

# Γενικές Αρχές για τη σύνταξη Εθνικού Κανονισμού Ασφάλειας Φραγμάτων

Γιούλα Τσικνάκου  
Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ.

*Λέξεις κλειδιά:* Φράγμα, Ασφάλεια, Εθνικός Κανονισμός

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ:** Η σπουδαιότητα και η πολυπλοκότητα της κατασκευής φραγμάτων απαιτεί τη θεσμοθέτηση εθνικού κανονισμού ασφαλείας, ο οποίος θα άπτεται των κριτηρίων σχεδιασμού, της μελέτης, κατασκευής και λειτουργίας τους. Υπάρχει πλούσια εμπειρία κανονισμών τόσο στις Ευρωπαϊκές χώρες όσο και σε Αμερική και Καναδά. Η χώρα μας, κυρίως μέσα από την οργάνωση των υδροηλεκτρικών έργων της ΔΕΗ, ευτύχησε να δημιουργήσει «σχολή» επιτυχούς αντιμετώπισης τέτοιων δύσκολων και πολύπλοκων έργων, αξιοποιώντας σε μεγάλο βαθμό το ελληνικό, τεχνικό δυναμικό τόσο στον μελετητικό όσο και στον κατασκευαστικό τομέα. Σήμερα, έπειτα από μια τόσο μακρόχρονη εμπειρία, καλούμαστε να θεσπίσουμε συγκεκριμένους κανόνες, ώστε το αντικείμενο αυτό το οποίο έχει πλέον αναληφθεί και από άλλους δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς να περιβάλλεται από ένα πλαίσιο κανόνων που θα εξασφαλίζει κοινή φιλοσοφία ασφαλείας.

## 1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Η κατασκευή φραγμάτων αποτελεί μια πολύ παλιά τεχνική, η οποία ανάγεται στην ανάγκη του ανθρώπου να τιθασει τον πολύτιμο αυτόν πόρο, το νερό και να το χρησιμοποιήσει για βασικές του ανάγκες.

Ο προβληματισμός όμως για την ασφάλεια των κατασκευών αυτών και τα μέτρα τα οποία λαμβάνονται από κάθε χώρα δεν είναι αποτέλεσμα γενικότερης κωδικοποίησης και τυποποίησης, αλλά βασίζονται σε εθνικούς κανόνες, οι οποίοι στην ουσία αντανακλούν την οργάνωση και την ευθύνη της Πολιτείας κάθε χώρας για τόσο σοβαρές κατασκευές.

Η Διεθνής Επιτροπή Μεγάλων Φραγμάτων (ICOLD – International Committee of Large Dams), η οποία ιδρύθηκε το 1928 στο Παρίσι, κατά τη διάρκεια Συνεδρίου της UNIPEDE (International Union of Producers and Distributors of Electrical Energy), μόλις το 1974 ασχολήθηκε με την καταγραφή αστοχιών σε κατασκευασμένα φράγματα. Το 1983 εξέδωσε εγχειρίδιο με προβλήματα φραγμάτων και ταμειυτήρων.

Οι βασικοί λόγοι που έκαναν την ICOLD να ασχοληθεί με τα θέματα αυτά είναι αφενός μεν η αυξανόμενη ηλικία των ήδη κατασκευασμένων φραγμάτων, αλλά κυρίως η τάση κατασκευής μεγάλου αριθμού φραγμάτων σε χώρες με μηδενική εμπειρία στην εξειδικευμένη αυτή τεχνολογία.

### 1.1 Αίτια αστοχίας φραγμάτων

Η ICOLD έχει μέλη της 88 χώρες σε όλον τον κόσμο, οι οποίες αντιπροσωπεύουν το 88% του πληθυσμού του πλανήτη.

Στο εγχειρίδιο που εξέδωσε το 1983 κατέγραψε 216 διαφορετικά αίτια αστοχίας, σύμφωνα με τον τύπο του φράγματος. Συμπερασματικά τονίζει ότι η αστοχία ενός φράγματος είναι πολύπλοκη διαδικασία, μπορεί να προκληθεί από ελλειπή μελέτη ή πλημμελή επίβλεψη, αλλά θεμελιώδης παράμετρος πρόληψης είναι η ενδελεχής επιθεώρηση, καταγραφή και άμεση ανάλυση και ερμηνεία ιδιαιτεροτήτων στη συμπεριφορά τους. Εκτοτε η ICOLD προέβη και σε επόμενες

δημοσιεύσεις και ανακοινώσεις σε διάφορα συνέδρια, οι οποίες καταλήγουν σε ταυτόσημα συμπεράσματα.

Η καταγραφή των αιτιών αστοχίας συνοψίζεται ως ακολούθως

### 1.1.1 Χωμάτινα Φράγματα

Υπερπήδηση κατά τη διάρκεια πλημμυρικών φαινομένων, λόγω ανεπάρκειας εκχειλιστή ή λόγω κακής λειτουργίας θυροφραγμάτων

Διάβρωση της θεμελίωσης (ανεπαρκής ζώνη φίλτρου, καθιζήσεις και διασωλήνωση, ρευστοποίηση κλπ.)

