

Σχέδιο για τον Καθορισμό  
Κριτηρίων Επιλογής Πλημμύρας  
Σχεδιασμού για Φράγματα  
ΕΕΜΦ

Οκτώβριος 2014



## Πίνακας Περιεχομένων

1.	Εισαγωγή .....	4
1.1	Σκοπός. ....	4
1.2	Η έννοια της πλημμύρας σχεδιασμού. ....	4
1.3	Ιστορική αναφορά στη χρήση σχεδιαστικών μεγεθών πλημμύρας .....	4
1.4	Ιστορική αναφορά στη χρήση σχεδιαστικών μεγεθών πλημμύρας - ΗΠΑ.....	5
1.5	Ανάδειξη του προβλήματος στον ελλαδικό χώρο.....	6
1.6	Ενέργειες ΕΕΜΦ.....	8
2.	Ορολογία.....	9
3.	Τρέχουσα πρακτική άλλων χωρών στην επιλογή πλημμυρών σχεδιασμού για φράγματα.....	13
3.1	Εθνικοί Κανονισμοί.....	13
3.1.1	Πεδίο εφαρμογής και εμπειρικά κριτήρια επιλογής της πλημμύρας σχεδιασμού φραγμάτων .	13
3.1.2	Διοικητική Αρχή για την Ασφάλεια Φραγμάτων και σχετικό Νομοθετικό Πλαίσιο.....	26
3.2	Συγκριτική αξιολόγηση Εθνικών Κανονισμών.....	28
3.3	Διεθνής Επιτροπή Μεγάλων Φραγμάτων (ICOLD).....	29
4.	Πεδίο εφαρμογής.....	31
4.1	Σκοπός .....	31
4.2	Θέματα που δεν καλύπτονται .....	31
4.3	Επιδιωκόμενα προσόντα του μελετητή Μηχανικού.....	32
4.4	Αρμόδια Αρχή.....	32
5.	Προτεινόμενη μεθοδολογία για τον καθορισμό κριτηρίων επιλογής πλημμύρας σχεδιασμού.....	34
5.1	Γενικές αρχές.....	34
5.2	Δυνητικές συνέπειες αστοχίας .....	34
5.3	Σύστημα κατηγοριοποίησης των φραγμάτων βάσει των δυνητικών συνεπειών .....	35
5.4	Επιλογή της πλημμύρας σχεδιασμού (ΠΣ) .....	36
5.5	Λοιπές Θεωρήσεις .....	38
6.	Προοπτικές για περαιτέρω εργασίες.....	39
	Βιβλιογραφία.....	40
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....	42

## 1. Εισαγωγή

### 1.1 Σκοπός.

Η διαμόρφωση κριτηρίων για την επιλογή της πλημμύρας σχεδιασμού (ΠΣ) φράγματος, προκειμένου να επιτυγχάνεται ομοιόμορφη και αποδοτική εφαρμογή των επιταγών της υδρολογικής ασφάλειας κατά τον σχεδιασμό του έργου.

### 1.2 Η έννοια της πλημμύρας σχεδιασμού.

Ως πλημμύρα σχεδιασμού φράγματος νοείται μια πλημμύρα κατάλληλης πιθανότητας και μεγέθους, η οποία λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό για να εξασφαλιστεί για το φράγμα ένα επίπεδο υδρολογικής ασφαλείας σύμφωνο με τα πρότυπα ασφαλείας του σχεδιασμού του φράγματος και λαμβάνοντας υπόψη τις συνέπειες της αστοχίας του (International Commission of Large Dams, 1992). Επομένως, η υιοθέτηση του προτύπου της πλημμύρας σχεδιασμού αποτελεί μian από τις μείζονες αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν κατά τη μελέτη του έργου και συνδέεται όχι μόνο με την επίδρασή της στον σχεδιασμό καθ' αυτόν, αλλά και με την αποτροπή των δυνητικών συνεπειών σε ανθρώπινες απώλειες και υλικές ζημιές εξ αιτίας αστοχίας του φράγματος.

Ο όρος «πλημμύρα σχεδιασμού» αναφέρεται στο υπολογισμένο υδρογράφημα εισροής στον ταμιευτήρα, το οποίο, όπως μετασχηματίζεται από τον ταμιευτήρα, χρησιμοποιείται για τη διαστασιολόγηση των έργων υπερχειλίσης και τον προσδιορισμό των απαιτήσεων πρόσθετης αποθήκευσης του ταμιευτήρα.

### 1.3 Ιστορική αναφορά στη χρήση σχεδιαστικών μεγεθών πλημμύρας

Στην πρόσφατη ιστορία των φραγμάτων, περίπου οι μισές αστοχίες φραγμάτων ύψους άνω των 15 m προκλήθηκαν από υπερπήδηση εν καιρώ πλημμύρας (ICOLD 1995). Επομένως, είναι κεφαλαιώδεις το πρόβλημα της εξασφάλισης του φράγματος απέναντι στις πλημμύρες που μπορεί να αντιμετωπίσει κατά τη διάρκεια της ζωής του, υπό το πρίσμα πάντοτε των ισχυόντων τεχνικών και οικονομικών περιορισμών κατά την κατασκευή του.

Τα σχεδιαστικά μεγέθη πλημμύρας εξελίχθηκαν από τον εμπειρισμό του 19<sup>ου</sup> αιώνα, με τη μέγιστη παρατηρημένη πλημμύρα προσαυξημένη με κάποιο συντελεστή ασφαλείας, στις σύγχρονες μεθόδους πιθανοτικού σχεδιασμού που χρησιμοποιούν ανάλυση διακινδύνευσης και λεπτομερή θεώρηση των επιπτώσεων της αστοχίας του φράγματος. Η διαχρονική εξέλιξη των πλημμυρών σχεδιασμού, με αντίστοιχες επεμβάσεις, του φράγματος Woodhead στην κοιλάδα Longdendale της Αγγλίας, είναι χαρακτηριστική. Το φράγμα αυτό, το πλέον ανάντη μιας σειράς φραγμάτων στον ποταμό Etherow, αποσκοπούσε στην υδροδότηση της ευρύτερης περιοχής του Manchester. Κατά την έναρξη της κατασκευής του, το 1847, η μέγιστη παρατηρημένη πλημμύρα ήταν 28,3 m<sup>3</sup>/s. Λίγο αργότερα, κατά τη διάρκεια της κατασκευής του, λόγω μεγάλης πλημμύρας στην κοντινή κωμόπολη Blackburn, η πλημμύρα σχεδιασμού του αυξήθηκε κατά 50% και έφθασε τα 42,5 m<sup>3</sup>/s. Κατά τη δεκαετία του 1870, μετά από έντονες βροχοπτώσεις, διαπιστώθηκε ανεπάρκεια του υπερχειλιστή και, για τον λόγο αυτόν, αποφασίστηκε να κρατιέται η στάθμη του ταμιευτήρα κατά 1,5 m χαμηλότερη, ώστε να δημιουργείται όγκος αποθήκευσης πλημμύρας. Το 1938, μετά από συστάσεις της Επιτροπής Πλημμυρών του Ινστιτούτου Πολιτικών Μηχανικών, η πλημμύρα σχεδιασμού ανέβηκε στα 204 m<sup>3</sup>/s. Τελικά, το 1986, ως αποτέλεσμα του Νόμου για την Ασφάλεια Φραγμάτων του 1975 και με βάση το Flood Studies Report, προσδιορίστηκε η Πιθανώς Μέγιστη Πλημμύρα στο ύψος των 550 m<sup>3</sup>/s (Chalmers, 1990).

Με την εξέλιξη της υδρομετρίας λοιπόν, και της επιστήμης της Υδρολογίας, από τα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα κατέστη δυνατή κάποια εκτίμηση των αναμενόμενων πλημμυρικών αιχμών βάσει των λεγόμενων «ορθολογικών» μεθόδων, από τη μέγιστη ημερήσια βροχή, την έκταση της λεκάνης απορροής και έναν συντελεστή απορροής (Biswas, 1970). Πατέρας της μεθόδου ήταν ο Ιρλανδός Thomas J. Mulvaney (1822-1892). Καθώς με την πάροδο του χρόνου καταγράφονταν όλο και περισσότερα δεδομένα πλημμυρικών ροών, αναπτύχθηκε ένα πλήθος εμπειρικών τύπων, με τους οποίους μπορούσε η πλημμυρική αιχμή να εκτιμηθεί σε μια συγκεκριμένη περιοχή, ως συνάρτηση της τετραγωνικής ή κάποιας άλλης ρίζας του εμβαδού της λεκάνης απορροής και ενός διορθωτικού συντελεστή. Το αυξανόμενο όμως πλήθος των δεδομένων οδήγησε τον Αμερικανό μηχανικό George W. Rafter (1851-1907) να προτείνει, το 1896, την στατιστική αξιολόγησή τους, σύμφωνα με την κανονική κατανομή των σφαλμάτων του Karl F. Gauss, θέτοντας έτσι τις βάσεις για την πιθανοτική θεώρησή τους. Το 1914, στις ΗΠΑ, ο Allen Hazen (1869-1930) διαπίστωσε ότι οι λογάριθμοι των παροχών προσαρμόζονταν καλύτερα στην κανονική κατανομή. Στη συνέχεια, προτάθηκαν και άλλες μέθοδοι ανάλυσης συχνοτήτων από πολλούς υδρολόγους (Schnitter, 1994).

Εν τω μεταξύ, ο Αμερικανός Le Roy K. Sherman (1870-1954) πρότεινε, το 1932, τη χρήση του μοναδιαίου υδρογραφήματος για τον μετασχηματισμό της ενεργού βροχόπτωσης σε υδρογράφημα πλημμύρας. Οι πιο μακροχρόνιες καταγραφές των καταιγίδων μπορούσαν πλέον να αξιοποιηθούν πιθανοτικά για την εκτίμηση πλημμυρικών μεγεθών ορισμένης πιθανότητας. Παράλληλα, από τη δεκαετία του 40, το Σώμα Μηχανικού μαζί με τη Μετεωρολογική Υπηρεσία των ΗΠΑ άρχισαν τον προσδιορισμό του μεγέθους και της χωροχρονικής κατανομής της πιθανώς μέγιστης κατακρήμνισης για διάφορες περιοχές, επί τη βάσει των δυσμενέστερων δυνατών μετεωρολογικών συνθηκών. Από αυτήν, μπορούσε να προσδιοριστεί η πιθανώς μέγιστη πλημμύρα (Schnitter, 1994).

#### **1.4 Ιστορική αναφορά στη χρήση σχεδιαστικών μεγεθών πλημμύρας - ΗΠΑ**

Η συμβολή των ΗΠΑ στην εξέλιξη της επιστήμης της Υδρολογίας και ειδικά στην τεχνογνωσία της ασφάλειας φραγμάτων έναντι πλημμυρικού κινδύνου είναι αδιαμφισβήτητη και δικαιολογεί μια σύντομη ιστορική αναδρομή στις σχετικές εξελίξεις της χώρας αυτής, παρμένη από έκθεση της Ομοσπονδιακής Υπηρεσίας Πολιτικής Προστασίας των ΗΠΑ (Federal Emergency Management Agency, 2013).

Αν και νομοθεσία σχετιζόμενη με τα φράγματα προϋπήρχε του 1700, ο σχεδιασμός των πρώτων φραγμάτων στις ΗΠΑ γινόταν μόνον βάσει της κρίσης του Μηχανικού. Οι εκτιμήσεις του πλημμυρικού κινδύνου γίνονταν με εμπειρικές μεθόδους και με την κρίση του Μηχανικού, χρησιμοποιώντας ίχνη ή καταγραφές ιστορικών πλημμυρών. Η επιλογή της πλημμύρας σχεδιασμού ξεκίνησε ως ένας τρόπος για να προστατευτούν τα φράγματα και τα εξ αυτών οφέλη.

Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη ενότητα, μέχρι τα 1900 το πεδίο της υδρομετρίας είχε αρκετά προχωρήσει, ώστε να υποστηρίζει την κατάρτιση εμπειρικών τύπων για τον υπολογισμό των εισροών στη λεκάνη απορροής ενδιαφέροντος και την πρόβλεψη της αιχμής των πλημμυρικών απορροών. Περίπου την ίδια εποχή, η καταστρεπτική αστοχία πολλών φραγμάτων (Mill River - Μασαχουσέτη 1874, South Fork - Πενσυλβάνια 1889, Walnut Grove - Αριζόνα 1890, Austin - Πενσυλβάνια 1911, St. Francis - Καλιφόρνια 1928) οδήγησε στην αύξηση της κοινωνικής ευαισθησίας και στη λήψη διαφόρων νομοθετικών μέτρων για την προστασία του πληθυσμού από δραστηριότητες υψηλού κινδύνου.

Η συστηματική συλλογή υδρολογικών πληροφοριών στις ΗΠΑ σε εθνικό επίπεδο άρχισε το 1934 από την Αμερικανική Υπηρεσία Γεωλογικών Ερευνών (USGS) όταν, με το Νιου Ντήλ, η Ομοσπονδιακή Διοίκηση των

Δημοσίων Έργων απέκτησε κονδύλια για τη διεξαγωγή λεπτομερών μελετών των πλημμυρών, των βροχοπτώσεων και της απορροής. Ακολούθησαν κατά τις δεκαετίες των '30 και '40 σοβαρές πρόοδοι στην Υδρολογία, συμπεριλαμβανομένης της καινοτομίας του μοναδιαίου υδρογραφήματος.

Ακόμη όμως και με αυτές τις βελτιώσεις στην εκτίμηση των πλημμυρών, τα πρότυπα σχεδιασμού πριν το 1950 συνέχιζαν να βασίζονται στην κρίση και την εμπειρία. Μέχρι το 1964, το ένα τέταρτο των Πολιτειών δεν ασκούσε κανένα έλεγχο φραγμάτων και το ένα τρίτο δεν ασκούσε καμιά αρμοδιότητα για τη λειτουργία και συντήρηση του φράγματος από τη στιγμή της κατασκευής του κι έπειτα. Το ίδιο έτος ο Franklin F. Snyder, Υδραυλικός Μηχανικός του Αμερικάνικου Στρατού (USACE), πρότεινε ένα σύστημα ταξινόμησης φραγμάτων το οποίο περιλάμβανε συνιστώμενες πλημμύρες σχεδιασμού βάσει του ύψους του φράγματος, της αποθηκευτικής ικανότητας και των δυνητικών βλαβών.

Οι δεκαετίες των '50 και '60 ήταν εξίσου σημαντικές για την ανάπτυξη θεωρητικών και μαθηματικών προσεγγίσεων για την επίλυση υδρολογικών προβλημάτων. Αυτό, μαζί με την πρόοδο των ηλεκτρονικών υπολογιστών στην εκτέλεση δύσκολων υπολογισμών, οδήγησε σε μεγαλύτερη χρήση των προσομοιώσεων της απορροής μέσω μοναδιαίων υδρογραφημάτων και των βροχών επί της λεκάνης απορροής. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, οι μηχανικοί απευθύνθηκαν στους Μετεωρολόγους για να καθοριστούν οριακές τιμές της κατακρήμνισης για τις ανάγκες του σχεδιασμού. Μεταξύ των ετών 1963 και 1999 εκπονήθηκαν και επικαιροποιήθηκαν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (NWS) μια σειρά Υδρομετεωρολογικών Εκθέσεων για την καθιέρωση εκτιμήσεων της πιθανώς μέγιστης κατακρήμνισης (ΠΜΚ) στο μεγαλύτερο μέρος της χώρας..

### **1.5 Ανάδειξη του προβλήματος στον ελλαδικό χώρο**

Για την ανάδειξη του προβλήματος στον Ελλαδικό χώρο, αναζητήθηκε κατ' αρχάς να προσδιοριστούν και αναδειχθούν τυχόν υπάρχουσες προβλέψεις για την επιλογή των πλημμυρών σχεδιασμού φραγμάτων (μεγάλων ή μικρών) στη σχετική νομοθεσία ή τους κανονισμούς και τις ισχύουσες διατάξεις. Διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει κάτι σχετικό που να καθοδηγεί τους μελετητές στην επιλογή των μεγεθών αυτών και ότι ο κάθε εμπλεκόμενος τα επιλέγει ανάλογα με την εμπειρία του και την υποκειμενική εκτίμησή του για την σπουδαιότητα του έργου που εξετάζει.

Στο επόμενο βήμα έγινε προσπάθεια καταγραφής των περιόδων επαναφοράς των πλημμυρών σχεδιασμού των 160 περίπου φραγμάτων της λίστας της ΕΕΜΦ. Αναζητήθηκαν στοιχεία από μελετητές και ιδιοκτήτες των υπόψη έργων και τελικά βρέθηκαν στοιχεία για 51 φράγματα (το 31% περίπου).

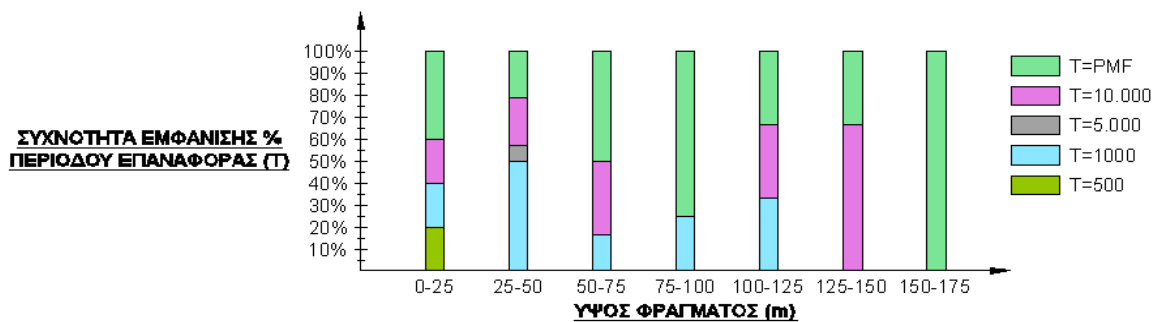
Σε παράρτημα της Έκθεσης δίνονται σε Πίνακα τα βασικά στοιχεία σχεδιασμού των υπόψη έργων (τύπος φράγματος, ύψος φράγματος και πλημμύρα σχεδιασμού). Από την καταγραφή αυτή προέκυψαν τα ακόλουθα συγκεντρωτικά διαγράμματα και βασικά συμπεράσματα:

α) Το 41 % έχει σχεδιαστεί με την ΠΜΠ, το 20% με την  $T = 10.000$  έτη και το 26% με την  $T = 1.000$  έτη.

β) Ως προς τη συσχέτιση περιόδου επαναφοράς και ύψους φράγματος προέκυψε ο ακόλουθος πίνακας και διάγραμμα.

