



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ
ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ
ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΣΕΡΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
& ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ



ΔΙ-ΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΡΟΛΗΨΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΚΑΝΤΑΡΤΖΗΣ ΘΩΜΑΣ
ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ

«ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟ ΦΡΑΓΜΑΤΑ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΤΑΥΡΩΠΟΥ»

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΛΕΚΚΑΣ ΕΥΘΥΜΗΣ
ΛΟΖΙΟΣ ΣΤΕΛΙΟΣ
ΜΙΓΓΙΡΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΚΠΑ (Επιβλέπων)
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΚΠΑ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΓΕΩΠΟΝΙΚΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ

ΑΘΗΝΑ
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2012



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΑΕΚ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Η ΠΑΙΔΕΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Εκπαίδευσης και Αρχικής
Επαγγελματικής Κατάρτισης



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ
ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ
ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΣΕΡΡΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
& ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ**



**ΔΙ-ΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΡΟΛΗΨΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**ΚΑΝΤΑΡΤΖΗΣ ΘΩΜΑΣ
ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ**

**«ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟ ΦΡΑΓΜΑΤΑ
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΤΑΥΡΩΠΟΥ»**

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

**ΛΕΚΚΑΣ ΕΥΘΥΜΗΣ
ΛΟΖΙΟΣ ΣΤΕΛΙΟΣ
ΜΙΓΓΙΡΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΚΠΑ (Επιβλέπων)
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΚΠΑ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΓΕΩΠΟΝΙΚΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΑΘΗΝΑ
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2012**



**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΑΕΚ**

**ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ**



Η ΠΑΙΔΕΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Εκπαίδευσης και Αρχικής
Επαγγελματικής Κατάρτισης

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟ ΦΡΑΓΜΑΤΑ

Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΤΑΥΡΩΠΟΥ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΜΕΓΑΛΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	3
3. ΜΕΓΑΛΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΟΔΗΓΙΑ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΝΕΡΑ	7
4. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΦΡΑΓΜΑΤΑ	17
5. ΤΥΠΟΙ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ & ΣΥΝΟΔΑ ΕΡΓΑ	31
6. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑ ΔΕΗ – ΕΡΓΑ ΠΟΛΛΑΠΛΟΥ ΣΚΟΠΟΥ	39
7. ΑΡΧΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ	52
8. ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ	62
9. ΤΟ ΦΡΑΓΜΑ ΤΑΥΡΩΠΟΥ	85
10. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΤΑΥΡΩΠΟΥ	94
11. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	107

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία εκτελέσθηκε στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Πρόληψη και Διαχείριση Φυσικών Καταστροφών» και έχει ως αντικείμενο τη διερεύνηση των επιπτώσεων από μια πιθανή αστοχία του φράγματος Ταυρωπού της λίμνης Πλαστήρα που βρίσκεται στο νομό Καρδίτσας.

Το φράγμα Ταυρωπού είναι τοξωτό διπλής καμπυλότητας, από σκυρόδεμα, και η κατασκευή του ολοκληρώθηκε το 1959. Είναι ένα έργο πρωτοποριακό για την εποχή του το οποίο έχει προσφέρει πολλά στην εθνική οικονομία.

Ειδικότερα:

Στο **κεφάλαιο 2** παρουσιάζεται ο Κατάλογος των Μεγάλων Ελληνικών Φραγμάτων, ο οποίος αποτελεί μία βάση δεδομένων που παρουσιάζει την υφιστάμενη κατάσταση και την ανάπτυξη των μεγάλων φραγμάτων στην Ελλάδα, η οποία θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση και διαχείριση των έργων αυτών.

Στο **κεφάλαιο 3** γίνεται αναφορά στον καθορισμό των άρχων και των μέτρων για τη διαχείριση και προστασία όλων των υδάτων. Από το 2001 έχει τεθεί σε εφαρμογή η ευρωπαϊκή οδηγία – πλαίσιο που καθορίζει περιβαλλοντικούς στόχους για την κατασκευή ενός φράγματος και ορίζει αυστηρά τα πλαίσια τήρησης κανόνων πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ολοκλήρωσή του.

Στο **κεφαλαίο 4** γίνεται εκτενής αναφορά τόσο στα βασικά οφέλη από την κατασκευή φραγμάτων στον άνθρωπο και το περιβάλλον, όσο και στις πολλές επιπτώσεις που μπορεί να προκληθούν στην ποιότητα του νερού, τα βιολογικά συστήματα κλπ όταν δεν τηρούνται οι βασικές αρχές που ορίζει η ευρωπαϊκή οδηγία – πλαίσιο.

Το **κεφαλαίο 5** αναφέρεται στους τύπους των φραγμάτων και στην εξέλιξη τους σύμφωνα με σύγχρονες τεχνολογίες που επιτρέπουν ασφαλέστερες κατασκευές. Γίνεται, επίσης, λόγος στις φάσεις μελέτης ενός φράγματος.

Στο **κεφάλαιο 6** τονίζεται η συμβολή των φραγμάτων στην κάλυψη των υδροηλεκτρικών αναγκών της χώρας, άλλα και σε παράπλευρες θετικές εξελίξεις στην κοινωνική ζωή των κοντινών περιοχών. Αναφέρονται επίσης οι δυσκολίες και τα προβλήματα όταν η χρήση των φραγμάτων γίνεται για την εξυπηρέτηση άλλων σκοπών.

Το **κεφαλαίο 7** κατηγοριοποιεί τα αίτια αστοχίας των φραγμάτων σύμφωνα με τον τύπο κατασκευής του και εισάγει τα βήματα που πρέπει να ακολουθούνται στην μελέτη και τον σχεδιασμό του.

Στο **κεφαλαίο 8** γίνεται πιο αναλυτική αναφορά στους τρόπους και τις περιπτώσεις αστοχίας των φραγμάτων, ειδικά στο ελλαδικό χώρο και αναλύονται οι δυο μεθοδολογίες πραγματοποίησης μιας μελέτης αστοχίας .

Το **κεφαλαίο 9** αναφέρεται συγκεκριμένα στο φράγμα του Ταυρωπού στο οποίο εφαρμόστηκε το πρακτικό τμήμα της διπλωματικής και δίνονται εκτενείς πληροφορίες για την ιστορία του, τις χρήσεις του και τα χαρακτηριστικά του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΤΑΥΡΩΠΟΥ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- ΕΙΣΑΓΩΓΗ
- ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ
- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Αχελώος είναι ένας ποταμός που από αρχαιολογικά και ιστορικά στοιχεία προκύπτει ότι λατρευόταν ως Θεός από τους κατοίκους των περιοχών που διέσχιζε. Οι παλαιότερες γνωστές παραστάσεις του θεού Αχελώου χρονολογούνται μόλις τον 7ο αιώνα π.Χ. Η επικρατέστερη ερμηνεία του ονόματος του προκύπτει από το πρώτο συνδυαστικό της ρίζας «αχ» ή «αχα» (λατινικό aqua) που σημαίνει νερό και το συγκριτικό επίθετο «λώων» που έχει και την έννοια του ποσοτικά μεγαλύτερου. Μαζί δηλώνουν έναν πολύνερο ποταμό.

Ο Αχελώος, δεύτερος σε μήκος ελληνικός ποταμός μετά τον Αλιάκμονα, πηγάζει από το όρος Λάκμος της οροσειράς της Πίνδου, στην περιοχή του Μετσόβου και ρέει σε ένα από τα πιο σημαντικά υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας. Η λεκάνη απορροής του έχει συνολική έκταση 4.470 km² και μέγιστο υψόμετρο 2.496 m. Ονομάζεται και Ασπροπόταμος, επειδή η τυρβώδης ροή του νερού δημιουργούσε άσπρους αφρούς ή κατ' άλλους επειδή η κοίτη του σε πολλά σημεία παρουσιάζεται κατάσπρη.

Είναι ένας από τους μεγαλύτερους ποταμούς της Ελλάδας, με διαδρομή εξ' ολοκλήρου σε ελληνικό έδαφος, αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ποτάμια οικοσυστήματα της χώρας. Παράλληλα είναι ο σπουδαιότερος ποταμός από πλευράς υδροηλεκτρικής παραγωγής και αρκετά σημαντικός από πλευράς γεωργικής αξιοποίησης για την ευρύτερη περιοχή της Δυτικής Στερεάς Ελλάδας.

Αρχικά ρέει στα δυτικά της Θεσσαλίας με κατεύθυνση προς νότο και στη συνέχεια, εισέρχεται στη Στερεά Ελλάδα και διαγράφει, για αρκετό διάστημα, τα σύνορα Ευρυτανίας και Αιτωλοακαρνανίας. Στην περιοχή αυτή εμπλουτίζεται με νερά της Πίνδου από τους διάφορους παραποτάμους του, κυριότεροι των οποίων είναι ο Αγραφιώτης ή Αγραφιώτικος, ο Μένδοβας ή Ταυρωπός και ο Τρικεριώτης. Συνεχίζοντας την πορεία του προς νότο, συναντά τους παραποτάμους Μπιζάκο ή Ίναχο μεταξύ των ορεινών όγκων του Βάλτου και του μακρινόρους και κατόπιν το Μεγάλο ρέμα και το Ρύακα. Στο ύψος του Αγρινίου σχηματίζει ένα διπλό μαιανδρισμό και στρέφεται δυτικά προς την Αιτωλική λεκάνη. Από το σημείο αυτό, ακολουθεί πάλι νότια κατεύθυνση και εμπλουτίζεται με τα πλεονάζοντα νερά των λιμνών Οζερού, Λυσιμαχείας και Τριχωνίδας. Στη συνέχεια, ρέοντας μέσα από μια πλατιά πλέον κοίτη, στρέφεται δυτικά στην περιοχή του Νεοχωρίου και τελικά εκβάλλει στο Ιόνιο πέλαγος, νότια των Εχινάδων νήσων.

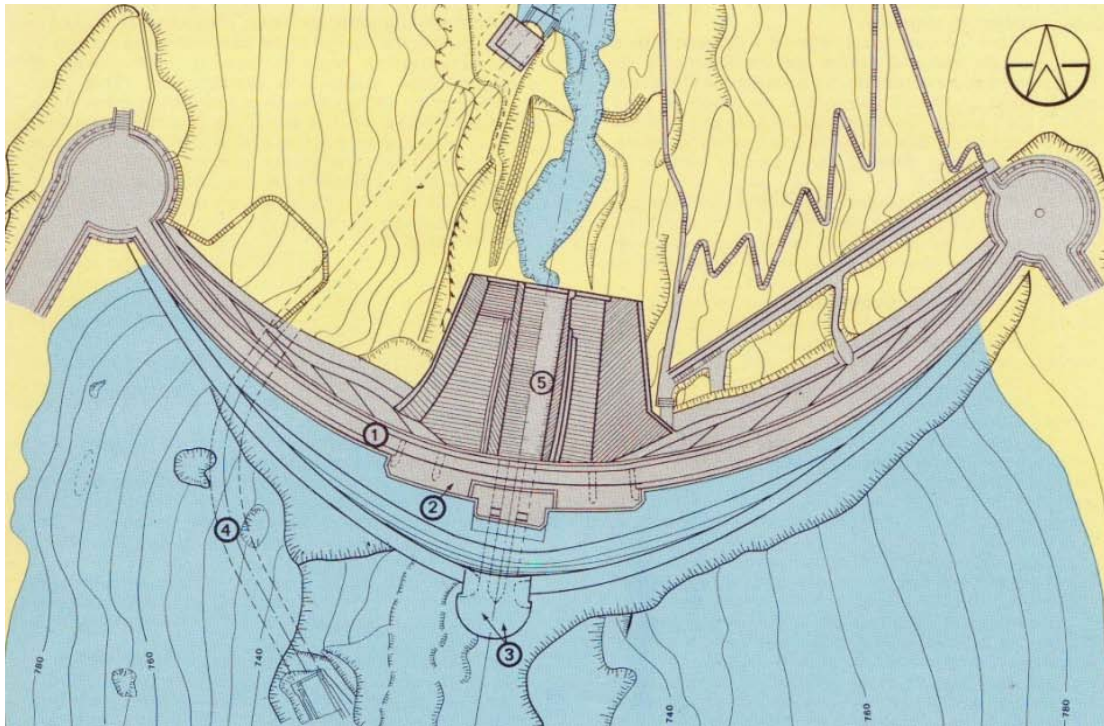
Τα φράγματα που έχουν κατασκευαστεί στον Αχελώο είναι τα εξής: του Στράτου, των Κρεμαστών, του Καστρακίου, του Ταυρωπού, της Μεσοχώρας και της Συκιάς.

Επειδή ο ποταμός Ταυρωπός ή Μένδοβας ενώνεται με τον Αχελώο και υπολογίζεται σαν ένας παραπόταμός του, η τεχνητή λίμνη Ταυρωπού, «χρεώνεται» στον Αχελώο. Είναι ο μεγαλύτερος σε μήκος παραπόταμος του Αχελώου, παρά τα φράγματα, (Κρεμαστών και Ταυρωπού), που κατασκευάστηκαν αργότερα από τη ΔΕΗ και μειώνουν τη διαδρομή του. Είναι το μοναδικό ποτάμι που αποτολμά μια εγκάρσια τομή στην Πίνδο. Έχει νοτιοδυτική κατεύθυνση και σχηματίζει πολλές καμπυλότητες, στις οποίες οφείλεται και το αρχαίο του όνομα Κάμπυλος. Δέχεται τα νερά των χειμάρρων: Μπεσιώτη, Φουρνιώτικου, Μαγγανά, Γαβρενίτη, Αρωνιάδας και Φραγκίστας.

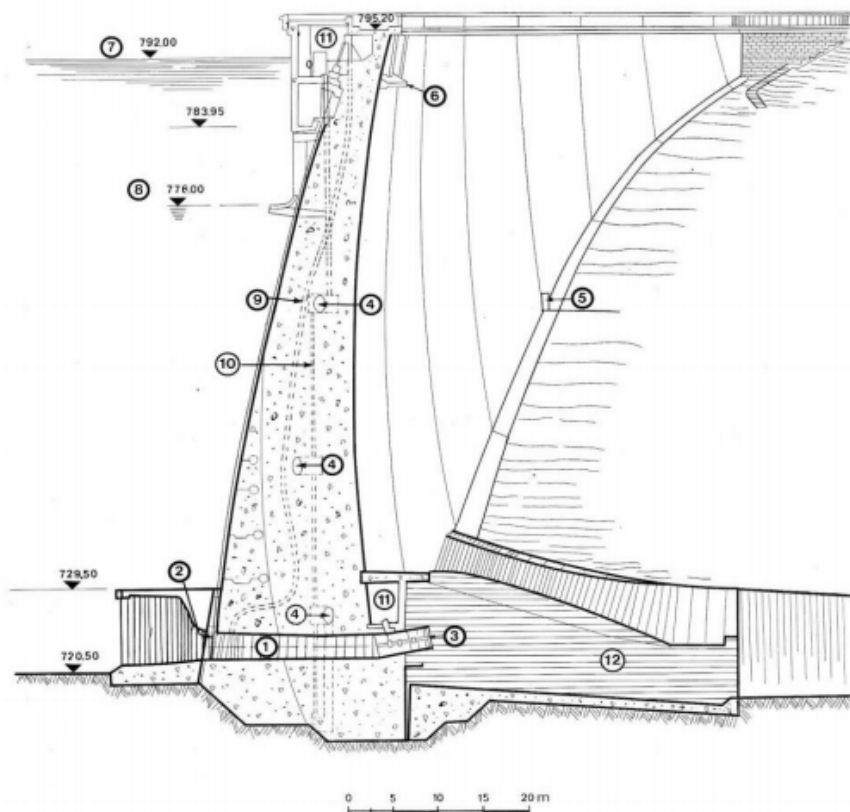
Το φράγμα του Ταυρωπού έχει κατασκευαστεί από σκυρόδεμα, είναι τοξωτό και έχει όγκο 100.000 κυβικά μέτρα, και μέγιστο ύψος 83 μέτρα από τη βάση του.

Η ανώτατη στάθμη λειτουργίας είναι 792 μέτρα, στάθμη κατά την οποία η επιφάνεια της λίμνης Πλαστήρα είναι 24.000.000 τετρ. μέτρα. Η επιφάνεια πλημμύρας είναι 794.3 μέτρα, στάθμη κατά την οποία η επιφάνεια της λίμνης 25.200.000 και ο όγκος των υδάτων 300.000.000 κυβικά μέτρα. Η στέψη του φράγματος έχει μήκος 220 μέτρα και πλάτος 4.

Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται ο σχεδιασμός του φράγματος και η κατάστασή του υπό κατασκευή και υπό πλήρωση.



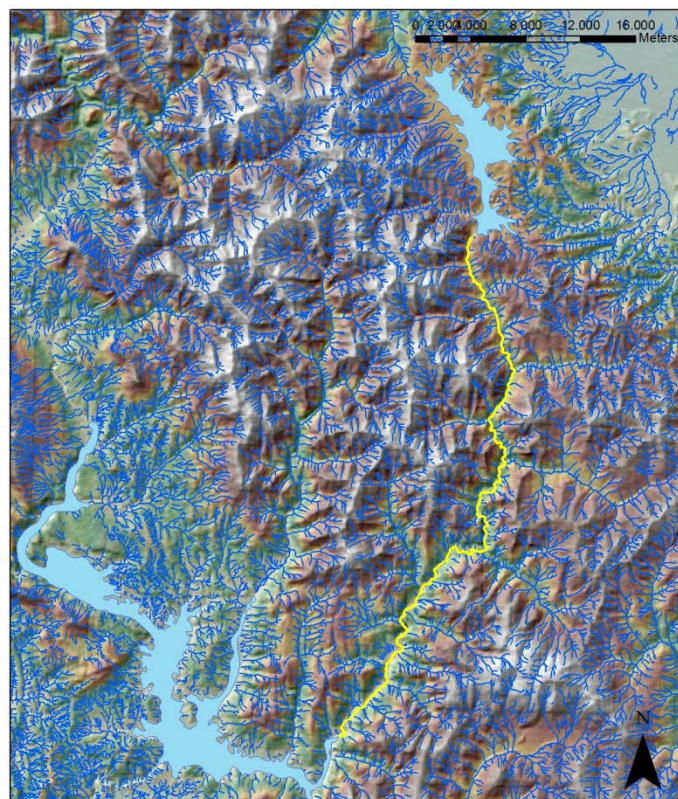
Εικ. 10.1 Ο σχεδιασμός του φράγματος του Ταυρωπού (κάτοψη).



Εικ. 10.2 Εγκάρσια τομή του φράγματος του Ταυρωπού.



Εικ. 10.3 Το φράγμα του Ταυρωπού υπό κατασκευή.



Εικ. 10.4 Η διαδρομή του χειμάρρου από το φράγμα του Ταυρωπού μέχρι το φράγμα των Κρεμαστών.



Εικ. 10.5 Το Φράγμα Ταυρωπού.



Εικ. 10.6 Φράγμα Κρεμαστών από τα νοτιοδυτικά.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

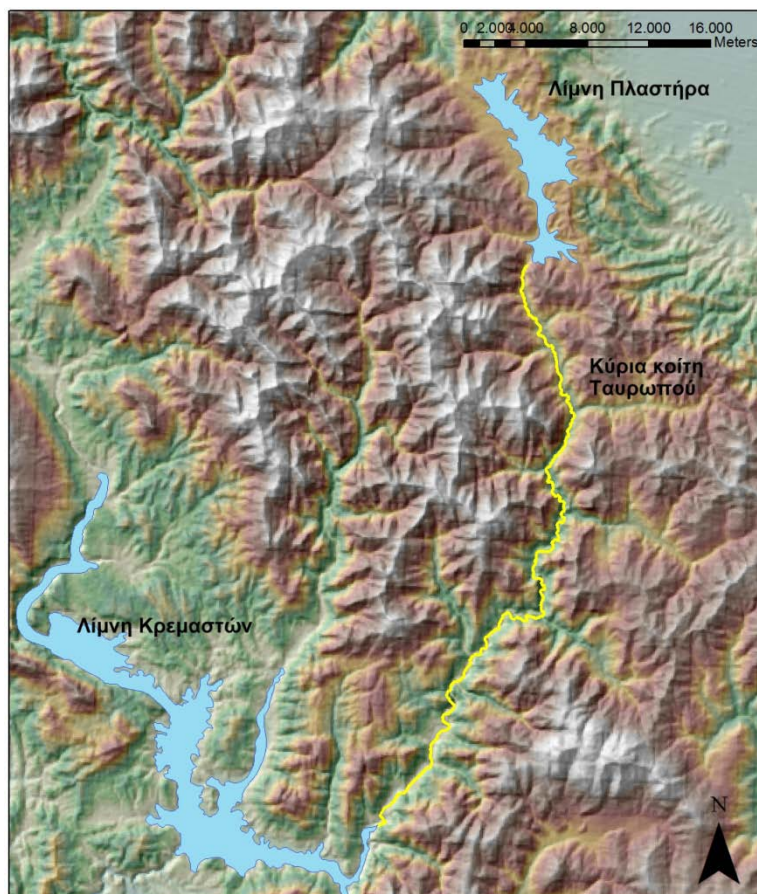
Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στη Δυτική Ελλάδα στη λεκάνη του Αχελώου. Στα κατάντη της λίμνης πλαστήρα και του Φράγματος του Ταυρωπού βρίσκεται η τεχνητή λίμνη κρεμαστών και το αντίστοιχο φράγμα.

Το φράγμα των Κρεμαστών βρίσκεται τρία χιλιόμετρα από τη συμβολή των ποταμών Ταυρωπού και Αγραφιώτη με τον Αχελώο. Γεωγραφικά, η τεχνητή λίμνη ανήκει στους νομούς Ευρυτανίας και Αιτωλοακαρνανίας, ενώ οι υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις (φράγμα, σταθμός, οικισμός κλπ.) ανήκουν στην Αιτωλοακαρνανία. Η λεκάνη απορροής του ταμειωτήρα ανέρχεται σε 3.750 km^2 .

Από τεχνικής πλευράς το φράγμα Κρεμαστών έχει μέγιστο ύψος από τη βάση του 160.3 μέτρα και όγκο 8131000 κυβικά μέτρα. Το φράγμα είναι χωμάτινο με αργιλικό πυρήνα. Η μέγιστη στάθμη λειτουργίας είναι 284 μέτρα, κατά την οποία η επιφάνεια των υδάτων ανάντη του φράγματος φτάνει τα 78300000 κυβικά μέτρα. Η δε χωρητικότητα κατά τη στάθμη αυτή φτάνει τα 475000000 κυβικά μέτρα.

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται το κατά πόσο το μια αστοχία στο φράγμα της λίμνης πλαστήρα θα είχε επιπτώσεις και τι είδους στη λίμνη των Κρεμαστών και στο φράγμα της. Επίσης εξετάζεται ο χρόνος στον οποίο θα καταγραφεί η τυχόν αστοχία στο φράγμα Κρεμαστών.

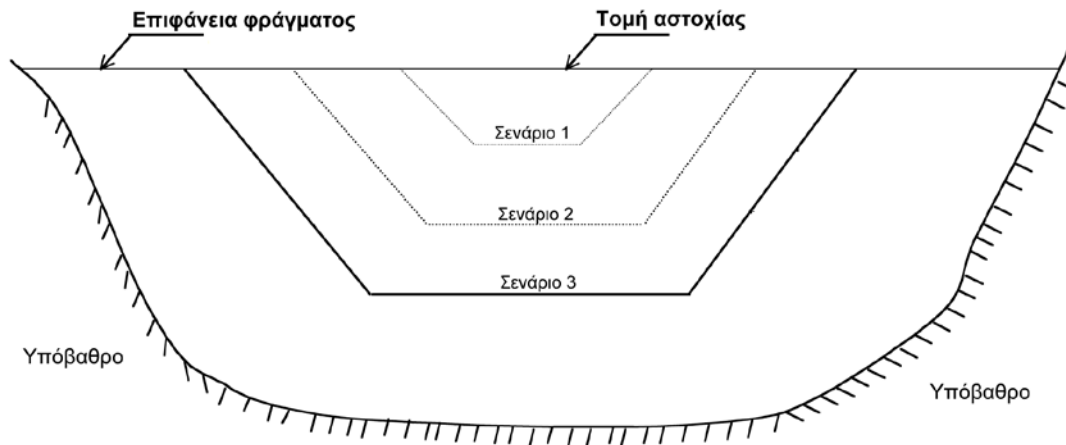
Η περιοχή δηλαδή στην οποία εστιάζει η μελέτη είναι το μήκος της κοίτης του Ταυρωπού μεταξύ των δύο τεχνητών λιμνών όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικ. 10.7 Περιοχή μελέτης.

Για την επίτευξη του στόχου, το μήκος του Ταυρωπού χωρίζεται σε συγκεκριμένα τμήματα στα οποία θα προσομοιωθούν οι ιδιότητες των υδάτων και ο χρόνος κατά στον οποίο θα φτάσουν τα ύδατα.

Σχετικά με την αστοχία του ανάντη φράγματος εξετάσθηκαν 3 διαφορετικά σενάρια τα οποία περιλαμβάνουν διαφορετικές διατομές αστοχίας, και παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα.

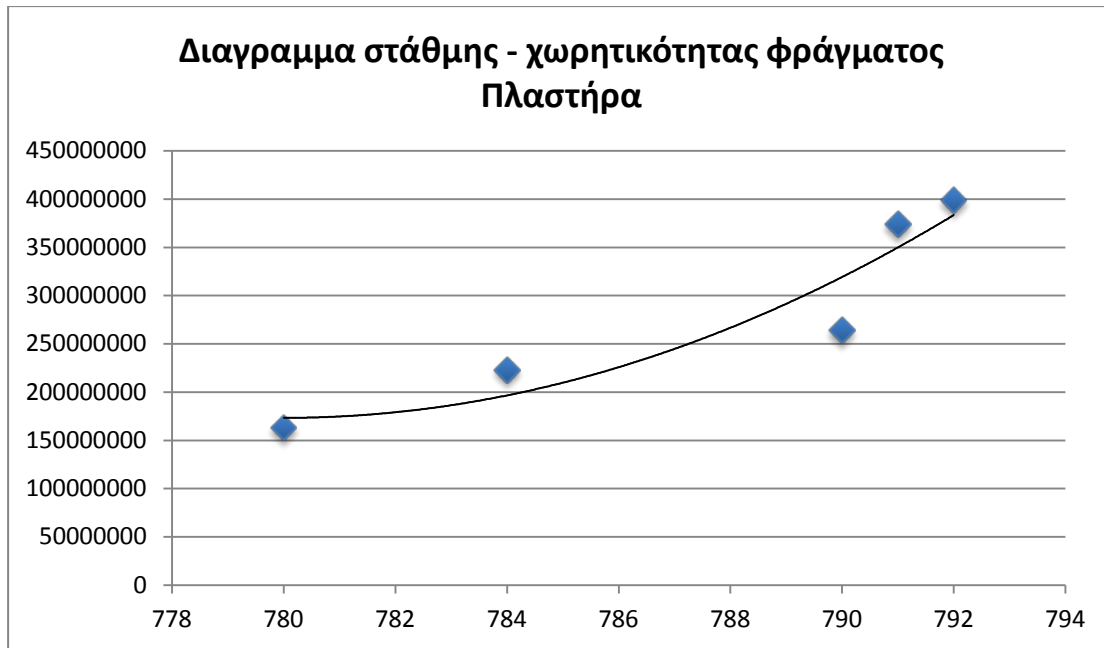


Εικ. 10.8 Σχηματική αποτύπωση των 3 σεναρίων αστοχιών στο φράγμα της λίμνης Πλαστήρα.

Τα τρία αυτά σενάρια περιλαμβάνουν διαφορετικές διατομές αστοχίας και επομένως διαφορετικές ποσότητες υδάτων που εκρέουν από τη λίμνη Πλαστήρα προς εκείνη των Κρεμαστών, καταγράφοντας διαφορετική παροχή και διαφορετική ταχύτητα.

Κατά το πρώτο σενάριο η αστοχία έρχεται σε απόλυτο υψόμετρο 791 μέτρα. Στη δεύτερη περίπτωση η αστοχία έρχεται σε απόλυτο υψόμετρο 790 μέτρα ενώ στην τρίτη περίπτωση η αστοχία έρχεται σε απόλυτο υψόμετρο 784 μέτρα.

Με βάση την καμπύλη στάθμης χωρητικότητας του συγκεκριμένου φράγματος (στην παρακάτω εικόνα) μπορούν να προσδιορισθούν οι όγκοι νερού σε κάθε μία από τις ανωτέρω στάθμες. Με βάση αυτούς τους όγκους μπορεί να προσδιορισθεί κατά προσέγγιση το νερό που θα εκκρεύσει σε κάθε ένα από τα σενάρια δεδομένου ότι δε θα υπάρξει πλήρης κατάρρευση του φράγματος.



Εικ. 10.9 Με βάση την καμπύλη προκύπτει η αντίστοιχη χωρητικότητα ανά σενάριο.

Πίν. 1 Σενάρια αστοχίας και αντίστοιχη χωρητικότητα του φράγματος

Σενάριο	Χωρητικότητα
Σενάριο 1 – 791 μέτρα	374.000.000 κυβ. μέτρα
Σενάριο 2 – 790 μέτρα	264.000.000 κυβ. μέτρα
Σενάριο 3 – 784 μέτρα	223.000.000 κυβ. μέτρα

Σύμφωνα με τη χωρητικότητα του φράγματος μετά από κάθε σενάριο αστοχίας προκύπτει το νερό που θα εκκρεύσει σε κάθε περίπτωση.

Πιν. 2 Σενάρια αστοχίας και αντίστοιχη προβλεπόμενη εκροή

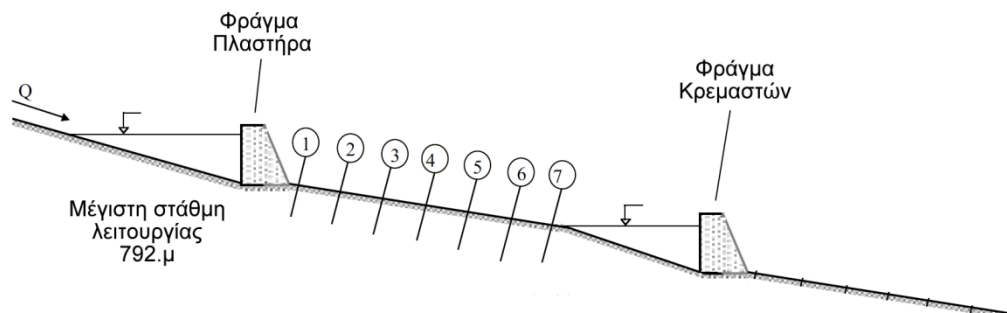
Σενάριο	Εκροή
Σενάριο 1: 399 – 374 εκ. κυβ. μέτρα	25.000.000 κυβ. μέτρα
Σενάριο 2: 399 – 135 εκ. κυβ. μέτρα	135.000.000 κυβ. μέτρα
Σενάριο 3: 399 – 223 εκ. κυβ. μέτρα	176.000.000 κυβ. μέτρα

Με βάση τις εκροές αυτές θα προσδιορισθεί στη συνέχεια το ενδεχόμενο αστοχίας του φράγματος των Κρεμαστών στο οποίο θα διοχετευθεί η συγκεκριμένη παροχή.