### 1.1.2 Φράγματα από σκυρόδεμα

Μειωμένη διατμητική αντοχή και διακλάσεις στη θεμελίωση, διαφορικές καθιζήσεις, διάβρωση από υψηλή διαπερατότητα

Υπερβολική άνωση λόγω ανεπαρκούς αποστράγγισης

## 2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΑΣΦΑΛΙΣΗ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ

Είναι σαφές ότι η αύξηση της ασφάλειας κάθε τεχνικού έργου έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους του και ως εκ τούτου πάντοτε ο μηχανικός αναζητά ένα λογικό ισοζύγιο. Η ανάλυση επικινδυνότητας στα φράγματα πρέπει να λάβει υπόψη της ότι πιθανή αστοχία τους θα επηρεάσει μεγάλο αριθμό ατόμων και όχι μόνο τους χρήστες τους όπως συμβαίνει σε μικρότερης σπουδαιότητας τεχνικά έργα. Η εφαρμογή κριτηρίων επικινδυνότητας στις παραδοχές μελέτης του έργου πρέπει να επικεντρώνεται στην πιθανολογική θεώρηση των δυο θεμελιωδών παραμέτρων αστοχίας (σεισμός, πλημμύρα), πάντα σε σχέση με την ανυπολόγιστη αξία της ανθρώπινης ζωής.

Οι οδηγίες που κατέγραψε η ICOLD το 1987 (Dam Safety Guidelines) {1} για την ασφάλεια φραγμάτων, στοχεύουν στην ανάπτυξη εθνικών κανονισμών κάθε κράτους-μέλους, προκειμένου να ληφθούν ως γενικό πλαίσιο διαμόρφωσης τεχνικών, νομικών και κοινωνικοοικονομικών απαιτήσεων, με άξονα πάντα τις ιδιαιτερότητες και τη γενικότερη αντίληψη περί ασφαλείας κάθε κράτους-μέλους. Οι οδηγίες αυτές προάγουν την συνάντηψη αλλά δεν υποκαθιστούν την εμπειρία και την τεχνική κρίση. Προϋποθέτουν απόλυτη συνεργασία του προσωπικού που ασχολείται με μελέτη, κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση, ανάδρομη πληροφόρηση και διαρκή ενημέρωση επί των τεχνολογικών εξελίξεων με τυπική ή άτυπη εκπαίδευση.

Συνιστάται η συνολική ευθύνη για την ασφάλεια οποιουδήποτε φράγματος στη χώρα να ανήκει σε έναν μόνο κρατικό οργανισμό και να καθορίζεται με νομοθετική ρύθμιση. Ο οργανισμός αυτός θα πρέπει να συντάξει τον Κανονισμό Ασφαλείας φραγμάτων, να εξασφαλίζει και να ελέγχει τη συνέχεια όλων των εμπλεκόμενων στο έργο και να έχει τη νομική υπόσταση ώστε να αναλάβει οποιαδήποτε πρωτοβουλία απαιτείται για την ασφάλεια του έργου (διακοπή λειτουργίας, εκκένωση ταμιευτήρα κλπ.). Ο φορέας μελέτης – Τεχνικός Σύμβουλος πρέπει να συμμετέχει στην επίβλεψη της κατασκευής και στην αξιολόγηση και παρακολούθηση της λειτουργίας του έργου. Η συνεργασία και η ανταλλαγή εμπειριών είναι ο αποτελεσματικότερος τρόπος για την αποφυγή επανάληψης λαθών, αλλά και ο οικονομικότερος και αποτελεσματικότερος. Εάν δεν είναι εφικτή η ύπαρξη ενός και μόνου κρατικού οργανισμού, πρέπει να καταρτιστεί ενιαίο πλαίσιο ευθυνών δραστηριοτήτων και περιοχών δράσης των επί μέρους οργανισμών, ώστε να μην υπάρχουν υπερκαλύψεις και διάχυση ευθύνης. Η στελέχωση των κρατικών οργανισμών για τις θέσεις ευθύνης πρέπει να γίνεται από άτομα τα οποία διαθέτουν ειδική δημόσια άδεια, σύμφωνα με τα συγκεκριμένα καθήκοντά τους.

Οι ιδιοκτήτες των έργων πρέπει αντίστοιχα να προσλαμβάνουν στη λειτουργία των έργων άτομα με σαφή, εξειδικευμένη εμπειρία, η οποία θα καθορίζεται επίσης από Νόμο. Οι υπεύθυνοι

λειτουργίας θα είναι υποχρεωμένοι να ειδοποιούν αμέσως τον κρατικό οργανισμό για οποιοδήποτε συμβάν που επηρεάζει την ασφάλεια φράγματος και ταμιευτήρα.