Πίνακας 1. Συσχέτιση περιόδου επαναφοράς πλημμύρας σχεδιασμού και ύψους φράγματος

H (m)	Αριθμός Φραγμάτων (%)				
	ΠΜΠ	T=10.000	T=5.000	T=1.000	T=500
150-175	100				
125-150	30	70			
100-125	35	35		30	
75-100	75			25	
50-75	50	35		15	
25-50	20	25	5	50	
0-25	40	20		20	20

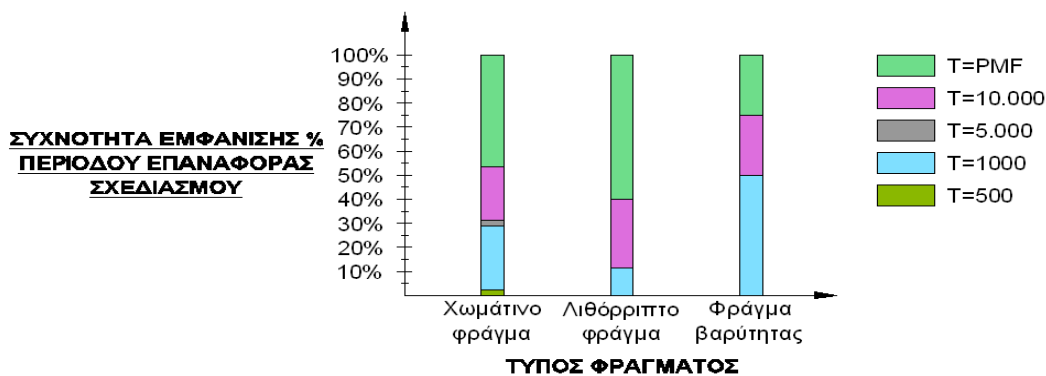


Εικόνα 1. Διάγραμμα συσχέτισης περιόδου επαναφοράς πλημμύρας σχεδιασμού και ύψους φράγματος

γ) Ως προς τη συσχέτιση περιόδου επαναφοράς και τύπου φράγματος, προέκυψε ο ακόλουθος πίνακας και διάγραμμα.

Πίνακας 2. Συσχέτιση περιόδου επαναφοράς πλημμύρας σχεδιασμού και τύπου φράγματος

Φράγματα	Αριθμός Φραγμάτων (%)				
	ΠΜΠ	T=10.000	T=5.000	T=1.000	T=500
Χωμάτινα	46	23	2	27	2
Λιθόρριπτα	60	30		10	
Βαρύτητας	25	25		50	



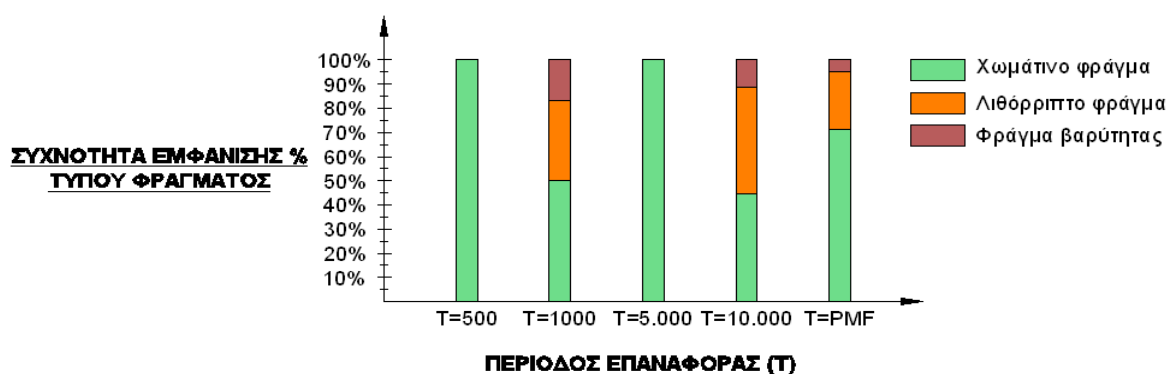
Εικόνα 2.

Διάγραμμα συσχέτισης περιόδου επαναφοράς πλημμύρας σχεδιασμού με τύπο φράγματος

δ) Ως προς τον τύπο φράγματος ανά περίοδο επαναφοράς προέκυψε ο ακόλουθος πίνακας και διάγραμμα.

Πίνακας 3. Τύπος φράγματος ανά περίοδο επαναφοράς

Τ (έτη)	Χωμάτινα (%)	Λιθόρριπτα (%)	Βαρύτητας (%)
ΠΜΠ	70	25	5
10.000	45	45	10
5.000	100		
1.000	50	32	18
500	100		



Εικόνα 3. Διάγραμμα τύπου φράγματος ανά περίοδο επαναφοράς πλημμύρας σχεδιασμού

## 1.6 Ενέργειες ΕΕΜΦ

Η Ελληνική Επιτροπή Μεγάλων Φραγμάτων, έχοντας επίγνωση του προβλήματος και του κενού που υπάρχει από την άποψη των κανονιστικών ή καθοδηγητικών κειμένων, προχώρησε το 2011 στη σύσταση Ομάδας Εργασίας με θέμα τον Καθορισμό Κριτηρίων Επιλογής Πλημμυρών Σχεδιασμού για Φράγματα. Η Ο.Ε. στελεχώθηκε με τα μέλη της ΕΕΜΦ Ιωάννη Κουβόπουλο, Αιμιλία Πιστρίκα, Ευάγγελο Ράμπια, Ιωάννη Στεφανάκο και Πηνελόπη Τσίρα. Συντονιστής ορίστηκε ο Ι. Στεφανάκος και κατά την εξέλιξη των εργασιών τον διαδέχθηκε ο Ι. Κουβόπουλος.

Η Ο.Ε. προχώρησε προς την ολοκλήρωση του έργου της με τη σύνταξη της παρούσας Έκθεσης, η οποία θα τεθεί σε δημόσιο διάλογο σε προγραμματισμένη Εσπερίδα τον Νοέμβριο 2014. Η ολοκλήρωση του έργου θα έχει επιτευχθεί με τη συμπερίληψη, κατά το δυνατόν, των κυριότερων σημείων του διαλόγου στο οριστικό κείμενο της Έκθεσης.



## 2. Ορολογία

**Ανάλυση της διακινδύνευσης πλημμύρας (Flood Risk Analysis):** Διαδικασία κατά την οποία υπολογίζονται οι δυσμενείς συνέπειες πλημμυρικών γεγονότων, η διακινδύνευση αυτών και των εναλλακτικών επιλογών προς μετριασμό των συνεπειών, και κατατάσσονται με τέτοιο τρόπο ώστε να διευκολύνεται η λήψη αποφάσεων. Η ανάλυση διακινδύνευσης αποτελεί τη σύγχρονη μέθοδο για την επιλογή της πλημμύρας σχεδιασμού ενός φράγματος. Γενικά περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια: προσδιορισμός συστήματος, αναγνώριση φυσικού κινδύνου και μηχανισμών αστοχίας, εκτίμηση, αποτίμηση, αξιολόγηση, και διαχείριση διακινδύνευσης.

**Ανάλυση ευαισθησίας:** Ανάλυση κατά την οποία προσδιορίζεται η σχετική σημασία μιας ή περισσότερων μεταβλητών που θεωρείται ότι επιδρούν στο υπό μελέτη φαινόμενο.

**Αναρρίχηση κύματος:** Κατακόρυφο ύψος υπεράνω της στάθμης ηρεμίας του νερού, μέχρι το οποίο θα ανεβεί ένα συγκεκριμένο κύμα αναρριχώμενο επάνω στην επιφάνεια μιας κατασκευής ή επιχώματος.

**Αξιολόγηση της διακινδύνευσης πλημμύρας (Flood Risk Assessment):** Η διαδικασία περιλαμβάνει τη σύγκριση μεταξύ της εκτίμησης πλημμυρικής διακινδύνευσης και των αποδεκτών / ανεκτών ορίων διακινδύνευσης, έτσι ώστε να μπορεί να προτείνει κανείς κατάλληλη στρατηγική λήψης μέτρων αντιπλημμυρικής προστασίας

**Αποθήκευση πλημμύρας:** Η συγκράτηση του νερού, ή η καθυστέρηση της απορροής, είτε με σκοπούμενες ενέργειες, όπως σε έναν ταμιευτήρα, ή με προσωρινή πλήρωση περιοχών υπερχειλίσης, όπως κατά την προέλαση πλημμυρικού κύματος μέσα από ένα φυσικό υδατόρρουμα.

**Αποτίμηση της διακινδύνευσης πλημμύρας (Flood Risk Evaluation):** Η διαδικασία λήψης απόφασης σχετικά με τον καθορισμό των αποδεκτών / ανεκτών ορίων διακινδύνευσης για την υπό απειλή πλημμύρας κοινωνία, δεδομένων των αποτελεσμάτων της εκτίμησης της διακινδύνευσης. Η διαδικασία αυτή αντανακλά την ικανότητα πρόσληψης της πλημμυρικής διακινδύνευσης από την πλευρά της τοπικής κοινωνίας.

**Αστοχία φράγματος:** Η κατάρρευση ή μετακίνηση μέρους του φράγματος ή της θεμελίωσης του, τέτοια ώστε το φράγμα να μην μπορεί να συγκρατήσει νερό. Η αστοχία έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση του αποθηκευμένου νερού. Με την ευρύτερη έννοια η αστοχία περιλαμβάνει τις περιπτώσεις που το σύνολο του έργου αδυνατεί να συγκρατήσει νερό.

**Διακινδύνευση πλημμύρας (Flood Risk):** Ως διακινδύνευση πλημμύρας ορισμένης έντασης σε ένα χωροχρονικά ορισμένο σύστημα ορίζεται το γινόμενο της ανεξάρτητης πιθανότητας εκδήλωσης ενός δυσμενούς γεγονότος πλημμύρας επί το μέγεθος της επακόλουθης ζημιάς. Επομένως, η εκτίμηση της πλημμυρικής διακινδύνευσης μπορεί να είναι σε οικονομικούς όρους, ή σε απώλειες ανθρώπινης ζωής, όταν οι ζημιές είναι μετρήσιμες, ή σε ποιοτικούς όρους (π.χ. κλάσεις) όταν οι ζημιές δεν είναι μετρήσιμες.

**Διόδευση πλημμύρας:** Η διαδικασία προσδιορισμού, με προοδευτικό τρόπο, του πλάτους του πλημμυρικού κύματος, καθώς κινείται προς τα κατάντη του υδατορρέυματος και, ιδιαιτέρως, καθώς περνά μέσα από έναν ταμιευτήρα.

**Δυνητικές συνέπειες:** Δυσμενείς επιπτώσεις οι οποίες μπορεί να προκύψουν ως αποτέλεσμα πλημμυρικών ροών που απελευθερώνονται από το φράγμα ή τις προκαλεί μερική ή ολική αστοχία του φράγματος. Πρωτεύουσας σημασίας είναι οι απώλειες ζωής, οι οικονομικές απώλειες, η αποδιάρθρωση των βασι-

κών δικτύων (π.χ. ύδρευσης, αποχέτευσης, ηλεκτρισμού, κυκλοφορίας, επικοινωνιών) και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

**Ελεύθερο ύψος:** Κατακόρυφη απόσταση μεταξύ της μέγιστης στάθμης ηρεμίας της επιφάνειας του νερού κατά τη διόδευση του υδρογραφήματος της πλημμύρας σχεδιασμού μέσω ταμιευτήρα και της στέψης του φράγματος, μη υπολογιζομένων των επικλίσεων.

**Επικινδυνότητα Πλημμύρας (flood hazard):** Ως επικινδυνότητα πλημμύρας ορίζεται η πιθανότητα εκδήλωσης ενός γεγονότος πλημμύρας ορισμένης ή μεγαλύτερης έντασης που αναμένεται ότι θα συμβεί σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο και σε χωρικά ορισμένη περιοχή.

**Θυρόφραγμα:** Ένας κινητός υδροφράκτης για τον έλεγχο του νερού.

**Κανονισμός λειτουργίας ταμιευτήρα:** Αναφέρεται σε μια συλλογή κριτηρίων λειτουργίας, οδηγιών και προδιαγραφών που καθορίζουν την αποθηκευτική και παροχетеυτική λειτουργία ενός ταμιευτήρα. Συνήθως εκφράζονται με τη μορφή γραφημάτων και πινάκων, συμπληρωμένων με συνοπτικές προδιαγραφές, συχνά δε είναι ενσωματωμένα σε προγράμματα ΗΥ. Γενικά, υποδεικνύουν τις οριακές τιμές των εκροών του ταμιευτήρα, οι οποίες απαιτούνται ή επιτρέπονται κατά τη διάρκεια διαφόρων εποχών του έτους, ώστε να επιτυγχάνονται όλοι οι λειτουργικοί στόχοι του έργου.

**Κατηγοριοποίηση φράγματος βάσει των δυνητικών συνεπειών αστοχίας (Downstream Hazard Classification):** Ένα σύστημα που κατηγοριοποιεί τα φράγματα σύμφωνα με τον βαθμό των πρόσθετων δυνητικών δυσμενών συνεπειών στις περιοχές κυρίως κατάντη του φράγματος από την αστοχία ή πλημμελή λειτουργία του εξ αιτίας πλημμύρας. Η κατηγοριοποίηση των πρόσθετων δυσμενών συνεπειών δεν αντανακλά με κανένα τρόπο την υφιστάμενη κατάσταση του φράγματος, π.χ. από την άποψη της δομικής ακεραιότητας του σώματος ή της ικανότητας του ταμιευτήρα για ανάσχεση πλημμυρικής εισροής.

**Όγκος ελέγχου πλημμυρών:** Ο όγκος ενός ταμιευτήρα ανάμεσα στη στάθμη ελεγχόμενης λειτουργίας (κανονική στάθμη) και την ανωτάτη στάθμη πλημμύρας. Αυτός ο πλημμυρικός όγκος δεν μπορεί να συγκρατηθεί μέσα στον ταμιευτήρα, αλλά θα εκρεύσει μέχρι η στάθμη της επιφάνειας του νερού να φθάσει τη στάθμη ελεγχόμενης λειτουργίας.

**Παροχетеυτικότητα υπερχειλιστή:** Η μέγιστη εκροή υπερχειλιστή η οποία μπορεί να περάσει ασφαλώς κατάντη του φράγματος, με τον ταμιευτήρα στη μέγιστη στάθμη πλημμύρας.

**Πιθανή μέγιστη κατακρήμνιση (ΠΜΚ):** Θεωρητικά, το μεγαλύτερο ύψος κατακρήμνισης δεδομένης διάρκειας, το οποίο, μια καταιγίδα δεδομένης έκτασης είναι φυσικά δυνατόν να προκαλέσει σε συγκεκριμένη γεωγραφική θέση, κατά τη διάρκεια συγκεκριμένης εποχής του χρόνου.

**Πιθανή μέγιστη πλημμύρα (ΠΜΠ):** Η πλημμύρα που μπορεί να αναμένεται από τον πιο δριμύ συνδυασμό κρίσιμων μετεωρολογικών και υδρολογικών συνθηκών, οι οποίες είναι ευλόγως δυνατές στην υπό μελέτη λεκάνη απορροής.

**Πλημμύρα:** Προσωρινή ανύψωση της στάθμης της επιφάνειας του νερού, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την κατάκλυση περιοχών οι οποίες κανονικά δεν καλύπτονται από το νερό. Υποθετικές πλημμύρες μπορούν να εκφράζονται με όρους μέσης πιθανότητας υπέρβασης ανά έτος, όπως π.χ. πλημμύρα πιθανότητας 1%, ή να εκφράζονται ως κλάσμα της πιθανής μέγιστης πλημμύρας, ή άλλης πλημμύρας αναφοράς.

**Πλημμύρα πιθανότητας εμφάνισης 1%:** Μία πλημμύρα που έχει πιθανότητα 1 στα 100 να εμφανιστεί ίση ή μεγαλύτερή της κατά τη διάρκεια ενός οποιουδήποτε έτους.

**Πλημμύρα σχεδιασμού (ΠΣ):** Η πλημμύρα σχεδιασμού ενός φράγματος ή άλλης κατασκευής συγκράτησης των υδάτων, είναι το υδρογράφημα πλημμύρας που χρησιμοποιείται κατά τον σχεδιασμό ενός φράγματος, των συνοδών έργων, ιδιαιτέρως για τη διαστασιολόγηση του υπερχειλιστή και των έργων εκροής, για τον προσδιορισμό του μέγιστου ύψους του φράγματος, του ελεύθερου ύψους, και των απαιτήσεων προσωρινής αποθήκευσης του πλημμυρικού όγκου.

**Πλημμύρα ελέγχου ασφαλείας (ΠΕΑ):** Πλημμύρα, η οποία αντιστοιχεί σε εξαιρετικά μικρή πιθανότητα ή στην ΠΜΠ. Για αυτήν την πλημμυρική εισροή γίνεται αποδεκτό, για τη στέψη του φράγματος, τον υπερχειλιστή και τη διάταξη καταστροφής ενέργειας, να ευρίσκονται στα όρια της αστοχίας, αλλά να εξακολουθούν να λειτουργούν με οριακή ασφάλεια. Κατά την ΠΕΑ, γίνεται δεκτή η εξάντληση του ελεύθερου ύψους, εφόσον δεν προκαλεί αστοχία.

**Πλημμυρικό πεδίο:** Η κατάντη έκταση η οποία θα κατακλυζόταν, ή θα επηρεαζόταν με οποιονδήποτε άλλον τρόπο από την αστοχία φράγματος, ή από μεγάλες πλημμυρικές ροές.

**Πόδας του φράγματος:** Η τομή της κατάντη πλευράς ενός φράγματος με την επιφάνεια του εδάφους· αναφέρεται και ως κατάντη πόδας. Η τομή της ανάντη πλευράς με την επιφάνεια του εδάφους καλείται ανάντη πόδας.

**Προσδιοριστική μέθοδος:** Μέθοδος κατά την οποία αγνοείται η πιθανότητα εμφάνισης της εξεταζόμενης μεταβλητής και η οποία μέθοδος, αυτή ή το χρησιμοποιούμενο μοντέλο, θεωρείται ότι ακολουθεί έναν συγκεκριμένο νόμο μετά βεβαιότητας και όχι πιθανοτικώς.

**Πρόσθετες δυναμικές συνέπειες:** Υπό τις ίδιες πλημμυρικές συνθήκες, η διαφορά των δυναμικών συνεπειών λόγω αστοχίας ή πλημμυρικής λειτουργίας, από εκείνες που θα είχαν συμβεί χωρίς αστοχία ή πλημμυρική λειτουργία του φράγματος.

**Ρήγμα ή άνοιγμα:** Ένα άνοιγμα στο σώμα του φράγματος, μέσα από το οποίο αποστραγγίζεται ο ταμιευτήρας. Αν το άνοιγμα είναι κατασκευασμένο για τον σκοπό αυτόν, η αποστράγγιση είναι ελεγχόμενη. Ένα ανεξέλεγκτο ρήγμα επιτρέπει αθέλητη διαρροή του ταμιευτήρα.

**Σημαντικό ύψος κύματος:** Μέσο ύψος του μεγαλύτερου τρίτου μεμονωμένων κυμάτων. Μπορεί να εκτιμηθεί από την ταχύτητα του ανέμου, το μήκος ανάπτυξης και τη διάρκεια της πνοής του ανέμου.

**Στάθμη ηρεμίας:** Η στάθμη που θα λάμβανε η επιφάνεια του νερού, αν απουσίαζαν οι κυματισμοί.

**Στάσιμο κύμα:** Ένα κύμα που ταλαντώνεται μέσα στον ταμιευτήρα και το οποίο έχει προκληθεί από κατολίπωση μέσα στον ταμιευτήρα ή από σεισμική επιτάχυνση του εδάφους.

**Σύγχρονες εισροές:** Ροές αναμενόμενες σε κατάντη του φράγματος παραποτάμους, κατά τον ίδιο χρόνο που συμβαίνει η πλημμυρική εισροή.

**Σύγχρονες πλημμύρες:** Ροές αναμενόμενες στον ποταμό, σε παραπόταμο του οποίου υπάρχει το φράγμα, κατά τον ίδιο χρόνο που συμβαίνει η πλημμυρική εισροή στον ταμιευτήρα.