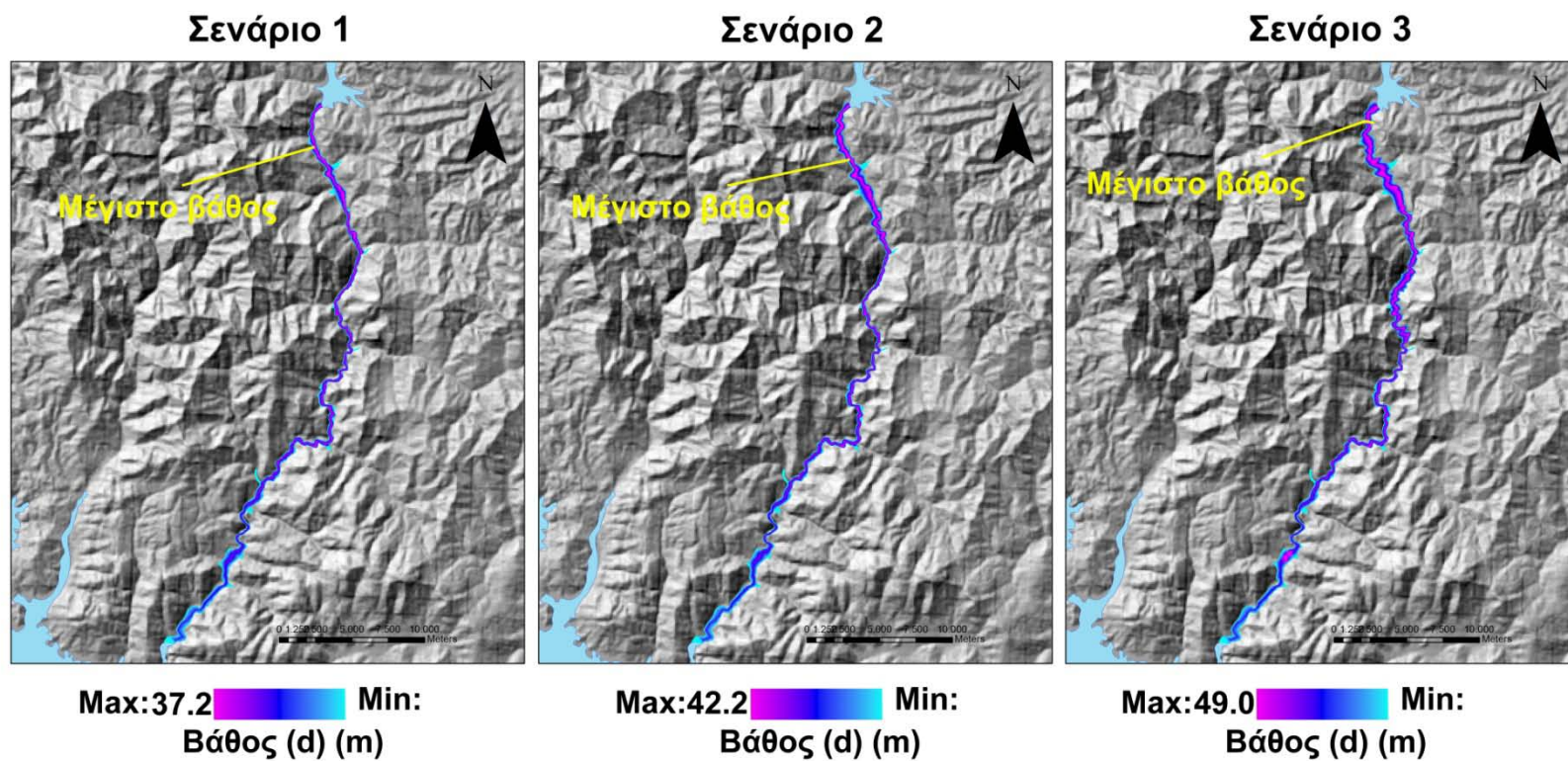
Με βάση τα σενάρια αυτά προκύπτει η διατομή αστοχίας από την οποία εξαρτάται η ταχύτητα διάχυσης των υδάτων, το ύψος από το οποίο πέφτουν στην κοίτη κατάντη και κυρίως η τάση η οποία τους ασκείται λόγω της υδροστατικής πίεσης. Σύμφωνα με αυτά η διατομή των τριών αυτών σεναρίων εισήχθη στο μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε ως δεδομένο εισόδου. Για την προσομοίωση

της αστοχίας του φράγματος και των φυσικών ιδιοτήτων των υδάτων που απορρέουν χρησιμοποιήθηκε το μονοδιάστατο μοντέλο DAMBRK.

Με βάση την προσομοίωση του DAMBRK υπολογίστηκε το βάθος των υδάτων σε όλη τη διαδρομή που ακολουθούν από το φράγμα Πλαστήρα μέχρι τη λίμνη Κρεμαστών. Το βάθος έχει υπολογισθεί και για τα 3 σενάρια αστοχίας και παρουσιάζεται στους παρακάτω χάρτες.



Εικ. 10.10 Σχηματική απεικόνιση της διάταξης των δύο φραγμάτων στην περιοχή μελέτης. Στην εικόνα παρουσιάζονται



Εικ. 10.11. Προσομοίωση του μέγιστου βάθους της ροής των υδάτων κατά τα τρία σενάρια σε όλο το μήκος της διαδρομής από το φράγμα Πλαστήρα μέχρι την εισροή αυτών στη λίμνη Κρεμαστών.

Με βάση την προσομοίωση στην πρώτη περίπτωση (σενάριο 1) παρατηρείται μέγιστο βάθος υδάτων 37.2 μέτρα, στη δεύτερη (σενάριο 2) 42.2 μέτρα και στην τρίτη (σενάριο 3) 49 μέτρα. Και στις 3 περιπτώσεις το μέγιστο βάθος παρατηρείται στα πρώτα 3 km κατάντη του φράγματος Πλαστήρα. Στη συνέχεια το βάθος ελαττώνεται και υπάρχει μια συνεχής τάση μείωσης του, εξαρτώμενη βέβαια και από τα πρηνή του υδατορεύματος το οποίο διατρέχει.

Τα ύδατα φτάνουν να εισρεύσουν στη λίμνη στο πρώτο σενάριο με ύψος 16.9 μέτρα, στο δεύτερο στα 19.3 μέτρα και στο τρίτο στα 21.2 μέτρα.

Με βάση την προσομοίωση του DAMBRK η ταχύτητα των υδάτων διαφοροποιείται με βάση το βάθος της ροής, τις διαστάσεις του υδατορεύματος και τους συντελεστές τριβής Manning.

Με βάση τους παράγοντες αυτούς και την απόσταση μεταξύ του φράγματος Πλαστήρα και της θέσης όπου ο Ταυρωπός εισρέει στη λίμνη Κρεμαστών (με δεδομένη την σημερινή της στάθμη) η οποία είναι 53.3 km, υπολογίστηκε η ταχύτητα των υδάτων σε κάθε χρονικό σημείο.

Με βάση την ταχύτητα που προβλέπεται από το μοντέλο, το πρόγραμμα υπολογίζει το χρόνο που χρειάζεται το νερό από τη λίμνη Πλαστήρα μετά την αστοχία του φράγματος για να φτάσει στο σημείο όπου θα εισρεύσει στη λίμνη Κρεμαστών (Πίνακας 1).

Πίν. 3. Πίνακας προσδιορισμού του χρόνου που χρειάζονται τα ύδατα για να διανύσουν την απόσταση μεταξύ λίμνης Πλαστήρα και λίμνης Κρεμαστών για τα 3 σενάρια που μελετώνται.

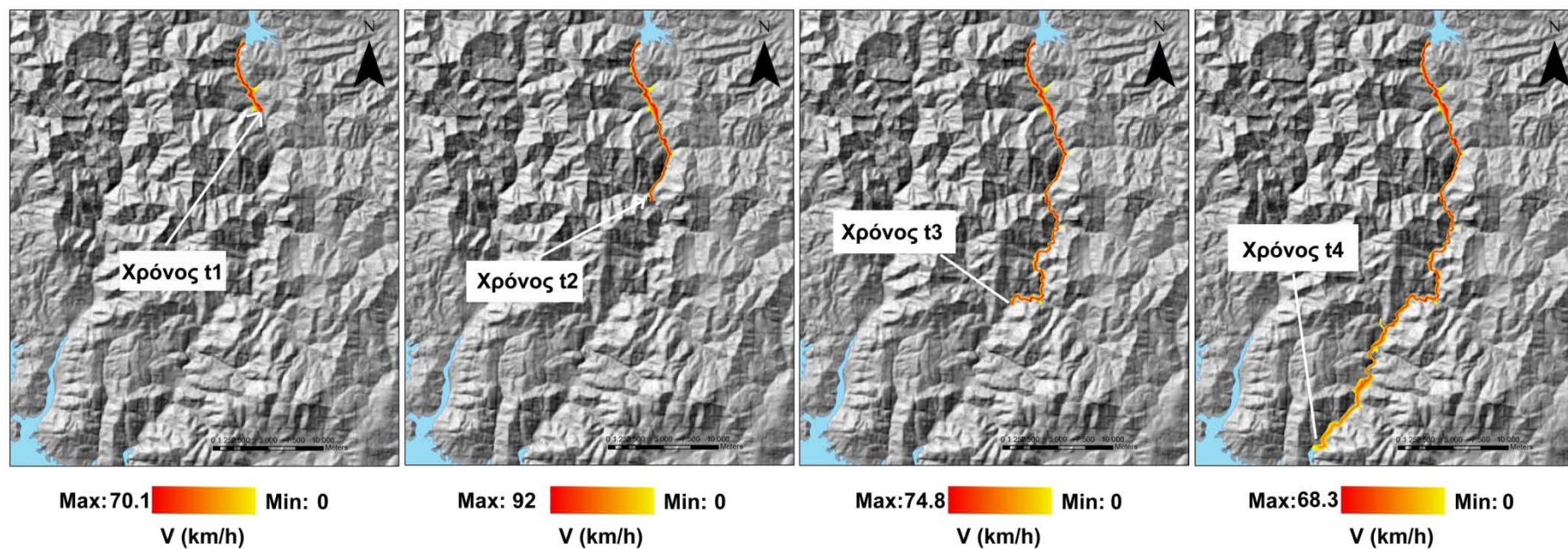
Σενάριο	Απόσταση (km)	Μέση ταχύτητα (V)	Χρόνος (h)	Χρόνος (min)
1	53.3	73.5 km/h	0.73	43.8
2	53.3	85.1 km/h	0.63	37.8
3	53.3	92 km/h	0.57	34.2

Με βάση την ταχύτητα ο χρόνος εισροής των υδάτων για το 3^ο σενάριο στη λίμνη Κρεμαστών χωρίστηκε σε 4 ίσα διαστήματα ώστε να μπορεί να απεικονισθεί η εξέλιξη της ροής τους. Τα διαστήματα αυτά φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

Πίν.4.

Χρονικό σημείο	Χρόνος μετά την αστοχία
t1	8.55 min
t2	17.05 min
t3	25.6 min
t4	34.2 min

Στους παρακάτω χάρτες παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη της ροής των υδάτων με το χρόνο και απεικονίζεται η κατανομή της ταχύτητας όπως υπολογίστηκε από το μοντέλο (Εικόνα Χ).



Εικ. 10.12 Χρονική εξέλιξη της ροής των υδάτων στα χρονικά διαστήματα t1, t2, t3 και t4 για το σενάριο 3. Απεικονίζεται και η κατανομή της ταχύτητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

EC (2000). – Directive of the European parliament and of the Council 2000/60/EC establishing a framework for community action in the field of Water Policy.

EC (2006). – Directive of the European parliament and of the Council 2006/118/EC on the protection of groundwater against pollution and deterioration.

EEC (1992). – Council Directive 92/43/EEC on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora.

WATECO Working Group Report, (2002). – Economics and the Environment. The implementation challenge of the Water framework Directive. Guidance document No. 1.

World Commission on Dams (WCD) (2000). – Dams and Development: A new framework for Decision Making.

ΚΟΤΖΑΓΕΩΡΓΗΣ, Γ., ΒΑΓΙΑΝΟΥ, Φ., ΠΑΠΑΓΡΗΓΟΡΙΟΥ, Σ. (2008). – Η ανάπτυξη φραγμάτων μετά την Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2000/60/ΕΚ). 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μεγάλων Φραγμάτων, vol. 1, 269-278, Λάρισα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

DYNESIUS, M. & NILSSON, C. (1994). – Fragmentation and Flow Regulation of River Systems in the Northern Third of the World. Science, Vol. 266 (11):753-762.

ΦΙΛΙΝΤΑΣ, Α.Θ., ΠΟΛΥΖΟΣ, Σ.Θ. (2008). – Φράγματα, λειτουργίες οικοσυστήματος και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μεγάλων Φραγμάτων, vol. 1, 143-154, Λάρισα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΤΟΥΡΝΑΡΑΣ, Γ. σε συνεργασία με ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΥ, Μ. (2011). – Τεχνική Γεωλογία, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα.

ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ, Ο. (2008). – Τύποι Φραγμάτων, Γεωτεχνικά Προβλήματα και Συμπαρομαρτούντα Έργα. Πρακτικά, 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μεγάλων Φραγμάτων, vol. 1, 155-184, Λάρισα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΡΓΥΡΑΚΗΣ, Ι.Γ. (2008). – Οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί της ΔΕΗ Α.Ε. και η συμβολή τους στην κάλυψη των Ενεργειακών Αναγκών της Χώρας. 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μεγάλων Φραγμάτων, vol. 1, 309-315, Λάρισα.

ΛΕΡΗΣ, Γ.Λ. (2008). – Η εκμετάλλευση των Υδροηλεκτρικών Σταθμών της ΔΕΗ Α.Ε. 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μεγάλων Φραγμάτων, vol. 1, 257-264, Λάρισα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΤΣΙΚΝΑΚΟΥ, Γ. (2008). – Γενικές Αρχές για τη σύνταξη Εθνικού Κανονισμού Ασφάλειας Φραγμάτων. 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μεγάλων Φραγμάτων, vol. 2, 269-276, Λάρισα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

- BREACH MODEL (2005).** - <http://www.nws.noaa.gov/oh/hrl/rvrmech/modelsbrch.htm>.
- FLOW SCIENCE INC (2005).** - FLOW-3D User's Manual, Santa Fe, NM. <http://www.flow3d.com/about.htm>.
- FREAD, D. L. (1988).** – The NWS DAMBRK model: theoretical background and user documentation, HRL-258, Hydrologic Research Laboratory, National Weather Service, Silver Spring, Md. 4.
- FREAD, D.L. & JIN, M. (1993).** – Real-time dynamic flood routing with NWS FLDWAY model using Kalman filter updating, Engineering hydrology, Y.K. Chin, ed., ASCE, New York, N.Y. 946-951.
- ΣΤΑΜΟΥ, Α. (2008).** – The computer code RISH-1D (River Stream Hydraulics in 1 Dimension).
- ΜΟΥΤΑΦΗΣ, Ν.Ι. (2008).** – Αστοχίες και Ατυχή Συμβάντα Ελληνικών Φραγμάτων. 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μεγάλων Φραγμάτων, vol. 2, 159-169, Λάρισα.
- ΣΤΑΜΟΥ, Α. (2004).** – Υπολογιστικός κώδικας FROM (Flood Routing Model), ΕΜΠ, Αθήνα.
- ΣΤΑΜΟΥ, Α.Ι. (2008).** – Μαθηματική προσομοίωση της αστοχίας φράγματος. 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μεγάλων Φραγμάτων, vol. 2, 246-255, Λάρισα.
- ΣΤΑΜΟΥ, Α.Ι., ΜΟΥΤΑΦΗΣ, Ν.Ι., ΣΤΕΦΑΝΑΚΟΣ, Ι. (2008).** – Αναγκαιότητα καθορισμού τεχνικών προδιαγραφών μελετών αστοχίας φράγματος. 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μεγάλων Φραγμάτων, vol. 2, 237-245, Λάρισα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ (ΑΝΚΑ) (www.anka.gr). Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Καρδίτσας (στοιχεία από αρχεία της υπηρεσίας).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

- ΣΤΑΜΟΥ, Α. & ΚΑΤΣΙΡΗΣ, Ι. (2005).** - Μαθηματικό μοντέλο διάδοσης πλημμύρας κατά τη θραύση φράγματος, Πρακτικά του 5^{ου} Εθνικού Συνεδρίου της ΕΕΔΥΠ, Ξάνθη,.
- ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗΣ, Π. (2006).** - Διερεύνηση αστοχίας γεωφράγματος, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Επιβλέπων: Α. Στάμου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΜΕΓΑΛΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΜΕΓΑΛΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ

Η κατάρτιση του Καταλόγου μεγάλων ελληνικών φραγμάτων έχει στόχο να αποτελέσει μία βάση δεδομένων η οποία θα παρουσιάζει την υφιστάμενη κατάσταση και την ανάπτυξη των μεγάλων φραγμάτων στην Ελλάδα, η οποία θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση και διαχείριση των έργων αυτών.

Τα κριτήρια ένταξης των φραγμάτων στον κατάλογο είναι (i) να έχουν ύψος από τη θεμελίωση ίσο ή μεγαλύτερο των 15 m και όγκο ταμιευτήρα μεγαλύτερο των 3 εκατομ. m³ (σύμφωνα με τον ορισμό των μεγάλων φραγμάτων κατά ICOLD) και (ii) το έργο να είναι κατασκευασμένο ή υπό κατασκευή ώστε τα στοιχεία να είναι έγκυρα και ο κατάλογος να αντιπροσωπεύει την παρούσα κατάσταση στην Ελλάδα.

Οι κατηγορίες των υπό συλλογή στοιχείων είναι οι ακόλουθες:

- Όνομα φράγματος
- Όνομα ταμιευτήρα
- Έτος κατασκευής
- Φάση έργου (υπό κατασκευή, σε λειτουργία ή έργο που έχει αστοχήσει)
- Όνομα ποταμού επί του οποίου βρίσκεται το έργο ή του ποταμού τροφοδοσίας αν πρόκειται για εξωποτάμιο έργο
- Νομός στον οποίο βρίσκεται το έργο
- Γεωγραφικό διαμέρισμα στον οποίο βρίσκεται το έργο
- Πλησιέστερη πόλη
- Γεωγραφικές συντεταγμένες της θέσης του έργου σε ΕΓΣΑ '87
- Τύπος φράγματος
- Είδος του στεγανωτικού στοιχείου που διαθέτει το φράγμα
- Τύπος εδάφους θεμελίωσης του έργου
- Ύψος φράγματος
- Μήκος φράγματος
- Πλάτος στέψης
- Όγκος φράγματος
- Όγκος ταμιευτήρα
- Επιφάνεια ταμιευτήρα
- Μήκος ταμιευτήρα
- Σκοπός του έργου
- Λεκάνη απορροής
- Παροχή υπερχειλιστή
- Τύπος υπερχειλιστή
- Κύριος του έργου ή ιδιοκτήτης φράγματος
- Μελετητής έργου
- Κατασκευαστής φράγματος
- Εγκατεστημένη ισχύς (για υδροηλεκτρικά έργα)
- Παραγόμενη ενέργεια (για υδροηλεκτρικά έργα)
- Αρδευόμενες εκτάσεις (για αρδευτικά έργα)
- Όγκος για πλημμύρα (για αντιπλημμυρικά έργα)
- Μεταστέγαση πληθυσμών (μετακίνηση πληθυσμού για την κατασκευή του έργου)
- Προϋπολογισμός μελέτης
- Τελικό κόστος κατασκευής

- Σημαντικά σχόλια, τεχνικά θέματα ή συμβάντα που σχετίζονται με την κατασκευή ή τη λειτουργία του έργου

Για την κατάρτιση του καταλόγου συλλέχθηκαν στοιχεία από την ICOLD, από τις αρμόδιες υπηρεσίες των νομαρχιών, από τα αρμόδια υπουργεία, τη ΔΕΗ, από τους μελετητές των διαχειριστικών μελετών και από τους μελετητές των φραγμάτων. Επίσης πραγματοποιήθηκε διαδικτυακή αναζήτηση, κυρίως για τον εντοπισμό νέων φραγμάτων.

Ο πλήρης κατάλογος των μεγάλων φραγμάτων περιέχεται σε ηλεκτρονική μορφή (excel) στο ηλεκτρονικό ανάτυπο της εργασίας.

ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΚΑΤΑΛΟΓΟΥ ΜΕΓΑΛΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ**Έτος κατασκευής:**

Το έτος ολοκλήρωσης του φράγματος (ή σε παρένθεση το έτος εκτιμώμενης ολοκλήρωσης του φράγματος)

Φάση Έργου:

- c (under construction): υπό κατασκευή,
- u (in use): σε φάση λειτουργίας,
- f (failed): έχει αποχήσει

Τύπος Φράγματος

- ER (rockfill): λιθόρριπτο
- TE (earthfill): χωμάτινο
- PG (gravity): βαρύτητας
- VA (arch): τοξωτό
- MV (multi arch): τοξωτό πολλαπλής καμπυλότητας
- RCC (roller compacted concrete): κυλινδρούμενου σκυροδέματος
- CFRD (concrete faced rockfill dam): λιθόρριπτο με ανάντη πλάκα σκυροδέματος
- CB (buttress): αντηριδωτό
- MS (masonry): λιθόδετο
- FSHD (face symmetrical hardfill dam): σκληρού επιχώματος

Στεγανωτική διάταξη

- ie: αν έχει κεντρική στεγάνωση (πυρήνα)
- fc: αν έχει ανάντη πλάκα σκυροδέματος
- h: αν πρόκειται για ομογενές χωμάτινο αδιαπέρατο φράγμα
- hc: αν πρόκειται για ομογενές διαπέρατο φράγμα από σκυρόδεμα
- m: αν η στεγάνωση εξασφαλίζεται με χρήση στεγανωτικών μεμβρανών ή ασφαλικά

Θεμελίωση

- R (rock): θεμελίωση σε βράχο
- S (soil): θεμελίωση σε έδαφος
- .

Ύψος φράγματος:

Το μέγιστο ύψος του φράγματος από τη θεμελίωση ως τη στέψη

Όγκος ταμιευτήρα:

Ο όγκος του ταμιευτήρα του φράγματος στην ΑΣΛ (σε παρένθεση ο ωφέλιμος όγκος)

Σκοπός

- C (Flood Control): αντιπλημμυρική προστασία
- F (Fire control): αντιτυρική προστασία
- G (Groundwater recharge): εμπλουτισμός υδροφόρου ορίζοντα
- H (hydropower): ηλεκτροπαραγωγή
- I (Irrigation): άρδευση
- N (Navigation): ναυσιπλοΐα
- R (Recreation): αναψυχή
- S (Water Supply): ύδρευση
- T (Tailings): φράγμα τελμάτων

Τύπος υπερχειλιστή

- L: υπερχειλιστής (χωρίς θυροφράγματα)
- V: εκχειλιστής (με θυροφράγματα)

Συντεταγμένες θέσης Έργου x, y, z

ΕΓΣΑ 87 (αφορούν στο μέσο της στέψης του φράγματος)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΓΑΛΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ & ΟΔΗΓΙΑ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΝΕΡΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ
2. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΟΠΥ
3. ΕΞΑΙΡΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥΣ ΣΤΟΧΟΥΣ ΠΟΥ ΘΕΤΕΙ Η ΟΠΥ
4. Η ΟΠΥ ΚΑΙ Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ
5. ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΕΞΑΙΡΕΣΗΣ ΣΤΟΥΣ ΣΤΟΧΟΥΣ ΤΗΣ ΟΠΥ ΟΣΩΝ ΑΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΝΕΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από τις αρχές του 2001 έχει τεθεί σε ισχύ η **Ευρωπαϊκή Οδηγία – Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ** για τη διαχείριση των Υδάτων (ΟΠΥ ή Οδηγία). Αποτελεί μία ολιστική και καινοτόμο προσπάθεια προστασίας και διαχείρισης όλων των υδατικών πόρων, η οποία προέκυψε μετά από μία μακροχρόνια περίοδο συζητήσεων και διαπραγματεύσεων μεταξύ των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Συγκεκριμένα, η ΟΠΥ καθορίζει τις αρχές και προτείνει μέτρα για τη διαχείριση και προστασία όλων των υδάτων – ποτάμια, λίμνες κλπ – εισάγοντας για πρώτη φορά την έννοια της «οικολογικής σημασίας» των υδάτων παράλληλα και ανεξάρτητα της όποιας άλλης χρήσης τους.

Ειδικότερα, ο σκοπός της ΟΠΥ, σύμφωνα με το άρθρο 1, είναι η θέσπιση πλαισίου για την προστασία των εσωτερικών επιφανειών, των μεταβατικών, των παράκτιων και υπόγειων υδάτων, το οποίο:

- Να αποτρέπει την περαιτέρω επιδείνωση, να προστατεύει και να βελτιώνει την κατάσταση των υδατινών οικοσυστημάτων αλλά και των εξαρτωμένων από αυτά χερσαίων οικοσυστημάτων και υγροτόπων.
- Να προωθεί την ενίσχυση της προστασίας και τη βελτίωση του υδατινού περιβάλλοντος.
- Να συμβάλει στο μετριασμό των επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασία.
- Να προωθεί τη βιώσιμη χρήση του νερού βάσει μακροπρόθεσμης προστασίας των διαθέσιμων υδατικών πόρων.
- Να διασφαλίζει την προοδευτική μείωση της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων.

Η Οδηγία μπορεί να θεωρηθεί καινοτόμα καθώς εκφράζονται μέσα από την εισαγωγή νέων στο κοινοτικό θεσμικό πλαίσιο εννοιών και συνολική εξέταση θεμάτων, όπως:

- Η εφαρμογή ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων σε επίπεδο λεκάνης απορροής.
- Η ανάκτηση του κόστους των υπηρεσιών νερού, ορίζοντας ως συνιστώσες αυτού, όχι μόνο το οικονομικό κόστος, αλλά και το περιβαλλοντικό κόστος και το κόστος φυσικών πόρων. Για πρώτη φορά στην πολιτική της ΕΕ για το περιβάλλον, ένα νομικό κείμενο προτείνει οικονομικές αρχές και οικονομικά εργαλεία ως βασικά μέτρα:
- Η εισαγωγή της έννοιας της «οικολογικής κατάστασης» των επιφανειακών υδάτων ως κύριο κριτήριο για την αξιολόγηση της ποιότητάς τους.
 - Για την επίτευξη συγκεκριμένων περιβαλλοντικών στόχων, αξιοποιώντας τις θεωρητικές επεξεργασίες του ΟΟΣΑ.
 - Η συμμετοχή του κοινού και όλων των ενδιαφερόμενων στη λήψη αποφάσεων για τη διαχείριση υδατινών πόρων.

Η Οδηγία αντιμετωπίζει το νερό ως πόρο. Για τον άνθρωπο, αλλά και για τη φύση, και σε συνδυασμό με το ευρύ φάσμα που καλύπτει σε γενικό επίπεδο, η εφαρμογή της Οδηγίας καθίσταται μια διαδικασία μακρόχρονη, με πολλά ενδιάμεσα βήματα. Αυτά θα αξιολογούνται και θα επικαιροποιούν, πιθανώς στην πορεία, τον ακριβή τρόπο εφαρμογής της, όπου το ζητούμενο εκτιμάται ότι θα είναι η ομοιογένεια σε ένα εξαιρετικά όμως ανομοιογενές περιβάλλον των κρατών μελών και των συνθηκών που επικρατούν σ' αυτά.

Επομένως η ΟΠΥ απαιτεί την εκτέλεση πολυάριθμων προπαρασκευαστικών εργασιών, που οδηγούν στην υιοθέτηση Προγραμμάτων Μέτρων, τα οποία εντάσσονται στο Σχέδιο Διαχείρισης Λεκάνης Απορροής Ποταμού και της εφαρμογής του. Μετά τον πρώτο εξαετή κύκλο εφαρμογής του Σχεδίου Διαχείρισης που λήγει το 2015, ακολουθούν άλλοι δύο κύκλοι ίδιας διάρκειας, προσδίδοντας χρονικό ορίζοντα εφαρμογής της ΟΠΥ μέχρι το τέλος του 2027. Η εφαρμογή της αποτελεί ευθύνη κάθε Κράτους Μέλους.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ΟΠΥ αποτελεί Οδηγία «ομπρέλα» σε θέματα υδατικής διαχείρισης, ρύπανσης κ.λπ., η οποία οδηγεί στη σταδιακή κατάργηση σειράς Οδηγιών που αφορούν επιμέρους θέματα και την ενσωμάτωσή τους σε αυτή.

2. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΟΠΥ

Στα πλαίσια της ΟΠΥ τίθενται οι περιβαλλοντικοί στόχοι για όλες τις κατηγορίες υδάτων, όπως επίσης και το χρονικό πλαίσιο επίτευξης αυτών. Έτσι, ορίζεται ότι:

1. Αφενός για τα επιφανειακά ύδατα εφαρμόζονται όλα τα αναγκαία μέτρα για την πρόληψη της υποβάθμισής τους, για την αναβάθμιση και αποκατάστασή τους με σκοπό την επίτευξη της καλής κατάστασης το αργότερο μέχρι το 2015, και
2. Αφετέρου δε για τα υπόγεια ύδατα λαμβάνονται τα αναγκαία μέτρα ώστε να προληφθεί ή να περιορισθεί η διοχέτευση ρύπων σε αυτά και να αναστραφεί κάθε σημαντική και έμμονη ανοδική τάση συγκέντρωσης οποιουδήποτε ρύπου, η οποία οφείλεται σε ανθρώπινη δραστηριότητα και παράλληλα να διασφαλιστεί η ισορροπία μεταξύ της άντλησης και της ανατροφοδότησης των υπόγειων υδάτων με στόχο όλα αυτά να καταλήξουν στην επίτευξη καλής κατάστασης των υπόγειων υδάτων το αργότερο μέχρι το 2015.

Για τα επιφανειακά νερά, η καλή κατάσταση καθορίζεται από την «καλή οικολογική κατάσταση» και την «καλή χημική κατάσταση». Η οικολογική κατάσταση καθορίζεται αρχικά από την εξέταση βιολογικών ποιοτικών στοιχείων και στη συνέχεια από τα υδατομορφολογικά και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, τα οποία συνεκτιμώνται στους σχετικούς βιολογικούς δείκτες. Η χημική κατάσταση απαιτεί την επίτευξη στόχων – συγκεντρώσεων που προβλέπονται τόσο από την ΟΠΥ όσο και από άλλες σχετικές Οδηγίες για ουσίες προτεραιότητας και άλλες ουσίες.

Στα υπόγεια υδατικά συστήματα, η καλή κατάσταση καθορίζεται από την καλή ποσοτική και χημική τους κατάσταση.

Η χρήση Βιολογικών Ποιοτικών Στοιχείων (ΒΠΣ) και σχετικών δεικτών για την εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης των επιφανειακών υδατικών σωμάτων αποτελεί μία αρκετά σύνθετη διαδικασία που ανάγει χαρακτηριστικά των βιοκοινωνιών σε μία πενταβάθμια κλίμακα ποιότητας (άριστη, καλή, μέτρια, ελλιπής, κακή). Τα όρια μεταξύ των διαφορετικών κλάσεων ποιότητας προσδιορίζονται με βάση τις συνθήκες αναφοράς (άριστες συνθήκες) για κάθε βιολογικό ποιοτικό στοιχείο. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι μέχρι σήμερα, το πρόγραμμα διαβαθμονόμησης (intercalibration) που βρίσκεται σε εξέλιξη για τους τύπους των επιφανειακών υδατικών σωμάτων κάθε οικοπεριοχής της Ε.Ε. δεν έχει καταλήξει σε κοινά αποδεκτές και θεσμοθετημένες τιμές.

3. ΕΞΑΙΡΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥΣ ΣΤΟΧΟΥΣ ΠΟΥ ΘΕΤΕΙ Η ΟΠΥ

Η Οδηγία προνοεί για περιπτώσεις – εξαιρέσεις από τις προβλεπόμενες περιβαλλοντικές δεσμεύσεις, για τις οποίες είναι δυνατή:

1. Η θέσπιση λιγότερο αυστηρών στόχων από την «καλή κατάσταση» όταν, ως αποτέλεσμα της διαδικασίας χαρακτηρισμού των υδατικών σωμάτων (η οποία προβλέπεται από την ΟΠΥ να είχε ολοκληρωθεί μέχρι το τέλος του 2004), αποδειχτεί ότι τα υδατικά σώματα έχουν επηρεαστεί σε τέτοιο βαθμό από τις ανθρώπινες δραστηριότητες που η επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων είναι ανέφικτη ή δυσανάλογα δαπανηρή.
2. Η παράταση των προθεσμιών επίτευξης των στόχων πέρα του 2015.

Και στις δύο αυτές περιπτώσεις (1 και 2) δεν επιτρέπεται περαιτέρω επιδείνωση της κατάστασης των επηρεαζόμενων υδατικών σωμάτων.

Επιπρόσθετα, η επέκταση του χρονοδιαγράμματος και η δυνατότητα καθορισμού λιγότερο αυστηρών στόχων επιτρέπεται μόνο όταν:

- Ισχύουν όλες οι καθοριζόμενες από την ΟΠΥ προϋποθέσεις.
 - Δεν αποκλείεται μονίμως ή δεν υπονομεύεται η επίτευξη των στόχων της ΟΠΥ σε άλλα υδατικά συστήματα της ίδιας Περιοχής Λεκάνης Απορροής Ποταμού (ΠΛΑΠ) και συμβαδίζει με την εφαρμογή άλλων κοινοτικών περιβαλλοντικών νομοθετημάτων.
 - Εγγυάται τουλάχιστον το ίδιο επίπεδο προστασίας με την ισχύουσα κοινοτική νομοθεσία.
3. Η προσωρινή υποβάθμιση της κατάστασης των υδατικών σωμάτων, όταν αυτή προκύπτει ως αποτέλεσμα φυσικών αιτιών ή ανωτέρας βίας ή εξαιρετικών συνθηκών που δε θα μπορούσαν ευλόγως να έχουν προβλεφθεί και όταν ισχύουν όλες οι καθοριζόμενες προϋποθέσεις.