Μια διαρκής ομάδα επιθεώρησης πρέπει να είναι αρμόδια για την παρακολούθηση κάθε φράγματος και του ταμιευτήρα του. Η ομάδα, εφόσον από τη νομοθεσία της χώρας δεν προβλέπεται διαφορετικά, μπορεί να συγκροτηθεί από τον ιδιοκτήτη, ο οποίος διατηρεί την πρωταρχική ευθύνη για την ασφάλεια των έργων, ο κρατικός όμως οργανισμός έχει το δικαίωμα παρέμβασης και εξέτασης των στοιχείων του έργου, όταν κρίνει ότι απαιτείται.

Κάθε φράγμα και/ή ταμιευτήρας θα υφίσταται μια επιθεώρηση σε κανονικά διαστήματα όχι μεγαλύτερα των 5 ετών. Το πρόγραμμα επιθεώρησης θα πρέπει να είναι κατ'αρχήν τυποποιημένο, να αφορά τα δομικά στοιχεία του έργου, τη θεμελίωσή τους, τον Η/Μ εξοπλισμό, τις στάθμες ανάντη και κατόντη των έργων. Συνιστάται να καταρτίζεται ένας λεπτομερής κατάλογος του προς επιθεώρηση αντικειμένου, στον οποίον θα πρέπει επίσης να αναφέρονται τυχόν λειτουργικές τροποποιήσεις, στις οποίες προέβη η ομάδα λειτουργίας του έργου, μετά την τελευταία επιθεώρηση. Ειδική επιθεώρηση θα απαιτείται μετά από ασυνήθη γεγονότα (ισχυρή πλημμύρα, σεισμός κλπ.) και λεπτομερής καταγραφή των συμβάντων. Τα ευρήματα κάθε γενικής και ειδικής επιθεώρησης θα συμπεριλαμβάνονται σε κείμενο εκθέσεως, το οποίο θα συνυπογράφεται από τους εμπλεκόμενους και θα περιέχει παρατηρήσεις και προτάσεις. Στην έκθεση θα αναφέρονται και τυχόν διαφωνίες. Σε περίπτωση ειδικών προβλημάτων η ομάδα επιθεώρησης θα μπορεί να εμπλουτίζεται από άτομα εξειδικευμένης εμπειρίας.

Βασική προϋπόθεση επιτυχούς παρακολούθησης είναι η ύπαρξη αρχείου με τα κριτήρια μελέτης, τις επί τόπου έρευνες, τις δοκιμές σε μοντέλα, τους υπολογισμούς, τα σχέδια και τις προδιαγραφές, τις κατασκευαστικές μεθόδους και τα υλικά, πλήρες αρχείο σχεδίων κατασκευής, αναγνώσεις οργάνων και εκθέσεις γενικής και ειδικής επιθεώρησης.

### 3 ΜΕΛΕΤΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

Οι μέθοδοι και τα κριτήρια μελέτης πρέπει να είναι συμβατά με την τεχνολογική εξέλιξη. Τα προγράμματα ηλεκτρονικού υπολογιστή πρέπει να είναι απολύτως κατανοητά και ελεγμένα από τους χρήστες τους.

#### 3.1 Υδρολογικός και Υδραυλικός σχεδιασμός

Πριν την έναρξη της μελέτης πρέπει να καταγραφούν τα κριτήρια και οι παραδοχές που ελήφθησαν υπόψη. Η ποσότητα και η ακρίβεια των διαθέσιμων υδρολογικών στοιχείων καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την αξιοπιστία του όλου σχεδιασμού. Η επίδραση του ανέμου και των κυματισμών καθορίζει το ελεύθερο ύψος του φράγματος πάνω από τη μέγιστη στάθμη του ταμιευτήρα, σε συνάρτηση με την επιλογή του τύπου και της διατομής του φράγματος.

Η πλημμύρα σχεδιασμού καθορίζεται από διάφορους παραμέτρους, που αναφέρονται κυρίως στο ύψος του φράγματος, στο μέγεθος του ταμιευτήρα και στις πιθανές καταστροφές που θα συμβούν στα κατόντη από τυχόν αστοχία.

Ένας από τους αυστηρότερους κανονισμούς ασφαλείας είναι αυτός που θεσπίστηκε στην Πολιτεία του Ohio των Ηνωμένων Πολιτειών {2}, ύστερα από μια δεκαετία (1972-1982) σοβαρών καταστροφών σε πέντε φράγματα, τα οποία στοίχισαν και ανθρώπινες ζωές.