**Υδροληψία:** Τοποθετημένη στην απαρχή αγωγών έργων εκροής (αγωγοί προσαγωγής, αγωγοί ύδρευσης), η υδροληψία ορίζει την κατωτάτη στάθμη του ταμιευτήρα με τη θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων της προς το έργο εκροής. Η υδροληψία μπορεί να είναι κατακόρυφοι ή κεκλιμένοι πύργοι, εισαγωγές πτώσης, ή βυθισμένες κιβωτιόσχημες κατασκευές. Η στάθμη της υπερχειλίσης καθορίζεται από το υδραυ-

λικό ύψος που απαιτείται για την παροχρητικότητα (σε υπερχειλιστές), από τον όγκο που διαφυλάσσεται για τις προσχώσεις, από την απαιτούμενη ποσότητα και τον ρυθμό υποβιβασμού, και από την επιθυμητή κατωτάτη στάθμη ύδατος.

**Υπερύψωση ανεμογενής (wind setup):** Η κατακόρυφη άνοδος της στάθμης ηρεμίας του νερού στην επιφάνεια μιας κατασκευής ή επιχώματος, η προκαλούμενη από τις τάσεις του ανέμου πάνω στην επιφάνεια του νερού.

**Υπερχειλιστής ή Εκχειλιστής:** Κατασκευή πάνω από την οποία (υπερχειλιστής), ή δια μέσου της οποίας (εκχειλιστής), παροχετεύεται η ροή από έναν ταμιευτήρα. Αν η παροχή μπορεί να ρυθμιστεί με μηχανικά μέσα, όπως θυροφράγματα, ο εκχειλιστής θεωρείται ελεγχόμενος. Αν ο μόνος έλεγχος προκύπτει από τη γεωμετρία του, ο υπερχειλιστής θεωρείται ελεύθερος. Ακολουθούν ειδικοί τύποι υπερχειλιστών:

**Υπερχειλιστής λειτουργίας:** Υπερχειλιστής σχεδιασμένος έτσι ώστε να παρέχει συνεχείς ή συχνές, ρυθμισμένες ή μη εκροές από ένα ταμιευτήρα, χωρίς σημαντικές ζημιές είτε στο φράγμα είτε στις συνοδές κατασκευές.

**Βοηθητικός υπερχειλιστής:** Οποιοσδήποτε δευτερεύουσας σημασίας υπερχειλιστής ο οποίος είναι σχεδιασμένος έτσι ώστε να λειτουργεί σπάνια, πιθανώς με την πρόβλεψη δομικών βλαβών κάποιου βαθμού, ή διάβρωσής του, που θα συνέβαιναν κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του.

**Υπερχειλιστής έκτακτης ανάγκης:** Υπερχειλιστής σχεδιασμένος έτσι ώστε να παρέχει πρόσθετη προστασία έναντι υπερπήδησης του φράγματος, και ο οποίος αποβλέπεται να χρησιμοποιηθεί κάτω από ακραίες συνθήκες πλημμύρας, ή δυσλειτουργίας του υπερχειλιστή λειτουργίας και/ή του βοηθητικού υπερχειλιστή.

**Χάρτης κατακλυζομένων:** Χάρτης που εμφανίζει τις περιοχές που θα υφίσταντο πλημμύρα εξ αιτίας ανεξέλεγκτων εκροών από τον ταμιευτήρα ενός φράγματος.

### 3. Τρέχουσα πρακτική άλλων χωρών στην επιλογή πλημμυρών σχεδιασμού για φράγματα

#### 3.1 Εθνικοί Κανονισμοί

Η πληροφορία που παρατίθεται στο υποκεφάλαιο αυτό και αφορά στη σχετική νομοθεσία ενός μεγάλου αριθμού ευρωπαϊκών κρατών (Γαλλία, Ιταλία, Νορβηγία, Πορτογαλία, Αυστρία, Φινλανδία, Γερμανία, Ολλανδία, Ρουμανία, Σλοβενία, Ισπανία, Σουηδία, Ελβετία, Ηνωμένο Βασίλειο) και τις ΗΠΑ, έχει κυρίως βασιστεί σε δυο εκθέσεις της Ευρωπαϊκής Ομάδας της ICOLD με τίτλο Dam Legislation:

- η πρώτη έκθεση (ICOLD European Club, 2001) συντάχθηκε από Ομάδα Εργασίας (Working Group) υπό τον Patrick Le Delliou, η οποία απαρτιζόταν από εμπειρογνώμονες από 14 κράτη μέλη με στόχο τη σύγκριση της νομοθεσίας των φραγμάτων στα ευρωπαϊκά κράτη, και
- η δεύτερη (ICOLD European Club, 2007) συντάχθηκε από Ειδική Ομάδα Εργασίας ('scouting' Working Group) υπό τον Giovanni Ruggeri. Η Ομάδα Εργασίας αυτή απαρτιζόταν από 4 κράτη μέλη και αποτελεί την επικαιροποιημένη έκδοχή της πρώτης έκθεσης.

Οι δύο εκθέσεις επιβεβαίωσαν το ευρύ ενδιαφέρον για εύκολη πρόσβαση στην σχετική πληροφορία για την νομοθεσία περί σχεδιασμού των φραγμάτων στα ευρωπαϊκά κράτη. Διαπιστώθηκε επίσης διαρκής εξέλιξη αυτής της νομοθεσίας και γι αυτό κρίθηκε απαραίτητη η συνεχής επικαιροποίηση της πληροφορίας από τις Εθνικές Επιτροπές των Ευρωπαϊκών κρατών.

#### 3.1.1 Πεδίο εφαρμογής και εμπειρικά κριτήρια επιλογής της πλημμύρας σχεδιασμού φραγμάτων

##### Γαλλία

Το νομοθετικό πλαίσιο για την ασφάλεια φραγμάτων διακρίνει τέσσερις (4) κατηγορίες φραγμάτων ανάλογα με το ύψος (H) του φράγματος και τον ωφέλιμο όγκο (V) του ταμιευτήρα. Για την ταξινόμηση χρησιμοποιείται ένας δείκτης C, ο οποίος ορίζεται ως εξής:

$$C = H^2 \times V^{0.5}, \text{ όπου } H [m] \text{ και } V [hm^3]$$

Πίνακας 4. Σύστημα Κατηγοριοποίησης Φραγμάτων βάσει χαρακτηριστικών μεγεθών φράγματος στη Γαλλία

Κατηγορία	Ύψος Φράγματος (m)	Δείκτης C	Αρ. Καταγεγραμμένων Φραγμάτων
A	>= 20	-	300
B	10 - 20	>= 200	300
C	> 5	>= 20	1000
D	> 2	-	Μερικές δεκάδες χιλιάδες

Δεν υπάρχουν συγκεκριμένοι κανονισμοί για τον προσδιορισμό των μεγεθών σχεδιασμού των φραγμάτων. Τα έργα που αφορούν σχεδιασμό φραγμάτων κατηγορίας Α ελέγχονται από την Μόνιμη Τεχνική Επιτροπή Φραγμάτων (Standing Technical Committee of Dams). Ο φάκελος των έργων αυτών που υποβάλλονται στην επιτροπή για έλεγχο έχει συγκεκριμένες προδιαγραφές και περιλαμβάνει συγκεκριμένο αριθμό τευχών με αντικείμενο π.χ. τη γεωλογία, σεισμό, πλημμύρα, υλικά, ανάλυση διακινδύνευσης κτλ. Μετά τον συγκεκριμένο έλεγχο από την Επιτροπή, ο φάκελος μελέτης εγκρίνεται από τις τοπικές αρχές ή το υπουργείο.

Επιπλέον, τα φράγματα που είναι ψηλότερα από 20 m και ο ταμιευτήρας τους έχει ωφέλιμο όγκο μεγαλύτερο από 15 hm<sup>3</sup> υπόκεινται στη νομοθεσία για την σύνταξη έκθεσης σχεδίου έκτακτης ανάγκης.

### Ιταλία

Μεγάλα φράγματα θεωρούνται τα φράγματα ύψους > 15 m ή με όγκο ταμιευτήρα > 1.000.000 hm<sup>3</sup>. Πριν από το 1994, ίσχυαν μικρότερα μεγέθη για τις παραπάνω παραμέτρους (10 m, 100.000 m<sup>3</sup>). Περίπου το 60% των φραγμάτων ανήκει σε ιδιώτες. Το 2003, καταγράφηκαν 547 μεγάλα φράγματα στην Ιταλία, από τα οποία τα 512 λειτουργούν και τα υπόλοιπα 35 βρίσκονταν σε φάση κατασκευής, ενώ τα μικρά φράγματα ήταν πάνω από 8000.

Η αρμόδια αρχή για τα μεγάλα φράγματα είναι η Εθνική Αρχή Φραγμάτων και για τα μικρότερα φράγματα είναι οι Περιφέρειες (η Ιταλία χωρίζεται σε 21 περιφέρειες) με αποτέλεσμα η νομοθετική κατάσταση να μην είναι ομοιογενής και να διαφέρει σημαντικά από Περιφέρεια σε Περιφέρεια. Η ιταλική νομοθεσία για την ασφάλεια των μεγάλων φραγμάτων δεν εφαρμόζει την μεθοδολογία της ανάλυσης της διακινδύνευσης αλλά βασίζεται σε εμπειρικά κριτήρια σχεδιασμού. Η υφιστάμενη νομοθεσία διακρίνεται σε δύο μέρη: το πρώτο μέρος (εκδόθηκε το 1954) αφορά τις διοικητικές διαδικασίες και το δεύτερο μέρος (εκδόθηκε το 1984), υπό τον τίτλο «Τεχνικοί Κανονισμοί», προσδιορίζει όλες τις τεχνικές προδιαγραφές για το σχεδιασμό και την κατασκευή ενός φράγματος: προσδιορισμός των στατικών και δυναμικών φορτίων, συνδυασμοί φορτίσεων, συντελεστές ασφαλείας, ελάχιστο ελεύθερο ύψος κ.τ.λ.

### Νορβηγία

Η νομοθεσία για την ασφάλεια φραγμάτων ισχύει για όλα τα φράγματα στη Νορβηγία, ανεξάρτητα από τον σκοπό του φράγματος, και οι απαιτήσεις σχεδιασμού έως ένα βαθμό συναρτώνται με τις κατηγορίες των συνεπειών του φράγματος. Τα φράγματα με όγκο ταμιευτήρα V < 10.000 m<sup>3</sup> και ύψος φράγματος H < 2 m θεωρούνται ότι ανήκουν στην κατηγορία συνεπειών 0 (ασήμαντες ζημιές). Τα κριτήρια για την εκτίμηση των συνεπειών ενός φράγματος φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 5. Κριτήρια εκτίμησης συνεπειών από αστοχία φράγματος στη Νορβηγία

Κατηγορία συνεπειών από αστοχία φράγματος	Αριθμός κατακλυσμένων κτηρίων	Υποδομή	Περιβάλλον/λοιπές υλικές ζημιές
4	> 150		
3	21 - 150	Δρόμος/ Σιδηρόδρομος μεγάλης κυκλοφορίας, ή άλλη υποδομή πολύ υψηλής σπουδαιότητας για τη δημόσια υγεία	Εκτεταμένη ζημιά σε περιοχές πολύ σημαντικής περιβαλλοντικής/υλικής αξίας

Κατηγορία συνεπειών από αστοχία φράγματος	Αριθμός κατακλυσμένων κτηρίων	Υποδομή	Περιβάλλον/λοιπές υλικές ζημιές
2	1 - 20	Δρόμος/ Σιδηρόδρομος μέτριας κυκλοφορίας ή άλλη υποδομή υψηλής σπουδαιότητας για τη δημόσια υγεία	Εκτεταμένη ζημιά σε περιοχές σημαντικής περιβαλλοντικής/υλικής αξίας
1	< 1	Δρόμος μικρής κυκλοφορίας ή άλλη υποδομή μέσης σπουδαιότητας για τη δημόσια υγεία	Ζημιά σε περιοχές με περιβαλλοντική/υλική αξία

Κατά το έτος 2012 είχαν καταγραφεί περίπου 3100 φράγματα, από τα οποία τα 341 είναι μεγάλα φράγματα ( $H > 15$  m). Περίπου 370 φράγματα ανήκουν στις τάξεις 3 και 4. Περίπου 150 φράγματα δεν έχουν καταγραφεί ακόμη, όπως επίσης και πολλά από τα μικρά φράγματα.

Η νομοθεσία για την ασφάλεια φραγμάτων περιλαμβάνει προσδιορισμό των συνδυασμών φορτίσεων, συντελεστών ασφαλείας, ελεύθερου ύψους, της λειτουργίας του υπερχειλιστή και των θυροφραγμάτων, της παρακολούθησης κατά την κατασκευή και λειτουργία κ.τ.λ. Η νομοθεσία περιλαμβάνει λεπτομερείς απαιτήσεις για τον σχεδιασμό και τη λειτουργία των διαφορετικών τύπων φράγματος και για διαφορετικές κατηγορίες συνεπειών.

### Πορτογαλία

Η νομοθεσία για την ασφάλεια φραγμάτων ισχύει για φράγματα:

α) με ύψος  $H > 15$  m

β) με όγκο ταμιευτήρα  $V > 100.000$  hm<sup>3</sup>

γ) για μικρότερα φράγματα, των οποίων η αστοχία θα προκαλούσε μεγάλο μεγέθους ζημιά στην κατακλυζόμενη ζώνη.

Η σχετική νομοθεσία απαρτίζεται από τέσσερις κώδικες οι οποίοι προσδιορίζουν όλα τα κριτήρια και τις προδιαγραφές που αφορούν στον σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία, την παρακολούθηση και την επιθεώρηση των φραγμάτων. Σε ένα σύνολο Κανονισμών και Κωδίκων Πρακτικής για τον σχεδιασμό, την παρακολούθηση και την επιθεώρηση των φραγμάτων, εμπεριέχεται και η μεθοδολογία για την εκτίμηση της ασφαλείας υφιστάμενων φραγμάτων. Τα φράγματα κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τις εκτιμώμενες δυνητικές συνέπειες που θέτει το φράγμα και την απόδοσή τους βάσει ενός δείκτη συνεπειών που λαμβάνει υπόψη του τρεις παραμέτρους: περιβαλλοντικές συνθήκες, κατάσταση φράγματος και οικονομικές συνθήκες.

Γενικά, οι σχετικοί κανονισμοί στην Πορτογαλία δίνουν προδιαγραφές που σχετίζονται με συγκεκριμένα αντικείμενα που αφορούν μέρη του φράγματος, όπως είναι η θεμελίωση και οι υπερχειλιστές. Ωστόσο οι προδιαγραφές δεν είναι συγκεκριμένες. Επιπλέον, οι κανονισμοί διευκρινίζουν τις απαιτήσεις για τα περιεχόμενα του φάκελου μελέτης φράγματος, προκειμένου να εγκριθεί.

### Ισπανία



Η νομοθεσία για την ασφάλεια φραγμάτων ισχύει για φράγματα:

α) με ύψος  $H > 15$  m, ή

β) με ύψος  $15 \text{ m} > H > 10$  m και όγκο ταμιευτήρα  $V > 1.000.000 \text{ hm}^3$

Οι τεχνικές προδιαγραφές ασφαλείας για τη μελέτη ενός φράγματος, την κατασκευή και την πρώτη πλήρωση, περιγράφουν τα γενικής φύσεως αντικείμενα (χρήση ταμιευτήρα, κλίμα, γεωλογία, σεισμολογία), τα εξειδικευμένα αντικείμενα (πλημμύρα σχεδιασμού, υπολογισμοί κατασκευών) και τις περιβαλλοντικές μελέτες (πληθυσμός υπό κατάκλιση, ποιότητα νερού, στερεοπαροχή κ.τ.λ.), που θα πρέπει να περιλαμβάνει η μελέτη ενός φράγματος.

Η Ισπανική Εθνική Επιτροπή Μεγάλων Φραγμάτων (SPANCOLD) συνεισφέρει στην παραπάνω διαδικασία μέσω των τεχνικών κατευθυντήριων γραμμών για συγκεκριμένα αντικείμενα.

### **Ρουμανία**

Η νομοθεσία για την ασφάλεια φραγμάτων ισχύει για φράγματα που ταξινομούνται σύμφωνα με τις κατηγορίες του Πίνακα 6:

Πίνακας 6. Σύστημα κατηγοριοποίησης φραγμάτων βάσει των χαρακτηριστικών τους, στη Ρουμανία

Κατηγορία	Ύψος Φράγματος (m)	Όγκος Ταμιευτήρα ( $\text{hm}^3$ )
1	$H \geq 100$	$V \geq 500$
2	$25 \leq H \leq 100$	$20 \leq V \leq 500$
3	$10 \leq H \leq 25$	$1 \leq V \leq 20$
4	$H \leq 10$	$V < 1$

Οι κρατικές προδιαγραφές ορίζουν τα περιεχόμενα της μελέτης ενός φράγματος και μερικούς κανόνες για το σχεδιασμό (παροχευετικότητα υπερχειλιστή, ανθεκτικότητα έναντι σεισμικών φαινομένων κ.τ.λ.). Για παράδειγμα, ο υπερχειλιστής θα μελετηθεί με βάση την πλημμύρα σχεδιασμού και την ευστάθεια του φράγματος, οι δε πιθανότητες υπέρβασης της πλημμύρας σχεδιασμού εξαρτώνται από την κατηγορία που ανήκει το φράγμα.

### **Φινλανδία**

Ο νόμος περί ασφαλείας των φραγμάτων εφαρμόζεται σε όλα τα φράγματα ανεξάρτητα από το ύψος τους. Η κατηγοριοποίηση των φραγμάτων έχει γίνει με βάση τον εμπειρικό προσδιορισμό των δυνητικών συνεπειών κατάντη του φράγματος σε περίπτωση αστοχίας αυτού.



Πίνακας 7. Σύστημα κατηγοριοποίησης φραγμάτων στη Φινλανδία βάσει των δυνητικών συνεπειών αυτών

Κατηγορία	Δυνητικές συνέπειες κατάντη φράγματος
1	Απώλεια ανθρώπινης ζωής ή σημαντικό κόστος στο περιβάλλον ή σε υλικές αξίες
2	Ενδεχόμενη απώλεια ανθρώπινης ζωής ή μεγαλύτερη από ασήμαντη ζημιά στο περιβάλλον ή σε υλικές αξίες
3	Ασήμαντη ζημιά στο περιβάλλον ή σε υλικές αξίες

Η παραπάνω κατηγοριοποίηση γίνεται με απόφαση της αρμόδιας αρχής, η οποία βασίζεται στη μελέτη που έχει υποβάλει ο ιδιοκτήτης του φράγματος. Εάν η αρμόδια αρχή θεωρήσει ότι το φράγμα δεν συνιστά κίνδυνο για τα κατάντη, τότε το φράγμα δεν κατηγοριοποιείται. Ο ιδιοκτήτης του φράγματος είναι υπεύθυνος για την ασφαλή κατάσταση του φράγματος κατά τη διάρκεια όλης της ζωής του έργου.

Η νομοθεσία για την ασφάλεια φραγμάτων προβλέπει την επιλογή πλημμύρας σχεδιασμού σύμφωνα με τον Πίνακα 8.

Πίνακας 8. Επιλογή πλημμύρας σχεδιασμού βάσει της κατηγοριοποίησης φραγμάτων στην Φινλανδία

Κατηγορία	Περίοδος επαναφοράς πλημμύρας σχεδιασμού
1	5.000 – 10.000
2	500 – 1.000
3	100 - 500

Για τα φράγματα κατηγορίας 1 θα πρέπει να συνταχθεί επιπλέον έκθεση διόδευσης πλημμυρικού κύματος από υποθετική θραύση φράγματος, καθώς και σχέδιο έκτακτης ανάγκης.

