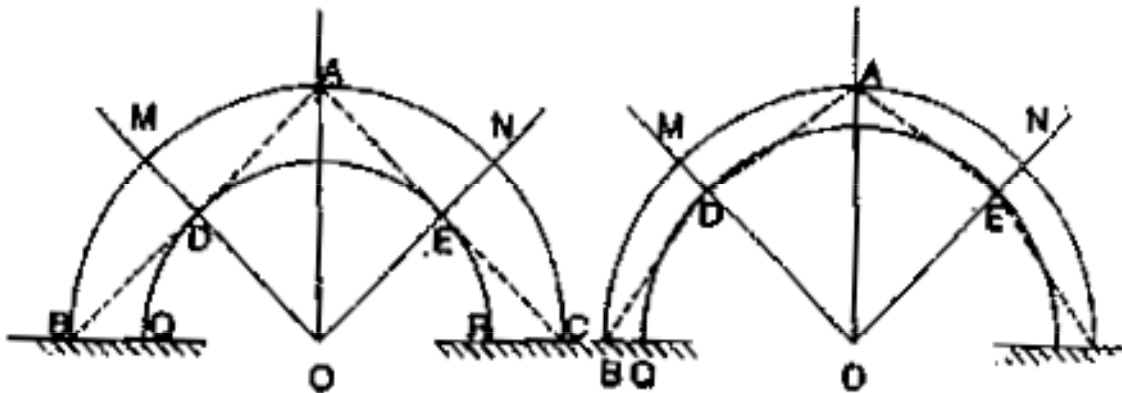
i) Σχέδια του Leonardo da Vinci







Ο Belidor στο έργο του *La science des Ingenieurs dans la conduite des travaux de fortification et d' architecture* (1729) βασίζεται στη θεώρηση του De la Hire και δίνει απλοποιημένους τρόπους υπολογισμού του «μεγέθους των βάθρων για κάθε τύπο τόξου» απευθυνόμενος ακόμα και σ' αυτούς «που δεν ξέρουν άλγεβρα» πιστός στον εκλαϊκευτικό και τεχνικό χαρακτήρα της πραγματείας του. Για μικρά ανοίγματα ο Belidor συνιστά τον γραφικό κανόνα που αναφέραμε στην αρχή του κειμένου.



Σχ. 6.5.

Σχ. 6.6.

Το πρώτο βιβλίο περί γεφυρών, που απευθύνεται σε επαγγελματίες, *Traite des Ponts*, γράφτηκε το 1727 από τον H. Gautier, μηχανικό του *Corps des Ponts et Chaussees*. Στο πρώτο του μέρος ανέφερε έναν κατάλογο διάσημων γεφυρών και τα υποδείγματα των Alberti και Palladio, εξηγούσε τους διάφορους τεχνικούς όρους και τους κανονισμούς του «Σώματος των Μηχανικών». Είχε ακόμα και υποδείγματα προϋπολογισμού και τη μέθοδο του Vauban για τον υπολογισμό τοίχων αντιστήριξης. Παρ' όλο που πίστευε στην εφαρμογή των μηχανικών μεθόδων έβρισκε τη θεωρία του De la Hire πολύπλοκη για τον μηχανικό της πράξης και σύστηνε γραφικές μεθόδους για τον υπολογισμό των βάθρων κτλ





Το 1734 ο Fierste Bouguer παρουσιάζει στην Ακαδημία το πρώτο μνημόνιο που ασχολείται με τους τρούλους. Το κύριο αποτέλεσμα της δουλειάς του είναι ότι γενίκευσε στο χώρο μια ιδιότητα των τόξων ήδη γνωστή στους επιστημονικούς κύκλους. Το 1704 ο Giacomo Bernoulli είχε αποδείξει ότι ένα τόξο με μορφή σχοινοειδούς ή αλυσοειδούς καμπύλης ανεστραμμένο αντέχει το ίδιο βάρος του, όποιο και αν είναι το πάχος του. Ήταν λογικό να υποθέσει κανείς ότι αυτή είναι η ιδιότητα θα ίσχυε και για τρούλους που προκύπτουν από την περιστροφή περί κατακόρυφο άξονα μιας κατάλληλα διατεταγμένης καμπύλης. Η μορφή του τρούλου που συνιστά ο Bouguer είναι εκείνη ενός ομογενούς πανιού που κρέμεται από ένα οριζόντιο κύκλο. Αναζητεί και εκφράζει αναλυτικά την ιδανική καμπύλη για την δημιουργία του θόλου εκ περιστροφής και αποδεικνύει ότι κάθε άλλη καμπύλη, που ξεκινώντας από την ίδια κατακόρυφο απομακρύνεται περισσότερο από τον άξονα έχοντας κατά συνέπεια λιγότερο κοίλη μορφή, μπορεί να δώσει εκ περιστροφής την επιφάνεια ενός επίσης ισορροπημένου θόλου.

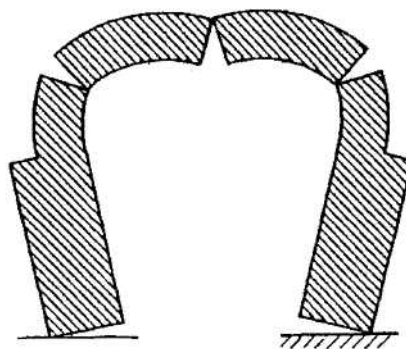
Μετά το 1770 η θεωρία για τα τόξα και τους θόλους παίρνει ένα χαρακτήρα περισσότερο ακαδημαϊκό, γίνεται αντικείμενο μελέτης επιφανών μαθηματικών που συχνά φαίνονται να διασκεδάζουν, επιδεικνύοντας ατελείωτους αλγόριθμους και περίπλοκες υποθέσεις όπως το έργο του Bossut στη Γαλλία και στη συνέχεια του Mascheroni και του Salimbeni στην Ιταλία. Το κατασκευαστικό πρόβλημα και η ανάγκη πρακτικής εφαρμογής ξεχνιούνται για χάρη της λεπτόλογης αναλυτικής επεξεργασίας που εξαφανίζει το θέμα των τόξων και των θόλων αντικαθιστώντας το από το πρόβλημα των ελαστικών καμπύλων και των αντίστοιχων διαφορικών εξισώσεων.

Σοβαρό βήμα στην κατανόηση της λειτουργίας των τόξων αποτελεί η εργασία του Charles Coulomb, *Essai sur une application de maximis et minimis a quelques problemes de statique, relatifs a l' Architecture*, που παρουσιάστηκε στην Βασιλική Ακαδημία Επιστημών το 1773.

Σε αυτήν ο Coulomb, αφού εξέτασε τα τόξα των οποίων οι αρμοί δεν έχουν τριβή και συνοχή, προχωρεί στην εξέταση «της ισορροπίας των τόξων με συνυπολογισμό της τριβής και της συνοχής». Ο Coulomb όχι μόνο εμπλουτίζει το υπολογιστικό μοντέλο με παραμέτρους που προσεγγίζουν καλύτερα την φυσική και πειραματική πραγματικότητα, αλλά αλλάζει και το αντικείμενο της έρευνας : από την αναζήτηση της ιδεώδους καμπύλης σχεδιασμού στον προσδιορισμό των δυνάμεων που επενεργούν σε μια δεδομένη μορφή τόξου.

Για την έρευνα του ο Coulomb θεωρεί τέσσερις οριακές καταστάσεις θραύσης για τις οποίες συντάσσει εξισώσεις (δύο ολίσθησης των λίθων κατά μήκος του αρμού και δύο περιστροφής περί σημείου του εσωραχίου και του εξωραχίου). Η θέση της θραύσης γίνεται πρόβλημα αναζήτησης μεγίστων και ελαχίστων των εξισώσεων στις οποίες καταλήγει, για τις οποίες συνιστά επίλυση με διαδοχικές δοκιμές. Η όλη ανάλυση καταρρίπτει την αντίληψη ότι η θραύση θα συμβεί σε αρμό με κλίση 45 μοιρών και χωρίς να το θεμελιώνει αναλυτικά καταλήγει ότι η θραύση ενός τόξου σε τέσσερα μέρη είναι πιθανότερη από ότι σε τρία μέρη σύμφωνα με τον De la Hire.

Η παρατήρηση αυτή ώθησε τον Mascheroni να εγκαταλείψει την θεώρηση του τόξου σαν σφήνας που ωθεί τα αντερείσματα της και να διατυπώσει αναλυτικές σχέσεις για τον κινηματικό μηχανισμό κατάρρευσης που αντιπροσωπεύει το παρακάτω σχήμα.



Σχ. 6.7.



Εικ. 6.1: Το εξώφυλλο του βιβλίου του H. Gautier

Τα πειραματικά δεδομένα του Danisy στην Ακαδημία του Montpellier είχαν καταδείξει ήδη από το 1732 πόσο προβληματική ήταν η υπόθεση της θραύσης του τόξου σε τρία μέρη σύμφωνα με την θεώρηση της σφήνας. Ωστόσο εξακολουθεί να χρησιμοποιείται από τους μεγάλους μηχανικούς της εποχής όπως ο Perronet και ο Chezy οι οποίοι όμως διορθώνουν την πιθανή θέση

θραύσης από τις 45 στις 60 μοίρες. Οι εργασίες του Gauthey πάνω στις βλάβες που παρουσίασε ο θόλος του Πάνθεον στο Παρίσι (1800) και οι παρατηρήσεις του Αρχιμηχανικού της «Ponts et Chaussees» Boistard θα εδραιώσουν την αντίληψη της θραύσης των τόξων από περιστροφή σε τέσσερα μέρη.

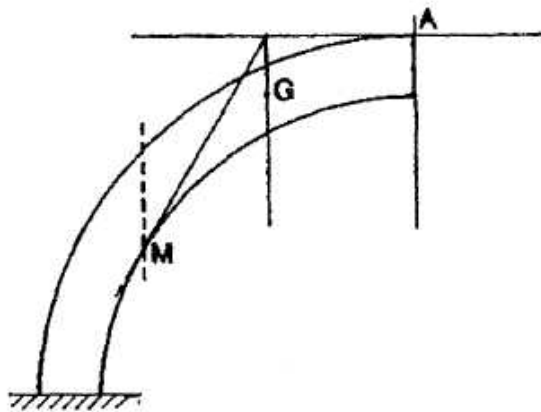
Ο μεγαλύτερος γεφυροποιός του τέλους του 18<sup>ου</sup> αιώνα ήταν ασφαλώς ο Jean Rodolphe Perronet. Ιδρυτής της Ecole des Ponts et Chaussees, κατασκεύασε αρκετές γέφυρες στο Παρίσι με πιο διάσημη την γέφυρα του του Neuilly. Το 1782 τύπωσε το Description des Projects, όπου ανέλυε μερικά από τα έργα του. Περιέγραψε με μεγάλη λεπτομέρεια και με ακριβή σχέδια την κατασκευή της γέφυρας του Neuilly. Ο Perronet βασιζόταν βασικά στην εμπειρία την οποία θεωρούσε πιο αξιόπιστη από την γεωμετρία και έδινε μεγάλη σημασία στην συστηματοποίηση της κατασκευής. Το βιβλίο του δεν είναι μια αναλυτική πραγματεία για την κατασκευή των γεφυρών αλλά περισσότερο μια προσπάθεια διδασκαλίας μέσα από παραδείγματα. Δεν αγνοούσε τα μηχανικά προβλήματα αλλά η προτίμηση του στα χαμηλά τόξα, με δεδομένες τις μεγαλύτερες ωθήσεις που εξασκούν στα βάθρα, και η μείωση του πάχους των μεσόβαθρων από το ένα πέμπτο του ανοίγματος στο ένα ένατο περίπου φαίνεται να βασίζονται σε εμπειρικές και όχι αναλυτικές σχέσεις.

Την έρευνα του Coulomb συνεχίζει ο στρατιωτικός μηχανικός Audoy και προσπαθεί να δώσει αναλυτικά σχέσεις εύχρηστες για τους αξιωματικούς του μηχανικού και του πυροβολικού της Metz (1820). Προσπαθεί να προσδιορίσει τις θέσεις θραύσης που αντιστοιχούν στο μέγιστο της οριζόντιας ώθησης στην κλείδα, στην οριακή κατάσταση ισορροπίας από κύλιση ή περιστροφή.

Στην ίδια κατεύθυνση κινείται και η έρευνα των Lamé και Clapeyron που πραγματοποιήθηκε στη Ρωσία το 1823 με την ευκαιρία της ανακατασκευής της εκκλησίας του Αγίου Ισαάκ στην Πετρούπολη. Το μοντέλο που μελετούν είναι η θραύση των κυλινδρικών θόλων σε τέσσερα μόνο μέρη από περιστροφή

χωρίς ολίσθηση και προσδιορίζουν τις θέσεις θραύσης και την μέγιστη ώθηση με αποτελέσματα ανάλογα του Audoy.

Καταλήγουν στην παρακάτω πρόταση-θεώρημα για την οποία δίνουν και μια μέθοδο γραφικής κατασκευής : Το σημείο θραύσης στο εσωράχιο θα είναι τέτοιο ώστε η εφαπτομένη του θα συναντά την οριζόντια που περνά από την κορυφή του εξωραχίου πάνω από την κατακόρυφο που άγεται από το κέντρο βάρους του ανώτερου τμήματος ημιτόξου που ορίζει το σημείο θραύσης.



Σχ. 6.8.

Τη θεώρηση αυτή επέκτειναν και στους τρούλους υποθέτοντας τον χωρισμό τους με κάθετους μεσημβρινούς και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι «σε όμοιους θόλους η θέση των σημείων θραύσης δεν εξαρτάται από τις απόλυτες διαστάσεις αλλά είναι συνάρτηση μόνο του λόγου μεταξύ του εσωραχίου και του εξωραχίου, πράγμα που βοήθησε στην πινακοποίηση των επιλύσεων.

Ο Emiland Marie Gauthey, αρχιτέκτονας και επιθεωρητής του Σώματος Ponts et Chaussees ήταν θείος και δάσκαλος του Navier. Το βασικό του έργο *Traite de la Construction des Ponts*, συμπληρώθηκε και εκδόθηκε από τον Navier από το 1809 ως το 1813.

Στην πραγματεία του αυτή ο Cauthey κριτικάροντας τους προηγούμενους συγγραφείς (Perronet) ότι έδωσαν απλά παραδείγματα κατασκευών, προσπάθησε να δώσει τις γενικές αρχές σχεδιασμού γεφυρών.

Πίστευε ότι τίποτα σε μια γέφυρα δεν θα έπρεπε να είναι αυθαίρετο, συμβολικό και έξω από την μαθηματική ανάλυση. Όλοι οι παράγοντες που καθορίζουν τον σχεδιασμό μιας γέφυρας πρέπει να υπόκεινται σε μαθηματικούς κανόνες. Σύμφωνα με την ανάλυση του πέντε είναι οι βασικοί παράγοντες που έπρεπε να λαμβάνονται υπ' όψη :

- 1) η εκλογή της θέσης
- 2) η παροχή του ποταμού
- 3) η μορφή των τόξων
- 4) οι διαστάσεις των τόξων
- 5) το πλάτος της γέφυρας

Όλοι αυτοί οι παράγοντες ήταν οι μεταβλητές που έπρεπε να συντεθούν κατά ορθολογικό τρόπο στα πλαίσια ενός μαθηματικού τύπου για να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα. Στο πρόβλημα του καθορισμού των διαστάσεων των βάθρων ο Cauchy υιοθέτησε την λύση του Coulomb που λαμβάνει υπ' όψη του την τριβή για τον υπολογισμό της ώθησης και έδωσε στους μαθηματικούς τύπους που ποσοτικοποιούσαν κάθε πλευρά της κατασκευής, αποκλείοντας έτσι κάθε υποκειμενισμό στην αντιμετώπιση των προβλημάτων.

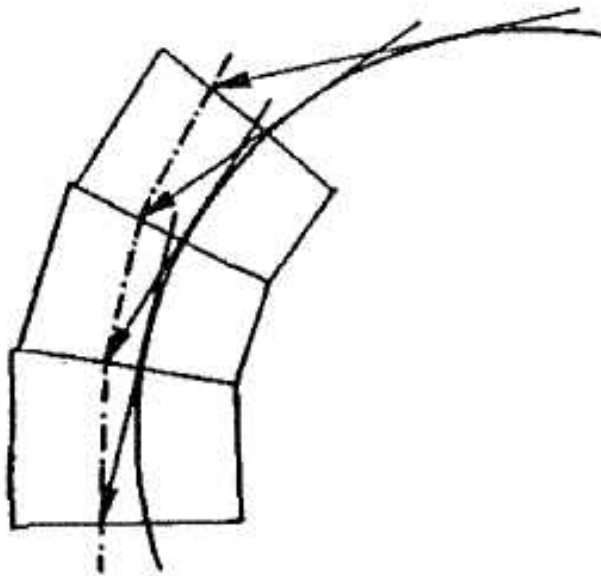
Τον 19<sup>ο</sup> αιώνα έχουμε μια σταδιακή στροφή στον τρόπο αντιμετώπισης του θέματος σαν συνέπεια της ανάπτυξης της επιστήμης της μηχανικής και ιδιαίτερα την θεωρία της ελαστικότητας. Το θεωρητικό μοντέλο του συστήματος των στερεών και απαραμόρφωτων μελών του τόξου εγκαταλείπεται σιγά-σιγά, έχοντας δώσει ότι μπορούσε στην περιγραφή του φαινομένου, και αντικαθίσταται από την θεωρία της ελαστικής ράβδου με καμπύλο άξονα και τη θεωρία των κελυφών και των μεμβρανών.

Η ασάφεια που διακρίνει τις θεωρίες που αναφέραμε παραπάνω είναι σήμερα προφανής αν σκεφτούμε ότι το μοντέλο του αμφίπακτου ελαστικού τόξου που σαν υπερστατικός φορέας δεν είναι δυνατόν να επιλυθεί μόνο με τις βασικές εξισώσεις ισορροπίας τις στατικής. Έτσι είναι φυσικό που οι προηγούμενες θεωρίες δεν μπόρεσαν να προσδιορίσουν με σαφή τρόπο ή με

ακρίβεια τον μηχανισμό θραύσης, τις θέσεις που αυτή θα συμβεί για δεδομένη φόρτιση, ούτε την ακριβή θέση εφαρμογής της ώθησης στην κλείδα του τόξου.

Ο Luis Navier σε αρκετές του εργασίες με την στατική του τόξου. Σ' αυτές ο Navier εισάγει την έννοια της τάσης που κατανέμεται σε κάθε σημείο μιας διατομής. Παίρνει υπόψη του τη θλιπτική αντοχή του υλικού και θεωρεί οριακή κατάσταση την ανάπτυξη των οριακών τάσεων που μπορεί να φέρει το υλικό, άρα, θεωρεί στις κρίσιμες διατομές τριγωνική κατανομή των θλιπτικών τάσεων. Με τον τρόπο αυτό και αγνοώντας τις διατμητικές τάσεις και την παραμόρφωση υπολογίζει την οριζόντια ώθηση που αναπτύσσεται στην κλείδα του τόξου ελαφρά μεγαλύτερη από αυτήν που προκύπτει από την θεώρηση της ισορροπίας του απολύτως στερεού και άπειρης αντοχής σώματος.

Μερικά χρόνια μετά, το 1831 εμφανίζεται το έργο του F. J. Gerstner, *Handbuch der Mechanik*, όπου εισάγονται για πρώτη φορά δυο έννοιες που στην συνέχεια θα χρησιμοποιηθούν αρκετά συχνά στην μελέτη του τόξου: η καμπύλη της αντοχής και η καμπύλη των πιέσεων. Η πρώτη είναι το πολύγωνο που ενώνει τα σημεία εφαρμογής της πίεσης στις διάφορες διατομές του τόξου που με πολλαπλασιασμό των τομών μεταπίπτει σε καμπύλη. Η δεύτερη είναι η καμπύλη που εφάπτεται στις γραμμές επενεργείας των δυνάμεων αυτών.



Σχ. 6.9.

Για να υπάρχει ισορροπία θα πρέπει η καμπύλη της αντοχής να περνά από το εσωτερικό του τόξου. Αν τέμνει το εξωράχιο κάτω από ορισμένη γωνία η θραύση επίκειται στην αντίστοιχη θέση, αν αντίθετα εφάπτεται σε ένα από τα όρια η περιστροφή των μελών του τόξου επίκειται και αντιστοιχεί σε μια κατάσταση ισορροπίας που μόνο άπειρης αντοχής υλικό θα μπορούσε να φέρει. Από την άλλη μεριά η γωνία με την οποία η καμπύλη των πιέσεων τέμνει τους αρμούς θα πρέπει να συσχετισθεί με την γωνία τριβής : αν απέχει πολύ από την ορθή τότε είναι πιθανή η ολίσθηση.

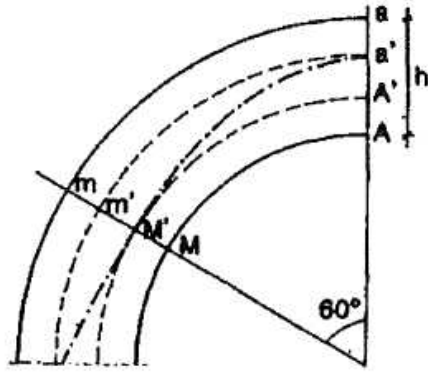
Ο Gerstner αντιλαμβάνεται ότι είναι δυνατόν να χαραχθούν άπειρες καμπύλες πίεσεως από διάφορα σημεία της κλείδας που να είναι εφαιπόμενες σε διάφορα σημεία του περιγράμματος και να ικανοποιούν κατά συνέπεια τις συνθήκες ισορροπίας. Το πρόβλημα είναι βέβαια ποια από όλες είναι η πραγματική. Στο ερώτημα αυτό ο Gerstner δεν απαντά σωστά εξ' αιτίας του υπερστατικού χαρακτήρα του προβλήματος. Η ασάφεια που απορρέει από την υπερστατικότητα του προβλήματος αποτέλεσε ένα παράδοξο για τους μηχανικούς της εποχής που δεν μπορούσαν να δεχθούν ότι στην περίπτωση ενός στερεού συστήματος παύει να ισχύει η βασική αρχή της φυσικής για την



αμφίδρομη σχέση μεταξύ αιτιών και αποτελέσματος. Έτσι προσπάθησαν να βρουν άλλο ένα στατικό κριτήριο για να άρουν την αβεβαιότητα. Στην αρχή η προσπάθεια στράφηκε στην αναζήτηση κάποιου στατικού κριτηρίου μεγίστων και ελαχίστων που, αν και σε λάθος κατεύθυνση, οδήγησε μετά από πολλές προσπάθειες στην εισαγωγή των ενεργειακών κριτηρίων, με το κριτήριο της ελάχιστης δυνατής ελαστικής ενέργειας που οφείλεται στον Federico Menabrea (1858).

Στο πρόβλημα του τόξου ήταν ο H. Moseley αυτός που προσπάθησε να βρει μια λύση βασισμένη πάνω στη θεωρία των μεγίστων και ελαχίστων. Το 1839 υποστηρίζει ότι απ' όλες τις δυνατές καμπύλες αντοχής που μπορούν να χαραχθούν από ένα σημείο της διατομής στη θέση της κλείδας, η πραγματική περνά από το εξωράχιο της διατομής της κλείδας και είναι εφαπτόμενη στο εσωράχιο κάνοντας ελάχιστη την τιμή της οριζόντιας ώθησης.

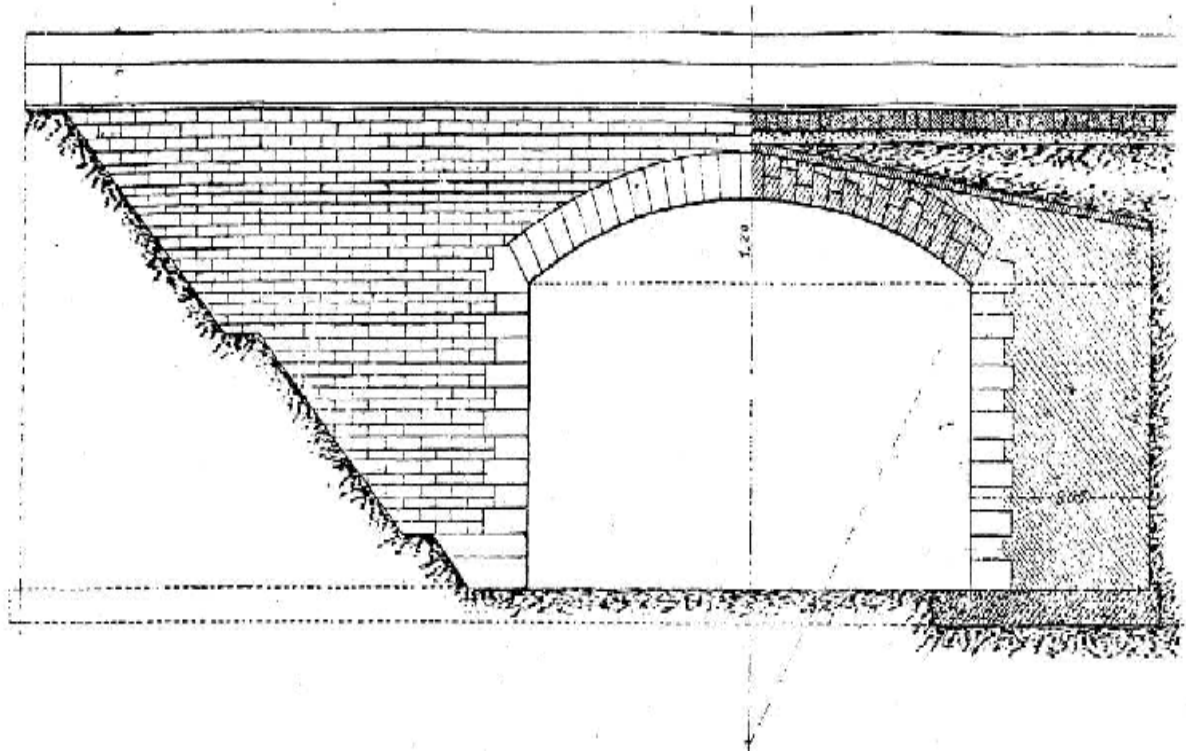
Στην κατεύθυνση του Moseley και των παρατηρήσεων του Navier κινείται και η εργασία του E. Mery, *Sur l'equilibre des voutes en berceau*, (1840) όπου δίνει μια πρακτική μέθοδο που χρησιμοποιείται ακόμη και για μικρά τόξα. Η ώθηση κατά τον Mery υπολογίζεται με την παραδοχή ότι δεν θα αναπτυχθούν τάσεις ελκυσμού σε καμία διατομή του τόξου. Αυτό σημαίνει ότι η καμπύλη της αντοχής, που ονομάζεται πια από τον Mery καμπύλη των πιέσεων, θα πρέπει να βρίσκεται στο εσωτερικό της περιοχής που ορίζουν οι καμπύλες που ενώνουν τα διαδοχικά σημεία που τριχοτομούν τις διατομές (αυτό που σήμερα ονομάζουμε πυρήνα της διατομής). Απ' όλες τις καμπύλες πίεσεως που βρίσκονται στο «μεσαίο τρίτο» ο Mery συστήνει να υιοθετηθεί αυτή που περνά από το έξω όριο της διατομής στην κλείδα και το έσω όριο της διατομής της θραύσης που για κυκλικό τόξο ο Mery την ορίζει στις 60 μοίρες από την κλείδα.



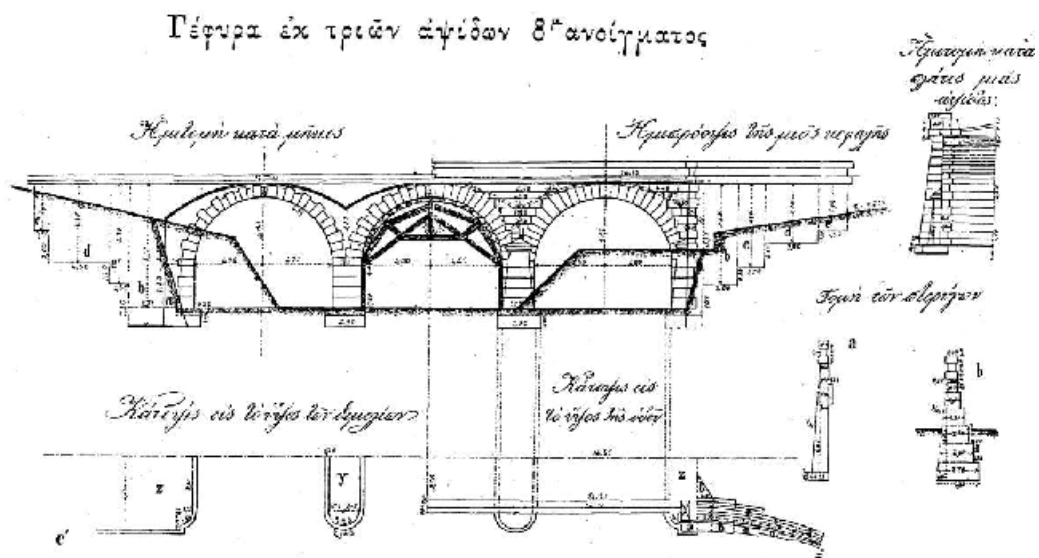
Σχ.6.11.

Έτσι η καμπύλη των πιέσεων είναι ορισμένη, σύμφωνα με τις αρχές της «Γραφοστατικής». Αρκεί να χαραχθεί η σχοινοκαμπύλη των δυνάμεων που είναι εφαρμοσμένες στο τόξο, η οποία να περνά από τα τρία γνωστά σημεία.

Στο σημείο αυτό εξαντλείται η σύντομη αυτή ανασκόπηση μια που στο δεύτερο μισό του 1800 μπαίνουν σε εφαρμογή σύγχρονες θεωρίες της στατικής. Το 1864 κυκλοφορεί ο πρώτος τόμος της *Graphische statik* του K. Culmann που δίνει σαφή γραφική λύση σε αρκετά προβλήματα ανάλυσης φορέων. Μα κυρίως έχουμε την ανάπτυξη της θεωρίας της ελαστικότητας που θα επιλύσει και την περίπτωση του τόξου σαν μια απλή εφαρμογή της ελαστικής δοκού με καμπύλο άξονα. Η δικαιολογημένη αντίρρηση που μπορεί να έχει κανείς, αν στην περίπτωση των λίθινων τόξων η εξομείωση με την καμπύλη ελαστική δοκό είναι επιτρεπτή, δεν θεμελιώνεται από πολλαπλά πειράματα (Winkler 1858, Perrodil 1882, Αυστριακοί μηχανικοί 1895, 1901) που αποδεικνύουν ότι η θεωρία της ελαστικής δοκού δίνει αρκετά ακριβή αποτελέσματα και στην περίπτωση των λίθινων τόξων.



ii) Γέφυρα με καταβιβασμένο τόξο. (Δ.Γονατά «Πίνακες των σχημάτων Γεφυροποιίας». Αρχείο Αντώνη Γαλερίδη)



Σχ. 6.12: Γέφυρα με πλήρως ημικυκλικά ανοίγματα. (Δ.Γονατά «Πίνακες των σχημάτων της Γεφυροποιίας». Αρχείο Αντώνη Γαλερίδη)

## 6.2. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ – ΑΝΤΟΧΗ

### 6.2.1. Γενικά

Οι συντεχνίες των μαστόρων κατασκεύαζαν τα Ηπειρωτικά γεφύρια με βάση την τη διαίσθηση και τη συλλογική εμπειρία – η οποία αναπτύχθηκε στο διάστημα πολλών αιώνων και μετά από πολλές επιτυχημένες και αποτυχημένες προσπάθειες.

Οι πρώτες τάσεις για μια επιστημονική προσέγγιση του σχεδιασμού των κατασκευών έχουν ήδη αναφερθεί αναλυτικά στην «στατική των λίθινων κατασκευών».

Ο συνδυασμός των επιστημονικών μεθόδων ανάλυσης με την βαθύτερη κατανόηση της αντοχής των υλικών, επέστρεψαν την πιο συστηματική έρευνα για οικονομική χρήση του υλικού, τόλμη στις αισθητικές λύσεις, κ.τ.λ. Για παράδειγμα για το σχεδιασμό της πέτρινης γέφυρας του Neuilly στο Παρίσι, ο Perronet διέγινε ότι σε μια σειρά τόξων ίσων ανοιγμάτων, οι οριζόντιες ωθήσεις στα ενδιάμεσα βάθρα εξισορροπούνται για το ίδιο βάρος της γέφυρας. Έτσι, υιοθέτησε λεπτό πάχος των ενδιάμεσων βάθρων, αυξάνοντας το άνοιγμα για τη ροή του ποταμού και βελτιώνοντας την εμφάνιση των τόξων. Στη γέφυρα αυτή ο λόγος πάχους βάθρου – μήκος ανοίγματος του τόξου είναι 1:10, ενώ στις ρωμαϊκές γέφυρες είναι 1:3.

Στο σχεδιασμό των Ηπειρωτικών γεφυριών αλλά και των πέτρινων γεφυριών της Ελλάδος γενικότερα δεν εφαρμόστηκαν βέβαια ποτέ οι επιστημονικές αναλύσεις. Αυτό δεν σημαίνει ότι η τεχνική κατασκευής, όπως και οι λύσεις των μορφών δεν είναι επιτυχημένες. Άλλωστε η συλλογική κατασκευαστική εμπειρία των πέτρινων φορέων έχει διάρκεια αιώνων – οπότε οι βασικές αρχές στήριξης αυτών των φορέων ήταν ήδη γνωστές στις συντεχνίες των μαστόρων.

Επομένως οι θεωρητικές έννοιες που αναφέρονται στις επόμενες παραγράφους έχουν αναδρομικό χαρακτήρα και έχουν σκοπό να παρουσιάσουν συνοπτικά τη γνώση για την κατασκευαστική συμπεριφορά των πέτρινων γεφυριών.

### **6.2.2. Δυνάμεις επί των γεφυριών**

Μόνιμα φορτία : βάρος

Λοιπά φορτία : 1) πίεση νερού

2) ώθηση γαιών

3) ανεμοπίεση

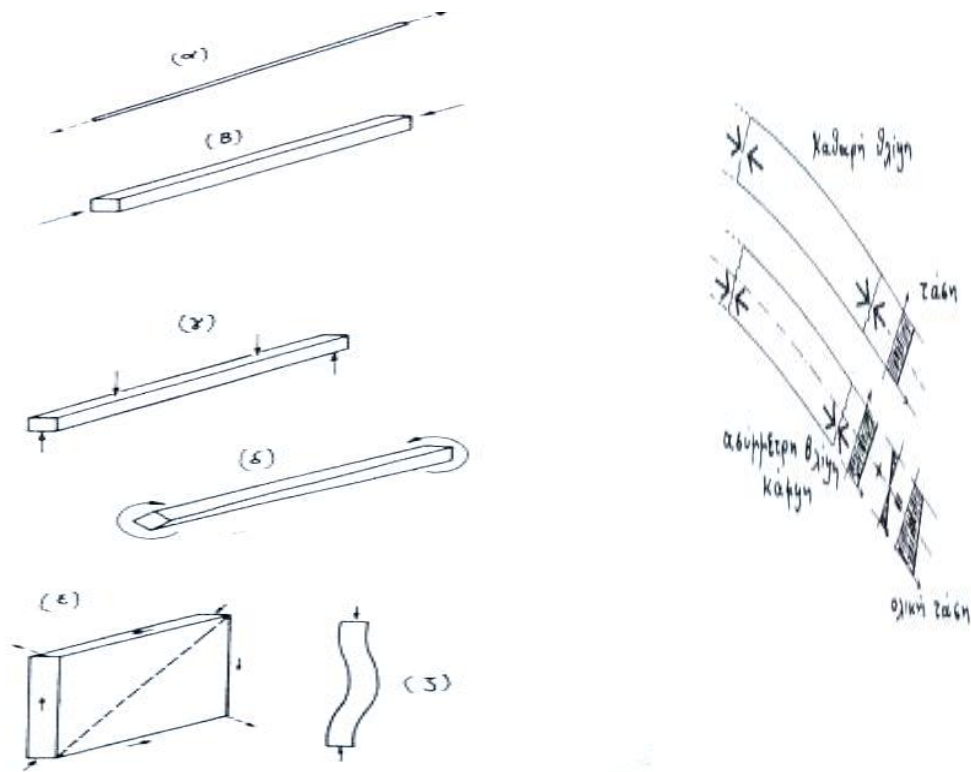
4) τάσεις από θερμοκρασία

5) τάσεις εκ καθιζήσεως βάθρων

### **6.2.3. Δράσεις και αποτελέσματα**

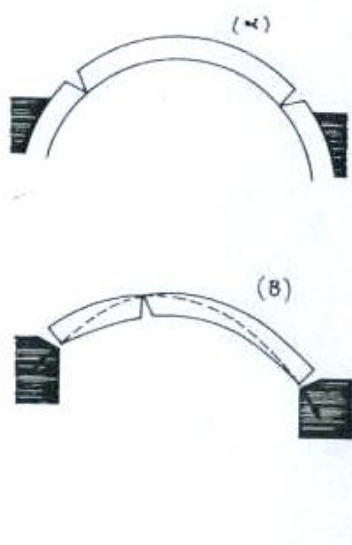
Οι πέντε βασικοί τύποι δράσεων των δυνάμεων στο εσωτερικό μιας κατασκευής αποκαλούνται εφελκυσμός, θλίψη, κάμψη, στρέψη, και διάτμηση.

Μια κατασκευή πρέπει να έχει την ικανότητα να αντιστέκεται σε όλες αυτές τις δράσεις. Η ικανότητα αυτή εξαρτάται από την γεωμετρία της κατασκευής, την αντοχή και τις σχετικές ακαμψίες των μεμονωμένων και των κόμβων σύνδεσής τους. Αν η κατασκευή επιτρέπει μόνον έναν τρόπο ισορροπίας των δυνάμεων λέγεται στατικά ορισμένη, ενώ όταν περισσότεροι από ένα τρόπο είναι δυνατοί τότε η κατασκευή λέγεται στατικά αόριστη και τα φορτία θα ακολουθήσουν τη διαδρομή των περισσότερο άκαμπτων οδών κι θα αποφύγουν τα ασθενέστερα τμήματα.



Σχ. 6.13.

Οι παλαιότερες κατασκευές έτειναν να είναι ογκώδεις και στατικά αόριστες, αφού κατασκευάζονταν από σχετικά ασθενή υλικά, όπως η πέτρα. Μια στατικά αόριστη κατασκευή έχει την δυνατότητα πολλών ανακατανομών μέσα στο σχήμα της και μπορεί να απορροφήσει νέες φορτίσεις, μετατοπίσεις και παραμορφώσεις. Κάθε σχήμα έχει τους δικούς του χαρακτηριστικούς περιορισμούς και συμπεριφορά.



Σχ. 6.14.

### 6.3. Το τόξο

Αν θεωρήσουμε ένα καλώδιο που υπόκειται σε ομοιόμορφη κατανεμημένη φόρτιση, και το βάρος του καλωδίου είναι μικρό συγκρινόμενο με το εξωτερικό φορτίο, το καλώδιο θα αποκτήσει παραβολική μορφή. Η κατασκευή αυτή είναι εφελκυσμένη. Αν το τόξο αναστραφεί, τότε υπόκειται σε θλίψη αντί για εφελκυσμό, οπότε καταρρέει. Όμως, εάν η αλυσίδα αντικατασταθεί από ένα υλικό τέτοιων χαρακτηριστικών ώστε η θλίψη να παραληφθεί χωρίς λυγισμό, τότε προκύπτει το τόξο. Το τόξο υπόκειται σε καθαρή θλίψη όταν φορτίζεται ομοιόμορφα, εάν η μορφή του είναι παραβολική.

Επομένως, το ιδανικό σχήμα του τόξου υποκείμενου σε ομοιόμορφα κατανεμημένη φόρτιση είναι η παραβολή. Επειδή συνήθως το φορτίο δεν είναι ακριβώς ομοιόμορφα κατανεμημένο, εκτός από την καθαρή θλίψη εισάγεται και κάποια κάμψη. Αυτό συνεπάγεται ότι η γραμμή δράσης της θλιπτικής δύναμης που δρα στην διατομή – και η οποία λέγεται ώθηση – θα ανέβει. Το σχήμα του τόξου επιλέγεται ώστε το «ανέβασμα» της γραμμής να κρατηθεί στο ελάχιστο και επομένως δεν θα αναπτυχθεί εφελκυσμός.