Η διαδικασία θέσπισης εξαιρέσεων μπορεί να εφαρμοστεί εφόσον πληρούνται όλες οι προϋποθέσεις που αναφέρονται στα αντίστοιχα άρθρα της ΟΠΥ και μετά από ιδιαίτερα τεκμηριωμένη αιτιολόγηση της αίτησης εξαίρεσης

Στην συνέχεια παρατίθεται το Άρθρο 4 παρ. 7 της ΟΠΥ το οποίο προσδιορίζει τη δυνατότητα θέσπισης εξαιρέσεων από τους περιβαλλοντικούς στόχους:

ΟΠΥ: ΑΡΘΡΟ 4 (7)

Τα κράτη μέλη δεν παραβιάζουν την παρούσα οδηγία όταν:

- Η αδυναμία επίτευξης καλής κατάστασης των υπόγειων υδάτων, καλής οικολογικής κατάστασης ή, κατά περίπτωση, καλού οικολογικού δυναμικού ή πρόληψης της υποβάθμισης της κατάστασης ενός συστήματος επιφανειακών ή υπόγειων υδάτων, οφείλεται σε νέες τροποποιήσεις των φυσικών χαρακτηριστικών του συστήματος επιφανειακών υδάτων ή σε μεταβολές της στάθμης των συστημάτων υπόγειων υδάτων ή
 - Η αδυναμία πρόληψης της υποβάθμισης από την άριστη στην καλή κατάσταση ενός συστήματος επιφανειακών υδάτων είναι αποτέλεσμα νέων ανθρώπινων δραστηριοτήτων βιώσιμης ανάπτυξης και εφόσον πληρούνται όλες οι ακόλουθες προϋποθέσεις:
1. Λαμβάνονται όλα τα πρακτικώς εφικτά μέτρα για τον μετριασμό των αρνητικών επιπτώσεων στην κατάσταση του υδατικού συστήματος.
 2. Η αιτιολογία των τροποποιήσεων ή των μεταβολών εκτίθεται ειδικά στο σχέδιο διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού, οι δε στόχοι αναθεωρούνται ανά εξαετία.

3. Οι λόγοι για τις τροποποιήσεις ή τις μετατροπές αυτές υπαγορεύονται επιτακτικά από το δημόσιο συμφέρον ή και τα οφέλη για το περιβάλλον και την κοινωνία από την επίτευξη των στόχων υπερκαλύπτονται από τα οφέλη των νέων τροποποιήσεων ή μεταβολών για την υγεία των ανθρώπων, για τη διαφύλαξη της ασφάλειάς τους ή για τη βιώσιμη ανάπτυξη, και
4. Οι ευεργετικοί στόχοι τους οποίους εξυπηρετούν αυτές οι τροποποιήσεις ή μεταβολές των υδάτινων συστημάτων δεν μπορούν για τεχνικούς λόγους ή λόγω υπέρμετρου κόστους, να επιτευχθούν με άλλα μέσα που συνιστούν πολύ καλύτερη περιβαλλοντική επιλογή.

4. Η ΟΠΥ ΚΑΙ Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ

Ένα «φράγμα» αποτελεί ένα κάθετο στην ροή ενός ποταμού εμπόδιο, το οποίο κατασκευάζεται με σκοπό τη δημιουργία ενός υδατικού σώματος που σκοπεύει στην εξυπηρέτηση ανθρώπινων αναγκών όπως π.χ. ύδρευση – άρδευση κ.τ.λ. Ο όρος «ταμιευτήρας» περιγράφει τη δεξαμενή νερού που δημιουργείται πίσω από ένα φράγμα.

Η κατασκευή και η λειτουργία ενός φράγματος συνήθως επιφέρει φυσικές, χημικές και γεωμορφολογικές επιπτώσεις στα χαρακτηριστικά μιας λεκάνης απορροής ποταμού, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν τη χλωρίδα, την πανίδα και την πρωτογενή παραγωγή των επηρεαζόμενων οικοσυστημάτων. Παρόλο που τα υδρομορφολογικά και φυσικοχημικά ποιοτικά στοιχεία δεν χρησιμοποιούνται ευθέως στον καθορισμό της οικολογικής κατάστασης των επιφανειακών υδατικών σωμάτων, μπορεί να αποτελέσουν αιτία για την υποβάθμιση των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων και συνεπώς να οδηγήσουν ένα υδατικό σώμα στη μη επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της ΟΠΥ.

Επομένως, η κατασκευή ενός φράγματος σε ένα υδατικό σώμα ποταμού, το οποίο έχει κατ' αρχήν εκτιμηθεί ότι μπορεί να επιτύχει την καλή οικολογική κατάσταση μέχρι το 2015, θα μπορούσε να θέσει σε κίνδυνο την επίτευξη αυτού του στόχου. Επιπρόσθετα, θα μπορούσε να προκαλέσει πέρα από την υποβάθμιση της οικολογικής κατάστασης του ίδιου του υδατικού σώματος, επιπτώσεις στην κατάσταση των κατάντη του φράγματος υδατικών σωμάτων ή των υπόγειων υδάτων που συνδέονται με το επιφανειακό υδατικό σώμα, στο οποίο κατασκευάζεται το φράγμα.

Συνεπώς, η κατασκευή ενός φράγματος θέτει σε κίνδυνο την επίτευξη καλής οικολογικής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων, της καλής κατάστασης των υπόγειων υδάτων ή και να προκαλέσει περαιτέρω υποβάθμιση, καταλήγοντας να αποκαλεί παράγοντα παραβίασης των στόχων της Οδηγίας.

5. ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΕΞΑΙΡΕΣΗΣ ΣΤΟΥΣ ΣΤΟΧΟΥΣ ΤΗΣ ΟΠΥ ΟΣΩΝ ΑΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΝΕΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ

Παρόλο που η ΟΠΥ θέτει αυστηρούς περιβαλλοντικούς στόχους για όλες τις κατηγορίες υδάτων, περιλαμβάνει προβλέψεις για την αιτιολογημένη αδυναμία επίτευξης των στόχων αυτών. Η χρήση των δυνατοτήτων εξαίρεσης από τα Κράτη – Μέλη αποτελεί, βάσει της ΟΠΥ, αντικείμενο ενδεδειγμένης έρευνας, τεκμηρίωσης και αιτιολόγησης με πολλά βήματα και παραμέτρους (οικονομικές, κοινωνικές και οπωσδήποτε περιβαλλοντικές).

Στη συνέχεια, αναλύονται τα βήματα και η διαδικασία αιτιολόγησης που θα πρέπει να εφαρμόζεται για την ανάπτυξη ενός φράγματος βάσει της ΟΠΥ και των αντίστοιχων Κατευθυντήριων Εγγράφων.

Οι νέες αναπτύξεις που ενδεχόμενα μπορεί να δυσκολέψουν την επίτευξη των στόχων της ΟΠΥ – όπως η δημιουργία νέων φραγμάτων – εμπίπτουν κυρίως στις διατάξεις του Άρθρου 4. Για να μπορεί λοιπόν να γίνει δεκτή ως εξαίρεση στους στόχους της ΟΠΥ η δημιουργία νέων φραγμάτων, θα πρέπει να ισχύουν οι παρακάτω προϋποθέσεις:

1. Να λαμβάνονται όλα τα πρακτικώς εφικτά μέτρα για τον μετριασμό των αρνητικών επιπτώσεων στην κατάσταση του υδατικού συστήματος (επιφανειακά και υπόγεια υδατικά σώματα που επηρεάζονται από το νέο έργο).
2. Οι ευεργετικοί στόχοι τους οποίους εξυπηρετούν αυτές οι τροποποιήσεις ή μεταβολές των υδάτινων συστημάτων να μην μπορούν για τεχνικούς λόγους ή λόγω υπέρμετρου κόστους, να επιτευχθούν με άλλα μέσα που συνιστούν πολύ καλύτερη περιβαλλοντική επιλογή.
3. Να μην αποκλείεται μονίμως ή να μην υπονομεύεται η επίτευξη των στόχων της ΟΠΥ σε άλλα υδατικά συστήματα της ίδιας λεκάνης απορροής ποταμού και να είναι σύμφωνη με την εφαρμογή άλλων κοινοτικών περιβαλλοντικών νομοθετημάτων.
4. Να εγγυάται τουλάχιστον το ίδιο επίπεδο προστασίας με την ισχύουσα κοινοτική νομοθεσία (δηλαδή να μην παραβιάζεται καμία άλλη Οδηγία που αφορά π.χ. σε προστασία από ρύπανση, κ.λπ.).
5. Η αιτιολογία των τροποποιήσεων ή των μεταβολών να εκτίθεται αναλυτικά στο σχέδιο διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού (δεν είναι δυνατή η κατασκευή νέων φραγμάτων, αν αυτά δεν εντάσσονται στο εγκεκριμένο διαχειριστικό σχέδιο υδατικού διαμερίσματος – περιοχής λεκάνης απορροής ποταμού).
6. Οι λόγοι για τις τροποποιήσεις ή τις μεταβολές αυτές να υπαγορεύονται επιτακτικά από το δημόσιο συμφέρον ή/και τα οφέλη για το περιβάλλον και την κοινωνία από την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της ΟΠΥ να υπερκαλύπτονται από τα οφέλη των νέων τροποποιήσεων ή μεταβολών για την υγεία των ανθρώπων, για τη διαφύλαξη της ασφάλειάς τους ή για τη βιώσιμη ανάπτυξη.

Προκειμένου να αποδειχθεί ότι οι παραπάνω προϋποθέσεις τηρούνται, θα πρέπει να γίνει αναλυτική έρευνα και σχετική τεκμηρίωση. Το κείμενο της Οδηγίας δεν περιλαμβάνει σαφείς κατευθύνσεις σχετικά με τον τρόπο που θα πρέπει να ελεγχθεί η τήρηση των παραπάνω όρων. Στο πλαίσιο, όμως, του προσδιορισμού από πλευράς της Ευρωπαϊκής Επιτροπής των βασικών κανόνων εφαρμογής της ΟΠΥ μέσω των Κατευθυντήριων Εγγράφων, όπως και μέσω συναντήσεων εργασίας, προτείνεται στο παράδειγμα D2a του **Καθοδηγητικού Κειμένου Νο. 1 – WATECO** μία μεθοδολογική προσέγγιση για την διεξαγωγή της διαδικασίας ελέγχου και αιτιολόγησης των παραπάνω παραμέτρων. Η προσέγγιση αυτή αποτελείται από τα 7 βήματα, όπως αναλύονται στη συνέχεια:

Βήμα 1^ο: Αναγνώριση και χαρακτηρισμός της νέας τροποποίησης - δραστηριότητας (έργου).

Στα πλαίσια του πρώτου βήματος, οι ακόλουθες ερωτήσεις θα πρέπει να απαντηθούν:

1. Ποιά είναι τα βασικά χαρακτηριστικά της τροποποίησης ή της νέας δραστηριότητας;

Για παράδειγμα, διαστάσεις και μέγεθος φράγματος, μήκος ποταμού που επηρεάζεται, εκτιμώμενη παραγωγή ενέργειας ή ποσότητα νερού που θα ταμειευθεί, επαγγελματική απασχόληση που συνδέεται με την καινούρια ανάπτυξη, προϋπολογισμός, μέγεθος αρδευτικής γης και είδος καλλιεργειών που θα επωφεληθούν, αριθμός και τύπος χρηστών.

2. Είναι βιώσιμη η νέα δραστηριότητα;

Για τον προσδιορισμό της βιωσιμότητας χρειάζεται μια σε βάθος ανάλυση των οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων. Η συζήτηση σχετικά με τη βιωσιμότητα μίας οικονομικής δραστηριότητας ή ενός νέου έργου θα πρέπει να τοποθετηθεί στο πλαίσιο ευρέων κοινωνικών στόχων και επιδιώξεων. Αυτό εφαρμόζεται ιδιαίτερα στην περίπτωση της παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας, η οποία προωθείται από τη μία ως μία βιώσιμη πρακτική και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, αλλά παράλληλα μπορεί να παρουσιάσει σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

- 3.** Ποια είναι η συνάφεια μεταξύ της προτεινόμενης τροποποίησης - δραστηριότητας και των υφιστάμενων βιώσιμων σχεδίων και στρατηγικών;

Είναι σημαντικό να υπάρχει συνάφεια μεταξύ των υφιστάμενων τοπικών, εθνικών και Κοινοτικών βιώσιμων στρατηγικών και σχεδίων με τις νέες τροποποιήσεις και αναπτύξεις, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται μέσω της νέας ανάπτυξης μία μακροπρόθεσμη προοπτική. Εάν για παράδειγμα ένα νέο έργο ταμίευσης για άρδευση έρχεται σε αντίθεση π.χ. με τις αρχές της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής είναι δύσκολο να γίνει αποδεκτό στο πλαίσιο της ΟΠΥ.

- 4.** Ποια είναι τα οφέλη που προκύπτουν από την τροποποίηση ή τη νέα δραστηριότητα;

Θα πρέπει να εξεταστούν βάση συγκριτικής ανάλυσης εναλλακτικές λύσεις συμπεριλαμβανομένης της μηδενικής εξετάζοντας περιβαλλοντικούς, κοινωνικούς και οικονομικούς παράγοντες, π.χ. παραγωγή ενέργειας ή προμήθειας πόσιμου/αρδευτικού νερού σε χρήστες, απασχόληση, ανάπτυξη της υπαίθρου.

Βήμα 2^ο: Εκτίμηση των επιπτώσεων της νέας τροποποίησης - δραστηριότητας στην κατάσταση των νερών.

Η επίκληση των διατάξεων της Οδηγίας για εξαίρεση από τους περιβαλλοντικούς στόχους εφαρμόζεται μόνο εάν η νέα τροποποίηση - δραστηριότητα δύναται να έχει επίπτωση στην κατάσταση των υδάτων. Η εκτίμηση αυτή γίνεται σε δύο στάδια:

- Ανάλυση των πιέσεων που προκαλούνται από την νέα τροποποίηση - δραστηριότητα.
- Εκτίμηση και αξιολόγηση των επιπτώσεων των πιέσεων αυτών.

Τα πρώτα δύο βήματα της διαδικασίας έχουν γενική εφαρμογή στην περίπτωση ενός νέου φράγματος ασχέτως επιπτώσεων. Τα βήματα 3 – 7 που ακολουθούν αφορούν στην τεκμηρίωση της εξαίρεσης από τους περιβαλλοντικούς στόχους της ΟΠΥ που προκύπτει ως ανάγκη σε περίπτωση φράγματος με αρνητικές επιπτώσεις στην κατάσταση (οικολογική, χημική, ποσοτική) επιφανειακών ή/και υπόγειων υδατικών σωμάτων. Οι σχετικές διατάξεις της ΟΠΥ αναφέρονται στο Άρθρο 4.

Βήμα 3^ο: Αναγνώριση των ευρύτερων επιπτώσεων σε άλλα υδατικά σώματα.

Η ανάλυση των πιθανών επιπτώσεων σε παραπάνω από ένα υδατικό σώμα μπορεί να αποδειχθεί πιο πολύπλοκη από την εκτίμηση των επιπτώσεων στο άμεσα επηρεαζόμενο υδατικό σώμα (Βήμα 2^ο), καθώς προϋποθέτει την κατανόηση της λειτουργίας των υδρολογικών χαρακτηριστικών εντός της λεκάνης απορροής και τις βιολογικές και φυσικοχημικές συνδέσεις μεταξύ των υδάτινων σωμάτων. Για παράδειγμα, για την κατανόηση των επιπτώσεων της κατασκευής ενός υδρευτικού φράγματος μπορεί να απαιτείται μελέτη τόσο στο ανάντη τμήμα του ποταμού, καθώς και στις εκβολές του ποταμού χιλιόμετρα μακριά στο κατάντη τμήμα, όπως επίσης και στις επιπτώσεις στα υπόγεια και στα παράκτια νερά.

Ο προσδιορισμός των επιπτώσεων μίας νέας τροποποίησης - δραστηριότητας σε άλλα υδατικά σώματα προϋποθέτει τόσο την εκτίμηση των πιθανών επιπτώσεων της νέας τροποποίησης - δραστηριότητας σε άλλα υδατικά σώματα εντός της ίδιας λεκάνης απορροής ποταμού τόσο πριν όσο και μετά τη λήψη σχετικών επανορθωτικών μέτρων.

Εάν η νέα τροποποίηση - δραστηριότητα είναι πιθανό να έχει αρνητικές επιπτώσεις ακόμα και μετά την εφαρμογή επανορθωτικών μέτρων σε άλλα υδατικά σώματα, τότε δεν μπορεί να θεωρηθεί ως εξαίρεση σύμφωνα με το Άρθρο 4 παρ. 7 και συνεπώς η υλοποίησή της σύμφωνα με την Οδηγία δεν είναι επιτρεπτή, παρά μόνο για λόγους υπέρτατου δημοσίου συμφέροντος, οπότε και συνεχίζεται η διαδικασία με τα βήματα 5 – 7 που ακολουθούν.

Βήμα 4^ο: Σύγκριση του οφέλους από τη νέα τροποποίηση - δραστηριότητα με τα οφέλη που προκύπτουν από την αποφυγή της υποβάθμισης της κατάστασης των υδάτων.

Η εφαρμογή του βήματος αυτού απαιτεί:

- Την διερεύνηση θεμάτων παρόμοιας φύσης με τα θέματα που ελήφθησαν υπόψη κατά την ανάλυση της βιωσιμότητας των νέων τροποποιήσεων/δραστηριοτήτων (Βήμα 1^ο).
- Την εκτίμηση των εκτιμώμενων πλεονεκτημάτων που προκύπτουν από τη μη επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας.

Εάν τα οφέλη που προκύπτουν από την νέα τροποποίηση - δραστηριότητα ξεπερνούν τα εκτιμώμενα οφέλη από τη βελτίωση της κατάστασης των υδατικών πόρων, τότε μπορεί να γίνει χρήση των προνοιών της παρ. 7 του Άρθρου 4, περί απόκλισης/εξαίρεσης από τους στόχους της οδηγίας.

Βήμα 5^ο: Σύγκριση των εναλλακτικών λύσεων που εξυπηρετούν τους ίδιους ωφέλιμους στόχους.

Μπορούν εναλλακτικές λύσεις να εξυπηρετήσουν τους ίδιους στόχους έχοντας σημαντικά μικρότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον;

Η εφαρμογή του βήματος αυτού απαιτεί:

- Την αναγνώριση των εναλλακτικών επιλογών, οι οποίες παρέχουν τη δυνατότητα επίτευξης των ίδιων ωφέλιμων στόχων. Στην περίπτωση ενός φράγματος ύδρευσης ή άρδευσης θα πρέπει να εξετασθούν εναλλακτικές επιλογές όπως για παράδειγμα άντληση από διπλανό υπόγειο υδροφόρεα, ενώ για την κατασκευή φράγματος για την παραγωγή ενέργειας εναλλακτικές επιλογές όπως η κατασκευή αιολικών πάρκων σε κατάλληλη τοποθεσία. Θα πρέπει να εξετασθεί ένα ευρύ φάσμα οικονομικά αποτελεσματικών επιλογών και όχι μόνο εξέταση ανάπτυξης υποδομών.
- Εκτίμηση του κόστους των νέων τροποποιήσεων - δραστηριοτήτων σε σχέση με το κόστος των εναλλακτικών επιλογών.
- Τη σύγκριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της νέας τροποποίησης - δραστηριότητας με αυτών των εναλλακτικών επιλογών.

Εάν δεν μπορεί να βρεθεί εναλλακτική λύση της νέας τροποποίησης έργου με σημαντικά μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, τότε μπορεί να γίνει επίκληση της πρόβλεψης του Άρθρου 4 για απόκλιση / εξαίρεση από τους στόχους της Οδηγίας.

Βήμα 6^ο: Εκτίμηση των αναγκών/αιτιών που οδηγούν στη νέα τροποποίηση - δραστηριότητα.

Η έννοια του «υπέρτατου δημόσιου συμφέροντος» δεν ορίζεται από την Οδηγία. Σύμφωνα όμως με τα όσα καθορίζονται κατ' αναλογία στην **Οδηγία 92/43/ΕΚ** για τους οικοτόπους, η έννοια του «υπέρτατου δημόσιου συμφέροντος» μπορεί να καλύπτει θέματα σχετικά με την ανθρώπινη υγεία και ασφάλεια ή άλλους επιτακτικούς λόγους κοινωνικής ή οικονομικής φύσης. Σημεία «κλειδιά» για την τεκμηρίωση του παραπάνω είναι:

- Η απόδειξη ότι η νέα τροποποίηση - δραστηριότητα προορίζεται να εξυπηρετήσει κυρίως το δημόσιο συμφέρον.
- Το δημόσιο συμφέρον θα πρέπει να είναι «επιτακτικό» και να αναφέρεται σε μακροχρόνιες ανάγκες.
- Η προτεινόμενη νέα τροποποίηση - δραστηριότητα να αποσκοπεί στην προστασία θεμελιωδών αξιών για τη ζωή των πολιτών και την κοινωνία.

Η τεκμηρίωση θα πρέπει να περιλαμβάνει ανάλυση, εκτίμηση και αναξιολόγηση ως προς τις οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις, καθώς και τις επιπτώσεις στην ποιότητα των υδάτων και του περιβάλλοντος.

Σε περίπτωση που δεν τεκμηριώνεται επαρκώς το «υπέρτατο δημόσιο συμφέρον» σύμφωνα με το παραπάνω, τότε για την υλοποίηση του νέου έργου - δραστηριότητας θα πρέπει να ισχύουν λόγοι που σχετίζονται με την ανθρώπινη υγεία ή/και ασφάλεια ή/και βιώσιμη ανάπτυξη.

Βήμα 7^ο: Διερεύνηση και αναγνώριση των πρακτικά εφικτών επανορθωτικών μέτρων για την αντιμετώπιση των αρνητικών επιπτώσεων.

Το Άρθρο 4 της ΟΠΥ καθορίζει ότι πρέπει να λαμβάνονται όλα τα πρακτικώς εφικτά μέτρα για το μετριασμό των αρνητικών επιπτώσεων στην κατάσταση των υδατικών σωμάτων. Το κατά πόσον τα μέτρα αυτά είναι πρακτικά εφικτά ή όχι εξαρτάται από το εάν αυτά είναι τεχνικά και οικονομικά εφικτά.

Η ανάλυση εφικτότητας πρέπει να περιλαμβάνει:

- Τον καθορισμό της κλίμακας των επανορθωτικών μέτρων βάσει:
 - i. Της τεχνικής δυνατότητας υλοποίησής τους εντός του προβλεπόμενου χρονοδιαγράμματος της ΟΠΥ (6ετείς διαχειριστικές περιόδους)
 - ii. Της οικονομικής δυνατότητας εφαρμογής τους συγκρίνοντας το κόστος τους με τους διαθέσιμους οικονομικούς πόρους.
- Την ανάλυση της εκτιμώμενης επίδρασης των επανορθωτικών μέτρων στην κατάσταση του επηρεαζόμενου υδατικού σώματος.
- Την εκτίμηση του συνολικού κόστους των επανορθωτικών μέτρων.

Η απόκλιση από τους στόχους της ΟΠΥ μπορεί να δικαιολογηθεί μόνο στην περίπτωση που έχουν ληφθεί όλα τα πρακτικώς εφικτά επανορθωτικά μέτρα. Το βήμα αυτό θα συνεισφέρει στην πρόβλεψη των μέτρων και του αντίστοιχου κόστους τους που θα μπορούν να ενσωματωθούν στο σχέδιο Διαχείρισης Περιοχής Λεκάνης Απορροής Ποταμού.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με την Οδηγία, εάν βάσει της μεθοδολογικής προσέγγισης αυτής, μία νέα ανάπτυξη – όπως η κατασκευή ενός φράγματος – δεν πληροί όλες τις απαιτούμενες προϋποθέσεις, τότε η κατασκευή και υλοποίησή του θα αποτελεί παραβίαση της Οδηγίας.

Σημειώνεται ότι οι προϋποθέσεις και τα βήματα που προκύπτουν από την ΟΠΥ είναι σε μεγάλη αντιστοιχία με το πλαίσιο που έχει διαμορφωθεί και προταθεί από την **Παγκόσμια Επιτροπή για τα Φράγματα (World Commission on Dams - WCD)**. Η WCD συγκροτήθηκε το 1998 με σκοπό να αξιολογήσει την ανάπτυξη και αποτελεσματικότητα των μεγάλων φραγμάτων, να εκτιμήσει διαφορετικές επιλογές για ανάπτυξη υδατικών πόρων και ενέργειας και τέλος για να αναπτύξει και να προτείνει προδιαγραφές και κριτήρια για το σχεδιασμό, την αξιολόγηση, το σχεδιασμό, την υλοποίηση και την παρακολούθηση των φραγμάτων. Η μεθοδολογική προσέγγιση της ΟΠΥ που περιγράφηκε παραπάνω ακολουθεί τις ίδιες αρχές με τα προτεινόμενα από την WCD.

Είναι επίσης σημαντικό να τονισθεί ότι όλη η αναλυτική διαδικασία αιτιολόγησης που περιγράφηκε θα πρέπει να περιλαμβάνεται στο Σχέδιο Διαχείρισης Λεκάνης Απορροής Ποταμού, το οποίο τίθεται στη διάθεση του κοινού για διαβούλευση. Η διαδικασία της διαβούλευσης είναι ιδιαίτερα σημαντική σε θέματα που αναλύονται μέσω της προαναφερόμενης μεθοδολογικής προσέγγισης, αφού η ανάγκη διαφάνειας και τεκμηρίωσης θεμάτων όπως «υπέρτατου δημόσιου συμφέροντος» θα πρέπει να προκύπτουν και από τη διαβούλευση με εμπλεκόμενους φορείς και με το κοινό.

Σημειώνεται ότι τα προαναφερόμενα βήματα περιλαμβάνουν διαδικασίες, πολλές από τις οποίες είναι ήδη ενσωματωμένες σε στάδια περιβαλλοντικής αδειοδότησης ενός νέου έργου ή ενός σχεδίου ή/και προγράμματος όπως προκύπτει από τις διατάξεις άλλων Οδηγιών και της αντίστοιχης εθνικής νομοθεσίας. Θέματα όπως η λεπτομερής περιγραφή και ο χαρακτηρισμός της νέας τροποποίησης - δραστηριότητας, με αναφορά στα βασικά χαρακτηριστικά, στα οφέλη, στη βιωσιμότητα, στην εκτίμηση των επιπτώσεων και των επανορθωτικών μέτρων ήδη εμπίπτουν μέσα σε μία Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων. Η ειδοποιός διαφορά με την εφαρμογή της ΟΠΥ είναι ότι όλα αυτά τα βήματα – στάδια για την ανάπτυξη υδραυλικών έργων συγκεντρώνονται σε ένα ενιαίο θεσμικό κείμενο και σε μία κοινή ολιστική προσέγγιση, με συγκεκριμένα βήματα σχεδιασμού, επιστημονικής και τεχνικής τεκμηρίωσης, δημόσιας διαβούλευσης και νομικής διασφάλισης.

Συνεπώς, η Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά παρεμβαίνει με καθοριστικό τρόπο στο μοντέλο ανάπτυξης κάθε χώρας. Συνδυάζοντας περιβαλλοντικά κριτήρια με οικονομικά και κοινωνικά εργαλεία παρεμβαίνει στη διαδικασία αδειοδότησης και υλοποίησης κάθε έργου ή/και παρέμβασης που σχετίζεται με τους υδατικούς πόρους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΦΡΑΓΜΑΤΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ
2. ΒΑΣΙΚΑ ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ
3. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ
4. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ
5. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ
6. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
7. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΑ ΥΔΡΟΒΙΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
8. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΙΧΘΥΟΠΛΗΘΥΣΜΩΝ
9. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΖΩΗ
10. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΕΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ
11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ρόλος των φραγμάτων είναι η αναρρύθμιση της ροής των ποταμών και η χρησιμοποίηση των πολύτιμων υδάτινων πόρων κατά τρόπο οικονομικά αποδοτικότερο και περισσότερο ωφέλιμο. Η κατασκευή τους ξεκίνησε πριν από πολλούς αιώνες πριν ακόμα δημιουργηθούν ερωτήματα και ανησυχίες για τις περιβαλλοντικές μεταβολές που προκαλούν και τις αντιρρήσεις για την ωφελιμιστική σκοπιμότητά τους. Τα πρώτα φράγματα που κατασκευάστηκαν αποσκοπούσαν κυρίως στην παροχή αντιπλημμυρικής προστασίας και την αποθήκευση νερού για αρδευτικούς και υδρευτικούς σκοπούς, ενώ στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, για ιχθυοκαλλιέργειες, για τουρισμό και αναψυχή. Σήμερα, τα φράγματα έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τις άλλες κατασκευές πολιτικού μηχανικού, έχουν πολύ μεγαλύτερο μέγεθος σε σχέση με το παρελθόν, αξιοποιούν τις γνώσεις της υδρολογίας και της υδρομηχανικής και το μέγεθος των επιπτώσεων άμεσων ή έμμεσων, οικονομικών ή μη οικονομικών έχει αυξηθεί.

Το παλαιότερο φράγμα που αναφέρεται στην Ιστορία (4^η χιλιετία π. Χ.) βρίσκονταν στη Γιάβα της σημερινής Ιορδανίας και χρησίμευε για τη συλλογή πόσιμου νερού. Ένα άλλο φράγμα που κατασκευάστηκε την περίοδο 2600-2500 π. Χ., επίσης για τη συλλογή πόσιμου νερού, είναι το Saddle-el-Kafara στο Wadi Garawi της Αιγύπτου. Το γεώφραγμα στον ποταμό Ορόντες της σημερινής Συρίας κατασκευάστηκε περί το 1300 π. Χ. και χρησίμευε για συλλογή νερού προς άρδευση και πόση, και είναι ακόμα διατηρημένο, γιατί αξιοποιήθηκε και συντηρήθηκε από μεταγενέστερους λαούς. Στα νεότερα χρόνια, σπουδαίο θεωρήθηκε το φράγμα Puentes στην Ισπανία, το οποίο κατασκευάστηκε το έτος 1753 και καταστράφηκε το 1891.

Στον ελληνικό χώρο, τα γνωστότερα φράγματα είναι αυτά που σχετίζονται:

- Με υδροηλεκτρική χρήση, όπως του Λούρου (1954), του Λάδωνα (1955), του Ταυρωπού (1959), των Κρεμαστών (1965), του Καστρακίου (1965), του Πολυφύτου (1974), του Πουρναρίου (1981), της Σφηκιάς και των Ασωμάτων (1985), του Στράτου (1988) κ.ά..
- Με υδρευτική χρήση, όπως του Μαραθώνα που ξεκίνησε το έτος 1926 και ολοκληρώθηκε το 1931, του Μόρνου που ολοκληρώθηκε το 1979 κ.ά..
- Με αρδευτική χρήση, όπως της Λευκόγειας Δράμας (1972), της Απολακκιάς Ρόδου (1978), του Λειβαδιού Αστυπалаίας (1978), της Φανερωμένης και της Πλακιώτισσας στην περιοχή Μεσαράς Ηρακλείου (1980), του Δόξα στην περιοχή Φενεού Κορινθίας (1982), της Φωλιάς Καβάλας (1983), του Κατάφυτου Δράμας (1984) κ.ά..

Στη σύγχρονη εποχή η πλειονότητα των φραγμάτων χρησιμοποιείται για πολλαπλούς σκοπούς. Συγκεκριμένα παγκοσμίως τα φράγματα χρησιμοποιούνται για αρδευτικούς σκοπούς (37%), για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (16%), για παροχή πόσιμου νερού (12%), για αντιπλημμυρικό έλεγχο (6%), για σκοπούς αναψυχής (3%) και για λοιπούς σκοπούς (4%). Τα οφέλη από τη λειτουργία αυτών των φραγμάτων υπήρξαν πολλαπλά, όμως έχουν σε πολλές περιπτώσεις σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Γενικότερα, η αξιοποίηση των υδάτινων πόρων με τη χρήση φραγμάτων έχει δημιουργήσει πολλές συγκρούσεις και γίνεται όλο και περισσότερο σαφές ότι οι περιβαλλοντικές και κοινωνικές διαστάσεις του θέματος πρέπει να τύχουν ουσιαστικότερης διερεύνησης και κοινωνικής διαβούλευσης.