Η κατάταξη που ακολουθείται είναι:

Ύψος φράγματος:

Κατηγορία I – υψηλότερο των 60 feet (~18 m)

Κατηγορία II - υψηλότερο των 40 feet (~12 m)

Κατηγορία III - υψηλότερο των 25 feet (~8 m)

Κατηγορία IV – μικρότερο ή ίσο των 25 feet (~ 8 m)

Όγκος ταμιευτήρα:

Κατηγορία I – μεγαλύτερος των 5000 acre feet (~6.000.000 m<sup>3</sup>)

Κατηγορία II – μεγαλύτερος των 500 acre feet (~600.000 m<sup>3</sup>)

Κατηγορία III – μεγαλύτερος των 50 acre feet (~60.000 m<sup>3</sup>)

Κατηγορία VI – μικρότερος ή ίσος των 50 acre feet (~60.000 m<sup>3</sup>)

Πιθανές καταστροφές προς τα κατάντη:

Κατηγορία I – πιθανή απώλεια ανθρώπινης ζωής

Κατηγορία II – κίνδυνοι στην υγεία, σε κατοικίες και εργοστάσια, καταστροφή σε υποδομές (οδοί ταχείας κυκλοφορίας, σιδηροδρομικό δίκτυο, κατάντη φράγματα κλπ.)

Κατηγορία III - καταστροφή σε δευτερεύοντα κτήρια, τοπικές οδούς, καλλιέργειες κλπ.

Κατηγορία IV - βλάβες περιορισμένης έκτασης, κυρίως στο σώμα του φράγματος

Κάθε φράγμα αξιολογείται σύμφωνα με την ανωτέρω κατηγοριοποίηση και εάν πληρείται ένα εκ των ανωτέρω κριτηρίων Κατηγορίας I, κατατάσσεται στη σπουδαιότερη κατηγορία ως προς τη διακινδύνευση και μελετάται για τη μέγιστη πλημμύρα σχεδιασμού, την MPF (max. Probable Flood). Στις λοιπές περιπτώσεις επιτρέπεται μείωσή της σε ποσοστά της μέγιστης πλημμύρας σχεδιασμού.

Σε άλλες χώρες εκτιμώνται και διάφοροι άλλες παράμετροι οι οποίες άπτονται του όλου σχεδιασμού όπως: ο τύπος του φράγματος (υπερπηδητό φράγμα εκ σκυροδέματος ή χωμάτινο ή λιθόρριπτο), συνδυασμός εκχειλιστή με θυροφράγματα, πρόσθετου υπερχειλιστή ελεύθερης διάδουσης, σεισμικότητα της περιοχής, συνθήκες ευστάθειας στη λεκάνη κατάκλισης κλπ.

Ενδιαφέρουσα παρουσίαση των παραμέτρων αυτών γίνεται στην αναφορά {5}

Οι συνθήκες ροής κατάντη του φράγματος, τόσο για πλημμυρικές παροχές, όσο και για κανονικές συνθήκες, πρέπει να είναι απόλυτα σαφείς και ευκρινείς για όλο το εύρος παροχών. Είναι πολύ σημαντικό και λαμβάνεται σοβαρά υπόψη στον σχεδιασμό φραγμάτων η βελτιστοποίηση των κατάντη συνθηκών, μετά την κατασκευή του φράγματος, σε σχέση με τις αρχικές συνθήκες.

### 3.2 Δομοστατικός Σχεδιασμός

Οι μέθοδοι και τα κριτήρια μελέτης πρέπει να απεικονίζουν τις τρέχουσες τεχνολογικές εξελίξεις. Οποσδήποτε τα χρησιμοποιούμενα προγράμματα H/Y πρέπει να είναι απολύτως κατανοητά τόσο από τον χειριστή τους όσο και από τους μελετητές που καλούνται να εφαρμόσουν τα αποτελέσματα της μελέτης. Είναι απαραίτητη η εδραίωση συνεργασίας για την αποφυγή παρερμηνειών.

Πριν από την έναρξη οποιασδήποτε μελετητικής εργασίας είναι απαραίτητη η καταγραφή και η τεκμηρίωση των κριτηρίων σχεδιασμού του φράγματος, καθώς και όλων των συναφών κατασκευών. Είναι επίσης απαραίτητη η διευκρίνιση ότι η αναφορά σε Μελετητή ή Μελετητικό γραφείο ενέχει ευρύτερη έννοια και στην ουσία αναφέρεται στην ομάδα των Τεχνικών Συμβούλων, οι οποίοι αναλαμβάνουν την ευθύνη των έργων στις διάφορες φάσεις.

Η στρατηγική της μελέτης θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη της τις εξής παραμέτρους :

Ανάληψη του μελετητικού αντικειμένου από εξειδικευμένο γραφείο σε μελέτες και επίβλεψη κατασκευής φραγμάτων, υπό τη γενική εποπτεία εμπείρου «γενικού» Μηχανικού, ο οποίος θα έχει τη δυνατότητα σύνθεσης των επί μέρους εξειδικευμένων μελετών.

Αποφυγή πολύπλοκων δομικών λύσεων και επί μέρους λεπτομερειών και ολοκλήρωση του συνόλου της μελέτης από τον Μελετητή, με δική του αποκλειστική ευθύνη. Ευθύνη του Μελετητή

θα είναι και τυχόν απαίτηση αναθεώρησης της Μελέτης, λόγω τροποποίησης παραδοχών, κατά τη διάρκεια της κατασκευής του έργου. Ουδεμία παρέμβαση ή τροποποίηση μελέτης επιτρέπεται από τον κατασκευαστή ή τον κύριο του έργου.