Η ακριβής εκτίμηση της αντοχής των πέτρινων τόξων αποτελεί ένα από τα δυσκολότερα προβλήματα του μηχανικού. Μαθηματικοί υπολογισμοί της αντοχής σπάνια μπορούν να βοηθήσουν αποτελεσματικά, αν δεν συνοδεύονται από δοκιμές σε φυσική κλίμακα. Υπάρχουν πάντα μερική πρακτική κανόνες για την εκτίμηση της αντοχής ενός τόξου με την παρατήρηση: τα παραβολικά τόξα είναι ισχυρότερα από τα επίπεδα ελλειπτικά. Τα τόξα με αρκετά μεγάλο ύψος είναι ισχυρότερα από τα επίπεδα και προκαλούν μικρότερη οριζόντια ώθηση στις στηρίξεις: ένα τόξο θεωρείται μη ανθεκτικό, εάν το ύψος του είναι μικρότερο του ενός τετάρτου του ανοίγματος. Το ύψος των λίθων του τόξου επηρεάζει επίσης πολύ την αντοχή: όσο μεγαλύτερο το ύψος τόσο ισχυρότερο το τόξο, αφού έτσι θα υπάρχει μεγαλύτερος αριθμός εναλλακτικών γραμμών ωθήσεως για να ανταποκριθούν στις διαφορετικές φορτίσεις.

Οι τοξωτές κατασκευές μπορούν να απορροφήσουν θερμικές κινήσεις και πλεονάζοντα φορτία με το σχηματισμό τοπικών ρηγματώσεων στα τόξα, οι οποίες δρουν σαν αρθρώσεις. Τρεις τέτοιες αρθρώσεις επιτρέπονται θεωρητικά.

Χαρακτηριστικό της στατικής λειτουργίας του τόξου, είναι το γεγονός ότι δε γίνεται αποδεκτή καμία παραδοχή αντοχής τους σε εφελκυσμό, όπως άλλωστε και όλες οι τοιχοποιίες.

Οι επιτρεπόμενες τάσεις της τοιχοποιίας εξαρτώνται από την αντοχή της Μ 28, η οποία είναι η αντοχή κύβου από τοιχοποιία κατασκευασμένου με το ίδιο είδος λίθων και το ίδιο κονίαμα, όπως του έργου, ύστερα από σκλήρυνση 28 ημερών.



Η Μ 28 πρέπει να είναι τουλάχιστον:

Τοιχοποιία από ξεστούς λίθους  $200 \text{ Kgr/cm}^2$

Κοινή λιθοδομή από πλακοειδής λίθους  $125 \text{ Kgr/cm}^2$

Τα είδη της τοιχοποιίας που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή γεφυριών είναι:

- Ø Λαξευτή λιθοδομή (συνήθως κλείδα, κορωνίς και σπάνια τόξο).
- Ø Ξεστή λιθοδομή (συνήθως το τόξο αλλά και άλλα στοιχεία).
- Ø Ισόδομη λιθοδομή (συνήθως τόξο).
- Ø Λιθοδομή εκ πλακοειδών λίθων (συνήθως γενέσεις τόξου αλλά και αλλού).
- Ø Λιθοδομή από λίθους με έδραση (συνήθως τα τύμπανα).
- Ø Λιθοδομή τύπου μωσαϊκού (συνήθως τα τύμπανα).
- Ø Λιθοδομή από αργούς λίθους (συνήθως τα τύμπανα)

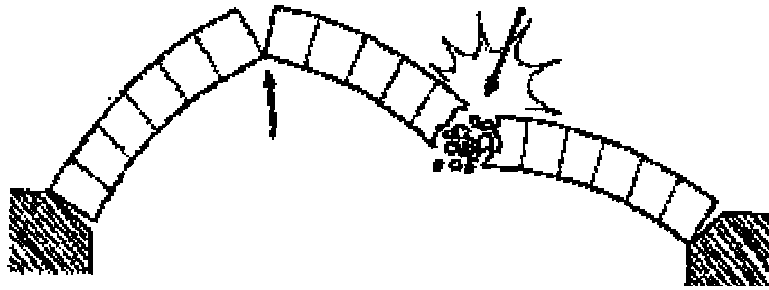
### **6.3.1. Συμπεράσματα για την ευστάθεια τόξου**

Η διαμόρφωση των τόξων πρέπει να είναι τέτοια ώστε, η μέση του γραμμή να συμπίπτει με τη γραμμή πιέσεων με φόρτιση του ίδιου βάρους.

Το πάχος αυξανόμενο αυξάνει την αντοχή του τόξου.

Η αύξηση του πάχους του τόξου από την κλείδα προς τις γενέσεις, αυξάνει την αντοχή του τόξου.

Το αμφίπακτο τόξο είναι τρεις φορές στατικώς αόριστο. Τα μικρά τόξα (μέχρι 8 μέτρα άνοιγμα) θεωρούνται τριαρθωτά τόξα με αρθρώσεις το μέσο της κλειδός και τα μέσα των αρμών διαρρήξεως.



Σχ. 6.15.

Οι καμπύλες των πιέσεων του τόξου πρέπει να παραμένουν μέσα στον πυρήνα της διατομής του.

Οι πιέσεις πάνω στους αρμούς, πρέπει να σχηματίζουν με την κάθετο επ' αυτών, γωνία μικρότερη των 22 μοιρών.

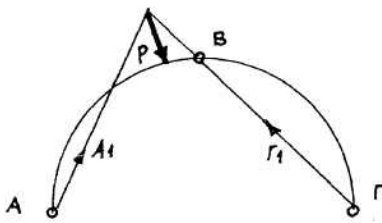
Τα μεγάλου ύψους τόξα είναι ισχυρότερα καθώς προκαλούν μικρότερες οριζόντιες ωθήσεις στα βάθρα.

Η καμπύλη των πιέσεων του βάθρου χαρασσόμενη μέχρι του θεμελίου, πρέπει να παραμένει μέσα στον πυρήνα του ακρόβαθρου.

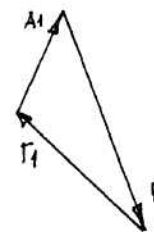
Η ακριβής εκτίμηση της αντοχής των πέτρινων τόξων, είναι δυσχερέστατη.

Πρακτικά το πέτρινο τόξο καθίσταται ανθεκτικό, όταν το ύψος του είναι μεγαλύτερο από το  $\frac{1}{4}$  του ανοίγματος του.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι η ασφάλεια του τόξου εξαρτάται από το έδαφος οπού θεμελιώνονται τα βάθρα.



Σχ. 6.16.



Σχ. 6.17.

### **6.3.2. Συμπεράσματα για τις αντοχές των λιθοδομών**

Η αντοχή της λιθοδομής με καλό κονίαμα και έντεχνο σύνδεσμο των λίθων μεταξύ τους, εξαρτάται, κυρίως, από την αντοχή των λίθων και όχι του κονιάματος.

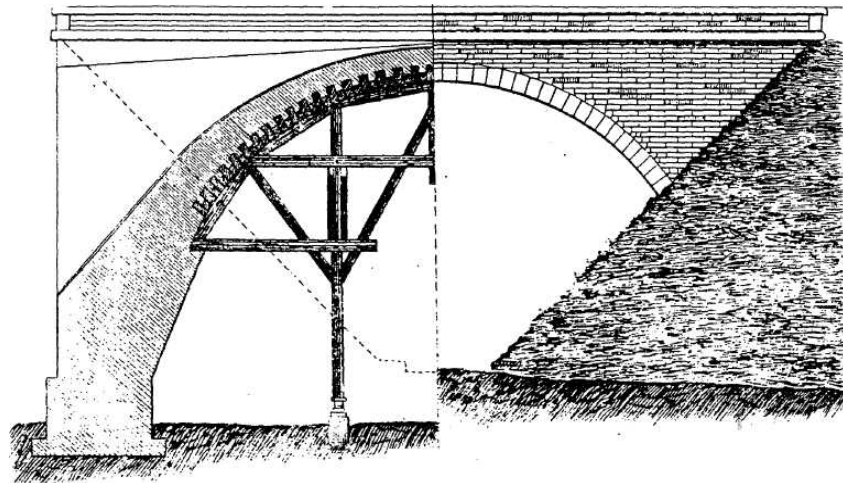
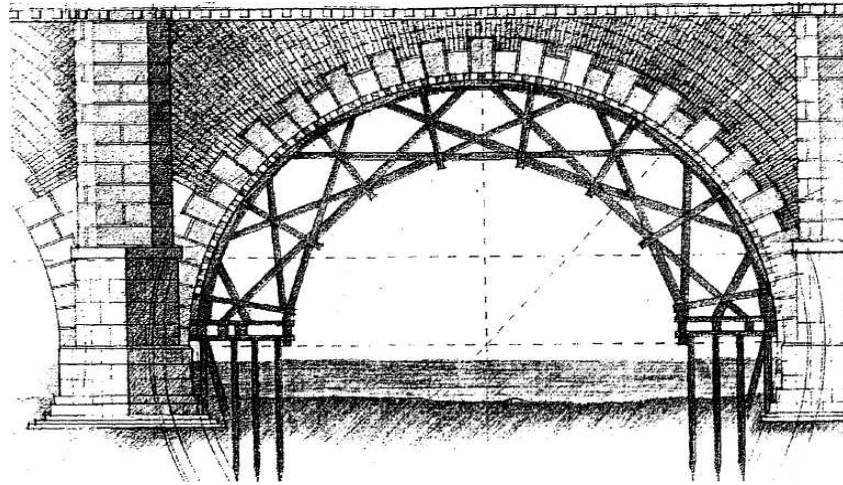
Μία μέτρια λιθοδομή θλιβόμενη υπερέχει σε αντοχή από ένα καλό άοπλο σκυρόδεμα.

Με καλό κονίαμα και καλό σύνδεσμο λίθων, μπορεί η αντοχή του πρίσματος της λιθοδομής να φθάσει τα 2/3 της αντοχής του πετρώματος σε θλίψη.

Υπερβολικά λεπτοί ή παχείς αρμοί επενεργούν δυσμενώς.

Η συμπίεση του κονιάματος των αρμών βελτιώνει την αντοχή των λίθων.

Η τραχύτητα των επιφανειών των αρμών βελτιώνει το σύνδεσμο κονιάματος – λίθων.



6.18 Ευλότυποι τόξων σημαντικού ανοίγματος

# **Β΄ ΜΕΡΟΣ**

**ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ  
ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΛΙΘΟΔΟΜΗ – ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ  
ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ**

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>**

## **ΕΙΔΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΩΝ**

## 1.1 ΕΙΔΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΩΝ

Η τοιχοποιία αποτέλεσε το μοναδικό δομικό υλικό για την κατασκευή παγκοσμίως όλων των έργων, μέχρι την εμφάνιση και τη χρήση του χάλυβα περίπου στα μέσα του 19<sup>ου</sup> και του σκυροδέματος στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα.

Ανάλογα με το είδος των τοιχοσωμάτων\* από το οποίο είναι κατασκευασμένες, τη λειτουργία τους στο δόμημα αλλά και τον τρόπο δόμησής τους, οι τοιχοποιίες διακρίνονται σε κατηγορίες με κοινά χαρακτηριστικά, οι οποίες αναφέρονται συνοπτικά στη συνέχεια.

**A. Αναλόγως του είδους των τοιχοσωμάτων.** Η προέλευση του τοιχοσώματος, δηλαδή αν είναι φυσικό ή τεχνητό, διαχωρίζει τις τοιχοποιίες σε δύο βασικές κατηγορίες, σε τοιχοποιίες από φυσικούς λίθους (λιθοδομές) και σε τοιχοποιίες από τεχνητούς λίθους (πλινθοδομές).

**i) Οι τοιχοποιίες από φυσικούς λίθους** αποτελούν το αρχαιότερο και, μέχρι την ευρεία εφαρμογή του σκυροδέματος, το κυριότερο δομικό υλικό σε πολλές περιοχές της γης. Το υλικό τους είναι λίθοι προερχόμενοι από φυσικά, τις περισσότερες φορές ανθεκτικά πετρώματα, οι οποίοι κατόπιν μικρού ή μεγάλου βαθμού κατεργασίας αποκτούν κατάλληλο σχήμα ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή συγκεκριμένου έργου.

Οι τοιχοποιίες από φυσικούς λίθους, ανάλογα με το αν έχουν ή όχι συνδετικό κονίαμα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- **Ξηρολιθοδομές** είναι οι λιθοδομές που αποτελούνται από ακατέργαστους φυσικούς λίθους χωρίς τη χρήση συνδετικού κονιάματος (εν ξηρώ). Λόγω της προφανούς αδυναμίας τους να αναλάβουν σημαντικές οριζόντιες δυνάμεις, σήμερα χρησιμοποιούνται στη χώρα μας κυρίως για περιφράξεις αλλά και πρόχειρους χαμηλούς τοίχους αντιστήριξης.

\* Τοιχόσωμα ονομάζεται η δομική μονάδα από την οποία αποτελείται η τοιχοποιία ανεξαρτήτως αν έχει φυσική ή τεχνητή προέλευση



Στο παρελθόν ξερολιθιές είχαν χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή πρόχειρων καταλυμάτων ιδιαίτερα στην περιοχή της Μάνης.

- **Λιθοδομές** γενικά, ονομάζονται οι τοιχοποιίες που αποτελούνται από φυσικούς λίθους συγκολλημένους με τη χρήση κονιάματος. Έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν για την κατασκευή κάθε είδους δομήματος, όπως οικοδομές, γέφυρες, τοίχοι αντιστήριξης και οχυρωματικά έργα. Υπήρξε το κατ'εξοχήν οικοδομικό υλικό για χιλιάδες χρόνια σε όλες τις περιοχές του κόσμου, με εξαίρεση τις περιοχές που βρισκόταν σε συμβολές μεγάλων ποταμών, π.χ στη Μεσοποταμία, όπου χρησιμοποιήθηκαν κυρίως ωμόπλινθοι. Οι λιθοδομές χρησιμοποιούνταν μέχρι την εμφάνιση του οπλισμένου σκυροδέματος για κάθε είδους κατασκευή, ενώ η χρήση τους στα κτιριακά έργα εκτοπίστηκε από τις οπτοπλίνθους όταν συστηματοποιήθηκε η παραγωγή τους, δηλαδή στα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα.

- **Χυτές τοιχοποιίες.** Κατασκευάζονται από πλαστικά μείγματα πηλού, κροκάλων και σκυροδέματος, τα οποία στη συνέχεια σκληρύνονται και αποτελούν ένα ενιαίο σύνολο τοίχου.



Χυτή τοιχοποιία από το ρωμαϊκό ωδείο Πατρών

Χυτές τοιχοποιίες είναι και οι προκατασκευασμένοι τοίχοι από σκυρόδεμα που κατασκευάζονται βιομηχανικά. Το καλούπι αφαιρείται και ο προκύπτων τοίχος, οπλισμένος ή όχι, είναι ένας χυτός τοίχος.

**ii) Οι τοιχοποιίες από τεχνητούς λίθους** διακρίνονται σε ωμοπλινθοδομές, οπτοπλινθοδομές και τσιμεντοπλινθοδομές. Τις αναφέρουμε ονομαστικά και δεν θα επεκταθούμε λόγω ότι αποτελεί σύγχρονο προϊόν οικοδόμησης το οποίο χρησιμοποιείται για νέες κατασκευές με οπλισμένο σκυρόδεμα.

**B) Αναλόγως της λειτουργίας τους** στο δόμημα οι τοιχοποιίες διακρίνονται σε φέρουσες, πληρώσεως, αντιστήριξης και επένδυσης.

**Γ) Αναλόγως του τρόπου δόμησης** μία τοιχοποιία, είτε είναι από φυσικούς είτε από τεχνητούς λίθους, διακρίνεται σε **συμπαγή** και σε **κοίλη** ή με **πυρήνα**. Σε μία κατακόρυφη τομή σε συμπαγή τοιχοποιία δεν διακρίνονται κατακορύφως ξεχωριστές στρώσεις, ενώ στην κοίλη διακρίνονται εξωτερική και εσωτερική στρώση και ανάμεσά τους πυρήνας, είτε κενός (δίστρωτη τοιχοποιία), είτε πληρωμένος με κονίαμα (τρίστρωτη τοιχοποιία), το οποίο μπορεί να είναι κροκαλόδεμα, σκυρόδεμα ή τσιμεντοκονίαμα. Εφόσον μία κοίλη τοιχοποιία με κενό πυρήνα χρησιμοποιείται ως φέρουσα είναι απαραίτητη η σύνδεση των κατακόρυφων στρώσεων με συνδέσμους.

## 1.2 ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣΕΣ ΑΠΟ ΦΥΣΙΚΟΥΣ ΛΙΘΟΥΣ

Σε αυτό το τμήμα το κεφαλαίου γίνεται εκτενέστερη αναφορά στα είδη, τις ιδιότητες και τους κανόνες καλής δόμησης των λιθοδομών. Η ορθή δόμηση των λιθοδομών ή η δόμηση «με τους κανόνες της τέχνης» όπως συνηθίζεται να λέγεται, είναι πραγματικά τέχνη που κατείχαν λίγοι κτίστες, οι πετράδες. Υπήρχαν μάλιστα χωριά ή περιοχές που φημίζονταν για τους τεχνίτες της πέτρας (π.χ Λαγκάδια Αρκαδίας, Χαλανδρίτσα Αχαΐας, Ήπειρος), οι οποίοι περιόδευαν την Ελλάδα και δραστηριοποιούνταν και σε άλλες περιοχές. Με την πάροδο των χρόνων και την όλο και περισσότερη χρήση σύγχρονων δομικών υλικών δεν υπήρχε ενδιαφέρον για την τέχνη των πετράδων και έτσι ο αριθμός τους μειώθηκε πολύ. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μία στροφή στη χρήση και την αξιοποίηση των υπαρχόντων κτιρίων και υλικών, που έχει ως αποτέλεσμα αρκετά παλαιά κτίρια να επισκευάζονται και πολλές φορές να ενισχύονται. Επίσης, σε αρκετές περιοχές της χώρας (σε διατηρητέους οικισμούς) επιβάλλεται η χρήση του παραδοσιακού υλικού, δηλαδή της πέτρας, στη δόμηση νέων κτιρίων, έστω και ως υλικό επένδυσης (π.χ Συρράκο). Εκτός τούτων, υπάρχει μία γενικότερη τάση για επιστροφή σε λιγότερο βιομηχανικά υλικά, με αποτέλεσμα η χρήση φυσικών υλικών να αυξάνεται, αλλά τα χρόνια που προηγήθηκαν έστρεψαν τους τεχνίτες σε άλλες ειδικότητες με αποτέλεσμα σήμερα να υπάρχει έλλειψη κατάλληλων τεχνιτών-εργατών της πέτρας.

Για την ορθή δόμηση των λιθοδομών ισχύουν ορισμένοι κανόνες ανεξάρτητα από το είδος τους και άλλοι, οι οποίοι αφορούν κάθε ξεχωριστό είδος. Οι κανόνες αυτοί έχουν σκοπό να εξασφαλίσουν καλύτερη κατανομή των δυνάμεων στα τοιχώματα, καλύτερη συνοχή μεταξύ των τοιχοσωμάτων και μεγαλύτερη ανθεκτικότητα της κατασκευής στις καταπονήσεις, με άλλα λόγια εξασφαλίζουν αυτό που συνηθίζεται να αποκαλείται «μία καλής ποιότητας λιθοδομή». Οι παράγοντες που συντελούν σε μία καλής ποιότητας λιθοδομή είναι αφ' ενός η χρήση λίθων με μεγάλη θλιπτική αντοχή και κατάλληλου συνδετικού κονιάματος και αφ' ετέρου ο ορθός τρόπος δόμησης.

- Η θλιπτική αντοχή των τοιχοσωμάτων είναι βασικός παράγοντας της θλιπτικής αντοχής της λιθοδομής. Για το λόγο αυτό πρέπει, όπου είναι δυνατόν, να χρησιμοποιούνται λίθοι με γνωστά μηχανικά χαρακτηριστικά. Για προφανείς λόγους, είναι σημαντικό να μην χρησιμοποιούνται λίθοι με διαφορετικές ιδιότητες στην ίδια κατασκευή, πολύ δε περισσότερο, στον ίδιο τοίχο ενός έργου.

- Το σχήμα των λίθων πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να εξασφαλίζεται καλή προσαρμογή κατά μήκος αλλά και κατά το πάχος του τοίχου, να επιτυγχάνονται οριζόντιοι ισοπαχείς αρμοί κονιάματος και ο λίθος να εδράζεται με όλη την έδρα του και κυρίως να εξασφαλίζεται αλληλεμπλοκή κατά το πάχος του τοίχου ώστε να μην υπάρχει συνεχής κατακόρυφος αρμός. Η επιφάνειά τους πρέπει να είναι τραχεία, καθαρή και απαλλαγμένη από ξένα σαθρά υλικά, ώστε το κονίαμα να συγκολλά τους λίθους μεταξύ τους και όχι τα ξένα υλικά αφήνοντας τους λίθους ουσιαστικά χωρίς συγκόλληση.

- Το συνδετικό κονίαμα πρέπει να είναι ισχυρό (για τη συμβολή της αντοχής του κονιάματος στην αντοχή της τοιχοποιίας), αλλά είναι επιθυμητό να μην ξεπερνά την αντοχή των τοιχοσωμάτων και πρέπει να έχει χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή τουλάχιστον 2.5MPa, να είναι δηλαδή τουλάχιστον M2.5 κατά το Εθνικό Κείμενο Εφαρμογής του EC6, 1996.

- Η σύνδεση των κατακόρυφων στρώσεων συμπαγούς λιθοδομής πρέπει να γίνεται με μπατικούς λίθους (λίθοι με το μήκος τους κατά το πάχος του τοίχου) που θα αντιπροσωπεύουν ποσοστό τουλάχιστον 10% της κατακόρυφης επιφάνειας του τοίχου.

- Οι αρμοί έδρασης των λίθων πρέπει να είναι κάθετοι στη διεύθυνση των καταπονήσεων για την αποφυγή της ολίσθησης τους προς τα πλάγια.

- Στο τελείωμα των τοίχων, αλλά και στις συμβολές τους με άλλους, πρέπει να γίνεται επιμελημένο κτίσιμο με ισχυρούς ημιλαξευτούς λίθους, τους ακρογωνιαίους ή αγκωνάρια. Η σημασία αυτών των λίθων για την αντοχή του κτιρίου δηλώνεται από την έννοια που έχει λάβει η έκφραση «ακρογωνιαίος λίθος».

- Οι λίθοι πρέπει να περιβάλλονται από ποσότητα κονιάματος σε όλες τις πλευρές τους, εκτός του προσώπου τους. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην ποσότητα του κονιάματος, αφού είναι τελικά το αδύνατο σημείο μίας τοιχοδόμης και ειδικότερα μίας λιθοδομής.

- Σε λιθοδομές οι οποίες παραμένουν ανεπίχριστες η διαμόρφωση των αρμών είναι βασικός παράγοντας για να αποφευχθεί η είσοδος της υγρασίας στο σώμα του τοίχου, που αποτελεί μετά το σεισμό, την κύρια αιτία βλαβών στα κτίρια από τοιχοποιία. Για το λόγο αυτό πρέπει οι αρμοί να μην εξέχουν αλλά ούτε να εισέχουν της επιφάνειας των λίθων. Πρέπει να είναι λείοι ώστε να γίνεται εύκολα η απορροή του νερού και να μην εισέρχεται στο εσωτερικό του τοίχου. Σε περίπτωση τοιχοποιιών που πρόκειται να επιχριστούν, οι αρμοί διαμορφώνονται επιμελώς αλλά δεν φτάνουν μέχρι την επιφάνεια των λίθων ώστε το επίχρισμα να εισχωρήσει στον αρμό και να συνδεθεί έτσι ισχυρά με τον τοίχο.

Πρέπει να μην λησμονείται ότι ο τρόπος κτισίματος σε διάφορες περιοχές της γης, αλλά και ειδικότερα στην χώρα μας, έχει κάποια κοινά χαρακτηριστικά εξαρτώμενα από την περιοχή, όπως έχει και η αρχιτεκτονική των περιοχών αυτών. Οι τοπικές ιδιαιτερότητες οφείλονται, εκτός από τις υπαγορεύσεις της τοπικής αρχιτεκτονικής, στα κατά τόπους υλικά αλλά και στους τοπικούς

μάστορες που δημιουργούσαν την τοπική παράδοση ή «σχολή». Ωστόσο πρέπει να τονισθεί ότι κάθε κτίσμα, όσο και να φαίνεται κοινό με κάποιο άλλο, είναι ξεχωριστό, με τις δικές του ιδιαιτερότητες, που συνήθως έχουν προκύψει από μεταγενέστερες επεμβάσεις.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>**

**ΕΙΔΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ**

**ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ**

**ΑΨΙΔΕΣ**



## 2.1 ΕΙΔΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

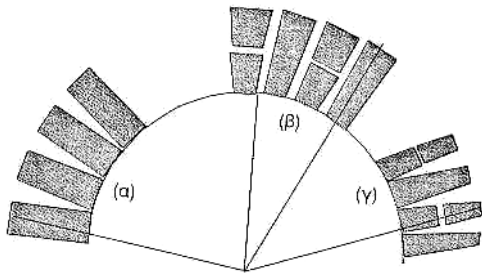
### ΑΨΙΔΕΣ

#### Χαρακτηριστικά και λειτουργία των αψίδων

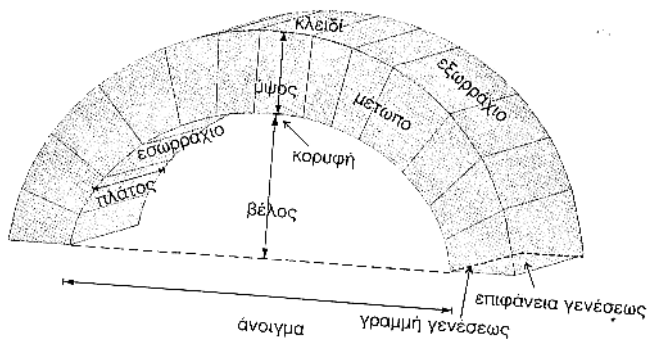
Οι αψίδες ή τόξα (κοινώς καμάρες) είναι επίπεδοι φορείς με κύριο χαρακτηριστικό τη μεταφορά των κατακόρυφων φορτίων μέσω δράσεων θόλου. Αν και η χρήση τους είναι πολύ παλιά ( ψευτοαψίδες που σχηματίζονταν με υπέρθεση των λιθοσωμάτων μίας στρώσης εξώτερων των κατώτερων βρίσκονται στα τείχη της Τίρυνθας που χρονολογούνται το 2900π.Χ (σχ.),στην πραγματική αψιδωτή μορφή τους, που πρωτοεμφανίστηκε περίπου το 1400π.Χ, χρησιμοποιήθηκαν κυρίως από τους Ρωμαίους. Έκτοτε η αψίδα επιβλήθηκε για τη δημιουργία ανοιγμάτων μεγάλου μήκους, όπως μεγάλες θύρες, στοές και κυρίως γέφυρες και υδραγωγεία, μέχρι τη χρήση του χάλυβα και του οπλισμένου σκυροδέματος. Η παλαιότερη σωζόμενη αψίδα είναι στην Ur της Μεσοποταμίας με άνοιγμα μόλις 0.8m, ενώ από τις μεγαλύτερες και παλαιότερες είναι η αψίδα-τμήμα κυλινδρικού θόλου από το παλάτι του Κτησιφώντα (550μ.Χ), η οποία είναι κατασκευασμένη από ωμοπλινθοδομή και έχει ύψος 36.6m και άνοιγμα 25,3m. Σήμερα σπανίως κατασκευάζονται αψίδες από τοιχοποιία, όμως η γνώση της λειτουργίας ενός τόσο κοινού δομικού στοιχείου και κυρίως του τρόπου αστοχίας του, αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την εκλογή της κατάλληλης ενισχυτικής μεθόδου υφισταμένων αψίδων.

Οι αψίδες δημιουργούνται είτε με ενσφήνωση ορθογωνικών τοιχοσωμάτων με σφηνοειδής αρμούς (σχ.2.1(α)), τρόπο που συνηθίζεται περισσότερο σε οπτοπλινθοδομές επειδή δεν απαιτεί τη χρήση ειδικών τεμαχίων, είτε με ενσφήνωση σφηνοειδών τεμαχίων με ορθογωνικούς αρμούς (σχ.2.1(β)), που συνηθίζεται στις λιθοδομές επειδή είναι εφικτή η διαμόρφωσή τους. Είναι επίσης δυνατή η κατασκευή αψιδωτών κατασκευών με σφηνοειδή τοιχωσώματα

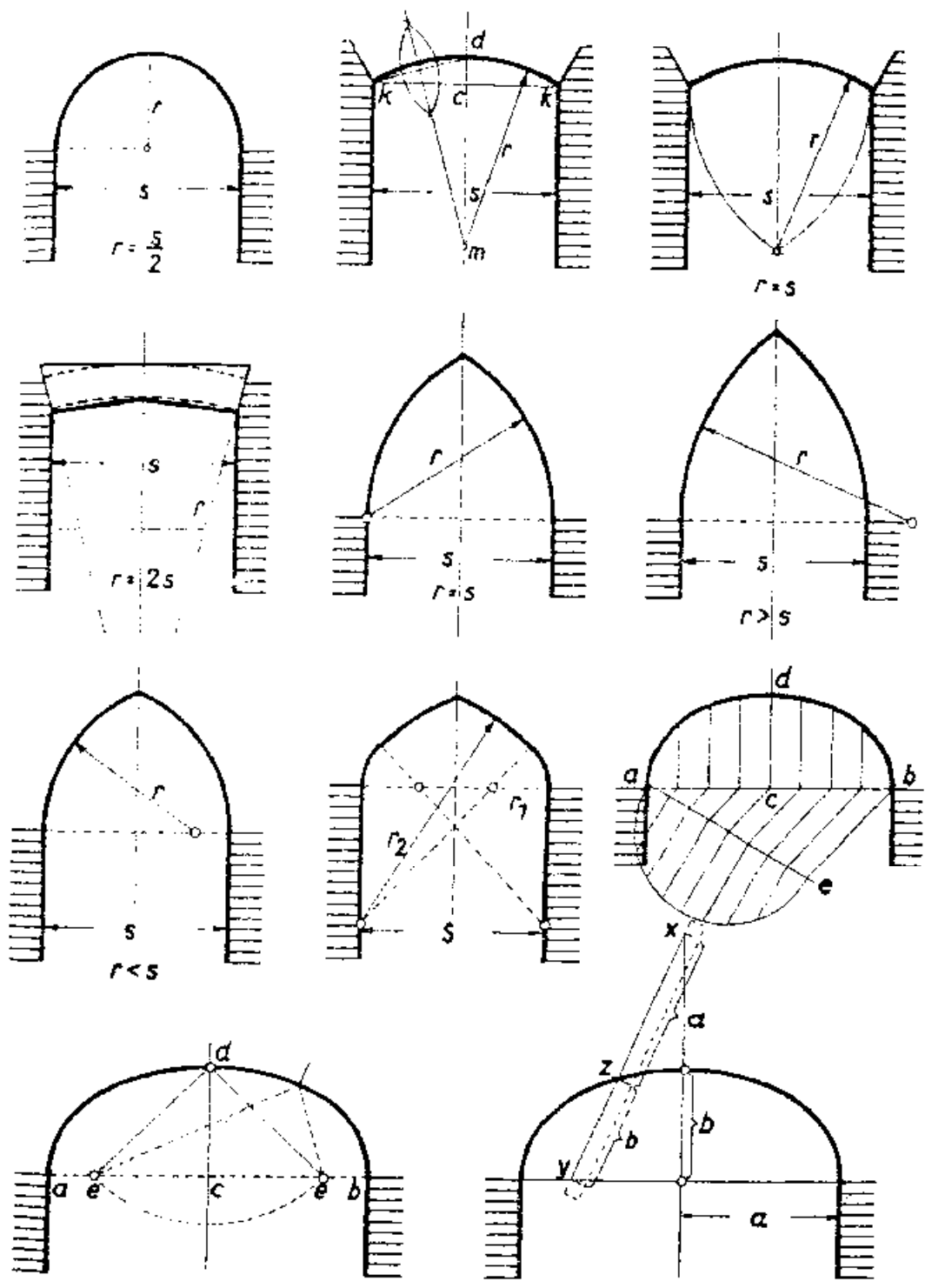
και σφηνοειδής αρμούς (σχ.2.1(γ)). Όπως φαίνεται στο σχ. , μία αψίδα μπορεί να σχηματιστεί είτε από μία είτε από περισσότερες σειρές τοιχοσωμάτων.



Σχ 2.1; Τρόπος διαμόρφωσης αψιδωτών κατασκευών

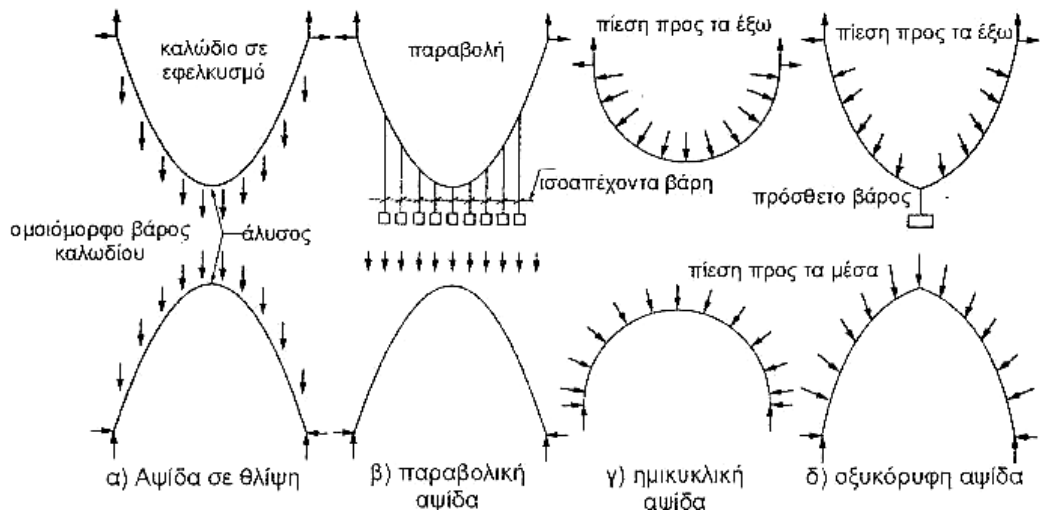


Σχ 2.2: Η αψίδα και τα μέρη της



Σχ 2.3: Διάφορες μορφές αψίδων

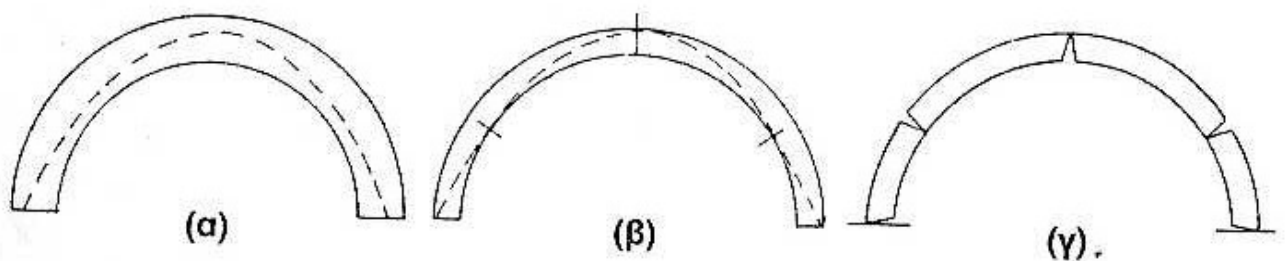
Στο σχήμα 2.3 (Μπίρης, 1967) παρουσιάζονται διάφορες μορφές αψίδων καθώς και η σχέση μεταξύ των γεωμετρικών στοιχείων τους, ώστε να είναι δυνατή η χάραξη της κάθε συγκεκριμένης μορφής. Η δράση μιας αψίδας (δράση θόλου) είναι περισσότερο κατανοητή με τη χρήση του ανάλογου φαινομένου μιας αλυσίδας ή ενός καλωδίου που κρέμεται από τα δύο άκρα του. Το καλώδιο υπό την επίδραση του ίδιου βάρους του λαμβάνει το σχήμα που φαίνεται στο άνω μέρος του σχ.2.4 Και βρίσκεται υπό καθαρό εφελκυσμό. Αν το σχήμα αυτό μεταβληθεί σε στερεό, στραφεί περί οριζόντιο άξονα και στηριχθεί στα δύο άκρα του, πάρει δηλαδή το σχήμα μιας αψίδας, το βάρος του σώματος θα δρα αντίθετα και το καλώδιο θα βρίσκεται υπό καθαρή θλίψη. Το σχήμα αυτό είναι επομένως το ιδανικότερο για μία αψίδα που θα φορτίζεται μόνο από το ίδιο βάρος της ή που θα φέρει μικρό εξωτερικό φορτίο π.χ μία τοξωτή γέφυρα. Εάν μια αψίδα φορτίζεται και με άλλα φορτία εκτός από το ίδιο βάρος της, τότε το ευνοϊκότερο σχήμα θα προκύψει από την ανάλογη φόρτιση ενός καλωδίου. Στο σχ.2.4 φαίνεται ότι υπό κατακόρυφη φόρτιση ομοιόμορφα κατανεμημένη, ιδανικότερο σχήμα μίας αψίδας είναι η παραβολή. Οι συνθήκες αυτές επικρατούν όταν το ίδιο βάρος μίας αψίδας, είναι μικρό σχετικά με το εξωτερικό κατακόρυφο ομοιόμορφο φορτίο. Τέτοιες συνθήκες υπάρχουν στις αψίδες των κτιριακών έργων και επομένως, προτιμότερο σχήμα για αυτές είναι αυτό της παραβολής και όχι το ημικυκλικό που χρησιμοποιείται συχνότερα για λόγους ευκολίας κατασκευής. Η ημικυκλική αψίδα είναι ιδανική μόνο για ακτινικά φορτία (σχ.2.4(γ)) ενώ αν υπάρχει και πρόσθετο φορτίο στην κλείδα τότε η οξυκόρυφος αψίδα του σχ.2.4(δ) έχει το ιδανικότερο σχήμα.