Μέχρι τη δεκαετία του '50 κατασκευάζονταν περίπου 700 μεγάλα φράγματα κάθε 10ετία σε όλο τον κόσμο. Τα επόμενα χρόνια ο αριθμός αυτός αυξήθηκε κατακόρυφα, ενώ άρχισαν να εμφανίζονται οι πρώτες αντιδράσεις για τα πραγματικά οφέλη που προκύπτουν από τη λειτουργία τους, καθώς και απόψεις ότι προκαλούνται στο περιβάλλον καταστροφές και μακροχρόνιες αρνητικές επιδράσεις που υπερβαίνουν τα άμεσα οικονομικά οφέλη. Έτσι, αναδείχθηκε η ανάγκη για καλύτερο σχεδιασμό

των φραγμάτων και για λήψη των κατάλληλων μέτρων, ώστε να μειωθούν στο ελάχιστο οι περιβαλλοντικές ή όποιες άλλες επιπτώσεις και απώλειες. Σε πολλές περιπτώσεις άλλαξε τελείως ο σχεδιασμός των φραγμάτων, με απώτερο στόχο τη βιώσιμη διαχείριση του ύδατος στην οποία θα λαμβάνονταν μέριμνα για την οικονομική, κοινωνική και πολιτιστική ανάπτυξη, καθώς και για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Βέβαια, δεν μπορεί να παραβλεφθεί το γεγονός ότι μετά τη δεκαετία του '60 στις αναπτυγμένες χώρες η ευαισθησία για περιβαλλοντικά ζητήματα αυξήθηκε σημαντικά, κυρίως λόγω της πληθυσμιακής διόγκωσης, της ανεξέλεγκτης ρύπανσης του εδάφους, του αέρα και των υδάτινων πόρων, της αύξησης των βιομηχανικών και οικιακών αποβλήτων, καθώς επίσης και των προκαλούμενων μεταβολών στα οικοσυστήματα και στην βιοποικιλότητά τους. Η αύξηση πληθυσμού, η χρήση των τεχνολογικών επιτευγμάτων, η διόγκωση των οικονομικών δραστηριοτήτων, οι αστικές επεκτάσεις, η ανάπτυξη στο οδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο, τα φράγματα, οι ταμιευτήρες νερού και άλλες υποδομές είχαν σημαντικές επιπτώσεις στη φυσική ισορροπία και οι περιβαλλοντικές μεταβολές έλαβαν ανησυχητικές διαστάσεις, ενώ το «περιβάλλον» ως θέμα έγινε ιδιαίτερα δημοφιλές. Τα παραπάνω είχαν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση αντιθέσεων, μεταξύ των αρμοδίων για το σχεδιασμό και των μηχανικών από τη μία πλευρά, και των διάφορων κοινωνικών, περιβαλλοντικών κι επιστημονικών ομάδων από την άλλη, που εναντιώνονται στην υλοποίηση και λειτουργία μεγάλων υποδομών (φράγματα, ταμιευτήρες, έργα εκτροπής ποταμών, κλπ) με βασικό επιχείρημα την προστασία του περιβάλλοντος και τη διαφύλαξη της βιοποικιλότητας.

Σήμερα, θεωρείται γενικότερα αποδεκτό ότι οι πολιτιστικές, κοινωνικές, ανθρωπιστικές και περιβαλλοντικές αξίες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στον προγραμματισμό, σχεδιασμό και κατασκευή μεγάλων έργων και η αξιολόγησή τους θα πρέπει να επεκτείνεται πέραν του συνυπολογισμού των παραδοσιακών οικονομικών αξιών. Πλέον, η διαχείριση του ύδατος προσανατολίζεται κατά ένα μεγάλο μέρος στην διαφύλαξη κι εξοικονόμηση των υδατικών πόρων, την επαναχρησιμοποίησή τους όταν είναι εφικτό, και την πρόληψη και μείωση της ρύπανσής τους.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια αποτελώντας μια μορφή «καθαρής» ενέργειας μπορεί να υποκαταστήσει την καύση πετρελαίου ή λιθάνθρακα μειώνοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Βέβαια, ο συνυπολογισμός της περιβαλλοντικής διάστασης και του περιβαλλοντικού κόστους στο σχεδιασμό τέτοιων έργων, η αξιολόγηση των οικολογικών μεταβολών και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων θεωρούνται πλέον δεδομένα.

Το «φυσικό περιβάλλον» εντός της λεκάνης απορροής κάθε ποταμού έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και κάθε παρέμβαση επί αυτού απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή. Εντός της λεκάνης υπάρχουν φυσικά οικοσυστήματα που περιλαμβάνουν όχι μόνο τους υδρόβιους βιότοπους που συνδέονται άμεσα με το νερό του ποταμού, αλλά με όλα τα στοιχεία της ποτάμιας λεκάνης απορροής. Τα οικοσυστήματα αυτά περιλαμβάνουν: το κεφαλόβρυσσο (τις πηγές) του νερού και τη χωροταξική τοπιογραφία της λεκάνης απορροής, το φυσικό κανάλι από τις πηγές του νερού έως τη θάλασσα, τις παρόχθιες περιοχές, το σχετιζόμενο υπόγειο νερό στο κανάλι και τις όχθες του ποταμού και τις κοίτες πλημμυρών, τους υγροτόπους, την εκβολή του ποταμού και το πλησίον στις όχθες περιβάλλον που εξαρτάται από τις εισροές γλυκού νερού. Τα οικοσυστήματα αυτά εκτελούν λειτουργίες, όπως: ο έλεγχος πλημμυρών και η προστασία από καταιγίδες, η παραγωγή προϊόντων όπως η άγρια πανίδα, τα αλιεύματα και οι δασικοί πόροι, ενώ παράλληλα έχουν σημαντική αισθηματική και πολιτιστική αξία.

Η συνολική αξία των αγαθών και των υπηρεσιών του οικοσυστήματος υπολογίζεται σε 50 τρισεκατομμύρια € ετησίως, εκ των οποίων περίπου 12,5 τρις € αφορούν άμεσα τα οικοσυστήματα γλυκού νερού. Με δεδομένο την ύπαρξη και αναγνώριση των αξιών αυτών του οικοσυστήματος, η ανάπτυξη λεκανών απορροής ποταμών πρέπει να καθορίσει πόσο νερό απαιτείται για την

συντήρηση των οικοσυστημάτων, για να παρέχει τα περιβαλλοντικά αγαθά και τις ενδολεκάνιες υπηρεσίες και πόση ποσότητα νερού πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να υποστηρίξει τη γεωργία, τη βιομηχανία και τις αστικές δραστηριότητες της λεκάνης απορροής.

Η υπάρχουσα σήμερα γνώση, δείχνει ότι οι επιδράσεις των φραγμάτων στα οικοσυστήματα είναι βαθύτατα εδραιωμένες, σύνθετες, ποικίλες, αλληλοεξαρτώμενες και σε πολλές περιπτώσεις αρνητικές. Στο βόρειο ημισφαίριο 77% των μεγαλύτερων ποταμών επηρεάζονται από τα φράγματα και σε πολλούς ποταμούς οι περιορισμοί στη ροή τους αρχίζουν από την περιοχή των πηγών τους.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις κάθε φράγματος είναι «μοναδικές» και εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως η δομή του φράγματος και η λειτουργία του, η τοπική υδρολογία, οι ποτάμιες διαδικασίες, ο όγκος των φερτών υλών, οι γεωμορφολογικοί περιορισμοί, το κλίμα και οι βασικές ιδιότητες του τοπικού βιόκοσμου.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των φραγμάτων μπορούν να ταξινομηθούν σε μακροπρόθεσμες και βραχυπρόθεσμες, επιπτώσεις που βρίσκονται στην εγγύς ή την ευρύτερη περιοχή τους. Είναι προφανές, ότι η επιδίωξη του σχεδιασμού είναι η ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων και η μεγιστοποίηση των ωφελειών.

2. ΒΑΣΙΚΑ ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ

Η συμβολή των φραγμάτων στην εθνική οικονομία είναι μεγάλη και ποικίλη. Εξυπηρετούν την άρδευση, εξασφαλίζουν πόσιμο νερό, βοηθούν στον έλεγχο των πλημμυρών, εξασφαλίζουν παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, δημιουργούν εστίες αλιείας, βοηθούν τον τουρισμό. Ένα νέο περιβάλλον δημιουργείται από τη λειτουργία του φράγματος, αφού συμβάλλει στην έλευση και την ανάπτυξη μιας άλλης πανίδας στην περιοχή. Τα φράγματα συμβάλλουν όχι μόνο στην οικονομική, αλλά και στην περιφερειακή ανάπτυξη, αφού σε πολλές αναπτυγμένες χώρες, τα φράγματα έχουν παίξει σημαντικό ρόλο για την ανάπτυξη των υπανάπτυκτων περιοχών.

Συνοπτικά, τα οφέλη που προσδοκούνται και προκαλούνται στις περιφέρειες από την κατασκευή φραγμάτων είναι:

1. Έλεγχος των πλημμυρών, μείωση ή εξάλειψη των καταστροφών που προκαλούν.
2. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μείωση της εξάρτησης κάθε περιοχής από την ενέργεια που παράγεται από ρυπογόνες διαδικασίες (πετρέλαιο, λιθάνθρακας, κ.λπ.).
3. Πιθανά οφέλη που μπορούν να επέλθουν στην περίπτωση που ο ταμιευτήρας ευνοεί τη δημιουργία «υδάτινων οδών».
4. Ύδρευση οικισμών και βελτίωση της δημόσιας υγείας λόγω της χρήσης ελεγχόμενου πόσιμου νερού.
5. Αύξηση του παραγόμενου γεωργικού προϊόντος λόγω της δυνατότητας άρδευσης γεωργικών εκτάσεων και αύξηση της παραγωγικότητας του αγροτικού τομέα.
6. Αύξηση του εισοδήματος που προέρχεται από τις ιχθυοκαλλιέργειες που μπορούν να αναπτυχθούν εντός του ταμιευτήρα του φράγματος.
7. Βελτίωση της τουριστικής ελκυστικότητας των περιοχών πέριξ του φράγματος και του ταμιευτήρα του και αύξηση του τουριστικού εισοδήματος.

3. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Τα φράγματα είναι κατασκευές σχεδιασμένες με σκοπό την αποθήκευση και την εκτροπή του νερού, την αλλαγή της φυσικής διανομής και το συγχρονισμό των ποτάμιων ροών προκειμένου να ικανοποιηθούν οι ανθρώπινες ανάγκες. Υπό αυτήν τη μορφή, αλλάζουν συγχρόνως τις θεμελιώδεις διαδικασίες για τα φυσικά οικοσυστήματα, αφού λειτουργούν ως «εμπόδια» στις διαμήκεις ανταλλαγές νερού στους ποταμούς. Με την αλλαγή του τρόπου της κατάντη ροής (δηλ. ένταση, συγχρονισμός και συχνότητα), αλλάζουν το υδατικό ίζημα και τα θρεπτικά καθεστώτα, μεταβάλλουν τη θερμοκρασία του ύδατος και τη χημεία του. Οι ταμιευτήρες πλημμυρίζουν τα χερσαία οικοσυστήματα, καταστρέφοντας φυτά και αναγκάζουν μετακίνηση των ζώων. Δεδομένου ότι πολλά είδη προτιμούν τα κατώτατα σημεία κοιλάδων, η συσσώρευση νερού σε μεγάλη κλίμακα μπορεί να επηρεάσει μοναδικούς βιότοπους άγριας φύσης και να εξαφανίσει ολόκληρους πληθυσμούς απειλούμενων υπό εξαφάνιση ειδών. Η αναγνώριση και ταξινόμηση των περιβαλλοντικών μεταβολών που προσδοκούνται μετά την υλοποίηση ενός φράγματος έχουν μεγάλη σημασία για το σωστό σχεδιασμό του:

1. Η λειτουργία των φραγμάτων μεταβάλλει τη διαίτα του ποταμού κατάντη με εκτεταμένα αποτελέσματα στην τοπική υδρολογία και στα κατάντη ρέοντα ύδατα, καθώς και τη μεταφορά φερτών υλών. Η μεταβολή αυτή μπορεί να προκαλέσει διαβρώσεις στο έδαφος και να μεταβάλλει το οικοσύστημα που προϋπήρχε στη περιοχή. Η τεχνητή φραγή των ποταμών αυξάνει το χρόνο παραμονής και τη θερμοκρασία του νερού, μειώνει τη θολρότητα, τροποποιεί τη θερμική στρωματοποίηση και επομένως ενισχύει συνήθως την σε φυσική θέση πρωταρχική παραγωγή, η οποία έχει επιπτώσεις στον άνθρακα και τη θρεπτική ισορροπία. Η μεταφορά του ιζήματος μέσω της λεκάνης απορροής και κατά μήκος του ποτάμιου συστήματος είναι συνεχής. Π.χ. στην Καλιφόρνια, η κατασκευή του φράγματος Trinity το 1960 μείωσε τη διετή ροή από 450 m³/sec σε 9 m³/sec με αποτέλεσμα η καταπάτηση της βλάστησης και η απόθεση του ιζήματος να έχουν στενέψει το ποτάμιο κανάλι σε 20% - 60% του πρότερου της κατασκευής του φράγματος πλάτους του.
2. Η δημιουργία του ταμιευτήρα μπορεί να καλύψει αρχαιολογικούς χώρους και χώρους ιστορικής μνήμης, ενώ μπορεί να καλυφθούν χώροι με τοπογραφική, γεωλογική και αισθητική αξία.
3. Η συγκράτηση του υδάτινου όγκου εντός ταμιευτήρα και οι μεταβολές στη ροή του ποταμού που φράσσεται και της ποσότητας των φερτών υλών εμποδίζουν την αναπαραγωγή των ψαριών και επηρεάζουν αρνητικά την πανίδα της κατάντη περιοχής.
4. Η θερμοκρασία του νερού, η περιεκτικότητα σε αλάτι και οξυγόνο μπορεί να μεταβληθεί συνεπεία του σχηματισμού του ταμιευτήρα, κάτι που μπορεί να προκαλέσει μεταβολές στην πανίδα της περιοχής.
5. Δημιουργούνται εμπόδια στη διέλευση των ζώων, ενώ προβλήματα προκαλούνται στην «προς τα πάνω» κίνηση των ποτάμιων ψαριών κατά την περίοδο της ωοτοκίας τους, συμβάλλοντας έτσι στη μείωση του πληθυσμού των ποτάμιων ψαριών. Ακόμη τα ψάρια μπορούν να βλαφθούν περνώντας διαμέσου των υδατοφρακτών, των στροβίλων και των αντλιών των μεγάλων φραγμάτων.
6. Η αποξήρανση των βάλτων και άλλων συσσωρεύσεων ύδατος και οι εργασίες εκσκαφής προκαλούν αλλαγές στις δομές της κοίτης ρευμάτων και έχουν αρνητικές επιπτώσεις στα ζώα που ζουν εκεί.
7. Η εκφόρτιση τοξικών ουσιών (φυτοφάρμακα, τοξικά μέταλλα κλπ) στο ποτάμιο οικοσύστημα και η συμπύκνωσή τους στην τροφική αλυσίδα μπορεί να έχει άμεσες επιπτώσεις σε ευαίσθητα ζώα και ακόμη όλοι οι οργανισμοί που διαβιούν στο οικοσύστημα μπορεί να αποβιώσουν όταν το υδατορεύμα καταστεί ανίκανο να αυτοανακάμψει από τη ρύπανση.
8. Το υδατικό καθεστώς της περιοχής του φράγματος μπορεί να αλλάξει ως αποτέλεσμα της καταστροφής της φύσης, απροσδόκητες πλημμύρες μπορούν να εμφανιστούν και συνεπώς η

βλάβηση και οι φυσικές δομές στις όχθες των ποταμών μπορούν να υποστούν καταστροφές. Η αύξηση στην εξάτμιση του νερού μπορεί να αναμένεται ως αποτέλεσμα της αύξησης της επιφάνειας ύδατος της περιοχής. Μικροκλιματικές αλλαγές μπορεί να παρατηρηθούν συσχετιζόμενες με τις αλλαγές στο ποσοστό της υγρασίας στον αέρα, της θερμοκρασίας αέρα, των μετακινήσεων αέρα στη μεγάλη κλίμακα και τις αλλαγές στην τοπογραφία περιοχών που προκαλείται από τη λιμνάζουσα (στάσιμη), μεγάλης κλίμακας μάζας νερού.

9. Τα φράγματα σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούν να προκαλέσουν αυξήσεις στις ασθένειες που οφείλονται στην ύπαρξη στάσιμων νερών, όπως τύφος, τυφοειδής πυρετός, ελονοσία και χολέρα.

4. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Η κύρια υδραυλική επίδραση από την κατασκευή και λειτουργία των φραγμάτων είναι η εκφόρτιση της λεκάνης συλλογής νερού σε μια στάσιμη δεξαμενή (ταμιευτήρα) αντί στη κοίτη ποταμού ή χειμάρρου. Επομένως, μια τέτοια αλλαγή θα αρχίσει κατάντη ενός ρεύματος όπου η κατάντη περιοχή ξεραίνεται μερικώς ή ολικώς και ο ταμιευτήρας αρχίζει να συσσωρεύει νερό. Κατά τη διάρκεια αυτού του προσωρινού ή περιοδικά επαναλαμβανόμενου χρονικού διαστήματος αναπλήρωσης νερού, η υδρολογική ισορροπία της περιοχής μπορεί να καταρρεύσει, να παρατηρηθούν εξαφάνιση ειδών και απότομες δομικές αλλαγές στο υδατικά εξαρτώμενο οικοσύστημα. Η αποσύνθεση της νεκρής χλωρίδας και πανίδας στο νεοερχόμενο σώμα ύδατος επιταχύνεται. Έτσι, οι ανάντη ροές του νερού ρυπαίνονται, χωρίς οξυγόνο στα βαθύτερα μέρη του υδατικού όγκου που βρίσκονται υπό σκοτάδι για μεγάλο χρονικό διάστημα και μυρίζουν συνήθως σαπίλα λόγω της πλούσιας διάθεσης υδρογόνου. Μετά από αυτή τη διαδικασία το ποτάμιο ρεύμα διαμορφώνει ένα νέο και υγιές οικοσύστημα, όμως αυτή η νέα υδατική ισορροπία στο χερσαίο οικοσύστημα και στο θαλάσσιο περιβάλλον στις εκβολές όπου συναντά το ρεύμα τη θάλασσα, δεν έχει την πιθανότητα να αποκτήσει την προηγούμενη οικολογική κατάστασή του.

Το φράγμα του Assuan (ή Saad el Aali στα Αραβικά) στην Αίγυπτο, είναι ένα καλό παράδειγμα για αυτή την περίπτωση. Το εν λόγω φράγμα ύψους 111 m, με μήκος κορωνίδας 3830 m, με όγκο 44.300.000 m³, με ταμιευτήρα σχεδιασμένο να έχει ένα ανώτατο ύψος νερού 183 m από την επιφάνεια της θάλασσας, με συνολική χωρητικότητα ταμιευτήρα 1,6 x 10¹¹ m³, με συνολικό μήκος 500 Km και ένα μέσο πλάτος 12 Km είναι λιθόρριπο κατά μήκος του ποταμού Νείλου, ολοκληρώθηκε το 1970, με κόστος ένα δισεκατομμύριο δολάρια και αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα προγράμματα εφαρμοσμένης μηχανικής που εκτελέστηκε μέχρι σήμερα, με μέγεθος 16-17 φορές αυτού της μεγάλης πυραμίδας του Φαραώ στη Giza. Το φράγμα αυτό έχει αλλάξει τα χαρακτηριστικά υδατικής τροφοδοσίας της ανατολικής Μεσογείου και το οικοσύστημα του ποταμού Νείλου.

Οι βασικότερες αλλαγές που έχουν επέλθει στο προαναφερθέν φράγμα και μπορούν να επέλθουν στο υδραυλικό σύστημα κάθε άλλου φράγματος με παρόμοια χαρακτηριστικά αναφέρονται στη συνέχεια:

1. Η ταχύτητα ροής του ποταμού γίνεται στατική στη κατάντη περιοχή, δεδομένου ότι η στάθμη του νερού στη κοίτη του ποταμού δεν αλλάζει σημαντικά. Επομένως, τα χαρακτηριστικά ενεργειακής ροής τροποποιούν το οικοσύστημα διαβίωσης.
2. Μπορεί να εμφανιστούν θετικές παραλλαγές ως αποτέλεσμα της αυξανόμενης διαρροής στα υπόγεια νερά (έχει υπολογιστεί ότι θα είναι δυνατόν να παρέχεται νερό για την έρημο Nubian από τον ποταμό, για οικιακούς και γεωργικούς σκοπούς, με τη βοήθεια του νερού που διαρρέει από τη λίμνη Nasser που είναι πέρα από τον ποταμό Νείλο).

3. Καθώς ο ταμιευτήρας αποθήκευσης νερού λειτουργεί όπως μια μεγάλη λεκάνη απορροής αποκατάστασης, η θολερότητα στις ρέοντες κατάντη ποσότητες νερού μειώνεται και η διάβρωση γύρω από τη λίμνη ελαττώνεται αργά.
4. Μπορούν να παρατηρηθούν αυξήσεις στις απώλειες εξάτμισης λόγω της διεύρυνσης της επιφάνειας ύδατος.

Οι διαφορές στο θερμοκρασιακό καθεστώς του υδάτινου περιβάλλοντος μπορούν να ταξινομηθούν σε: (i) θερμικές μεταβολές που μπορούν να έχουν ως αποτέλεσμα τους εποχιακούς θερμικούς στρωματικούς σχηματισμούς κατά βάθος του νερού στα φράγματα και (ii) μεταβολές που συμβαίνουν στη θερμοκρασία του νερού μέσα στον ταμιευτήρα, συνδέονται με το βάθος του νερού που είναι σε θέση να διαρρεύσει από τους κατάντη υδατοφράκτες του φράγματος και την ανταλλαγή του νερού με σταθερή θερμοκρασία.

Στην περίπτωση που το βάθος των υδατοφρακτών είναι κάτω από τη θερμοκλίνη του ταμιευτήρα ο ποταμός θα συμπεριφερθεί όπως ένας ποταμός ψυχρού κλίματος, από χημική και βιολογική άποψη συνθηκών, δεδομένου ότι το νερό θα είναι πάντα κρύο ακόμη και το καλοκαίρι. Αντίθετα, θα συμπεριφερθεί όπως ένας ποταμός θερμού κλίματος, εάν το ρέον νερό είναι σε θερμοκρασίες του νερού επιφάνειας. Αποτελέσματα παρόμοια με αυτά μπορούν να συνεχίσουν να υφίστανται κατάντη για χιλιόμετρα κατά μήκος του ποταμού.

Σοβαρές αλλαγές εμφανίζονται στα χημικά χαρακτηριστικά του ποτάμιου νερού, παρόμοιες με τις θερμοκρασιακές μεταβολές. Εξαρτώμενο από το βάθος των ταμιευτήρων, το νερό που εμφανίζει έλλειψη οξυγόνου και περιλαμβάνει ακόμη και θειούχο υδρογόνο μπορεί να υφίσταται στα βαθύτερα μέρη του ποταμού. Όταν το νερό ρέει κατάντη, μπορούν να εμφανιστούν στη κατάντη περιοχή πολύ σημαντικές ζωτικής σημασίας αλλαγές σχετιζόμενες με το βάθος των υδατοφρακτών των φραγμάτων. Τα προϊόντα αποσύνθεσης των οργανικών ουσιών, που συσσωρεύονται στα βαθύτερα μέρη του ποταμού όπου το οξυγόνο είναι σε περιορισμένες ποσότητες, μπορούν να ανέλθουν μέχρι την επιφάνεια συνοδευόμενα από απότομες απελευθερώσεις αερίων. Αυτό οδηγεί σε μια απότομη προσθήκη διαφορετικών χημικών θρεπτικών ουσιών στο βιοσύστημα και επιπροσθέτως σε μια συχνά, κυμαινόμενη ποιότητα νερού. Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι το άζωτο στον αέρα διαλύεται σε ακραία επίπεδα κορεσμού στην κατάντη περιοχή του νερού που πέφτει από τους υδατοφράκτες. Με αυτό τον τρόπο, το νερό που είναι κορεσμένο περίπου 150% στο άζωτο, μπορεί να είναι μοιραίο για τα ποτάμια ψάρια.

5. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Οι ταμιευτήρες νερού επιφέρουν φυσικές, χημικές και βιολογικές αλλαγές στο αποθηκευμένο νερό και στα υποκείμενα εδάφη και πετρώματα, τα οποία επηρεάζουν την ποιότητα νερού. Η χημική σύσταση του νερού μέσα σε ένα ταμιευτήρα μπορεί να είναι σημαντικά διαφορετική από αυτήν των εισρεόμενων ποσοτήτων νερού. Το μέγεθος του ταμιευτήρα, η θέση του στο ποτάμιο σύστημα, η γεωγραφική θέση του όσον αφορά το υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος και μήκος του, ο χρόνος διατήρησης αποθήκευσης του νερού και η υδατική πηγή(ες), επηρεάζουν τον τρόπο που η κράτηση αποθήκευσης τροποποιεί την ποιότητα του νερού.

Σημαντικές βιολογικές οδηγούμενες αλλαγές εμφανίζονται μέσα στους θερμικά στρωματοποιημένους ταμιευτήρες νερού. Στο επιφανειακό στρώμα, το φυτοπλαγκτόν πολλαπλασιάζεται συχνά και απελευθερώνει οξυγόνο, διατηρώντας με αυτό τον τρόπο τις συγκεντρώσεις σε κοντινά επίπεδα κορεσμού για τη μεγαλύτερη διάρκεια του έτους. Αντίθετα, η έλλειψη μίξης φυτοπλαγκτόν και ηλιακής ακτινοβολίας για εν θερμώ σύνθεση με συνένωση με το

οξυγόνο που χρησιμοποιείται στην αποσύνθεση της υποβρύχιας βιομάζας, μπορούν να οδηγήσουν σε συνθήκες μη οξυγόνωσης ιστών, στο κατώτατο υδατικό στρώμα.

Οι θρεπτικές ουσίες (δηλαδή ο φώσφορος και το άζωτο), απελευθερώνονται βιολογικά και εκπλύνονται από την πλημμυρισμένη βλάστηση και το έδαφος. Αν και η απαίτηση οξυγόνου και τα θρεπτικά επίπεδα μειώνονται γενικά με το πέρασμα του χρόνου, καθώς η οργανική ουσία μειώνεται, μερικοί ταμιευτήρες απαιτούν μια περίοδο περισσότερων από 20 έτη για να αναπτύξουν σταθερά σε ποιότητα υδατικά καθεστώτα. Κυριότεροι αποδέκτες της ρύπανσης με νιτρικά είναι συνήθως τα αγροτικής χρήσης εδάφη και οι υδατικοί πόροι που επηρεάζονται από αυτά (επιφανειακοί και υπόγειοι). Το φαινόμενο της ρύπανσης των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων συνδέεται άμεσα με την υποβάθμιση του εδάφους, αφού τα υλικά της διάβρωσης που συσσωρεύονται σε αυτά μπορούν να υποβαθμίσουν την ποιότητά τους, και κατά ακολουθία να υποβαθμίσουν τη ποιότητα των νερών των ταμιευτήρων των φραγμάτων, που λειτουργούν ως αποδέκτες νιτρικών και διαφόρων άλλων ρυπογόνων ουσιών.

Μετά από την ωρίμανση, οι ταμιευτήρες, όπως οι φυσικές λίμνες, μπορούν να ενεργήσουν ως θρεπτικοί αποδέκτες (οχετοί), ιδιαίτερα για τις θρεπτικές ουσίες που συνδέονται με τα ιζήματα. Ο ευτροφισμός των ταμιευτήρων μπορεί να εμφανιστεί συνεπεία των μεγάλων εισροών της οργανικής φόρτισης ή/και των θρεπτικών ουσιών. Σε πολλές περιπτώσεις αυτές οι εισροές είναι μια συνέπεια των ανθρωπογενών επιρροών στην ποτάμια λεκάνη απορροής (π.χ. χρήση λιπασμάτων, υγρών αποβλήτων κλπ.), παρά μια άμεση συνέπεια της παρουσίας των ταμιευτήρων. Ένα τέτοιο διεθνές παράδειγμα, είναι ο ευτροφισμός στο ιδιαίτερα ελεγχόμενο υδατικό σύστημα του ποταμού Waikato στη Νέα Ζηλανδία, που ενισχύθηκε από τις εκφορτίσεις υγρών αποβλήτων και όμβριων υδάτων.

Οι θρεπτικοί παλμοί (των εκφορτίσεων), από κοινού με τις συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες, μπορούν να οδηγήσουν εντός του νερού, σε ανθίσεις των γαλαζοπράσινων αλγών που (εκτός από το να είναι αισθητικά δυσάρεστα) μπορούν να προκαλέσουν τη μείωση και εξάντληση του οξυγόνου και τις αυξανόμενες συγκεντρώσεις του σιδήρου και του μαγγανίου στο κατώτατο υδατικό στρώμα (πέριξ του πυθμένα), καθώς και αυξημένο pH και οξυγόνο στα ανώτερα υδατικά στρώματα των στρωματοποιημένων ταμιευτήρων.

Ειδικότερα, όσον αφορά τα νιτρικά, υπάρχουν δύο κύριες ανησυχίες που προκύπτουν από την παρουσία νιτρικών αλάτων στο νερό:

(i) Τα υψηλά επίπεδα νιτρικών αλάτων στους ποταμούς και τις λίμνες μπορούν να αυξήσουν την ανάπτυξη φυκών-αλγών, υποβαθμίζοντας το υδροχαρές βιότοπο των ψαριών και των λοιπών υδρόβιων οργανισμών, καθώς και της άγριας πανίδας. Το άζωτο και ο φώσφορος εμφανίζονται ως οι πρωταρχικοί και κύριοι ρυπαντές σε πολλά υδατικά οικοσυστήματα στις ευρωπαϊκές λεκάνες απορροής, δεδομένου ότι προάγουν την παραγωγή των κυανόφυκων και κατά συνέπεια, δημιουργούν προβλήματα στις λίμνες και στα φράγματα, στα μικρόφυτα και τα δινομαστιγοφόρα, κι επίσης υποβαθμίζουν το περιβάλλον και παρεμποδίζουν τον τουρισμό ή τις υδατοκαλλιέργειες στις παράκτιες περιοχές κ.λπ. Κάτω από τέτοιες συνθήκες, η αποδοτικότητα των επενδύσεων σ' ότι αφορά την λήψη αποτρεπτικών μέτρων επί των πιέσεων σε βάρος της γεωργίας και των συναφών πρακτικών, ή επί των δημοτικών και βιομηχανικών λυμάτων, θα πρέπει να αξιολογηθούν και να συγκριθούν.

(ii) Τα υψηλά επίπεδα νιτρικών αλάτων στο πόσιμο νερό μπορούν να έχουν δυσμενή αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία.

Η ρύπανση με υδράργυρο και άλλα βαρέα μέταλλα αποτελεί σημαντικό πρόβλημα των ταμιευτήρων σε μερικές χώρες. Ο υδράργυρος είναι φυσικά παρών σε αβλαβή ανόργανη μορφή σε

πολλά είδη εδαφών. Εντούτοις, τα βακτηρίδια, διασπούν, αποσυνθέτουν ουσίες κάτω από ένα νέο ταμιευτήρα, μετασχηματίζουν αυτόν τον ανόργανο υδράργυρο σε μεθυλικό υδράργυρο, μια τοξίνη του κεντρικού νευρικού συστήματος. Το πλαγκτόν και άλλα έμβια όντα που βρίσκονται στο κατώτατο σημείο της υδρόβιας τροφικής αλυσίδας απορροφούν μεθυλικό υδράργυρο. Καθώς ο μεθυλικός υδράργυρος περνά επάνω στην τροφική αλυσίδα αυξάνεται όλο και περισσότερο η συγκέντρωσή του στους οργανισμούς ζώων που τρώνε το μολυσμένο θήραμα. Μέσω αυτής της διαδικασίας της βιοσυσσώρευσης, τα επίπεδα μεθυλικού υδράργυρου στους ιστούς των μεγάλων βρώσιμων ψαριών ή των πουλιών (που διαβιούν στον ταμιευτήρα του φράγματος) και βρίσκονται στην κορυφή της τροφικής αλυσίδας μπορούν να είναι αρκετές φορές υψηλότερα, απ' ό,τι στους μικρούς οργανισμούς στο κατώτατο σημείο της αλυσίδας. Ο βαθμός στον οποίο η πανίδα έχει καταστεί τοξική με υδράργυρο έχει αποδειχθεί ότι είναι μεταβλητός. Σε άλλους ταμιευτήρες καμία περίπτωση δεν αναφέρεται. Οι αλλαγές ποιότητας νερού λόγω του ταμιευτήρα αντανakλώνται σε όλη την κατάντη κοίτη του ποτάμιου ρεύματος, έχοντας επιπτώσεις στην αρχική παραγωγικότητα και την ασπόνδυλη πανίδα που παρέχει τη βάση για το σύνολο των τροφικών αλυσίδων.

6. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Η έρευνα όλο και περισσότερο προτείνει ότι το επίπεδο εσωτερικής ρύθμισης της λειτουργίας στα αγροοικοσυστήματα εξαρτάται κατά ένα μεγάλο μέρος από το επίπεδο της παρούσας φυτικής και ζωικής βιοποικιλότητας. Στα αγροοικοσυστήματα, η βιοποικιλότητα εκτελεί μια ποικιλία οικολογικών υπηρεσιών πέρα από την παραγωγή τροφίμων, συμπεριλαμβανομένης της ανακύκλωσης των θρεπτικών ουσιών, της ρύθμισης του μικροκλίματος και των τοπικών υδρολογικών διαδικασιών, της καταστολής των ανεπιθύμητων οργανισμών και της αποτοξίνωσης των επιβλαβών χημικών ουσιών.