### **Γερμανία**

Δεδομένου ότι η Γερμανία είναι ομοσπονδιακό κράτος, κάθε κρατίδιο έχει τη δική νομοθεσία περί υδατικών πόρων. Η πληροφορία που παρατίθεται παρακάτω προέρχεται από το κρατίδιο της Βόρειας Ρηνανίας – Βεστφαλίας. Ο νόμος περί υδατικών πόρων του κρατιδίου καλύπτει όλα τα φράγματα άνω των 5 m ύψους και 100.000 m<sup>3</sup> χωρητικότητας. Ο νόμος ορίζει έξι διαφορετικούς τύπους φράγματος σύμφωνα με τον κατωτέρω Πίνακα. Η τεχνική προδιαγραφή DIN 19700 λαμβάνεται υπόψη από όλα τα κρατίδια της Γερμανίας, μαζί με πρόσθετες οδηγίες. Δεν υπάρχει κατηγοριοποίηση βάσει αξιολόγησης των δυνητικών συνεπειών.

Πίνακας 9. Τύποι φραγμάτων στη Γερμανία

Τύποι Φραγμάτων	
<b>Προδιαγραφές νόμου περί υδάτων κρατιδίου Β. Ρηνανίας - Βεσφαλίας</b>	<b>DIN197000 Τεχνικές Προδιαγραφές</b>
H > 5 m και V > 100.000 m <sup>3</sup>	Όλα τα φράγματα
Τύπος 1: φράγματα και αναβαθμοί	Μέρος 10: όλα τα φράγματα
Τύπος 2: φράγματα τελμάτων (εσωποτάμια)	Μέρος 11: ταμειυτήρες
Τύπος 3: μέτρα ασφαλείας όπως ο τύπος 1	Μέρος 12: αντιπλημμυρικοί ταμειυτήρες
Τύπος 4: αντιπλημμυρικοί ταμειυτήρες	Μέρος 13: αναβαθμοί
Τύπος 5: αντλητικοί ταμειυτήρες	Μέρος 14: αντλητικοί ταμειυτήρες
Τύπος 6: φράγματα τελμάτων (εξωποτάμια)	Μέρος 15: φράγματα τελμάτων

Σε ότι αφορά τις τεχνικές προδιαγραφές, ο προσδιορισμός της πλημμύρας σχεδιασμού εξαρτάται από τον τύπο του φράγματος και έχει μέγιστη περίοδο επαναφοράς τα 1000 έτη. Ωστόσο, ο υπολογισμός του ελεύθερου ύψους θα πρέπει να γίνει λαμβάνοντας υπόψη και την Πιθανή Μέγιστη Πλημμύρα.

### Ολλανδία

Δεν υπάρχουν κανονισμοί ή σχετική νομοθεσία ειδικά για τα φράγματα, εκτός από συγκεκριμένους συντελεστές ασφαλείας που αφορούν στα αντιπλημμυρικά αναχώματα και αντιστοιχούν σε πλημμυρικές συχνότητες από 1/250 έως 1/10.000 ανάλογα με το εάν αναφέρονται σε ανάντη τμήματα των λεκανών απορροής ή σε πυκνοκατοικημένες περιοχές στα κατάντη τμήματα των λεκανών.

### Κύπρος

Δεν υπάρχουν εθνικοί κανονισμοί σχετικοί με τις πλημμύρες σχεδιασμού.

### Ηνωμένο Βασίλειο

Το σύνολο των τεχνικών προδιαγραφών που αφορούν στην ασφάλεια φραγμάτων στη Μεγάλη Βρετανία εκδόθηκε για πρώτη φορά από το Ινστιτούτο των Πολιτικών Μηχανικών το 1978 με τον τίτλο « Πλημμύρες και Ασφάλεια Ταμειυτήρων – Ένας Οδηγός για Μηχανικούς» (Institution of Civil Engineers, 1978). Είχε προταθεί ο Οδηγός αυτός να επικαιροποιείται κάθε 10 χρόνια και, εάν χρειάζεται, να αναθεωρείται το περιεχόμενό του.

Σύμφωνα την επικαιροποίηση του Οδηγού το 1996 (ICE, 1996), το προτεινόμενο σύστημα ταξινόμησης των φραγμάτων, το οποίο διακρίνει τέσσερις (4) κατηγορίες φραγμάτων και παρουσιάζεται στον Πίνακα 10, καταλήγει ενδεικτικά στον βαθμό ασφαλείας που απαιτείται σε ένα φράγμα και στις δυνητικές αρνητικές συνέπειες της αστοχίας ενός φράγματος.

Σήμερα, το Ηνωμένο Βασίλειο έχει υιοθετήσει την πιο σύγχρονη επιστημονική προσέγγιση της ανάλυσης διακινδύνευσης πλημμύρας και την έχει ενσωματώσει στην νομοθεσία περί ασφάλειας φραγμάτων. Η πρόταση του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Τροφίμων και Αγροτικών Υποθέσεων του Ηνωμένου Βασιλείου (DEFRA, 2002), για ενσωμάτωση στο Νόμο περί φραγμάτων (HMSO, 1975) ενός ολοκληρωμένου συστήματος που βασίζεται στην ανάλυση της διακινδύνευσης από πλημμύρα, περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

1. Επιθεώρηση φράγματος και περιβάλλοντος χώρου, προσδιορισμός βασικών χαρακτηριστικών.
2. Επιλογή μηχανισμών αστοχίας (α) που έχουν τη μεγαλύτερη πιθανότητα να προκαλέσουν αστοχία στο υπό εξέταση φράγμα και (β) για τους οποίους οι ετήσιες πιθανότητες εμφάνισης μπορούν να εκτιμηθούν.
3. Εκτίμηση των ετήσιων πιθανοτήτων αστοχίας λόγω εξωτερικών απειλών και λόγω εσωτερικών απειλών.
4. Εκτίμηση της συνολικής ετήσιας πιθανότητας αστοχίας, στην οποία περιλαμβάνεται και ένας πρόσθετος έλεγχος εάν η εκτίμηση είναι λογική, βάσει εμπειρίας του Αξιολογητή – Μηχανικού.
5. Εκτίμηση υδρογραφήματος πλημμυρικού κύματος από θραύση φράγματος και των υδρογραφημάτων σε αρκετή απόσταση κατάντη της θέσης φράγματος.
6. Αξιολόγηση των συνεπειών από τη θραύση φράγματος· εκτίμηση του πληθυσμού υπό δυνητική απειλή, και των ενδεχόμενων απωλειών ανθρώπινης ζωής.
7. Αξιολόγηση της υλικής ζημιάς και της οικονομικής απώλειας.
8. Απόδοση Κατηγορίας Κινδύνου.
9. Εκτίμηση Διακινδύνευσης = πιθανότητα αστοχίας x συνέπειες
10. Ανεκτικότητα στην εκτιμώμενη συνολική ετήσια διακινδύνευση σε σχέση με κοινωνικά κριτήρια. Μη αποδεκτή, Ευρέως αποδεκτή, ή Οριακά Αποδεκτή.
11. Αξιολόγηση του βαθμού αποδοχής της διακινδύνευσης. Περιλαμβάνει αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης ως προς την αξιοπιστία τους βάσει της εμπειρίας και της γνώσης του Αξιολογητή – Μηχανικού.

Το σύστημα αυτό παρέχει το πλαίσιο λήψης αποφάσεων από ομάδα εμπειρογνομόνων μηχανικών για την εκτίμηση της συνολικής ετήσιας πιθανότητας εμφάνισης όλων των πιθανών μηχανισμών αστοχίας ενός υπό εξέταση φράγματος και των επακόλουθων συνεπειών της αστοχίας αυτού.

Σχέδιο για τον Καθορισμό Κριτηρίων Επιλογής Πλημμύρας Σχεδιασμού για Φράγματα

Πίνακας 10. Σύστημα κατηγοριοποίησης φραγμάτων βάσει της επικαιροποίησης του Νόμου περί Φραγμάτων, το 1996, Μ. Βρετανία

Κατηγορία φράγματος	Δυνητικές συνέπειες της αστοχίας φράγματος	Αρχικές συνθήκες στον Ταμειυτήρα	Πλημμύρα Σχεδιασμού		Τιμές προβλεπόμενης δράσης ανέμου και ελάχιστης αναρρίχησης κύματος
			Γενικό Πρότυπο	Ελάχιστη απαίτηση εάν η υπερπήδηση είναι ανεκτή	
<b>A</b>	Όταν ένα ρήγμα μπορεί να θέσει σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές στις κατάντη του φράγματος κοινότητες	Υπερχείλιση με τη μέση υπερετήσια παροχή	Πιθανή Μέγιστη Πλημμύρα (ΠΜΠ)	Πλημμύρα περιόδου επαναφοράς 10.000 ετών	Ετησίως μέση, μέγιστη ωριαία ταχύτητα ανέμου Αναρρίχηση κύματος όχι μικρότερη από 0,6 m
<b>B</b>	Όταν ένα ρήγμα (i) μπορεί να θέσει σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές αλλά όχι κοινότητα (ii) μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα εκτεταμένες υλικές ζημιές	Οριακά πλήρης ταμειυτήρας (δηλ. χωρίς υπερχειλίση)	Πλημμύρα περιόδου επαναφοράς 10.000 ετών	Πλημμύρα περιόδου επαναφοράς 1.000 ετών	
<b>Γ</b>	Όταν ένα ρήγμα μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα ασήμαντο κίνδυνο για την ανθρώπινη ζωή και περιορισμένες ζημιές	Οριακά πλήρης ταμειυτήρας (δηλ. χωρίς υπερχειλίση)	Πλημμύρα περιόδου επαναφοράς 1.000 ετών	Πλημμύρα περιόδου επαναφοράς 150 ετών	Ετησίως μέση, μέγιστη ωριαία ταχύτητα ανέμου Αναρρίχηση κύματος όχι μικρότερη από 0,4 m
<b>Δ</b>	Ειδικές περιπτώσεις όπου δεν προβλέπεται απώλεια ανθρώπινης ζωής λόγω αστοχίας φράγματος και η υλική ζημιά που μπορεί να προκληθεί είναι πολύ περιορισμένη.	Υπερχείλιση με τη μέση υπερετήσια παροχή	Πλημμύρα περιόδου επαναφοράς 150 ετών	Μη εφαρμόσιμο	Ετησίως μέση, μέγιστη ωριαία ταχύτητα ανέμου Αναρρίχηση κύματος όχι μικρότερη από 0,3 m

### Νόμος περί Φραγμάτων 2011 (Σκωτία)

Ο νόμος (HMSO, 2011) αυτός έχει θεσπιστεί λαμβάνοντας υπόψη τη σημαντική αλλαγή της μετάβασης από ένα καθεστώς που λάμβανε υπόψη μόνο την χωρητικότητα ενός ταμιευτήρα (ίσχυε μόνο για ταμιευτήρες με χωρητικότητα μεγαλύτερη από 25.000 m<sup>3</sup>) σε μια προσέγγιση που βασίζεται στην ανάλυση διακινδύνευσης. Σύμφωνα με το νέο νομοθετικό πλαίσιο, όλοι οι ταμιευτήρες με χωρητικότητα μεγαλύτερη από 10.000 m<sup>3</sup> απαιτείται να καταγράφονται σε κατάλογο της Υπηρεσίας Περιβαλλοντικής Προστασίας της Σκωτίας (Scottish Environmental Protection Agency – SEPA).

Η υπηρεσία αυτή στη συνέχεια ταξινομεί κάθε ταμιευτήρα ανάλογα με τις δυνητικές αρνητικές συνέπειες (απώλεια ανθρώπινης ζωής, καταστροφή σε ιδιοκτησία ή ζημιά σε ζωτικής σημασίας υποδομή) που εκτιμάται ότι θα συμβούν σε περίπτωση αστοχίας του ταμιευτήρα. Επίσης, στην ταξινόμηση λαμβάνεται υπόψη και η πιθανότητα αστοχίας του ταμιευτήρα. Με βάση τα κριτήρια αυτά, η Υπηρεσία ταξινομεί τους ταμιευτήρες σε «υψηλού», «μεσαίου» και «χαμηλού» δυνητικού κινδύνου. Προφανώς οι θέσεις εκείνες των φραγμάτων που ταξινομούνται ως «υψηλού» κινδύνου, θα πρέπει να έχουν στο σχεδιασμό μεγαλύτερο περιθώριο ρύθμισης και ελέγχου σε σύγκριση με τις αντίστοιχες του «μεσαίου» και «χαμηλού» κινδύνου. Η ταξινόμηση των φραγμάτων βάσει της κατηγορίας δυνητικού κινδύνου θα πρέπει να επαναξιολογείται κάθε 6 χρόνια ώστε να συμφωνεί με το Νόμο περί Διαχείρισης Πλημμυρών στη Σκωτία (HMSO, 2009). Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται ότι στην ταξινόμηση θα χρησιμοποιείται η πιο επικαιροποιημένη πληροφορία.

### Βουλγαρία

Ο εθνικός κανονισμός προσδιορισμού της πλημμύρας σχεδιασμού βασίζεται στους κανονισμούς και τις τεχνικές προδιαγραφές της πρώην Σοβιετικής Ένωσης. Τα φράγματα διακρίνονται σε τέσσερις (4) κατηγορίες κατασκευής (CLASS I, II, III, IV) και η αντιστοίχιση των κατηγοριών με το μέγεθος πλημμύρας σχεδιασμού φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 11. Συνιστώμενα κριτήρια ασφάλειας φραγμάτων, Βουλγαρία (Grishin, 1979)

Κατηγορία Φράγματος	Πλημμύρα Σχεδιασμού (περίοδος επαναφοράς)	Πρόβλεψη Ελεύθερου Ύψους
I	10.000 έτη	Ανωτάτη στάθμη πλημμύρας και αναρρίχηση κύματος πιθανότητας εμφάνισης 50% + Ανεμογενής υπερύψωση + Ελεύθερο ύψος $\geq 0,5$ m
II	1.000 έτη	Ανωτάτη στάθμη πλημμύρας και αναρρίχηση κύματος πιθανότητας εμφάνισης 50% + Ανεμογενής υπερύψωση + Ελεύθερο ύψος $\geq 0,5$ m
III	200 έτη	Ανωτάτη στάθμη λειτουργίας και αναρρίχηση κύματος πιθανότητας εμφάνισης 1% + Ανεμογενής υπερύψωση + Ελεύθερο ύψος $\geq 0,5$ m

Κατηγορία Φράγματος	Πλημμύρα Σχεδιασμού (περίοδος επαναφοράς)	Πρόβλεψη Ελεύθερου Ύψους
IV	100 έτη	Ανωτάτη στάθμη λειτουργίας και αναρρίχηση κύματος πιθανότητας εμφάνισης 1% + Ανεμογενής υπερύψωση + Ελεύθερο ύψος $\geq 0,5$ m

## ΗΠΑ

Στις αρχές της δεκαετίας του '70, μετά από μια σειρά από αστοχίες φραγμάτων (μεταξύ των οποίων στα φράγματα Buffalo Creek – Δυτική Βιρτζίνια 1972 και Canyon Lake – Βόρεια Ντακότα 1972), οι οποίες προκάλεσαν σημαντικές απώλειες ανθρωπίνων ζωών, θεσπίστηκε από το Κογκρέσο ο Εθνικός Νόμος Επιθεώρησης Φραγμάτων PL 92-367 (USA Congress, 1972). Την εποχή εκείνη ακόμα, πολλές πολιτείες δεν διέθεταν νομοθεσία για την ασφάλεια των φραγμάτων και πολλές φορές δεν απαιτούσαν την ανασκόπηση του σχεδιασμού πριν την κατασκευή, την επιθεώρηση της κατασκευής, ή την επιθεώρηση του τελειωμένου έργου. Οι περισσότερες πολιτείες διέθεταν στην εν λόγω περίοδο ανεπαρκή προγράμματα περί ασφαλείας φραγμάτων, με μια μεγάλη ποικιλία από πρακτικές, κανονισμούς και δυνατότητες των υπηρεσιών που ήταν υπεύθυνες για την ασφάλεια των φραγμάτων. Οι απώλειες ανθρωπίνων ζωών που ακολούθησαν ξανά από αστοχίες φραγμάτων (Φράγμα Teton στο Idaho το 1976, Φράγμα Kelly Barnes στη Georgia το 1977 και το Φράγμα Laurel Run στην Pennsylvania το 1977) έδωσαν σημαντική ώθηση για την εφαρμογή του Νόμου Επιθεώρησης Φραγμάτων PL 92-367.

Το Κογκρέσο, σε μια προσπάθεια για συντονισμό των ενεργειών που αποσκοπούν στην ασφάλεια των φραγμάτων, επιφόρτισε το Σώμα Μηχανικών του Αμερικανικού Στρατού (USACE) με την εφαρμογή των προβλέψεων του Νόμου PL 92-367, στις οποίες περιλαμβάνονταν, εκτός από την εκτέλεση του εθνικού προγράμματος επιθεώρησης, μια σειρά διατάξεων για την απογραφή όλων των φραγμάτων των ΗΠΑ, με επισκόπηση των γενομένων επιθεωρήσεων του καθενός, και η κατάρτιση συστάσεων για ένα αναλυτικό πρόγραμμα επιθεώρησης με αναφορά στις αρμοδιότητες των εμπλεκόμενων ομοσπονδιακών, πολιτειακών, αυτοδιοικητικών, δημοσίων και ιδιωτικών φορέων. Λόγω της μεγάλης κλίμακας του προγράμματος, το Σώμα Μηχανικών ανέπτυξε ένα σύστημα ταξινόμησης για να ελέγχεται η επάρκεια των υπερχειλιστών. Με αφορμή την εφαρμογή αυτού του νόμου, πολλές Πολιτείες υιοθέτησαν για πρώτη φορά κανονισμούς ασφαλείας φραγμάτων. Τελικά, μετά την επιθεώρηση που διεξήγαγε η USACE μεταξύ 1978 και 1981 και όσον αφορά την ταξινόμηση των φραγμάτων και τα κριτήρια σχεδιασμού των υπερχειλιστών, άλλες Πολιτείες είχαν υιοθετήσει τα προβλεπόμενα στο εν λόγω πρόγραμμα επιθεώρησης, άλλες είχαν υιοθετήσει τα πρότυπα της Υπηρεσίας Προστασίας Φυσικών Πόρων (NRCS, πρώην SCS) και άλλες τα πρότυπα της Υπηρεσίας Εγγείων Βελτιώσεων (Bureau of Reclamation). Την κατάσταση περιέπλεκε περαιτέρω η διάκριση των κριτηρίων μεταξύ υφισταμένων και νέων φραγμάτων και η εφαρμογή διαφορετικών παραδοχών όσον αφορά την καταγίδα σχεδιασμού, τις αρχικές συνθήκες της λεκάνης και του ταμιευτήρα, και διαφορετικών απαιτήσεων ελεύθερου ύψους.