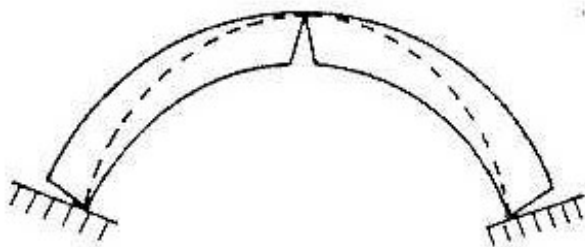
Σχ 2.4: Αναλογία καλωδίου-αψίδας για διάφορες περιπτώσεις φόρτισης

Το σχήμα της γραμμής ωθήσεων μίας αψίδας εξαρτάται από το είδος της φόρτισης και μπορεί να υπολογιστεί μαθηματικά αν είναι γνωστά τα σημεία εφαρμογής της στις στηρίξεις (βλέπε και Σχ. 2.10 παρακάτω). Για το ίδιο βάρος της μία αψίδα πακτωμένη στις στηρίξεις έχει θεωρητικά άπειρες γραμμές ωθήσεων, ανάλογα με το που θεωρείται ότι εφαρμόζεται η συνισταμένη των τάσεων στις επιφάνειες έδρασης. Στο σχήμα 2.5(α) η γραμμή ωθήσεων βρίσκεται μέσα στο κεντρικό τρίτο της διατομής σε όλη την αψίδα και έτσι δεν αναπτύσσονται εφελκυστικές τάσεις, αντίθετα η γραμμή ωθήσεων του σχ.2.5(β) έχει ως συνέπεια τη δημιουργία αρθρώσεων στις θέσεις που φαίνονται στο σχ.2.5(γ). Αν γίνει η λογική παραδοχή ότι οι στηρίξεις δεν είναι ακλόνητες και μία αψίδα δεν είναι από συνεχές υλικό, τότε μπορεί να γίνουν διάφορες εκτιμήσεις για τα σημεία από όπου διέρχεται η γραμμή ωθήσεων. Μπορεί για παράδειγμα να θεωρηθεί ότι η αψίδα στηρίζεται αρθρωτά, λόγω έστω και ελάχιστης μετακίνησης των φορέων που την στηρίζουν, οπότε η γραμμή ωθήσεων που αντιστοιχεί στο μέγιστο δυνατό βέλος είναι αυτή του σχ.2.6 και μπορεί να υπολογιστεί εύκολα αφού το τριαρθρωτό τόξο στο οποίο έχει μεταπέσει η αψίδα είναι ένας ισοστατικός φορέας. Επίσης μπορεί να γίνει η θεώρηση ότι η οριζόντια συνιστώσα έχει την ελάχιστη τιμή της, οπότε η γραμμή

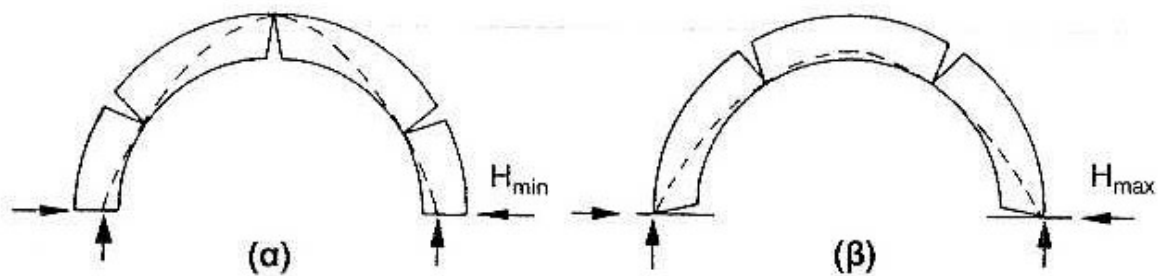
ωθήσεων έχει τη μορφή του σχ.2.7(α), δηλαδή έχει το μέγιστο δυνατό βέλος διερχόμενη από το εξωρράχιο στην κορυφή της και η αψίδα ρηγματώνεται στις τρεις θέσεις που σημειώνονται στο σχήμα, αλλά λειτουργούσα ως τριαρθρωτό τόξο παραμένει σε ισορροπία. Στην περίπτωση που η οριζόντια συνιστώσα έχει την μέγιστη δυνατή τιμή της, η γραμμή ωθήσεων διέρχεται από το εξωρράχιο στις επιφάνειες γένεσης, εκεί το εσωρράχιο ρηγματώνεται και η αψίδα αστοχεί, μεταπίπτουσα σε μηχανισμό, με την δημιουργία δύο (λόγω συμμετρίας) ρωγμών στο εξωρράχιο, όπως φαίνεται στο σχ.2.7(β). Για τον σχεδιασμό της γραμμής ωθήσεων υπό ομοιόμορφη φόρτιση συνηθίζεται να γίνεται η θεώρηση ότι στο κέντρο της δεν δημιουργείται ροπή (άρα ισοδυναμεί με άρθρωση), δηλαδή η γραμμή ωθήσεων διέρχεται από το μέσον του ύψους της στο κλειδί και με παραδοχή αρθρώσεων στις στηρίξεις η αψίδα είναι και πάλι ένα τριαρθρωτό τόξο.



Σχ 2.5: α) η γραμμή ωθήσεων δεν δημιουργεί αρθρώσεις, β) η γραμμή ωθήσεων δημιουργεί τις αρθρώσεις που φαίνονται στο γ)



Σχ 2.6: Γραμμή ωθήσεων σε τριαρθρωτό τόξο



Σχ 2.7: Η ημικυκλική αψίδα υπό το βάρος της α) ελάχιστη οριζόντια ώθηση, β) μέγιστη οριζόντια ώθηση

### 2.1.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΨΙΔΩΝ

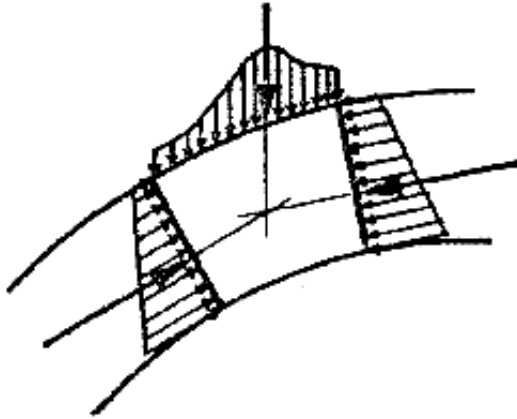
Για την ανάλυση και τον σχεδιασμό αψίδων δεν υπάρχουν κανονισμοί και τα ευρωπαϊκά πρότυπα δεν καλύπτουν αυτό το θέμα. Ο σχεδιασμός τους μπορεί να γίνει σύμφωνα με όσα αναφέρονται κατωτέρω. Επειδή, όπως προαναφέρθηκε, η μεταφορά των δυνάμεων μίας αψίδας γίνεται μέσω δράσεων θόλου, οι τάσεις που αναπτύσσονται λόγω κατακόρυφων φορτίων είναι θλιπτικές, επομένως καθοριστικό μέγεθος για τον έλεγχο των αψίδων είναι η θλιπτική αντοχή των τοιχοσωμάτων. Χαρακτηριστικά αναφέρεται (Drysdale et al, 1994) ότι μια αψίδα κατασκευασμένη από τοιχοσώματα θλιπτικής αντοχής 42 MPa θεωρητικά θα μπορούσε να έχει άνοιγμα 800m αν είχε το απαιτούμενο ύψος και σχήμα. Το άνοιγμα αυτό δεν μπορεί πρακτικά να πραγματοποιηθεί για λόγους ευσταθείας, αφού οι προς τα έξω ωθήσεις για να ισορροπηθούν απαιτούν τεράστιες αντιστηρίξεις. Πάντως, η μεγαλύτερη αψίδα από τοιχοποιία βρίσκεται στην Αυστραλία, είναι από τσιμεντόλιθους και έχει μήκος 305m.

Οι ερευνητές του 18<sup>ου</sup> αιώνα παρομοίασαν με λαβύρινθο τη σύγχυση που επικρατούσε με τις αντιφατικές θεωρίες της στατικής των θολωτών κατασκευών από τοιχοποιία (Sinopoli et al., 1997) αλλά κατά τον Poncelet (1852) χάρη στον Coulomb (1776) κατέστη δυνατή η έξοδος από τον λαβύρινθο των εμπειρικών μεθόδων και των θεωρητικών παραδοχών. Μετά την εγκατάλειψη των τεχνικών που σχετίζονταν με την τοιχοποιία λόγω της ενασχόλησης με τα νέα υλικά, που ήσαν ο χάλυβας και το σκυρόδεμα, ο Heyman (1966, 1969) επανεισήγαγε τις αρχές αυτές, εφαρμόζοντας τις αρχές τις οριακής κατάστασης που εφήρμοσε για πρώτη φορά σε αψίδα ο Kooharian (1953). Η θεωρία του Heyman συνοψίζεται στα ακόλουθα: α) Η τιμή της θλιπτικής αντοχής είναι πολύ μεγάλη εν σχέση με το επίπεδο των τάσεων σε μια αψίδα λόγω του ιδίου βάρους της, έτσι μπορεί να ληφθεί ως άπειρη, β) ακόμα και αν υπάρχει κονίαμα ή οποιοδήποτε συνθετικό υλικό μεταξύ των αψιδόλιθων, η εφελκυστική του αντοχή είναι τόσο χαμηλή που μπορεί να θεωρείται ότι η κατασκευή δεν μπορεί να παραλάβει εφελκυστικές τάσεις, γ) σχετικές εφαπτομενικές μετακινήσεις μεταξύ των γειτονικών αψιδόλιθων είναι απίθανες, λόγω της μεγάλης τριβής, και υποτίθεται ότι δεν θα συμβούν.

Επομένως, πρακτικά δεν υφίσταται θέμα θλιπτικής αστοχίας των αψίδων αλλά πρόβλημα ευστάθειας. Μία αψίδα δεν αστοχεί όσο η γραμμή ωθήσεων βρίσκεται στο κεντρικό τρίτο της διατομής, είναι δηλαδή υπό θλίψη σε όλο το ύψος της, επομένως η αντοχή της είναι καθαρά θέμα σχεδιασμού. Συγκεκριμένα, όταν η συνισταμένη των δυνάμεων σε κάποια διατομή βρίσκεται μέσα στο κεντρικό 1/3 του ύψους της, δεν δημιουργείται αδρανής περιοχή λόγω εφελκυστικής ρηγμάτωσης (σχ.2.8). Σε αντίθετη περίπτωση και από το σημείο που οι εφελκυστικές τάσεις υπερβαίνουν τη μικρή εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας, η οποία όπως αναφέρθηκε πρακτικά λαμβάνεται μηδενική, λειτουργεί μόνο τμήμα της διατομής για τη μεταφορά των δυνάμεων, αφού το εφελκυσμένο τμήμα δεν συμμετέχει στη μεταφορά των φορτίων. Ένας τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος είναι η αύξηση του ύψους της αψίδας ή του



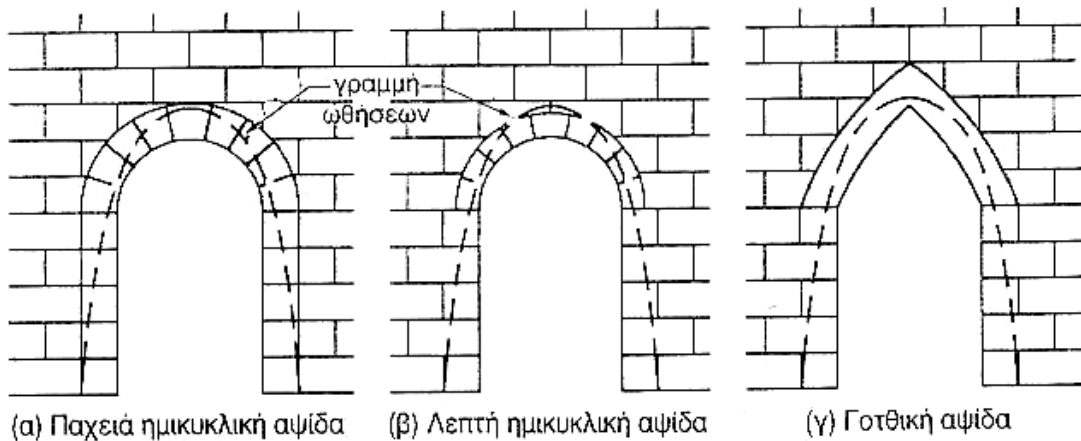
βέλους της, ώστε η γραμμή ωθήσεων να βρίσκεται στον πυρήνα της διατομής. Σε περίπτωση που η εκκεντρότητα υπερβεί το  $\frac{1}{2}$  της διατομής υπάρχει αστάθεια αφού η γραμμή ωθήσεων βρίσκεται έξω από την διατομή.



Σχ 2.8: Κατανομή τάσεων σε αψιδόλιθο

Σε μία αψίδα παραβολικού σχήματος με οριζόντια ομοιόμορφα κατανεμημένο κατακόρυφο φορτίο αποδεικνύεται εύκολα ότι δεν αναπτύσσεται σε κανένα σημείο ροπή, επομένως η γραμμή ωθήσεων διέρχεται από τον κεντροβαρικό άξονα. Επίσης από απλούς υπολογισμούς προκύπτει ότι οι τάσεις γίνονται μικρότερες όσο ο λόγος βέλους προς το άνοιγμα της αψίδας μεγαλώνει, ενώ παράλληλα μειώνονται και οι προς τα έξω ωθήσεις. Επομένως, και για το λόγο αυτό, την ευνοϊκότερη μορφή παρουσιάζουν τα παραβολικά και τα οξυκόρυφα τόξα, αρχή που εφαρμόστηκε στη γοθτική αρχιτεκτονική. Όπως φαίνεται στο σχ.2.9(β) τα λεπτά ημικυκλικά τόξα, αν και είναι ευκολότερο να κατασκευαστούν, για τη συνήθη περίπτωση των κατακόρυφων φορτίων δεν αποτελούν την ευνοϊκότερη μορφή από άποψης αντοχής, γιατί η παραβολική γραμμή ωθήσεων της αψίδας μπορεί να βρεθεί να διέρχεται έξω από το κεντρικό τρίτο της διατομής της. Αν ωστόσο η αψίδα πρέπει να γίνει κυκλική, το πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί με αύξηση του ύψους της, ώστε η

γραμμή ωθήσεων να βρίσκεται πάντα μέσα στην αψίδα (σχ.2.9(α)). Μία συνήθης πρακτική είναι το ύψος να είναι το 1/10 της ακτίνας της ημικυκλικής αψίδας. Οι γοθτικές αψίδες, όπως φαίνεται στο σχ.2.9(γ) είναι οι ιδανικότερες για τις κτιριακές κατασκευές αφού για τα κατακόρυφα φορτία η γραμμή ωθήσεων είναι μέσα στο τόξο.

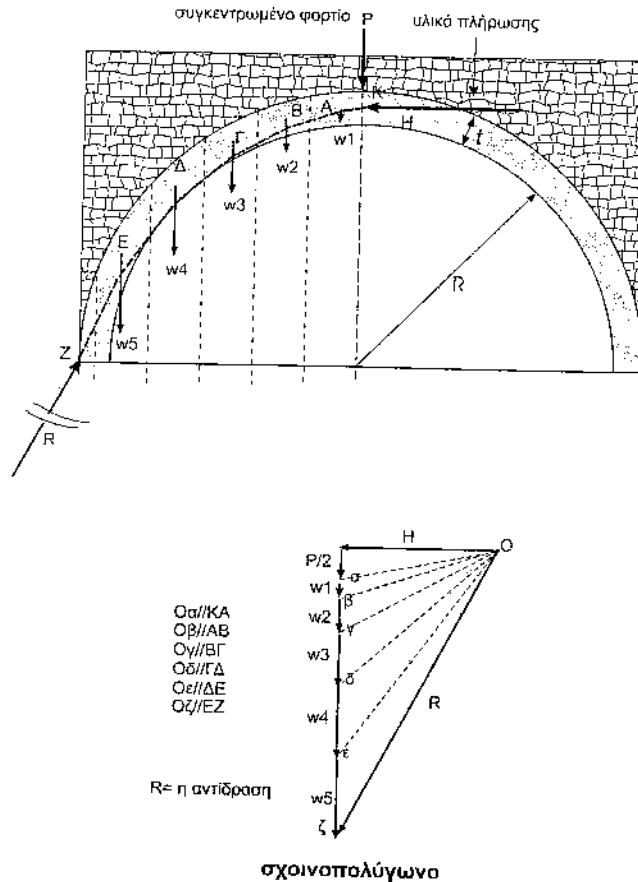


Σχ 2.9:Γραμμή ωθήσεων σε συνήθεις τύπους αψίδων

Για το σχεδιασμό των αψίδων ακολουθείται η κατωτέρω διαδικασία:

1. Εκλέγεται το βέλος της αψίδας
2. Επιλέγεται το σχήμα
3. Επιλέγεται ένα αρχικό ύψος
4. Ακολουθεί η γραφική ανάλυση για τον προσδιορισμό της γραμμής ωθήσεων
  - I. Διαχωρίζεται η αψίδα σε ίσα τμήματα σταθερού μήκους κατά την οριζόντια έννοια
  - II. Υπολογίζονται τα φορτία κάθε τμήματος λαμβάνοντας υπόψη το ίδιο βάρος και όλα τα φορτία πάνω από την αψίδα
  - III. Υπολογίζεται η οριζόντια ώθηση  $H$  με την υπόθεση ότι στο κλειδί το σημείο εφαρμογής της δεν δημιουργεί ροπή στη διατομή, δηλαδή δρα στον κεντροβαρικό άξονα.

- IV. Κατασκευάζεται το σχοινοπολύγωνο των δυνάμεων που δρουν στο ήμισυ της αψίδας.
  - V. Από το σχοινοπολύγωνο σχεδιάζεται η γραμμή ωθήσεων του ημίσεως της και σε περίπτωση περιμετρικής φόρτισης, όλης της αψίδας, διαφορετικά επαναλαμβάνεται η διαδικασία από το σημείο II για το άλλο μισό.
  - VI. Ελέγχεται αν η γραμμή ωθήσεων διέρχεται από το μεσαίο τρίτο. Αν δεν διέρχεται, γίνεται έλεγχος των εφελκυστικών τάσεων σε κρίσιμες διατομές και εκτιμάται αν μπορούν να αναληφθούν με κατάλληλη εκλογή υλικών ή επανασχεδιάζεται η αψίδα και η διαδικασία επαναλαμβάνεται από την αρχή.
- 5. Υπολογίζονται οι τάσεις σε κρίσιμες διατομές
  - 6. Επιλέγονται τα κατάλληλα υλικά ώστε οι τάσεις σχεδιασμού να είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες αντοχές σχεδιασμού.

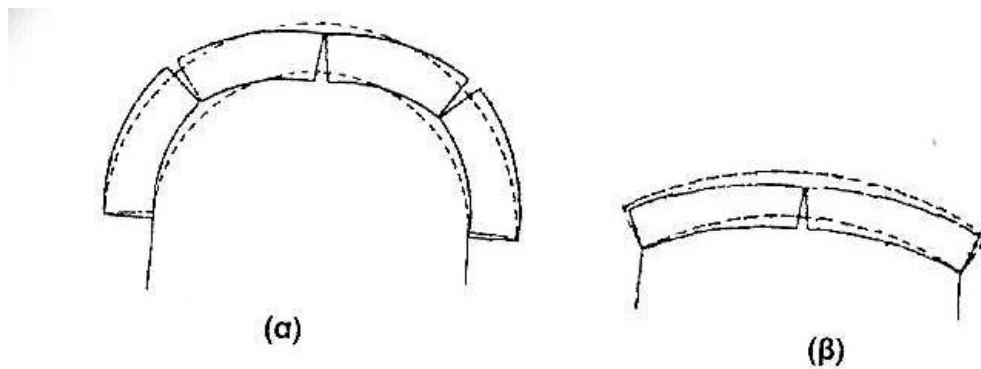


Σχ 2.10: κατασκευή γραμμής ωθήσεων σε αψίδα

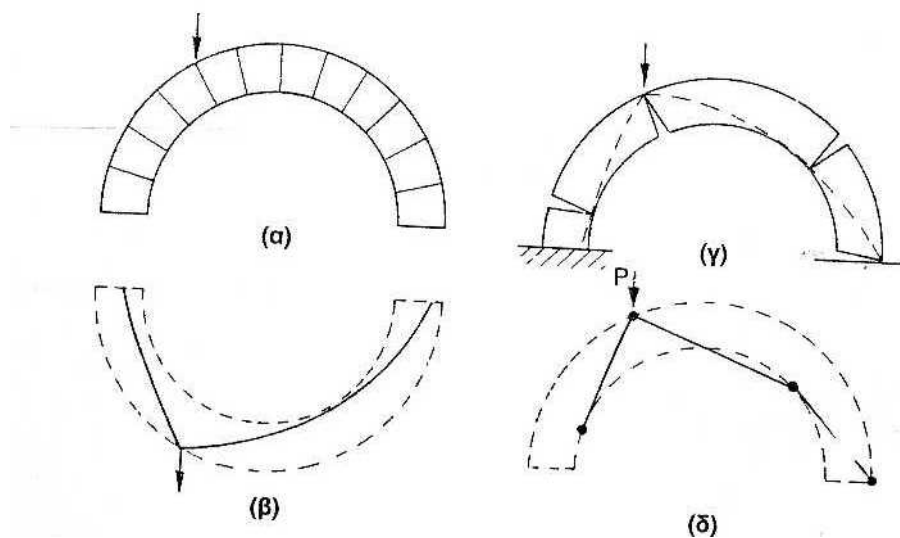
### 2.1.2 ΑΣΤΟΧΙΑ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΑΨΙΔΩΝ

Σε περίπτωση αστοχίας λόγω ανεπαρκούς διατομής (ύψους) της αψίδας, τότε το σημείο αστοχίας εξαρτάται από το βέλος της και το είδος της φόρτισης. Σε αψίδες με μεγάλο βέλος υπό ομοιόμορφο κατακόρυφο φορτίο, τα σημεία αστοχίας είναι το εσωτερικό της κλείδας και τα ακραία τέταρτα του εξωρραχίου, που αντιστοιχούν σε γωνία 60 μοιρών με το βέλος της αψίδας, διότι στις περιοχές αυτές η εκκεντρότητα της γραμμής ωθήσεων είναι προς το εξωρράχιο και το εσωρράχιο αντίστοιχα. (Σχ. 2.11(α)). Σε αψίδες με μικρό βέλος, ο αναμενόμενος τρόπος εκδήλωσης του προβλήματος είναι η αστοχία μόνο της κλείδας, αφού μόνο στην κορυφή η γραμμή ωθήσεων απομακρύνεται από τη μέση γραμμή (σχ.2.11(β)). Υπό κατακόρυφο συγκεντρωμένο φορτίο η

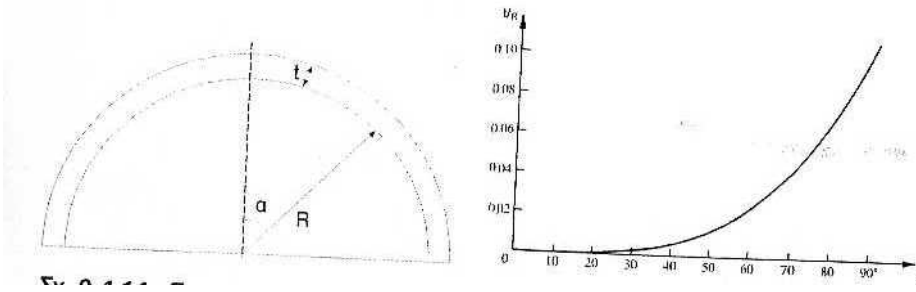
θέση αστοχίας είναι στο σημείο εφαρμογής του (σχ.2.12) αλλά η τιμή του φορτίου που θα προκαλέσει αστοχία εξαρτάται και πάλι από τα γεωμετρικά στοιχεία της αψίδας.



Σχ 2.11: Θέσεις αστοχίας αψίδων (α) μεγάλου βέλους (β) μικρού βέλους

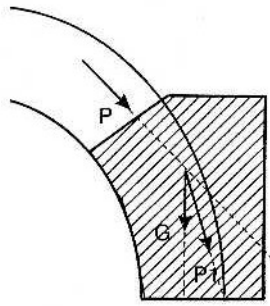


Σχ 2.12: Συγκεντρωμένο φορτίο α) σε αψίδα, β) σε καλώδιο, γ) η αντίστοιχη γραμμή ωθήσεων και δ) ο μηχανισμός αστοχίας



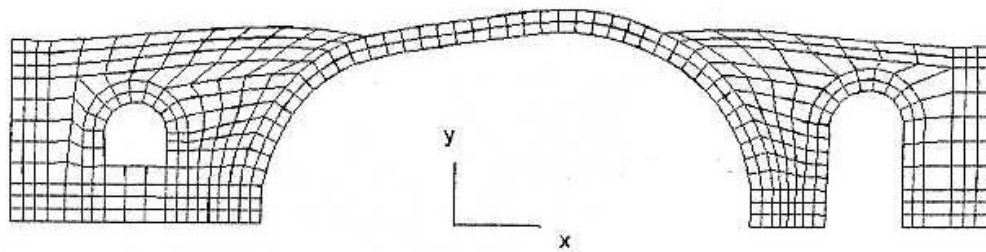
Σχ 2.13: Προσδιορισμός του λόγου  $t/R$  από τη γωνία  $\alpha^*$  για την αποφυγή πλαστικών αρθρώσεων

Στο διάγραμμα του σχ.2.13 (από Heyman, 1997) παρουσιάζεται η σχέση της ημιγωνίας  $\alpha^\circ$  μίας κυκλικής αψίδας και του λόγου  $t/R$  για να μην αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις, όπου  $t$  είναι το ύψους και  $R$  η ακτίνα της κυκλικής αψίδας, αντίστοιχα. Από το σχήμα προκύπτει ότι μια ημικυκλική αψίδα (ημιγωνία  $\alpha=90^\circ$ ) δεν θα αναπτύξει εφελκυστικές τάσεις αν ισχύει  $t/R=0.10$ . Δηλαδή αν το άνοιγμα της αψίδας είναι 10m το απαιτούμενο ύψος προκύπτει 1.0m, δηλαδή πολύ μεγάλο. Ένας τρόπος βελτίωσης της αψίδας είναι η χρήση κυκλικών τμημάτων μέχρι γωνία  $60^\circ$  με την κατακόρυφο, όπως φαίνεται στο σχ.2.14. Ο λόγος είναι ότι μέχρι την γωνία αυτή ο λόγος  $t/R$  είναι μικρός, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.13. Η διαμόρφωση στο υπόλοιπο κυκλικό τμήμα γίνεται με συνέχιση του πεσσού με επιφάνεια καμπύλη εσωτερικά, ώστε η συνισταμένη  $P_1$  των δυνάμεων  $P$  της αψίδας, και του ίδιου βάρους  $G$  να βρίσκεται στο κεντρικό τρίτο της διατομής ( σχ.2.14, προερχόμενο από G.Penelis, 1986). Από την ανάγκη εξυπηρέτησης αυτής της συνθήκης έχει προκύψει και το σχήμα πολλών λίθινων τοξωτών γεφυρών, όπως αυτό που στο σχ.2.15 φαίνεται η παραμόρφωσή του για σεισμική δράση παράλληλα στο επίπεδο του.



σχ 2.14: γραμμή ωθήσεων σε αψίδα με ενισχυμένες

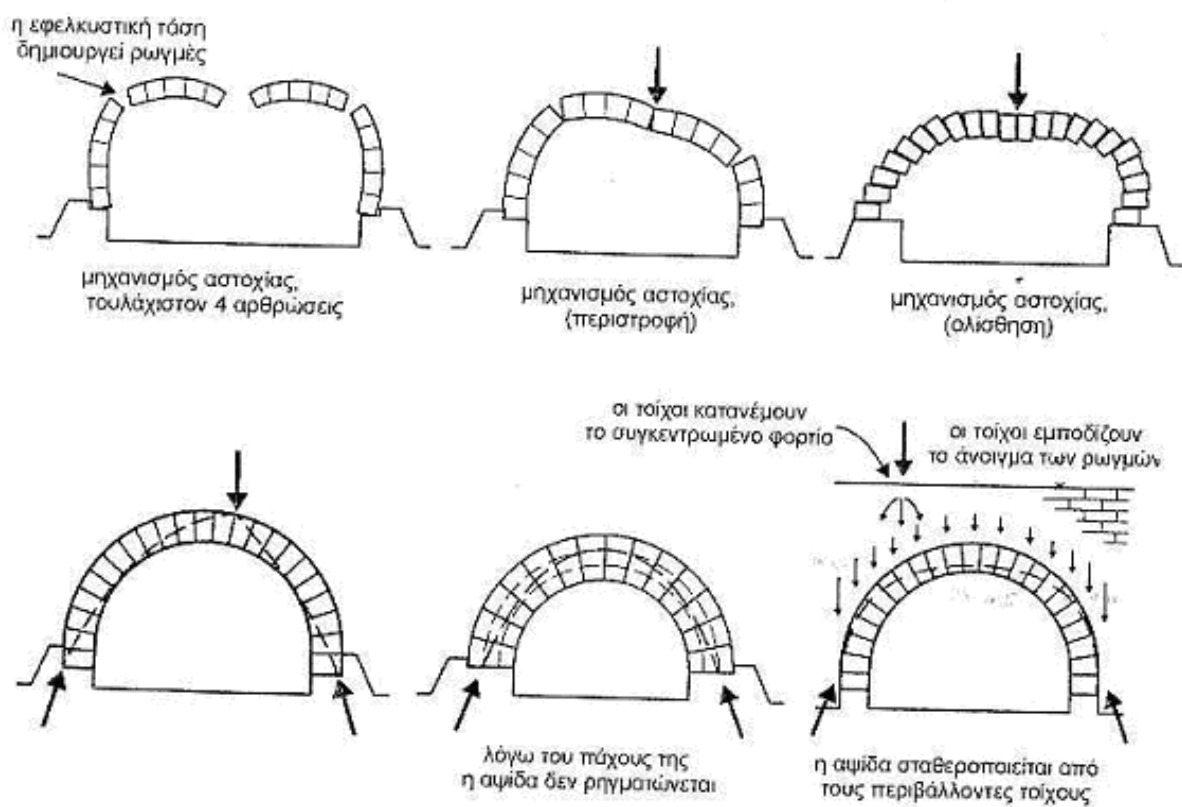
γενέσεις



Σχ 2.15: Παραμόρφωση της αψιδωτής γέφυρας από σεισμική δράση +x

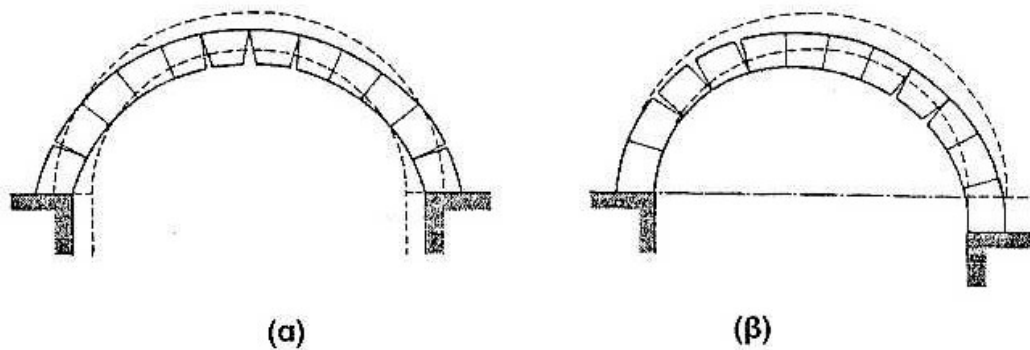
Ο συνηθέστερος λόγος αστοχίας μίας αψίδας είναι προβλήματα στις στηρίξεις της λόγω των οριζοντίων ωθήσεων που εξασκούνται σε αυτές από το συνδυασμό των φορτίων λειτουργίας. Για το λόγο αυτό, οποιαδήποτε θεώρηση των αψίδων πρέπει να γίνεται πάντα σε συνδυασμό με τα τμήματα (τοιίχους ή πεσσούς) που τις στηρίζουν. Αν οι στηρίξεις υποχωρούν ή στρέφονται, η ευστάθεια της αψίδας κινδυνεύει ακόμα και αν δεν έχουν εκδηλωθεί σημεία αστοχίας. Τα προβλήματα που μπορούν να παρουσιαστούν είναι κυρίως διαφορική καθίζηση των δύο στηρίξεων και η μετακίνηση τους προς τα έξω, λόγω των αντιδράσεων στις θλιπτικές δυνάμεις του τόξου που σε εναλλασσόμενους κύκλους φόρτισης έχουν προσθετικά αποτελέσματα.

Στην περίπτωση της προς τα έξω μετακίνησης των στηρίξεων, η αστοχία της αψίδας εκδηλώνεται με ρηγμάτωση του εσωρραχίου στο κεντρικό τμήμα και του εξωρραχίου στα ακραία τμήματα, όπως φαίνεται στο σχ.2.17 Στην περίπτωση της διαφορικής καθίζησης, η αστοχία εκδηλώνεται με ρηγμάτωση του εσωρραχίου στο τμήμα που ευρίσκεται προς τη βάση που έχει υποστεί καθίζηση και ρηγμάτωση του εξωρραχίου στο άλλο τμήμα σχ.2.17.



Σχ 1.16: Παραμορφώσεις και γραμμές ωθήσεων αψίδων





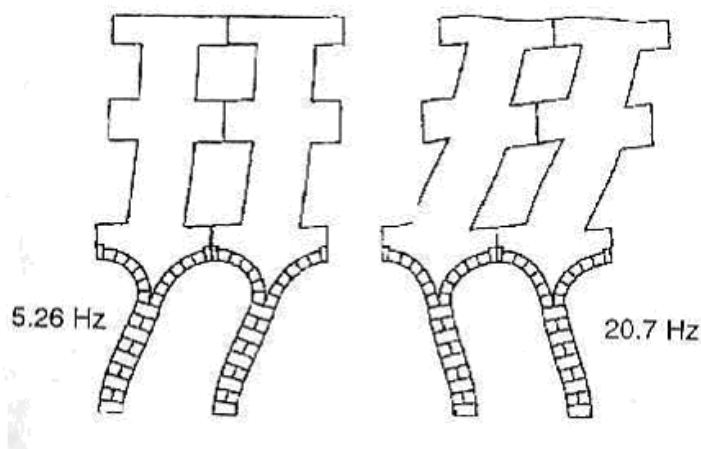
Σχ 2.17: Θέσεις αστοχίας αψίδας λόγω α) μετακίνησης προς τα έξω και β) λόγω διαφορεικής καθίζησης των στηρίξεων

Από τα ανωτέρω είναι φανερό ότι η θέση της γραμμής ωθήσεων και η υπέρβαση των επιτρεπομένων παραμορφώσεων οδηγεί τις αψίδες σε ρηγματώσεις που ενεργούν ως αρθρώσεις. Είναι γνωστό ότι θεωρητικά, το τριαρθωτό τόξο είναι ισοστατικός φορέας, επομένως σε μία αψίδα μπορούν να παρουσιαστούν ρωγμές σε τρεις θέσεις χωρίς η κατασκευή να καταστεί ασταθής. Υπενθυμίζεται στο σημείο αυτό ότι σε οξυκόρυφες αψίδες, η οξεία κορυφή λειτουργεί ως άρθρωση, επομένως επιτρέπεται αστοχία μόνο σε δύο ακόμα σημεία.

Μερικές φορές παρατηρείται «φούσκωμα» του μετώπου της αψίδας χωρίς να έχει συμβεί ρηγμάτωση ή να έχει παρατηρηθεί καθίζηση. Το πιθανότερο αίτιο είναι κάποια διατάραξη του εσωτερικού της αψίδας, είτε λόγω κακής ποιότητας δόμησης (χρήση κροκάλων, πολύ ισχνού κονιάματος, κακή αλληλεμπλοκή), είτε συνηθέστερο, λόγω αποσάθρωσης εξαιτίας διάβρωσης του ούτως ή άλλως ισχνού κονιάματος των υφιστάμενων αψίδων, ή λόγω εναλλασσομένων κύκλων παγετού.

Οι αψίδες υπό σεισμική δράση επηρεάζονται είτε άμεσα, είτε έμμεσα. Άμεση επίδραση έχει κυρίως η κατακόρυφη συνιστώσα της σεισμικής δύναμης, η οποία αυξάνοντας τα φορτία μεταβάλλει τη γραμμή ωθήσεων με πιθανή συνέπεια τη ρηγμάτωση της αψίδας. Έμμεσα, ο σεισμός επηρεάζει την αψίδα

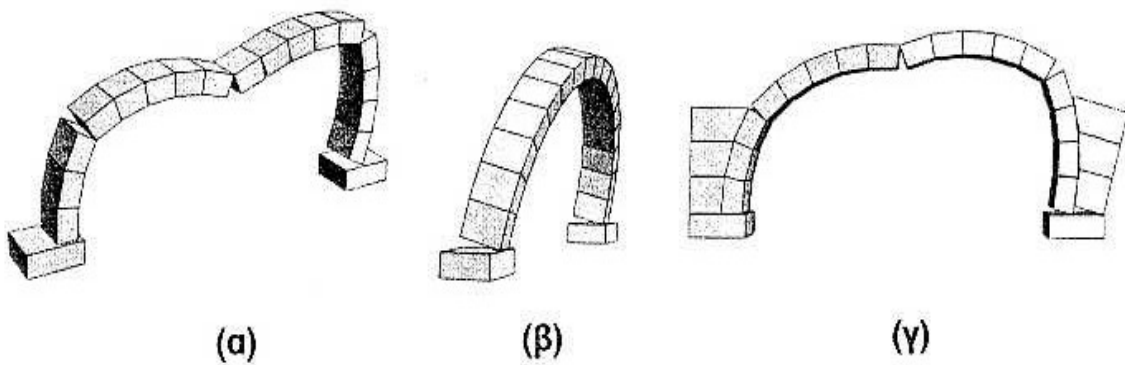
επειδή κατά τη διάρκεια του μπορούν να μετακινηθούν εκτός φάσεως οι δύο επιφάνειες γένεσης των ασφίδων, οπότε θα αναπτυχθούν ρηγματώσεις κατά το σχ.2.17 , οι οποίες θα οφείλονται σε μετακίνηση των στηρίξεων. Στο σχ. 2.18 φαίνονται οι δύο πρώτες ιδιομορφίες ενός τμήματος συνεχών ασφίδων με την υπερκείμενη κατασκευή. Και στις δύο αυτές περιπτώσεις οι στηρίξεις των ασφίδων έχουν μεν μετακινηθεί εν φάσει, αλλά η γραμμή ωθήσεων έχει τέτοιο σχήμα που προκαλεί εκκεντρότητα των θλιπτικών δυνάμεων με συνέπεια τη ρηγμάτωση στις εφελκυόμενες περιοχές.



Σχ 2.18: Οι δύο πρώτες ιδιομορφές τμήματος συνεχών ασφίδων με τους υπερκείμενους τοίχους.

Οι συνεχείς ασφίδες ήσαν η συνηθισμένη εναλλακτική λύση του συστήματος δοκός –στύλος για τη δημιουργία συνεχών ανοιγμάτων και στοών, όταν τα ανοίγματα δεν μπορούσαν να επιτευχθούν οικονομικά με το σύστημα αυτό. Συνεχείς ασφίδες έχουν χρησιμοποιηθεί κυρίως σε γέφυρες και υδραγωγεία καθώς και στις προσόψεις σημαντικών κτιρίων, τόσο του απώτερου όσο και του νεώτερου παρελθόντος. Η κατασκευή ομοίων συνεχών ασφίδων, οι οποίες φορτίζονται με ίσα φορτία και ευρίσκονται σε ευθεία, έχει ως αποτέλεσμα το μηδενισμό των ωθήσεων στις μεσαίες στηρίξεις, αφού σε αυτές εφαρμόζονται ίσες και αντίθετες δυνάμεις. Έτσι, όλα τα μεσαία κατακόρυφα στοιχεία μπορούν

να κατασκευάζονται λεπτότερα από όσο θα κατασκευαζόταν αν στήριζαν μόνο μία αψίδα. Βέβαια, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μειωμένη αντοχή σε σεισμική φόρτιση ιδιαίτερα για την εκτός επιπέδου συνιστώσα, εκτός αν υπάρχουν ισχυροί ελκυστήρες που τα συνδέουν με τον παράλληλο τοίχο. Όμοιες αψίδες, που μεταφέρουν ίσα φορτία και δεν ευρίσκονται σε ευθεία, είναι προφανές ότι δεν μηδενίζουν τις οριζόντιες ωθήσεις στις στηρίξεις, αλλά πάντα τις μειώνουν.