Η βιοποικιλότητα (βιολογική ζωή) του ποταμού αλλάζει γρήγορα στον ταμιευτήρα και στην κατάντη περιοχή, που συνήθως αποτελείται από αγροοικοσυστήματα. Τα μέρη του βιοοικοσυστήματος που επηρεάζονται άμεσα από το φράγμα είναι τα βρεχόμενα μέρη στην ακτή. Κατά την διάρκεια των εργασιών πλήρωσης του φράγματος, ενώ τα εδάφη παραμένουν κάτω από το νερό, το χερσαίο μέρος της περιοχής μειώνεται. Εντούτοις, τα όρια νερού – εδάφους επεκτείνονται και οι περιοχές με καλλιέργειες, με ζώα ή οικισμούς αλλάζουν. Δασικές και γεωργικές περιοχές μπορούν να βρεθούν κάτω από το νερό. Δεδομένου ότι η στάθμη ύδατος διαφοροποιείται περιοδικά, μερικά είδη αρχίζουν να ζουν κάτω από το νερό κατά διαστήματα, στη ζώνη παλίρροιας. Αυτή η περιοχή μπορεί να αλλάξει σε ελώδη γη ή γη καλαμιώνων εξαρτώμενη από τη δομή του εδάφους. Οι θρεπτικές ουσίες, (φώσφορος, άζωτο κ.λπ.) απελευθερώνονται βιολογικά και διηθούνται από την πλημμυρισμένη βλάστηση και το έδαφος στον υπόγειο υδατικό ορίζοντα και αρκετές φορές επηρεάζουν και τους επιφανειακούς υδατικούς πόρους.

Αν και η απαίτηση οξυγόνου και τα θρεπτικά επίπεδα μειώνονται γενικά με την παρέλευση του χρόνου, καθώς η οργανική ουσία μειώνεται, μερικοί ταμιευτήρες απαιτούν μια περίοδο περισσότερων από 20 έτη για να αναπτύξουν σταθερά σε ποιότητα υδατικά καθεστώτα. Οι σχέσεις νερού – εδάφους – θρεπτικών, που ρυθμίζονται μετά από τις πλημμύρες στην κατάντη περιοχή του φράγματος, αλλάζουν σε μια μακριά χρονική περίοδο. Επιπλέον, επιτακτικές αλλαγές εμφανίζονται στη χλωρίδα, την πανίδα και τις γεωργικές παραδόσεις των ανθρώπων στην περιοχή, επίδραση που μπορεί να επεκταθεί για χιλιόμετρα.

7. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΑ ΥΔΡΟΒΙΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Στην αρχή, οι αποσυνθέτοντες οργανισμοί προκαλούν μια αύξηση στις θρεπτικές ουσίες στο νερό σε μια μικρή χρονική περίοδο. Επομένως, η τιμή του BOD (βιολογικά απαιτούμενο οξυγόνο) του νερού αυξάνεται. Μια αναερόβια αποσύνθεση εκτελείται με τη βοήθεια των στάσιμων υδατικών στρωμάτων κατά μήκος του βάθους του ταμιευτήρα, γεγονός που οδηγεί σε μια σκουρόχρωμη λίμνη που μυρίζει άσχημα. Κατόπιν, παρατηρείται μια τεράστια αύξηση στα φυτοπλαγκτόν που τροφοδοτούνται από την αυξανόμενη ποσότητα των θρεπτικών ουσιών.

Εκτός από τα φυτά που καλύπτουν την επιφάνεια του νερού ως μεγάλα πρασινόμαυρα σώματα, μακροχλωρίδα μεγαλώνει στην επιφάνεια του νερού. Αυτά τα γεγονότα μπορούν να είναι επιβλαβή και για την έμβια ζωή της λίμνης (ταμιευτήρα) και επίσης για τους ανθρώπους που αλιεύουν, που κάνουν ένα ταξίδι αναψυχής με βάρκα στη λίμνη και ακόμη και για τους υδατοφράκτες των φραγμάτων και τις φτερωτές των αντλιών. Μερικές φορές, η μακροχλωρίδα δημιούργησε δράσεις ως μια πηγή φορέας λοιμογόνων ασθενειών. Ξέχωρα, αυτή η αύξηση στον πληθυσμό των φυτών του νερού προκαλεί περισσότερες απώλειες εξάτμισης από ότι κανονικά συμβαίνει από την εξατμισοδιαπνοή.

8. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΙΧΘΥΟΠΛΗΘΥΣΜΩΝ

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες, η ερευνητική δραστηριότητα έδειξε ότι τα φράγματα είναι ο βασικός υπεύθυνος για την πορεία προς εξαφάνιση πολλών ειδών σολομού και άλλων ιχθύων. Το φράγμα είναι ένα πραγματικό εμπόδιο για τα έμβια όντα που κολυμπούν από το ένα άκρο του ποταμού στο άλλο. Η ύπαρξη του φράγματος σημαίνει το θάνατο για τα είδη ψαριών που διαβιούν σε ορισμένες περιόδους της ζωής τους στις πηγές ή στο νερό πλημμυρών και άλλες περιόδους στο δέλτα του ποταμού όπου αυτός ενώνεται με τη θάλασσα. Είναι γνωστό ότι μερικά είδη θαλάσσιων ψαριών έρχονται στο γλυκό νερό και κολυμπούν ανοδικά μέχρι την πηγή προκειμένου να γεννήσουν τα αυγά τους. Αργότερα, επιστρέφουν στη θάλασσα με τα νεογέννητα νεαρά ψάρια ψάρια. Ένα φράγμα που θα κατασκευαστεί σε αυτόν τον υδάτινο δρόμο θα διακόψει τον κύκλο ζωής αυτών των πλασμάτων και θα προκαλέσει μαζικούς θανάτους.

Η αντιμετώπιση αυτών των επιπτώσεων έχει επιχειρηθεί με την κατασκευή ιχθυοδρόμων διαφόρων τύπων. Ειδική επιτροπή στις ΗΠΑ μελέτησε 147 περιπτώσεις ιχθυοδρόμων σε υδροηλεκτρικά φράγματα. Τα συμπεράσματα αναφέρουν ότι τα οικολογικά αποτελέσματα των ιχθυοδρόμων δεν είναι τόσο ικανοποιητικά, ειδικά στην περίπτωση των κατάδρομων ιχθύων.

9. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΖΩΗ

Παρά το γεγονός ότι τα φράγματα συμβάλλουν σημαντικά στην εθνική και τοπική ανάπτυξη, δεν είναι εύκολα αποδεκτό για τους ανθρώπους των οποίων οι γεωργικές εκτάσεις, τα σπίτια και το περιβάλλον που ζουν βυθίζονται κάτω από το νερό. Παραδείγματος χάριν, όταν δημιουργήθηκε η λίμνη Volta στην Γκάνα το 1969, αν και εξασφαλίστηκε μια πολύ καλύτερη περιοχή εγκατάστασης των 80.000 κατοίκων της περιοχής σε άλλη γεωγραφική θέση, οι κάτοικοι αρνήθηκαν να εγκαταλείψουν την ευρύτερη περιοχή και κατασκεύασαν τα σπίτια τους σε εκτός σχεδίου περιοχές στις ακτές της νεοσύστατης λίμνης. Μια τέτοια ανεπιτυχής εμπειρία που η αιτία της είναι η κοινωνική ψυχολογία, μπορεί να αποβεί πολύ επικίνδυνη για τα βιοσυστήματα της περιοχής και για τον ίδιο τον ταμιευτήρα (λίμνη Volta).

Άλλο ένα σημαντικό παράδειγμα των κοινωνικών επιδράσεων των μεγάλων φραγμάτων, αφορά το φράγμα του Aswan (Aswan High Dam). Η δημιουργία του ταμιευτήρα του φράγματος, τώρα γνωστού ως λίμνη Nasser απαίτησε την μετεγκατάσταση περίπου 100.000 Αιγύπτων αγροτών, Σουδανέζων και Νουβίων, οι οποίοι έχασαν την πατρική γη τους και διασκορπίστηκαν στα λιγότερο εύφορα εδάφη στην άνω Αίγυπτο και το ανατολικό Σουδάν. Πέραν της κοινωνικής διάστασης του εν λόγω προβλήματος, η δημιουργία του φράγματος προκάλεσε σημαντική απώλεια για τους ιστορικούς και τους αρχαιολόγους παγκοσμίως, δεδομένου ότι ο πολιτισμός των Νουβίων (Nubian civilization) είναι ένας από τους παλαιότερους και μέγιστους πολιτισμούς στην Αφρική. Η πλήρωση του ταμιευτήρα Nasser, δημιούργησε την Τρίτη σε μέγεθος παγκοσμίως τεχνητή λίμνη, αλλά τα μεγάλα μνημεία των Νουβίων και οι ιστορικές περιοχές τους πνίγηκαν στο νερό και χάθηκαν για πάντα, παρά τις φιλόδοξες προσπάθειες διάσωσης από οργανώσεις όπως η ΟΥΝΕΣΚΟ.

Επιπλέον, πρέπει να αναφερθούν αλλαγές στη μορφή οικονομικής ανάπτυξης και στα συστήματα παραγωγής που αρχίζουν πριν από την κατασκευή του φράγματος συμπεριλαμβανομένης της απαλλοτρίωσης της γης, της απασχόλησης εργαζομένων στην κατασκευή και τις μεταφορές. Εργαζόμενοι από την περιοχή κατασκευής του φράγματος συμμετέχουν στην κατασκευή αν και τις περισσότερες φορές οι τεχνικοί και οι εμπειρογνώμονες προέρχονται από άλλα μέρη. Η αύξηση της απασχόλησης στην περιοχή και η οικονομική ανάπτυξη δημιουργεί δευτερογενώς νέα απασχόληση και αυξάνει τις ανάγκες για κατοικίες, εγκαταστάσεις, νέα έργα. Σε πολλές περιπτώσεις, η μεταβολή στην ανάπτυξη της περιοχής είναι σημαντική, ώστε το φράγμα να καθίσταται ένα είδος «συμβόλου» για την περιοχή. Η κοινωνική ζωή γίνεται ενεργή, το εμπόριο παρουσιάζει αύξηση και οι πολιτιστικές δραστηριότητες άνοδο. Επί πλέον, τα φράγματα βελτιώνουν τη ζωή και το επίπεδο αγροτικής παραγωγής στις κατάντη περιοχές λόγω της μείωσης του κινδύνου για πλημμύρες.

10. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΕΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ

Οι εκπομπές αερίων φαινομένου θερμοκηπίου (ΑΦΘ) από ταμιευτήρες είχαν επί πολύ χρόνο θεωρηθεί ανύπαρκτες και έχουν αγνοηθεί κατά τις συγκρίσεις των διαφόρων πηγών παραγωγής ηλεκτρισμού. Ωστόσο η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) μιας υδροηλεκτρικής εγκατάστασης ή άλλου ταμιευτήρα δείχνει ότι σε διάφορες φάσεις υπάρχουν εκπομπές ΑΦΘ. Για παράδειγμα, κατά την αποξήλωση ενός φράγματος μπορεί να προκύψουν σημαντικές εκπομπές, διότι συσσωρευμένα ιζήματα στον ταμιευτήρα περιέχουν δεσμευμένες ποσότητες άνθρακα, που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα. Σε σχετική έρευνα (**DYNESIUS & NILSSON, 1994**) μετρήθηκαν ο ρυθμός της συσσώρευσης και ο όγκος των ιζημάτων για έξι από τα δέκα μεγαλύτερα υδροηλεκτρικά φράγματα στις ΗΠΑ. Εκτιμήθηκαν η ποσότητα των ιζημάτων και το αντίστοιχο περιεχόμενο σε άνθρακα για ένα συμβατικό χρόνο αποξήλωσης του φράγματος 100 έτη μετά την κατασκευή του. Η αναμενόμενη εκπομπή άνθρακα κατανεμήθηκε σε εκπομπές CO₂ και CH₄ και μετατράπηκε σε ισοδύναμες εκπομπές CO₂ με χρήση της μεθόδου Global Warming Potential (GWP). Το Global Warming Effect (GWE) λόγω αποξήλωσης του φράγματος κατανεμήθηκε στη συνολική ποσότητα ηλεκτρισμού που θα έχει παραχθεί κατά τη διάρκεια της ζωής του έργου. Το εκτιμηθέν GWE των υδροηλεκτρικών εργοστασίων κυμαίνεται από 128-380g CO₂eq./kWh, όταν έχει ανοργανοποιηθεί το 11% του συνολικού διαθέσιμου οργανικού άνθρακα στο ίζημα και από 35-104g CO₂eq./kWh, όταν έχει ανοργανοποιηθεί το 3% του συνολικού διαθέσιμου οργανικού άνθρακα στο ίζημα. Οι τιμές αυτές δείχνουν ότι οι εκπομπές από τα ιζήματα κατά την αποξήλωση των φραγμάτων δεν είναι αμελητέες, αν και πολύ χαμηλότερες από τις εκπομπές των θερμοηλεκτρικών εργοστασίων που καίνε άνθρακα (890g CO₂eq./kWh). Αποτελούν επομένως ένα σημαντικό παράγοντα που δεν πρέπει να αγνοείται όταν αδειοδοτείται ένα υδροηλεκτρικό φράγμα. Φυσικά, οι εκπομπές κατά την αποξήλωση δεν είναι παρά μόνο ένα μέρος των συνολικών εκπομπών ΑΦΘ που παράγει η υδροηλεκτρική εγκατάσταση στον κύκλο ζωής της.

Η World Commission on Dams σημειώνει ότι το επίπεδο εκπομπών ΑΦΘ, ειδικότερα μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα, πρέπει αναμφισβήτητα να επηρεάζει την λήψη αποφάσεων. Αποτελεί ένα από τα κριτήρια για τον καθορισμό της συνολικής οικονομικής, κοινωνικής και περιβαλλοντικής βιωσιμότητας των ενεργειακών και αναπτυξιακών επιλογών. Με βάση εμπειριστατωμένες έρευνες, συμπεραίνει ότι 30 μεγάλοι ταμιευτήρες καθώς και φυσικές λίμνες, που εξετάστηκαν σε βόρειες και σε τροπικές περιοχές (Βραζιλία, Γαλλική Γουιάνα, Καναδάς και Φινλανδία) εκπέμπουν ΑΦΘ. Μερικές φορές οι ακαθάριστες εκπομπές ΑΦΘ που μετρήθηκαν είναι πολύ χαμηλές, περίπου 10 φορές μικρότερες από τις αντίστοιχες των θερμικών εγκαταστάσεων. Ωστόσο, σε μερικές περιπτώσεις, οι ακαθάριστες εκπομπές μπορεί να είναι σημαντικές, μέχρι και υψηλότερες από τις θερμικές εναλλακτικές λύσεις παραγωγής ενέργειας.

Χρειάζεται αναλυτική εκτίμηση των μελλοντικών καθαρών εκπομπών ΑΦΘ από ένα ταμιευτήρα, μέσω μιας πλήρους ΑΚΖ, ώστε να συγκρίνονται επιστημονικά οι διαθέσιμες ενεργειακές επιλογές. Οι εκπομπές κάθε ταμιευτήρα παρουσιάζουν μεγάλο εύρος ανάλογα με την γεωγραφική θέση, το υψόμετρο, το γεωγραφικό πλάτος, τη θερμοκρασία, το μέγεθος, το βάθος, το σημείο απόληψης νερού για τους στροβίλους, τον τρόπο κατασκευής και λειτουργίας του φράγματος. Η εκτίμηση των καθαρών εκπομπών ΑΦΘ μετά την πλήρωση των ταμιευτήρων απαιτεί σύγκριση με τις εκπομπές που υπήρχαν πριν. Χρειάζεται να εκτιμηθούν τα επίπεδα εκπομπών που παράγονται από μια δεδομένη ποτάμια λεκάνη πριν από την εισαγωγή του φράγματος στο σύστημα, καθώς και να μετρηθούν οι εκπομπές από τον ταμιευτήρα. Έτσι θα εκτιμηθεί η διαφορά ανάμεσα στις ακαθάριστες εκπομπές μετά την λειτουργία και στις εκπομπές από την λεκάνη προ της κατασκευής του φράγματος. Η ποσοτικοποίηση των αλλαγών είναι περίπλοκη, διότι απαιτεί κατανόηση του κύκλου άνθρακα στο επίπεδο ολόκληρης της λεκάνης απορροής.

Πάντως, οι ποσότητες εκπομπών ΑΦΘ που έχουν μετρηθεί μέχρι τώρα είναι αρκετά σημαντικές ώστε να επιβάλουν την ανάγκη σοβαρών εκτιμήσεων, όταν μελετάται η δημιουργία νέων ταμιευτήρων. Ιδιαίτερα σε υγρές τροπικές ζώνες, τόσο τα υδροηλεκτρικά φράγματα όσο και οι υπόλοιποι ταμιευτήρες που χρησιμεύουν για άρδευση, αποθήκευση νερού ή έλεγχο πλημμυρών είναι αναγκαίο να μελετηθούν για να εξεταστεί η δυνητική τους επίδραση στις μεταβολές των εκπομπών ΑΦΘ. Χρειάζονται επίσης συνολικές απογραφές των ανθρωπογενών μεταβολών στις πηγές και καταβόθρες CO₂ και CH₄. Σε κλιματικές συνθήκες του βορρά, όπως στον Καναδά ή την Σκανδιναβία, οι μέχρι τώρα διαθέσιμες μελέτες δείχνουν ότι οι εκπομπές ΑΦΘ από υδροηλεκτρικά φράγματα είναι χαμηλές. Στην Βραζιλία όπου μελετήθηκαν 10 φράγματα, οι εκπομπές φαίνεται να διαφέρουν πολύ από ταμιευτήρα σε ταμιευτήρα, αφού οι υψηλότερες είναι 500 φορές μεγαλύτερες από τις χαμηλότερες. Οι χαμηλότερες ακαθάριστες εκπομπές κυμαίνονται στο επίπεδο των λιμνών και ταμιευτήρων του Καναδά, ενώ οι υψηλότερες φθάνουν στα επίπεδα θερμοηλεκτρικών εργοστασίων. Ωστόσο, είναι απαραίτητο να γίνει προσδιορισμός των καθαρών εκπομπών και Ανάλυση Κύκλου Ζωής πριν να προβεί κανείς σε τελικές συγκρίσεις. Οι καθαρές εκπομπές μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα πρέπει να υπολογίζονται ως ένα συνολικό «ισοδύναμο CO₂» ώστε να γίνεται κατάλληλη σύγκριση με τις εκπομπές CO₂ ενός θερμοηλεκτρικού σταθμού. Οι καθαρές εκπομπές δεν μπορούν να εκτιμηθούν παρά μόνο κατά περίπτωση, αλλά είναι οι μόνες που δείχνουν την συμβολή του ταμιευτήρα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η ποσότητα της βιομάζας που έχει εγκλωβιστεί από την κατάκλυση δεν φτάνει για να εξηγήσει τις παρατηρούμενες εκπομπές. Άνθρακας εισρέει στους ταμιευτήρες από ολόκληρη την ανάντη λεκάνη απορροής και οι διάφορες αναπτυξιακές δραστηριότητες ή η διαχείριση φυσικών πόρων στη λεκάνη μπορούν να αυξήσουν ή να μειώσουν τις μελλοντικές εισροές άνθρακα στον ταμιευτήρα.

Οι καθαρές αλλαγές που έχουν προκληθεί στις εκπομπές πρέπει να συγκριθούν με την επίπτωση στην παγκόσμια θέρμανση από άλλες εναλλακτικές επιλογές για παραγωγή ενέργειας, άρδευση ή προμήθεια νερού. Χρειάζεται επίσης να σταθμιστεί η ανάγκη αποφυγής των επιπτώσεων στο κλίμα, σε σύγκριση με άλλες κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές προτεραιότητες. Το να

αποφαινεται κανείς με απλουστευτική προσέγγιση περί μιας γενικώς ισχύουσας επίπτωσης των φραγμάτων στην κλιματική αλλαγή, με όρους «καλό/ κακό», «καθαρό/ ρυπογόνο» κ.λπ. δεν έχει νόημα. Η προσέγγιση δεν θα είναι αξιόπιστη αν δεν διατεθούν πόροι, χρόνος και επιστημονικό ενδιαφέρον για την εμπεριστατωμένη εκτίμηση όλων των σημαντικών μεταβλητών.

Η World Commission on Dams επισημαίνει ότι ενώ οι ταμιευτήρες μπορεί να παράγουν καθαρές εκπομπές ΑΦΘ, αυτή η διαπίστωση δεν πρέπει να απομονώνεται από το όλο πλαίσιο, την κλίμακα, τον χρόνο ή τις άλλες διαθέσιμες επιλογές κάθε χώρας. Επιπλέον, η επιστημονική ανάλυση αυτού του ζητήματος είναι ακόμη ατελής. Χρειάζεται πρόσθετη έρευνα προτού οριστικοποιηθεί η κατάταξη ενός προτεινόμενου νέου υδροηλεκτρικού έργου ως «καθαρότερο» σε όρους ΑΦΘ σε σχέση με ένα θερμοηλεκτρικό ισοδύναμο. Άρα δεν μπορεί να τεκμηριωθεί επαρκώς αν ένα υδροηλεκτρικό έργο δικαιούται πιστωτικές μονάδες του συστήματος δικαιωμάτων εκπομπών ΑΦΘ. Ορισμένοι ειδικοί ζητούν να εξαιρεθούν τα φράγματα από το σύστημα, λόγω αβεβαιότητας στις εκτιμήσεις για την εκπομπή ΑΦΘ από αυτά. Ένας τρόπος συμμόρφωσης με το Πρωτόκολλο του Κιότο είναι το Clean Development Mechanism (CDM), όπου οι χώρες μπορούν να συμβάλλουν στη γενική μείωση των εκπομπών ΑΦΘ αγοράζοντας δικαιώματα εκπομπών από άλλες χώρες που επενδύουν σε «καθαρά» αναπτυξιακά προγράμματα, άρα αποφεύγουν την εκπομπή ΑΦΘ. Η αποτελεσματικότητα του μηχανισμού εξαρτάται από την ικανότητα να εκτιμηθούν με ακρίβεια οι εκπομπές ΑΦΘ που αποφεύγονται, ώστε η καθαρή μείωση να μπορεί να επαληθευτεί και να αξιολογηθεί.

11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά, οι περιβαλλοντικές μεταβολές που προέρχονται από τα φράγματα είναι ποικίλες και με διαφορετική σημασία ή σπουδαιότητα. Υπάρχει μεγάλη δυσκολία στον καθορισμό και υπολογισμό εκ των προτέρων, των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και των επιδράσεων στις οικοσυστημικές λειτουργίες, από την κατασκευή των φραγμάτων και ιδιαίτερη δυσκολία στο να καθοριστεί ποιες μεταβολές είναι θετικές και ποιες αρνητικές. Επίσης, υπάρχει δυσκολία στην ποσοτικοποίηση των μεταβολών και την έκφρασή τους σε χρηματικούς ή οικονομικούς όρους, ώστε να καταστούν συγκρίσιμες μεταξύ τους και η τελική επιλογή για την κατασκευή και τα χαρακτηριστικά του φράγματος να πραγματοποιηθεί στο πλαίσιο μιας ανάλυσης κόστους - οφέλους. Οι μεταβολές αυτές εξαρτώνται από το είδος, το μέγεθος, τη θέση του φράγματος και του ταμιευτήρα του, τη βιοποικιλότητα και ευαισθησία του οικοσυστήματος ανάντη και κατάντη του φράγματος, ενώ η εκτίμησή τους θα πρέπει να γίνεται χωριστά για κάθε φράγμα και ταμιευτήρα.

Από την άλλη πλευρά είναι λάθος να θεωρούνται εξ αρχής οι επιπτώσεις των φραγμάτων αρνητικές στο σύνολό τους. Για τον ορθολογικό σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός τέτοιου έργου έχει σημασία η επιστημονική κατάρτιση και η γνώση του μελετητή κι αξιολογητή, αλλά και η σχέση του με το έργο, η σχετική κρατική και διεθνής εμπειρία και η διεπιστημονικότητα στην προσέγγιση των θετικών και αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, καθώς και των εφικτών λύσεων, με στόχο την ορθότερη περιβαλλοντική και αιφορική διαχείριση των σχετιζόμενων υδατικών πόρων.

Μέχρι σήμερα δεν υπάρχει κάποια κανονιστική ή τυποποιημένη προσέγγιση για να διευθυνσιοδοτηθούν οι επιδράσεις του οικοσυστήματος προς συγκεκριμένες κατευθύνσεις και θα πρέπει να εξεταστούν σε κάθε περίπτωση χωριστά. Επιπλέον, η αποδοχή των αλλαγών οικοσυστήματος θα ποικίλει με τη φύση των ανθρώπινων κοινωνιών, των πολιτισμών και των προσδοκιών.

Οι αποφάσεις για σχεδιασμό και κατασκευή των μεγάλων φραγμάτων πρέπει να λαμβάνονται ύστερα από συνεκτίμηση, σύγκριση και αξιολόγηση σε βάθος των δυσμενών επιπτώσεων και των ωφελειών. Ο σχεδιασμός και το μέγεθος του φράγματος πρέπει να εξασφαλίζουν τις ελάχιστες

αρνητικές επιπτώσεις και τις μέγιστες θετικές. Οι μεταβολές στο οικοσύστημα, θετικές ή αρνητικές, αποτελούν πλέον βασικό παράγοντα καθορισμού των χαρακτηριστικών κάθε φράγματος και της απόφασης για την κατασκευή του ή όχι. Αυτό όμως δεν μπορεί να αποτελέσει το «άλλοθι» για πολλούς που μεγεθύνουν και υπερτονίζουν τη σημασία κάποιων περιβαλλοντικών επιπτώσεων και υποβαθμίζουν την οικονομική σημασία καθώς και τη συμβολή αυτών των έργων στην ανάπτυξη ελλειμματικών σε υδατικούς πόρους περιοχών. Η μελέτη των φραγμάτων, των σχετιζόμενων οικοσυστημικών διεργασιών που επηρεάζουν και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (θετικών και αρνητικών), απαιτεί διεπιστημονικές προσεγγίσεις και συνεργασίες, ρεαλιστική και όχι μυωπική θεώρηση κάποιων θεμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΤΥΠΟΙ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ & ΣΥΝΟΔΑ ΕΡΓΑ

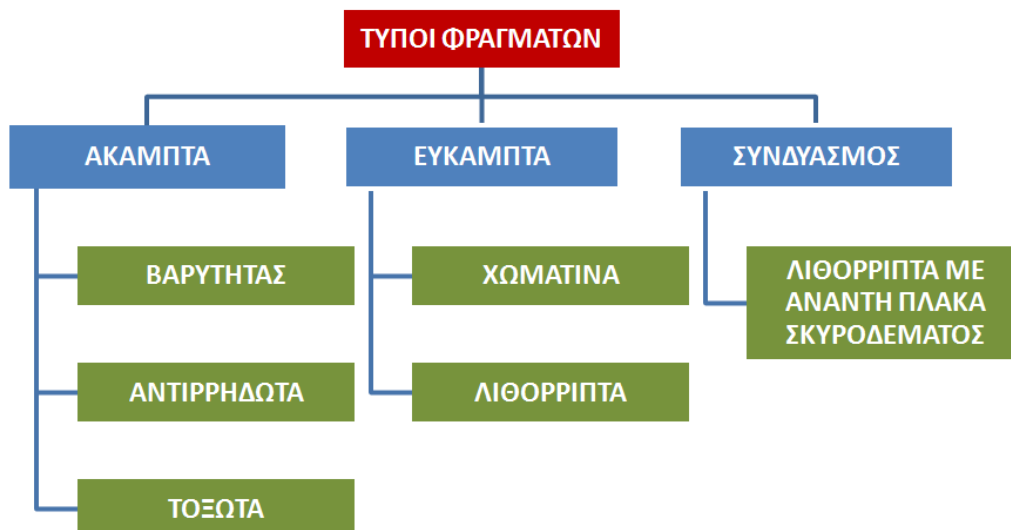
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ – ΟΡΙΣΜΟΙ
2. ΣΥΝΟΔΑ ΕΡΓΑ
3. ΦΑΣΕΙΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΝΟΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ – ΟΡΙΣΜΟΙ

Ως φράγμα εννοείται κάθε μόνιμη ή προσωρινή ανάσχεση της επιφανειακής απορροής. Τα φράγματα κατασκευάζονται για διάφορες χρήσεις και για την εξυπηρέτηση πολλών σκοπιμοτήτων, συνήθως περισσότερων της μιας.

Τα φράγματα διακρίνονται στους ακόλουθους τύπους (Εικ. 5.1):



Εικ. 5.1 Τύποι φραγμάτων

ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ

Ονομάζονται φράγματα βαρύτητας γιατί η δύναμη που αντιδρά στην ωστική δύναμη του νερού της λίμνης, αλλά και στις άλλες δυνάμεις που εμφανίζονται (π.χ. υποπιέσεις), είναι το βάρος του σώματος του φράγματος. Παράδειγμα φράγματος βαρύτητας στην Ελλάδα είναι το φράγμα Λούρου (Εικ. 5.2).

ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΑΝΤΙΡΡΗΔΩΤΑ

Πρόκειται για φράγματα βαρύτητας, από σκυρόδεμα, που εκμεταλλεύονται τις ιδιαιτερότητες του υπεδάφους για οικονομία στην κατασκευή. Η κλασική περίπτωση των φραγμάτων αυτών συνδέεται με την ύπαρξη αναθολώσεως του βραχώδους υποβάθρου μέσα στην κοίτη, στις οποίες αναθολώσεις μπορούν να στηριχθούν αντηρίδες, με τη μορφή προεκβολών, από το σώμα του φράγματος.

ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΤΟΞΩΤΑ

Η διατομή τους έχει πολύ μικρή βάση και, πολλές φορές, μια μικρή καμπυλότητα. Είναι ο τύπος φράγματος ο οποίος επιβάλλει τις μεγαλύτερες συγκεντρωμένες δυνάμεις (θλιπτικές και διατμητικές) στη θεμελίωσή του, στην οποία όμως, λόγω του μικρού σχετικού πλάτους, δρουν επιπρόσθετα και υψηλές δυνάμεις διηθήσεως. Παράδειγμα τοξωτού φράγματος στην Ελλάδα είναι το φράγμα Ταυρωπού.

ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΧΩΜΑΤΙΝΑ

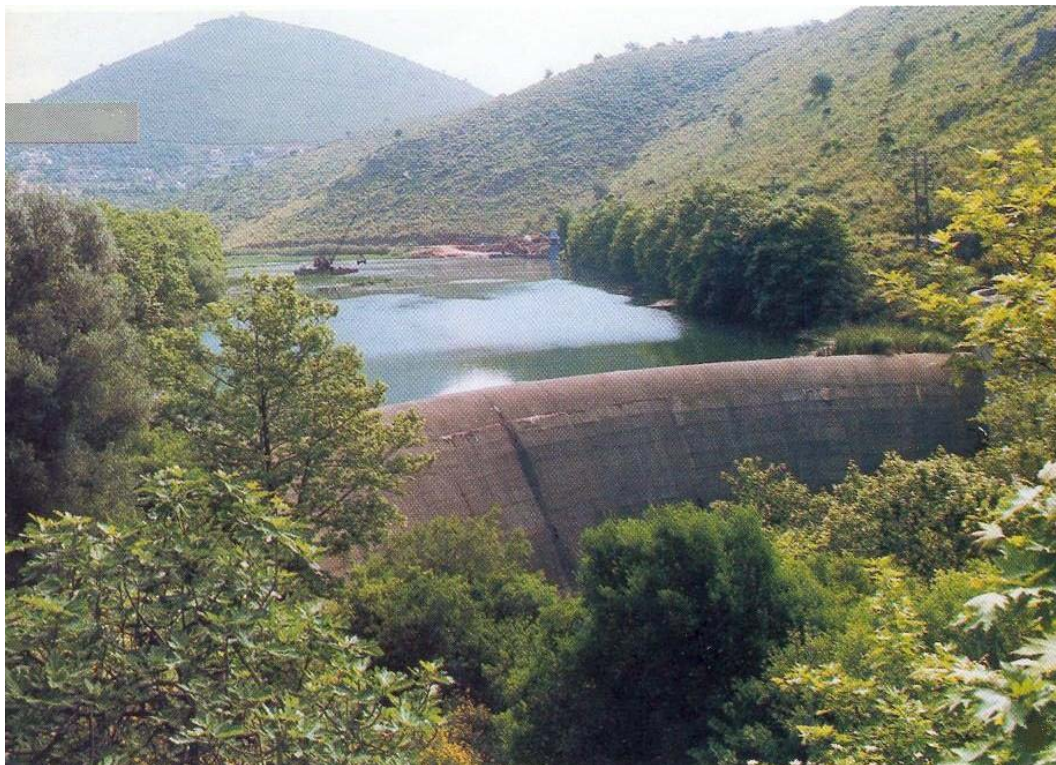
Είναι εύκαμπτες κατασκευές, που μπορούν, μέχρι κάποιο βαθμό, να παρακολουθήσουν διαφορικές καθιζήσεις στο έδαφος θεμελιώσεως. Βασική διαφορά από τα υπόλοιπα είδη φραγμάτων αποτελεί το γεγονός ότι μικρή (ελεγχόμενη) ποσότητα νερού διέρχεται μέσω του σώματος του φράγματος, λόγω της σχετικής αδιαπερατότητας του πυρήνα και της περατότητας των σωμάτων στηρίξεως και των φίλτρων. Παράδειγμα χωματινού φράγματος στην Ελλάδα είναι το φράγμα Κρεμαστών (**Εικ. 5.3**).

ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΛΙΘΟΡΡΙΠΤΑ

Μικρών απαιτήσεων κατασκευές, αποτελούμενες από απλή λιθορριπή, σχετικής συμπυκνώσεως. Μερικές φορές συμπληρώνεται από επίστρωση της ανάντη πλευράς από ασφατικά ή βιτουμενιούχα υλικά. Παράδειγμα λιθόρριπτου φράγματος στην Ελλάδα είναι το φράγμα Πολυφύτου (**Εικ. 5.4**).

ΛΙΘΟΡΡΙΠΤΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΜΕ ΑΝΑΝΤΗ ΠΛΑΚΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Η επίστρωση της ανάντη πλευράς γίνεται με πλάκα σκυροδέματος, η οποία εδράζεται (αγκυρώνεται) σε σκυροδετημένη βάση, με μορφή τάφρου, που ονομάζεται πλίνθος. Η κατασκευή αυτή επιτρέπει μεγαλύτερα ύψη και μεγαλύτερες απαιτήσεις, σε σχέση με τα κοινά λιθόρριπτα φράγματα. Παράδειγμα αυτού του τύπου φράγματος στην Ελλάδα είναι το φράγμα Μεσοχώρας (**Εικ. 5.5**).



Εικ. 5.2 Άποψη του φράγματος Λούρου



Εικ. 5.3 Άποψη του φράγματος Κρεμαστών.



Εικ. 5.4 Άποψη του φράγματος Πολυφύτου.



Εικ. 5.5 Άποψη του φράγματος Μεσοχώρας.

2. ΣΥΝΟΔΑ ΕΡΓΑ

Κάθε φράγμα συνοδεύεται από έναν αριθμό συμπληρωματικών κατασκευών και διατάξεων, που ονομάζονται συνοδά έργα. Ως συνοδά έργα εννοούνται μόνο εκείνα που υπάρχουν σε κάθε φράγμα, ανεξαρτήτως τρόπου κατασκευής, προορισμού κλπ.

Τα συνοδά έργα των φραγμάτων είναι τα ακόλουθα:

Εκτροπή

Βρίσκεται ανάντη της θέσης του φράγματος και χρησιμοποιείται για την εκτροπή του ποταμού από τη θέση κατασκευής προκειμένου να πραγματοποιηθεί η κατασκευή του φράγματος σε στεγνές συνθήκες. Συνήθως η εκτροπή γίνεται με τη μορφή σήραγγας εκτροπής, που παραμένει ως μόνιμο έργο και χρησιμοποιείται ως εκκενωτής πυθμένα. Υπάρχουν περιπτώσεις, όπου η εκτροπή πραγματοποιείται με κανάλι ανάντη της θέσης του φράγματος.

Εκκενωτής πυθμένα

Συνήθως πρόκειται για τη σήραγγα εκτροπής. Σκοπός της διάταξης του εκκενωτή πυθμένα είναι η ταχεία και πλήρης εκκένωση του ταμιευτήρα του έργου, αν αυτό κριθεί απαραίτητο. Αν δεν χρησιμοποιηθεί η σήραγγα εκτροπής, τότε το βασικό κριτήριο τοποθέτησής της διατάξεως αυτής είναι η δυνατότητα να εκκενώνει πλήρως τον ταμιευτήρα, επομένως να βρίσκεται στον πυθμένα του.

Υπερχειλιστής

Πρόκειται για διάταξη που σκοπό έχει την παροχέτευση, προς τα κατάντη, της πλημμυρικής απορροής του ποταμού, που δεν μπορεί να αποθηκευθεί στη λίμνη. Η διαστασιολόγησή του γίνεται με βασικό κριτήριο την αναμενόμενη μέγιστη πλημμυρική παροχή του ποταμού στη θέση του φράγματος, στο χρόνο ζωής του έργου. Στα άκαμπτα φράγματα ο υπερχειλιστής βρίσκεται πάνω στο σώμα του φράγματος, ενώ στην περίπτωση των ευκάμπτων φραγμάτων, βρίσκεται έξω από το έργο. Αυτό, γιατί μια κατασκευή από χωμάτινα υλικά, θα μπορούσε να παρασυρθεί από μια πλημμυρική απορροή, που θα πέρανε πάνω από το φράγμα.

Σε περιοχές της Αφρικής και της Ασίας, όπου υπάρχουν διαστήματα κατακλυσμιαίων βροχοπτώσεων, που ένας συμβατικός υπερχειλιστής θα αδυνατούσε να παροχετεύσει, χρησιμοποιούνται, επικουρικώς, οι υπερχειλιστές τύπου Μαργαρίτας. Πρόκειται για τεράστιες χοάνες (που θυμίζουν μαργαρίτα), μέσα στη λίμνη, οι οποίες υποδέχονται και παροχετεύουν υπογείως ένα μεγάλο μέρος αυτών των τεραστίων παροχών, ενώ το υπόλοιπο παροχετεύεται κανονικά από το συμβατικό υπερχειλιστή στη ζώνη του φράγματος.

Υδροληψία

Ανάλογα με τη χρήση του φράγματος, τοποθετούνται, είτε στη βάση του, πάνω στο φράγμα, είτε έξω απ' αυτό (παροχή νερού για ύδρευση ή άρδευση) ή ψηλότερα από τη βάση (ενεργειακή χρήση).

Αναρρύθμιση εκροών υπερχειλιστή

Πρόκειται για διάταξη, στη βάση του υπερχειλιστή, συνήθως με τη μορφή δεξαμενής ηρεμίας. Το νερό, που παροχετεύεται από τον υπερχειλιστή, εισέρχεται στη δεξαμενή ηρεμίας, η οποία προστατεύει και το χώρο από τη διάβρωση, ηρεμεί και μετατρέπει την τυρβώδη ή μεταβατική ροή του σε γραμμική, με αποτέλεσμα να απομακρύνεται στο λιγότερο δυνατό χρόνο και χωρίς επιπτώσεις ή προβλήματα.

Όργανα ελέγχου παραμονής και λειτουργίας φράγματος

Πρόκειται για πολύ σημαντικό σύστημα, στο οποίο περιλαμβάνονται και τα όργανα ελέγχου της ευστάθειας των πρανών, πάνω στα οποία εδράζεται το φράγμα. Το σύστημα αποτελείται από γεωδαιτικό δίκτυο ελέγχου των μετακινήσεων, από κλισιόμετρα, πιεσόμετρα και πιεζόμετρα για τον έλεγχο της στάθμης του νερού μέσα στο σώμα των χωμάτων των φραγμάτων κλπ.

3. ΦΑΣΕΙΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΝΟΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

Στη μελέτη των έργων αυτών, μελετώνται, σε διαφορετικό βαθμό κάθε φορά, όπως είναι φυσικό, η λεκάνη απορροής του φράγματος, η λεκάνη κατακλύσεως, η ζώνη τον άξονα του φράγματος και οι δανειοθάλαμοι. Κάθε φάση της μελέτης μπορεί να χωριστεί σε επί μέρους φάσεις, αναλόγως του είδους των προβλημάτων που πρέπει να επιλυθούν και αναλόγως του βαθμού αβεβαιότητας που διαμορφώνουν το είδος του έργου και τα ειδικά υδρολογικά, υδραυλικά, γεωλογικά, γεωτεχνικά, χωροταξικά ή άλλα προβλήματα.

Οι φάσεις της μελέτης ενός φράγματος είναι:

Αναγνωριστική μελέτη

Γίνεται στο πλαίσιο της μελέτης σκοπιμότητας του έργου και δίνεται ιδιαίτερη προσοχή σε ενδεχόμενες ανελαστικές συνθήκες, που δεν μπορούν να παρακαμφθούν για την υλοποίηση του έργου.

Προκαταρκτική μελέτη

Είναι στάδιο μελέτης που γίνεται χωρίς ερευνητικές εργασίες υπαίθρου, με επεξεργασία χαρτών και αξιοποίηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας, τόσο γενικής και θεωρητικής, όσο και της τοπικής, στην περιοχή του έργου. Στη φάση αυτή, συλλέγονται, σε προκαταρκτικό στάδιο, και αξιολογούνται τα χρήσιμα σχετικά στοιχεία, που αφορούν προκύπτουσες θέσεις φραγμάτων και ταμιευτήρων με κριτήρια:

- Περιβαλλοντικά (περιβαλλοντική ένταξη του έργου, περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την κατασκευή και λειτουργία του)
- Γεωμορφολογικά (υψόμετρο σε σχέση με περιοχές υδατικής καταναλώσεως, σε περίπτωση υδρευτικών ή αρδευτικών φραγμάτων ή σε σχέση με ποτάμιες ζώνες, οι οποίες χρήζουν έργων αντιπλημμυρικών ή αναρρυθμίσεως της παροχής, γεωμορφολογικοί περιορισμοί κ.λπ.)
- Γεωλογικά (αναμενόμενη συμπεριφορά πετρωμάτων ως προς το έργο, σεισμικότητα και σεισμική επικινδυνότητα κ.λπ.)
- Υδρολογικά (προβλεπόμενη επάρκεια παροχής για τη λειτουργία του έργου, προσέγγιση στο υδρογραφικό δίκτυο, διαβρώσεις και στερεομεταφορές κ.λπ.)
- Υδρογεωλογικά (υδροπερατότητα και είδος αυτής των διάφορων γεωλογικών σχηματισμών, υδραυλικές σχέσεις μεταξύ τους, δυνητικός επηρεασμός υδροφοριών από την κατασκευή και λειτουργία του έργου κ.λπ.)
- Γεωτεχνικά (δυνητική χρήση εδαφικών και βραχωδών γεωλικών για την κατασκευή κ.λπ.)

Προμελέτη

Εδώ διενεργούνται όλες οι ερευνητικές εργασίες για όλους τους τομείς που αναφέρονται στην περιγραφή της προκαταρκτικής μελέτης και για ό, τι άλλο προκύψει στην πορεία των ερευνητικών εργασιών υπαίθρου, εργαστηρίου και γραφείου. Στη φάση αυτή θα γίνουν οι τελικές επιλογές για την αναγκαιότητα του έργου, τη θέση του, τις διαστάσεις του, τον τύπο του και τα υλικά κατασκευής του.

Οριστική μελέτη

Πρόκειται για τη μελέτη εφαρμογής της κατασκευής και δεν μπορεί να αναθεωρήσει, στο πλαίσιο μιας σωστής ερευνητικής και μελετητικής διαδικασίας, τις αποφάσεις των προηγούμενων σταδίων.

Τα στάδια αυτά, αναλόγως των ιδιαιτεροτήτων του έργου ή των μελετητικών συνθηκών μπορούν να συμπυκνωθούν ή να διαιρεθούν σε επί μέρους στάδια. Είναι ευνόητο ότι, κάθε στάδιο είναι τόσο επιτυχές όσο λιγότερα πορίσματα του ανατρέπονται και όσο λιγότερα νέα στοιχεία αποκαλύπτει που τα προηγούμενα στάδια δεν αποκάλυψαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑ ΔΕΗ – ΕΡΓΑ ΠΟΛΛΑΠΛΟΥ ΣΚΟΠΟΥ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΟΙ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΤΗΣ ΔΕΗ Α.Ε. ΚΑΙ Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ
2. ΟΙ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΣΗΜΕΡΑ – ΟΡΓΑΝΩΣΗ
3. ΟΙ ΥΗΣ ΩΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΟΛΛΑΠΛΟΥ ΣΚΟΠΟΥ
4. Η ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ
5. ΤΕΧΝΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΠΟΛΛΑΠΛΟΥ ΣΚΟΠΟΥ
6. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ
7. ΟΙ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ
8. ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΣΤΗΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΥΗΣ ΕΞΑΙΤΙΑΣ ΑΛΛΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ
9. ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ
10. ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ
11. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΥΗΣ ΣΤΟ ΕΘΝΙΚΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

1. ΟΙ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΤΗΣ ΔΕΗ Α.Ε. ΚΑΙ Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ

Το νερό αποτελεί φυσικό πόρο, η αξία του οποίου και η σπουδαιότητα συνεχώς αυξάνεται για όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, ενώ η διαθεσιμότητά του δεν είναι πάντα εξασφαλισμένη.

Η διαχείριση του συνεπώς θα πρέπει να στοχεύει στην ορθολογική χρήση του με σκοπό την ικανοποίηση των αναγκών με το βέλτιστο και τον πιο αποδοτικό τρόπο.

Η Ελλάδα κατά το πλείστον ορεινή χώρα (πάνω από 80%) , συγκεντρώνει τα περισσότερα βουνά της στο βορειοδυτικό της μέρος, το οποίο, ως επί το πλείστον, προσφέρεται για υδροηλεκτρική ανάπτυξη.

- Το ετήσιο θεωρητικό υδροδυναμικό της ανέρχεται σε περίπου: 80Twh
- Το οικονομικά εκμεταλλεύσιμο υδροδυναμικό φτάνει τις: 12 Twh
- Μέχρι σήμερα έχει αναπτυχθεί περίπου το: 40%

Η ανάπτυξη του υδροδυναμικού της Ελλάδας ουσιαστικά συμπίπτει με την ίδρυση της ΔΕΗ Δημόσιας Επιχείρησης Κοινής Ωφέλειας το 1950. Πριν από την ίδρυση της ΔΕΗ (1950), είχαν τεθεί σε λειτουργία πολύ μικρά Υδροηλεκτρικά Εργοστάσια την περίοδο 1927 – 1931 (Γλαύκος, Βέρμιο, Αγιά Χανίων, Αγ. Ιωάννης Σερρών), συνολικής εγκατεστημένης ισχύος περίπου 6MW. Την περίοδο 1950 – 1975 κατασκευάστηκαν οκτώ (8) Μεγάλοι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί (Άγρας, Λάδωνας, Λούρος, Ταυρωπός / Πλαστήρας, Κρεμαστά, Καστράκι, Εδεσσαίος Και Πολύφυτο), συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 1.410 Μ. μεταξύ αυτών συμπεριλαμβάνονται και οι τρεις (3) μεγαλύτεροι: Κρεμαστά, Καστράκι, Πολύφυτο. Την περίοδο 1976 – Σήμερα κατασκευάστηκαν 8 μεγάλοι και 3 μικροί ΥΗΣ (Πουρνάρι Ι και ΙΙ, Σφηκιά, Ασώματα, Στράτος Ι, Στράτος ΙΙ, Πηγές Αώου, Θησαυρός, Πλατανόβρυση, Γκιώνα Και Μακροχώρι), συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 1.630 MW. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται και δύο αναστρέψιμοι Αντλητικοί Σταθμοί (Σφηκιά και Θησαυρός).

2. ΟΙ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΣΗΜΕΡΑ – ΟΡΓΑΝΩΣΗ

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των Υδροηλεκτρικών Σταθμών της ΔΕΗ Α.Ε. ανέρχεται σε 3.060MW. (16 μεγάλοι και 8 μικροί σταθμοί). Η συνολική μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας είναι περίπου 5000Gwh.

Οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί σήμερα κατατάσσονται σε τέσσερα (4) κυρίως Συγκροτήματα, σε δύο Ανεξάρτητους ΥΗΣ και σε άλλους μικρούς.

- **Συγκρότημα Αχελώου** (Κρεμαστά, Καστράκι, Στράτος Ι Και ΙΙ, Γκιώνα Και Γλαύκος). Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς 925,6MW.
- **Συγκρότημα Αλιάκμονα** (Πολύφυτο, Σφηκιά, Ασώματα, Μακροχώρι, Άγρας, Εδεσσαίος, Βέρμιο). Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς 879,3 MW.
- **Συγκρότημα Αράχθου** (Πηγές Αώου, Πουρνάρι Ι, Πουρνάρι ΙΙ, Λούρος). Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς 553,9 MW.
- **Συγκρότημα Νέστου** (Θησαυρός, Πλατανόβρυση). Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς 500 MW.
- **Ν. Πλαστήρας**. Εγκατεστημένη Ισχύς 129,9 MW.
- **Λάδωνας**. Εγκατεστημένη Ισχύς 70 MW.

- **Λοιποί Μικροί ΥΗΣ.** (Αγ. Ιωάννης Σερρών, Αγιά, Αλμυρός). Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς 1,3 MW.

Η Υδροηλεκτρική Ισχύς σήμερα των 3.060MW καλύπτει το 28% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος των Συμβατικών Σταθμών η οποία ανέρχεται σε 11.079 MW. Η Μέση Ετήσια Υδροηλεκτρική Παραγωγή, ανάλογα με την υδραυλικότητα του έτους καλύπτει το 9-10% της παραγωγής της ΔΕΗ. Ειδικά για το 2006, έτος υψηλής υδραυλικότητας, η Υδραυλική Παραγωγή ανήλθε σε 6.270 Gwh δηλαδή κάλυψε το 13% της συνολικής παραγωγής της ΔΕΗ.

Η Σημερινή Οργάνωση της αρμόδιας Διεύθυνσης Εκμετάλλευσης των Υδροηλεκτρικών Σταθμών της ΔΕΗ Α.Ε. αποτελείται από τριε κεντρικές Υπηρεσίες, τα τέσσερα Συγκροτήματα που προαναφέρθηκαν και τους δύο ανεξάρτητους ΥΗΣ.

Ακολούθως περιγράφονται συνοπτικά οι σημαντικότεροι ΥΗΣ της Ελλάδας:

ΑΧΕΛΩΟΣ

- ΥΗΣ ΚΡΕΜΑΣΤΩΝ: Απέχει 60 km από το Αγρίνιο, τέθηκε σε λειτουργία από το 1965. Έχει μεγάλο χωμάτινο φράγμα, με μεγάλο ταμιευτήρα υπερετήσιας ρύθμισης. Συνολική ισχύς 437 MW.
- ΥΗΣ ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ: Μετά τα Κρεμαστά, τέθηκε σε λειτουργία το 1970, με χωμάτινο φράγμα και λίμνη ημερήσιας ρύθμισης. Συνολική Ισχύς 320 MW.
- ΥΗΣ ΣΤΡΑΤΟΥ Ι: Μετά το Καστράκι, τέθηκε σε λειτουργία το 1988. Έχει συνολική εγκατεστημένη ισχύ 150 MW.
- ΥΗΣ ΣΤΡΑΤΟΥ ΙΙ: Μικρός ΥΗΣ, έχει συνολική εγκατεστημένη ισχύ 6,2 MW.

Οι ΥΗΣ Αχελώου είναι πολύ σημαντικοί για το Σύστημα Παραγωγής γιατί συμμετέχουν περίπου στο 35 – 40% της Συνολικής Υδροηλεκτρικής Παραγωγής.

ΑΡΑΧΘΟΣ

- ΥΗΣ ΠΗΓΩΝ ΑΩΟΥ: Απέχει 45km από τα Ιωάννινα, εκτρέπει μικρό μέρος των νερών του ποταμού Αώου προς τον Άραχθο. Τέθηκε σε λειτουργία το 1990 και έχει εγκατεστημένη ισχύ 210 MW.
- ΥΗΣ ΠΟΥΡΝΑΡΙΟΥ Ι: Απέχει 4km από την πόλη της Άρτας στον ποταμό Άραχθο, τέθηκε σε λειτουργία το 1981. Διαθέτει χωμάτινο φράγμα και ταμιευτήρα υπερετήσιας ρύθμισης και έχει εγκατεστημένη ισχύ 300 MW.
- ΥΗΣ ΠΟΥΡΝΑΡΙΟΥ ΙΙ: Ευρίσκεται αμέσως κατάντη του ΥΗΣ Πουρναρίου Ι επί του ποταμού Αράχθου. Τέθηκε σε λειτουργία το 2000 και έχει εγκατεστημένη ισχύ 3,5 MW.

ΑΛΙΑΚΜΟΝΑΣ

- ΥΗΣ ΠΟΛΥΦΥΤΟΥ: Κοντά στα Σέρβια Κοζάνης, τέθηκε σε λειτουργία το 1974. Έχει χωμάτινο φράγμα και ταμιευτήρα υπερετήσιας ρύθμισης. Έχει συνολική εγκατεστημένη ισχύ 360 MW. Είναι ο κύριος ταμιευτήρας, που εξασφαλίζει νερό στη Μακεδονία.
- ΥΗΣ ΣΦΗΚΙΑΣ: Κατάντη του Πολυφύτου, 25km από τον κόλπο της Βέροιας, με χωμάτινο φράγμα τέθηκε σε λειτουργία το 1985. Έχει συνολική εγκατεστημένη ισχύ 315 MW. Ο σταθμός είναι αναστρέψιμος, δηλαδή λειτουργεί και ως αντλητικός.
- ΥΗΣ ΑΣΩΜΑΤΩΝ: Κατάντη της Σφηκιάς, τέθηκε σε λειτουργία το 1985 και έχει συνολική εγκατεστημένη ισχύ 108 MW.

- **ΥΗΣ ΜΑΚΡΟΧΩΡΙΟΥ:** Κατάντη του ΥΗΣ Ασωμάτων. Είναι μικρός Σταθμός ροής εγκαταστημένης στην διώρυγα απαγωγής των νερών από τα Ασώματα. Τέθηκε σε λειτουργία το 1992 και έχει εγκατεστημένη ισχύ 10,8 MW.

ΝΕΣΤΟΣ

- **ΥΗΣ ΘΗΣΑΥΡΟΥ:** Ευρίσκεται σε απόσταση 60km από την πόλη της Δράμας κοντά στο χωριό Παρανέστι. Τέθηκε σε λειτουργία το 1997. Ο Θησαυρός είναι ο δεύτερος μεγάλος αναστρέψιμος (αντλητικός) σταθμός στη Ελλάδα με εγκατεστημένη ισχύ 384MW. Το φράγμα είναι γεωφράγμα και είναι το υψηλότερο στην Ελλάδα.
- **ΥΗΣ ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗΣ:** Ευρίσκεται κατάντη του Θησαυρού στον ποταμό Νέστο με εγκατεστημένη ισχύ 116 MW. Το φράγμα του έχει κατασκευαστεί από κυλινδρικό σκυρόδεμα (RCC), μια τεχνολογία που χρησιμοποιεί την ιπτάμενη τέφρα, παραπροϊόν των λιγνιτικών Σταθμών ως πρόσμιξη. Τέθηκε σε λειτουργία το 1999.

ΤΑΥΡΩΠΟΣ

Ο ΥΗΣ Ν. Πλαστήρα αποτελεί την πρώτη μερική εκτροπή του Αχελώου προς το Θεσσαλικό κάμπο. Κατασκευασμένος επί του ποταμού Ταυρωπού, παραπόταμου του Αχελώου, διαθέτει Φράγμα τσιμεντένιο, τοξωτό. Ευρίσκεται σε απόσταση 40km από την πόλη της Καρδίτσας και τέθηκε σε λειτουργία από το 1962. Έχει εγκατεστημένη ισχύ 129,9 MW. Αποτελεί τυπικό παράδειγμα Σταθμού Πολλαπλής Χρήσης.

ΛΑΔΩΝΑΣ

Ο ΥΗΣ Λάδωνα βρίσκεται κοντά στην Αρχαία Ολυμπία, στον ποταμό Λάδωνα. Τέθηκε σε λειτουργία το 1956 και έχει εγκατεστημένη ισχύ 70 MW. Το φράγμα είναι τσιμεντένιο. Ο Σταθμός είναι μικρός αλλά πολύ παραγωγικός.

ΛΟΥΡΟΣ

Ο ΥΗΣ Λούρος στον Λούρο ποταμό βρίσκεται κοντά στην Φιλιπιάδα με φράγμα τσιμεντένιο – βαρύτητας. Τέθηκε σε λειτουργία το 1954 και έχει ισχύ 10,5 MW. Είναι πολύ παραγωγικός και λειτουργεί ως σταθμός ροής.

ΕΔΕΣΣΑΙΟΣ (ΒΟΔΑΣ)

- **ΥΗΣ ΑΓΡΑΣ:** Ευρίσκεται σε απόσταση 2km από την πόλη της Έδεσσας και τέθηκε σε λειτουργία το 1956, Έχει εγκατεστημένη ισχύ 50 MW.
- **ΥΗΣ ΕΔΕΣΣΑΙΟΥ:** Ευρίσκεται στην Έδεσσα κατάντη των καταρρακτών της Έδεσσας. Τέθηκε σε λειτουργία το 1969 και διαθέτει εγκατεστημένη ισχύ 19MW.

Τέλος υπάρχει μια ομάδα πολύ μικρών, ιστορικής σημασίας (πολύ παλαιών) ΥΗΣ με μικρή εγκατεστημένη ισχύ και παραγωγή:

- Αλμυρός και Αγιά στην Κρήτη.
 - Γλαύκος στην Πάτρα (Πελοπόννησος).
 - Βέρμιο στην πόλη της Βέροιας.
- Αγ. Ιωάννης κοντά στην πόλη των Σερρών

ΜΟΡΝΟΣ

Ο ΥΗΣ Γκιώνας βρίσκεται κοντά στην Άμφισσα και έχει κατασκευασθεί στο κανάλι προσαγωγής νερού από Μόρνο προς την ύδρευση της Αθήνας. Λειτουργεί από το 1988 και έχει εγκατεστημένη ισχύ περί τα 9,6 MW.

3. ΟΙ ΥΗΣ ΩΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΟΛΛΑΠΛΟΥ ΣΚΟΠΟΥ

Οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί ως Εγκαταστάσεις Πολλαπλού σκοπού παίζουν πολύ σοβαρό ρόλο στην Εθνική Οικονομία και συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην κοινωνική ζωή των περιοχών που βρίσκονται και λειτουργούν.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί συμβάλλουν σε ποσοστό περισσότερο από 9% στη συνολική παραγωγή της ΔΕΗ Α.Ε. Η παραγόμενη ενέργεια είναι «πράσινη – καθαρή» δηλαδή δεν επιβαρύνει με εκπομπές και υψηλής ποιότητας δηλαδή καλύπτει αιχμές φορτίου, έχει δε μεγάλη ευελιξία στην ένταξή της.

ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Οι κύριοι ταμιευτήρες των ποταμών με την αποθηκευτική τους ικανότητα δημιουργούν ανάσχεση των πλημμυρικών φαινομένων παρέχοντας την αντιπλημμυρική προστασία στις κατάντη των ΥΗΣ περιοχές.

ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ

Οι ΥΗΣ εξαιτίας των ειδικών τους χαρακτηριστικών παρέχουν επικουρικές υπηρεσίες στο Ηλεκτρικό Σύστημα δηλαδή εφεδρεία ισχύος, ρύθμιση συχνότητας, τάσης κ.λπ.

ΥΔΡΕΥΣΗ

Οι πληθυσμοί πολλών πόλεων αρδεύονται από τους ταμιευτήρες των ΥΗΣ (π.χ. Θεσσαλονίκη, Καρδίτσα, Αγρίνιο, Άρτα κ.λπ.).

ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ

Από τους ταμιευτήρες των ΥΗΣ αρδεύονται περίπου 5.000.000 στρέμματα συμβάλλοντας έτσι στην γεωργική παραγωγή της χώρας.

ΝΑΥΤΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ

Πολλές περιοχές των λιμνών των ΥΗΣ χρησιμοποιούνται για ναυταθλητικές δραστηριότητες όπως θαλάσσιο σκι, κωπηλασία, καγιάκ κ.λπ. (Λίμνη Στράτου, Λίμνη Πολυφύτου κ.λπ.).

ΑΝΑΨΥΧΗ

Οι όχθες των ποταμών είναι ιδανικές θέσεις για δημιουργία πόλων αναψυχής και τουρισμού. Χαρακτηριστικά παραδείγματα η λίμνη Πηγών Αώου, η πλαζ Λαμπερού στη Λίμνη Πλαστήρα κ.λπ.

ΑΛΙΕΙΑ

Η αλιεία τόσο σε επαγγελματικό όσο και σε ερασιτεχνικό επίπεδο είναι μία από τις πολλές δραστηριότητες στους ταμιευτήρες των ΥΗΣ, οι οποίοι διαθέτουν καθαρό νερό και τους οποίους η ΔΕΗ Α.Ε. εμπλουτίζει με γόνιο ψαριών.

ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Γενικά οι ΥΗΣ αναβαθμίζουν το περιβάλλον τους με τη δημιουργία οικοσυστημάτων στην περιοχή των λιμνών και με τη διατήρηση εντός των κοιτών των ποταμών των οικολογικών παροχών για τη διατήρηση της ιχθυοπανίδας.

4. Η ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ

Η συμβολή των μεγάλων Υδροηλεκτρικών Έργων (ΥΗΕ) στην ισόρροπη ανάπτυξη και στην ενεργειακή επάρκεια της χώρας, είναι λίγο πολύ γνωστή σε όλους. Παρά τις επιφυλάξεις που υπάρχουν και πρέπει να υπάρχουν όταν γίνονται σοβαρές παρεμβάσεις στο φυσικό περιβάλλον, δεν αμφισβητείται ότι τα ΥΗΕ – στις περισσότερες των περιπτώσεων – ομόρφυναν τη φύση και δημιούργησαν νέες, βελτιωμένες οικολογικές ισορροπίες.

Τα ΥΗΕ, είναι συνήθως έργα πολλαπλού σκοπού. Πρόκειται για εξαιρετικά μεγάλες επενδύσεις και για το λόγο η βέλτιστη χρήση τους είναι ένα ζήτημα πολύ σημαντικό για την οικονομία της χώρας, αλλά και για την ανάπτυξη νέων υδραυλικών εγκαταστάσεων πολλαπλών χρήσεων. Αυτό όμως προϋποθέτει, εκτός των άλλων, τον καθορισμό της μεθοδολογίας με την οποία θα προσεγγιστεί το δυσεπίλυτο πρόβλημα του καταμερισμού του κόστους στους επιμέρους χρήστες.

Μια χρήσιμη και κατατοπιστική προσέγγιση του προβληματισμού αυτού, ο οποίος για τους περισσότερους δεν είναι ορατός με την πρώτη ματιά, επιχειρείται με το κείμενο που ακολουθεί. Ταυτόχρονα δίδονται χρήσιμες πληροφορίες για την κατανόηση της πραγματικής φύσης και σημασίας αυτών των τόσο σημαντικών έργων.

Το πόσο μεγάλη σημασία έχει το νερό στη ζωή μας δεν χρειάζεται να τονισθεί. Το ζήτημα τίγεται με σκοπό να κατανοηθεί η πολυπλοκότητα της διαχείρισης του υδροδυναμικού της χώρας, που η βέλτιστη αξιοποίησή του απαιτεί ορθολογική εκμετάλλευση των υδροηλεκτρικών έργων ώστε παράλληλα με την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας να ικανοποιούνται και οι διάφορες άλλες ανάγκες.

Είναι γεγονός ότι οι υδάτινοι πόροι εξαντλούνται λόγω της ραγδαίας αύξησης των καταναλώσεων, που απορρέει από την μεγάλη οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη των λαών. Σε κάθε χώρα μελετώνται πλαίσια για την ολοκληρωτική και πολλαπλή αξιοποίηση των γλυκών νερών που διατίθενται. Παλαιότερα, για τις αρδεύσεις χρησιμοποιούνταν τα νερά των ποταμών που όμως, το ακανόνιστο των παροχών τους κυρίως κατά τους ξηρούς μήνες που αναπτύσσονται και οι περισσότερες καλλιέργειες, δημιουργούσε μεγάλες ελλείψεις. Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων του είδους αυτού, άρχισαν να κατασκευάζονται στη διάρκεια του 19^{ου} αιώνα – με την εξέλιξη της τεχνικής – φράγματα και τεχνητές λίμνες.

Η κατασκευή ΥΗΕ άρχισε προς το τέλος του 19^{ου} αιώνα, με εγκαταστάσεις που ανήκαν σε ιδιώτες. Βέβαια μετά το Β΄ παγκόσμιο πόλεμο σε πολλές χώρες οι ηλεκτρικές εταιρείες εξαγοράστηκαν από το κράτος και έγιναν δημόσιοι οργανισμοί. Οι εγκαταστάσεις αυτές εξυπηρετούσαν βασικά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα όμως

εξυπηρετούσαν και αρδευτικές ανάγκες και τη βελτίωση της παραγωγής στις καλλιεργούμενες εκτάσεις, διότι με τη ρύθμιση των παροχών των λεκανών, εξασφάλιζαν τις απαραίτητες παροχές νερού στις περιόδους ξηρασίας. Αργότερα κατασκευάστηκαν φράγματα για την τροφοδοσία συστημάτων ύδρευσης πληθυσμών και για τις ανάγκες βιομηχανικών συγκροτημάτων, τελικά οι υδροηλεκτρικές μονάδες που εντάχθηκαν στα έργα αυτά, αποδείχθηκαν εξαιρετικά κρίσιμες για την κάλυψη των αιχμών που παρουσιάζονται στα ηλεκτρικά συστήματα.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι με τη διαχείριση των υδάτινων πόρων εξυπηρετούνται πολλαπλοί σκοποί.

5. ΤΕΧΝΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΠΟΛΛΑΠΛΟΥ ΣΚΟΠΟΥ

Πρέπει να τονίσουμε ότι, για ορισμένες χρήσεις το νερό είναι αναντικατάστατο, όπως είναι για παράδειγμα η οικιακή χρήση. Σε άλλες περιπτώσεις όμως μπορεί εν μέρει να αντικατασταθεί αλλά με κάποιο κόστος. Η επιφάνεια των αρδευόμενων εκτάσεων μπορεί να μειωθεί και η γεωργική παραγωγή να αναπληρωθεί από παραγωγή άλλων περιοχών ή από ξηρικές καλλιέργειες. Ακόμη, η υδροηλεκτρική παραγωγή ενέργειας μπορεί να αντικατασταθεί με θερμοηλεκτρική. Σε κάθε περίπτωση όμως το νερό μπορεί να χρησιμοποιείται όχι μόνον για κατανάλωση, αλλά να έχει διαδοχικές ή ταυτόχρονες χρήσεις για διαφορετικούς σκοπούς. Η ρύθμιση της παροχής των ποταμών που στοχεύει στην άμβλυνση των μεταβολών των φυσικών πόρων, είναι γενικά ένα σοβαρό πλεονέκτημα για όλες τις χρήσεις.

Τις περισσότερες φορές κατά την πολλαπλή χρήση των υδάτων υπάρχουν αντιτιθέμενες επιδιώξεις και η ικανοποίηση όλων αυτών των χρήσεων είναι συνήθως ένα οξύ πρόβλημα. Ιδίως σε περιπτώσεις που υπάρχει ανεπάρκεια νερού θα πρέπει να συντονίζονται όλοι οι ενδιαφερόμενοι και κατά τη συνεργασία τους να κυριαρχεί η φρόνηση. Προφανώς, στο οικονομικό επίπεδο, θα πρέπει το κόστος κατασκευής και λειτουργίας να επιμερίζεται σε όλους.

Οι χρήσεις νερού που συνδυάζονται με την παραγωγή ενέργειας είναι: ύδρευση, βιομηχανική χρήση (ψύξη, κλιματισμός), άρδευση, αντιπλημμυρική προστασία, ποτάμιες μεταφορές, αλιεία και αναψυχή. Ο καθορισμός της προτεραιότητας στις διάφορες χρήσεις είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων, όπως ανάπτυξη, προτεραιότητες της χώρας, γεωγραφική θέση, μοντέλα ανάπτυξης κ.ά. Στη χώρα μας τα ΥΗΕ εκτός από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, εξυπηρετούν κυρίως την ύδρευση, άρδευση, αντιπλημμυρική προστασία και την παροχή βιομηχανικού νερού.

6. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ

Τόσο από τις μετρήσεις όσο και από την εμπειρία μας στην εκμετάλλευση διαπιστώνεται ότι η δυτική πλευρά της Ελλάδας έχει διπλάσια έως τριπλάσια ποσότητα κατακρημνίσεων σε σχέση με την ανατολική πλευρά. Είναι ένα δεδομένο που πρέπει να λάβουμε υπόψη στις αποφάσεις για την κατασκευή των ΥΗΕ, για την εκμετάλλευσή τους αλλά και γενικότερα για την σωστή διαχείριση των υδάτινων πόρων.

Η υγρή περίοδος στην Ελλάδα διαρκεί από την αρχή Οκτωβρίου μέχρι το τέλος Μαΐου όταν ολοκληρώνεται το λιώσιμο των αποθεμάτων χιονιού στις ορεινές περιοχές των λεκανών

απορροής. Η στρατηγική της ΔΕΗ Α.Ε., όσον αφορά στα αποθέματα νερού στους ταμιευτήρες της ΥΗΣ, είναι να βρίσκονται στο μέγιστο στην αρχή της θερινής (ξηρής) περιόδου ώστε να καλύπτονται οι αυξημένες ανάγκες. Αναφέρεται ενημερωτικά ότι η συνολική ειδική κατανάλωση για την παραγωγή μιας KWH είναι περίπου 2 m³.

Οι ταμιευτήρες ανάλογα τη χωρητικότητά τους σε σχέση με το ισοζύγιο της λεκάνης απορροής και τον τρόπο που χρησιμοποιούνται στην εκμετάλλευση διακρίνονται σε: Ετήσιους, Εβδομαδιαίους, Ημερήσιους, Και Αναρρύθμισης.

Ο ετήσιος ταμιευτήρας σε μια αλυσίδα ΥΗΣ ενός ποταμού έχει μεγάλη χωρητικότητα. Η διακύμανση της στάθμης του είναι σημαντική λόγω των μεγάλων ποσοτήτων νερού που αποθηκεύονται. Επίσης ο ταμιευτήρας αυτός χρησιμεύει για την ανάσχεση των πλημμυρών και την τροποποίηση της δίαιτας του ποταμού. Τέτοιοι ταμιευτήρες είναι των Κρεμαστών (Αχελώος), του Πολυφύτου (Αλιάκμονας), του Λάδωνα, του Πουρναρίου Ι, (Άραχθος), των Πηγών Αώου (Αώος), του Ν. Πλαστήρα (Ταυρωπού) και του Θησαυρού (Νέστος).

Ο εβδομαδιαίος ταμιευτήρας βρίσκεται συνήθως μετά τον ετήσιο. Έχει μικρή σχετικά χωρητικότητα και διακύμανση στάθμης μέχρι 5 μέτρα περίπου. Τέτοιοι ταμιευτήρες είναι του Καστρακίου (Αχελώος) και της Σφηκιάς (Αλιάκμονας).

Ο ημερήσιος ταμιευτήρας έχει μικρή χωρητικότητα που επαρκεί να αποθηκεύσει τις εισροές το πολύ για μία ημέρα, όταν λειτουργεί ο προηγούμενος σταθμός. Τέτοιοι ταμιευτήρες είναι του Στράτου (Αχελώος), των Ασωμάτων (Αλιάκμονας), της Πλατανόβρυσης (Νέστος) και του Άγρα (Βόδας).

Ο ταμιευτήρας αναρρύθμισης είναι μικρής χωρητικότητας. Αποθηκεύεται νερό για λίγες ώρες ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες των άλλων χρήσεων (ύδρευση, άρδευση, περιβάλλον) χωρίς να απαιτείται η λειτουργία των ανάντη σταθμών κατά τη διάρκεια της νύχτας όταν η λειτουργία είναι ασύμφορη διότι η αξία της KWH είναι μειωμένη. Τέτοιοι ταμιευτήρες είναι του Στράτου (Αχελώος), της Αγ. Βαρβάρας (Αλιάκμονας) και του Ν. Πλαστήρα (Ταυρωπός).

7. ΟΙ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Οι υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις έχουν μεγάλη έκταση ανάλογα με το μέγεθος του ποταμού και το σχέδιο εκμετάλλευσης του νερού της λεκάνης απορροής. Ύστερα από μετρήσεις και έρευνες γίνεται η προμελέτη έργων αξιοποίησης ενός ποταμού, η μελέτη, η κατασκευή και τέλος αρχίζει η εκμετάλλευση του έργου.

Κύρια τμήματα ενός υδροηλεκτρικού έργου είναι το Φράγμα, ο Ταμιευτήρας, ο Εκχειλιστής ή Υπερχειλιστής, η Υδροληψία, οι Σήραγγες, ο Αγωγός Προσαγωγής / Απαγωγής του νερού, το Εργοστάσιο Παραγωγής, ο Υποσταθμός ανύψωσης τάσεως και οι Γραμμές μεταφοράς.

Το φράγμα κατασκευάζεται σε επιλεγμένη τοποθεσία (στένεμα) του ποταμού. Υπάρχουν πολλά είδη φραγμάτων και χωρίζονται ανάλογα το υλικό με το οποίο κατασκευάζονται (πέτρα, σκυρόδεμα, χώμα και άλλα υλικά). Επίσης, ανάλογα με το ύψος τους, διακρίνονται σε μεγάλα, μεσαία και μικρά.

Ο Ταμιευτήρας σχηματίζεται μετά την έμφραξη της σήραγγας εκτροπής. Η έκταση και η χωρητικότητά του εξαρτώνται από τη μορφολογία της λεκάνης απορροής του ποταμού και από το ύψος του φράγματος.

Ο Εκχειλιστής / Υπερχειλιστής / Εκκενωτής πυθμένα είναι τα επιμέρους έργα ή τμήματα του φράγματος που εξασφαλίζουν την ασφάλειά του σε έκτακτες περιπτώσεις όπως είναι οι μεγάλες πλημμύρες ή κάποιο άλλο συμβάν που μπορεί να θέσει σε κίνδυνο ένα φράγμα (σεισμοί, γεωλογικά προβλήματα, κατολισθήσεις, κ.τ.λ.).

Η Υδροληψία, οι Σήραγγες / Αγωγοί Προσαγωγής – Απαγωγής νερού, είναι τα έργα που οδηγούν το νερό από τον ταμιευτήρα στο σταθμό παραγωγής και μετά την διέλευσή του από τις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην κοίτη του ποταμού κατάντη ή στον επόμενο ταμιευτήρα (ανάλογα με την περίπτωση).

Το Εργοστάσιο Παραγωγής είναι το κτίριο που περιέχει τις μονάδες παραγωγής, τους πίνακες ελέγχου και τον βοηθητικό εξοπλισμό που χρειάζεται για την λειτουργία του. Μπορεί να είναι υπόγειος, υπαίθριος, ημιυπαίθριος.

Ο Υποσταθμός Υψώσεως Τάσεως βρίσκεται κοντά στο εργοστάσιο. Εκεί είναι εγκατεστημένοι οι μετασχηματιστές ισχύος, το κτίριο ελέγχου και άλλος βοηθητικός εξοπλισμός. Επίσης στον υποσταθμό βρίσκονται οι διακόπτες των γραμμών που μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια και αποτελούν τμήμα του εθνικού συστήματος μεταφοράς υψηλής τάσεως 150 KV και 380 KV.

8. ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΣΤΗΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΥΗΣ ΕΞ ΑΙΤΙΑΣ ΑΛΛΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ

Το όφελος που προσφέρουν οι ΥΗΣ σε ένα Διασυνδεδεμένο Ηλεκτρικό Σύστημα το οποίο τροφοδοτείται κυρίως από θερμοηλεκτρικές μονάδες σταθερού φορτίου, είναι το γεγονός ότι, μπορούν να αναλαμβάνουν με ευελιξία τις αιχμές της ζήτησης που εμφανίζονται στο δίκτυο, απαλλάσσοντας έτσι τις τελευταίες από επώδυνες μεταβολές φορτίου. Για τον λόγο αυτό η αξία της ενέργειας που παράγεται από έναν ΥΗΣ είναι αντιστρόφως ανάλογη της έκτασης των περιορισμών που επιβάλλονται από τη ζήτηση του νερού για την εξυπηρέτηση τρίτων.

Από πλευράς υδροηλεκτρικής παραγωγής μπορούμε να κοιτάξουμε τους ΥΗΣ σε τέσσερις κύριες κατηγορίες:

1. ΥΗΣ που εξυπηρετούν τις εκτός ηλεκτροπαραγωγής χρήσεις (π.χ. άρδευση), οι οποίες απαιτούν οι σταθμοί παραγωγής να βρίσκονται εκτός λειτουργίας για ορισμένες χρονικές περιόδους. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται σε αυτούς συνεισφέρει απλώς στην εξοικονόμηση καυσίμων που καταναλώνουν οι θεσμικοί σταθμοί και κάθε φορά που τίθενται εκτός λειτουργίας, τα φορτία τους πρέπει να αναληφθούν από άλλους σταθμούς του συστήματος. Στην κατηγορία αυτή υπάγεται ο ΥΗΣ Ν. Πλαστήρα στον ποταμό Ταυρωπό, ο οποίος σήμερα λειτουργεί σε συνάρτηση με τις αρδευτικές ανάγκες.
2. ΥΗΣ με ταμιευτήρες ημερήσιας ή εβδομαδιαίας ρύθμισης, στους οποίους μπορούμε να επικεντρώσουμε τη λειτουργία του σταθμού τις ώρες που εμφανίζονται οι αιχμές των φορτίων του διασυνδεδεμένου ηλεκτρικού συστήματος, φυσικά με τις δεσμεύσεις που επιβάλλουν οι άλλες χρήσεις και η συνολική επάρκεια του νερού (ΥΗΣ Στράτου, Ασωμάτων, Πλατανόβρυσης, Καστρακίου και Σφηκιάς).
3. ΥΗΣ που τροφοδοτούνται από μεγάλους ταμιευτήρες ετήσιας ρύθμισης, στους οποίους η παραγωγή ενέργειας προέχει σε σχέση με τις άλλες χρήσεις που θεωρούνται δευτερεύουσες. Οι σταθμοί αυτοί λειτουργούν συνήθως σύμφωνα με τις ανάγκες του

διασυνδεδεμένου ηλεκτρικού συστήματος (ΥΗΣ Κρεμαστών, Πολυφύτου, Θησαυρού, κ.ά.).

4. ΥΗΣ συντονισμένοι με τις χρήσεις οι οποίες έχουν ανάγκη συνεχούς κατανάλωσης νερού (ύδρευση, ναυσιπλοΐα). Οι συγκεκριμένοι ΥΗΣ μπορούν να συγκριθούν, ως προς τη λειτουργία τους, με ένα θερμικό σταθμό σταθερού φορτίου. Λειτουργούν όλο το 24ωρο επειδή η χωρητικότητα του ταμιευτήρα τους είναι ασήμαντη. Τέτοιος είναι ο ΥΗΣ Λούρου κοντά στη Φιλιππιάδα.

Φυσικά υπάρχουν και ΥΗΣ που η συντονισμένη εκμετάλλευσή τους δεν ταξινομείται στις παραπάνω περιπτώσεις. Η τελική αξία της παραγόμενης ενέργειας στις περιπτώσεις των τεσσάρων κατηγοριών πρέπει να αναπροσαρμόζεται με βάση τους εξής συντελεστές:

- Για την ομάδα 1: 0.5,
- Για την ομάδα 2: 1.0
- Για την ομάδα 3: 2.0
- Για την ομάδα 4: 2.5

Οι συντελεστές αυτοί αναδεικνύουν σε ποιο βαθμό μπορεί να επηρεαστεί η τελική αξία της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας των ΥΗΣ, αναλόγως των διευθετήσεων που ισχύουν για την εξυπηρέτηση διαφορετικών σκοπών από την παραγωγή ενέργειας.

9. ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ

Ορισμένοι ΥΗΣ είναι επιφορτισμένοι με την εξυπηρέτηση μιας μόνο χρήσεως, η οποία καθορίζει τη λειτουργία τους και μόνον δευτερευόντως λαμβάνονται υπόψη άλλες πιθανές χρήσεις. Στις περιπτώσεις αυτές τα κριτήρια εκμετάλλευσης είναι απλά. Εξαρτώνται από τον κύριο στόχο, στον οποίο πρέπει να υπακούουν οι δευτερεύουσες χρήσεις. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν οι δευτερεύουσες χρήσεις βελτιώνουν τα συνολικά αποτελέσματα της συνολικής εκμετάλλευσης. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι, τα πλεονεκτήματα δεν είναι στενά αναλογικά με τον όγκο των νερών που χρησιμοποιούνται. Ένα σημαντικό ζήτημα που επηρεάζει καθοριστικά το όφελος είναι η ασφαλής διάθεση του νερού, δηλαδή η κάλυψη των αναγκών των χρηστών να είναι εξασφαλισμένη.

Το ζήτημα της βέλτιστης εκμετάλλευσης των ΥΗΣ πολλαπλού σκοπού παρουσιάζει δυσκολίες επειδή, όπως προαναφέρθηκε, οι χρήστες έχουν αντικρουόμενες ανάγκες που μεγεθύνονται σε περιόδους ξηρασίας. Η τάση επηρεασμού της εκμετάλλευσης των ΥΗΣ σύμφωνα με τις προτεραιότητες που θέτει ο κάθε χρήστης σπάνια οδηγεί στη βέλτιστη συνολική χρήση. Είναι επομένως αναγκαίο να καθοριστούν οι βάσεις (κριτήρια) κατανομής των εξόδων (κόστους) της εκμετάλλευσης των ΥΗΣ στις διαφορετικές και επιμέρους χρήσεις. Να καθοριστούν δηλαδή, μεταξύ των άλλων, οι συνθήκες λειτουργίας στις οποίες ορισμένοι χρήστες να αποζημιώνονται από άλλους, όταν εξαιτίας τους δεν θα απολαμβάνουν τις προβλεπόμενες παροχές.

Η εκμετάλλευση των ΥΗΣ πολλαπλού σκοπού στο βέλτιστο βαθμό είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί χωρίς να προκληθούν αδικίες σε χρήστες που συνέβαλαν στην κατασκευή τους. Σε περίπτωση αντικειμενικής αδυναμίας, θα έπρεπε να μην κατασκευάζονται έργα εξυπηρέτησης πολλαπλών σκοπών, στο βαθμό που η χρησιμοποίησή τους για ένα μόνο σκοπό είναι συμφέρουσα.

10. ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ

Όταν μιλάμε για ανθρωπογενείς δραστηριότητες εννοούμε την ήπια μορφή τους. Θα αναφερθούμε ειδικά σε μερικές απ' αυτές που λαμβάνουν χώρα στους ταμιευτήρες και στα ποτάμια της Ελλάδας:

- Η κτηνοτροφία στις παραλίμνιες περιοχές.
- Η ερασιτεχνική και επαγγελματική αλιεία στους ταμιευτήρες.
- Ο ναυταθλητισμός στις λίμνες Στράτου και Πολυφύτου (παραχώρηση στη Γενική Γραμματεία Αθλητισμού).
- Τα δυναμικά σπορ, όπως το καγιάκ στη λίμνη Καστρακίου και το ράφτινγκ στη λίμνη Πηγών Αώου.
- Η επιστημονική παρατήρηση στους υγροτόπους του Άγρα και στο δέλτα του π. Αχελώου και του π. Αλιάκμονα.
- Η περιβαλλοντική εκπαίδευση μαθητών και σπουδαστών.
- Η αναψυχή και ο οικοτουρισμός στο περιβάλλον των ταμιευτήρων και των ποταμών.
- Οι ιχθυοκαλλιέργειες στον ταμιευτήρα Κρεμαστών

11. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΥΗΣ ΣΤΟ ΕΘΝΙΚΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Όπως έχει αναφερθεί οι ΥΗΣ συμβάλλουν σε σημαντικό ποσοστό στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του Συστήματος. Η συνολική εγκαταστημένη ισχύς των Μονάδων Παραγωγής της ΔΕΗ Α.Ε. στο Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα σήμερα ανέρχεται σε 11.612 MW από την οποία οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί διαθέτουν τα 3.060 MW, δηλαδή διαθέτουν το 26,5% περίπου της συνολικής εγκατεστημένης ισχύς της ΔΕΗ Α.Ε.

Η μέση ετήσια παραγωγή των ΥΗΣ καλύπτει περίπου το 9% της παραγόμενης ενέργειας από το Παραγωγικό δυναμικό της ΔΕΗ Α.Ε. Η ετήσια παραγωγή των ΥΗΣ εξαρτάται από την υδραυλικότητα του έτους. Με στοιχεία των τελευταίων 6 ετών η ετήσια παραγωγή κυμαίνεται από 3.150 GWh έως 6.230 GWh δηλαδή η συμμετοχή τους συνέβαλλε από 6% έως 13%.

Χαρακτηριστική είναι η Υδροηλεκτρική παραγωγή κατά το έτος 2006, η οποία έφθασε τις 6.232 GWh και κάλυψε το 13% της Παραγωγής του Εθνικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος. Πέραν όμως των ποσοτικών χαρακτηριστικών η παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από τους ΥΗΣ έχει τα εξής χαρακτηριστικά, τα οποία της προσδίδουν ιδιαίτερη αξία στο Εθνικό Σύστημα.

1. Η ισχύς των ΥΗΣ είναι ευέλικτη και εντάσσεται γρήγορα στο σύστημα. Η αναφερόμενη ιδιότητα καθιστά πολύτιμη τη συμβολή της στην κάλυψη αιχμών φορτίου (σε περιόδους αυξημένης ζήτησης), με την αντίστοιχη ενέργεια να αποτελεί ενέργεια υψηλής οικονομικής αξίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ένταξη μιας Υδροηλεκτρικής μονάδας στο Σύστημα απαιτεί μόλις λίγα λεπτά ώστε από ακινησία να παραλάβει το πλήρες της φορτίο. Έτσι οι Υδροηλεκτρικές μονάδες παρέχουν εφεδρεία ισχύος που αυξάνει την αξιοπιστία του συστήματος. Η ευελιξία τους, η ικανότητά τους δηλαδή σε γρήγορες αυξομειώσεις του φορτίου, τις καθιστά πολύ χρήσιμες στην παροχή Επικουρικών Υπηρεσιών δηλαδή στη συμβολή τους στη ρύθμιση των χαρακτηριστικών του Συστήματος (Συχνότητα, Τάση κ.λπ.) δηλαδή στοιχεία που εξασφαλίζουν την ποιότητα της Ηλεκτρικής Ενέργειας.

2. Η παραγόμενη ενέργεια είναι «πράσινη», ή καθαρή χωρίς ρύπους. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μια μέση παραγωγή της τάξεως των 5.000 GWh κατ' έτος από ΥΗΣ υποκαθιστά, εκπομπές ρύπων CO₂ που είναι της τάξης των 3 + 8 εκατομμυρίων τόνων CO₂ ανά έτος ανάλογα με τον τύπο του καυσίμου που υποκαθιστά (φυσικό αέριο ή λιγνίτη). Από αυτό προκύπτουν τα προφανή οικολογικά και περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση της Υδροηλεκτρικής Παραγωγής αλλά και τα οικονομικά οφέλη για την ΔΕΗ Α.Ε. και κατ' επέκταση της Εθνικής Οικονομίας από το εναλλακτικό σενάριο αγοράς δικαιωμάτων ρύπων των οποίων το κόστος είναι πολύ υψηλό. Τρέχουσες τιμές της αγοράς είναι της τάξης των 15€/τον, (τιμές από 8 έως 26€/τον), οπότε το κόστος αγοράς ισοδύναμων δικαιωμάτων κυμαίνεται από 45 έως 100 εκ. € ανά έτος.
3. Ορισμένοι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί της ΔΕΗ Α.Ε. όπως ο ΥΗΣ Σφηκιάς και ο ΥΗΣ Θησαυρού λειτουργούν και ως αναστρέψιμοι – αντλητικοί Σταθμοί. Με τη λειτουργία αυτή αποθηκεύουν νερό στους άνω ταμιευτήρες με άντληση κατά τις ώρες χαμηλού φορτίου χρησιμοποιώντας ενέργεια χαμηλού κόστους και την αποδίδουν σε ώρες αιχμής συμβάλλοντας έτσι στην εξομάλυνση των αιχμών της ημερήσιας καμπύλης φορτίου με αποτέλεσμα αφ' ενός τη δυνατότητα κάλυψης αυξημένων ενεργειακών αναγκών τις συγκεκριμένες ώρες, αφ' ετέρου και την μείωση του κόστους παραγωγής (βελτιστοποίηση ενεργειακού ισοζυγίου).

Εάν δεν υπήρχαν οι ΥΗΣ με τα παραπάνω χαρακτηριστικά το Εθνικό Σύστημα θα απαιτούσε υποκατάσταση της αντίστοιχης ισχύος με ευέλικτη παραγωγή (αεροστροβίλους κ.λπ.), υψηλού κόστους και Περιβαλλοντική Επιβάρυνσης.

Συμπερασματικά:

- Η ΔΕΗ Α.Ε. λειτουργεί όλους σχεδόν τους μεγάλους ΥΗΣ στην Ελλάδα εκμεταλλευόμενη μεγάλο μέρος του Υδροδυναμικού της.
- Οι ΥΗΣ είναι αναγκαίοι για την παραγωγή «καθαρής» ανανεώσιμης ενέργειας.
- Οι ΥΗΣ κυρίως εξασφαλίζουν τις παραμέτρους και την ποιότητα της ενέργειας στο Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα (Συχνότητα, Τάση, Εφεδρεία Ισχύος κ.λπ.).
- Οι ΥΗΣ παράγουν «καθαρή» ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμη πηγή (νερό). Εξασφαλίζουν τη ρύθμιση της τάσεως και της συχνότητας του ηλεκτρικού συστήματος, βελτιστοποιούν την παραγωγή των θερμικών σταθμών και αυξάνουν την αξιοπιστία του.
- Οι ΥΗΣ παρέχουν άλλες υπηρεσίες και χρήσεις νερού προς τρίτους (αντιπλημμυρική προστασία, Αρδεύσεις, Ύδρευση, Αναψυχή κ.λπ.)
- Οι ΥΗΣ ως εγκαταστάσεις πολλαπλού σκοπού είναι πολύ σημαντικές ιδιαίτερα για την Ελλάδα, (Μεσογειακή χώρα), όπου το πρόβλημα της λειψυδρίας είναι έντονο. Ο ρόλος τους αποβαίνει όλο και πιο σημαντικός τις ημέρες μας γιατί κλιματικές αλλαγές θα επηρεάσουν σημαντικά την Μεσογειακή Ζώνη (όπου και η Ελλάδα) με σοβαρή μείωση των βροχοπτώσεων αλλά με ένταση των ακραίων φαινομένων (πλημμύρες, καταιγίδες κ.λπ.).
- Οι ΥΗΣ είναι έργα μεγάλα που επηρεάζουν σημαντικά το περιβάλλον της λεκάνης απορροής και της κοίτης του ποταμού. Οι ταμιευτήρες τους εξελίσσονται σε υδροβιότοπους σπάνιας ομορφιάς, με πλούσια χλωρίδα και πανίδα (ιδιαιτέρως ιχθυοπανίδα και ορνιθοπανίδα) και συμβάλλουν στην ήπια τουριστική ανάπτυξη των περιοχών όπου βρίσκονται.

- Οι ΥΗΣ ως έργα πολλαπλού σκοπού είναι απολύτως αναγκαίοι σε μια χώρα μεσογειακή όπως η Ελλάδα όπου οι βροχές είναι λίγες και η διάρκειά τους περιορίζεται στη χειμερινή περίοδο.
- Επιβάλλεται η υπερετήσια εκμετάλλευση των ταμιευτήρων νερού με διατήρηση αποθεμάτων ασφαλείας για την προφύλαξη από ξηρασίες μακράς διάρκειας, ο εκσυγχρονισμός των αρδευτικών δικτύων και η εξοικονόμηση νερού με περιορισμούς κυρίως στην άρδευση.
- Η Ελλάδα έχει ανάγκη από υδραυλικά έργα πολλαπλού σκοπού για τη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Διαχείριση νερού χωρίς την ύπαρξη φραγμάτων για την αποθήκευσή του δεν γίνεται.
- Η ΔΕΗ αξιοποίησε σημαντικό μέρος του υδροδυναμικού της Ελλάδας καθώς μελέτησε και παρασκεύασε όλα σχεδόν τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα. Λειτουργεί τους ΥΗΣ εξυπηρετώντας τις ανάγκες των άλλων χρήσεων (ύδρευση, άρδευση, αντυπλημμυρική προστασία, αναψυχή κ.τ.λ.) αναλαμβάνοντας την οικονομική επιβάρυνση και χωρίς μέχρι τώρα να αποζημιωθεί από άλλους χρήστες. Στο εξής πρέπει η κατανομή των δαπανών στις διάφορες χρήσεις να γίνεται ανάλογα με τις ωφέλειες που απολαμβάνει η κάθε χρήση.
- Η συμμετοχή της ΔΕΗ Α.Ε. στη διαχείριση των υδάτινων πόρων είναι επιβεβλημένη καθώς έχει την ευθύνη της εκμετάλλευσης τόσων ΥΗΣ στους περισσότερους μεγάλους ποταμούς της χώρας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΑΡΧΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ
2. ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ
3. ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΑΣΦΑΛΙΣΗ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ
4. ΜΕΛΕΤΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ – ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΙ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ
5. ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
6. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΕΚΧΕΙΛΙΣΤΗ – ΠΛΗΡΩΣΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΚΑΙ ΕΚΤΡΟΠΗ ΠΟΤΑΜΟΥ
7. ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
8. ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ, ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ, ΕΠΙΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΛΕΙΨΗ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΑΦΩΝ ΕΡΓΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

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

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

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

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

2. ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ

Η ICOLD έχει μέλη της 88 χώρες σε όλον τον κόσμο, οι οποίες αντιπροσωπεύουν το 88% του πληθυσμού του πλανήτη. Στο εγχειρίδιο που εξέδωσε το 1983 κατέγραψε 216 διαφορετικά αίτια αστοχίας, σύμφωνα με τον τύπο του φράγματος. Συμπερασματικά τονίζει ότι η αστοχία ενός φράγματος είναι πολύπλοκη διαδικασία, μπορεί να προκληθεί από ελλειπή μελέτη ή πλημμελή επίβλεψη, αλλά θεμελιώδης παράμετρος πρόληψης είναι η ενδελεχής επιθεώρηση, καταγραφή και άμεση ανάλυση και ερμηνεία ιδιαιτεροτήτων στην συμπεριφορά τους. Έκτοτε η ICOLD προέβη και σε επόμενες δημοσιεύσεις και ανακοινώσεις σε διάφορα συνέδρια, οι οποίες καταλήγουν σε ταυτόσημα συμπεράσματα.

Η καταγραφή των αιτίων αστοχίας συνοψίζεται ως ακολούθως:

ΧΩΜΑΤΙΝΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ

- Υπερπήδηση κατά τη διάρκεια πλημμυρικών φαινομένων, λόγω ανεπάρκειας εκχειλιστή ή λόγω κακής λειτουργίας θυροφραγμάτων.
- Διάβρωση της θεμελίωσης (ανεπαρκής ζώνη φίλτρου, καθιζήσεις και διασωλήνωση, ρευστοποίηση κ.λπ.).

ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

- Μειωμένη διατμητική αντοχή και διακλάσεις στη θεμελίωση, διαφορετικές καθιζήσεις, διάβρωση από υψηλή διαπερατότητα.
- Υπερβολική άνωση λόγω ανεπαρκούς αποστράγγισης.

3. ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΑΣΦΑΛΙΣΗ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ

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

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

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

Οι ιδιοκτήτες των έργων πρέπει αντίστοιχα να προσλαμβάνουν στη λειτουργία των έργων άτομα με σαφή, εξειδικευμένη εμπειρία, η οποία θα καθορίζεται επίσης από Νόμο. Οι υπεύθυνοι λειτουργίας θα είναι υποχρεωμένοι να ειδοποιούν αμέσως τον κρατικό οργανισμό για οποιοδήποτε συμβάν που επηρεάζει την ασφάλεια φράγματος και ταμιευτήρα.

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

Κάθε φράγμα και/ή ταμιευτήρας θα υφίσταται μια επιθεώρηση σε κανονικά διαστήματα όχι μεγαλύτερα των 5 ετών. Το πρόγραμμα επιθεώρησης θα πρέπει να είναι κατ' αρχήν

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

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

4. ΜΕΛΕΤΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ – ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΙ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

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

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

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

Η κατάταξη που ακολουθείται παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα (Πίν. 7.1):

Πίν. 7.1.

ΥΨΟΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ	
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ I	Υψηλότερο των 60 feet (~18m)
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ II	Υψηλότερο των 40 feet (~12m)
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ III	Υψηλότερο των 25 feet (~8m)
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ IV	Μικρότερο ή ίσο των 25 feet (~8m)
ΟΓΚΟΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ	
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ I	Μεγαλύτερος των 5000 acre feet (~6.000.000 m ³)
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ II	Μεγαλύτερος των 500 acre feet (~600.000 m ³)
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ III	Μεγαλύτερος των 50 acre feet (~60.000 m ³)
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ IV	Μικρότερος ή ίσος των 50 acre feet (~60.000 m ³)
ΠΙΘΑΝΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ ΠΡΟΣ ΤΑ ΚΑΤΑΝΤΗ	
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ I	Πιθανή απώλεια ανθρώπινης ζωής
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ II	Κίνδυνοι στην υγεία, σε κατοικίες και εργοστάσια, καταστροφή σε υποδομές (οδοί ταχείας κυκλοφορίας, σιδηροδρομικό δίκτυο, κατάντη φράγματα κ.λπ.)
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ III	Καταστροφή σε δευτερεύοντα κτίρια, τοπικές οδούς, καλλιέργειες κ.λπ.
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ IV	Βλάβες περιορισμένης έκτασης, κυρίως στο σώμα του φράγματος

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

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

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

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

Πριν από την έναρξη οποιασδήποτε μελετητικής εργασίας είναι απαραίτητη η καταγραφή και η τεκμηρίωση των κριτηρίων σχεδιασμού του φράγματος, καθώς και όλων των συναφών κατασκευών. Είναι επίσης απαραίτητη η διευκρίνιση ότι η αναφορά σε Μελετητή

ή Μελετητικό Γραφείο ενέχει ευρύτερη έννοια και στην ουσία αναφέρεται στην ομάδα των Τεχνικών Συμβούλων, οι οποίοι αναλαμβάνουν την ευθύνη των έργων στις διάφορες φάσεις.