Κατά το δυνατόν προσαρμογή της μελέτης στη διαθέσιμη κατασκευαστική εμπειρία και τεχνογνωσία και στον διατιθέμενο εξοπλισμό.

Προσεκτική θεωρητική και πειραματική εξέταση νέων μελετητικών αντιλήψεων και κατασκευαστικών μεθόδων και υλικών, σε συνάρτηση με αναζήτηση συνεχούς ενημέρωσης και ανάδρασης της πληροφορίας, της εμπειρίας και της τεχνογνωσίας.

Πρόβλεψη προσπέλασης σε όλες τις κρίσιμες περιοχές του φράγματος, προκειμένου να εξασφαλιστεί ο έλεγχος της ασφάλειας και πιθανές μελλοντικές επισκευές.

Πρόβλεψη δομικών διατάξεων που θα διευκολύνουν μελλοντική επιθεώρηση και την εύκολη αντικατάσταση προβληματικού ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.

Πρόβλεψη για ασφαλείς συνθήκες λειτουργίας και συντήρησης και εξασφάλιση επαρκούς αερισμού σηράγγων, φρεάτων και λοιπών κλειστών χώρων και αποτελεσματικά μέτρα προφύλαξης έναντι εύφλεκτων και επικίνδυνων αερίων.

Πρόβλεψη και εκτέλεση με ευθύνη του Μελετητή όλων των απαιτούμενων γεωλογικών και γεωτεχνικών ερευνών, σύμφωνα με τις ειδικές συνθήκες θεμελίωσης και τη σπουδαιότητα του έργου. Τα αποτελέσματα των ερευνών λαμβάνονται υπόψη κατά την εκπόνηση της Μελέτης και επικαιροποιούνται συνεχώς κατά την εκτέλεση της κατασκευής, πάντα με αποκλειστική ευθύνη του Μελετητή.

Η σεισμική ανάλυση θα πρέπει να βασίζεται στον μέγιστο αξιόπιστο σεισμό, σε συνάρτηση με τον οποίον θα καθοριστούν τα χαρακτηριστικά του πλημμυρικού κύματος το οποίο μπορεί να παραχθεί, ώστε να ελεγχθεί αντίστοιχα η ευστάθεια του φράγματος.

Το φράγμα θα ελεγχθεί για όλους τους δυσμενείς συνδυασμούς στατικών και δυναμικών φορτίσεων. Οι συντελεστές ασφαλείας θα απεικονίζουν την πιθανότητα εμφάνισης των συνδυασμένων δυσμενών φορτίσεων.

- Όλος ο μηχανολογικός εξοπλισμός και οι διατάξεις ασφαλείας πρέπει να παρέχουν ασφαλή υποστήριξη του έργου και για τις πλέον δυσμενείς συνθήκες. Ο Μελετητής θα προμηθεύσει την ομάδα λειτουργίας με ένα εγχειρίδιο λειτουργίας και συντήρησης με σαφείς οδηγίες για κάθε περίπτωση.

#### 4. ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

##### 4.1 Υδρολογικά στοιχεία

Πρέπει να υπάρχει συνεχής επικαιροποίηση και έλεγχος των υδρολογικών στοιχείων, καθώς και των οργάνων μέτρησης. Εξειδικευμένο προσωπικό πρέπει να ασχολείται με την συντήρηση και την επαναβαθμονόμησή τους. Εφόσον κριθεί απαραίτητο θα πρέπει να αναβαθμίζονται τα καταγραφικά συστήματα ή και να αντικαθίστανται με νέα σύγχρονης τεχνολογίας. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίδεται στα συστήματα εκτίμησης πλημμυρών, τα οποία πρέπει να τοποθετούνται σε κάθε θέση φράγματος.

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται σε θέσεις με βαρύ χειμώνα. Στις περιοχές αυτές τα όργανα πρέπει να έχουν ειδική προστασία έναντι παγετού.

##### 4.2 Δομικά στοιχεία – Εγκατάσταση οργάνων

Η παρακολούθηση των οργάνων που αναφέρονται στην ευστάθεια και την ακεραιότητα της όλης κατασκευής πρέπει να είναι επιμελής και λεπτομερής. Πρέπει να συντάσσονται κατά τακτά χρονικά διαστήματα οι σχετικές εκθέσεις και να διαχωρίζονται σαφώς οι παρατηρήσεις τυχόν άλλων πρόσθετων οργάνων τα οποία τοποθετούνται για ερευνητικούς σκοπούς.

Το όλο σύστημα πρέπει να σχεδιαστεί με όλες τις απαραίτητες εφεδρείες (οργάνων και εξοπλισμού τηλεμετρήσεων), ώστε να αποτραπούν τυχόν αστοχίες.

Τα όργανα πρέπει να εγκαθίστανται από εξειδικευμένο προσωπικό, ώστε να αποφεύγεται η συγκέντρωση σε κάποια ορισμένη διατομή, αλλά αντίθετα να επιτυγχάνεται η διασπορά τους, χωρίς όμως να επηρεάζεται η αντοχή της κατασκευής.