Σχ 2.19: Μηχανισμός αστοχίας αψίδας για α) εντός και β) εκτός επιπέδου οριζόντιες δράσεις, γ) η ύπαρξη αντηρίδων κάτω από τις κρίσιμες περιοχές δεν επηρεάζει τον τρόπο αστοχίας

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>**

# **ΒΛΑΒΕΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γνώση της παθολογίας των κατασκευών είναι σημαντική γιατί ο προσδιορισμός των αιτίων των βλαβών είναι απαραίτητος προκειμένου να αρθεί το αίτιο που τις προκάλεσε και στη συνέχεια να αποκατασταθεί η κατασκευή, διότι σε περίπτωση επισκευής χωρίς άρση του αιτίου οι βλάβες θα επαναληφθούν. Έχει όμως αποδειχθεί ότι τις περισσότερες φορές μία βλάβη είναι συσσωρευτικό αποτέλεσμα περισσοτέρων του ενός αιτίων, γεγονός που δυσχεραίνει τον προσδιορισμό των πραγματικών. Ένας επιπλέον παράγοντας που περιπλέκει την αιτιολογία των βλαβών είναι ότι πολλά αίτια εκδηλώνονται με τον ίδιο τρόπο και επομένως πρέπει με τη μέθοδο του αποκλεισμού μερικών να οδηγηθούμε στα πραγματικά. Για τους λόγους αυτούς, η γνώση της συμπεριφοράς των κατασκευών από τοιχοποιία, σε συνδυασμό με την τεκμηρίωση της κάθε συγκεκριμένης κατασκευής, θα οδηγήσει στην ερμηνεία των αιτιών που προκάλεσαν τη συγκεκριμένη βλάβη και τελικά στη θεραπεία του προβλήματος.

Η τεκμηρίωση πρέπει να περιλαμβάνει:

α.) **Λεπτομερή αποτύπωση** των φερόντων στοιχείων της κατασκευής. Αν και η εργασία αυτή είναι σχετικά απλή πολλές φορές καθίσταται δυσχερής, καθώς διάφορες δομικές επεμβάσεις είναι δυνατόν να δίδουν λανθασμένη εικόνα για τα φέροντα στοιχεία. Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι, πολλές από τις κατασκευές από τοιχοποιία έχουν ζωή ακόμα και εκατοντάδων ετών και έχουν πιθανότατα υποστεί πολλές επεμβάσεις. Στο στάδιο αυτό μεγάλη βοήθεια προσφέρουν οι μέθοδοι επισκόπησης (π.χ. ακτινογραφίες, υπέρυθρη ακτινοβολία κ.λ.π).

β.) **Αναζήτηση**, εφ' όσον υπάρχουν, των αρχικών σχεδίων της κατασκευής και διασταύρωσή τους με την υπάρχουσα κατάσταση. Πολύ χρήσιμη είναι η συλλογή πληροφοριών για τα στάδια κατασκευής του έργου καθώς και για τις επεμβάσεις που τυχόν έχουν γίνει. Έχει αποδειχθεί ότι και μικρή χρονικά

διαφορά στα στάδια κατασκευής έχει παίξει σημαντικό ρόλο στη μετέπειτα συμπεριφορά του δομήματος. Ο κυριότερος λόγος είναι τα διαφορετικά υλικά και η διαφορετική ποιότητα κατασκευής που επετεύχθη σε κάθε διαφορετικό στάδιο.

γ.) **Παρακολούθηση** της εξέλιξης των βλαβών. Είναι προφανές ότι βλάβες που συνεχίζονται είναι πολύ περισσότερο επικίνδυνες από βλάβες που συνέβησαν κάποτε στη ζωή της κατασκευής αλλά, με την ανακατανομή των τάσεων που ακολούθησε, σταθεροποιήθηκαν και σταμάτησε η εξέλιξή τους. Η παρακολούθηση αυτή πρέπει να γίνεται με μία από τις ευρέως χρησιμοποιούμενες μεθόδους και να τεκμηριώνεται καταλλήλως. Σημαντικά στοιχεία προς τη μεριά της γνώσης της εξέλιξης των βλαβών παρέχουν οι μαρτυρίες που αφορούν στην πρώτη εμφάνιση των βλαβών. Χρειάζεται όμως προσοχή και αξιολόγηση της αξιοπιστίας των μαρτυριών διότι μερικές βλάβες αν και υφίστανται επί μεγάλο χρονικό διάστημα γίνονται αντιληπτές μόνο όταν για κάποιο λόγο αναζητηθούν (π.χ. μετά από κάποιο σεισμό). Στη κατεύθυνση της συλλογής στοιχείων ακόμα και θρύλοι σχετικοί με το έργο μπορούν να αξιοποιηθούν. Αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι ο θρύλος του γεφυριού της Άρτας που πρόδιδε κάποια δυσκολία στην κατασκευή του, οφειλόταν σε εδαφολογικά προβλήματα στη μια πλευρά της γέφυρας (Π. Πλαίνης, 1989).

Στη συνέχεια θα δούμε μεθόδους και όργανα ελέγχου υφισταμένων τοιχοποιιών. Σε περιπτώσεις αποκατάστασης ή ενίσχυσης υφισταμένων κατασκευών, εκτός της γνώσης των μηχανικών χαρακτηριστικών και της δομής της τοιχοποιίας, είναι αναγκαίος και ο προσδιορισμός των παραμορφώσεων, που ενδεχομένως υπάρχουν, αλλά και της προόδου τους με την πάροδο του χρόνου. Παλαιότερα, όλα τα στοιχεία βασιζόνταν σε επιτόπου παρατηρήσεις, είτε δια γυμνού οφθαλμού είτε με τη βοήθεια φακών. Σήμερα, υπάρχει μεγάλη ποικιλία μεθόδων και οργάνων από απλές έως εξαιρετικά πολύπλοκες, οι οποίες καθιστούν δυνατή την πλήρη, και σε μεγάλο βαθμό ακριβή, γνώση όλων των ιδιοτήτων της τοιχοποιίας (όπως βεβαίως και άλλων υλικών).

Αναλόγως της χρήσης τους, οι τρόποι διερεύνησης που χρησιμοποιούνται σε κατασκευές μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες, έτσι διακρίνονται μέθοδοι:

- α.) για τη διερεύνηση της εσωτερικής δομής της τοιχοποιίας,
- β.) για τον προσδιορισμό των μηχανικών χαρακτηριστικών της, και
- γ.) που παρέχουν πληροφορίες για τις παραμορφώσεις και την εξέλιξή τους στο χρόνο.

Γίνεται μια προσπάθεια συνοπτικής παράθεσης όσο γίνεται περισσότερων χρήσιμων στοιχείων ώστε ο μηχανικός να δύναται να επιλέξει την κατάλληλη μέθοδο προσδιορισμού του παράγοντα που επιθυμεί και να γνωρίσει όχι μόνο τις ιδιαίτερες δυνατότητες, αλλά και τα μειονεκτήματα της κάθε μεθόδου, ώστε να χρησιμοποιήσει σωστά τα αποτελέσματα της. Όμως, πρέπει να μην ξεχνάμε ότι διαρκώς τα όργανα εξελίσσονται και οι νέες τεχνικές βελτιώνονται, ενώ παλαιότερες εγκαταλείπονται.

### **3.2 ΑΙΤΙΑ ΤΩΝ ΒΛΑΒΩΝ**

Τα αίτια που προκαλούν βλάβες στις κατασκευές μπορούν να καταταγούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες ως εξής:

- Ενδογενή, που έχουν σχέση με αυτό τούτο το υλικό και την κατασκευή ή που οφείλονται σε σφάλματα της (πολλές φορές ανύπαρκτης) μελέτης και της κατασκευής.
- Εξωγενή, που οφείλονται σε εξωτερικούς παράγοντες, δηλαδή σε δράσεις περιβαλλοντικές ή τυχηματικές (σεισμός, φωτιά).

Ένας σημαντικός παράγοντας που γίνεται αιτία για τη δημιουργία βλαβών στις κατασκευές είναι το έδαφος, και μπορούν να καταταγούν σε μια Τρίτη κατηγορία.

### 3.2.1 Ενδογενή αιτία βλαβών

Τα κυριότερα ενδογενή αίτια είναι η κακή μορφολογία της κατασκευής (ασυμμετρία σε κάτοψη και καθ' ύψος), η συνήθης σε τέτοιες κατασκευές απουσία σχεδιασμού, η κακή ποιότητα των υλικών και πολύ συχνά και της δόμησης, η ασυμβατότητα των χρησιμοποιούμενων υλικών, οι κακές ενισχυτικές παρεμβάσεις, οι οποίες μπορούν να αποβούν από αναποτελεσματικές μέχρι επιβλαβείς, και οι μεταβολές όγκου λόγω θερμοκρασιακών διαφορών αλλά και συνίζησης. Όπως μπορεί εύκολα να γίνει αντιληπτό, η αντιμετώπιση των περισσοτέρων εκ των ενδογενών αιτιών είναι ιδιαιτέρως δυσχερής (π.χ. αυτά που οφείλονται στη μορφολογία της κατασκευής). Η αντιμετώπιση των αιτιών που προέρχονται από τη μόρφωση και το σχεδιασμό της κατασκευής συνεπάγεται την άρση των παραγόντων που αυξάνουν την τρωτότητα της π.χ. δημιουργία συμμετρικών σε κάτοψη τμημάτων μέσω δημιουργούμενου αρμού, δημιουργία οριζοντίων διαφραγμάτων, κ.λ.π. Η ασυμβατότητα των υλικών που έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορες φάσεις της ζωής μίας κατασκευής ή ενός μνημείου (ίσως και σε κάποια φάση επισκευής) αποτελεί σημαντικότατο παράγοντα δημιουργίας βλαβών.

Ιδιαίτερο πρόβλημα είναι και οι ρωγμές που οφείλονται σε μεταβολές της θερμοκρασίας. Τα υλικά δόμησης (πέτρα, ξύλο, τούβλο) των πέτρινων γεφυριών όπως και όλα τα σώματα, όταν θερμαίνονται διαστέλλονται και όταν ψύχονται συστέλλονται. Αυτές οι κινήσεις και ειδικά όταν έχουμε απότομες μεταβολές θερμοκρασίας – αυξομειώσεις και λαμβάνοντας υπόψη την ηλικία των γεφυριών έχουν σαν αποτέλεσμα την χαλάρωση της σύνδεσης των υλικών και την δημιουργία ρηγματώσεων.

Επίσης άλλο πρόβλημα είναι το νερό: προέρχεται από τις βροχοπτώσεις ή χιονοπτώσεις, και εισέρχεται στους πόρους των υλικών. Αν σκεφτούμε ότι το βρόχινο νερό παρασύρει άλατα τα οποία στην πάροδο του χρόνου κρυσταλλώνονται ή όταν παγώσει διαστέλλεται καταλαβαίνουμε ότι η εμφάνιση



των ρηγματώσεων έρχεται σα φυσικό επακόλουθο. Πρέπει επίσης να αναφέρουμε και τον παράγοντα ατμοσφαιρική ρύπανση ο οποίος, εκτός ότι από μόνος του συντελεί στην φθορά των γεφυριών άμεσα, έμμεσα εμπλουτίζει το βρόχινο νερό σε οργανικές βαριές ενώσεις όπου σύμφωνα με τον μηχανισμό βοηθά στη διάβρωση των υλικών εσωτερικά αλλά και στο επιφανειακό ξέφτισμα τους.

### **3.2.2 Εξωγενή αίτια βλαβών**

Εξωγενή αίτια βλαβών είναι:

Τυχηματικές δράσεις, οι οποίες είναι μεν σπάνιες, αλλά έχουν έντονη εκδήλωση (σεισμός, φωτιά).

Περιβαλλοντικές δράσεις, οι οποίες εκτός του ότι είναι ποικίλες, έχουν και αργή αλλά αυξανόμενη με το χρόνο εκδήλωση, με αποτέλεσμα η επιρροή τους αρκετές φορές να υποτιμάται.

Οι περιβαλλοντικές δράσεις έχουν σχέση σχεδόν πάντα με την ύπαρξη νερού ή υγρασίας, είναι αρκετές και συχνές και αν δεν αντιμετωπισθούν έγκαιρα έχουν ως αποτέλεσμα την αποσύνθεση και αποδιοργάνωση της τοιχοποιίας και την γήρανση της κατασκευής. Δεν είναι λίγες οι φορές που αποτελούν την κύρια αίτια κάποιας βλάβης, η οποία εκδηλώνεται όταν αυτή η δράση ενισχυθεί και από κάποιο άλλο αίτιο, π.χ. σεισμό. Οι περισσότερο συνηθισμένες περιβαλλοντικές δράσεις είναι:

α. Κύκλοι υγράνσεως και ξηράνσεως της τοιχοποιίας. Η δράση του ύδατος μπορεί να είναι:

- φυσική, καθώς η πήξη του και η επακόλουθη αύξηση του όγκου του δημιουργεί μικρορηγματώσεις και αποδιοργάνωση κυρίως του κονιάματος των αρμών,
- μηχανική, δηλαδή διάβρωση από το νερό της βροχής των λίθων σε ανεπίχριστες λιθοδομές και στις επιχρισμένες, του επιχρίσματος αρχικά, και στη συνέχεια των λίθων, αν δεν ληφθούν έγκαιρα μέτρα,

- χημική, αν στο νερό υπάρχουν αραιά χημικά οξέα.

Στις παλαιές τοιχοποιίες, η ανερχόμενη υγρασία προκαλεί σημαντικό βαθμό διάβρωσης του συνδετικού ασβεστοκονιάματος σε αρκετά μεγάλο ύψος πάνω από την επιφάνεια του εδάφους.

β. Κρυστάλλωση αλάτων, που αν γίνεται στην επιφάνεια των υλικών, έχει ως αποτέλεσμα ακίνδυνα εξανθήματα, κυρίως των κονιαμάτων, αλλά αν γίνεται στη μάζα τους μπορεί να οδηγήσει σε επικίνδυνες διαρρήξεις.

γ. Υγροποίηση υδρατμών στο εσωτερικό της τοιχοποιίας μπορεί να έχει ως συνέπεια φυσικοχημική δράση.

δ. Ρίζες φυτών στο σώμα της τοιχοδομής έχουν ως αποτέλεσμα την δημιουργία τάσεων αλλά και την αποσάθρωση του κονιάματος. Ρίζες φυτών κάτω από τα θεμέλια τοίχων έχουν αποτέλεσμα την ανύψωση των τοίχων, ενώ η γειτνίαση με φυτά που απορροφούν μεγάλες ποσότητες ύδατος (π.χ. λεύκες) έχει αποτέλεσμα την καθίζηση ή ανύψωση τους.

Όπως προαναφέρθηκε, τυχηματικές δράσεις είναι ο σεισμός και η φωτιά. Και τα δύο φαινόμενα εκδηλώνονται ιδιαίτερα έντονα και μπορούν να οδηγήσουν μέχρι την πλήρη κατάρρευση της κατασκευής. Οι υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια μίας πυρκαγιάς έχουν συνέπεια αλλοιώσεις των υλικών, όπως ασβεστοποιήσεις και αποσυνθέσεις, ιδιαίτερα του συνδετικού κονιάματος, με άμεσο αποτέλεσμα τη μείωση της αντοχής της τοιχοποιίας. Δυστυχώς μέτρα πυρασφάλειας των ιδίων των τοίχων δεν υπάρχουν.

Η σεισμική δράση είθισται να θεωρείται σαν η κύρια αιτία των βλαβών των κατασκευών από τοιχοποιία, τόσο στη χώρα μας όσο και σε άλλες σεισμογενείς περιοχές της γης. Για τις παλαιότερες, εμπειρικές κατασκευές αυτό δεν απέχει πολύ από την πραγματικότητα, αλλά οι νεώτερες έχουν επιδείξει καλή σεισμική συμπεριφορά. Πάντως, επειδή η μορφή της ρηγμάτωσης λόγω σεισμού ομοιάζει με εκείνο λόγω εδαφολογικών προβλημάτων, συνήθως ο σεισμός χρεώνεται και βλάβες οφειλόμενες στο έδαφος. Τις περισσότερες φορές όμως η σεισμική δράση είναι απλώς το επιπλέον αίτιο που οδήγησε σε βλάβες, σε συνδυασμό με

ενδογενή ή / και περιβαλλοντικά αίτια. Η κακή μόρφωση, η μη επιμελημένη δόμηση και οι δομικές παρεμβάσεις είναι μερικοί παράγοντες που υπό την επίδραση οριζοντίων δυνάμεων συντελούν στην αστοχία της κατασκευής.

### **3.2.3 Βλάβες οφειλόμενες στο έδαφος**

Αν και, όπως προαναφέρθηκε, οι βλάβες που οφείλονται στο έδαφος αποτελούν μάλλον ξεχωριστή κατηγορία, μπορούν ίσως να καταταγούν και στις τυχηματικές δράσεις. Οι επιβαλλόμενες παραμορφώσεις εξαιτίας διαφορετικών ή ολικών καθιζήσεων είναι πολύ συνηθισμένες στις κατασκευές που μας απασχολούν. Πολλές φορές, οι βλάβες λόγω διαφορετικών καθιζήσεων συγχέονται με εκείνες λόγω σεισμού αφού: α) η εκδήλωση γίνεται με λοξές ρωγμές και β) η διερεύνηση των αιτιών, που οδήγησαν σε διαφορετική καθίζηση, είναι ιδιαίτερα δυσχερής, επειδή το αίτιο δεν είναι ορατό και για τον προσδιορισμό του απαιτείται συνήθως εκσκαφή.

Οι περιπτώσεις ολόσωμης καθίζησης δεν είναι ο κανόνας, αλλά τις περισσότερες φορές τα δημιουργούμενα προβλήματα οφείλονται σε διαφορετικές καθιζήσεις και έτσι δημιουργούνται ρωγμές τα αίτια των οποίων είναι:

1. Αστοχία θεμελίωσης λόγω υπερφόρτισης. Αν η υπερφόρτιση δεν είναι συνέπεια λανθασμένης μελέτης, οπότε οι βλάβες εμφανίζονται αμέσως μετά την αποπεράτωση της κατασκευής, τότε οφείλεται σε νεώτερες επεμβάσεις.
2. Διαφορικές καθιζήσεις που οφείλονται σε αρκετούς λόγους. Όταν τμήματα ενός γεφυριού θεμελιώνονται σε διαφορετικές στάθμες και με θεμέλια από διαφορετικά υλικά ή διατομή, τότε μία διαφορετική καθίζηση είναι πολύ πιθανή. Τα αποτελέσματα μίας διαφορετικής καθιζήσης δεν είναι πάντοτε ορατά, ιδιαίτερα όταν έχει μικρή τιμή, καθώς η τοιχοποιία έχει τη δυνατότητα να την υποστεί μέσω της συμπίεσης του κονιάματος των αρμών χωρίς να εμφανισθούν ρηγματώσεις.

3. Υποσκαφή θεμελίων, η οποία οφείλεται όχι μόνο σε ανθρώπινους αλλά κυρίως σε φυσικούς παράγοντες. Υπόγεια ρέοντα ύδατα κάτω από τη θεμελίωση μπορούν να παρασύρουν το έδαφος και να ακολουθήσει υποχώρηση των θεμελίων με ορατά συμπτώματα την απόκλιση των τοίχων από την κατακόρυφο και έντονη ρηγμάτωση λόγω διαφορικής καθίζησης.
4. Κίνηση του εδάφους θεμελίωσης. Η συχνότερη περίπτωση κίνησης του εδάφους θεμελίωσης συμβαίνει όταν αβαθείς και εκτεταμένες θεμελιώσεις έχουν γίνει πάνω σε αργιλικό έδαφος. Κατά τους υγρούς μήνες η άργιλος διογκώνεται και κατά τους ξηρούς συρρικνώνεται. Τα φαινόμενα της διόγκωσης γίνονται εντονότερα όταν υπάρχουν φυτά με ισχυρό επιφανειακό ριζικό σύστημα, όπως λεύκες και ευκάλυπτοι. Εάν αυτά τα δέντρα είναι μεμονωμένα και απέχουν απόσταση μικρότερη από μιάμιση φορά το ύψος τους, τότε μπορούν να επιφέρουν μεγάλες μετακινήσεις στο έδαφος κάτω από την κατασκευή. Διόγκωση του εδάφους πραγματοποιείται και εξαιτίας παγετού. Λόγω της αύξησης του όγκου του εγκλωβισμένου στο έδαφος νερού όταν μετατραπεί σε πάγο δημιουργούνται ανυψώσεις του εδάφους με σοβαρές συνέπειες στις κατασκευές.

Μία άλλη αιτία μετακίνησης εδάφους είναι η ύπαρξη πρανούς. Αργιλικά εδάφη με κλίση μεγαλύτερη από 1:10 έχουν την τάση, αν και με βραδύ ρυθμό, να ολισθαίνουν προς τα κάτω. Για την αποφυγή ενός τέτοιου φαινομένου είναι απαραίτητη η κατασκευή τοίχου αντιστήριξης που θα συγκρατεί τις μετακινήσεις του εδάφους. Επίσης η αρκετά συχνή επιχωμάτωση τμήματος του πρανούς για την εξασφάλιση επίπεδης επιφάνειας θεμελίωσης μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα αν δεν έχει συμπυκνωθεί ικανοποιητικά το υλικό του επιχώματος.

Από ότι προαναφέρθηκε έχει γίνει σαφές ότι πολλοί διαφορετικοί λόγοι έχουν το ίδιο αποτέλεσμα. Η προσεκτική αξιολόγηση όλων των στοιχείων και η

επαρκής εμπειρία θα οδηγήσει το μηχανικό, όπως ακριβώς και το γιατρό, στην αιτία αρχικά και τη θεραπεία του προβλήματος στη συνέχεια.

### **3.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ**

Οι μέθοδοι ελέγχου της δομής ενός υλικού χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με το αν κατά την διενέργεια του ελέγχου καταστρέφεται ή όχι τμήμα της κατασκευής, έτσι υπάρχουν **καταστρεπτικές** και **μη καταστρεπτικές μέθοδοι**.

#### **3.3.1 Μη καταστρεπτικές μέθοδοι**

##### **(α) Ραντάρ**

Έχει παρατηρηθεί ότι τα ραδιοκύματα υψηλής συχνότητας μπορούν να διαδοθούν στη γη μέχρι βάθους 20m. Έτσι, ραντάρ που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του εδάφους μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για τον έλεγχο της εσωτερικής δομής της τοιχοποιίας δηλαδή τον εντοπισμό κοιλοτήτων, τον προσδιορισμό των υλικών του πυρήνα κ.α. Τα σύγχρονα ραντάρ εδάφους χρησιμοποιούν την παλμική μέθοδο. Κατά τη μέθοδο αυτή από ένα πομπό σε επαφή με το έδαφος εκπέμπεται ένας παλμός στη βραχεία ραδιοσυχνότητα και στη συνέχεια ακολουθεί διάστημα ησυχίας κατά το οποίο παρατηρούνται τα ανακλώμενα κύματα από ένα δέκτη.

##### **(β) Ηχητικές μέθοδοι**

Οι μηχανικές ταλαντώσεις μεταδίδονται μέσω των στερεών, των υγρών και των αερίων. Τα μόρια του υλικού ταλαντώνται και αν οι κινήσεις έχουν κανονικό ρυθμό, οι ταλαντώσεις μπορούν να χαρακτηρισθούν από τη συχνότητα τους, δηλαδή τους κύκλους ανά δευτερόλεπτο ή αλλιώς herz, (Hz). Όταν η συχνότητα είναι μεταξύ 10-20000 Hz οι ταλαντώσεις παράγουν ήχους, οι

οποίοι συλλαμβάνονται από το ανθρώπινο αυτί, είναι δηλαδή “ακουστοί”, ενώ για μεγαλύτερες συχνότητες δεν συλλαμβάνεται παρά μόνο από ειδικές συσκευές και ονομάζονται “υπέρηχοι”.

- **Υπερηχητική Μέθοδος**

Η μέθοδος βασίζεται στη διερεύνηση των χαρακτηριστικών των τοπικών δονήσεων που προκαλούνται στην τοιχοποιία και παράγονται από υπερηχητικά κύματα.

- **Ακουστική Μέθοδος**

Η δημιουργία υπερήχων και η μετάδοση τους μέσω του ανομοιογενούς και ανισότροπου υλικού της τοιχοποιίας δημιουργεί προβλήματα στην εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων. Τα προβλήματα αυτά μπορούν να επιλυθούν αν γίνει παραγωγή ισχυρότερων ηχητικών κυμάτων, δηλαδή στις ακουστές συχνότητες.

### **(γ) Θερμογραφική Μέθοδος**

Η θερμική ακτινοβολία δεν είναι ορατή από τον ανθρώπινο οφθαλμό και στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα τοποθετείται στις υπέρυθρες ακτίνες. Όμως έχουν κατασκευασθεί ειδικές μηχανές, οι θερμοφωτογραφικές, οι οποίες αναγνωρίζουν τη θερμική ακτινοβολία. Οι μηχανές αυτές χρησιμοποιούνται για την καταγραφή της θερμοκρασιακής διαφοράς και την αποτύπωσή της με διαφορετικά χρώματα, που αντιπροσωπεύουν διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας. Το βασικό όργανο για την εφαρμογή της μεθόδου είναι ένας φορητός ανιχνευτής που σαρώνει της προς εξέταση επιφάνεια. Η υπέρυθρη ακτινοβολία διεγείρει τον ανιχνευτή υπέρυθρων και μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα που μέσω ενισχυτή και με τη βοήθεια καθοδικής οθόνης φθάνει στον παρατηρητή.

### **(δ) Μέθοδοι Ενδοσκόπησης**

Οι συσκευές ενδοσκόπησης παρέχουν τη δυνατότητα επισκόπησης του εσωτερικού της τοιχοποιίας από υφιστάμενα κενά ή ρωγμές, ή από σκοπίμως διανοιγόμενες οπές.

Επομένως, στη μέθοδο αυτή δεν αρμόζει τελείως ο όρος “μη καταστρεπτική μέθοδος”, όμως χρησιμοποιείται λόγω του ότι οι διανοιγόμενες οπές είναι μικρές και μπορούν εύκολα να αποκατασταθούν με το επίχρισμα. Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι συσκευών ενδοσκόπησης ανάλογα με τον τρόπο μετάδοσης της εικόνας, α) το ενδοσκόπια (endoscopes) με τα οποία επιτυγχάνεται άμεση όραση με τη βοήθεια σωλήνα, β) τα μποροσκόπια (borescopes) με τα οποία γίνεται μεταφορά της εικόνας μέσω συστημάτων φακών και γ) τα ινοσκόπια (fibrescopes) με τα οποία η μεταφορά της εικόνας μέσω οπτικών ινών.

### **(ε) Ραδιογραφία**

Η εφαρμογή των ακτινογραφιών στην αποτύπωση της κατάστασης είναι πολύ πρόσφατη και άρχισε αφότου έγινε δυνατή η χρήση φορητού εξοπλισμού, αλλά δεν είναι πολύ διαδεδομένη λόγω του μεγάλου κόστους του. Η αρχή λειτουργίας είναι η ίδια με αυτή των ακτινογραφιών που χρησιμοποιούνται από την ιατρική, βασίζεται δηλαδή στο διαφορετικό βαθμό απορρόφησης της ακτινοβολίας από τα διάφορα υλικά, που έχει ως αποτέλεσμα το διαφορετικό βαθμό προσβολής του φωτογραφικού φιλμ από τη ραδιενεργό ακτινοβολία. Για την εφαρμογή της μεθόδου απαιτούνται η ραδιενεργός πηγή και οι φωτογραφικές πλάκες.

### **3.3.2 Καταστρεπτικές Μέθοδοι**

Η διερεύνηση της εσωτερικής δομής μίας τοιχοποιίας μπορεί να είναι συνδυασμός χρήσης μίας εκ των μεθόδων που ανεπτύχθησαν στην παράγραφο 3.1 και απευθείας επισκόπησης πυρήνων, που έχουν ληφθεί από θέσεις που κατά τα αποτελέσματα των μεθόδων αυτών παρουσιάζουν ενδιαφέρον. Η λήψη πυρήνων είναι καταστρεπτική μέθοδος και ως εκ τούτου δεν μπορεί να εφαρμοσθεί πάντα, και όταν εφαρμόζεται, αυτό γίνεται σε περιορισμένη κλίμακα, διότι αντίθετη μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα σημαντική μείωση της αντοχής της κατασκευής. Οι πυρήνες που λαμβάνονται με τη χρήση ειδικής συσκευής είναι κυλινδρικής μορφής, διαμέτρου συνήθως περί τα 10-20cm, βάθους 15-40cm και ονομάζονται “καρότα”. Είναι σκόπιμο οι πυρήνες να

περιλαμβάνουν και λιθοσώματα και κονίαμα, ώστε να είναι σε κάποιο βαθμό δυνατή και η εκτίμηση του ποσοστού του κονιάματος αλλά και η σύνθεση του.

### **3.4 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ**

Ο προσδιορισμός των μηχανικών χαρακτηριστικών, δηλαδή της αντοχής των λιθοσωμάτων, του κονιάματος ή της τοιχοποιίας και του μέτρου ελαστικότητας, γίνεται κατά βάση με καταστρεπτικές μεθόδους. Όμως, σε ελάχιστες κατασκευές από τοιχοποιία μπορούν να εφαρμοσθούν καταστρεπτικές μέθοδοι. Έτσι, χρησιμοποιούνται άλλες, μη καταστρεπτικές μέθοδοι για τον προσδιορισμό της αντοχής και του μέτρου ελαστικότητας.

#### **3.4.1 Μη καταστρεπτικές μέθοδοι**

##### **(α) Σφύρα Schmidt (κρουσίμετρο)**

Η αρχή λειτουργίας της σφύρας Schmidt βασίζεται στη σχέση αντοχής – σκληρότητας μίας επιφάνειας. Ένα απλό όργανο, που αποτελείται από μία μάζα στην άκρη ενός ελατηρίου, έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια της οποίας θα προσδιορισθεί η θλιπτική αντοχή. Η πίεση που ασκείται στην ανακλώμενη από την επιφάνεια μάζα, μετράται από το όργανο και με βάση ένα διάγραμμα ανακλώμενης πίεσης – αντοχής, που υπάρχει πάνω στο όργανο, είναι δυνατός ο υπολογισμός της θλιπτικής αντοχής της επιφάνειας.

##### **(β) Πιεσόμετρα, επίπεδοι γρύλοι**

Η μέθοδος της φόρτισης και καταγραφής των παραμορφώσεων που χρησιμοποιείται ευρέως για την εξαγωγή της σχέσης τάσεων – παραμορφώσεων στο έδαφος και ιδιαίτερα σε βράχους, δεν είναι αξιόπιστη στο μη ομογενές υλικό που είναι η τοιχοποιία. Όμως, είναι η μόνη προσιτή μηχανική μέθοδος, που μπορεί εξελισσόμενη με την πάροδο του χρόνου, να δώσει τη δυνατότητα χρήσης και στην τοιχοποιία. Σχετική είναι και η μέθοδος



των επίπεδων γρύλων που παρέχει σχέσεις τάσεων – παραμορφώσεων υπό τις συνθήκες λειτουργίας της τοιχοποιίας. Οι γρύλοι μπορούν να έχουν διαστάσεις της τάξεως 4mm πάχος και πλάτος 60mm.

### **3.4.2 Καταστρεπτικές μέθοδοι**

Οι καταστρεπτικές μέθοδοι εφαρμόζονται α) σε πυρήνες ή τμήματα από το υπό έλεγχο υλικό, με σκοπό κυρίως τον καθορισμό της δομής αλλά και της θλιπτικής αντοχής του και β) σε δοκίμια κατασκευασμένα με τον ίδιο τρόπο και τα ίδια υλικά από τα οποία είναι και η κατασκευή για τον προσδιορισμό της αντοχής και του μέτρου ελαστικότητας του υλικού. Τα δείγματα της πυρηνοληψίας πρέπει να είναι από θέσεις που μακροσκοπικά φαίνονται να μην εγκυμονούν κινδύνους για τη σταθερότητα της κατασκευής και συγχρόνως παρέχουν αντιπροσωπευτικότητα ως προς το υλικό της. Αν ένας περιέχει ρηγματωμένα λιθοσώματα τότε πρέπει να απορριφθεί ως ακατάλληλος για περαιτέρω έλεγχο.

## **3.5. ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ**

Σε αρκετές κατασκευές, οι οποίες έχουν ήδη υποστεί παραμορφώσεις και υπάρχει η υπόνοια ότι αυτές συνεχίζονται, απαιτείται όχι μόνο ο προσδιορισμός των παραμορφώσεων αλλά και η παρακολούθηση της εξέλιξής τους με την πάροδο του χρόνου. Η γνώση της εξέλιξης των παραμορφώσεων δεν καθοδηγεί μόνο στην αναζήτηση των αιτιών τους, αλλά και παρέχει πληροφορίες για τη μελλοντική ασφάλεια της κατασκευής υπό τα φορτία λειτουργίας.

### **3.5.1 Έλεγχος της επίδρασης μακροχρόνιων φορτίων**

Η παρακολούθηση και καταγραφή της επίδρασης των μακροχρόνιων φορτίων απαιτεί μακροχρόνιες και συνεχείς μετρήσεις, οι οποίες συνήθως υπερβαίνουν

το έτος. Ο λόγος είναι ότι επειδή ένα ποσοστό μετακινήσεων οφείλεται στη μεταβολή του υδροφόρου ορίζοντα και στην επίδραση της θερμοκρασίας, πρέπει να συγκρίνονται καταγραφές συγκεκριμένης ημέρας μετά την πάροδο πλήρων ετών. Οι τεχνικές για την καταγραφή μετακινήσεων και παραμορφώσεων είναι:

#### **(α) Ακουστικά επιμηκυνσιόμετρα**

Το ακουστικό επιμηκυνσιόμετρο ή επιμηκυνσιόμετρο παλλόμενης χορδής, είναι ένα λεπτό τεντωμένο σύρμα που τα άκρα του στερεώνονται σε μεταλλικές πλάκες στερεωμένες στην επιφάνεια της οποίας καταμετρώνται οι παραμορφώσεις.

#### **(β) Μηχανικά επιμηκυνσιόμετρα**

Υπάρχουν αρκετοί τύποι μηχανικών επιμηκυνσιομέτρων, αλλά το περισσότερο χρησιμοποιούμενο είναι το επιμηκυνσιόμετρο Demec. Αποτελείται από μία ράβδο, στο ένα άκρο καταλήγει σε ένα σταθερό πολύ λεπτό κώνο και στο άλλο σε έναν κώνο, ο οποίος κινείται μέσω ευαίσθητου ελατήριου κατά τη διεύθυνση της ράβδου.

#### **(γ) Μέτρηση μετακινήσεων**

Για να μετρηθούν οι μετακινήσεις των κατασκευών κατά τη διάρκεια ορισμένου χρονικού διαστήματος, χρειάζονται ακριβείς αποτυπώσεις στην αρχή και το τέλος του χρονικού διαστήματος. Καλή γνώση τοπογραφίας και τοπογραφικών αποτυπώσεων με σύγχρονες μεθόδους (π.χ. φωτογραμμετρία ή ολογραφία) παρέχει την ακριβή θέση των τμημάτων της κατασκευής. Η επανάληψη των αποτυπώσεων μετά από χρόνο, θα δώσει τα στοιχεία για την πρόοδο των μετακινήσεων.

### **3.5.2 Έλεγχος της επίδρασης παροδικών φορτίων**

Για τον έλεγχο της επίδρασης των παροδικών φορτίων πρέπει τα χρησιμοποιούμενα όργανα να έχουν τη δυνατότητα της συνεχούς καταγραφής.

#### **(α) Ηλεκτρικά μηκυνσιόμετρα**

Τα ηλεκτρικά μηκυνσιόμετρα χρησιμοποιούνται μόνο για την καταγραφή παροδικών μεταβολών παραμορφώσεων και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση μακροχρόνιων παραμορφώσεων διότι καταστρέφονται μετά από μεγάλη περίοδο αδράνειας. Ένα ηλεκτρικό μηκυνσιόμετρο είναι μία πεπλατυσμένη σπείρα από χάλκινο σύρμα που μοιάζει με πλακέτα ολοκληρωμένου κυκλώματος, το οποίο στερεώνεται στην κατασκευή και διαρρέεται από ρεύμα. Όταν σημειωθεί παραμόρφωση στην τοιχοποιία, το σύρμα επιμηκύνεται και η διατομή του μεταβάλλεται με συνέπεια τη μεταβολή της ηλεκτρικής αντίστασης που μετράται από μία συνδεσμολογία γέφυρας Wheatstone.

#### **(β) Μέτρηση μετακινήσεων**

Η μέτρηση των παροδικών σχετικών μετακινήσεων των μερών μίας κατασκευής είναι ευχερής με διαφόρους τρόπους, που όμως βασίζονται στην ίδια βασική αρχή: την τοποθέτηση μίας συσκευής που αποτελείται από ένα κύλινδρο με ένα καλώδιο που μπορεί να μετακινείται τόσο στο επίπεδο της συσκευής όσο και εκτός αυτού.

#### **(γ) Επιταχυνσιογράφοι**

Οι επιταχυνσιογράφοι χρησιμοποιούνται για την καταγραφή των επιπτώσεων διαφόρων ειδών φορτίσεων στις κατασκευές. Καταγράφουν την επιτάχυνση, η οποία αναπτύσσεται στο σημείο που ευρίσκονται, λόγω φόρτισης. Η συνηθισμένη χρήση τους είναι για την καταγραφή των επιταχύνσεων λόγω σεισμικής δράσης, αλλά χρησιμοποιούνται και για άλλες παροδικές φορτίσεις, όπως η επίδραση της κυκλοφορίας σε γέφυρες.

### **3.6. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΕΥΡΟΥΣ ΤΩΝ ΡΩΓΜΩΝ**

Πολλές φορές, προκειμένου να διερευνηθούν τα αίτια κάποιας βλάβης αλλά και η φέρουσα ικανότητα μίας κατασκευής, είναι απαραίτητη η παρατήρηση της προόδου μίας ρωγμής με την πάροδο του χρόνου. Ο απλούστερος τρόπος για να διαπιστωθεί αν μία λεπτή ρωγμή είναι ενεργός, δηλαδή εξακολουθεί να διαπλατώνεται, είναι η τοποθέτηση λίγου βερνικιού νυχιών πάνω στη ρωγμή. Αν η κρούστα του βερνικιού ρηγματωθεί, τότε η ρωγμή διευρύνεται. Σε ρωγμές μεγαλύτερου πλάτους αρκεί η επικόλληση ενός κομματιού από τζάμι ή η τοποθέτηση λεπτού στρώματος γύψου πάνω στη ρωγμή. Βέβαια η συνεχής παρακολούθηση της ρωγμής μπορεί να γίνει με την τοποθέτηση επιμηκυνσιομέτρων εκατέρωθεν των χειλιών της.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>**

### **ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΙΧΩΝ**

### **ΑΠΟ ΔΟΠΛΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ**

## 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται οι έλεγχοι των δομικών στοιχείων σύμφωνα με την οριακή κατάσταση αστοχίας.

Για κάθε σχετικό έλεγχο οριακής κατάστασης πρέπει να θεωρείται ένα προσομοίωμα της κατασκευής το οποίο θα λαμβάνει υπόψη:

- τον τύπο και τα υλικά της κατασκευής καθώς και το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται,
- τη συμπεριφορά όλης της κατασκευής, άλλα και των τμημάτων της που σχετίζονται με τη θεωρούμενη οριακή κατάσταση,
- τις δράσεις και πως ενεργούν στην κατασκευή.

## 4.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΜΕΛΩΝ

Κάθε τμήμα μίας κατασκευής πρέπει να ελέγχεται στην οριακή κατάσταση αντοχής. Κατά το σχεδιασμό ισχύει η βασική ανισότητα:

$$S_d \leq R_d \quad 4.1$$

όπου:

$S_d$  είναι η δράση σχεδιασμού, και

$R_d$  η αντίσταση ή δύναμη σχεδιασμού αντοχής.

Η δράση σχεδιασμού προκύπτει από τους συνδυασμούς φορτίσεων και με τους επιμέρους συντελεστές για κάθε δράση, όπως αυτοί ορίζονται από τους ισχύοντες κανονισμούς.

Έτσι πρέπει να ισχύει:

$$N_{Sd} \leq N_{Rd} \quad 4.2$$

$$V_{Sd} \leq V_{Rd} \quad 4.3$$

$$M_{Sd} \leq M_{Rd} \quad 4.4$$

όπου:

$N_{Rd}$  και  $N_{Sd}$  είναι η αξονική δύναμη σχεδιασμού αντοχής και η δρώσα αξονική δύναμη σχεδιασμού αντιστοίχως,

$V_{Rd}$  και  $V_{Sd}$  είναι η τέμνουσα δύναμη σχεδιασμού αντοχής και η δρώσα τέμνουσα δύναμη σχεδιασμού αντιστοίχως,

$M_{Rd}$  και  $M_{Sd}$  είναι η καμπτική ροπή σχεδιασμού αντοχής και η δρώσα καμπτική ροπή σχεδιασμού αντιστοίχως.