Το 1979, η Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Πολιτικής Προστασίας (FEMA) και η Διυπηρεσιακή Επιτροπή για την Ασφάλεια των Φραγμάτων (ICODS) εξέδωσαν τις «Ομοσπονδιακές Οδηγίες για την Ασφάλεια των Φραγμάτων» (FEMA, 1979), όπου περιείχονταν οι πρώτες κατευθυντήριες γραμμές για τις ομοσπονδιακές υπηρεσίες που είχαν υπό την κυριότητά τους φράγματα. Αναφορικά με τις πλημμύρες, οι οδηγίες αυτές υποστήριζαν τη χρήση της ανάλυσης διακινδύνευσης. Ιδιαίτερως, όπου ήταν δυνατή η απώλεια ανθρωπίνης ζωής ή μεγάλων υλικών ζημιών, το κριτήριο επιλογής της πλημμύρας σχεδιασμού του υπερχειλιστή ήταν ότι η πιθανότητα υπέρβασής της θα έπρεπε να είναι πρακτικώς μηδενική. Πολλοί ερμήνευσαν ότι η παραπάνω πλημμύρα σχεδιασμού ήταν η ΠΜΠ. Κάποιοι μηχανικοί και πολιτειακές ρυθμιστικές αρχές υποστήριξαν το συγκεκριμένο πρότυπο, ενώ άλλοι υποστήριξαν την άποψη ότι, αν και η ΠΜΠ υπολογίζεται

εύκολα, επειδή δεν βασίζεται σε ανάλυση διακινδύνευσης, ήταν πιθανό να εκτρέψει κρίσιμους πόρους από την αντιμετώπιση άλλων τύπων δυνητικής αστοχίας που θα ήταν πιο πιθανό να υποστεί το έργο και να προκαλέσει απώλειες ανθρώπινων ζωών.

Το 1986 η FEMA δημοσίευσε τις «Ομοσπονδιακές Κατευθυντήριες Γραμμές για την Επιλογή και Διόδευση των Πλημμυρών Σχεδιασμού Φραγμάτων» (FEMA, 1986), συμπληρωματικές των «Οδηγών για την Ασφάλεια των Φραγμάτων». Ένας από τους πρωταρχικούς σκοπούς του κειμένου ήταν να ενισχύσει τη συμβατότητα των εφαρμοζομένων κριτηρίων σε όλη τη χώρα. Ακολούθησαν πολλά ακόμη κείμενα σχετικά με την υδρολογική ασφάλεια των φραγμάτων, από υπηρεσίες όπως η FEMA, η Εταιρία Πολιτικών Μηχανικών των ΗΠΑ (ASCE) και το Εθνικό Συμβούλιο Ερευνών (NRC). Αυτά τα κείμενα περιλάμβαναν πολυάριθμες συστάσεις που υποστήριζαν εξίσου ντετερμινιστικές προσεγγίσεις όσο και προσεγγίσεις που βασίζονταν στην ανάλυση της διακινδύνευσης για το σχεδιασμό των υπερχειλιστών. Επίσης, εντόπιζαν αρκετές ασυμφωνίες κατά την πρακτική εφαρμογή.

Τις περασμένες δύο δεκαετίες σημειώθηκε πρόοδος στην ανάπτυξη κι εφαρμογή της μεθόδου ανάλυσης διακινδύνευσης για την επιλογή της πλημμύρας σχεδιασμού. Το 1994, Υποεπιτροπή της ICODS ξεκίνησε την επικαιροποίηση των Κατευθυντήριων Γραμμών ώστε να ανταποκρίνονται στις νέες απαιτήσεις ασφαλείας φραγμάτων. Επιπλέον, άλλη Υποεπιτροπή της ICODS ανέπτυξε μια νέα κατευθυντήρια γραμμή με τίτλο "Σύστημα Ταξινόμησης Δυνητικού Κινδύνου για τα φράγματα" (FEMA/ICODS, 1998). Το 1996 θεσπίστηκε το Εθνικό Πρόγραμμα Ασφαλείας για τα Φράγματα και το 1998 ακολούθησε και νέα επικαιροποίηση των κατευθυντήριων γραμμών, διαδικασία η οποία γίνεται σε τακτικά χρονικά διαστήματα από τότε.

Η Αμερικανική Υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων (USBR) φαίνεται να αποτελεί την πρώτη υπηρεσία που εφαρμόζει μια μορφή ανάλυσης διακινδύνευσης, συμπεριλαμβανομένης και της επιλογής της κατάλληλης πλημμύρας σχεδιασμού. Αρχικά, το 1995 η εν λόγω υπηρεσία υιοθέτησε τη διαδικασία λήψης αποφάσεων με εκτίμηση της διακινδύνευσης ως το βασικό πλαίσιο για τη λήψη αποφάσεων που αφορούσαν στην ασφάλεια των φραγμάτων. Το 1997 η USACE συμπλήρωσε τη δική της πολιτική επιλογής πλημμύρας σχεδιασμού με μία αυξητική διαδικασία εκτίμησης των συνεπειών, ώστε να παράσχει ένα πλαίσιο για την αξιολόγηση των οφελών από τον μετριασμό των κινδύνων που παρουσιάζονται από υδρολογικές ελλείψεις. Η αυστηρή χρήση του καθιερωμένου προτύπου μιας πλημμύρας σχεδιασμού επιλεγόμενης βάσει κριτηρίων, συμπληρώθηκε έτσι ώστε να παρέχεται μια ανάλυση κόστους – οφέλους του σχεδιασμού, σε σύγκριση με μια μικρότερη πλημμύρα και με αναγνώριση του γεγονότος ότι ένα φράγμα σχεδιασμένο να περνά την ΠΜΠ δεν είναι μηδενικής διακινδύνευσης (Eiker *et al.*, 1998). Η αναθεωρημένη πολιτική της USACE ήταν ένα βήμα προς την κατεύθυνση της ανάλυσης διακινδύνευσης, διατηρώντας ταυτόχρονα το παραδοσιακό τεχνικό πρότυπο να απαιτείται η ικανότητα ασφαλούς διέλευσης της πλημμύρας που επιλέγεται βάσει κριτηρίων. Το 1998 η FEMA δημοσίευσε την αρχική έκδοση για την «Επιλογή και Διόδευση της Πλημμύρας Σχεδιασμού Φραγμάτων» που επέτρεπε στις ομοσπονδιακές υπηρεσίες να χρησιμοποιήσουν την ανάλυση προσθέτων συνεπειών ή άλλες αναλύσεις που λαμβάνουν υπόψη τη διακινδύνευση, για τον υπολογισμό της κατάλληλης πλημμύρας σχεδιασμού (FEMA, 1998).

Σήμερα, πολλοί ειδικοί στις ΗΠΑ θεωρούν ότι η τυπική μεθοδολογία ανάλυσης διακινδύνευσης, που έχει υιοθετηθεί από τις ηγετικές ομοσπονδιακές υπηρεσίες, είναι ένας χρήσιμος τρόπος αξιολόγησης της ασφαλείας των φραγμάτων, διότι υποχρεώνει τους ιδιοκτήτες των φραγμάτων να διερευνούν τους δυνατούς τρόπους αστοχίας και τις συνέπειες αυτών, να εντοπίζουν τους μεγαλύτερους κινδύνους, και να λαμβάνουν υπόψη τις αβεβαιότητες με τρόπο άμεσο. Από την άλλη πλευρά, η παραδοσιακή προσέγγιση που βασίζεται σε πρότυπα, παραμένει δημοφιλής για την πλειοψηφία των πολιτειακών ρυθμιστικών οργανισμών. Τα ντετερμινιστικά πρότυπα λαμβάνουν συνήθως μια συντηρητική προσέγγιση, είναι ευκόλως αντιληπτά, ευνοούν τη διεξαγωγή αξιολογήσεων σχετικώς μικρού κόστους και διευκολύνουν την περιγραφή της κατάστασης των φραγμάτων σε σχέση με τα πρότυπα. Οι μέθοδοι ανάλυσης διακινδύνευσης απαιτούν εκτιμήσεις των πιθανοτήτων για ακραία πλημμυρικά γεγονότα που βασίζονται σε περιορισμένα διαθέσιμα δεδομένα και σε τεχνικές που δεν είναι επιδεκτικές των παραδοσιακών στατιστικών αναλύσεων που χρησιμοποιούνται στην Υδρολογία.



Η ανάλυση διακινδύνευσης ωστόσο, αξιολογεί ρητά το βαθμό της εμπιστοσύνης τόσο του μεγέθους της πλημμύρας σχεδιασμού όσο και της πιθανότητας εμφάνισής της, πράγμα το οποίο είναι συνεπές με τις ομοσπονδιακές οδηγίες (FEMA, 2013).

Όσον αφορά στο σύστημα κατηγοριοποίησης δυνητικών συνεπειών των ΗΠΑ, το οποίο παρουσιάζει ενδιαφέρον και για την παρούσα εργασία, σε αυτό διακρίνονται τρία επίπεδα κατηγοριοποίησης, «Χαμηλό», «Σημαντικό», και «Υψηλό», κατά σειρά αύξησης των δυσμενών συνεπειών κατάντη του φράγματος. Στο σύστημα αυτό, τα κριτήρια σχεδιασμού γίνονται πιο συντηρητικά όσο το ενδεχόμενο απώλειας ζωής ή / και οι υλικές ζημιές αυξάνονται. Συγκεκριμένα:

Χαμηλό Επίπεδο Δυνητικών Συνεπειών: Μια αστοχία ή ένας λανθασμένος χειρισμός δεν αποφέρει απώλεια ανθρώπινης ζωής και μικρή οικονομική ή/και περιβαλλοντική ζημία. Οι απώλειες κυρίως περιορίζονται στην ιδιοκτησία του ιδιοκτήτη του Φράγματος.

Σημαντικό Επίπεδο Δυνητικών Συνεπειών: Μια αστοχία ή ένας λανθασμένος χειρισμός δεν αποφέρει καμία απώλεια ανθρώπινης ζωής αλλά μπορεί να προκαλέσει οικονομική ζημία και περιβαλλοντική καταστροφή. Τα φράγματα σε αυτό το επίπεδο ταξινόμησης συχνά βρίσκονται σε κατ' εξοχήν αγροτικές ή γεωργικές εκτάσεις, αλλά επίσης θα μπορούσαν να βρίσκονται σε περιοχές με πληθυσμό και σημαντική υποδομή.

Υψηλό Επίπεδο Δυνητικών Συνεπειών: Μια αστοχία ή ένας λανθασμένος χειρισμός αποφέρει πιθανή απώλεια ανθρώπινης ζωής.

Στον Πίνακα που ακολουθεί συνοψίζονται τα χαρακτηριστικά του συστήματος ταξινόμησης του Εθνικού Προγράμματος Ασφαλείας για τα Φράγματα και οι αντίστοιχες απαιτήσεις για την πλημμύρα σχεδιασμού (FEMA, 2013).

Πίνακας 12. Σύστημα κατηγοριοποίησης φραγμάτων βάσει του δυνητικού κινδύνου στα κατάντη του φράγματος, του Εθνικού Προγράμματος Ασφαλείας για τα Φράγματα των ΗΠΑ

Κατηγορίες δυνητικών συνεπειών	Απώλεια ανθρώπινης ζωής	Οικονομικές και περιβαλλοντικές απώλειες	Πλημμύρα σχεδιασμού
Χαμηλές	Δεν αναμένεται	Μικρές και γενικά περιορισμένες στον ιδιοκτήτη του φράγματος	T = 100 έτη
Σημαντικές	Δεν αναμένεται	Ναι	T = 1000 έτη
Υψηλές	Πιθανώς. Αναμένονται μία ή περισσότερες	Ναι (αλλά όχι απαραίτητο για την κατηγοριοποίηση αυτή)	ΠΜΠ



Εκτός του συστήματος ταξινόμησης του Εθνικού Προγράμματος Ασφαλείας για τα Φράγματα, σε κάποιες Πολιτείες ισχύουν επιπλέον κανονισμοί και οδηγίες. Συγκεκριμένα στην Πολιτεία της Ουάσινγκτον η κατηγοριοποίηση γίνεται με βάση τον Πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 13. Σύστημα Κατηγοριοποίησης Φραγμάτων με στόχο την Ασφάλεια Φράγματος, Πολιτεία της Ουάσινγκτον

Κατηγορίες δυνητικών συνεπειών	Επίπεδο δυνητικών συνεπειών	Πληθυσμός σε κίνδυνο (αριθμός ατόμων)	Οικονομικές απώλειες. Γενική Περιγραφή	Περιβαλλοντικές απώλειες
Χαμηλές	3	0	Ελάχιστες. Κανένα κατοικημένο κτήριο. Περιορισμένη αγροτική ανάπτυξη.	Δεν υπάρχουν δηλητηριώδη υλικά στο νερό
Σημαντικές	2	1 - 6	Αξιόλογες. 1 ή 2 κατοικημένα κτήρια. Αξιοσημείωτες γεωργικές εκτάσεις ή χώροι εργασίας. Δευτερεύοντες αυτοκινητόδρομοι ή/και σιδηροδρομικές γραμμές.	Περιορισμένη υποβάθμιση της ποιότητας του νερού λόγω των περιεχομένων του ταμειυτήρα.
Υψηλές	1C	7 - 30	Σημαντικές. 3-10 κατοικημένα κτήρια. Χαμηλής πυκνότητας προαστιακή περιοχή με κάποια βιομηχανική και εργασιακή δραστηριότητα. Πρωτεύοντες αυτοκινητόδρομοι και σιδηρο-	Σοβαρή πιθανότητα υποβάθμισης της ποιότητας του νερού από τα περιεχόμενα του ταμειυτήρα και μακράς διάρκειας επιπτώσεις στη ζωή.
Υψηλές	1B	31 - 300	Ακραίες. 11-100 κατοικημένα κτήρια. Μέσης πυκνότητας προαστιακή περιοχή ή αστική περιοχή με συσχετιζόμενη βιομηχανία, ιδιοκτησία και συγκοινωνιακά χαρακτηριστικά.	
Υψηλές	1A	> 301	Ακραίες. Περισσότερα από 100 κατοικημένα κτήρια. Ιδιαίτερα ανεπτυγμένες πυκνοκατοικημένες περιαστικές ή αστικές περιοχές.	

Αντίστοιχα, στην Πολιτεία του Κολοράντο η κατηγοριοποίηση γίνεται με μεγαλύτερη περιγραφική λεπτομέρεια, η οποία ακολουθεί σε γενικές γραμμές την ίδια κατεύθυνση με τις οδηγίες του Εθνικού Προγράμματος Ασφαλείας για τα Φράγματα. Συνοπτικά αναφέρεται ότι η κατηγοριοποίηση γίνεται σε τέσσερις (4) κατηγορίες σύμφωνα με τις δυσμενείς συνέπειες. Οι κατηγορίες αυτές είναι Υψηλών, Σημαντικών, Χαμηλών και Μηδαμινών Δυνητικών Συνεπειών. Έτσι:

Υψηλών Δυνητικών Συνεπειών, ορίζεται ένα φράγμα, για το οποίο αναμένεται να προκύψει απώλεια της ανθρώπινης ζωής από την αστοχία του.

Σημαντικών Δυνητικών Συνεπειών, ορίζεται ένα φράγμα, για το οποίο αναμένονται να συμβούν σημαντικές επιπτώσεις, αλλά όχι απώλεια ανθρώπινων ζώων από την αστοχία του.

Χαμηλών Δυνητικών Συνεπειών, ορίζεται ένα φράγμα, για το οποίο δεν αναμένεται απώλεια ανθρώπινης ζωής ούτε σημαντικές επιπτώσεις στις δομές και δημόσιες εγκαταστάσεις, όπως αυτές ορίζονται για ένα φράγμα Σημαντικού Κινδύνου, από την αστοχία του.

Μηδαμινών Δυνητικών Συνεπειών, ορίζεται ένα φράγμα για το οποίο δεν αναμένεται απώλεια ανθρώπινης ζωής και για το οποίο οι υλικές ζημιές περιορίζονται στον ιδιοκτήτη του φράγματος από την αστοχία του.

### 3.1.2 Διοικητική Αρχή για την Ασφάλεια Φραγμάτων και σχετικό Νομοθετικό Πλαίσιο

#### Γαλλία

Το Υπουργείο Οικολογίας, Ενέργειας, Αειφόρου Ανάπτυξης και Θάλασσας (MEEDDM) είναι η αρμόδια αρχή για την Ασφάλεια Φραγμάτων. Μια επιτροπή ανεξάρτητων εμπειρογνομόνων συστήνεται επιτόπου για κάθε περίπτωση νέου έργου κατασκευής φράγματος ή αποκατάστασης υφιστάμενου φράγματος, όταν πρόκειται για φράγμα υψηλότερο από 20 m. Ένας μεγάλος αριθμός φραγμάτων ανήκει στη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού της Γαλλίας αλλά υπάρχουν και αρκετοί ιδιώτες ιδιοκτήτες φραγμάτων, όπως είναι δήμοι, εταιρείες και γεωργικές ενώσεις. Από το 2010, έχει θεσμοθετηθεί επίσημη διαδικασία πιστοποίησης της εμπειρίας των μελετητικών γραφείων που ασχολούνται με το σχεδιασμό των φραγμάτων.

#### Ιταλία

Στην Ιταλία διακρίνουμε τις ακόλουθες αρμόδιες αρχές:

- Εθνική Αρχή Φραγμάτων: Ελέγχει και εγκρίνει όλα τα στάδια μελέτης, κατασκευής και λειτουργίας που αφορούν μεγάλα φράγματα.
- Περιφερειακές Διοικητικές Αρχές: Ελέγχουν και εγκρίνουν όλα τα στάδια μελέτης, κατασκευής και λειτουργίας που αφορούν μικρά φράγματα.
- Επιτροπή Αποδοχής: Δραστηριοποιείται κατά τη διάρκεια της φάσης κατασκευής ενός φράγματος και στη λήξη αυτής. Εκδίδει το τελικό πιστοποιητικό για τη λειτουργία ενός φράγματος.

Η Αρχή Πολιτικής Προστασίας είναι η υπεύθυνη αρχή για τη διαχείριση ενδεχόμενων καταστάσεων έκτακτης ανάγκης και τη διάσωση πληθυσμού που βρίσκεται σε κίνδυνο.

#### Νορβηγία

Η αρμόδια αρχή για την έκδοση των κανονισμών ασφαλείας των φραγμάτων είναι το Υπουργείο Πετρελαίου και Ενέργειας, ενώ η Διεύθυνση Νορβηγικών Υδατικών Πόρων και Ενέργειας (NVE) έχει την αποκλειστική αρμοδιότητα για την εφαρμογή της νομοθεσίας. Αυτό περιλαμβάνει έγκριση της μελέτης και της κατασκευής, επίβλεψη της κατασκευής, και παρακολούθηση της λειτουργίας και συντήρησης των φραγμάτων. Επίσης, η ίδια Διεύθυνση είναι υπεύθυνη για τη σύνταξη νέων κανονισμών και κατευθυντήριων οδηγιών για την ασφάλεια φραγμάτων.

#### Πορτογαλία

Οι αρμόδιες αρχές για τον έλεγχο της ασφαλείας φραγμάτων είναι οι ακόλουθες:

- Οι ιδιοκτήτες, που έχουν τη ολική ευθύνη για ένα φράγμα.
- Το Ινστιτούτο Νερού (INAG, I.P.), που υπάγεται στο Υπουργείο Περιβάλλοντος και δρα ως Αρχή Ασφάλειας Φραγμάτων έχοντας τη γενική εποπτεία στην επίβλεψη των ιδιοκτητών ως προς τη συμμόρφωσή τους με τους Κανονισμούς.
- Το Εθνικό Εργαστήριο των Πολιτικών Μηχανικών (LNEC), το οποίο παρέχει στην Αρχή τεχνική υποστήριξη για επιλεγμένα φράγματα Κατηγορίας I (υψηλός δυνητικός κίνδυνος).
- Εθνική Αρχή Πολιτικής Προστασίας, σε ότι αφορά στην προετοιμασία και εκτέλεση των Σχεδίων Έκτακτης Ανάγκης

- Επιτροπή Ασφάλειας Φραγμάτων (Dam Safety Commission - CSB), η οποία αναλύει τη συνολική πρόοδο της ασφάλειας των φραγμάτων στην Πορτογαλία και γνωμοδοτεί για τις όποιες διαφωνίες / παράπονα έχουν οι ιδιοκτήτες με τις αποφάσεις της Αρχής.