Το όλο σύστημα παρακολούθησης πρέπει να είναι ευέλικτο και εύκολα προσαρμόσιμο στις ανάγκες της κατασκευής και των συνθηκών, τόσο στη φάση της ανέγερσης όσο και στη φάση λειτουργίας.

Ο μελετητής θα πρέπει να προμηθεύσει τον κύριο του έργου με όλα τα λεπτομερή στοιχεία για τις θέσεις των οργάνων και για τον τρόπο παρακολούθησης. Η καταγραφή της συμπεριφοράς των οργάνων είναι από τα βασικά στοιχεία για όλη τη ζωή του έργου.

Ειδικότερα, σε περιοχές με σεισμική συμπεριφορά, ένα πλήρες καταγραφικό σύστημα θα πρέπει να εγκατασταθεί όσον το δυνατόν νωρίτερα σε σχέση με την έναρξη της κατασκευής του φράγματος. Η παρακολούθηση του συστήματος αυτού και ο συσχετισμός του με τα όργανα επί του σώματος του φράγματος πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένους μηχανικούς – σεισμολόγους.

#### 4.3 Τροποποιήσεις μελετών στη φάση κατασκευής

Ο Μελετητής διατηρεί συνεχή επαφή με τους υπεύθυνους κατασκευής. Καλό θα είναι να υπάρχει εκπρόσωπός του εγκατεστημένος επί τόπου.

Εργοταξιακές αλλαγές μικρής σπουδαιότητας εγκρίνονται από τον Μελετητή, εφόσον δεν επηρεάζουν τα κριτήρια σχεδιασμού του έργου.

Οι γεωτεχνικές έρευνες συνεχίζονται με την πρόοδο των εκσκαφών, προκειμένου να επιβεβαιώσουν τα κριτήρια μελέτης ή, εφόσον απαιτείται να τα τροποποιήσουν.

Οι κατασκευαστικές μέθοδοι και ο εξοπλισμός πρέπει να εξασφαλίζουν την τήρηση των κριτηρίων μελέτης. Τυχόν τροποποιήσεις πρέπει να τύχουν της εγκρίσεως του Μελετητή.

#### 4.4 Επίβλεψη της κατασκευής και επιθεώρηση

Ο επικεφαλής της επίβλεψης πρέπει να διαθέτει επαρκή εμπειρία σε μελέτη και κατασκευή φραγμάτων, ώστε να εφαρμόζει με επιτυχία την μελέτη στην κατασκευή, να κατανοεί την αλληλουχία των εργασιών, το έλεγχο ποιότητας και να καλεί τον Μελετητή, όταν κρίνεται αναγκαίο, να αναλύει τη φιλοσοφία της μελέτης, στο προσωπικό που έχει αναλάβει την κατασκευή.

### 5. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΕΚΧΕΙΛΙΣΤΗ - ΠΛΗΡΩΣΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΚΑΙ ΕΚΤΡΟΠΗ ΠΟΤΑΜΟΥ

#### 5.1 Έλεγχος πλημμύρας

Ο τύπος και οι διαστάσεις του εκχειλιστή επιλέγονται έτσι ώστε η μέγιστη εκτιμώμενη πλημμυρική παροχή σχεδιασμού να διέρχεται αυτοτελώς από το σώμα του, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη άλλη συμπληρωματική παροχέτευση (λειτουργία Μονάδων Σταθμού Παραγωγής, διώρυγα ναυσιπλοΐας κλπ.).

Είναι απαραίτητη η εκπόνηση από τον Μελετητή λεπτομερούς εγχειριδίου οδηγιών λειτουργίας των θυροφραγμάτων και των συναφών κατασκευών σε σχέση με τις δημιουργούμενες στάθμες και τις εισροές. Οι κατασκευές αυτές ελέγχου των εκροών πρέπει να είναι εφοδιασμένες με κύρια και εφεδρικά συστήματα ηλεκτρικής τροφοδοσίας, ώστε να εξασφαλίζονται πλήρως και με ασφάλεια όλοι οι απαιτούμενοι χειρισμοί.

Σε περιοχές με παγετό η εμπειρία έχει δείξει ότι είναι προτιμότερη η χρήση εκχειλιστή με καταστρεφόμενο πώμα (fuse plug spillway) αντί της επιλογής της τυπικής λύσεως με υπερχειλίση υπεράνω της στέψεως.

## 5.2 Ευστάθεια πρανών και προσχώσεις ταμιευτήρα

Η ευστάθεια πρανών πρέπει να αποτελέσει αντικείμενο μελέτης από την αρχική φάση του έργου και απαιτεί συνεχή παρακολούθηση και μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ασφάλεια των έργων και της ευρύτερης περιοχής, προκειμένου περί φραγμάτων μεγάλου ύψους και όγκου ταμιευτήρα.