### **4.3 ΑΟΙΠΛΟΙ ΤΟΙΧΟΙ ΥΠΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΦΟΡΤΙΣΗ**

#### **4.3.1 Αξονική δύναμη αντοχής τοίχου**

Η ικανότητα των τοίχων στην ανάληψη κατακόρυφων φορτίων εξαρτάται από:

α) τη γεωμετρία του τοίχου, δηλαδή τις διαστάσεις του, και ειδικά από τη λυγηρότητα του, που είναι ο λόγος ύψους προς πάχος του τοίχου, (βλ. Σχ. 4.1),  
β) τις οριακές συνθήκες στα άκρα του, δηλαδή την ύπαρξη ή όχι πλακών άνω και κάτω από τον τοίχο και την ύπαρξη τυχόν εγκαρσίων τοίχων, γ) την εκκεντρότητα των φορτίων και δ) το υλικό της τοιχοποιίας.

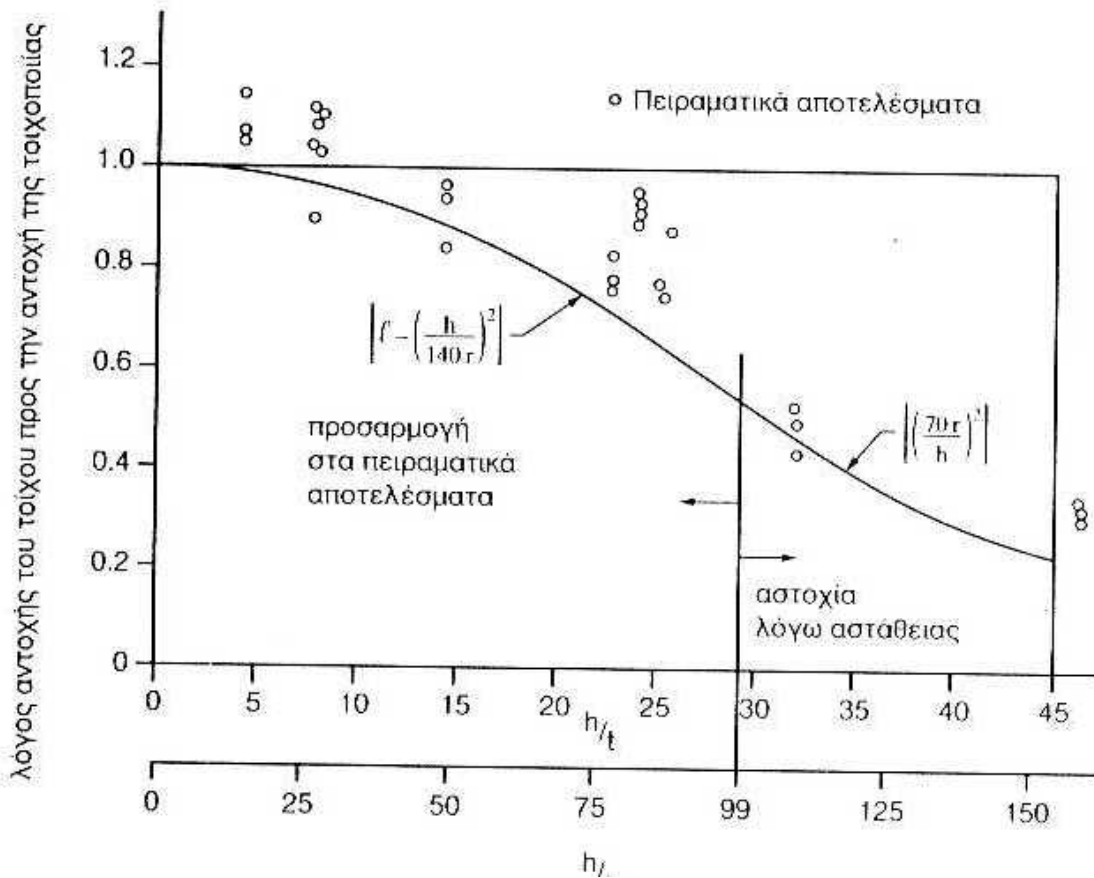
Για τον υπολογισμό της θλιπτικής αντοχής ενός τοίχου γίνονται οι εξής υποθέσεις:

- οι επίπεδες διατομές παραμένουν επίπεδες,
- η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας κάθετα στους αρμούς λαμβάνεται ίση με το μηδέν

Κατά το σχεδιασμό μίας κατασκευής πρέπει να λαμβάνονται υπόψη:

- η μακροχρόνια επιρροή των φορτίων,
- τα φαινόμενα δευτέρας τάξεως,
- οι εκκεντρότητες των φορτίων όπως αυτές προκύπτουν από τη θέση και τις συνοριακές συνθήκες των τοίχων και τον τρόπο έδρασης των πλακών,

- οι εκκεντρότητες από τυχόν απόκλιση της κατασκευής από την κατακόρυφο, αλλά και λόγω αλλαγής των ιδιοτήτων των υλικών σε τμήματα του τοίχου αλλά και των γεωμετρικών στοιχείων.



Σχ. 4.1: Επίδραση της λυγηρότητας στην ικανότητα ανάληψης κατακόρυφου φορτίου.

Στην οριακή κατάσταση αντοχής το κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού ενός τοίχου,  $N_{sd}$  και η κατακόρυφη αξονική δύναμη αντοχής  $N_{rd}$  συνδέονται με τη σχέση:

$$N_{sd} \leq N_{rd} \quad 4.5$$

Η αξονική δύναμη σχεδιασμού αντοχής ενός άοπλου τοίχου δίδεται από τη σχέση:

$$N_{rd} = \frac{\Phi_{t,m} \mathbf{I}_w f_{wk} t}{g_m} \quad 4.6$$



όπου:

$\Phi_{t,m}$  μειωτικός συντελεστής που εισάγεται για να ληφθεί υπόψη η λυγηρότητα του τοίχου και η πιθανή εκκεντρότητα των φορτίων και ο οποίος υπολογίζεται στην παράγραφο 4.3.2,

$f_{wk}$  η χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας,

$g_m$  ο επιμέρους συντελεστής ασφαλείας,

$t$  τα πάχος του τοίχου,

$l_w$  το μήκος του τοίχου.

### 4.3.2 Μειωτικός συντελεστής λόγω λυγηρότητας και εκκεντρότητας

Η τιμή του μειωτικού συντελεστή  $\Phi_{t,m}$  της σχέσης 4.6 μπορεί να υπολογισθεί ως εξής:

#### 1) Στην κορυφή ή τη βάση του τοίχου

$$\Phi_t = 1 - 2 \frac{e_t}{t} \quad 4.7$$

όπου:

$t$  το πάχος του τοίχου

$e_t$  η εκκεντρότητα στην κορυφή ή τη βάση του τοίχου και υπολογίζεται από την εξίσωση

$$e_t = \frac{M_d}{N_d} + e_{hi} + e \geq 0.05t \quad 4.8$$

όπου:

$M_d$  η ροπή σχεδιασμού στην κορυφή ή τη βάση του τοίχου που είναι αποτέλεσμα της εκκεντρότητας των φορτίων των πλακών κάθετα στο επίπεδο του τοίχου,

$N_d$  το κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού στην υπόψη διατομή,

$e_{hi}$  η εκκεντρότητα εξαιτίας τυχόν οριζοντίων φορτίων (άλλων εκτός από σεισμό) η οποία συνήθως λαμβάνεται ίση με μηδέν,

$e_a$  η τυχηματική εκκεντρότητα (Παράγραφος **4.3.4**)

### **4.3.3 Ενεργό πάχος τοίχου**

Ενεργό πάχος κάθε τοίχου είναι το πραγματικό πάχος του, εκτός των τοίχων με πυρήνα, που όταν συνδέονται μεταξύ τους με συνδέσμους, το ενεργό πάχος προσδιορίζεται από τη σχέση 4.3.8

$$t_{ef} = \sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3} \quad 4.12$$

όπου:

$t_1$  και  $t_2$  είναι το πάχος της κάθε μίας στρώσης αντίστοιχα.

### **4.3.4 Τυχηματική Εκκεντρότητα**

Για να ληφθούν υπόψη οι ατέλειες της κατασκευής καθώς επίσης και τυχόν κατασκευαστική απόκλιση από την κατακόρυφο, στις σχέσεις 4.8 και 4.10 εισάγεται η κατασκευαστική ή τυχηματική εκκεντρότητα  $e_a$  :

$$e_a = h_{ef} / 450 \quad 4.13$$

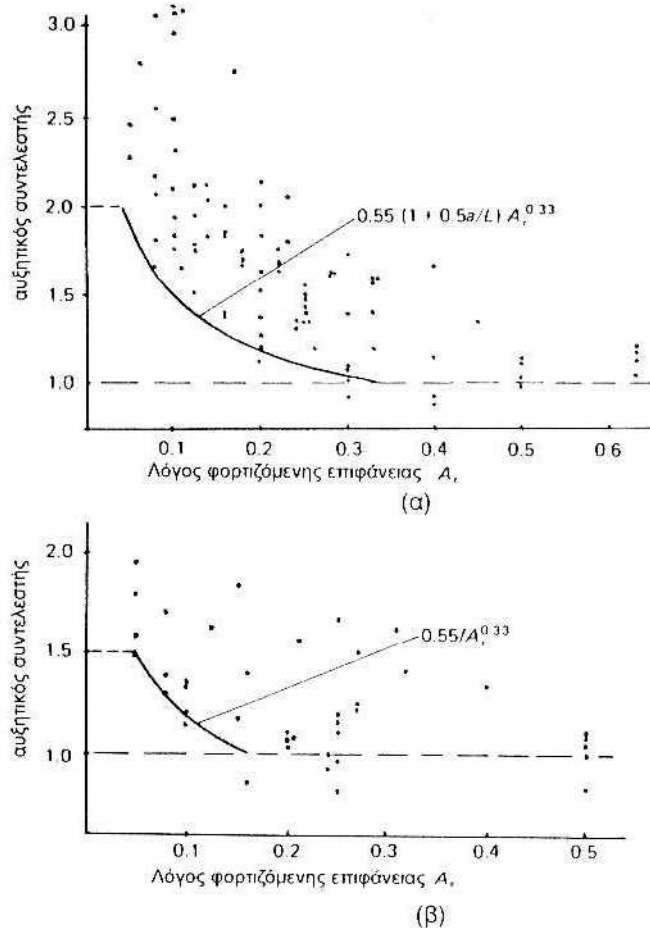
όπου:

$h_{ef}$  το ενεργό ύψος.

### **4.3.5 Συγκεντρωμένα φορτία**

Από πειραματικά αποτελέσματα έχει παρατηρηθεί ότι στην οριακή κατάσταση αστοχίας η θλιπτική αντοχή των τοίχων όταν φορτίζονται από φορτία που ενεργούν σε τμήμα τους ή είναι σημειακά, είναι μεγαλύτερα εκείνης όταν τα φορτία είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα σε όλα το μήκος του τοίχου. Στο Σχ. 4.2(α), που έχει προκύψει από μεγάλο αριθμό πειραματικών αποτελεσμάτων των (Hendry,1990), παρουσιάζεται η αύξηση της αντοχής συναρτήσει του ποσοστού της φορτιζόμενης επιφάνειας της διατομής του τοίχου όταν ένα μεμονωμένο φορτίο δρα κεντρικά (κατά μήκος) στο τοίχο και στο Σχ. 4.2(β), όταν το τμηματικό φορτίο δρα στο άκρο του. Η αύξηση της θλιπτικής αντοχής

εξαρτάται από την οριζόντια επιφάνεια του τοίχου στην οποία ενεργεί το φορτίο και όπως φαίνεται στα Σχ. 4.2, όταν η φορτισμένη επιφάνεια υπερβαίνει το 30% της διατομής του τοίχου για κεντρική φόρτιση και το 15% για φόρτιση στο άκρο, τότε πρακτικά δεν υπάρχει αύξηση της αντοχής.



Σχ. 4.2: Αύξηση της αντοχής σε περίπτωση μερικής φόρτισης α) στη μέση και β) στο άκρο του τοίχου.

Για να ληφθεί υπόψη αυτή η αύξηση της αντοχής προτείνεται από το EC 6 όπως η αξονική δύναμη αντοχής σχεδιασμού τοίχων από λιθοσώματα Ομάδας 1, που φορτίζονται σημειακά, υπολογίζεται από τη σχέση:

$$N_{Rd} = bA_b f_{wd} \quad 4.14$$

$\beta$  ο αυξητικός συντελεστής για τα συγκεντρωμένα φορτία

$A_b$  η ενεργός επιφάνεια που υπολογίζεται κατωτέρου

$f_{wd}$  η θλιπτική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας

Είναι:

$$b = \left\| \left( 1 + 0.15x \left( 1.5 - 1.1 \frac{A_b}{A_{ef}} \right) \right) \right\| \quad 4.15$$

Η τιμή του  $\beta$  και δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από 1.0 ούτε μεγαλύτερη από:

$$1.25 \quad \text{για} \quad \frac{2a_1}{H} = 0 \quad 4.16(\alpha)$$

ή

$$1.5 \quad \text{για} \quad \frac{2a_1}{H} \geq 1.0 \quad 4.16(\beta)$$

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>**

### **ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ**

## 5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο παρόν κεφάλαιο αναφέρονται λεπτομέρειες για τεχνικές ενίσχυσης οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα πλήθος εφαρμογών επισκευών ή / και ενισχύσεων.

Η επισκευή απαιτεί σε πρώτο στάδιο τον εντοπισμό των βλαβών και των αιτιών που την προκάλεσαν, καθώς και την άρση τους, εφ' όσον δεν οφείλονται σε τυχηματικές δράσεις (φωτιά, σεισμός). Σε δεύτερο στάδιο γίνονται η αποκατάσταση της προηγούμενης κατάστασης της κατασκευής δηλαδή, η επισκευή, και η ενίσχυση εφ' όσον είναι επιθυμητή.

Όταν πρόκειται να γίνει ενίσχυση σε μια κατασκευή, στην οποία δεν έχουν εκδηλωθεί βλάβες, ο εντοπισμός των τρωτότερων σημείων και η πρόβλεψη της συμπεριφοράς της υπό τις συγκεκριμένες δράσεις, γίνεται με αναλυτικές μεθόδους. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων θα οδηγήσουν στη λήψη αποφάσεων για τα απαραίτητα μέτρα, καθώς και την εκλογή της πλέον κατάλληλης τεχνικής. Στη λήψη των αποφάσεων για τα μέτρα ενίσχυσης ένα σημαντικό κριτήριο είναι η συνάρτηση κόστους επέμβασης και σπουδαιότητας της κατασκευής η οποία είναι το σύνολο της ιστορικής, καλλιτεχνικής και πολιτιστικής αξίας της.

Για τη λήψη αποφάσεων για το είδος της τεχνικής επέμβασης πρέπει να συνεκτιμηθούν οι εξής παράγοντες :

- Η δομική συμπεριφορά της επέμβασης,
- Η απαίτηση ή όχι για αναστρεψιμότητα,
- Η δυνατότητα ή η απαίτηση να διατηρηθεί η μορφή της κατασκευής, και
- Η συμβατότητα με τα υλικά της κατασκευής.

Ένα άλλο κριτήριο για την επιλογή κάποιας μεθόδου είναι η γνώση και η εμπειρία του διατιθέμενου εργατοτεχνικού προσωπικού καθώς και η δυνατότητα απόκτησης του κατάλληλου εξοπλισμού, καθώς και σε ορισμένες περιπτώσεις η δυνατότητα πρόσβασης στην υπόψη κατασκευή των μηχανικών

μέσων ή τμημάτων του εξοπλισμού.

Παρακάτω θα δούμε τεχνικές ενίσχυσης οι οποίες εφαρμόζονται κυρίως σε περιπτώσεις κατασκευών από λίθους με την οποία έχουμε ασχοληθεί.

Τέλος γίνεται παρουσίαση των κατασκευαστικών λεπτομερειών αρκετών τεχνικών επισκευής και ενίσχυσης που μπορούν να εφαρμοσθούν σε συγκεκριμένες περιπτώσεις βλαβών ή για να εκπληρώσουν συγκεκριμένες απαιτήσεις βελτίωσης της σεισμικής συμπεριφοράς των υφισταμένων κατασκευών.

Παρακάτω γίνονται κάποιες διευκρινίσεις σχετικές με τους όρους που θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια.

**Επισκευή (repair)** βλαφθέντος στοιχείου είναι η επαναφορά του στην κατάσταση προ της βλάβης. Είναι επομένως απαραίτητο προ της επισκευής να προηγείται αιτιολόγηση της βλάβης και άρση του αιτίου που την προκάλεσε.

**Ενίσχυση(strengthening)** στοιχείου ή κατασκευής είναι το σύνολο των μέτρων που λαμβάνονται ώστε το στοιχείο ή η κατασκευή να αυξήσει την αντοχή του έναντι συγκεκριμένου συνδυασμού δράσεων.

**Ανακατασκευή(reconstruction)** είναι η κατασκευή ενός νέου δομικού στοιχείου ή ολόκληρου δομήματος στη θέση του παλιού. Το νέο στοιχείο ή δόμημα μπορεί να είναι πλήρης αντιγραφή του παλαιού ή να μην έχει καμία σχέση με αυτό.

**Επέμβαση(intervention)** είναι γενικότερος όρος που χρησιμοποιείται για οποιαδήποτε από τις ανωτέρω εργασίες.

**Επανάχρηση( rehabilitation)** είναι η μετατροπή ενός κτιρίου ώστε να εξυπηρετεί νέες χρήσεις εξασφαλίζοντας σύγχρονες λειτουργίες.

**Αναστήλωση(restoration)** είναι η επαναφορά ενός δομήματος στην αρχική του μορφή. Ο όρος χρησιμοποιείται συνήθως για μνημεία και δεν επιτρέπει καμία απόκλιση από την αρχική τους μορφή.

*Διατήρηση ή προστασία (preservation)* είναι η διαφύλαξη της υπάρχουσας κατάστασης με μέτρα που αποσκοπούν στην προφύλαξη από περαιτέρω φθορά.

*Συντήρηση (conservation)* είναι ευρύτερος όρος και συνήθως χρησιμοποιείται γενικά και όπως και η «επέμβαση» δεν έχει ειδική έννοια. Το ακριβές περιεχόμενο του όρου καθορίζεται από το αντικείμενο και τους όρους του εργοδότη.

## 5.2 ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑ

Αρμολόγημα ονομάζεται η εργασία αντικατάστασης του κονιάματος των αρμών, σε μικρό βάθος από την επιφάνεια του τοίχου, με άλλο κονίαμα συνήθως ισχυρότερο. Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που το υφιστάμενο κονίαμα έχει υποστεί έντονη διάβρωση αλλά και σε περιπτώσεις που το συνδετικό ασβεστοκονίαμα πρέπει ν' αντικατασταθεί

Με τσιμεντοκονίαμα ώστε να αυξήσει κατά ένα ποσοστό την αντοχή του τοίχου. Το βάθος του αρμολογήματος εξαρτάται από την κατάσταση της **κατασκευής μας** και απαιτείται προσοχή για τον καθορισμό του καθώς είναι πιθανόν πολύ βαθύ αρμολόγημα να οδηγήσει σε χαλάρωμα της συνοχής ή και απόσπαση των λιθοσωμάτων της τοιχοποιίας κατά τη διάρκεια των εργασιών.

Η καθαίρεση του παλιού κονιάματος γίνεται είτε με το χέρι, είτε μηχανικά με τη χρήση ύδατος ή αέρα υπό πίεση ή ακόμα και με αμμοβολή. Η εκλογή του μέσου εξαρτάται από την ποιότητα του κονιάματος αλλά και την ποιότητα του κτισίματος, όπως επίσης και από την διαθεσιμότητα και το κόστος του εξοπλισμού. Ο οικονομικότερος τρόπος είναι με τη χρήση νερού υπό πίεση.

Το κονίαμα αποτελείται συνήθως από κανονικό τσιμέντο Portland, άμμο σε αναλογία κατά βάρος 1.5:2 και με ποσότητα νερού τόση ώστε να παράγεται ένα κονίαμα μειωμένου συντελεστή συστολής και χαμηλότερης συνοχής από αυτό που διαστρώνεται με μυστρί. Σε ιστορικές κατασκευές, όπου συνήθως το συνδετικό ασβεστοκονίαμα αποτελείται από ποταμίσια άμμο και έχει λείους



κόκκους, μπορεί να χρησιμοποιηθεί θαλάσσια ή ποταμίσια άμμος, αφού πρώτα πλυθεί για να απομακρυνθούν τα άλατα, και άσβεστος, ώστε το κονίαμα να είναι περισσότερο συμβατό με το υπάρχον. Η περιεκτικότητα του νέου κονιάματος σε τσιμέντο δεν πρέπει να υπερβαίνει το 20% του συνολικού όγκου ασβέστου/ τσιμέντου. Επίσης, η σύνθεση θα πρέπει να προσδιορίζεται ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Τέλος δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται πρόσθετα.

Σε επιφάνειες που διαβρέχονται από τρεχούμενα νερά, εφαρμόζεται η μέθοδος της ταχείας εφαρμογής του κονιάματος. Η διαφορά από την κανονική εφαρμογή έγκειται στο ότι διοχετεύεται μαζί με το κονίαμα νιτρικό πυρίτιο σε ποσότητα 1%-2% του βάρους του μείγματος, που έχει ως αποτέλεσμα την ταχύτατη πήξη του κονιάματος.

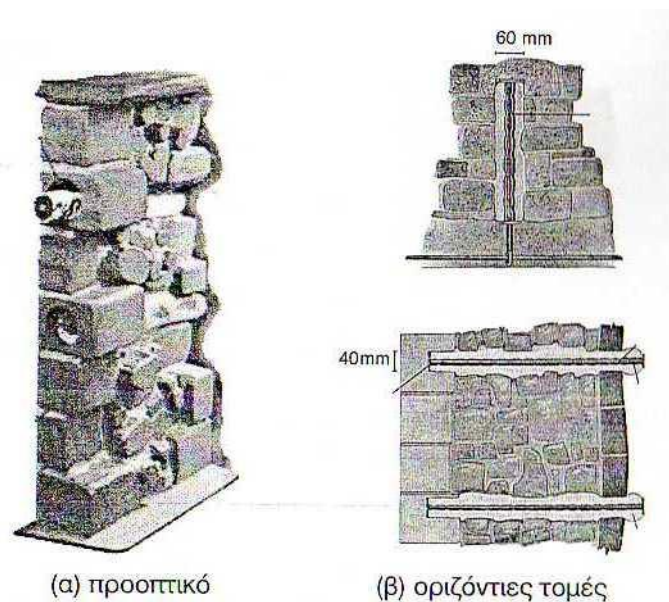
### **5.3 ΡΙΖΟΟΠΛΙΣΜΟΙ**

Η μέθοδος των ριζοοπλισμών (stitching) χρησιμοποιείται για την ενίσχυση υφισταμένων κατασκευών από λιθοδομή ή οπτοπλινθοδομή ώστε να αυξηθεί η αντίσταση της τοιχοποιίας έναντι θλιπτικών, διατμητικών και εφελκυστικών δυνάμεων και για να συνδεθούν χαλαρά τμήματα στο σώμα της τοιχοποιίας. Πρόκειται για μία μέθοδο σταθεροποίησης της τοιχοποιίας με την είσοδο χαλύβδινων ράβδων οπλισμού ή αγκυρίων σύμφωνα με καθορισμένο τρόπο στο σώμα της τοιχοποιίας. Η εφαρμογή ριζοοπλισμών είναι περισσότερο τέχνη παρά επιστήμη και η επιτυχία της μεθόδου βασίζεται περισσότερο στην εμπειρία από ότι σε υπολογισμούς.

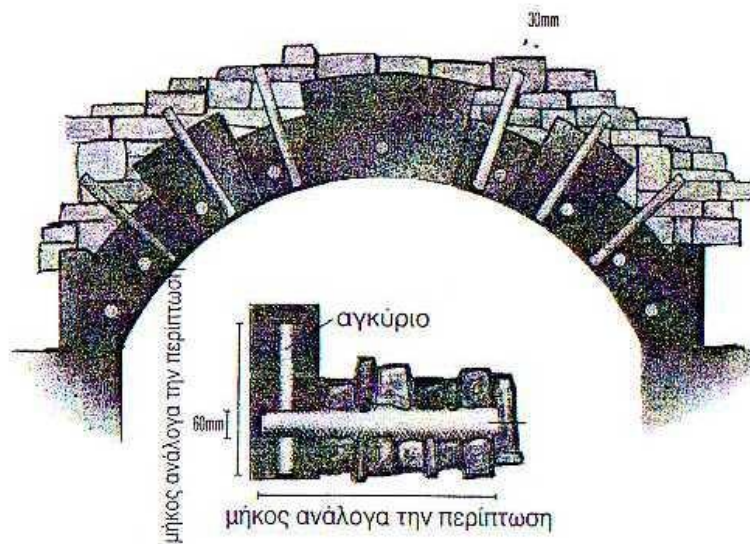
Η γνώση των αιτιών της φθοράς, της γενικής κατάστασης της τοιχοποιίας της επιτρεπόμενης μεταβολής στα φορτία είναι μερικοί από τους παράγοντες που καθορίζουν την πορεία της εργασίας για την εφαρμογή της μεθόδου, ενώ η απουσία κανονισμών καθιστά επιβεβλημένη την ύπαρξη προσωπικού έμπειρου περί τη μέθοδο. Η μέθοδος των ριζοοπλισμών εφαρμόζεται με επιτυχία σε κατασκευές με πάχος τοιχοποιίας 0.5-2.0 m.H

διάμετρος των οπών που ανοίγονται για την τοποθέτηση των ριζοοπλισμών είναι της τάξεως των 20-40 mm. Προσεγγιστικά συνιστάται να τοποθετούνται 3 ή 4 ράβδοι ανά τ.μ. , μήκους περίπου τρεις φορές το πάχος της τοιχοποιίας. Ο οπλισμός με ραβδόμορφο χάλυβα εξασφαλίζει καλύτερη συνοχή και αγκύρωση, αλλά σε μνημεία και σε κατασκευές σε υγρό περιβάλλον συνιστάται να χρησιμοποιείται ανοξείδωτος χάλυβας. Το κονίαμα που εισπιέζεται στην οπή είναι συνήθως καθαρό τσιμεντένεμα με λόγο νερού-τσιμέντου 1.0:1.5. Πρόσμειξη με άμμο επιτρέπεται μόνο αν υπάρχουν μεγάλα κενά στο σώμα της τοιχοποιίας. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και εποξειδικές ή άλλες πολυμερικές ρητίνες, αλλά επειδή έχουν μεγάλο κόστος πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο αν κρίνεται επιβεβλημένη η χρήση τους για μεγάλη αύξηση της αντοχής του τοίχου.

Μετά την δημιουργία αρκετών οπών σε μία επιφάνεια ,εισέρχεται ο οπλισμός σε αυτές και ετοιμάζεται η διαδικασία εισαγωγής του ενέματος. Αρχικά εισέρχεται ύδωρ στην οπή ώστε να απομακρυνθούν τα σαθρά υλικά και ακολουθεί η εισαγωγή του ενέματος, η οποία αρχίζει από τα χαμηλότερα σημεία και προχωρεί προς τα επάνω.



Σχ. 5.1: ριζοοπλισμοί



Σχ. 5.2: Ενίσχυση αψίδας με ριζοοπλισμούς

Η μέθοδος ενίσχυσης της τοιχοποιίας με ριζοοπλισμούς βρίσκει περισσότερο εφαρμογή στις εξής περιπτώσεις:

- Για την ενίσχυση πεσσών σε γέφυρες που έχουν ρηγματωθεί λόγω διαφορετικών καθιζήσεων ή στερεοποίησης του υλικού του πυρήνα της τοιχοποιίας,
- Για την ενίσχυση πεσσών σε παλαιές γέφυρες επειδή έχουν αυξηθεί τα κινητά φορτία για τα οποία είχαν μελετηθεί και κατασκευαστεί
- Για την σταθεροποίηση αψίδων που έχουν υποστεί παραμορφώσεις,

- Για την ενίσχυση υπογείων στοών όπου το έδαφος έχει υποστεί καθίζηση ή μετακίνηση.
- Για την ενίσχυση ασθενούς τοιχοποιίας σε περιοχές που εφαρμόζονται πλάκες αγκύρωσης τενόντων κ. α.

## **5.4 ΕΚΤΟΞΕΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ**

Αν και το εκτοξευμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται και για την κατασκευή νέων κατασκευών όπως δεξαμενές, πισίνες, σήραγγες και αγωγοί, τα τελευταία χρόνια η χρήση του έχει εξελιχθεί σε μία σημαντική και ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική στον τομέα των επισκευών. Στις περιπτώσεις πέτρινων γεφυριών τα οποία αποτελούν ιστορικό μνημείο και στοιχείο της πολιτιστικής κληρονομιάς του τόπου, το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα δεν θα πρέπει να βρίσκει εφαρμογή καθώς η χρήση τους οδηγεί σε αλλοίωση της όψεως του γεφυριού. Καλύπτεται ωστόσο σαν αντικείμενο στις παραγράφους που ακολουθούν, για λόγους πληρότητας, καθότι έχει ευρεία εφαρμογή στην ενίσχυση κτιριακών κατασκευών από λιθοδομή.

### **5.4.1 Τύποι εκτοξευμένου σκυροδέματος**

Το εκτοξευμένο σκυρόδεμα διακρίνεται ανάλογα με τον τρόπο ανάμειξης των υλικών σε **υγράς** ή **ξηράς ανάμειξης** και ανάλογα με τον τύπο των αδρανών σε αδρό ή λεπτό ή σε χονδρόκοκκο και λεπτόκοκκο.

### **5.4.2 Υλικά και μηχανικές ιδιότητες**

Η εκτόξευση σκυροδέματος είναι μέθοδος εφαρμογής του σκυροδέματος, άρα τα υλικά του είναι ίδια υλικά που εξασφαλίζουν συμβατικό σκυρόδεμα καλής ποιότητας, δηλαδή τσιμέντο Portland ή Portland Ελληνικού τύπου και αδρανή, τα οποία όμως χρειάζεται να είναι περισσότερο λεπτόκοκκα από αυτά που χρησιμοποιούνται στο συμβατικό (έγχυτο) οπλισμένο σκυρόδεμα, για να είναι δυνατή η άνετη διελευσή τους από τη συσκευή εκτόξευσης.

### 5.4.3 Εφαρμογές του εκτοξευμένου σκυροδέματος

Το εκτοξευμένο σκυρόδεμα ανάλογα με τη σύνθεσή του διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες με ανάλογες χρήσεις:

1. *Το συμβατικό εκτοξευμένο σκυρόδεμα* είναι εκείνο που χρησιμοποιείται περισσότερο από τους τρεις τύπους. Στον τομέα επισκευών χρησιμοποιείται για την επισκευή διαβρωμένου σκυροδέματος σε γέφυρες, φράγματα, αποβάθρες και άλλες κατασκευές καθώς και για την επισκευή ρηγματωμένων τοίχων από λιθοδομή ή οπτοπλινθοδομή.
2. *Το πυρίμαχο εκτοξευμένο σκυρόδεμα*
3. *Τα ειδικά εκτοξευμένα σκυροδέματα*

### 5.4.4 Προκαταρκτικές εργασίες

1. *Προετοιμασία της επιφάνειας.* Η προετοιμασία της επιφάνειας εξαρτάται από τη φύση και την κατάσταση της.

Στην περίπτωση της **τοιχοποιίας** η επιφάνεια καθαρίζεται από κάθε σαθρό υλικό με αμμοβολή ή νερό υπό πίεση. Χρειάζεται όμως προσοχή για την αποφυγή της απορρόφησης του νερού του σκυροδέματος από την τοιχοποιία που θα έχει ως αποτέλεσμα την μειωμένη αντοχή και ρηγμάτωσή του. Ένας τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος είναι να διαβραχεί πολύ η τοιχοποιία πριν την εκτόξευση του σκυροδέματος.

Για τις **επιφάνειες βράχων** η πλήρης απομάκρυνση χαλαρών υλικών, σκόνης θραυσμάτων και άλλων ξένων υλικών είναι ο παράγοντας που εξασφαλίζει την ισχυρή σύνδεση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος με το βράχο.

1. *Οπλισμοί.* Στις περιπτώσεις που το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα θα υποβληθεί σε κάποιου είδους φόρτιση, απαιτείται ο οπλισμός του με μεμονωμένες ράβδους ή πλέγματα. Οι κανόνες οπλισμού που

ισχύουν για το συμβατικό σκυρόδεμα ισχύουν και για το εκτοξευόμενο. Σε περιπτώσεις όπου απαιτείται ομοιόμορφος οπλισμός αλλά υπάρχουν καμπύλα τμήματα, που δυσχεραίνουν την τοποθέτηση πλέγματος, συνδυάζονται ράβδοι και πλέγμα. Η τοποθέτηση ράβδων βοηθά και στον περιορισμό των παραμορφώσεων του πλέγματος κατά τη διάρκεια της τοποθέτησής του αλλά και της εκτόξευσης. Τέλος κατάλληλος συνδυασμός ράβδων και πλέγματος μπορεί να μειώσει τις απαιτούμενες στρώσεις οπλισμού σε παχιές διατομές.

#### **5.4.5 Αναλογίες του μείγματος**

Συνήθως οι αναλογίες του μείγματος για την Παρασκευή εκτοξευόμενου σκυροδέματος εξαρτώνται από την επιθυμητή θλιπτική αντοχή. Συνήθως χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι καθορισμού των ιδιοτήτων, α) με προσδιορισμό της συμπεριφοράς και β) με τον προσδιορισμό της σύνθεσης.

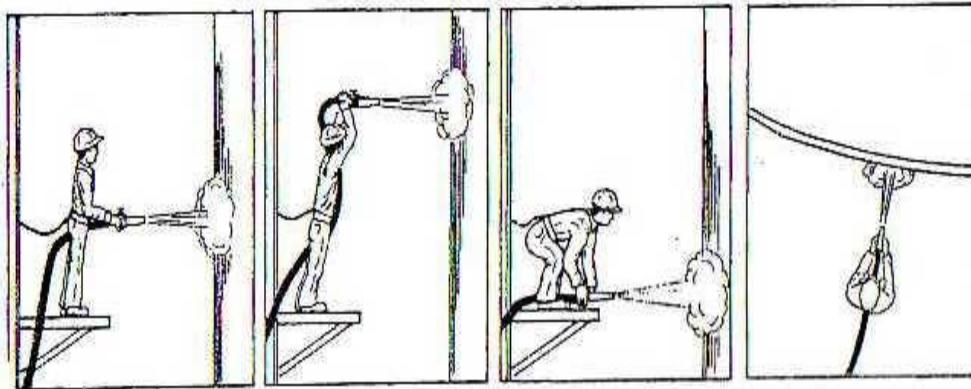
Η ιδιότητα που ζητείται συνήθως είναι το σκυρόδεμα να έχει συγκεκριμένη αναλογία τσιμέντου- αδρανών. Οι αρχές της τεχνολογίας του συμβατικού ισχύουν και για την Παρασκευή εκτοξευόμενου σκυροδέματος, κυρίως για την εν υγρώ διαδικασία ανάμειξης. Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα που παράγεται τελικά έχει υψηλότερο συντελεστή τσιμέντου από το σχεδιαζόμενο εξαιτίας της ανάκλασης του υλικού καθώς και λεπτότερη σύνθεση εξαιτίας της μεγαλύτερης ανάκλασης των μεγαλύτερων αδρανών.

Η κάθιση του εν υγρώ παρασκευαζόμενου σκυροδέματος πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 40 και 75 mm. Σκυρόδεμα με μεγαλύτερη κάθιση εκτός του ότι παρουσιάζει δυσκολία να σταθεί όταν εκτοξεύεται σε κατακόρυφες επιφάνειες, μπορεί να έχει και μικρότερη αντοχή. Στην εν ξηρώ παρασκευή δεν είναι εύκολος ο προσδιορισμός της σύνθεσης ώστε να επιτευχθεί συγκεκριμένη αντοχή.

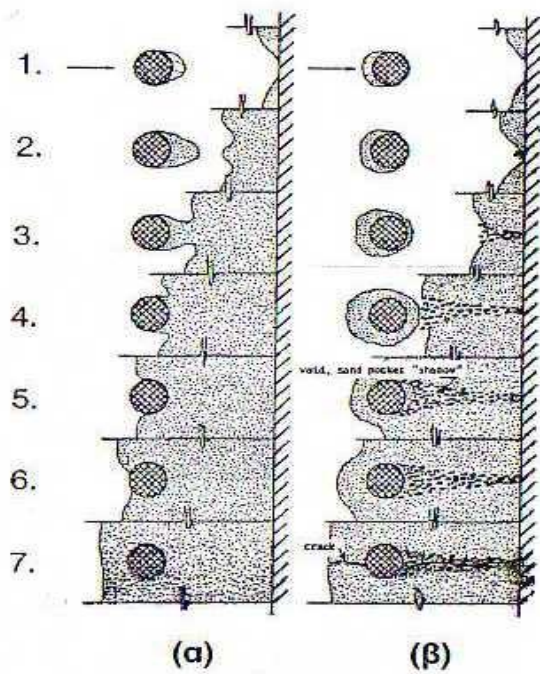
#### 5.4.6 Εφαρμογή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος

Για να εξασφαλίζεται καλύτερη ποιότητα της εργασίας ο χειριστής πρέπει να γνωρίζει τον ορθό τρόπο εκτόξευσης, δηλαδή:

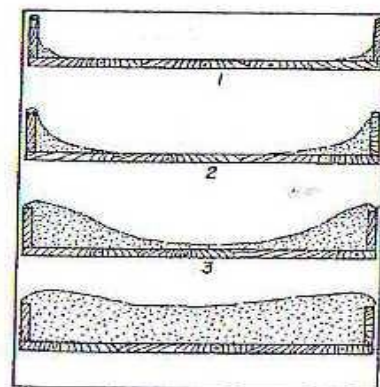
- Κάθε στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος δημιουργείται από επαναλαμβανόμενες εκτοξεύσεις.
- Είναι προτιμότερο το πάχος κάθε στοιχείου να δημιουργείται σε μία στρώση.
- Η ροή του υλικού πρέπει να είναι συνεχής και σταθερή.
- Η απόσταση του ακροφυσίου από την επιφάνεια του έργου, που είναι συνήθως 0.6- 1.8 m.,πρέπει να είναι τόση ώστε να εξασφαλίζεται η καλύτερη εκτέλεση της εργασίας.
- Γενικά, το ακροφύσιο πρέπει να κρατείται κάθετα στην επιφάνεια εκτόξευσης ή τουλάχιστον όχι υπό γωνία μεγαλύτερη από 45 μοίρες.
- Όταν η εκτόξευση γίνεται σε στοιχείο με πυκνούς οπλισμούς το μείγμα πρέπει να περιέχει λίγο περισσότερο νερό από το κανονικό προκειμένου το σκυρόδεμα να εισχωρεί πίσω από τους οπλισμούς.
- Σε κατακόρυφα στοιχεία η εκτόξευση πρέπει να αρχίζει από κάτω προς τα άνω.
- Σε περιπτώσεις που θα εκτοξευθεί σκυρόδεμα σε περισσότερες από μία στρώσεις, η εκτόξευση της δεύτερης στρώσης πρέπει να γίνει αφού η πρώτη στρώση έχει ήδη σκληρυνθεί ελαφρά.
- Το ανακλώμενο υλικό δεν πρέπει να επαναχρησιμοποιείται σε καμία περίπτωση.
- Καλόν είναι να αποφεύγεται να γίνονται εργασίες όταν οι καιρικές συνθήκες είναι δυσμενείς.