### 3.2 Συγκριτική αξιολόγηση Εθνικών Κανονισμών

Από τη συγκριτική αξιολόγηση των εθνικών κανονισμών ασφάλειας προκύπτει ότι, σε όλους τους κανονισμούς, ο ιδιοκτήτης του φράγματος είναι και ο κύριος υπεύθυνος για την ασφάλεια του έργου. Επίσης, φαίνεται ότι τα περιεχόμενα των εκθέσεων που απαιτούνται για τον σχεδιασμό, την κατασκευή ή την αποκατάσταση ενός φράγματος είναι λίγο πολύ κοινά σε όλα τα κράτη. Ωστόσο, λίγα μόνο κράτη προσδιορίζουν την χρήση συγκεκριμένων μεθοδολογιών για τον σχεδιασμό και τον υπολογισμό μεγεθών σχεδιασμού, θέτοντας περιορισμούς στα μεγέθη. Οι περισσότεροι κανονισμοί, σε συνεργασία με την αρχή πολιτικής προστασίας, χρησιμοποιούν κριτήρια είτε σχετικά με τις δυνητικές συνέπειες σε περίπτωση αστοχίας του φράγματος, είτε σχετικά με το μέγεθος του φράγματος και του ταμιευτήρα, είτε έναν συνδυασμό αυτών. Σε λιγότερες περιπτώσεις (ΗΠΑ, Μ. Βρετανία) χρησιμοποιείται η ανάλυση διακινδύνευσης.

Οι κύριες διαφορές έγκεινται στα παρακάτω σημεία:

- ως προς το ποια φράγματα αφορά η νομοθεσία περί ασφάλειας φραγμάτων και
- ως προς το επίπεδο της τεχνικής παρακολούθησης που είναι καθιερωμένο για τα ενδιαφερόμενα μέρη (διοίκηση, ιδιοκτήτης, λειτουργός, εξωτερικοί παρατηρητές κ.ά.)

#### α) Ποια φράγματα αφορά η νομοθεσία περί ασφάλειας φραγμάτων

Συνήθη κριτήρια για την εφαρμογή της νομοθεσίας είναι:

- το ύψος του φράγματος (είτε από το φυσικό έδαφος / θεμελίωση, είτε από την κοίτη του ποταμού ακριβώς ανάντη του φράγματος )
- ο όγκος του ταμιευτήρα

Εκτός αυτών των δύο βασικών κριτηρίων, εμφανίζονται και άλλα, γεωμετρικά κριτήρια, όπως το μήκος της στέψης.

Αρκετές χώρες (Μ. Βρετανία, Νορβηγία, Φινλανδία, ΗΠΑ) λαμβάνουν υπόψη τον ενδεχόμενο κίνδυνο για τον πληθυσμό που βρίσκεται κατάντη του φράγματος, ενώ η Πορτογαλία και η Ισπανία χρησιμοποιούν ένα αρχικό γεωμετρικό κριτήριο για την εφαρμογή της νομοθεσίας, αλλά στη συνέχεια κατηγοριοποιούν βάσει των δυνητικών συνεπειών. Συνήθης πρακτική είναι να λαμβάνεται υπόψη το ύψος και ο όγκος ταμιευτήρα του φράγματος.

Σε ορισμένες χώρες (Αυστρία, Γαλλία, Ιταλία) όλα τα φράγματα καλύπτονται από τη νομοθεσία, αλλά για τα πιο σημαντικά φράγματα υπάρχουν ειδικοί κανονισμοί. Συνήθως τα κριτήρια κατηγοριοποίησης των φραγμάτων σχετίζονται άμεσα με το πλήθος των καταγεγραμμένων φραγμάτων, ωστόσο οι κατάλογοι καταγραφής διαφέρουν από χώρα σε χώρα. Σε ορισμένες χώρες, τα μεγάλα φράγματα (κατά ICOLD) είναι πολύ περιορισμένα. Επιπλέον, η θέση των φραγμάτων σε σχέση με την πυκνότητα του πληθυσμού κατάντη είναι ένα πολύ σημαντικό κριτήριο, για τον προσδιορισμό του οποίου, όμως, δεν υπάρχει ακριβής πληροφορία.

#### β) Αρμοδιότητες και Κανονιστικό Πλαίσιο

Το σχετικό υπουργείο είναι συνήθως το κατεχόμενη αρμόδιο για τα τεχνικά ζητήματα που σχετίζονται με τα φράγματα, εκτός από το αντικείμενο της προστασίας και της διαχείρισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης. Σε κάποιες χώρες, πολλά υπουργεία είναι συναρμόδια, ανάλογα με τις χρήσεις του φράγματος.

Στην Ολλανδία, στη Σουηδία και ειδικά στην Γερμανία, οι περιφερειακές αρχές παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάληψη ευθύνης για επιθεωρήσεις και κανονισμούς. Σε ορισμένες χώρες (Αυστρία, Γαλλία, Ιταλία, Πορτογαλία και Ρουμανία), υπάρχει επιτροπή που παρέχει συμβουλευτικές υπηρεσίες και συντονισμό για τις αρμοδιότητες της δημόσιας διοίκησης.

Γενικά διακρίνονται δύο τύποι κανονιστικού πλαισίου:

- i. Κανονισμοί που προσδιορίζουν τις αρμοδιότητες του ιδιοκτήτη του φράγματος και επιβάλλουν τις μεθόδους ή μεθοδολογίες που απαιτούνται για τη διασφάλιση της ασφάλειας του φράγματος.

- ii. Η ασφάλεια διασφαλίζεται μέσα από διαφορετικά επίπεδα έλεγχου, όπου η διοίκηση ασκεί τον επιτελικό έλεγχο στις επιθεωρήσεις και στην παρακολούθηση, οι οποίες γίνονται από τον ιδιοκτήτη ή τον λειτουργό του φράγματος.

Μερικές χώρες έχουν ήδη προχωρήσει και άλλες διερευνούν τη δυνατότητα να προχωρήσουν, εισάγοντας την έννοια της ανάλυσης διακινδύνευσης στην νομοθεσία. Αυτή η μεθοδολογία ωστόσο απαιτεί, μεταξύ άλλων, και ακριβή ορισμό του αποδεκτού/ανεκτού ορίου διακινδύνευσης από την κοινωνία, το οποίο, μπορεί να ενυπάρχει μεν στις υφιστάμενες νομοθεσίες, αλλά υπό μορφή συγκαλυμμένη και όχι ρητή.

### **3.3 Διεθνής Επιτροπή Μεγάλων Φραγμάτων (ICOLD)**

Η ICOLD ως επιτροπή φαίνεται ότι για πρώτη φορά ασχολείται με το θέμα της ασφάλειας των φραγμάτων περί το 1977 με την έκθεση της Νο 29 με τίτλο "Κίνδυνοι φραγμάτων προς τρίτους" (ICOLD, 1977), στο οποίο γενικά προσπαθεί να οριοθετήσει ένα πλαίσιο συνεννόησης και ορισμών περί της ασφάλειας των φραγμάτων και των κινδύνων προς τρίτους.

Από τότε έχει ασχοληθεί με πάρα πολλές εκθέσεις της κατά καιρούς, καλύπτοντας πλήρως το θέμα. Συγκεκριμένα στην έκθεση Νο 82 το 1992 με τίτλο "Επιλογή της πλημμύρας σχεδιασμού" (ICOLD, 1992) περιγράφει μεθόδους υπολογισμού και επιλογής της πλημμύρας σχεδιασμού, δίνοντας βάρος και στους κινδύνους των κατάντη περιοχών και στην οικονομική και κοινωνική ανάλυση των παραγόντων που επηρεάζουν την ασφάλεια του φράγματος και των κατάντη περιοχών.

Στην έκθεση Νο 125 του 2003 με τίτλο "Φράγματα και Πλημμύρες - Οδηγίες και ιστορικά συμβάντα" (ICOLD, 2003) περιγράφει ιστορικές πλημμύρες που συνέβησαν σε όλο τον κόσμο και το πώς αντιμετωπίστηκαν, πώς είχε προβλεφθεί ότι θα αντιμετωπισθεί η πλημμύρα και πώς τελικά λειτούργησαν τα παραπάνω μέτρα. Στην ίδια έκθεση δίνονται και οδηγίες για τον υδρολογικό σχεδιασμό των φραγμάτων, ενώ εισάγεται και η έννοια της ανάλυσης διακινδύνευσης των φραγμάτων. Τέλος γίνεται περιγραφή της διαδικασίας υπολογισμού της ανάλυσης διακινδύνευσης στα ήδη υπάρχοντα φράγματα.

Στην έκθεση Νο 130 του 2005 με τίτλο "Εκτίμηση διακινδύνευσης στη διαχείριση της ασφάλειας φραγμάτων. Αναγνώριση των ωφελειών, των μεθόδων και των κυρίων εφαρμογών" (ICOLD, 2005), γίνεται περιγραφή της εκτίμησης κινδύνου στη διαχείριση της ασφάλειας των φραγμάτων, με ανάλυση των διαδικασιών που ακολουθούνται και των αρχών στις οποίες βασίζεται η εκτίμηση κινδύνου. Τέλος δίνονται και εφαρμογές των παραπάνω διαδικασιών.

Στην έκθεση Νο 131 του 2006 με τίτλο "Ο ρόλος των φραγμάτων στη μείωση των πλημμυρών - Επισκόπηση" (ICOLD, 2006) γίνεται περιγραφή του ρόλου των φραγμάτων στην μείωση των πλημμυρών και των επιπτώσεών τους, ενώ εισάγεται η έννοια της κατηγοριοποίησης των φραγμάτων ανάλογα με το ρόλο τους στη μείωση των πλημμυρών.

Στην έκθεση Νο 142 του 2007 με τίτλο "Έκθεση σχετικά με την ασφαλή διέλευση ακραίων πλημμυρών" (ICOLD, 2007), περιγράφεται η εκτίμηση του επιπέδου εμπιστοσύνης των πλημμυρών σχεδιασμού, οδηγίες για τον τρόπο αντιμετώπισης αναλόγως με το αν το φράγμα είναι χωμάτινο, λιθόρριπτο ή βαρύτητας από σκυρόδεμα, εάν διαθέτει ελεύθερο υπερχειλιστή ή θυροφράγματα, εάν διαθέτει ή όχι βοηθητικό υπερχειλιστή, εάν προβλέπεται κάποια ανάσχεση στην πλημμύρα κ.τ.λ. Περιγράφονται τα έργα τα οποία προβλέπονται να λειτουργήσουν στις περιπτώσεις πλημμυρών μεγαλύτερων των πλημμυρών σχεδιασμού, οι διαδικασίες που πρέπει να λειτουργήσουν σε αυτές τις συνθήκες και τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης πλημμυρών. Τέλος, δίδονται παραδείγματα από καταγεγραμμένα γεγονότα σε χώρες όπως η Κίνα, ο Καναδάς και η Βραζιλία.

Στην έκθεση Νο 156 (σχέδιο) του 2010 με τίτλο "Ολοκληρωμένη διαχείριση κινδύνων πλημμύρας" (ICOLD, 2010), γίνεται περιγραφή των μεγεθών των πλημμυρών, των μεθόδων ανάλυσης τους και αναφορά στις μεγαλύτερες πλημμύρες που έχουν καταγραφεί. Επίσης γίνεται αναφορά στις επιπτώσεις των πλημμυρών, στις φυσικές, κοινωνικές και οικονομικές καταστροφές και στην αντιπλημμυρική προστασία. Γίνεται αναφορά στην παραδοσιακή προσέγγιση για τη διεξαγωγή διεργασιών που αφορούν την αντιπλημμυρική προστασία και αναλύεται η νεώτερη προσέγγιση μέσω ανάλυσης

διακινδύνευσης και διαχείρισης των κινδύνων. Τέλος, δίνονται οδηγίες για την πρακτική της ολοκληρωμένης διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας.

Συμπερασματικά, η ICOLD έχει ασχοληθεί με το αντικείμενο των πλημμυρών σχεδιασμού των φραγμάτων διεξοδικά καλύπτοντας σε αρκετό βάθος τη θεωρητική προσέγγιση των πλημμυρών. Προχωρώντας, έχει αναπτύξει ένα σύστημα οδηγιών που αφορά στην κατηγοριοποίηση φραγμάτων αναλόγως με τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον κατάντη, ένα σύστημα αξιολόγησης των κατάντη φυσικών, οικονομικών και κοινωνικών επιπτώσεων, το οποίο, σε γενικές γραμμές, αποτελεί το κοινό σύστημα αναφοράς όλων των επιμέρους κανονισμών των κρατών που έχουν θεσπίσει κανονισμούς ασφαλείας, με κάθε ένα από αυτά να διαφοροποιείται κατά περίπτωση, ώστε ο κάθε κανονισμός να εφαρμόζεται καλύτερα στην περιοχή/κράτος για την οποία έχει θεσπιστεί.

Τέλος, σε ότι αφορά στην προσέγγιση του προσδιορισμού της ασφάλειας του όλου συστήματος, η ICOLD έχει πλέον εγκαταλείψει την προσδιοριστική μέθοδο και έχει υιοθετήσει την τελευταία επικρατούσα επιστημονική προσέγγιση της ανάλυσης διακινδύνευσης και διαχείρισης των κινδύνων, την οποία αναπτύσσει στην τελευταία της έκθεση No 156.

## 4. Πεδίο εφαρμογής

### 4.1 Σκοπός

Η παρούσα έκθεση, απευθυνόμενη σε όλα τα υποκείμενα του σχεδιασμού των φραγμάτων (ιδιοκτήτες, μελετητές και ελέγχουσες Αρχές), αποσκοπεί, με τη διατύπωση σαφών διαδικασιών, στην επίτευξη ενός βαθμού ομοιομορφίας στην επιλογή των Πλημμυρών Σχεδιασμού (ΠΣ), κατ' ελάχιστον αποδεκτού από την άποψη της υδρολογικής ασφάλειας.

### 4.2 Θέματα που δεν καλύπτονται

Η ολοκληρωμένη αντιμετώπιση του ζητήματος της υδρολογικής ασφάλειας των φραγμάτων, δηλαδή της ασφάλειας έναντι των δυναμικών συνεπειών των πλημμυρών, απαιτεί πολύπλευρη ενασχόληση με ένα ευρύ φάσμα θεμάτων, στην κατεύθυνση της κάλυψης υφισταμένων αδυναμιών, ελλείψεων και καθυστερήσεων. Η παρούσα προσπάθεια δεν φιλοδοξεί να καλύψει παρά μόνον την πλευρά που έχει να κάνει με την θέσπιση κριτηρίων για την επιλογή των πλημμυρών σχεδιασμού φραγμάτων. Δεν ασχολείται με σειρά άλλων θεμάτων, η εξέταση των οποίων, ελπίζεται, θα ακολουθήσει χωρίς καθυστέρηση. Ως τέτοια θέματα αναφέρονται ενδεικτικά τα ακόλουθα:

- *Επάρκεια των υδρομετεωρολογικών δεδομένων*

Τα διατιθέμενα υδρομετεωρολογικά δεδομένα του Ελληνικού χώρου, τα οποία είναι απαραίτητα για τον υπολογισμό των πλημμυρών σχεδιασμού, είναι εν πολλοίς ανεπαρκή, τόσο γεωγραφικά όσο και χρονικά. Υπό την έννοια της ανεπάρκειας, εννοείται όχι μόνο η έλλειψη δεδομένων, αλλά και η ενδεχόμενη αναξιοπιστία αυτών, όταν υπάρχουν.

Όταν το πρόβλημα εμφανίζεται κατά την εκπόνηση υδρολογικών μελετών, επιχειρείται να επιλυθεί με τη μεταφορά υδρολογικής πληροφορίας με διάφορες μεθόδους. Κατά τη διαδικασία αυτή υπάρχει έδαφος για υποκειμενισμό εκ μέρους του μελετητή, με αποτέλεσμα να υπάρχει αβεβαιότητα ως προς τον επιτυγχανόμενο βαθμό ακρίβειας και ομοιογένειας των αποτελεσμάτων. Πάντως, ως προς το τελευταίο ζήτημα, αποτελεί θετική εξέλιξη η Σύνταξη των Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των υδατικών διαμερισμάτων της χώρας. Οι σχετικές μελέτες που θα εκπονηθούν, με ενιαίες προδιαγραφές, εκτιμάται ότι θα αντιμετωπίσουν με επιτυχία το πρόβλημα τουλάχιστον της ανομοιογένειας των προσεγγίσεων, όσον αφορά στην ανάλυση των ακροτάτων μεγεθών των καταγιγίδων και των πλημμυρών.

- *Επικαιροποίηση μελετών*

Εξ αιτίας του ότι το χρονικό βάθος των δεδομένων πολλών υδρομετεωρολογικών σταθμών δεν είναι μεγάλο, εκτιμάται ότι, πάντα υπό την προϋπόθεση της σωστής λειτουργίας των, θα προστίθεται με την πάροδο των ετών σημαντική υδρολογική πληροφόρηση, σε βαθμό που θα καθίσταται αναγκαία η περιοδική επανεκτίμηση των σχεδιαστικών μεγεθών βάσει των νεωτέρων, επικαιροποιημένων δεδομένων, όσον αφορά την υδρολογική ασφάλεια των υφισταμένων φραγμάτων. Εξ άλλου, το ζήτημα της επανεκτίμησης τίθεται έτσι και αλλιώς από την εξέλιξη των επιστημονικών γνώσεων και της τεχνολογίας.

- *Διαδικασίες υπολογισμών*

Στο Bulletin 142 της ICOLD (2007) επισημαίνεται ως συστατικό στοιχείο του πλαισίου για την ασφαλή διέλευση ακραίων πλημμυρών, «ο προσδιορισμός του υδρογραφήματος της πλημμύρας σχεδιασμού βάσει των βέλτιστων διαθέσιμων μεθοδολογιών (στατιστικές, ΠΜΚ-ΠΜΠ, περιοχοποίηση κ.ά.) και κάνοντας τη βέλτιστη χρήση των διαθέσιμων δεδομένων». Είναι σαφές ότι επί του θέματος αυτού οι Αρχές δεν έχουν ακόμα συγκρο-



τημένη άποψη και υπάρχει έλλειμμα καθοδήγησης σε μελετητικές πρακτικές τέτοιες ώστε να εξασφαλίζονται τα ανωτέρω σε ένα ελάχιστο επίπεδο.

- *Υφιστάμενα φράγματα*

Είναι ευνόητο ότι η εισαγωγή οδηγιών για την επιλογή των πλημμυρών σχεδιασμού με σκοπό την αύξηση της ασφάλειας των νέων φραγμάτων, θέτει ένα σοβαρό πρόβλημα σχετικά με τα υφιστάμενα έργα, πολλά των οποίων ενδέχεται να μην ανταποκρίνονται στις νέες προδιαγραφές. Πριν τη διατύπωση προτάσεων, είναι ανάγκη να καταγραφεί το μέγεθος του προβλήματος και να υπολογισθούν οι οικονομικές συνέπειες ενδεχόμενης αναγκαστικής συμμόρφωσης με τεχνικές επεμβάσεις για αύξηση των επιπέδων ασφαλείας όσων φραγμάτων υπολείπονται των απαιτήσεων. Με τα δεδομένα αυτά γνωστά, μπορεί να εξετασθεί το περιεχόμενο και ο τρόπος εφαρμογής προδιαγραφών προκειμένου περί υφισταμένων έργων.