Η εκτίμηση των αιωρουμένων ποσοτήτων ιλύος και στερεών εκτιμάται στην αρχική φάση μελετών βάσει ιστορικών στοιχείων και ελέγχεται στη συνέχεια.

Η πρόβλεψη του ρυθμού πρόσχωσης του ταμιευτήρα καθορίζει και τον γενικότερο σχεδιασμό των έργων εκκένωσης, καθώς και τα πρόσθετα μέτρα τα οποία απαιτούνται για την απομάκρυνση των φερτών, εφόσον αυτό κριθεί εφικτό

Είναι απαραίτητο να εγκαθίστανται ανάντη των έργων συστήματα προειδοποίησης για τις επερχόμενες πλημμύρες τα οποία θα συνδυάζονται καταλλήλως με τον εξοπλισμό απομάκρυνσης φερτών, σύμφωνα και με τον σχεδιασμό των έργων.

## 5.3 Εκτροπή ποταμού

Η μελέτη εκτροπής του ποταμού συναρτάται με την πιθανότητα εμφάνισης πλημμύρας, το χρονοδιάγραμμα κατασκευής και την αποδεκτή επικινδυνότητα. Σε πολλές χώρες, ιδιαίτερα για πολύ μεγάλα φράγματα, την τελική απόφαση παίρνει ο αρμόδιος κρατικός φορέας, ο οποίος θα εγκρίνει και τυχόν τροποποιήσεις και παρεκκλίσεις.

## 5.4 Πρώτη πλήρωση ταμιευτήρα

Ειδική προσοχή πρέπει να δοθεί στην επιμελημένη αποψίλωση της λεκάνης κατάκλυσης, για την αποφυγή έκλυσης αερίων.

Προ της πλήρωσης θα γίνεται επιθεώρηση του ταμιευτήρα από εκπροσώπους του Μελετητή και της επίβλεψης..

Κατά τη διάρκεια της πλήρωσης η συμπεριφορά του φράγματος και όλων των συναφών κατασκευών θα παρακολουθείται μέσω των εγκατεστημένων οργάνων και θα κρατείται πλήρες αρχείο τεκμηρίωσης.

## 5.5 Παροχέτευση πλημμύρας

Σε όλη τη διάρκεια ζωής του έργου οι εκχειλιστές και οι εκκενωτές πυθμένα πρέπει να ελέγχονται, ώστε τίποτε να μην περιορίζει την παροχετευτικότητά τους. Τόσο οι ανάντη όσο και οι κατάντη συνθήκες πρέπει να επιθεωρούνται, σύμφωνα με το κανονικό πρόγραμμα επιθεώρησης.

Σε περίπτωση εκτάκτου ανάγκης θα ενεργοποιείται το σύστημα προειδοποίησης, το οποίο θα έχει καταρτιστεί από όλα τα εμπλεκόμενα μέρη.

## 6. ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Ο μελετητής πρέπει να καταρτίσει εγχειρίδιο με οδηγίες επιθεώρησης φράγματος, συναφών κατασκευών και ταμιευτήρα κατά τη φάση της πρώτης πλήρωσης και για τη λειτουργία στη συνέχεια.

Αντίστοιχο εγχειρίδιο πρέπει να καταρτισθεί από τον υπεύθυνο επίβλεψης κατά τη διάρκεια της κατασκευής, στο οποίο θα έχουν ληφθεί υπόψη οι προδιαγραφές και οι τυχόν πρόσθετες παρατηρήσεις του μελετητή, ώστε να εξασφαλίζεται ο έλεγχος ποιότητας.

Τα αποτελέσματα των επιθεωρήσεων πρέπει, σύμφωνα με καθορισμένη διαδικασία από τον Μελετητή, να κοινοποιούνται σε όλους τους αρμόδιους φορείς για την ασφάλεια του έργου.

Ο Μελετητής θα πρέπει επίσης να καταρτίσει σχέδιο εκτάκτου ανάγκης εκκένωσης ταμιευτήρα ή λήψεως άλλων σοβαρών μέτρων, για τα οποία επίσης θα είναι ενήμεροι όλοι οι εμπλεκόμενοι και θα έχουν σαφείς αρμοδιότητες παρέμβασης

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί από τον μελετητή στην περίπτωση διασυνοριακών ποταμών.

Η ασφάλεια των έργων κατά μήκος του ποταμού πρέπει κατά το δυνατόν να βασίζεται σε κοινά κριτήρια. Ο Μελετητής πρέπει να λάβει υπόψη του τυχόν κινδύνους από αστοχίες ανάντη έργων και πρέπει να επιδιώξει τη σύναψη διακρατικών συμφωνιών για συντονισμό και λήψη αποτελεσματικών μέτρων.

Οι μετρήσεις των οργάνων της θεμελίωσης του φράγματος και των αντρεϊσμάτων πρέπει να καταχωρούνται και να ελέγχονται με μεγάλη συχνότητα τα τρία πρώτα χρόνια μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα. Στη συνέχεια, εφόσον δεν υφίσταται πρόβλημα ανά δεκαετία.