Σχ.5.3: Ορθές θέσεις εκτόξευσης



Σχ 5.4: ορθή (α) και λανθασμένη (β) εκτόξευση



Σχ. 5.5: εκτόξευση σε εσωτερικές γωνίες

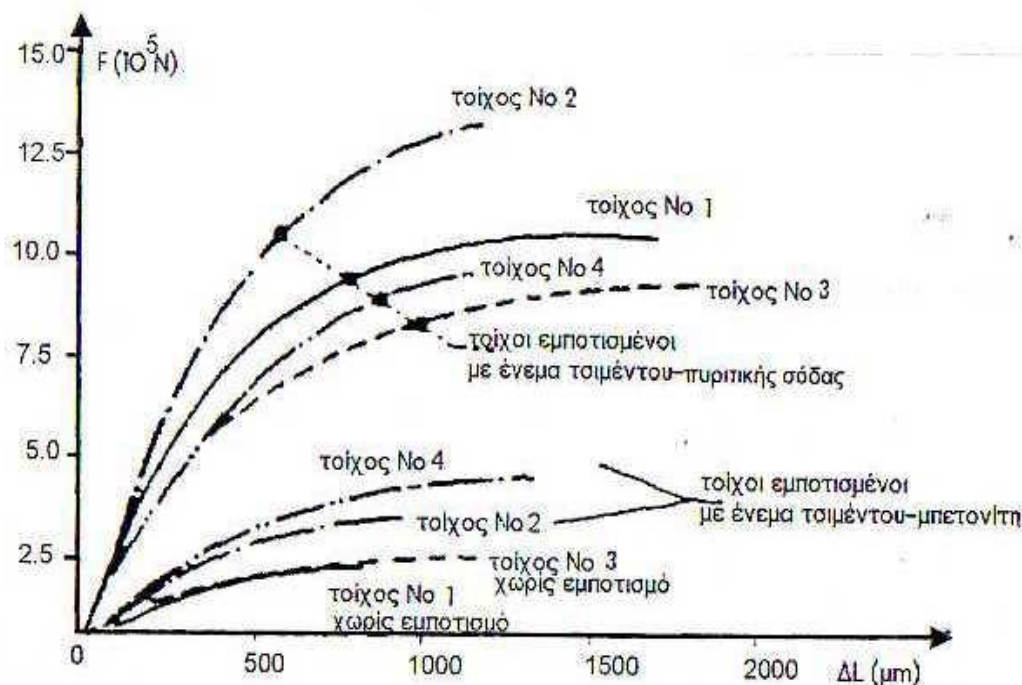


## 5.5 ΕΝΕΣΕΙΣ Ή ΕΜΠΟΤΙΣΜΟΙ

Ένεση ή εμποτισμός (grouting) λέγεται η διαδικασία εισαγωγής στη μάζα μίας κατασκευής ή στο έδαφος, ενός υλικού υπό υγρή μορφή, το οποίο στη συνέχεια στερεοποιείται και προσδίδει νέες μηχανικές ιδιότητες στο υλικό της κατασκευής ή στο έδαφος. Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται για την ενίσχυση τοιχοποιιών σχεδόν ένα αιώνα, αλλά ακόμα παραμένει μία εμπειρική τέχνη παρά θεωρητική γνώση που υπάρχει. Τα πρώτα ενέματα ήταν κυρίως από υδραυλική άσβεστο και ποζολάνες, αλλά σήμερα αποτελούνται κυρίως από τσιμέντο (τσιμεντενέματα) και ρητίνες (- ρητινενέματα) .

Η δράση των ενεμάτων στην τοιχοποιία είναι διπλή, αφ' ενός πληρούν τα υπάρχοντα κενά στο σώμα της τοιχοδομής, αυξάνοντας έτσι την αντοχή της και αφ' ετέρου συγκολλούν τα χαλαρά τμήματα της τοιχοποιίας, εξασφαλίζοντας έτσι την ανάληψη δυνάμεων μέσω τριβής.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η αύξηση της αντοχής δοκιμίων τοίχων μετά την εισαγωγή ενεμάτων από διάφορα υλικά. Οι καμπύλες 1 και 3 παρουσιάζουν την σχέση της βράχυνσης τοίχων – θλιπτικής δύναμης σε δοκίμια δύο τοίχων αργολιθοδομής με πυρήνα από χαλαρό υλικό οι οποίοι δεν έχουν υποστεί κανενός είδους επέμβαση. Οι καμπύλες 2 και 4 παρουσιάζουν την ανωτέρω σχέση σε δύο ίδιους τοίχους στους οποίους όμως έχουν γίνει ενέσεις τσιμέντου-μπετονίτη και δείχνει αύξηση της αντοχής κατά 20% περίπου, ενώ οι καμπύλες στα άνω του σχήματος αναφέρονται στους ίδιους τοίχους στους οποίους μετά τρεις μήνες έγιναν ενέσεις με ένεμα πυριτικού ανθρακικού νατρίου, οπότε παρατηρήθηκε ότι η αύξηση της αντοχής έφτασε το 350%



Σχ. 5.6: Μεταβολή αντοχής τοιχοποιίας μετά από εμποτισμό με διάφορα -ενέματα

### 5.5.1 Μέθοδοι εφαρμογής ενέσεων

Οι μέθοδοι εισαγωγής του ενέματος στην τοιχοποιία είναι α)εισαγωγή υπό πίεση και β)εισαγωγή υπό κενό αέρος.

Η περισσότερο χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι η εισαγωγή του ενέματος υπό πίεση. Το ένεμα διέρχεται μέσω των κενών και όταν δεν μπορεί πλέον να διέλθει τα γεμίζει συμπιέζοντας ή και εξωθώντας τον αέρα τους.

Η είσοδος του μείγματος γίνεται από ελαστικούς σωλήνες διαμέτρου ανάλογης με την ποσότητα του ενέματος που θα συμπιεσθεί. Οι αποστάσεις μεταξύ των σωλήνων και η ποσότητα του ενέματος εξαρτώνται από :1)τη φύση και το ιξώδες του ενέματος, 2)τη διάμετρο των σωλήνων 3) την διαπερατότητα της τοιχοποιία, και 4)την πίεση εισαγωγής του ενέματος.

Στην αρχή του εμποτισμού η πίεση είναι μέχρι 0,30 Μρα, στη συνέχεια αυξάνεται μέχρι 0,40 ΜΡα και κρατιέται σταθερή για 5-10 λεπτά έτσι ώστε το μείγμα να σταθεροποιηθεί και να στραγγίσει το επιπλέον νερό. Η μεγάλη πίεση

μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα σε τοιχοποιίες μικρής αντοχής και για το λόγο αυτό πρέπει να συνεκτιμάται η πίεση με την αντοχή της τοιχοποιίας. Η εισαγωγή του ενέματος αρχίζει από τα χαμηλότερα σημεία και προχωρεί προς τα άνω με συστηματικό τρόπο.

Η μέθοδος της εισαγωγής ενέματος υπό κενό αέρος άρχισε να εφαρμόζεται από τη δεκαετία του 1970 με σκοπό την αποφυγή προβλημάτων στη κατασκευή που μπορεί να δημιουργηθούν λόγω της μεγάλης πίεσης που απαιτείται σε περιπτώσεις μικρών ρωγμών, καθώς και διότι η πλήρωση των κενών μπορεί να μην επιτευχθεί στον επιθυμητό βαθμό.

Με την τεχνική των ενέσεων επιτυγχάνεται μεγάλη βελτίωση στην αντοχή και σταθερότητα στις τοιχοποιίες, κυρίως από λιθοδομή, καθώς όπως είναι γνωστό ο πυρήνας τους αποτελείται από υλικό πλήρωσης αμφιβόλου αντοχής και σύνδεσης με τις εξωτερικές στρώσεις. Η χρήση ενεμάτων από υλικό συμβατό με τη λιθοδομή, όπως είναι τα σχετικά χαμηλού κόστους τσιμεντενέματα, σταθεροποιεί τον πυρήνα και εξασφαλίζει την συνεργασία του με τις εξωτερικές στρώσεις.

### **5.5.2 Υλικά και μίγματα ενεμάτων**

Τα ενέματα μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες από απόψεως συστάσεως. Τα φυσικά (τσιμεντενέματα και ασβεστενέματα) και τα συνθετικά (όλα τα υπόλοιπα).

#### **α) φυσικά ενέματα**

Η χρήση των ασβεστενεμάτων έχει περιορισθεί καθώς το παραγόμενο ένεμα έχει μειωμένη αποτελεσματικότητα εν σχέση με αυτή του τσιμεντενέματος. Τα τσιμεντενέματα προτιμούνται λόγω της μεγάλης θλιπτικής αντοχής που μπορούν να αποκτήσουν. Γενικά ένα τσιμεντένεμα αποτελείται από 90% τσιμέντο Portland και 10% ποζολάνες. Η ποσότητα του νερού εξαρτάται από το μέγεθος των ρωγμών, δηλαδή από το επιθυμητό ιξώδες, αλλά συνήθως η αναλογία κατ' όγκον στερεού μείγματος : νερού είναι 1.0: 1.2.

Σημαντικό στοιχείο για την αποδοχή του ενέματος αποτελεί η μη απομειξή του και η ικανότητα διεύθυνσης σε μικρά κενά.

### **β) Ενέματα πολυμερών ή ρητίνες**

Το χαρακτηριστικό των πολυμερών ενεμάτων είναι ότι εφαρμόζονται σε υγρή μορφή και εν συνεχεία σκληρυνόμενα μετατρέπονται σε στερεά, που αποτελούν το συγκολλητικό μέσον. Διατίθενται στο εμπόριο σε διάφορα ονόματα, πρόσμικτα και ιδιότητες αλλά το οργανικό συστατικό μπορεί να έχει έναν από τους εξής τύπους (Van Gement):

- Φυσικό σύστημα
- Αντιδρόν σύστημα σε διάλυμα
- Ενεργά συστατικά διαλυόμενα σε ενεργό διαλύτη
- Αντιδρόν σύστημα χωρίς διαλύτη

Οι ρητίνες είναι συστήματα πολυμερών που δημιουργούνται από υγρό πλαστικό και σκληρυντή για να σχηματίσουν πολυμερές με διάφορες ιδιότητες, από μαλακό ελαστικό μέχρι σκληρό στερεό. Οι σημαντικότεροι τύποι ρητίνων είναι:

- Εποξιδικές ρητίνες(EP)
- Ρητίνες πολυουρεθάνης(PUR)
- Μεθακρυλικές(MMA)
- Ακόρεστες πολυεστερικές(UP)

### **5.5.3 Μηχανικά χαρακτηριστικά εμποτισμένων τοίχων**

Όπως αναφέρουν οι Tassios και Chronopoulos(1986), Vintzileou και Tassios(1995) και οι Tomazevic και Anicic (1989) σε χαμηλής ποιότητας αργολιθοδομές η τεχνική των ενέσεων μπορεί να βελτιώσει σε σημαντικό βαθμό τα μηχανικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας, ενώ η βελτίωση αυτή μειώνεται όσο η ποιότητα της τοιχοποιίας γίνεται καλύτερη.

Έτσι, τα μηχανικά χαρακτηριστικά της εμποτισμένης τοιχοποιίας που κατωτέρω δείχνουν τον δείκτη «ε» σε σχέση με αυτά της αρχικής που έχουν τον δείκτη «α» παρατηρούνται τα εξής:

Θλιπτική αντοχή

Θλιπτική αντοχή

$$f_{wc,\varepsilon} = (3 : 5) f_{wc,a}$$

Μέτρο ελαστικότητας

$$E_{w,\varepsilon} = 2000 f_{wc,\varepsilon} (+ 50\%)$$

Διατμητική αντοχή

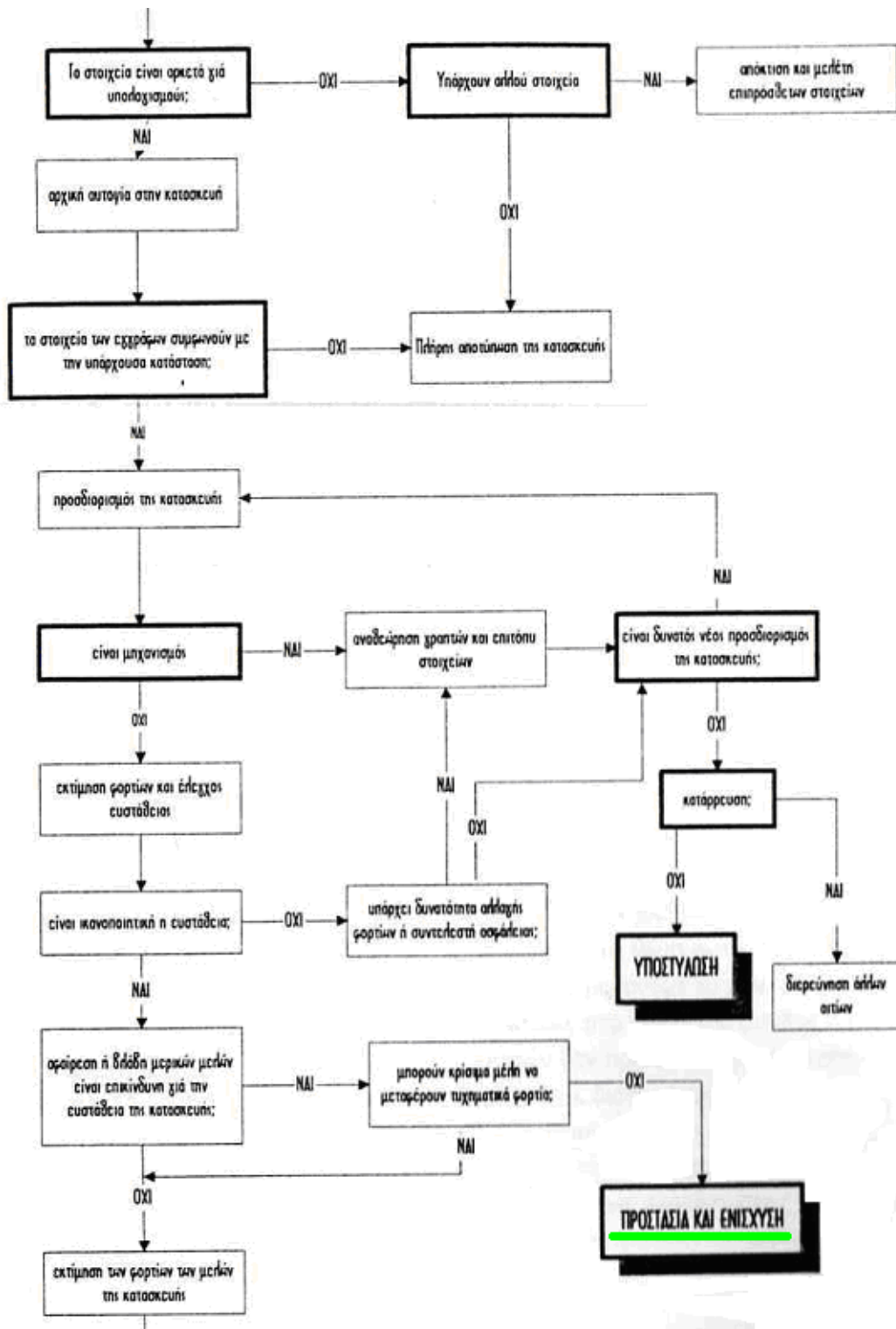
$$f_{wv,\varepsilon} = 3:5 f_{wv,a}$$

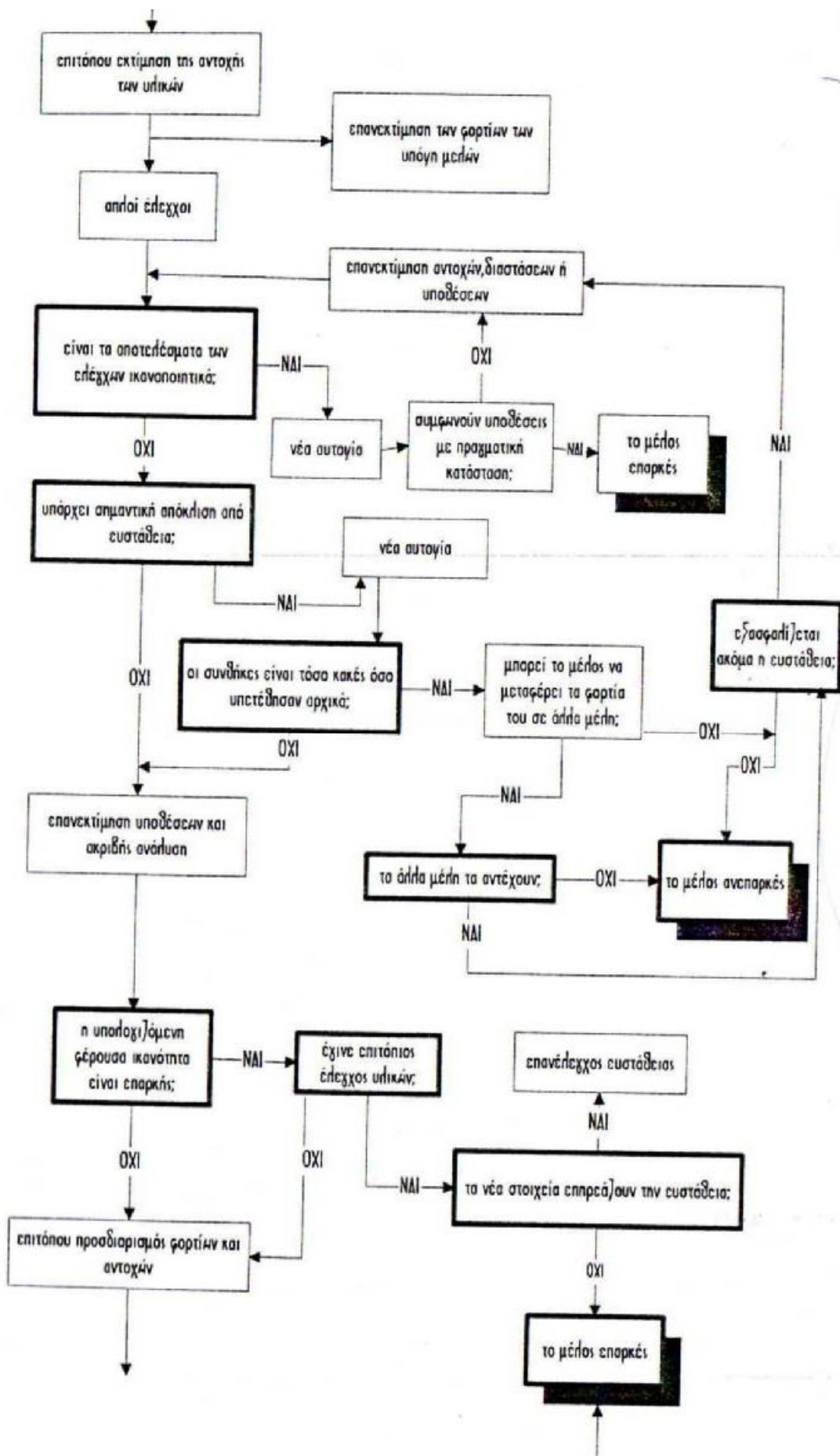
Μέτρο διάτμησης

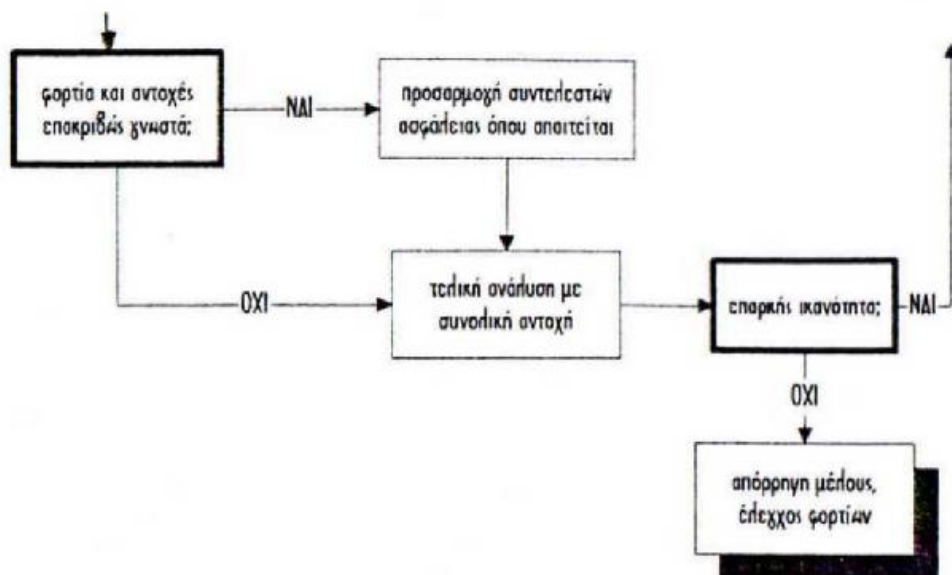
$$G_{w,\varepsilon} = 800 G_{wv,\varepsilon} (+ 15\%)$$

Είναι σαφές από το ευρύ πεδίο των ανωτέρω τιμών, ότι οι τιμές αυτές είναι ενδεικτικές και φυσικά εξαρτώνται από το πόσο επιτυχής υπήρξε ο βαθμός εμποτισμού και κατά συνέπεια και η επέμβαση.

## Κυκλικό διάγραμμα για τον ανασχεδιασμό των κατασκευών







## 5.6 ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΡΗΓΜΑΤΩΣΕΩΝ – ΑΠΟΚΟΛΛΗΣΕΩΝ ΤΟΙΧΩΝ

Τόσο η τεχνική, όσο και η αναγκαιότητα και η επισκευή ή όχι της επέμβασης καθορίζεται σε σχέση με τη σοβαρότητα των βλαβών. Η μέθοδος επισκευής ρωγμών φερόντων τοίχων εξαρτάται από το υλικό του τοίχου, από την εκτασή και την ένταση των ρηγματώσεων και από τη θέση της ρωγμής ή των ρωγμών στην επιφάνειά τους.

### 5.6.1 Ελαφρά ρηγμάτωση

Όταν η ρηγμάτωση είναι ελαφρά, δηλαδή οι ρωγμές έχουν άνοιγμα μικρότερο από 10mm. και αραιή διάταξη, τότε ανάλογα με το είδος και το πάχος της τοιχοποιίας μπορούν να επισκευαστούν με έναν από τους εξής τρόπους:

Πλινθοδομές ή λιθοδομές **μικρού πάχους** επισκευάζονται ακολουθώντας την εξής διαδικασία :

- Καθαίρεση του επιχρίσματος σε μεγάλο μέρος γύρω από τη ρωγμή,
- Διεύρυνση του χείλους της ρωγμής με τοπικό σπάσιμο των λιθοσωμάτων,



- Επίμονο ξύσιμο της ρωγμής με συρματόβουρτσα ώστε να απομακρυνθούν τα σαθρά υλικά ,
- Πλύσιμο με νερό υπό πίεση,
- Εισαγωγή πλούσιου τσιμεντοκονιάματος όσο γίνεται βαθύτερα μέσα στη ρωγμή,
- Εξωτερικό αρμολόγημα και τελικό επίχρισμα.

Πριν το τελικό επίχρισμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατετσόσυρμα ή νευρομετάλλ που θα στερεωθεί με φουρκέτες μπηγμένες στο κονίαμα των αρμών του τοίχου και έπειτα να ακολουθήσει το επίχρισμα. Το μέτρο αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη συνεργασία του νέου τμήματος του επιχρίσματος με τον τοίχο και με το υπόλοιπο επίχρισμα. Ενίσχυση του τοίχου επιτυγχάνεται με τη χρήση πλέγματος οπλισμού διαμέτρου 4-6 mm. και στις δύο πλευρές του.

#### ***Λιθοδομές μεγάλου πάχους***

Όταν η τοιχοποιία είναι ή πρόκειται να παραμείνει ανεπίχριστη, τότε η προηγούμενη διαδικασία δεν μπορεί να εφαρμοστεί για προφανείς λόγους. Επιπλέον σε λιθοδομές μεγάλου πάχους ο ελαφρός οπλισμός δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός. Γι' αυτό για το σφράγισμα των ρωγμών χρησιμοποιείται η τεχνική των ενέσεων. Η πορεία των εργασιών για την εφαρμογή των τσιμεντενέσεων σε λιθοδομές είναι η εξής:

- Καθαίρεση του επιχρίσματος και διεύρυνση των χειλιών της ρωγμής
- Άνοιγμα οπών φ1/2'' μέσα στο επίπεδο της ρωγμής. Οι αποστάσεις μεταξύ των οπών εξαρτώνται από το πάχος της ρωγμής και αυξάνονται όσο αυτό μεγαλώνει. Συνήθως αποστάσεις 30-60 cm είναι αρκετές για συνήθεις αργολιθοδομές.
- Στις οπές τοποθετούνται μικροί ελαστικοί σωλήνες.
- Πλύσιμο των ρωγμών με νερό υπό πίεση και σφράγισμα των χειλιών της ρωγμής με τσιμεντοκονία ή ειδικό στόκο.
- Εισαγωγή τσιμεντενέματος.

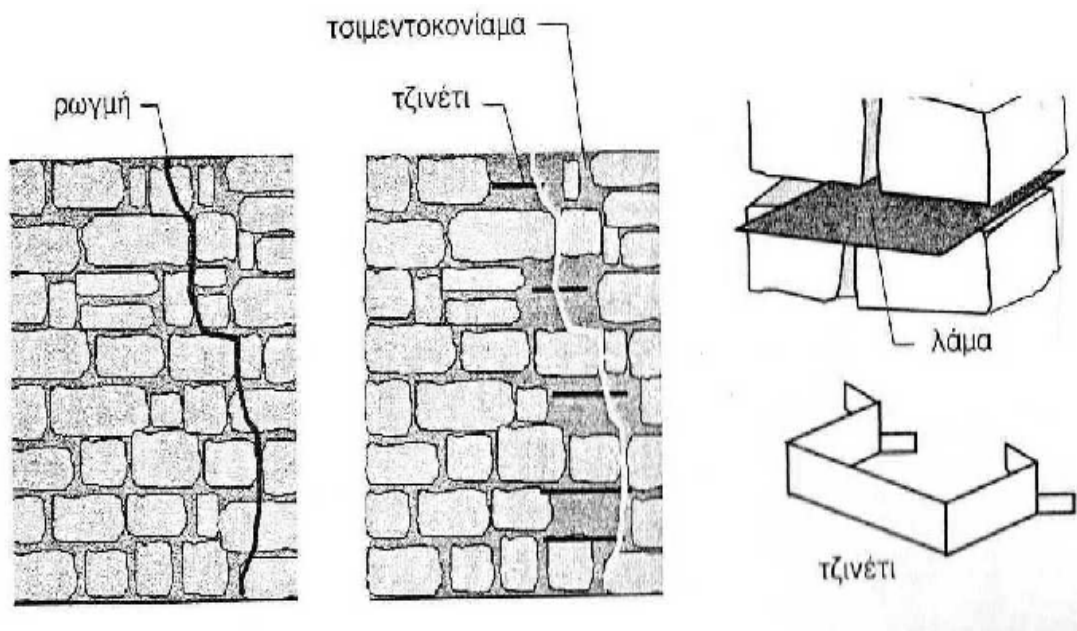
### 5.6.2 Έντονη ρηγμάτωση

Όταν η ρηγμάτωση είναι έντονη, δηλαδή οι ρωγμές έχουν μεγάλο εύρος ή πολύ πυκνή διάταξη, τότε οι προηγούμενες τεχνικές δεν είναι αποταλεσματικές και ανάλογα με το είδος των ρωγμών ακολουθούνται οι κατωτέρω τεχνικές επισκευών.

- Συρραφή μεγάλων, περίπου κατακόρυφων ρωγμών

Αφού καθαιρεθούν τα ραγισμένα λιθοσώματα στο μισό περίπου πάχος του τοίχου, αντικαθίσταται με ισχυρό τσιμεντοκονίαμα. Για την καλύτερη σύνδεση του κονιάματος με την υπάρχουσα τοιχοποιία τοποθετούνται μεταλλικοί σύνδεσμοι (τζινέτια) ή μεταλλικές λάμες συρραφής που εισάγονται στο τσιμεντοκονίαμα πριν ακόμα σκληρυνθεί, καθώς και στους αρμούς τοιχοποιίας.

Αφαιρούνται όλα τα λιθοσώματα σε πλάτος 15 έως 20 cm. εκατέρωθεν της ρωγμής και ξανακτίζεται ο τοίχος με τη χρήση επιμήκων λιθοσωμάτων που εξασφαλίζουν την εμπλοκή και συνεργασία. Είναι σημαντικό η δημιουργία οδοντωτής διεπιφάνειας ώστε να αποφευχθεί μελλοντικά κατακόρυφη ρωγμή αποκόλλησης των νέων από τα παλαιά λιθοσώματα. Η χρήση διογκωτικών προσθέτων στο κονίαμα θα μειώσει τον κίνδυνο αυτό.



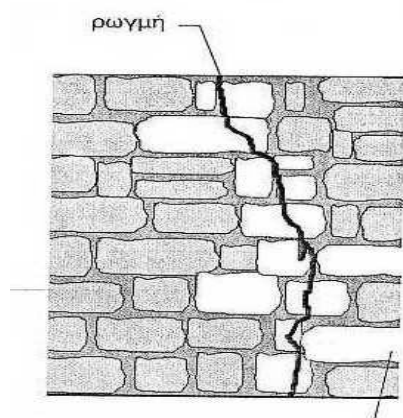
Σχ. 5.7: Συρραφή με αντικατάσταση των ραγισμένων λιθοσωμάτων

Ένας άλλος τρόπος επισκευής είναι να αποκαθίσταται ο τοίχος γεμίζοντας το κενό με σκυρόδεμα (χύτευση υποστυλώματος) που θα οπλίζεται κατακόρυφα με ράβδους 2Φ14 και οριζόντια με αγκράφες Φ6/50, που εισέρχονται βαθιά στην υπόλοιπη κατασκευή όπως φαίνεται και στο σχήμα παρακάτω.

- Συρραφή λοξών ρωγμών

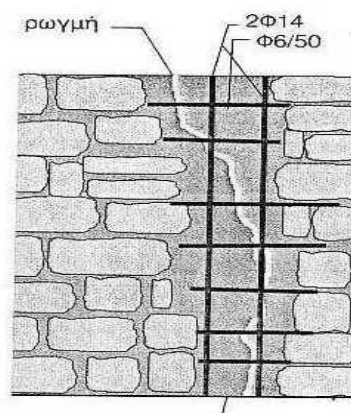
Οι τρόποι που αναφέρθηκαν πιο πάνω δεν μπορούν εύκολα να εφαρμοσθούν στην περίπτωση λοξών ρωγμών γιατί τότε θα πρέπει να καθαιρεθεί μεγάλη επιφάνεια τοίχου, γι' αυτό πρέπει πρώτα να επισκευάζονται κατά τα παραπάνω και στη συνέχεια να συρράπτονται με την παρακάτω τεχνική των λεπτών ζωνών ραφής.

Σε αποστάσεις που καθορίζονται από τη διάταξη της ρηγμάτωσης, αφαιρούνται πλίνθοι ή λίθοι 15 -20 cm.κατά την έννοια του μήκους του τοίχου και 10-15 cm σε βάθος, έτσι ώστε όταν το κενό γεμίσει με σκυρόδεμα να δημιουργείται μία κατακόρυφη ή οριζόντια ζώνη εν είδει υποστυλώματος ή δοκού στο σώμα του τοίχου. Ο οπλισμός του στοιχείου αυτού είναι 2Φ14 κατά μήκος και οριζοντίως αγκράφες Φ6/50, που εισέρχονται μέσα στην υπόλοιπη τοιχοποιία όπως στο σχήμα πιο κάτω. Είναι επίσης δυνατή, εφ'όσον λόγοι αισθητικοί ή προστασίας από τη νομοθεσία περί διατηρητέων δεν το απαγορεύουν, και η ραφή με ζεύγη νευρώσεων (μέσα-έξω), οι οποίες λίγο από την περασιά του τοίχου, όπως φαίνεται και στο σχήμα. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να ληφθεί πρόνοια για την κατάλληλη σύνδεση της μέσα και έξω νεύρωσης.



Καθαίρεση λιθοσωμάτων και  
Ξανακτίσιμο σε όλο το πάχος  
του τοίχου

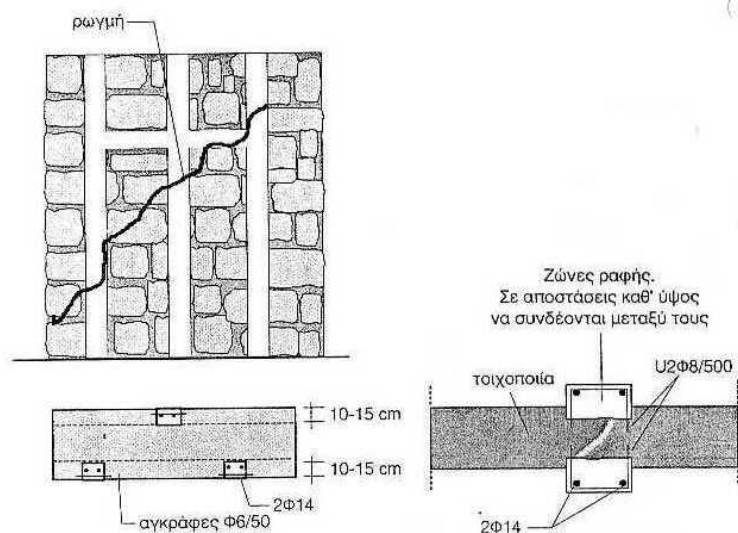
(α)



καθαίρεση λιθοσωμάτων και  
χύτευση σκυροδέματος

(β)

Σχ .5.8 : Συραφή με νέα λιθοσώματα ή χύτευση σκυροδέματος



Σχ. 5.9: Συραφή με λεπτές ζώνες οπλισμένου σκυροδέματος

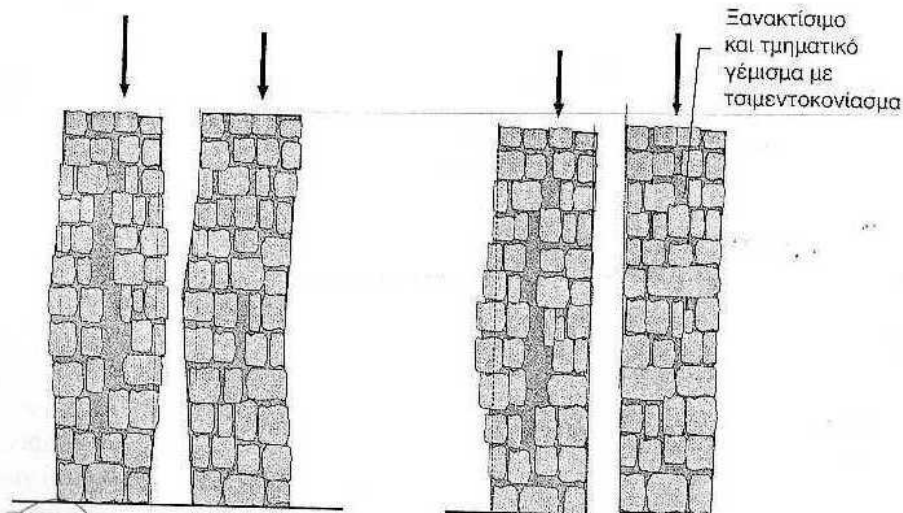
### 5.6.3 Τοπική κύρτωση

Η τοπική κύρτωση, φαινόμενο προερχόμενο κυρίως από λυγισμό, οφείλεται σε μεγάλες θλιπτικές δυνάμεις που επιβάλλονται σε ένα τοίχο ή σε συνδυασμό απώλειας της συνοχής του τοίχου (συνήθως λόγω διάβρωσης) και μεγάλης θλιπτικής δύναμης. Διακρίνονται σε δύο περιπτώσεις τοπικού καμπουριάσματος:

- Εκτροπή και των δύο παρειών από την κατακόρυφο

Στην περίπτωση αυτή απαιτείται καθαίρεση και ανακατασκευή του τοίχου σε μεγάλο πλάτος.

- Εκτροπή της μίας παρειάς από την κατακόρυφο. Μονόπλευρο «φούσκωμα» παρατηρείται όταν λείπουν διάτονες ή μπατικοί λίθοι για να συνδέσουν τις δύο κατακόρυφες στρώσεις, όπως στην τοιχοποιία της φωτογραφίας ...Εάν η πλευρά που έχει μείνει κατακόρυφη είναι αρκετά στερεή, καθαιρείται μόνο η πλευρά που έχει φουσκώσει και ανακατασκευάζεται. Λαμβάνεται μέριμνα ώστε να τοποθετηθούν μπατικοί λίθοι που θα συνδέουν τις δύο παρειές και τα κενά πληρούνται με άφθονο τσιμεντοκονίαμα(σχήμα) Και στις δύο περιπτώσεις είναι βασικό η διεπιφάνεια να μην είναι ευθεία γραμμή αλλά να εξασφαλίζεται καλή εμπλοκή των νέων τμημάτων με τον αρχικό τοίχο. Στη φωτογραφία 5.10 φαίνεται η καθαίρεση της εσωτερικής στρώσης σε μέρος τοίχου, η οποία είχε «φουσκώσει» και στη φωτογραφία 5.11 η αποκατάστασή του με ξανακτίσιμο της στρώσης.



Σχ. : 5.10 αμφίπλευρο «φούσκωμα» τοίχου

Σχ. 5.11: Μονόπλευρο φούσκωμα

## **5.7 ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ**

Οι εργασίες ενίσχυσης μιας κατασκευής δεν προϋποθέτουν την ύπαρξη βλαφθέντων στοιχείων, αλλά αποσκοπούν στην αύξηση της αντοχής της κατασκευής έναντι συγκεκριμένων συνδυασμών δράσεων.

Για την εκλογή των καταλληλότερων μέτρων για την ενίσχυση μίας κατασκευής απαιτείται γνώση της κατασκευαστικής συμπεριφοράς της, της αποτελεσματικότητας του κάθε μέτρου και επιπλέον γνώση των λεπτομερειών της κάθε τεχνικής για την αρτιότερη εκτέλεση των εργασιών, η συνάρτηση κόστους ενίσχυσης και σπουδαιότητας του κτιρίου, όπως επίσης και η απουσία βλαβών, ειδικά σε περιοχές με έντονη σεισμικότητα. Παρακάτω θα δούμε κατασκευαστικές λεπτομέρειες των περισσότερο χρησιμοποιούμενων τεχνικών ενίσχυσης.

### **5.7.1 Κατασκευή διαζωμάτων**

Η κατασκευή διαζωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα σε κατασκευές που δεν έχουν καθόλου διαζώματα ή έχουν αλλά δεν είναι περιμετρικά, είναι ένας από τους αποτελεσματικότερους και συγχρόνως με το μικρότερο κόστος τρόπους για την αύξηση της αντοχής των κτιρίων έναντι σεισμικών δράσεων.