- *Έργα εκτροπής και λοιπά έργα*

Η παρούσα εργασία αφορά μόνο στην υδρολογική ασφάλεια των φραγμάτων, ως ολοκληρωμένων κατασκευών. Με την έννοια αυτή, δεν καλύπτει τα έργα εκτροπής που είναι απαραίτητα κατά την φάση της κατασκευής του φράγματος, εκτός αν αυτά προβλέπεται να ενταχθούν στη λειτουργία των κατασκευών ασφαλείας του φράγματος. Επίσης, δεν καλύπτονται άλλα υδραυλικά έργα, για την ασφάλεια και οικονομικότητα των οποίων απαιτείται ο προσδιορισμός παροχής σχεδιασμού.

### **4.3 *Επιδιωκόμενα προσόντα του μελετητή Μηχανικού***

Όπως προαναφέρθηκε, η παρούσα Οδηγία δεν αποσκοπεί στο να δώσει πλήρεις κατευθύνσεις για το σύνολο των διαδικασιών που οδηγούν στην εκτίμηση των Πλημμυρών Σχεδιασμού. Με δεδομένες τις κατά τα ανωτέρω ελλείψεις, αλλά και την εγγενή και αναπόφευκτη στατιστική αβεβαιότητα των σχετικών υπολογισμών, είναι επιτακτικό οι μελέτες αυτές να εκπονούνται από Διπλωματούχο Μηχανικό, με εμπειρία στην Υδρολογία και την Υδραυλική, να επιβλέπονται δε από Διπλωματούχους Μηχανικούς με εμπειρία στα θέματα ασφαλείας φραγμάτων.

### **4.4 *Αρμόδια Αρχή***

Σήμερα, ουσιαστικά δεν υφίσταται ελέγχουσα Αρχή για την θεώρηση των σχετικών μελετών. Ενδεικτικά χαρακτηριστικά μιας, κατάλληλης προς τούτο Αρχής, είναι:

- Ενιαία, κεντρική υπηρεσία, ώστε να εξασφαλίζεται ομοιομορφία στην υλοποίηση.
- Συνάφεια με το αντικείμενο της διαχείρισης των υδατικών πόρων.
- Συνάφεια με το αντικείμενο της πολιτικής προστασίας.
- Συνάφεια με το αντικείμενο των δημοσίων έργων.
- Κατάλληλη στελέχωση με έμπειρους μηχανικούς και επιστήμονες όλων των ειδικοτήτων που συμμετέχουν στο σχεδιασμό και την κατασκευή των φραγμάτων.

Στην ανωτέρω περιγραφή αναγνωρίζει κανείς, θεωρητικά, τις αρμοδιότητες τριών Υπηρεσιών: της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων, της Γενικής Γραμματείας Δημοσίων Έργων και της Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας. Το έργο της ελέγχουσας Αρχής θα μπορούσε να αναληφθεί από ένα σχήμα συνεργασίας αυτών, με την αυστηρή προϋπόθεση της κατάλληλης και επαρκούς στελέχωσης. Σε κάθε περίπτωση, γίνεται αντιληπτό ότι η αρμοδιότητα της υπηρεσίας αυτής θα εκτείνεται στο σύνολο του αντικείμενου του ασφαλούς σχεδιασμού και ελέγχου της ασφαλείας φραγμάτων. Είναι



αυτονόητο ότι η προταθείσα από την ΕΕΜΦ Διοικητική Αρχή Φραγμάτων, εφόσον ιδρυθεί, θα είναι ο καταλληλότερος φορέας για την εποπτεία - διαχείριση και των ζητημάτων υδρολογικής ασφάλειας των φραγμάτων.

## 5. Προτεινόμενη μεθοδολογία για τον καθορισμό κριτηρίων επιλογής πλημμύρας σχεδιασμού

### 5.1 Γενικές αρχές

Η επιλογή της πλημμύρας σχεδιασμού (ΠΣ) καθορίζεται από το μέγεθος των δυνατών συνεπειών που θεωρείται αποδεκτό, αν συμβεί αστοχία λόγω υπέρβασης αυτού του πλημμυρικού μεγέθους. Η επιλογή αυτή, η οποία συνδέεται με την υδρολογική ασφάλεια του φράγματος, επηρεάζει τον προσδιορισμό της παροχетеυτικότητας του υπερχειλιστή και του όγκου ελέγχου πλημμύρας που απαιτούνται για την ασφαλή υποδοχή και διέλευση της ΠΣ.

Σε κάποιες περιπτώσεις, οι συνέπειες από την αστοχία φράγματος λόγω πλημμυρικής εισροής μπορεί να είναι τόσο σοβαρές που να μην γίνεται αποδεκτή καμία πιθανότητα αστοχίας. Δοθέντος όμως ότι απόλυτη ασφάλεια δεν μπορεί να επιτευχθεί, δεχόμαστε μια πεπερασμένη πιθανότητα υπέρβασης της ΠΣ, η οποία όμως μπορεί να λαμβάνεται τόσο μικρή, ώστε από πρακτικής απόψεως, το ενδεχόμενο υπέρβασης να θεωρείται αδύνατο. Σε άλλες περιπτώσεις, που οι συνέπειες της αστοχίας είναι λιγότερο σοβαρές, μπορεί να γίνεται αποδεκτή μια σχετικά μεγαλύτερη πιθανότητα αστοχίας, με επακόλουθο τη συγκράτηση της δαπάνης για τα έργα ασφαλείας του φράγματος.

Η διάκριση μεταξύ της υδρολογικής ασφαλείας του φράγματος και της παροχетеυτικότητας των έργων ασφαλείας, οδηγεί σε μια πιο ρεαλιστική θεώρηση της συμπεριφοράς του φράγματος υπό συνθήκες ακραίων πλημμυρικών εισροών. Πρακτικά, η προσέγγιση αυτή οδηγεί σε δύο μεγέθη πλημμυρών σχεδιασμού:

- στην «Πλημμύρα Ελέγχου Ασφαλείας (ΠΕΑ)», (safety check flood), η οποία αντιστοιχεί σε εξαιρετικά μικρή πιθανότητα ή στην ΠΜΠ. Για αυτήν την πλημμυρική εισροή γίνεται αποδεκτό, για τη στέψη του φράγματος, τον υπερχειλιστή και τη διάταξη καταστροφής ενέργειας, να ευρίσκονται στα όρια της αστοχίας, αλλά να εξακολουθούν να λειτουργούν με οριακή ασφάλεια·
- στην «Πλημμύρα Σχεδιασμού (ΠΣ) του υπερχειλιστή (spillway design flood)», η οποία αναπαριστά αυστηρώς την εισροή που πρέπει να διοχετευθεί με κανονικές συνθήκες λειτουργίας και με το περιθώριο ασφαλείας που παρέχει το ελεύθερο ύψος. Η πλημμύρα αυτή αντιστοιχεί σε γεγονός με μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης ή σε κλάσμα της ΠΜΠ.

Ο σπουδαιότερος παράγων που επηρεάζει την προσδιορισμό της ΠΣ είναι η αξιοπιστία των υδρομετεωρολογικών δεδομένων. Η αβεβαιότητα, την οποία συνεπάγεται η ανεπάρκεια στην ποιότητα ή στο πλήθος των δεδομένων, καθιστά απαραίτητη την ανάλυση της εμπιστοσύνης στις εκτιμημένες τιμές. Η θεώρηση αυτή βοηθά στην αντιστάθμιση της αβεβαιότητας με την υιοθέτηση περιθωρίων ασφαλείας των εκτιμημένων τιμών.

### 5.2 Δυνητικές συνέπειες αστοχίας

Η εκτίμηση των δυνητικών συνεπειών στην οποία βασίζεται η προτεινόμενη κατηγοριοποίηση αυτών, γίνεται με την εξέταση των πρόσθετων δυνητικών δυσμενών συνεπειών εξ αιτίας της υδρολογικής αστοχίας ή της κακής λειτουργίας αυτών και μόνο, χωρίς αναφορά στο μέγεθος ή στην κατάστασή τους, π.χ. από την άποψη της δομικής ακεραιότητας του σώματος ή της ικανότητας του ταμιευτήρα για ανάσχεση πλημμυρικής εισροής.

Σημειώνεται ότι η εναλλακτική, και παλαιότερη, πρακτική της θέσπισης κανόνων βάσει του μεγέθους του φράγματος, ή του όγκου του ταμιευτήρα, εμφανίστηκε στα τέλη της δεκαετίας του '40, όταν η ικανότητα εκτίμησης των συνεπειών εξ αιτίας της αστοχίας ενός φράγματος, συμπεριλαμβανομένων των απωλειών ζωής, ήταν ακόμα πολύ περιορισμένη. Βέβαια, ήταν γνωστό ότι το ύψος του πλημμυρικού κύματος προς τα κατόντη, καθώς και η έκταση της διάδοσής του, είναι συνάρτηση του ύψους του φράγματος και του όγκου του ταμιευτήρα. Έτσι, τα πρώτα πρότυπα στον υδρολογικό σχεδιασμό των φραγμάτων βασίστηκαν στο μέγεθος του φράγματος, εκφρασμένου μέσω του ύψους του, στον όγκο του ταμι-

ευτήρα και στις κατάντη χρήσεις γης (FEMA, 2004). Η πρακτική αυτή στις ΗΠΑ είχε ως συνέπεια, σύμφωνα με τη FEMA, ένα ανακόλουθο επίπεδο σχεδιασμού καθ' όλη τη χώρα. Και αυτό, διότι ο προσδιορισμός των συνεπειών της αστοχίας φράγματος είναι μια διαδικασία πιο περίπλοκη από ό,τι μπορεί να εκτιμηθεί μέσω αυτής της απλουστευτικής προσέγγισης.

Σήμερα, τα κριτήρια στα οποία οφείλει να βασίζεται ο υδρολογικός σχεδιασμός ασφαλείας έχουν εξελιχθεί λόγω των δυνατοτήτων προσφέρει η πρόοδος της επιστήμης. Η εκτίμηση της διάδοσης του πλημμυρικού κύματος στα κατάντη λόγω αστοχίας φράγματος είναι πλέον δυνατή, διευκολύνοντας τη λεπτομερή αξιολόγηση των συνεπειών του πλημμυρικού κύματος. Η δυνατότητα αυτή επιτρέπει πλέον να τεθεί στο περιθώριο η έμμεση προσέγγιση των συνεπειών μέσω των χαρακτηριστικών μεγέθους. Σημειώνεται πάντως ότι αυτό αφορά μόνο το πεδίο της υδρολογικής ασφάλειας και όχι της συνολικής ασφάλειας των φραγμάτων. Εκεί, όπου δηλαδή έχει νόημα η θεώρηση και άλλων χαρακτηριστικών των φραγμάτων, εξακολουθεί να προτιμάται η χρήση κριτηρίων βασισμένων σε χαρακτηριστικά μεγέθους.

Το είδος των δυνητικών συνεπειών ταξινομείται σε τρεις κατηγορίες:

- Απώλειες ζωής.
- Οικονομικές απώλειες άμεσες, εξ αιτίας υλικών ζημιών (σώμα φράγματος και συναφείς κατασκευές, κατοικίες, καλλιέργειες, βιομηχανικές εγκαταστάσεις κ.τ.λ. στην περιοχή κατάντη του φράγματος) και έμμεσες, είτε εξ αιτίας της απώλειας του φράγματος σε μια σειρά από ωφέλιμες χρήσεις οι οποίες θα απολεσθούν μαζί με την απώλεια του έργου (π.χ. ύδρευση, υδροηλεκτρική παραγωγή, αντιπλημμυρική προστασία), είτε εξ αιτίας της υποβάθμισης της λειτουργικότητας δικτύων κοινής ωφέλειας (ύδρευση, αποχέτευση, μεταφορά ενέργειας, επικοινωνίες, συγκοινωνίες).
- Περιβαλλοντικές συνέπειες και επιπτώσεις στα οικοσυστήματα, συμπεριλαμβανομένων των επιπτώσεων από ενδεχόμενη διαρροή αποθηκευμένων τοξικών ουσιών.

Κατά περίπτωση εξετάζονται επίσης, όπου προσιδιάζουν και είναι δυνατόν να εκτιμηθούν, και άλλες συνέπειες, όπως βλάβες σε συστήματα εθνικής ασφάλειας, κοινωνικές επιπτώσεις κ.τ.λ.

Εξεταζόμενες παράμετροι είναι οι χρήσεις γης και οι δραστηριότητες στη ζώνη που θα κατακλυσθεί μετά από ενδεχόμενη αστοχία, τόσο οι υφιστάμενες, όσο και οι προβλεπόμενες να αναπτυχθούν εξ αιτίας ακριβώς της παρουσίας του φράγματος. Το τελευταίο έχει ιδιαίτερη σημασία, διότι, μετά την κατασκευή του φράγματος, είναι σύνηθες να αλλάζει η δίαυτος της ροής στα κατάντη, ιδιαίτερος της πλημμυρικής ροής. Αυτό μπορεί να επιτρέψει σοβαρές μεταβολές στις κατάντη χρήσεις γης και μάλιστα, σε περιοχές όπου, απουσία φράγματος, θα ήταν αδιανόητη οποιαδήποτε ανάπτυξη. Για τον λόγο αυτόν, πρέπει ο υπολογισμός των δυνητικών συνεπειών να γίνεται υποθέτοντας ότι το φράγμα έχει κατασκευαστεί και συγκρίνοντας τις επιπτώσεις λόγω αστοχίας, με τις επιπτώσεις διέλευσης του πλημμυρικού κύματος χωρίς αστοχία.

Η κατηγοριοποίηση του φράγματος θα γίνεται υπό την παραδοχή του δυσμενέστερου τύπου αστοχίας, από την άποψη των δυνητικών συνεπειών σε απώλειες ανθρώπινων ζωών και σε οικονομικές ζημιές.

Ο προσδιορισμός των συνεπειών θα βασίζεται σε αναγνωρίσεις πεδίου, με εξέταση υπαρχόντων δεδομένων και χαρτών και, εάν οι συνέπειες δεν είναι προφανείς από την αναγνώριση του πεδίου, σε λεπτομερείς μελέτες συμπεριλαμβανομένων των μελετών θραύσης φράγματος. Ενδέχεται δηλαδή, για την εκτίμηση των συνεπειών αυτών, να χρειαστεί να υπολογισθούν τα χαρακτηριστικά της ροής κατάντη (στάθμες, ταχύτητες, χρόνοι παραμονής) συνεπεία της τεχνητής πλημμύρας που θα απελευθερώσει η υποτιθέμενη αστοχία του φράγματος και να τα συγκρίνει με την πλημμύρα που θα συνέβαινε χωρίς αστοχία του φράγματος.

### **5.3 Σύστημα κατηγοριοποίησης των φραγμάτων βάσει των δυνητικών συνεπειών**

Το προτεινόμενο σύστημα, το οποίο αποτελεί προσαρμογή του αντίστοιχου Αμερικανικού συστήματος της FEMA (2004), βασίζεται στην εκτίμηση των πιθανών απωλειών ζωής και των δυνητικών οικονομικών απωλειών, περιβαλλο-

ντικών βλαβών και δυσλειτουργιών των δικτύων κοινής ωφέλειας, εξ αιτίας της αστοχίας φράγματος. Οι σχετικές εκτιμήσεις θεμελιώνονται στην παραδοχή ότι η αστοχία οιοδήποτε φράγματος ή κατασκευής για τη συγκράτηση υγρών, οσοδήποτε μικρών, αντιπροσωπεύει μια απειλή για τους κατάντη πληθυσμούς και χρήσεις γης.

Η επιλεγείσα διάκριση των συνεπειών σε τρεις βαθμίδες ακολουθεί την τρέχουσα πρακτική διεθνώς, όπου η κατηγοριοποίηση των φραγμάτων γίνεται ως επί το πλείστον σε τρεις ή τέσσερις βαθμίδες, ανεξαρτήτως του είδους των χρησιμοποιούμενων κριτηρίων (μεγέθους ή συνεπειών).

Αναφορικά με τις απώλειες ζωής, αν και πάντα υπάρχει η πιθανότητα να υπάρξει άνθρωπος στο πέρασμα πλημμυρικού κύματος από ανεξέλεγκτη διαφυγή αποθηκευμένου νερού, διευκρινίζεται ότι στο παρόν σύστημα η προσωρινή ή η ενδεχόμενη παρουσία ανθρώπων σε ζώνες κατάκλισης, δεν θεωρείται ικανός λόγος τεκμηρίωσης δυνητικών συνεπειών σε απώλειες ζωής. Τέτοιος κίνδυνος τεκμαίρεται από την παρουσία εγκαταστάσεων στις οποίες συναθροίζονται άνθρωποι για διαμονή, εργασία ή αναψυχή, σε μόνιμη είτε εποχιακή βάση.

Στον Πίνακα που ακολουθεί περιγράφονται οι προτεινόμενες κατηγορίες δυνητικών συνεπειών με βάση το είδος και τη δριμύτητα των δυσμενών συνεπειών.

Πίνακας 14. Προτεινόμενο σύστημα κατηγοριοποίησης των φραγμάτων

Κατηγορίες δυνητικών συνεπειών	Απώλειες ζωής	Οικονομικές και περιβαλλοντικές συνέπειες
Υψηλές, Κατηγορία 1	Πιθανές απώλειες μιας ή περισσότερων ζώων.	Μεγάλες απώλειες στον παραγωγικό και κοινωνικό ιστό. Σημαντικές και μη ανατάξιμες περιβαλλοντικές βλάβες.
Σημαντικές, Κατηγορία 2	Δεν αναμένονται.	Σημαντικές άμεσες ή έμμεσες οικονομικές απώλειες, όπως αγροτικές ζημιές, βλάβες σε δίκτυα Κ.Ω. Εναλλακτικές πηγές παροχής ύδρευσης και ενέργειας είναι εφικτές. Σημαντικές αλλά ανατάξιμες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
Χαμηλές, Κατηγορία 3	Δεν αναμένονται.	Μικρή και γενικά περιορισμένη στο έργο άμεση οικονομική ζημία. Περιορισμένες αγροτικές ζημιές. Μη σημαντικές περιβαλλοντικές και έμμεσες οικονομικές επιπτώσεις.

#### 5.4 Επιλογή της πλημμύρας σχεδιασμού (ΠΣ)

Όπως προκύπτει από την ανασκόπηση της τρέχουσας πρακτικής διεθνώς, η συνήθης μέθοδος επιλογής της πλημμύρας σχεδιασμού είναι βάσει προδιαγεγραμμένων προτύπων (prescriptive approach) κατ' αντιστοιχία της κατηγορίας του έργου. Τα πρότυπα αυτά είναι ευκόλως αντιληπτά, εξασφαλίζουν ομοιογένεια στην εφαρμογή τους και συνδέονται με αναλύσεις συγκριτικά μικρού κόστους και απαιτήσεων σε δεδομένα.