Οι εκτεθειμένες επιφάνειες φράγματος από σκυρόδεμα και οι λοιπές κατασκευές πρέπει να ερευνώνται οπτικά για ρωγμές, διάβρωση, χημικές αντιδράσεις κλπ. Μεγάλη προσοχή θα πρέπει να δίδεται στους αρμούς διαστολής, στην ευθυγραμμία της στέψεως, των αντηρίδων και των λοιπών κατασκευών. Κάθε δέκα χρόνια κρίνεται σκόπιμος ο καταβίβασμός στάθμης για τον έλεγχο της ανάντη παρειάς ή υποβρύχια επιθεώρηση.

Ομοίως τα χωμάτινα ή λιθόρριπτα φράγματα εξετάζονται για ρωγμές, διαρροές, διαφορικές καθιζήσεις, διασωλήνωση κλπ.

Παράλληλα πρέπει να ελέγχεται και ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός επί του φράγματος και των συναφών κατασκευών.

Κρίσιμες περιοχές στην περίμετρο του ταμιευτήρα πρέπει να επιθεωρούνται ετησίως και για πέντε συνεχή χρόνια μετά την πλήρωση, για κατολισθήσεις, καθιζήσεις ή για χρήσεις της λίμνης που δεν έχουν καθοριστεί και εγκριθεί από τους εμπλεκόμενους. Ειδική μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται και για τη συγκράτηση φερτών.

Οδηγίες ασφαλείας πρέπει να αναρτώνται σε εμφανή σημεία στις θέσεις ψυχαγωγίας ανάντη και κατάντη του φράγματος και ειδικές προειδοποιήσεις πρέπει να προβλέπονται σε περιπτώσεις ανύψωσης στάθμης, πάνω από την κανονική στάθμη λειτουργίας.

Στα θέματα αυτά που αφορούν σε κανόνες λειτουργίας και συντήρησης φραγμάτων και υδροηλεκτρικών έργων, αναφέρονται οι αναφορές {3} και {4}.

## 7. ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ, ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ, ΕΠΙΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΛΕΙΨΗ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΑΦΩΝ ΕΡΓΩΝ

Οι επεκτάσεις, τροποποιήσεις και τυχόν επιδιορθώσεις φράγματος και συναφών έργων πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους τα αρχικά κριτήρια μελέτης και παραδοχές. Εάν οι αλλαγές αυτές κριθούν σημαντικές θα πρέπει να επαναληφθούν οι έλεγχοι ευστάθειας και οι τυχόν απαιτούμενοι νέοι υδραυλικοί υπολογισμοί.

Πρέπει να τονιστεί ότι στις χώρες στις οποίες δεν υφίσταται σαφές νομικό πλαίσιο ελέγχου μελετών θα πρέπει να θεσπιστούν σαφείς διαδικασίες με αμοιβαίες δεσμεύσεις του κυρίου του έργου, του Μελετητή και της αρμόδιας κρατικής υπηρεσίας.

Οι διαδικασίες αυτές πρέπει να προδιαγράφουν:

Τα κριτήρια, τις παραδοχές και τις βασικές αρχές της μελέτης

Τις μεθόδους και τα στάδια κατασκευής

Τους συντελεστές ασφαλείας

Για έργα μεγάλης σπουδαιότητας θα πρέπει να γίνεται έλεγχος μελετών από σώμα ανεξαρτήτων Συμβούλων, το οποίο θα αναφέρεται στον κύριο του έργου. Αυτός στη συνέχεια θα ενημερώνει τον Μελετητή και την αρμόδια κρατική υπηρεσία, ώστε το έργο να προχωρά με ασφάλεια και με ευρύτερη συναίνεση.



# Guidelines for Developing Dam Emergency Action Plans

1. ICOLD, 1987, Dam Safety Guidelines
2. Ohio administration Code (OAC)
3. WASHINGTON STATE DEP. OF DEVELOPMENT, 1995, "Guidelines for developing Dam Operation and Maintenance Manuals"
4. DEPARTMENT OF NATIONAL RESOURCES , DENVER, COLORADO, 1994 "Dam Safety Project Review Guide"
5. U.S. DEPARTMENT OF HOMELAND SECURITY - FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY (OCTOBER 1998 - Reprinted April 2004)

# **General Principles for elaboration of Dams Safety National Regulation**

Y. I. Tsiknakou  
*Civil Engineer. NTUA*

ABSTRACT: The importance and complexity of dams design and construction requires the elaboration of national regulation for dams' safety, which will establish all the relevant criteria for design, construction and operation. There is a rich experience in such regulations both in Europe countries and in America and Canada. Our country, mainly through the organization of Public Power Corporation, succeeded in creating « hydroelectric projects school », dealing successfully with such difficult and complex projects and upgrading the Greek human resources in design and construction. Today, after such a long experience, we have to introduce specific rules, so this sector, which is now developed also by other public and private entities, be surrounded by a framework of rules that ensure a common security philosophy.