Η κατασκευή διαζωμάτων σε ενδιάμεσα ύψη είναι κατασκευαστικά αρκετά δύσκολη και κατωτέρω αναπτύσσεται ο τρόπος που επιτυγχάνεται. Για την κατασκευή διαζώματος σε ενδιάμεσες στάθμες απαιτείται καθαίρεση του τοίχου και κατασκευή του διαζώματος σε δυο στάδια. Σε κάθε στάδιο κατασκευάζεται διάζωμα στο μισό πάχος του τοίχου, ο οποίος ανάλογα με τη σταθερότητα και τη συνοχή της τοιχοποιίας, ίσως να πρέπει να υποστυλωθεί στην περιοχή της τομής. Η υποστύλωση είναι απαραίτητη αν τα καθαιρούμενα τμήματα του τοίχου έχουν μεγάλο μήκος, ενώ μπορεί να αποφευχθεί αν καθαιρείται μικρό τμήμα του τοίχου. Άρα κατασκευάζεται το διάζωμα, καθαιρείται στη συνέχεια ένα άλλο τμήμα και συνεχίζεται έτσι η εργασία προοδευτικά. Στην περίπτωση ολικής υποστύλωσης του τοίχου οι σιδηροδοκοί

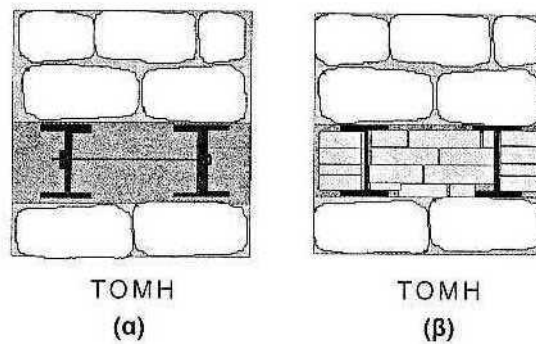
διατομής διπλού ταυ, που χρησιμοποιούνται για την υποστύλωση, αποτελούν συγχρόνως και τον οπλισμό του διαζώματος. Μετά την τοποθέτηση της σιδηροδοκού της μίας παρειάς καθαιρείται το υπόλοιπο πάχος του τοίχου, αποκαθίστανται τα χαλαρά τμήματα με νέα λιθοσώματα τοποθετείται η δεύτερη σιδηροδοκός και τέλος διαμορφώνεται το διάζωμα προς τις εξωτερικές παρειές. Οι σιδηροδοκοί των δύο παρειών είναι καλό να συνδέονται μεταξύ τους με κοχλίες σε τακτές αποστάσεις. Στην περίπτωση χαλαρών τοίχων ή τοίχων που μεταφέρουν σημαντικά φορτία είναι καλό να γίνεται υποστύλωση κατά το σχήμα και στη συνέχεια να γίνεται η κατασκευή διαζωμάτων σε ένα ή δύο στάδια.

Στην περίπτωση που δεν γίνει υποστύλωση με σιδηροδοκούς, η κατασκευή των διαζωμάτων γίνεται σε δύο στάδια κατά τα εξής:

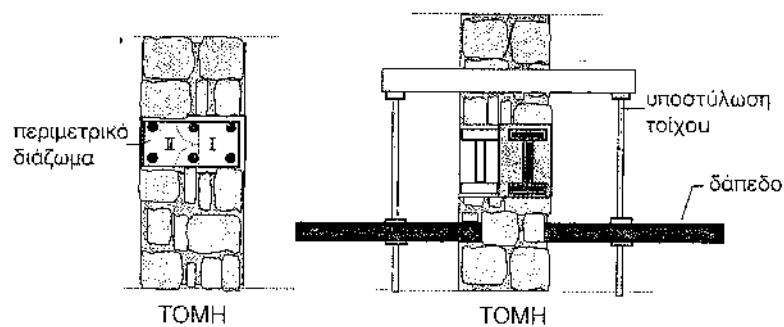
Στο πρώτο στάδιο καθαιρείται ο τοίχος κατά το μισό πάχος του και κατασκευάζεται στο διάζωμα που οπλίζεται με διαμήκη οπλισμό και κλειστούς συνδετήρες με ισχυρές αναμονές. Στο δεύτερο στάδιο καθαιρείται το υπόλοιπο πάχος του τοίχου, τοποθετούνται οι διαμήκεις οπλισμοί, αναδιπλώνονται οι αναμονές των συνδετήρων του προηγούμενου σταδίου και συγκολλούνται στους συνδετήρες του σχήματος U του δεύτερου σταδίου και τελικά γίνεται η έγχυση του σκυροδέματος αυτού του σταδίου (σχήμα). Η Βρετανική εταιρία Rynford έχει κατασκευάσει ειδικά στηρίγματα για την κατασκευή διαζωμάτων σε μία φάση. Τέτοιου τύπου είναι και αυτά του σχήματος στο οποίο παρουσιάζεται και η διαδικασία εφαρμογής τους. Η πορεία εργασίας είναι η εξής: αρχικά καθαιρείται τμηματικά (σε φωλιές) ο τοίχος σε όλο το πάχος του. Σε κάθε φωλιά που δημιουργείται τοποθετείται το προκατασκευασμένο στοιχείο το οποίο υποστυλώνει τον τοίχο (σχα) καθαιρείται ο τοίχος στα ενδιάμεσα των στηριγμάτων τμήματά του (σxb) τοποθετείται ο διαμήκης οπλισμός, ο οποίος διέρχεται από το κενό τμήμα του προκατασκευασμένου στοιχείου, και γίνεται η σκυροδέτηση (σxy). Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η χρήση σκυροδέματος σταθερού όγκου έχει ως αποτέλεσμα την ασφαλή μεταφορά των δυνάμεων,

αφού εξασφαλίζει την όσο δυνατόν καλύτερη επαφή στη διεπιφάνεια των δύο υλικών.

Σε τοίχους μεγάλου πάχους ή σε εμφανείς τοιχοδομές, η κατασκευή διαζωμάτων δεν είναι απαραίτητο να γίνεται μέχρι την εξωτερική ορατή επιφάνεια, αλλά μπορεί να σταματάει εσώτερων αυτής.

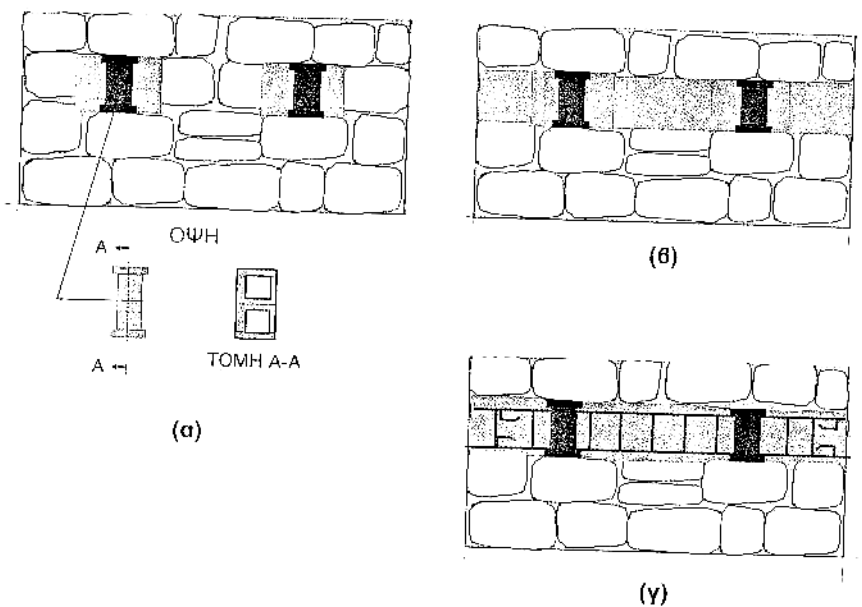


Σχ. 5.12: Υποστύλωση τοίχου με σιδηροδοκούς για την κατασκευή διαζώματος



Σχ. 5.13: κατασκευή διαζώματος Ο.Σ. σε δύο στάδια





Σχ. 5.14: Χρήση προκατασκευασμένων στοιχείων για την κατασκευή διαζώματος σε ενδιάμεση στάθμη τοίχου

### 5.7.2 Ενίσχυση με προένταση

Η προένταση έχει μέχρι σήμερα εξαιρετικά περιορισμένη χρήση. Πιθανές αιτίες είναι η αβεβαιότητα της αλληλεπίδρασης της προέντασης με την κατασκευή και τα υλικά, και η έλλειψη εμπειρίας των μηχανικών στην συγκεκριμένη εφαρμογή της προέντασης η οποία σήμερα χρησιμοποιείται ως μέσο ενίσχυσης κυρίως σε κατασκευές μνημειακού χαρακτήρα, επειδή δεν προκαλεί μεγάλες επεμβάσεις στις ορατές επιφάνειες των μνημείων και επιπλέον είναι αναστρέψιμη, χαρακτηριστικό που είναι βασικό για επεμβάσεις σε μνημεία. Για λόγους προστασίας τους από τη διάβρωση οι τένοντες τοποθετούνται σε συνήθεις σωλήνες περιβολής ή εντός οπών που διατρώνται κατά μήκος της μέσης επιφάνειας του τοίχου, ή κατά μήκος αυλάκων οι οποίες διανοίγονται συμμετρικά και στις δύο παρειές του τοίχου ώστε να επιτυγχάνεται

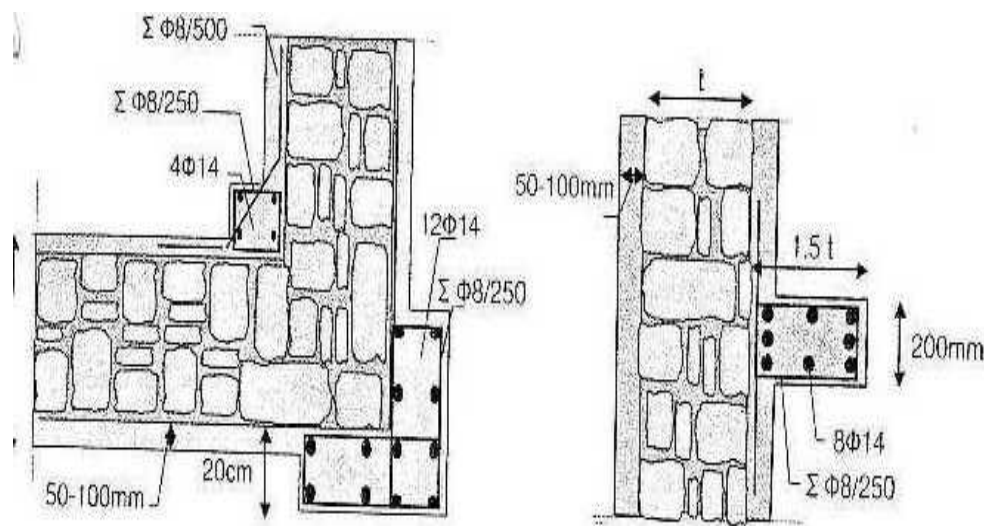
κεντρική εφαρμογή της δύναμης προέντασης. Μετά την τοποθέτηση των τενόντων οι εσωτερικές οπές πληρούνται με τσιμεντένεμα και οι εξωτερικοί αύλακες με εκτοξευμένο σκυρόδεμα. Το κενό μεταξύ του τένοντα και του σωλήνα περιβολής του πληρούνται με τσιμεντένεμα εκτός αν κρίνεται σκόπιμο να παραληφθεί η σύνδεση του τένοντα ώστε να είναι μεταγενέστερα δυνατή η παρατήρηση, επανένταση ή ακόμα και η αφαίρεσή του. Η αγκύρωση των τενόντων στις εξωτερικές επιφάνειες των τοίχων είναι κατασκευαστικά ευχερής. Λόγω της μικρής αντοχής της λιθοδομής σε πλευρικά φορτία, η δύναμη προέντασης μεταφέρεται συνήθως στην τοιχοποιία μέσω δύσκαμπτων μεταλλικών πλακών, οι οποίες την κατανέμουν σε μεγάλη επιφάνεια του τοίχου. Οι διατάξεις και οι πλάκες αγκύρωσης τοποθετούνται συνήθως σε εσοχή του τοίχου, η οποία πληρούται μετά με τσιμεντοκονίαμα, ή εκτοξευμένο σκυρόδεμα ή καλύπτεται με τμήμα λίθου στις λιθοδομές, ώστε να υπάρχει πλήρης αποκατάσταση των όψεων της κατασκευής.

Υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα για το μέγεθος των χρόνιων απωλειών προέντασης εξαιτίας του ερπυσμού της τοιχοποιίας. Ο Wenzel (1989) και οι Ullrich και Maus (1989) αναφέρουν ότι απώλειες προέντασης οι οποίες μετρήθηκαν μετά από 12 ή 13 χρόνια λειτουργίας, κυμαίνονται από 3 έως 12%. Αν και είναι δύσκολο να γενικεύσει κανείς, η πληροφορία αυτή μπορεί να εκληφθεί ως ένδειξη ότι οι απώλειες προέντασης στην τοιχοποιία δεν είναι δυσανάλογα μεγαλύτερες από αυτές στο σκυρόδεμα.

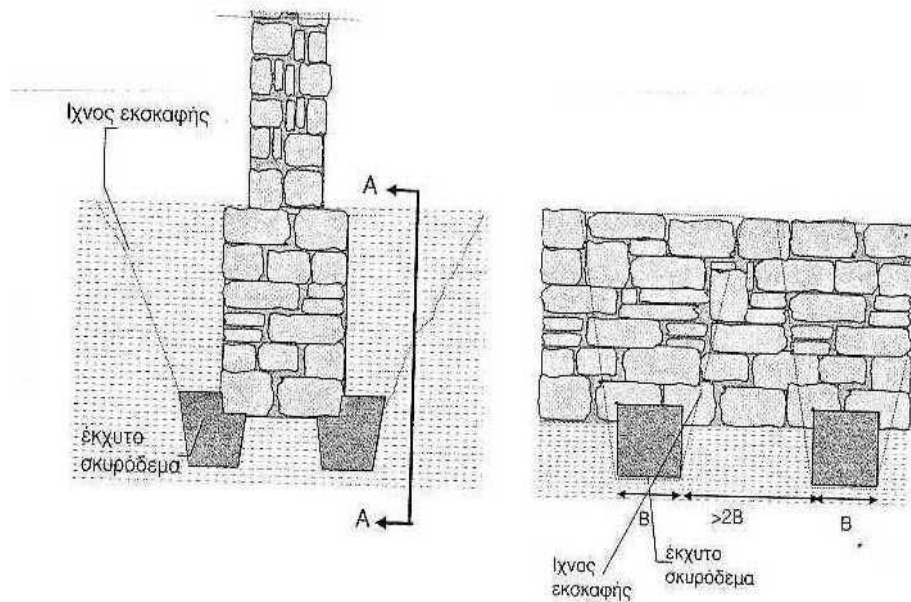
### **5.7.3 Ενίσχυση θεμελίων**

Επειδή τα θεμέλια δεν είναι ορατά και προσπελάσιμα σπανίως εξετάζονται και σπανίως λαμβάνονται υπόψη στην εκτίμηση της κατάστασης μίας κατασκευής, εκτός αν υπάρχουν σαφείς ενδείξεις ότι ευθύνονται για τυχόν αστοχίες. Ωστόσο, αρκετές φορές ενδελεχείς μελέτες απέδειξαν ότι η θεμελίωση ήταν η αιτία βλαβών, οι οποίες αρχικά είχαν αποδοθεί αλλού. Συνηθέστερα προκύπτει ανάγκη για ενίσχυση θεμελίων ενός κτηρίου όταν γίνονται εκσκαφές

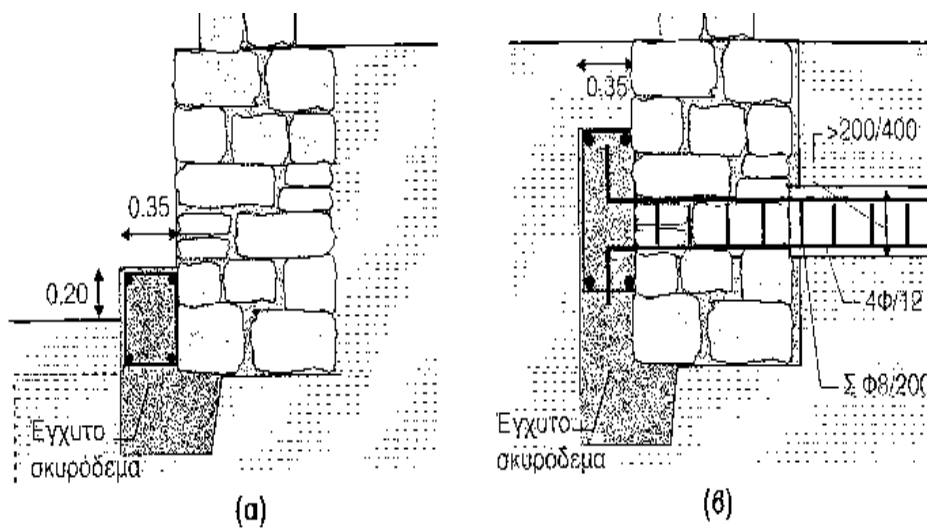
σε όμορα οικόπεδα και το βάθος των εκσκαφών είναι χαμηλότερα από τη θεμελίωση του υπόψη κτιρίου. Ο πλέον συνηθισμένος τρόπος ενίσχυσης είναι κατασκευές κάτω από τη θεμελίωση, οι «υποθεμελιώσεις». Η ενίσχυση συνεχών θεμελίων όπως είναι τα θεμέλια των κατασκευών από τοιχοποιία μπορεί να γίνει είτε με την κατασκευή «ντουλαπιού» μισού-μισού (σχήμα), δηλαδή με σταδιακή υποσκαφή στο μισό πάχος του θεμελίου, σκυροδέτηση και επανάληψη των εργασιών στο άλλο μισό πάχος, είτε με εξωτερική περιμετρική ζώνη από οπλισμένο σκυρόδεμα, δηλαδή την κατασκευή εν μέρει κάτω από το θεμέλιο συνεχούς λωρίδας από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η περιμετρική ζώνη, εκτός από συνεχής κάτω από το θεμέλιο κατά το (σχήμα), μπορεί να κατασκευάζεται περιμετρικά και να αγκυρώνεται μόνο εν μέρει σε αυτό μέσω «φωλεών» που ανοίγονται κάθε 2.0-2.5 m.(σχήμα).Ο ελάχιστος οπλισμός αυτών συνίσταται να είναι 4Φ16 με συνδετήρες Φ6/20.



Σχ. 5.15 : Τοπικοί μανδύες Ο.Σ. (κάτοψη)



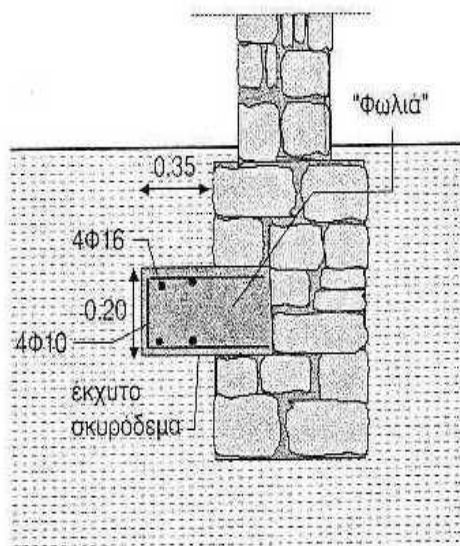
Σχ.5.16: Ενίσχυση θεμελίων με υποθεμελίωση τύπου «ντουλαπιού»



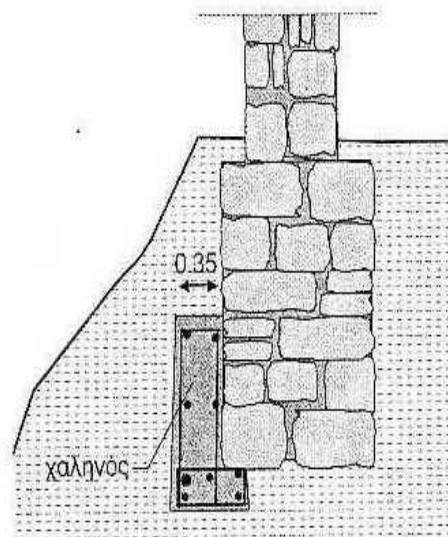
Σχ. 5.17: Ενίσχυση θεμελίων με περιμετρική ζώνη με υποσκαφή

Συνδυασμένη ενίσχυση θεμελίων και εδάφους γίνεται με τη χρήση ριζοπασσάλων (ή μικροπασσάλων). Η τεχνική αυτή έχει ως εξής :διανοίγονται περιστροφικά τρυπάνια οπές με μέγιστη διάμετρο 30 cm. Διαγωνίως του θεμελίου και στις δύο παρειές (όχι όμως στο ίδιο επίπεδο), οι οποίες συνεχίζονται , εφ'όσον είναι εφικτό, μέσα στο έδαφος τουλάχιστον κατά 3 m. Στις οπές τοποθετούνται ράβδοι οπλισμού και στη συνέχεια γίνεται με αντλία

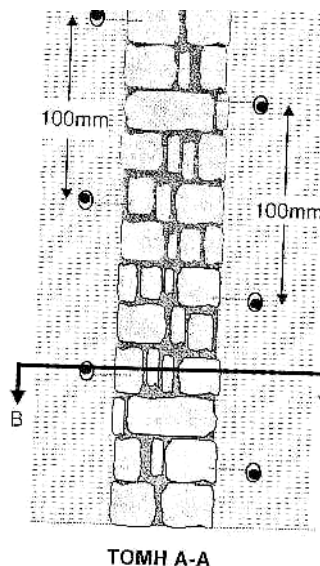
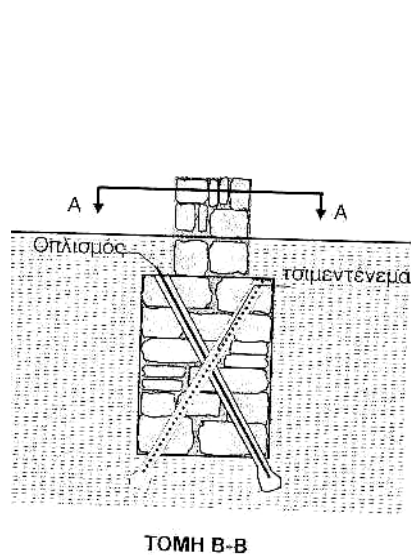
εισαγωγή τσιμεντοπολλτού ή ισχυρού τσιμεντενάματος (σχήμα). Η είσοδος του τσιμεντενάματος έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση των ιδιοτήτων του εδάφους και της τοιχοποιίας του θεμελίου με αποτέλεσμα την ενίσχυση της θεμελίωσης. Η απόσταση των οπών εξαρτάται από τις ιδιότητες της τοιχοποιίας και του εδάφους αλλά δεν πρέπει να ξεπερνά σε κάθε πλευρά το 1m, διότι διαφορετικά η επέμβαση καθίσταται σχεδόν ανενεργός.



Σχ. 5.17: ενίσχυση θεμελίων με περιμετρική ζώνη χωρίς υποσκαφή



Σχ. 5.18: Χαλινός Ο.Σ.



Σχ. 5.19: Ενίσχυση θεμελίωσης με ριζοπασσάλους

Η ενίσχυση των θεμελίων με ριζοπασσάλους εν αντιθέσει με άλλες μεθόδους δεν προξενεί βλάβες στην τοιχοποιία, ούτε διαταράσσει το έδαφος θεμελίωσης. Επιπλέον, η μεταφορά των φορτίων ανωδομής είναι σίγουρη, αφού δεν δημιουργείται νέα επιφάνεια, εν αντιθέσει με ότι συμβαίνει στις υποθεμελιώσεις, που αφήνουν κάποιες αμφιβολίες για το αν πράγματι τελικά συνεργάζονται και πόσο με την ανωδομή. Ωστόσο η χρήση των ριζοπασσάλων, αν και ιδιαίτερα αποτελεσματική, δεν έχει τύχει στη χώρα μας της ευρείας εφαρμογής των υποθεμελιώσεων.

## 5.8 C.F.R.P

Τα C.F.R.P (Carbon Fiber Reinforced Polymers, φύλλα από ινοπλισμένα πολυμερή) αποτελούνται από ανθρακονήματα κι εποξειδική ρητίνη η οποία έχει ως σκοπό την ανακατανομή των τάσεων που οφείλονται σε εξωτερικά φορτία. Τα ανθρακονήματα παράγονται από ένα υποπροϊόν της βιομηχανίας πετρελαίου (πολυακρυλονιτρώλιο, PAN).

Τα CFRP μπορούν να παραχθούν με δύο διαφορετικούς τρόπους. Στην πρώτη περίπτωση, ανθρακονήματα κι εποξειδική ρητίνη αναμιγνύονται στο εργοστάσιο υπό υψηλή πίεση και με εν θερμώ εξέλαση παράγονται ελάσματα οπλισμένα κατά μία διεύθυνση πάχους 1 χιλιοστού. Κατά την δεύτερη περίπτωση, χρησιμοποιούνται ξηρά ανθρακοϋφάσματα και το σύνθετο υλικό (ανθρακοϋφασμα + ρητίνη) κατασκευάζεται στο εργοτάξιο.

Τα σύνθετα αυτά υλικά έχουν αρχίσει να εφαρμόζονται στην αεροδυναμική βιομηχανία πάνω από 40 χρόνια, ενώ σε έργα πολιτικού μηχανικού τα τελευταία 10-15 χρόνια.

Τα FRP έχουν μια ευρεία γκάμα εφαρμογών. Τα χρησιμοποιούμε για:

- A) αύξηση φορτίου (ωφέλιμο φορτίο αποθηκών, κυκλοφορία γεφυρών, δονούμενες κατασκευές κ.τ.λ.),
- B) αποκατάσταση καταστροφών των φορέων (γήρανση δομικών στοιχείων,

διάβρωση οπλισμού φωτιά),

Γ) αλλαγή στατικού συστήματος (αφαίρεση τοιχίων ή υποστυλωμάτων ή τμήματα πλακών),

Δ) βελτίωση χρήσης (μείωση παραμόρφωσης, μείωση πλάτους ρωγμών κ.τ.λ.),

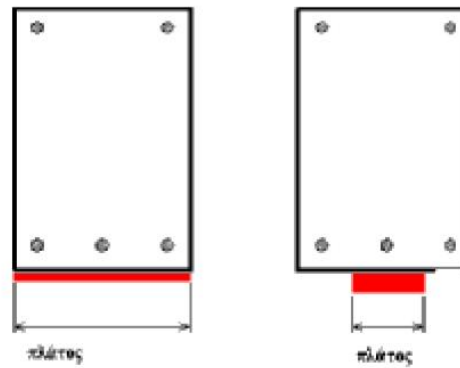
Ε) διόρθωση κατασκευαστικών ελαττωμάτων (ανεπαρκείς οπλισμοί, ακαμψίες)

### **5.8.1 ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ FRP**

Τα πλεονεκτήματα που έχουν τα FRP όχι μόνο υπερέχουν σε σχέση με τα ελάχιστα μειονεκτήματα που έχουν αλλά και σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους που χρησιμοποιούνται στο χώρο των ενισχύσεων και επισκευών.

Τα σημαντικότερα από τα πλεονεκτήματα που έχουν είναι τα παρακάτω:

- Ελάχιστο προστιθέμενο βάρος
- Εξαιρετικά μικρό πάχος (1-1.5 mm)
- Διαθέσιμα σε οποιοδήποτε μήκος χωρίς ενώσεις
- Δεν επηρεάζονται από την υγρασία αφού το ανθράκνημα απορροφά αμελητέες ποσότητες υγρασίας και πάντα τέτοιες που δεν επηρεάζουν την ποιότητα πρόσφυσης.
- Μικρός χρόνος εφαρμογής και γρήγορη επαναχρησιμοποίηση των κτιρίων.
- Οικονομικό στην εφαρμογή. Δεν απαιτούνται βαριά μηχανήματα για την εφαρμογή.
- Πολύ καλές ιδιότητες (αντοχή σε εφελκυσμό, μέτρο ελαστικότητας, επιμήκυνση στην θραύση, πυκνότητα κ.τ.λ.).
- Καλύπτεται και βάφεται χωρίς πρόβλημα
- Εκμετάλλευση ολόκληρης της επιφάνειας του ενισχυόμενου στοιχείου με φυσική συνέπεια την μείωση του πάχους του ενισχυόμενου υλικού (διατηρώντας την ίδια διατομή ενίσχυσης) σε τρόπο ώστε να μειώνονται δραστικά οι επικίνδυνες τάσεις επαφής στην διεπιφάνεια (Σχ5.20)



Σχήμα 5.20

Όσον αφορά το κόστος του υλικού αυτό συγκαταλέγεται στα μειονεκτήματα του υλικού αφού κοστίζει πολύ, πράγμα το οποίο όμως δεν επηρεάζει το συνολικό προϋπολογισμό του έργου μιας και γλιτώνουμε περίπου 50% σε εργατικά και κόστος εξοπλισμού. Ένα επιπλέον μειονέκτημα είναι το γεγονός ότι δεν είναι ακριβώς καθορισμένος ο τρόπος της αγκύρωσης και η δημιουργία των θέσεων της αγκύρωσης στις εκατέρωθεν πλάκες. Η παρέμβαση αυτή στις πλάκες και ιδιαίτερα σε μια παλιά κατασκευή, πιθανόν να έχει αρνητικές συνέπειες όσον αφορά τη φέρουσα ικανότητα και τη στατική λειτουργία τους.

### 5.8.2 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΜΝΗΜΕΙΑ ΚΑΙ FRP

Μέχρι στιγμής πιστεύουμε ότι έχουμε κάνει κατανοητή την ανάγκη που μας επιβάλλει την όσο το δυνατόν προσεκτικότερη και καλύτερη αντιμετώπιση των ιστορικών μνημείων. Τα FRP είναι ένα από τα ιδανικότερα υλικά για την ενίσχυση κι επισκευή των ιστορικών μνημείων. Τα τελευταία χρόνια πάρα πολλά ιστορικά κτίρια και μνημεία έχουν ενισχυθεί με τη χρήση συνθετικών υλικών.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί τα ανθρακονήματα θα πρέπει να είναι σε θέση να παραλαμβάνουν όλες τις τάσεις που δεν παραλαμβάνουν τα παραδοσιακά υλικά (κυρίως εφελκυστικές). Έχει διαπιστωθεί από εργαστηριακές αναλύσεις

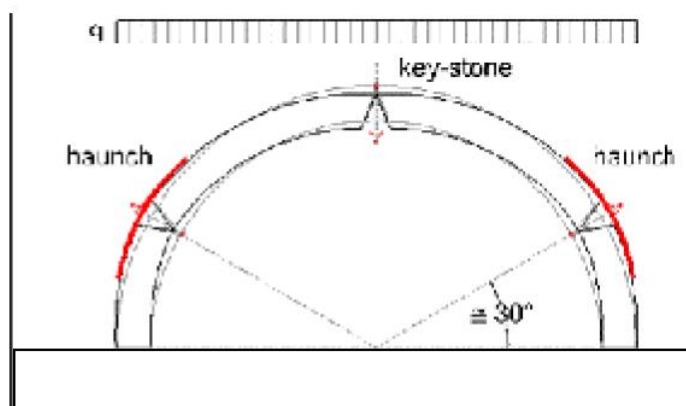


ότι ένα δομικό στοιχείο από παραδοσιακά υλικά που ενισχύεται από ινοπλισμένα πολυμερή ή από κάποιο άλλο συνθετικό υλικό, ο ουδέτερος άξονας τείνει να μετατοπισθεί προς το μέρος του ενισχύοντος συστήματος. Η μετατόπιση αυτή είναι ανάλογη με το λόγο του μέτρου ελαστικότητας του ενισχύοντος προς το μέτρο ελαστικότητας του ενισχυόμενου. Έτσι αυξάνεται η αντοχή του στοιχείου δεδομένου ότι το μέτρο ελαστικότητας των ανθρακονημάτων είναι πάρα πολύ υψηλό.

### 5.8.3 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΜΕ FRP

Θα αναφερθούμε σε δύο παραδείγματα που ουσιαστικά μπορούν να ταυτιστούν με τα πέτρινα τοξωτά γεφύρια.

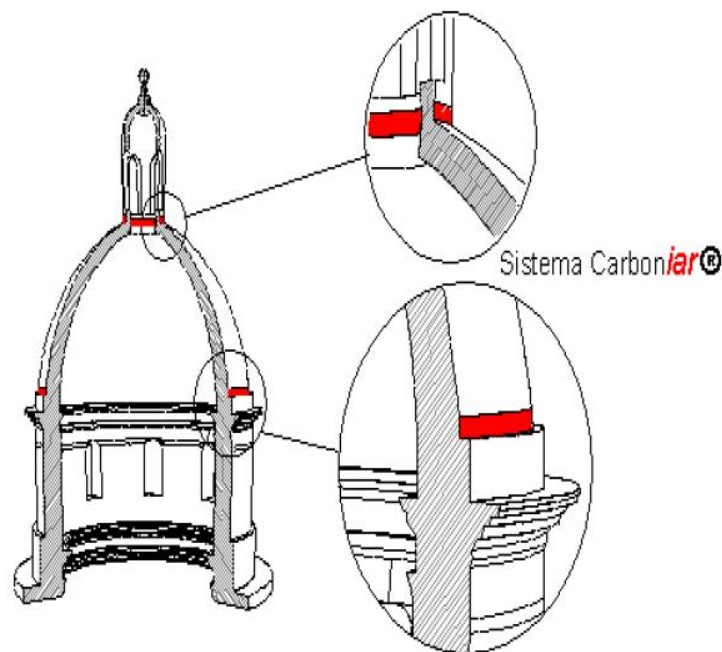
Πρώτον όσον αφορά τους θόλους, εκεί παρατηρείται το εξής φαινόμενο: λόγω των ρηγματώσεων δημιουργούνται αυτόματα τρεις αρθρώσεις εκ των οποίων η μία στο κλειδί του θόλου και οι άλλες δύο κοντά στ' αντερίσματα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μετατροπή της κατασκευής από υπερστατικής σε ισοστατική και ο θόλος μπορεί να θεωρηθεί σαν τριαρθωτό τόξο. Χαρακτηριστικό είναι το σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 5.21)



Σχήμα 5.21

Επιπλέον στα περισσότερα τόξα των ναών στο επίπεδο των γενέσεων υπάρχουν τένοντες οι οποίοι εμφανίζουν απώλειες αγκύρωσης. Εάν χρειαστούν νέοι τένοντες αυτοί αγκυρώνονται εσωτερικά στο σώμα της τοιχοποιίας με κατάλληλα αγκύρια και εποξειδικές ρητίνες, τοποθετούνται στο ύψος των γενέσεων των τόξων πάνω από τους υπάρχοντες και έχουν τις ίδιες διαστάσεις με αυτούς.

Δεύτερον όσον αφορά την ενίσχυση τρούλων συχνά χρησιμοποιείται η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων για τον όσο το δυνατόν ακριβέστερο υπολογισμό της εντατικής τους κατάστασης. Όπως παρατηρούμε και στο κατωτέρω σχήμα (Σχ.5.22) τοποθετούμε CFRP στην βάση του τρούλου ή και στην κορυφή εφόσον υπάρχει φεγγίτης.



Σχ.5.22

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την ενίσχυση μνημείων με FRP εκτός από την αρχιτεκτονική διασφάλιση της ιστορικότητας και της μνημειακής αξίας τους, βελτιώνουμε και

τη στατική τους λειτουργία. Συγκεκριμένα έχουν αύξηση της σεισμικής τους αντοχής κατά ένα συντελεστή 4.3 και μεγαλύτερη ενδοτικότητα. Επιπλέον οι εκκεντρότητες που αναπτύσσονται έχουν μικρή επιρροή στην αντοχή του φέροντος τοίχου. Τα φύλλα ξεκολλούν από την τοιχοποιία στις μεγάλες μετακινήσεις όμως μπορούν ακόμα να δεχθούν εφελκυστικές δυνάμεις που τις μεταφέρουν στα άκρα της τοιχοποιίας μέσω των σημείων αγκύρωσης.

Εν τέλει παρατηρούμε ότι ο ρόλος των FRP θα είναι πρωταγωνιστικός στις ενισχύσεις κι επισκευές όλων των ιστορικών μνημείων της Ελλάδας και γενικότερα στο χώρο του Πολιτικού Μηχανικού.

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στην πορεία του ο άνθρωπος αγωνίστηκε να άρει την απομόνωση, να συμφιλιωθεί με τη φύση, να δημιουργήσει πολιτισμό και να ασκήσει την ελευθερία του.

Η επικοινωνία υπήρξε πάντα ο βασικός καταλύτης για την ενσωμάτωση νέων στοιχείων στην κουλτούρα των κοινωνιών και κυρίαρχος παράγοντας διαμόρφωσης των πολιτισμών...

Η άμεση επαφή των ανθρώπων προϋποθέτει την άρση των φυσικών εμποδίων, την ασφαλή κινητικότητα, τη συντόμευση των αποστάσεων και τη δημιουργία περιβάλλοντος αλληλοκατανόησης.

Στα πλαίσια αυτά ο άνθρωπος ήρθε αντιμέτωπος με την ίδια τη φύση προεκτείνοντάς την ...με γέφυρες!

Τα πέτρινα γεφύρια, έκφραση βασικής ανάγκης του ανθρώπου, ήταν αποτέλεσμα διαλόγου αλλά και σεβασμού του ανθρώπου με το φυσικό του περιβάλλον. Δημιούργησαν τη δική τους ιστορία που εκφράζει την επικοινωνιακή ανάγκη του ανθρώπου να αγαπηθεί, να γιορτάσει, να εκτεθεί σε άλλες κουλτούρες, να ανταλλάξει τα προϊόντα του και ακόμη, δυστυχώς, να δώσει τη δυνατότητα σε στρατούς να βιάσουν την ελευθερία του.

Η ποικιλομορφία και η διαφορετικότητα στην αρχιτεκτονική σύνθεση των γεφυριών παραπέμπει στο «μεράκι» του πρωτομάστορα.

Τα γεφύρια του Ελλαδικού χώρου και ιδιαίτερα τα Ηπειρωτικά είναι απέριττα, χωρίς υπερβολικές διακοσμήσεις, είναι χτισμένα συνήθως σε ορεινούς όγκους και δίνουν την αίσθηση ότι αποτελούν φυσική προέκταση των βράχων. Το ανθρώπινο δυναμικό που θα μπορούσε να ανταποκριθεί στις προκλήσεις για συμπλήρωση της φύσης, οι μαστόροι, δεν χρειάστηκε να αναζητηθεί μακριά γιατί η περιοχή αποτελούσε φυτώριο σπουδαίων μαστόρων με δοκιμασμένες ικανότητες, διαισθητικό ταλέντο και γνήσια λαϊκή αισθητική ( Πυρσόγιαννη, Βούρμπιανη, Πράμαντα, Χουλιαράδες,...οι μαστορομάνες).

Τα πέτρινα γεφύρια συνέβαλαν στη διαμόρφωση του πολιτισμού μας, στην έκφραση της αυθεντικής λαϊκής αισθητικής και το σεβασμό στο φυσικό περιβάλλον, στην αναζήτηση,...και συνεχίζουν να μας θυμίζουν τη χαμένη κοινωνική μας συνοχή...εγκαταλελειμμένα στην ύπαιθρο της πατρίδας μας...σιωπηλά στη μοναξιά και την αδιαφορία.

Η ψηφιοποίηση και η ιστορική τεκμηρίωση όλων των πέτρινων γεφυριών, η επισήμανση των βλαβών τους, η υιοθέτηση αξιόπιστης στατικής και δυναμικής ανάλυσής τους, η προσομοίωση των υλικών κατασκευής τους, η μεταφορά εμπειριών, η αποκάλυψη των αιτιών των εμφανιζομένων βλαβών, η επεξεργασία κανονισμών αποκατάστασης της συμπεριφοράς τους και η προστασία της αισθητικής τους αποτελούν εθνικό χρέος και δείγμα κύρους της κοινωνίας μας.

Τα πέτρινα γεφύρια δε χρησιμεύουν σε κανέναν πια...

Τα μούσκλα τρώνε σιγά-σιγά τις πέτρες, τα δένδρα υπονομεύουν τα θεμέλιά τους και οι χαράδρες περιμένουν υπομονετικά την εκδίκησή τους... Ο σεβασμός στον πολιτισμό μας και στο όραμα για έναν καλύτερο κόσμο μας δεσμεύουν να κρατήσουμε ζωντανούς τους διαύλους επικοινωνίας με το παρελθόν, τα πέτρινα γεφύρια, για να βρουν τα όνειρα του κάθε πρωτομάστορα δικαίωση!



Πόσα πέτρινα γεφύρια θα υπάρχουν όταν μεγαλώσουν τα παιδιά της φωτογραφίας!