Στις ΗΠΑ, οι ομοσπονδιακές αρχές προκρίνουν και τη μεθοδολογία που βασίζεται στην ανάλυση των προσθέτων δυνητικών συνεπειών, κατά την οποία ως πλημμύρα σχεδιασμού λαμβάνεται εκείνη πέραν της οποίας είναι ασήμαντες οι πρόσθετες συνέπειες λόγω αστοχίας, συγκριτικά με τις συνέπειες της πλημμύρας χωρίς αστοχία του φράγματος. Η πλημμύρα σχεδιασμού που υπολογίζεται με τον τρόπο αυτό, έχει ως άνω όριο την ΠΜΠ.

Τα τελευταία χρόνια, χώρες με ανεπτυγμένη τεχνογνωσία και κατάλληλη υποδομή όπως οι ΗΠΑ και η Μ. Βρετανία, μεταβαίνουν στις μεθόδους ανάλυσης διακινδύνευσης, με τις οποίες επιτυγχάνεται βελτιστοποίηση της χρήσης των διαθέσιμων πόρων με τη διερεύνηση όλων των δυνατών τρόπων αστοχίας και των συνεπειών τους. Βέβαια, οι μέθοδοι ανάλυσης διακινδύνευσης απαιτούν εκτιμήσεις που βασίζονται σε αφθονία δεδομένων, όχι μόνον υδρολογικών, αλλά και κοινωνικών και οικονομικών, τα οποία είναι συχνά ανύπαρκτα έως ανεπαρκή. Έτσι, η παραδοσιακή προσέγγιση που βασίζεται σε προδιαγεγραμμένα πρότυπα, παραμένει δημοφιλής διεθνώς και, καθόσον μας αφορά, προτείνεται στην παρούσα εργασία.

Συγκεκριμένα, χωρίς να αποκλείονται οι πιο εξελιγμένες μέθοδοι επιλογής της πλημμύρας σχεδιασμού, προτείνονται κάτω όρια για την πλημμύρα σχεδιασμού του υπερχειλιστή και για την πλημμύρα ελέγχου ασφαλείας του φράγματος. Από τις τιμές αυτές οφείλουν να μην υπολείπονται τα επιλεγόμενα σχεδιαστικά μεγέθη, ανεξάρτητα από τη μέθοδο επιλογής.

Στον Πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα προτεινόμενα κάτω όρια της πλημμύρας σχεδιασμού, κατ' αντιστοιχία της κατηγοριοποίησης αλλά και του τύπου του φράγματος. Διευκρινίζεται εδώ ότι, λαμβάνοντας υπόψη ότι δεν προβλέπονται στην υπάρχουσα κανονιστική πρακτική και νομοθεσία κριτήρια επιλογής για το ελεύθερο ύψος ασφαλείας, το οποίο συνδέεται με τον τύπο του φράγματος (βαρύτητας, σκληρό επιχώμα ή χωμάτινο), προτείνεται εδώ όπως για τις κατηγορίες 2 και 3 γίνει διαφοροποίηση των πλημμυρών σχεδιασμού και ελέγχου ασφαλείας λαμβάνοντας υπόψη και τον τύπο του φράγματος.

Πίνακας 15. Επιλογή Πλημμύρας Σχεδιασμού βάσει της κατηγοριοποίησης φραγμάτων

Κατηγορία δυνητικών συνεπειών	Πλημμύρα σχεδιασμού του υπερχειλιστή (περίοδος επαναφοράς σε έτη)	Πλημμύρα ελέγχου ασφαλείας (περίοδος επαναφοράς σε έτη)
Κατηγορία 1	10.000	ΠΜΠ
Κατηγορία 2	1.000 βαρύτητας & σκληρού επιχώματος 5.000 χωμάτινα	5.000 βαρύτητας 10.000 χωμάτινα
Κατηγορία 3	200 βαρύτητας & σκληρού επιχώματος 500 χωμάτινα	500 βαρύτητας 1.000 χωμάτινα

Για τον προσδιορισμό των ορίων αυτών, πάρθηκαν υπόψη οι εξής παράγοντες:

- Η υφιστάμενη πρακτική στη χώρα μας, όπως εκφράζεται από τις επιλογές των μελετητών μεγάλων φραγμάτων και κυρίως της ΔΕΗ. Σχετικές αναφορές υπάρχουν στο κεφάλαιο 1.5 και στο Παράρτημα.
- Ότι υπάρχει ανάγκη διαφοροποίησης μεταξύ χωμάτινων φραγμάτων και φραγμάτων βαρύτητας, λαμβάνοντας υπόψη τη διαφορά τρωτότητας στην υπερπήδηση, στο βαθμό που δεν υπάρχουν ακόμα οδηγίες για το ελεύθερο ύψος ασφαλείας.
- Τα όρια εθνικών κανονισμών (ή συστάσεων) άλλων χωρών, όπως π.χ. της ANCOLD (ICOLD, 1992), του Η.Β., της Βουλγαρίας, της Φινλανδίας, Ομοσπονδιακών Κανονισμών των ΗΠΑ (FEMA, 2013) και του Καναδά.

Με εξαίρεση την υψηλή κατηγορία, στην οποία ενέχεται ο κίνδυνος απωλειών ζωής, γίνεται αποδεκτό ότι η οικονομική ανάλυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό του επιπέδου ασφαλείας, δοθέντος ότι η αύξηση της ασφαλείας του φράγματος συνεπάγεται αύξηση του κόστους του έργου, οπότε είναι εύλογο να αναζητείται μια ισορροπία μεταξύ των δύο παραγόντων. Η θεωρητική προσέγγιση σε αυτό είναι η εξεύρεση του οικονομικού βέλτιστου ανάμεσα στο κόστος των έργων ασφαλείας και στο κόστος των βλαβών για την αποτροπή των οποίων παρέχεται η ασφάλεια. Σε κάθε περίπτωση, οι τιμές του ανωτέρω πίνακα αποτελούν το κάτω όριο του σχεδιασμού.

## 5.5 Λοιπές Θεωρήσεις

Αναφέρονται κατωτέρω λοιποί παράγοντες του σχεδιασμού, η επιλογή των οποίων επηρεάζει το επιτυγχανόμενο επίπεδο ασφάλειας.

### Ελεύθερο ύψος

Ο σκοπός του ελεύθερου ύψους είναι να παρέχει προστασία απέναντι σε τρέχοντα και στάσιμα κύματα. Όμως, η ταυτόχρονη εμφάνιση μιας εξαιρετικά μεγάλης πλημμύρας και ενός δυνατού ανέμου (ή άλλου αιτίου), έχει πολύ μικρότερη πιθανότητα εμφάνισης από την πλημμύρα σχεδιασμού μόνη της. Είναι επομένως αποδεκτό να θεωρείται ότι το ελεύθερο ύψος, καθώς προσφέρει επιπλέον χωρητικότητα στον ταμιευτήρα, δίνει τη δυνατότητα να διοχετευθεί με ασφάλεια μια πλημμύρα πολύ μεγαλύτερη από την πλημμύρα σχεδιασμού. Αυτό αντανακλάται στον υπολογισμό της ανωτάτης στάθμης πλημμύρας (ΑΣΠ) με την πλημμύρα σχεδιασμού του υπερχειλιστή και στον υπολογισμό του ελεύθερου ύψους με την πλημμύρα ελέγχου ασφαλείας, με αποτέλεσμα η εξαιρετικά υψηλή στάθμη ηρεμίας του νερού στον ταμιευτήρα να μην υπερπηδήσει το φράγμα ή να μην προκαλέσει ζημιά σε περίπτωση υπερπήδησής του.

### Αρχικές συνθήκες αποθήκευσης για τη διόδευση

Η χωρητικότητα και η έκταση του ταμιευτήρα ως συναρτήσεις της στάθμης, καθώς επίσης ο τύπος του υπερχειλιστή και οι συνθήκες λειτουργίας, προσδιορίζουν την έκταση κατά την οποία θα ανασχεθεί και θα απομειωθεί η αιχμή της διόδευόμενης πλημμυρικής εισροής. Η διόδευση της ΠΣ γίνεται με την υπόθεση ότι η αρχική στάθμη του ταμιευτήρα δεν υπολείπεται της ανωτάτης στάθμης λειτουργίας.

### Ταμιευτήρες σε σειρά

Στην περίπτωση κατά την οποία υπάρχει ανάντη μεγάλος ταμιευτήρας, η πλημμύρα σχεδιασμού του κατάντη φράγματος πρέπει να βασιστεί στην πιο δυσμενή από τις παρακάτω δύο συνθήκες:

- Η ΠΣ του ανάντη ταμιευτήρα διοδεύεται μέσω αυτού και στην εκροή προστίθεται η σύγχρονη πλημμύρα της ενδιάμεσης των φραγμάτων λεκάνης απορροής.
- Η ΠΣ της ενδιάμεσης των φραγμάτων λεκάνης απορροής προστίθεται στη σύγχρονη πλημμύρα της ανάντη λεκάνης, αφού αυτή διοδευθεί δια του ανάντη ταμιευτήρα.

Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να εξετάζεται το ενδεχόμενο του φαινομένου διαδοχικής κατάρρευσης (επίδραση «ντόμινο») και να λαμβάνεται υπόψη για τον χαρακτηρισμό της επικινδυνότητας των φραγμάτων.

## 6. Προοπτικές για περαιτέρω εργασίες

- 6.1. Αντιμετώπιση **υφισταμένων φραγμάτων**. Μεταβατικό καθεστώς και προτάσεις περαιτέρω μελέτης, π.χ. τεχνικής δυνατότητας και οικονομικών συνεπειών της αύξησης του επιπέδου ασφάλειας.
- 6.2. Οδηγίες για την επιλογή πλημμυρών σχεδιασμού βοηθητικών κατασκευών ασφαλείας κατά την φάση κατασκευής του φράγματος.
- 6.3. Απαιτήσεις ελευθέρου ύψους.
- 6.4. Οδηγίες για τα δεδομένα υπολογισμού πλημμυρών σχεδιασμού.
- 6.5. Οδηγίες για τις μεθόδους υπολογισμού πλημμυρών σχεδιασμού.
- 6.6. Εισαγωγή Αναλύσεων Διακινδύνευσης.
- 6.7. Κριτήρια για την επιλογή της πλημμυρικής εκροής σχεδιασμού από φράγμα.

## Βιβλιογραφία

- Biswas A. K., 1970, *History of Hydrology*, North-Holland Publ. Co., Άμστερνταμ.
- Chalmers R. W., 1990, Woodhead reservoir - remedial works, στο *The Embankment Dam. Proceedings of 6th British Dam Society Conference*, Νότινχαμ, Σεπτέμβριος 1990, Thomas Telford, Λονδίνο, 1991. σελ. 135-140.
- Department for Environment, Food & Rural Affairs, Κυβέρνηση Η.Β., 2002, *Flood and Reservoir safety integration*, 3 τόμοι.
- Eiker, E. A., D. M. Goldman, & D. W. Davis., 1998, *A Hybrid Deterministic-Risk-Based Approach to Hydrologic Dam Safety Analysis*. USCOLD Annual Lecture Series.
- Federal Emergency Management Agency, 1979, *Federal Guidelines for Dam Safety*.
- FEMA, 1986, *Federal Guidelines for Selecting and Accommodating Inflow Design Floods for Dams*.
- FEMA-Interagency Committee on Dam Safety, 1998, *Hazard Potential Classification System for Dams*.
- FEMA-Interagency Committee on Dam Safety, 1998, *Federal Guidelines for Dam Safety: Selecting and Accommodating Inflow Design Floods for Dams*. Επανεκδόση 2004.
- FEMA, 2013, *Selecting and Accommodating Inflow Design Floods for Dams*, FEMA P-94.
- Grishin, M.M., 1979, *Hydraulic Structures*, τ. 1, Εκδόσεις Mir, Μόσχα.
- Her Majesty's Stationery Office, 1975, *The Reservoirs Act*.
- HMSO, 2009, *Flood Risk Management (Scotland) Act*.
- HMSO, 2011, *Reservoirs (Scotland) Act 2011 (asp 9)*.
- Institution of Civil Engineers, 1978, *Floods and Reservoir Safety: An Engineering Guide*. Έκθεση Ομάδας Εργασίας.
- ICE, 1996, *Floods and Reservoir Safety: An Engineering Guide*. 3<sup>η</sup> αναθεωρημένη έκδοση. Εκδόσεις ICE.
- International Commission of Large Dams, 1977, *Bulletin 29, Dams Risks to Third Parties*. Έκθεση της Επιτροπής της ICOLD για τους κινδύνους από μεγάλα φράγματα σε τρίτα μέρη, Παρίσι.
- ICOLD, 1992, *Bulletin 82, Selection of Design Flood. Current methods*. Έκθεση της Επιτροπής της ICOLD για τις πλημμύρες σχεδιασμού, Παρίσι.
- ICOLD, 1995, *Bulletin 92, Dam Failures Statistical Analysis*. ICOLD ad hoc Committee on Statistical Interpretation of Dam Failures, Παρίσι.
- ICOLD, 2003, *Bulletin 125, Dams and Floods: Guidelines and Case Histories*. Παρίσι.
- ICOLD, 2005, *Bulletin 130, Risk Assessment in Dam Safety Management. A Reconnaissance of Benefits, Methods and Current Applications*. Έκθεση της Επιτροπής της ICOLD για την ασφάλεια φραγμάτων, Παρίσι.
- ICOLD, 2006, *Bulletin 131, Role of Dams in Flood Mitigation: A Review*, Έκθεση της Επιτροπής της ICOLD για τα φράγματα και τις πλημμύρες, Παρίσι.
- ICOLD, 2007, *Report on Safe Passage of Extreme Floods (rough version)*, Τελικό Σχέδιο Έκθεσης της Επιτροπής της ICOLD με αντικείμενο Υδραυλική για τα φράγματα. Τελική έκδοση ως Bulletin 142 (2012), Παρίσι.
- ICOLD, 2010, *Integrated Flood Risk Management*, Σχέδιο Έκθεσης της Επιτροπής της ICOLD για τα φράγματα και τις πλημμύρες. Τελική έκδοση ως Bulletin 156 (2014), Παρίσι.



ICOLD European Club, 2001, *Dam Legislation Report*, Ομάδα Εργασίας, Patrick Le Delliou (πρόεδρος).

ICOLD European Club, 2007, *Dam Legislation Report*, Ομάδα Εργασίας, Giovanni Ruggeri (πρόεδρος).

Πιστρίκα Α., 2010, *Εκτίμηση Άμεσης Πλημμυρικής Ζημιάς σε Δομημένο Περιβάλλον*. Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Μάρτιος 2010.

Schnitter N. J., 1994, *A History of Dams – The useful pyramids*, Εκδόσεις A.A. Balkema, Rotterdam & Brookfield.

USA Congress, 1972, Public Law 92-367, *National Dam Inspection Act*.

Πληροφορίες του Πίνακα του Παραρτήματος, από τη ΔΕΗ/ΔΥΗΠ και τους Μελετητές των αναφερομένων έργων.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Βασικά στοιχεία σχεδιασμού υπόψη έργων

α/α	Όνομα Έργου	Τύπος Φράγματος	Ύψος Φράγματος (m)	Περίοδος Επαναφοράς Πλημμύρας Σχεδιασμού (έτη)	Κύριος του Έργου
1	Αγ. Βαρβάρα	TE	20	1.000	ΔΕΗ
2	Αγιονέρι	ER	48	10.000	ΥΠ.ΑΓ.ΑΝ.
3	Απολακιά	TE	39	10.000	ΥΠ.ΑΓ.ΑΝ.
4	Αποσελέμης	TE	62	50.000	ΟΑΚ
5	Αστέρι	TE	75	ΠΜΠ	Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
6	Ασώματα	TE	52	1.000	ΔΕΗ
7	Αχυρά	TE	37	1.000	Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
8	Βαλσαμιώτης	PG	66	1.000	ΥΠ.ΑΓ.ΑΝ
9	Βράχος	ER	48	1.000	ΥΠ.ΑΓ.ΑΝ
10	Γαδουράς	TE	67	10.000	Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
11	Γρατινή	TE	53	ΠΜΠ	ΔΕΗ
12	Γυρτώνη	PG	16	10.000	Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
13	Δαφνοζωνάρα	PG	28	1.000	ΤΕΡΝΑ
14	Εύηνος	TE	127	10.000	Ε.Υ.Δ.ΑΠ.
15	Θησαυρός	ER	172	ΠΜΠ	ΔΕΗ
16	Ιάσιο	ER	53	ΠΜΠ	Ν. Α. Ροδόπης
17	Ιλαρίωνας	TE	130	10.000	ΔΕΗ
18	Ινίου-Μαχειρά	TE	38	1.000	ΥΠ.ΑΓ.ΑΝ
19	Καλύβα-Κομαρών	TE	39	5.000	Περιφ. ΔΕΚΕ
20	Κάρλα	TE	9	500	Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
21	Καστράκι	TE	96	ΠΜΠ	ΔΕΗ
22	Κρεμαστά	TE	165	ΠΜΠ	ΔΕΗ
23	Λάδωνας	PG	56	Άλλη προσέγγ.	ΔΕΗ
24	Λειβάδι	TE	32	1.000	ΥΠ.ΑΓ.ΑΝ.
25	Λειβάδι	ER	30	1.000	ΥΠ.ΑΓ.ΑΝ.
26	Λούρος	PG	22	Άλλη προσέγγ.	ΔΕΗ
27	Μαρμαράς	ER	50	10.000	Ν.Α. ΔΕΒ
28	Μαυρομάτι	TE	53	ΠΜΠ	Ν. Α. Μαγνησίας
29	Μεσοχώρα	ER	150	ΠΜΠ	ΔΕΗ
30	Μετσοβίτικος	TE	11	ΠΜΠ	ΔΕΗ

α/α	Όνομα Έργου	Τύπος Φράγματος	Ύψος Φράγματος (m)	Περίοδος Επαναφοράς Πλημμύρας Σχεδιασμού (έτη)	Κύριος του Έργου
31	Παπαδιά	ER	67	10.000	ΔΕΗ
32	Παρθένι	TE	26	1.000	ΥΠ.ΑΓ.ΑΝ.
33	Πηγές Αώου	ER	78	ΠΜΠ	ΔΕΗ
34	Πλατανόβρυση	PG	95	ΠΜΠ	ΔΕΗ
35	Πολύφυτο	ER	112	1.000	ΔΕΗ
36	Ποταμοί (Αμάρι)	ER	55	65.000	ΟΑΚ
37	Πουρνάρι	TE	87	ΠΜΠ	ΔΕΗ
38	Πουρνάρι II	TE	15	ΠΜΠ	ΔΕΗ
39	Πραμόριτσα	ER	57	10.000	N.A. Κοζάνης
40	Ραπεντώσα	ER	39 <sup>(5)</sup>	1.000	Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
41	Σμόκοβο	ER	109	10.000	Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
42	Στράτος	TE	26	ΠΜΠ	ΔΕΗ
43	Συκιά	TE	170	ΠΜΠ	Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
44	Σφηκιά	ER	82	1.000	ΔΕΗ
45	Σχοινάς	TE	31	ΠΜΠ	ΥΠ.ΑΓ.ΑΝ
46	Ταυρωπός	VA	83	Άλλη προσέγγ.	ΔΕΗ
47	Τριανταφυλλιά	ER	75	ΠΜΠ	Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
48	Μελισσούδι	TE	60	ΠΜΠ	Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
49	Νεστόριο	TE	72	ΠΜΠ	N. A. Καστοριάς
50	Καλαμιώτισα	TE	35	ΠΜΠ	Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
51	Καρβουνόρεμα	TE	42	ΠΜΠ	Περιφ. Αν. Μ-Θ
	TE →	<b>Χωμάτινο φράγμα</b>			
	ER →	<b>Λιθόρριπτο φράγμα</b>			
	PG →	<b>Φράγμα βαρύτητας</b>			