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

# **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι**

## **ΛΕΞΙΛΟΓΙΟ**

## ΤΟΥ ΜΠΟΥΛΟΥΚΙΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΟΥΛΕΙΑΣ:

ο κούδαρης = ο μάστορας

το κουδαρόπουλο = το μαστοροπαίδι

ο κούδας = ο χτίστης

ο γκουβερήσιος = ο χτίστης του μπουλουκιού

ο φουραδιάρ'ς = ο μαραγκός

ο πελεκάν'ς = ο μαρμαράς

ο ταλιαδούρ'ς = ο ξυλογλύπτης

ο γκολέμος = ο μηχανικός

ο γκράς = ο μηχανικός

ο μανλιχέρης = ο υπομηχανικός

ο κουραμανήσιος = ο ατζαμής χτίστης

το μπαγμάδ = το γαϊδούρι

το ντισέρ = το μουλάρι

το τζέρι = το μουλάρι

το τσιεπέλαβο = ο σκύλος

γκαντινεύου = χτίζω

καβιάζω = σκάβω

χαστακίζω = τσακίζω

ραμποτίζω = δουλεύω

η πραχάλα = η δουλειά

το κράνιασμα = η πληρωμή

το ντενιάντ' κου = το μεροκάματο

ο τσέπους = τα χρήματα

το στρογγυλό = το γρόσι

- Πόσου γκαντένου τράβ'οις σήμερα; = πόσο τοίχο έχτισες σήμερα;

-Τι κρεμμύδω φορείς; = Τι ώρα είναι;

- ο γκαλιούρης καψάλισε = ο ήλιος έφυγε (ώρα για σχόλασμα)



- αυτός φουρεί αλφειάς δε φουρεί κούδαρ'ς = αυτός είναι καλαντζής, δεν είναι μάστορας (κοροϊδευτικά).
- Άραξε μια φουντιάρα = δώσε μου ένα τσιγάρο
- ανθίζουν οι κρανιές μη ξιφλιάζιτι = μας καταλαβαίνουν μην μιλάτε
- ταμπακίζει και δε φοράμε ράπο = βρέχει και δεν έχουμε δουλειά.

### **ΓΙΑ ΤΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΤΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ:**

- η ασπρούδιο = ο ασβέστης
- η μπιλιόκου = ο ασβέστης
- βότα ή βόντα = το νερό
- το καλούδι = το χώμα για λάσπη
- η κάλω = η λάσπη
- το κοκκινάδι = το κεραμίδι
- το μανούρ' = το λιθάρι
- η μανούρα = η πλάκα, η πέτρα
- τα ραφινάδια = οι μικρές πλάκες
- η σουφλιέρω = το αγκωνάρι
- το φουράδ' = το ξύλο
- ο τσάρους = το χώμα
- η αψά ή αψιά = η φωτιά
- η λαψερή = η φωτιά
- η τζίγνω = η φωτιά
- τα μπραχάλια = τα εργαλεία του χτίστη
- τα χαλάτια = τα εργαλεία
- το αρίδ' = το σφυρί
- το τσόκι = το σφυρί
- ο μαλάσ' = το μυστρί

η ματσούκα = ο πήχυς  
τα άγανα = τα καρφιά  
η τραφή = η σκάλα  
η πατούσω = η σκάλα  
το λάζος = το μαχαίρι  
ο ντριάνους = το σακούλι  
τα ζ' νάρια = οι ξυλοδεσιές  
ο γκαντένους = ο τοίχος  
ο στήσος = ο τοίχος

Για το παραπάνω λεξιλόγιο χρησιμοποιήθηκαν:

Μουτσόπουλου Νικ.: Κουδαραίοι Μακεδόνες και Ηπειρώτες μαίστορες, Αθήναι 1976.

Μπογδανόπουλου Δ: Τα Κουδαρίτικα, « Ηπειρώτικη Εστία», τομ. 1.

Σάρρου Δ.: Περί των συνθηματικών γλωσσών, «Λαογραφία», τομ. Ζ, 1923.

Σούλη Χ.: Τα Κουδαρίτικα των Χουλιαροχωρίων της Ηπείρου, ήταν της συνθηματικής γλώσσας των κτιστών των Χουλιαροχωρίων της Ηπείρου, «Ηπειρώτικα Χρονικά», τ. 5, 1930.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ**

# **ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΤΡΙΝΩΝ ΓΕΦΥΡΙΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

	<b>ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΓΕΦΥΡΙΟΥ</b>	<b>ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ</b>	<b>ΠΟΤΑΜΟΣ</b>	<b>ΠΕΡΙΟΧΗ</b>	<b>ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ</b>
1	Καλογερικό γεφύρι ή Πλακίδα	1814	Αώος Βοϊδομάτης, Βικάκης	Κουκούλι Ιωαννίνων	N 39° E 022°
2	Γεφύρι της Άρτας		Άραχθος	Άρτα	N 39° 09'06.0'' E 021°
3	Γεφύρι της Πλάκας	1866	Άραχθος	Ραφταναίοι Ιωαννίνων	N 39° E 020°
4	Γεφύρι της Κόνιτσας	1870	Αώος	Κόνιτσα Ιωαννίνων	N 39° 58'05.0'' E 020° 39'37.0''
5	Γεφύρι της Κλειδωνιάς		Αώος Βοϊδομάτης	Κλειδωνιά - Άγιος Μηνάς Ιωαννίνων	N 39° 58'05.1'' E 020° 39'79.5''
6	Γεφύρι της Βωβούσας	1748	Αώος	Βωβούσα Ιωαννίνων	N 39° 56'12,9'' E 021° 02'56,4''
7	Κατωγέφυρο	1889	Καλαμάς Γορμός	Ωραιόκαστρο Ιωαννίνων	N 39° 59'26.0'' E 020° 33'41.0''
8	Γεφύρι του Παπαστάθη	1746	Άραχθος	Παπαστάθη Ιωαννίνων	N 39° 36'59.9'' E 021° 01'27.2''
9	Γεφύρι του Ξηροποτάμου		Καλαμάς Τύρια	Χελιμόδι Ιωαννίνων	N 39° 33.09.5 E 020° 39.03.6
10	γεφύρι του Μίσιου	1748	Αώος Βοϊδομάτης, Βίκος	Σκάλα Βίτσας Ιωαννίνων	N 39° 50'08.4'' E 020° 45'75.2''
11	Τα Δυο Γεφύρια	1895	Δρίνος	Πωγωνιανή Ιωαννίνων	N 39° 58'28.0'' E 020° 24'91.0''
12	Γεφύρι Τσίπιανης	1875	Άραχθος Βάρδας	Γρεβενίτι Ιωαννίνων	N 39° 46'07.3'' E 020° 57'36.6''

13	Ζαλογγοπέφυρο	1605	Καλαμάς Ζαλογγίτικος	Κάτω Ζαλόγγου Ιωαννίνων	N 39° 38'01.2'' E 020° 31'51.8''
14	Γεφύρι του Φίλου	1908	Άραχθος Καλαρρύτες, ρέμα Χρούσια	Καλαρρύτες Ιωαννίνων	N 39° 34'38.2'' E 021° 07'39.4''
15	Γεφύρι του Χάτσιου	1804	Αώος Βοϊδομάτης, Βικάκης	Τσεπέλοβο Ιωαννίνων	N 39° 53'27.0'' E 020° 49'47.2''
16	Γεφύρι Χριστών		Άραχθος Καλαρρύτες, Μελισσουργιώτικο ρέμα	Χριστών Ιωαννίνων	N 39° 33'10.5'' E 021° 06'42.5''
17	Γεφύρι του Ποντίκα		Αώος ρέμα Αρού 'λμπου	Βωβούσα Ιωαννίνων	N 39° 33'52.9'' E 021° 07'26.5''
18	Γεφύρι του Κοντοδήμου ή	1753	Αώος Βοϊδομάτης, Βικάκης	Κουκούλι Ιωαννίνων	N 39° 51'52,1'' E 020° 49'57,3''
19	Παλιοπέφυρο	1700	Αώος Βοϊδομάτης, Βικάκης	Τσεπέλοβο Ιωαννίνων	N 39° 53'24,6'' E 020° 49'29,1''
20	Γεφύρι του Ραφτάνη		Άραχθος Καλαρρύτες	Κηπίνα (πρώην Αρμπορέσι) Ιωαννίνων	N 39° 33'52,9'' E 021° 07'26,5''
21	Γεφύρι του Αγίου Γεωργίου	1808	Αώος ρέμα Αγίου Γεωργίου	Μολυβδοσκεπάστη Ιωαννίνων	N 40° 03'50,1'' E 020° 34'09,8''
22	Γεφύρι της Αγίας Ελένης	1895	Δρίνος	Πωγωνιανή Ιωαννίνων	N 39° 59'93,0'' E 020° 25'32,0''
23	Γεφύρι του Αλή Πασά		Άραχθος Μετσοβίτικος	Δεμάτι Ιωαννίνων	N 39° 43'02,8'' E 021° 01'23,3''
24	Γεφύρι του Αγίου Μηνά		Αώος Βοϊδομάτης, Ξηροπόταμος	Δίλοφο (πρώην Σιοποτσέλ) Ιωαννίνων	N 39° 50'35,4'' E 020° 45'55,6''
25	Γεφύρι του Αρκούδα	1806	Αώος Βοϊδομάτης, Ξηροπόταμος	Δίλοφο (πρώην Σιοποτσέλ) Ιωαννίνων	N 39° 51'17,8'' E 020° 46'28,1''
26	Γεφύρι του Αντρέα	1891	Άραχθος Ζαγορίτικος, Λάκκος Μπότες	Καβαλλάρι Ιωαννίνων	N 39° 44'48,3'' E 020° 54'31,7''
27	Γεφύρι στον 'γιο		Αώος Βοϊδομάτης, Μπαγιώτικο ρέμα	Νεγάδες Ιωαννίνων	N 39° E 020°
28	Γεφύρι του κυρ-Αλέξη	1812	Αώος Βοϊδομάτης, Σκαμνελιώτικο ρέμα	Σκαμνέλι Ιωαννίνων	N 39° 53'41,2'' E 020° 51'22,7''

29	Γεφύρι στο σπίτι του Αλεξιάδη		Άραχθος Βάρδας, Καλντερούσια, ανώνυμο	Δόλιανη Ιωαννίνων	N 39° 50'01,0'' E 020° 57'13,6''
30	Γεφύρι στον Άγιο Νικόλαο		Άραχθος Βάρδας	Ελατοχώρι Ιωαννίνων	N 40° E 020°
31	Γεφύρι στη Μεγάλη Βρύση		Άραχθος Καλεντίνης	Βουργαρέλι Άρτας	N 39° 22'40,1'' E 021° 11'55,1''
32	Γεφύρι της Βροσίνας ή Βρύσης		Καλαμάς Ζαλογγίτικος	Βροσίνα Ιωαννίνων	N 39° 38'75,0'' E 020° 30'90,0''
33	Γεφύρι στα Βουδάσια		Άραχθος Ζαγορίτικος	Ανθρακίτης (πρώην Καμνιά) Ιωαννίνων	N 39° 46'12,5'' E 020° 53'18,7''
34	Γεφύρι στους Βαενάδες	1908	Άραχθος Ζαγορίτικος	Καλωτά Ιωαννίνων	N 39° 46'58,7'' E 020° 49'57,3''
35	Βραδετινό Γεφύρι		Αώος Βοϊδομάτης, ρέμα Μεζαριάς	Σκάλα του Βραδέτου, θέση Μτσίφα Ιωαννίνων	N 39° 53'62,1'' E 020° 47'32,3''
36	Γεφύρι του Γκούμου		Αχέροντας Λάκκος Γκούμου	Λάκκος Γκούμου Θεσπρωτίας	N 39° 29'20,1'' E 020° 33'54,2''
37	Γεφύρι της Γκούρας		Ξάνθος ρέμα Γκούρας	Γκούρα Θεσπρωτίας	N 39° 45'36,5'' E 020° 24'21,9''
38	Γεφύρι της Θεοτόκου	1890	Δρίνος	Πωγωνιανή Ιωαννίνων	
39	Καλπακιώτικο γεφύρι	1800	Καλαμάς Καλπακιώτικος	Ελαία (πρώην Καλπάκι) Θεσπρωτίας	N 39° 35'06,0'' E 020° 19'24,7''
40	Γεφύρι Καμπέραγα		Άραχθος Ζαγορίτικος	Μηλιωτάδες Ιωαννίνων	N 39° 43'26,9'' E 020° 57'48,2''
41	Γεφύρι του Λώλη ή του Λάκκου	1850	Αώος Βοϊδομάτης	Παπίγκου Ιωαννίνων	N 39° E 020°
42	Γεφύρι στο Λιντζέτο	1800	Αώος Βοϊδομάτης, Σκαμνελιώτικο ρέμα, ρέμα	Σκαμνέλι Ιωαννίνων	N 39° 54'44,7'' E 020° 51'01,4''
43	Γεφύρι της Μαύρης Πέτρας	1853	Αώος Σαραντάπορος, ρέμα από τους Αγίους	Πουρνιά Ιωαννίνων	N 40° 07'50,4'' E 020° 50'51,3''
44	Γεφύρι του κυρ-Νούτσου ή	1750	Αώος Βοϊδομάτης, Βικάκης	Κουκούλι Ζαγορίου Ιωαννίνων	N 39° 51'74,2'' E 020° 46'51,3''

45	Γεφύρι του Παπά		Καλαμάς Κοσοβίτικος	Βρίστοβο Ιωαννίνων	N 39° 47'99,0'' E 020° 30'88,0''
46	Γεφύρι Πλαστήρα		Άραχθος Καλεντίνης, Πλακουτσόρεμα	Άνω Καλεντίνη Ιωαννίνων	N 39° 14'00,4'' E 021° 09'23,4''
47	Γεφύρι του Σαγιάνου	1850	Αώος Βοϊδομάτης, Σκαμνελιώτικο ρέμα, ρέμα	Σκαμνέλι Ιωαννίνων	N 39° 54'43,0'' E 020° 51'00,7''
48	Γεφύρι της Τύριας		Καλαμάς Τύρια	Χελιμόδι Ιωαννίνων	N 39° 33'01,7'' E 020° 39'20,0''
49	Γεφύρι του Τρίστενου		Άραχθος Βάρδας, ρέμα Γκούρα	Μύλος Ιωαννίνων	N 39° 47'52,2'' E 020° 00'29,4''
50	Πούντεα Νουάουα	1800	Άραχθος Καλαρρύτεκος, βάλεα μάρε	Συρράκο Ιωαννίνων	N 39° 35'42,3'' E 021° 06'17,1''
51	Γεφύρι στο Σιόπατου		Άραχθος Καλαρρύτεκος	Συρράκο Ιωαννίνων	N 39° 35'48,3'' E 021° 06'14,6''
52	Γεφύρι στου Τσαγκαράκη	1890	Άραχθος Καλεντίνης, ρέμα Τσαγκαράκη	Αθαμάνιο Αρτας	N 39° 22'22,2'' E 021° 12'50,9''
53	Γεφύρι στα Χατζηγιανναίικα	1910	Άραχθος Καλεντίνης, ρέμα Κοντογιωργαίικο	Αθαμάνιο Αρτας	N 39° 22'28,3'' E 021° 13'04,1''
54	Γεφύρι της Μπαλντούμας ή της	1762	Άραχθος	Μπαλντούμα Ιωαννίνων	N 39° 40'58,3'' E 020° 59'48,0''
55	Γεφύρι του Μαντήλα		Άραχθος Μετσοβίτικος	Μεγάλο Περιστέρι (πρώην Προσγόλη)	N 39° 43'42,0'' E 021° 03'74,0''
56	Γεφύρι του Μπαμπά		Άραχθος Μετσοβίτικος	Ανθοχώρι (πρώην Ντερβεντίστα)	N 39° 44'76,0'' E 021° 08'15,0''
57	Γεφύρι του Μύλου		Άραχθος Μετσοβίτικος	Ανθοχώρι (πρώην Ντερβεντίστα)	N 39° 44'20,0'' E 021° 07'70,0''
58	Γεφύρι στο Μουσιοβό		Άραχθος Ζαγορίτικος	Διπτόταμο (πρώην Στολοβό) Ιωαννίνων	N 39° 44'17,6'' E 020° 53'48,2''
59	Γεφύρι στις Μπεούτες		Άραχθος Ζαγορίτικος, Λάκκος	Λεπτοκαρυά Ζαγορίου Ιωαννίνων	N 39° 49'08,6'' E 020° 54'40,2''
60	Γεφύρι του Ματσόπουλου	1900	Άραχθος Ζαγορίτικος, ρέμα Ιτιάς	Μανασσή Ιωαννίνων	N 39° 47'21,1'' E 020° 49'28,7''

61	Γεφύρι Μεσαριάς - Γκάλινας	1936	Αώος Σαραντάπορος, ανώνυμο ρέμα	Καστάνιανη (τώρα Καστανέα) Ιωαννίνων	N 40° 11'20,0'' E 020° 50'23,6''
62	Γεφύρι της Μαλνίτσας	1934	Αώος Σαραντάπορος, ρέμα Μαλνίτσας	Καστάνιανη (τώρα Καστανέα) Ιωαννίνων	N 40° 11'48,1'' E 020° 50'16,6''
63	Μητσάδικο	1845	Αώος Σαραντάπορος, ανώνυμο ρέμα	Καστάνιανη (τώρα Καστανέα) Ιωαννίνων	N 40° 11'11,8'' E 020° 50'29,0''
64	Γεφύρι της Μεσαριάς - Ράχης	1895	Αώος Σαραντάπορος, ρέμα Αγίων Αποστόλων	Καστάνιανη (τώρα Καστανέα) Ιωαννίνων	N 40° 11'14,9'' E 020° 50'23,9''
65	Γεφύρι της Νεραΐδας		Άραχθος Καλεντίνης, ρέμα	Βουργαρέλι Άρτας	N 39° 22'36,6'' E 021° 11'48,2''
66	Γεφύρι της Νονούλως ή	1880	Δρίνος Γκουβεριώτικο ρέμα	Δολό Ιωαννίνων	N 40° 00'59,0'' E 020° 26'58,0''
67	Γεφύρι στο Νιόνερο	1895	Δρίνος	Πωγωνιανή Ιωαννίνων	N 39° 59'78,9'' E 020° 25'32,3''
68	Γεφύρι στο Κορφίτο		Άραχθος Καλεντίνης, ρέμα Κορφίτο	Αθαμάνιο Άρτας	N 39° 02'28,2'' E 021° 12'57,3''
69	Γεφύρι στο ρέμα του Κοραή		Άραχθος Καλεντίνης, ρέμα του Κοραή	Βουργαρέλι Άρτας	N 39° 22'17,0'' E 021° 11'07,0''
70	Κρυονερίου		Αώος Σαραντάπορος, ρέμα Μόλιστας	Μόλιστα Ιωαννίνων	N 40° 07'11,5'' E 020° 46'52,1''
71	Γεφύρι της Κουιάσας	1800	Άραχθος Χρούσια	Καλαρρύτες Ιωαννίνων	N 39° 34'41,9'' E 021° 07'28,9''
72	Γεφύρι του Καρλίμπου		Άραχθος Καλαρρύτες, ρέμα Καρλίμπου	Ματσούκι Ιωαννίνων	N 39° 34'44,9'' E 021° 08'33,8''
73	Γεφύρι της Κουίτσας		Αώος Βοϊδομάτης, ρέμα Κουίτσας	Βρυσοχώρι (πρώην Λεσινίτσα) Ιωαννίνων	N 39° 59'50,6'' E 020° 53'15,5''
74	Γεφύρι στην Καλντερούσια	1867	Άραχθος Βάρδας, Καλντερούσια	Δόλιανη Ιωαννίνων	N 39° 46'43,7'' E 020° 57'12,5''
75	Καπεσοβίτικο Γεφύρι		Αώος Βοϊδομάτης, ρέμα Μεζαριάς	Καπέσοβο Ιωαννίνων	N 39° 53'66,1'' E 020° 47'28,3''
76	Γεφύρι στο Μεγάλο Λαγκάδι	1890	Άραχθος Καλεντίνης, ρέμα Μεγάλο Λαγκάδι	Αθαμάνιο Άρτας	N 39° E 021°



77	Γεφύρι του Λαχανά	1895	Δρίνος	Φαράγγι Ιωαννίνων	N 39° 58'11,0'' E 020° 24'82,0''
78	Γεφύρι στον Λάκκο Ρωμιάς ή Γεφύρι στις	1866	Άραχθος Ζαγορίτικος, Λάκκος Ρωμιάς	Λεπτοκαρυά Ζαγορίου Ιωαννίνων	N 39° E 020°
79	Γεφύρι στο Λάκκο Τσιούλας	1875	Άραχθος Ζαγορίτικος, Λάκκος Τσιούλας	Λεπτοκαρυά Ζαγορίου Ιωαννίνων	N 39° 49'26,9'' E 020° 54'45,7''
80	Γεφύρι στο Λάκκο του Γερομνιού		Αώος Βοϊδομάτης, Μπαγιώτικος, ρέμα	Κήποι (πρώην Μπάγια) Ιωαννίνων	N 39° 51'36,0'' E 020° 48'30,2''
81	Γεφύρι της Όρλας		Αώος Σαραντάπορος, ανώνυμο ρέμα	Αγία Βαρβάρα (πρώην Πλάβαλη) Ιωαννίνων	N 40° 09'49,0'' E 020° 42'70,0''
82	Γεφύρι στο Παρασπόρι		Αώος Σαραντάπορος, Αλωνίτικος Λάκκος	Χιονιάδες Ιωαννίνων	N 40° 15'96,0'' E 020° 44'63,0''
83	Γεφύρι της Παλιουρής	1835	Καλαμάς Σμολίτσας	Παλιουρή Ιωαννίνων	N 39° 41'46,6'' E 020° 37'26,5''
84	Γεφύρι του Πετσώνη	1818	Άραχθος Ζαγορίτικος, Μέγας Λάκκος	Φραγκάδες Ιωαννίνων	N 39° E 020°
85	Γεφύρι στου Παπα-Ηλία		Άραχθος Βάρδας, Γκαλντιρούσια	Δόλιανη Ιωαννίνων	N 39° 49'20,0'' E 020° 57'08,6''
86	Γεφύρι του Στέργιου		Άραχθος Μετσοβίτικος	Μέτσοβο Ιωαννίνων	
87	Γεφύρι στον Λάκκο των Σημαδιών		Άραχθος Ζαγορίτικος, Λάκκος των Σημαδιών	Καβαλλάρι Ιωαννίνων	N 39° 44'59,9'' E 020° 55'12,3''
88	Γεφύρι στα Σλίβα		Άραχθος Ζαγορίτικος, ρέμα που κατεβαίνει από	Λεπτοκαρυά Ζαγορίου Ιωαννίνων	N 39° 47'49,6'' E 020° 56'19,8''
89	Γεφύρι στη Σμίξη		Αώος Σαραντάπορος, ανώνυμο ρέμα	Αγία Βαρβάρα (πρώην Πλάβαλη) Ιωαννίνων	N 40° 09'28,0'' E 020° 43'84,0''
90	Γεφύρι του Στάλου		Άραχθος Βάρδας, Γκαλντιρούσια, ανώνυμο	Δόλιανη Ιωαννίνων	N 39° 49'23,2'' E 020° 57'09,5''
91	Γεφύρι του Σελιού	1853	Αώος Σαραντάπορος, ρέμα Αγίας Αικατερίνης	Πουρνιά Ιωαννίνων	N 40° 07'47,8'' E 020° 50'47,6''

\* Με την χρήση του προγράμματος google earth και την τοποθέτηση των συντεταγμένων της τελευταίας στήλης του παραπάνω πίνακα μπορείτε να βρείτε την ακρίβη θέση των γεφυριών.

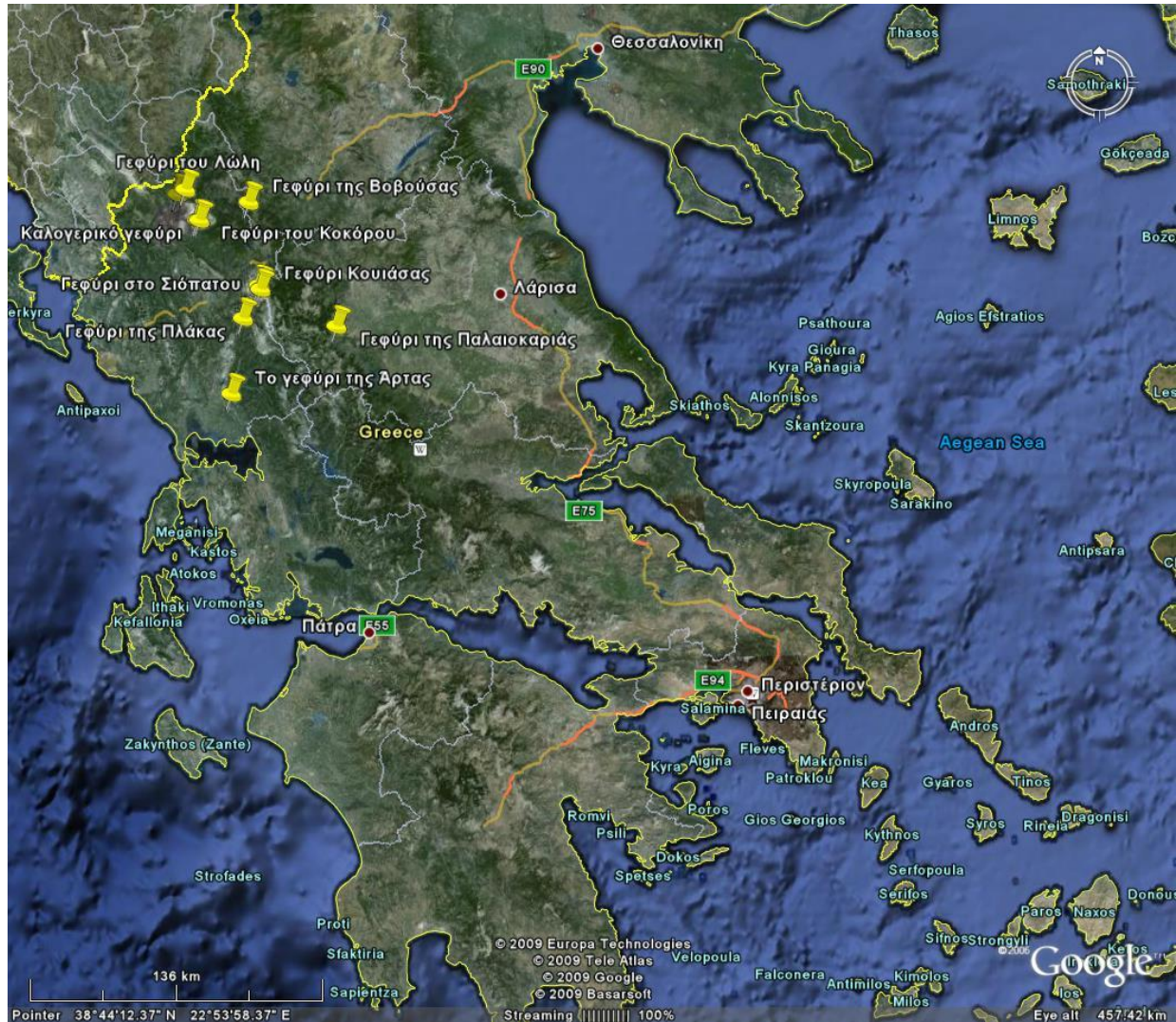
\* Στο παράρτημα IV μπορείτε να δείτε μερικές τοποθεσίες γεφυριών μέσω χαρτών του google earth

\* Δεν είναι για όλα τα παραπάνω αναφερόμενα γεφύρια γνωστή η ακριβής χρονολογία κατασκευής γι' αυτό τον λόγο και δεν αναγράφεται

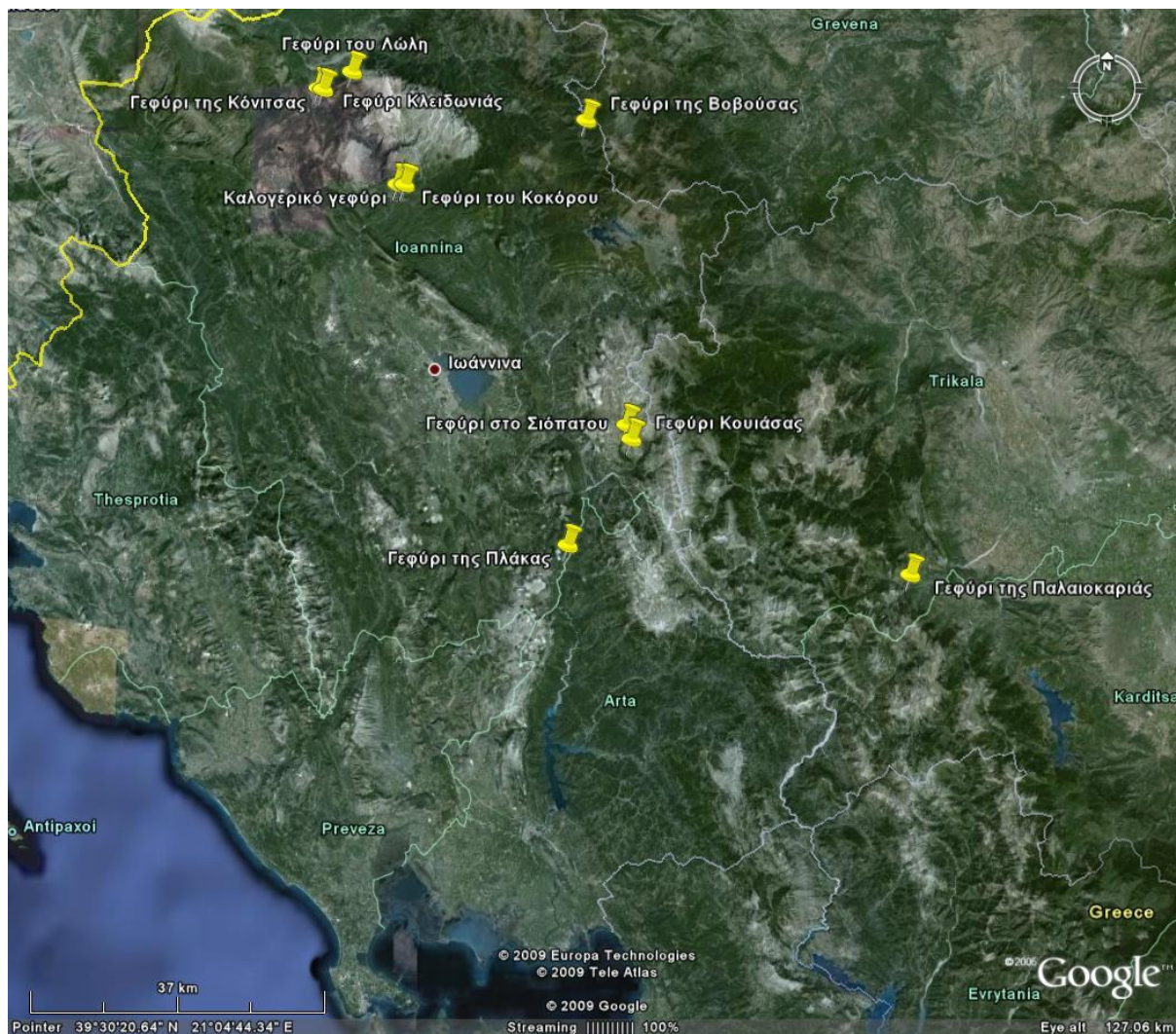
## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ**

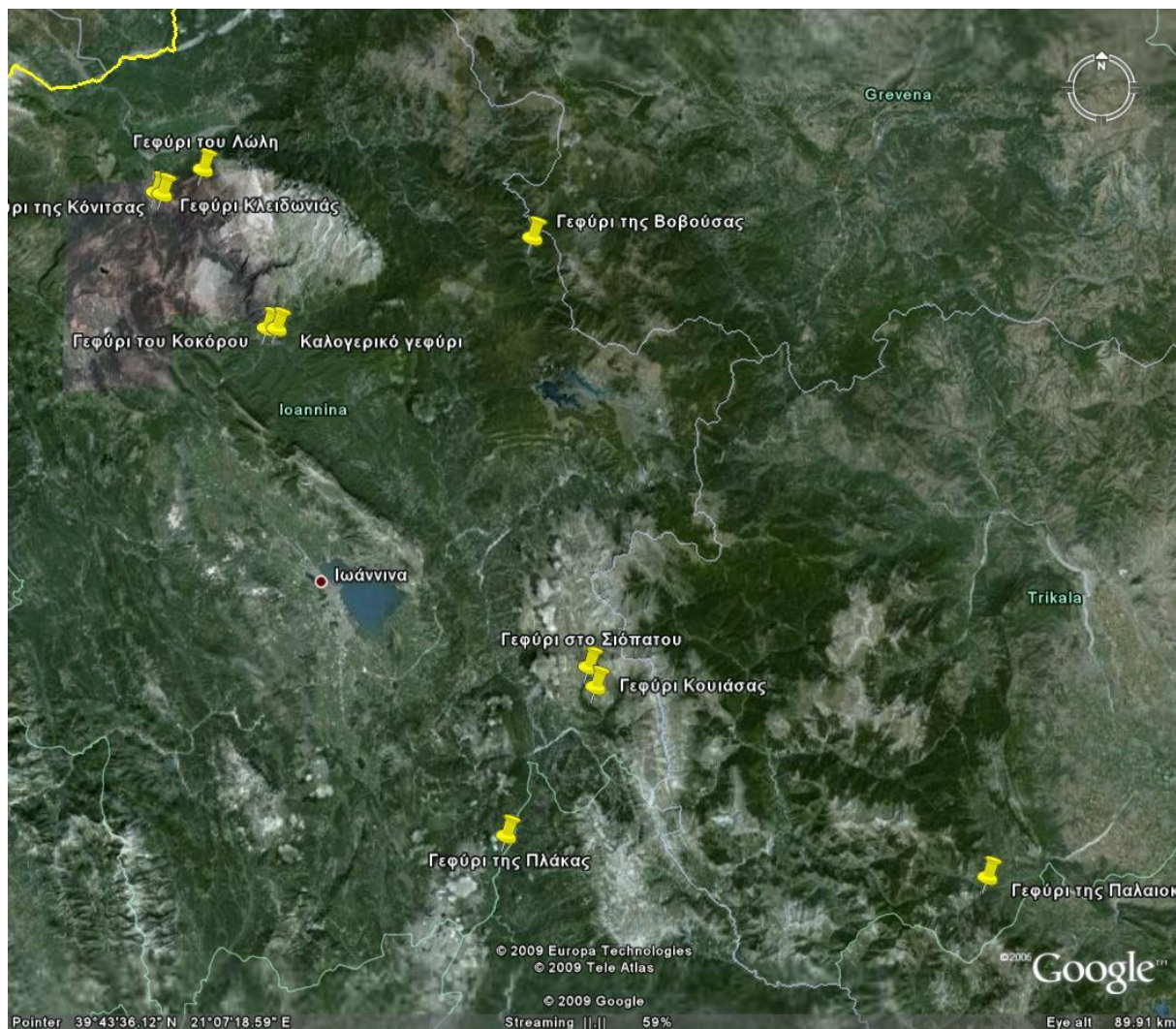
**ΧΑΡΤΕΣ ΜΕΣΩ GOOGLE EARTH ΜΕ  
ΑΚΡΙΒΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΕΣ ΠΕΤΡΙΝΩΝ  
ΓΕΦΥΡΙΩΝ**

## ΧΑΡΤΕΣ με χρήση google earth













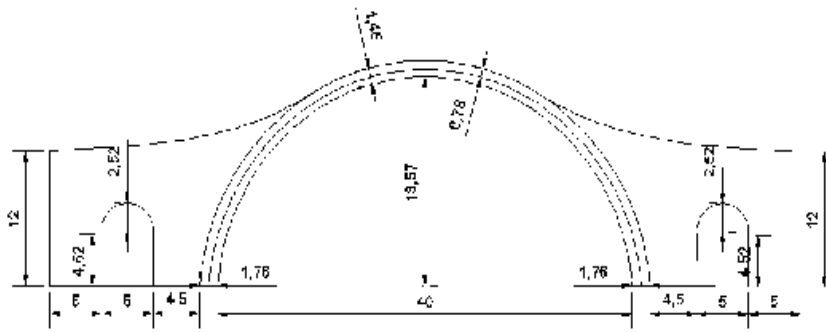
Στους παραπάνω χάρτες επισημαίνονται οι τοποθεσίες σημαντικών πέτρινων γεφυριών εκ των οποίων τα εννέα βρίσκονται στο Νομό Ηπείρου (Ζαγόρι, Τσουμέρκα) και ένα στο Νομό Θεσσαλίας.

Επίσης το πασίγνωστο γεφύρι της Άρτας και η ακριβή θέση του στην πόλη της Άρτας.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV**

# **ΠΡΟΣΟΨΗ ΤΟΥ ΓΕΦΥΡΙΟΥ ΤΗΣ ΠΛΑΚΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ AUTOCAD**





## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

**Αριστόδημος Λ. Χατζηδάκης – Ζωή Ι. Ευδου:** Τα λίθινα γεφύρια του νομού Ρεθύμνου, Αναδρομή στην ιστορία τους και την ιστορία των λίθινων κατασκευών, Έκδοση του Τ.Ε.Ε. Τμήμα Δυτικής Κρήτης, Ρέθυμνο 2003.

**Βαϊμάκης Χ. Τιβέριος, Χημικός, Αναπληρωτής Καθηγητής –Γαλερίδης Αντώνης – Σπανός Κ. – Μακρής Κ. – Πυργιώτης Γ. – Παπαγεωργίου Β. – Κάλφα Β.:** Τα πέτρινα γεφύρια της Θεσσαλίας, Έκδοση του Τ.Ε.Ε. Τμήμα Κεντρικής & Δυτικής Θεσσαλίας, Αθήνα 1995.

**Η Καθημερινή Επτά Ημέρες:** Πέτρινα Γεφύρια, Αθήνα 2000.

**Θεοδωράτος Αντρέας – Παπαδόπουλος Θανάσης:** Ιστορικά Κτίρια: Ενίσχυσης και Επισκευή τους με χρήση F.R.P., 8<sup>ο</sup> Φοιτητικό Συνέδριο «Επισκευές Κατασκευών – Εργασία Νο 20», Μάρτιος 2002.

**Καραντώνη Β. Φυλλίτσα:** Κατασκευές από Τοιχοποιία, Σχεδιασμός και Επισκευές, Εκδόσεις ΠΑΠΑΣΩΤΗΡΙΟΥ.

**Μαντάς Ι. Σπύρου:** Το Γεφύρι και ο Ηπειρώτης, Λαϊκό Πολύπτυχο, Τεχνικές Εκδόσεις Α.Ε.

**Μαντάς Ι. Σπύρου:** Τα Ηπειρώτικα Γεφύρια, Λαϊκό Πολύπτυχο, Τεχνικές Εκδόσεις.

**Miha Tomazevic:** Αντισεισμικός Σχεδιασμός Κτηρίων από Τοιχοποιία, Εκδόσεις ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ.

**Οικονόμου Ευάγγελος, Χημικός, Επίκουρος Καθηγητής:** Ανάλυση και χαρακτηρισμός του συνδετικού υλικού σε ιστορικά πέτρινα γεφύρια της Ηπείρου, Τμήμα Χήμειας, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Δεκέμβριος 2006.

**Παπαϊωάννου Κυριάκος:** Η Τεχνολογία της Τοιχοποιίας, Εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη 1998.

**Εφημερίδα τα Νέα:** Οι Θησαυροί της Ελλάδας, Πέτρινα Γεφύρια, Χορηγός Υπουργείο Τουριστικής Ανάπτυξης - Ελληνικός Οργανισμός Τουρισμού.

**Τσότσος Π. Γεώργιος:** Μακεδονικά γεφύρια, τοπογραφία-αρχιτεκτονική-ιστορία-λαογραφία, University Studio Press, Θεσ/νίκη 1997.

"LEONARDO - The Machines", εκδόσεις Giunti, 1999

#### **ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΥΚΤΙΟ**

<http://www.petrinagefiria.uoi.gr>

<http://www.eipe.gr/gefiria.pdf>

<http://www.episkeves.civil.upatras.gr/ergasies%202002/E10.pdf>

<http://walking-greece.ana-mpa.gr/articleview2.php?id=2164>

[http://www.evrytan.gr/selides0/Gefyria\\_1.htm](http://www.evrytan.gr/selides0/Gefyria_1.htm)







