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

- Ανάλυση του μελετητικού αντικειμένου από εξειδικευμένο γραφείο σε μελέτες και επίβλεψη κατασκευής φραγμάτων, υπό τη γενική εποπτεία εμπείρου «γενικού» Μηχανικού, ο οποίος θα έχει τη δυνατότητα σύνθεσης των επί μέρους εξειδικευμένων μελετών.
- Κατά το δυνατόν προσαρμογή της μελέτης στη διαθέσιμη κατασκευαστική εμπειρία και τεχνογνωσία και στον διατιθέμενο εξοπλισμό.
- Αποφυγή πολύπλοκων δομικών λύσεων και επί μέρους λεπτομερειών και ολοκλήρωση του συνόλου της μελέτης από τον Μελετητή, με δική του αποκλειστική ευθύνη. Ευθύνη του Μελετητή θα είναι και τυχόν αναθεώρηση της Μελέτης, λόγω τροποποίησης παραδοχών, κατά τη διάρκεια της κατασκευής του έργου. Ουδεμία παρέμβαση ή τροποποίηση μελέτης επιτρέπεται από τον Κατασκευαστή ή τον Κύριο του Έργου.
- Προσεκτική θεωρητική και πειραματική εξέταση νέων μελετητικών αντιλήψεων και κατασκευαστικών μεθόδων και υλικών, σε συνάρτηση με αναζήτηση συνεχούς ενημέρωσης και ανάδρασης της πληροφορίας, της εμπειρίας και της τεχνογνωσίας.
- Πρόβλεψη δομικών διατάξεων που θα διευκολύνουν μελλοντική επιθεώρηση και την εύκολη αντικατάσταση προβληματικού ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.
- Πρόβλεψη προσπέλασης σε όλες τις κρίσιμες περιοχές του φράγματος, προκειμένου να εξασφαλισθεί ο έλεγχος της ασφάλειας και πιθανές μελλοντικές επισκευές.
- Πρόβλεψη για ασφαλείς συνθήκες λειτουργίας και συντήρησης και εξασφάλιση επαρκούς αερισμού σηράγγων, φρεάτων και λοιπών κλειστών χώρων και αποτελεσματικά μέτρα προφύλαξης έναντι εύφλεκτων και επικίνδυνων αερίων.
- Πρόβλεψη και εκτέλεση με ευθύνη του Μελετητή όλων των απαιτούμενων γεωλογικών και γεωτεχνικών ερευνών, σύμφωνα με τις ειδικές συνθήκες θεμελίωσης και τη σπουδαιότητα του έργου. Τα αποτελέσματα των ερευνών λαμβάνονται υπόψη κατά την εκπόνηση της Μελέτης και επικαιροποιούνται συνεχώς κατά την εκτέλεση της κατασκευής, πάντα με αποκλειστική ευθύνη του Μελετητή.
- Η σεισμική ανάλυση θα πρέπει να βασίζεται στον μέγιστο αξιόπιστο σεισμό, σε συνάρτηση με τον οποίο θα καθοριστούν τα χαρακτηριστικά του πλημμυρικού κύματος το οποίο μπορεί να παραχθεί, ώστε να ελεγχθεί αντίστοιχα η ευστάθεια του φράγματος.
- Όλος ο μηχανολογικός εξοπλισμός και οι διατάξεις ασφαλείας πρέπει να παρέχουν ασφαλή υποστήριξη του έργου και για τις πλέον δυσμενείς συνθήκες. Ο Μελετητής θα προμηθεύσει την ομάδα λειτουργίας με ένα εγχειρίδιο λειτουργίας και συντήρησης με σαφείς οδηγίες για κάθε περίπτωση.
- Το φράγμα θα ελεγχθεί για όλους τους δυσμενείς συνδυασμούς στατικών και δυναμικών φορτίσεων. Οι συντελεστές ασφαλείας θα απεικονίζουν την πιθανότητα εμφάνισης των συνδυασμένων δυσμενών φορτίσεων.

5. ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Πρέπει να υπάρχει συνεχής επικαιροποίηση και έλεγχος των υδρολογικών στοιχείων, καθώς και των οργάνων μέτρησης. Εξειδικευμένο προσωπικό πρέπει να ασχολείται με την συντήρηση και την επαναβαθμολόγησή τους. Εφόσον κριθεί απαραίτητο θα πρέπει να αναβαθμίζονται τα καταγραφικά συστήματα ή και να αντικαθίστανται με νέα σύγχρονης τεχνολογίας. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίδεται στα συστήματα εκτίμησης πλημμυρών, τα οποία πρέπει να τοποθετούνται σε κάθε θέση φράγματος. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται σε θέσεις με βαρύ χειμώνα. Στις περιοχές αυτές τα όργανα πρέπει να έχουν ειδική προστασία έναντι παγετού.

ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΡΓΑΝΩΝ.

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

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

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

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

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

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

ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΜΕΛΕΤΩΝ ΣΤΗ ΦΑΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.

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

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

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

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

ΕΠΙΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ

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

6. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΕΚΧΕΙΛΙΣΤΗ – ΠΛΗΡΩΣΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΚΑΙ ΕΚΤΡΟΠΗ ΠΟΤΑΜΟΥ

ΈΛΕΓΧΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

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

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

ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΠΡΑΝΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΧΩΣΕΙΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ

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

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

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

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

ΕΚΤΡΟΠΗ ΠΟΤΑΜΟΥ

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

ΠΡΩΤΗ ΠΛΗΡΩΣΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ

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

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

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

ΠΑΡΟΧΕΤΕΥΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

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

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

7. ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

8. ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ, ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ, ΕΠΙΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΛΕΙΨΗ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΑΦΩΝ ΕΡΓΩΝ

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

Πρέπει να τονισθεί ότι στις χώρες τις οποίες δεν υφίσταται σαφές νομικό πλαίσιο ελέγχου μελετών θα πρέπει να θεσπιστούν σαφείς διαδικασίες με αμοιβαίες δεσμεύσεις του Κυρίου του Έργου, του Μελετητή και της αρμόδιας Κρατικής Υπηρεσίας.

Οι διαδικασίες αυτές πρέπει να προδιαγράφουν:

- Τα κριτήρια, τις παραδοχές και τις βασικές αρχές της μελέτης.
- Τις μεθόδους και τα στάδια κατασκευής.
- Τους συντελεστές ασφαλείας.

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- ΕΙΣΑΓΩΓΗ
- ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΜΕΓΑΛΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ (ICOLD)
- ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΩΝ
- ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ & ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΙΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ
- ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ
- ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΧΑΣΜΑΤΟΣ
- ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΥΜΑΤΟΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Διεθνής Επιτροπή Μεγάλων Φραγμάτων (ICOLD) ορίζει την αστοχία φράγματος ως «Κατάρρευση ή μετακίνηση μέρους του φράγματος ή της θεμελίωσής του, τέτοια ώστε το φράγμα να μην μπορεί να συγκρατήσει νερό. Η αστοχία έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων νερού, η οποία θέτει δε κίνδυνο ανθρώπους και περιουσίες κατάντη του φράγματος». Κατά συνέπεια η αδυναμία συγκράτησης νερού που δεν είναι επακόλουθο κατάρρευσης ή μετακίνησης του φράγματος, δεν πρέπει να καταγράφεται ως αστοχία. Επί πλέον, κατά τον ορισμό η αστοχία συνοδεύεται με «απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων νερού», αλλά θεωρείται ότι αυτό είναι δυνητικό επακόλουθο και όχι υποχρεωτικό, για να οριστεί ένα γεγονός ως αστοχία.

Ωστόσο η έννοια της «αστοχίας» μπορεί να διευρυνθεί, ώστε να περιλάβει τις περιπτώσεις που το σύνολο του έργου και όχι μόνο το φράγμα αδυνατεί να συγκρατήσει νερό, αρκεί η αδυναμία αυτή να οφείλεται σε «κατάρρευση ή μετακίνηση» του έργου ή της θεμελίωσής του. Με αυτή την διερεύνηση του ορισμού, μπορεί να καταγραφεί ως αστοχία η περίπτωση του φράγματος Περδίκια, όχι όμως και οι περιπτώσεις φραγμάτων που ο ταμιευτήρας τους ποτέ δεν γέμισε, λόγω υπερεκτίμησης των υδρολογικών δεδομένων, παρόλο που και τα έργα αυτά αποτελούν ουσιαστικά «αστοχία» στην εκπλήρωση του στόχου τους.

Στην Ελλάδα, ελάχιστα από τα υπάρχοντα φράγματα εμφάνισαν αδυναμίες μετά την κατασκευή τους και δεν μπόρεσαν να ανταποκριθούν στους στόχους για τους οποίους κατασκευάστηκαν. Σε ορισμένα από αυτά, η επιδιόρθωση των προβλημάτων και η αποκατάσταση των ατελειών δεν ήταν τεχνικά ή οικονομικά εφικτή. Τα φράγματα αυτά θεωρείται ότι αστόχησαν ολικά και τα ατυχή αυτά περιστατικά καταγράφονται ως αστοχίες.

Μερικά φράγματα παρουσίασαν, είτε κατά τη διάρκεια της κατασκευής τους είτε μετά την έναρξη λειτουργίας τους, αδυναμία να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις σχεδιασμού τους, εμφάνισαν σοβαρά προβλήματα με πρόκληση ζημιών, αλλά η αδυναμία αυτή ήταν παροδική και τα έργα τελικά ανταποκρίθηκαν στους στόχους τους ικανοποιητικά, με τεχνικές τροποποιήσεις και βελτιώσεις αλλά και οικονομικές επιβαρύνσεις. Τα περιστατικά αυτά καταγράφονται ως ατυχή συμβάντα.

Η καταγραφή των περιπτώσεων αστοχιών και ατυχών συμβάντων με λεπτομέρειες της εξέλιξής τους, καθώς και η διερεύνηση των αιτιών εμφάνισής τους, αποτελεί σημαντική πηγή άντλησης πληροφορίας για τη συμπεριφορά και τις αδυναμίες των φραγμάτων.

2. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΜΕΓΑΛΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ (ICOLD)

Η ICOLD, εξέδωσε το 1995, το δελτίο Νο 99, «Στατιστική Ανάλυση Αστοχιών Φραγμάτων», με το αποτέλεσμα της έρευνας και τα συμπεράσματα της σχετικής επιτροπής εργασίας. Η συλλογή των δεδομένων έγινε με την συμπλήρωση ερωτηματολογίων από τις τοπικές επιτροπές μεγάλων φραγμάτων των χωρών – μελών της Διεθνούς Επιτροπής.

Τα βασικά συμπεράσματα της επιτροπής εργασίας συνοψίζονται στα εξής:

- Το ποσοστό μεγάλων φραγμάτων που αστόχησαν ως προς το σύνολο των φραγμάτων, μειώνεται συνεχώς, από 2,2% για φράγματα τα οποία κατασκευάστηκαν πριν το 1950, σε λιγότερο από 0,5% για φράγματα μετά το 1950.
- Σε απόλυτους αριθμούς, οι περισσότερες αστοχίες αφορούν φράγματα μικρού ύψους τα οποία όμως αποτελούν και το μεγαλύτερο ποσοστό των φραγμάτων σε λειτουργία. Το ποσοστό αστοχιών παραμένει πρακτικά ανεξάρτητο από το ύψος του φράγματος.

- Οι περισσότερες αστοχίες αφορούν φράγματα που τίθενται σε λειτουργία πρώτη φορά. Το 70% των αστοχιών συνέβησαν τα πρώτα 10 χρόνια, από την πρώτη πλήρωση και κυρίως κατά τον πρώτο χρόνο.
- Στα γεωφράγματα, η πιο συχνή αιτία αστοχίας είναι (i) η διάβρωση λόγω υπερπήδησης (31% ως πρωτογενής και 18% ως δευτερογενής αιτία), (ii) διάβρωση λόγω διασωλήνωσης (15% ως πρωτογενής και 13% ως δευτερογενής αιτία) και (iii) διάβρωση της θεμελίωσης (12% ως πρωτογενής και 5% ως δευτερογενής αιτία).
- Στα φράγματα βαρύτητας, η σημαντικότερη αιτία αστοχίας είναι προβλήματα θεμελίωσης λόγω (i) διάβρωσης (21%) και (ii) ανεπαρκούς διατμητικής αντοχής (21%).
- Στα λιθόκτιστα φράγματα, η πιο συχνή αιτία αστοχίας είναι (i) η υπερπήδηση (43%) και (ii) η διάβρωση της θεμελίωσης (29%).
- Αστοχίες στα συναφή έργα, οφείλονται κυρίως σε ανεπαρκή διαστασιολόγηση του συστήματος υπερχειλίσας (22% ως πρωτογενής και 39% ως δευτερογενής αιτία).

3. ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΩΝ

Με εξαίρεση τα αρχαία φράγματα των Μινύων, της Τίρυνθας και της Αλυζίας, φράγματα κατασκευάζονται στον Ελληνικό χώρο από τη δεκαετία του 1920. Υπάρχουν σήμερα περισσότερα από 100 μεγάλα φράγματα, τα περισσότερα από τα οποία βρίσκονται σήμερα σε κανονική λειτουργία. Μερικά, είτε κατά την κατασκευή τους είτε κατά ή μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα, εμφάνισαν σοβαρά προβλήματα και αδυναμία λειτουργίας, ώστε να ανταποκριθούν στους στόχους για τους οποίους σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν.

Στη συνέχεια παρατίθενται βασικά στοιχεία για τα φράγματα που αστόχησαν ή στα οποία συνέβησαν ατυχή συμβάντα:

3.1. ΦΡΑΓΜΑ ΠΕΡΔΙΚΑ

Το φράγμα Περδίκια βρίσκεται σε απόσταση 2 km από το χωριό Περδίκια του Δήμου Πτολεμαΐδας και κατασκευάστηκε με μελέτη και δαπάνες του Γερμανικού κράτους, ως προσφορά (αποζημίωση) στην Ελλάδα για τα δεινά του πολέμου. Το φράγμα, η κατασκευή του οποίου το 1962, σχεδιάστηκε για να εξασφαλιστεί η υδροδότηση του Βιομηχανικού Κέντρου Πτολεμαΐδας Α.Ε.Β.Α.Λ. Κύριος του έργου ήταν το τότε Υπ. Συντονισμού, στη συνέχεια το Υπ. Εθνικής Άμυνας και σήμερα το Υ.Π.Ε.Θ.Ο.

Το φράγμα είναι χωμάτινο με κεντρικό πυρήνα, ύψους 22 m, όγκου 530.000 m³ και μήκους στέψης 352 m. Η χωρητικότητα του ταμιευτήρα ανέρχεται στα 10.000 m³. Η λεκάνη κατάλυσης και η θεμελίωση του φράγματος διαμορφώνονται μέσα σε αργιλομαργαϊκούς σχηματισμούς, σχετικά χαμηλής διαπερατότητας. Κάτω από το σχηματισμό αυτό απαντώνται τριαδικό – ιουραϊκοί ασβεστόλιθοι, με έντονα φαινόμενα καρστικοποίησης. Στην περιοχή θεμελίωσης του φράγματος, ο ασβεστολιθικός σχηματισμός απαντάται σε βάθος της τάξης των 100 m. Ανάντη του φράγματος έχει καταγραφεί προκατακόρυφο ρήγμα που ανυψώνει τους ασβεστολίθους κοντά στην επιφάνεια. Στην κοίτη του ποταμού εμφανίζονται προσχώσεις.

Κατά την πρώτη πλήρωση του ταμιευτήρα και όταν η στάθμη του ταμιευτήρα είχε ανέλθει περίπου στα δύο τρίτα του ύψους του φράγματος, αναπτύχθηκαν έντονες διαρροές, με αποτέλεσμα την ουσιαστική εκκένωση του ταμιευτήρα σε μικρό χρονικό διάστημα. Η διαρροή πραγματοποιήθηκε με διασωλήνωση και διάπλυση του στεγανού αργιλομαργαϊκού σχηματισμού μέσα στις καρστικές διόδους των υποκείμενων ασβεστολίθων. Λόγω της αδυναμίας του ταμιευτήρα να συγκρατήσει

νερό για το σκοπό που κατασκευάστηκε το φράγμα, το γεγονός αυτό θεωρείται ως αστοχία, επειδή συνυπάρχει και το στοιχείο «μετακίνησης της θεμελίωσης», με διασωλήνωση, διάπλυση και τελικά διάβρωση. Κατά την αστοχία αυτή δεν τέθηκαν σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές ή περιουσίες.

Δεν είναι σαφές εάν η παρουσία του καρστικού ασβεστολιθικού υποβάθρου είχε εντοπισθεί κατά τη φάση της μελέτης του έργου ή η σημασία της είχε απλώς υποεκτιμηθεί. Γεγονός είναι ότι είχε υποεκτιμηθεί είτε η διαπερατότητα του αργιλομαργαϊκού σχηματισμού, είτε η αντοχή του σε διασωλήνωση και διάβρωση. Κατά συνέπεια η αστοχία οφείλεται σε ανεπαρκή έρευνα και ανεπαρκή ή ελλιπή σχεδιασμό του έργου.

Το 1964 έγινε μία προσπάθεια πλήρωσης των καταβοθρών με σκυρόδεμα, η οποία αρχικά φάνηκε να αποδίδει, αφού παρατηρήθηκε σημαντική μείωση των διαρροών κατά 80%. Μετά πάροδο όμως μικρού χρονικού διαστήματος, οι καταβόθρες επαναδραστηριοποιήθηκαν στην αρχική τους παροχευτικότητα. Έκτοτε διατηρείται χαμηλή στάθμη νερού στον ταμιευτήρα, υψομετρικά στο στόμιο των καταβοθρών, το φράγμα θεωρείται ότι αστόχησε και σήμερα αξιοποιείται τουριστικά η περιλίμνια ζώνη ως χώρος αναψυχής. Σε αμφότερα τα πρηνή του φράγματος έχει αναπτυχθεί βλάστηση.

Συνέπειες της αστοχίας ήταν η ολοκληρωτική εγκατάλειψη του έργου, γιατί η υδροδότηση του Βιομηχανικού Κέντρου Πτολεμαΐδας επιτεύχθηκε με άλλα μέσα. Μακροπρόθεσμα το έργο άρχισε να αποδίδει ως πόλος έλξης για εκδρομές ή ψάρεμα. Η τοπική κοινωνία πρόσφατα εκδήλωσε ενδιαφέρον αποκατάστασης του έργου, κυρίως για λόγους τουριστικής και ενδεχομένως ενεργειακής εκμετάλλευσης και δευτερευόντως για ύδρευση ή άρδευση.

Η διερεύνηση αποκατάστασης του έργου θα πρέπει να αντιμετωπίσει θέματα κυρίως τεχνικά αλλά και γενικότερων αρχών σχεδιασμού.

Τα τεχνικά θέματα σχετίζονται με:

- Τις μεθόδους σημαντικού περιορισμού των διαρροών με χρήση υπτάμενης τέφρας ως φτηνό υλικό πλήρωσης των υπογείων διόδων, υλικό που υπάρχει σε αφθονία στην ευρύτερη περιοχή της Πτολεμαΐδας – Κοζάνης,
- Επικαιροποίηση των υδρολογικών στοιχείων της λεκάνης απορροής και των πλημμυρικών παροχών και όγκων,
- Έλεγχος και επαναλειτουργία του συστήματος εκτροπής και έλεγχος επάρκειας του συστήματος υπερχείλισης,
- Εκτίμηση των μηχανικών χαρακτηριστικών των υλικών του φράγματος και έλεγχος της επάρκειάς του με βάση τους ισχύοντες κανονισμούς και τα αποδεκτά πρότυπα.

Στα γενικότερα θέματα σχεδιασμού περιλαμβάνονται η:

- Η διερεύνηση για τις επιπτώσεις έμφραξης των καταβοθρών στο κατάντη εν ενεργεία υδρογεωλογικό σύστημα,
- Η αξιοπιστία της εκτίμησης των τεχνικών χαρακτηριστικών των υλικών κατασκευής του έργου,
- Η διακινδύνευση των κατάντη περιοχών και ιδίως του οικισμού Πέρδικα, που βρίσκεται κατάντη του φράγματος και μέσα από τον οποίο διέρχεται η κοίτη του ποταμοχειμάρρου.

3.2. ΦΡΑΓΜΑ ΚΑΜΑΡΩΝ Ν. ΣΙΦΝΟΥ

Το φράγμα Καμαρών βρίσκεται στη νήσο Σίφνο του νομού Κυκλάδων, σε απόσταση 2 km νοτιοανατολικά από το χωριό Καμάρες. Σκοπός κατασκευής του φράγματος είναι η αντιπλημμυρική

προστασία και ο εμπλουτισμός του υπογείου υδροφόρου της περιοχής. Το φράγμα είναι τύπου βαρύτητας, λιθόκτιστο, ύψους 21 m σύμφωνα με τις προβλέψεις της μελέτης, με στέψη στο υψ. +48. Η ανάντη παρειά έχει κλίση 1:15 (Ο:Κ) και η κατόντη 1:105. Αμφότερες οι παρειές του φράγματος είναι κτιστές, πάχους ~50 cm, δημιουργώντας μία ιδιαίτερα καλαίσθητη όψη. Η μελέτη του έργου προέβλεπε η εσωτερική λιθοδομή να κατασκευαστεί με λήψη ασβεστοτσιμεντοκονιάματος ως συνδετικό υλικό των λίθων, αντί του οποίου κατά τη φάση της κατασκευής χρησιμοποιήθηκε σκυρόδεμα. Το σύστημα υπερχειλίσσης έχει τοποθετηθεί επί του φράγματος, κεντρικά στην κοίτη και περιλαμβάνει τεχνικό υπερχειλίσσης ευρείας στέψης, διώρυγα πτώσης επί του κατόντη πρανούς, έργο εκτόξευσης και λεκάνη αποτόνωσης.

Στο εσωτερικό του φράγματος και παράλληλα με τον άξονά του, έχει κατασκευασθεί στοά από οπλισμένο σκυρόδεμα, για αποστράγγιση των ενδεχομένως διηθούμενων νερών μέσα στο σώμα του φράγματος. Πρόσβαση στη στοά αποστράγγισης υπάρχει μέσω παρόμοιας στοάς, κάθετης στην κεντρική, το στόμιο της οποίας έχει διαμορφωθεί στην κατόντη παρειά του φράγματος. Το ανάντη άκρο της στοάς πρόσβασης καταλήγει στην ανάντη παρειά του φράγματος και φράσσεται με απλό μεταλλικό θυρόφραγμα. Εκτιμάται ότι η στοά πρόσβασης θα λειτουργούσε ως αγωγός εκτροπής του χειμάρρου κατά τη φάση της κατασκευής.

Η κατασκευή του φράγματος άρχισε το 2002 και στις αρχές Φεβρουαρίου 2003, το σώμα του φράγματος είχε φθάσει στο υψ. ~42, δηλαδή 6 m κάτω από την τελική του στέψη, ενώ οι εξωτερικοί τοίχοι ήταν ελαφρώς υψηλότερα. Στα μέσα Φεβρουαρίου άρχισαν έντονες βροχοπτώσεις. Εκτιμάται ότι το θυρόφραγμα στον αγωγό εκτροπής ήταν κλειστό και έτσι δεν ήταν δυνατό να διοχετευτεί μέρος του πλημμυρικού όγκου στα κατόντη του φράγματος. Όπως είχε συμβεί και παλαιότερα, η άνοδος της στάθμης στον ταμιευτήρα, ανέπτυξε ροή νερού μέσα στο σώμα του φράγματος και εκφόρτισή της σε θέσεις του κατόντη πρανούς. Η ροή αυτή υποδηλώνει ότι το σώμα του φράγματος είναι σχετικά υψηλής διαπερατότητας, γεγονός που επιβεβαιώθηκε όταν αποκαλύφθηκε το εσωτερικό του φράγματος με τις εργασίες αποκατάστασης.

Ο ταμιευτήρας σταδιακά πληρώθηκε και το φράγμα τελικά υπερπηδήθηκε στις 18 Φεβρουαρίου. Η θεμελίωση του φράγματος στο δεξιό αντέρεισμα διαβρώθηκε καθ' όλο το ύψος του φράγματος, δημιουργώντας διάκενο ανοίγματος της τάξης των 2 m.

Δεν είναι γνωστό εάν η υπερπήδηση συγκεντρώθηκε για κάποιο λόγο πλησίον του δεξιού αντερείσματος ή ήταν κεντρική στο τμήμα του υπερχειλιστή. Αξιολογώντας την πληροφορία ότι οι εξωτερικοί λιθόκτιστοι τοίχοι στο υπό κατασκευή άνω τμήμα του φράγματος είχαν κατασκευαστεί κατά 2 m υψηλότερα από το κεντρικό τμήμα του υπερχειλιστή, η υπερπήδηση πρέπει να συγκεντρώθηκε, αρχικά τουλάχιστον, στο κεντρικό τμήμα του φράγματος. Η διάβρωση όμως της θεμελίωσης εξελίχθηκε στο δεξιό αντέρεισμα. Εκτιμάται ότι η διάβρωση είναι αποτέλεσμα αρχικής ροής νερού μέσα από το διαπερατό σώμα του φράγματος προς τη θεμελίωση, αναπτύσσοντας σταδιακά διασωλήνωση στα εδαφικά υλικά της θεμελίωσης και τελικά διάβρωσή τους. Μετά την αρχική διάπλυση των υλικών θεμελίωσης, η ροή του νερού επικεντρώθηκε στο τμήμα αυτό διαβρώνοντας όχι μόνο τη θεμελίωση αλλά και τμήμα του φράγματος.

Το κενό που δημιουργήθηκε μεταξύ της θεμελίωσης και του πλευρικού άκρου του φράγματος αφαίρεσε την υποστήριξη που η θεμελίωση παρείχε στο σώμα, με αποτέλεσμα το δεξιό τμήμα του φράγματος να λειτουργήσει ως πρόβολος. Λόγω της ιδιαίτερα χαμηλής εφελκυστικής αντοχής του υλικού του φράγματος, επήλθε τελικά θραύση με τη δημιουργία εφελκυστικής ρωγμής καθ' όλο το ύψος του φράγματος, ανοίγματος ~10 cm στη στέψη και τελικά αποκοπή τριγωνικού τμήματος, με περιστροφή. Η παρουσία της στοάς πρόσβασης εξέτρεψε τη ρωγμή προς το δεξιό αντέρεισμα.

Πρόσφατα αποφασίστηκε η αποκατάσταση του έργου σε λειτουργική μορφή με τροποποιημένο σχεδιασμό, προσαρμοσμένο στο υπάρχον έργο και άρχισαν οι σχετικές εργασίες, με κατεδάφιση του

τμήματος που είχε αποκοπεί και εκτέλεση εκτεταμένων εργασιών ενίσχυσης και υποστήριξης του υπολοίπου τμήματος.

Συνεκτιμώντας στοιχεία της μελέτης και της κατασκευής, αλλά κυρίως στοιχεία που καταγράφηκαν ή αποκαλύφθηκαν μετά την κατάρρευση και μετά την έναρξη εργασιών αποκατάστασης του έργου, θεωρείται ότι υπήρξε μία αλληλουχία ενεργειών και συμβάντων που τελικά οδήγησε στην αστοχία. Λαμβάνοντας ως βάση τα στοιχεία που θεωρεί η ICOLD για την εκτίμηση των αιτιών αστοχίας στα φράγματα, εκτιμάται ότι στην παρούσα περίπτωση η αστοχία οφείλεται σε:

- Περιορισμένο ή ανεπαρκή σχεδιασμό (επιλογή όχι του πλέον ενδεδειγμένου τύπου φράγματος και εκτίμηση της αντοχής του),
- Περιορισμένη ή ελλιπή αξιολόγηση των γεωλογικών στοιχείων (εκτεταμένες ζώνες υλικού εδαφικής δομής στην κοίτη και τα αντερείσματα),
- Ανεπαρκή αντοχή υλικών θεμελίωσης (θεμελίωση φράγματος βαρύτητας σε υλικά εδαφικής δομής και κατά συνέπεια μειωμένης αντοχής),
- Ανεπαρκή αντοχή υλικών φράγματος (διαμόρφωση τμημάτων του φράγματος με λιθορριπή και όχι λιθόκτιστο),
- Λανθασμένοι χειρισμοί (έμφραξη του αγωγού εκτροπής πριν από την ολοκλήρωση του φράγματος και ιδιαίτερος κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου).

Από την αστοχία δεν υπήρξαν απώλειες ζωής ή περιουσίας. Το κύμα που κινήθηκε κατά μήκος της κοίτης του χειμάρρου, δεν προξένησε ιδιαίτερες ζημιές. Εκτός από την αδυναμία του έργου να εκπληρώσει τους στόχους για τους οποίους κατασκευάστηκε, άλλες επιπτώσεις της αστοχίας είναι η σημαντική οικονομική ζημιά, οι συμβατικές ή/και οικονομικές επιπτώσεις στον κατασκευαστή του έργου και τέλος η δυσμενής εικόνα που σχηματίστηκε για τους φορείς διαχείρισης (Εικ. 8.1).

3.3. ΦΡΑΓΜΑ ΑΓΙΑΣ ΧΑΝΙΩΝ, Ν. ΚΡΗΤΗΣ

Το φράγμα Αγιάς βρίσκεται 9 km δυτικά των Χανίων και κατασκευάστηκε κατά τα έτη 1928-1929 από τυπικό φορέα ηλεκτροπαραγωγής, με σκοπό την υδροηλεκτρική παραγωγή. Το φράγμα είναι χωμάτινο με ανάντη πλάκα σκυροδέματος, αξιοσημείωτη και σημαντική πρωτοπορία για την εποχή εκείνη. Το μέγιστο ύψος του φράγματος είναι της τάξης των 5 m, με στέψη στο υψ. +44.50 πλάτος στέψης 3.5 m και μήκος 480 m. Τα πρηνή του φράγματος έχουν διαμορφωθεί με ενιαία κλίση 2.5:1 (Ο:Κ). Ο υπερχειλιστής είναι κλιμακωτός, με τρεις βαθμίδες, από σκυρόδεμα και στέψη στο υψ. +43. Στο φράγμα της Αγιάς έχουν καταγραφεί δύο ατυχή συμβάντα. Το πρώτο στις 29/2/1968 και το δεύτερο στις 15/1/2000. Και τα δύο οφείλονται σε τοπική υπερπήδηση του φράγματος λόγω αδυναμίας του υπερχειλιστή να ανταποκριθεί στις εισρέουσες πλημμυρικές παροχές. Και στις δύο περιπτώσεις, η υπερπήδηση κατέληξε σε τοπική διάβρωση και κατολίσθηση μέρους του κατάντη πρηνούς του αναχώματος.

Λόγω του μεγάλου μήκους του φράγματος και της παλαιότητάς του, η στέψη του φράγματος εμφανίζει υψομετρικές διακυμάνσεις, με αποτέλεσμα όταν γίνεται υπερπήδηση του αναχώματος η ροή να συγκεντρώνεται στα χαμηλά τμήματα της στέψης και σε μικρά σχετικά μήκη του φράγματος. Αποτέλεσμα ήταν οι ζημιές να μην εκτείνονται σε όλο το μήκος του φράγματος αλλά τμήματα περιορισμένου μήκους. Οι ζημιές από την υπερπήδηση περιορίστηκαν σε φθορά του αναχώματος και στην οικονομική επιβάρυνση για την αποκατάστασή τους.

Αμφότερα τα ατυχή συμβάντα συνδέονται με ανεπάρκεια του υπερχειλιστή, η οποία μπορεί να οφείλεται σε λανθασμένη επιλογή της παροχής σχεδιασμού είτε σε ανεπαρκή υδρολογική μελέτη. (Εικ. 8.2.)



Εικ. 8.1. Κατάντη όψη του φράγματος Καμαρών Σίφνου μετά την αστοχία. Διακρίνεται η διάβρωση του δεξιού αντερείσματος, το στόμιο της στοάς πρόσβασης και τμήμα του συστήματος του υπερχειλιστή.



Εικ. 8.2. Κατάντη όψη φράγματος Αγίας Χανιών μετά το ατυχές συμβάν και υλικά που διαβρώθηκαν και παρασύρθηκαν.

3.4. ΦΡΑΓΜΑ ΜΥΛΟΠΟΤΑΜΟΥ Ν. ΙΟΥ

Το φράγμα Μυλοποτάμου βρίσκεται στην νήσο Ίο των Κυκλάδων, 1.5 km από τον οικισμό Μυλοποτάμου και κατασκευάστηκε για την κάλυψη των υλικών ύδρευσης και άρδευσης της περιοχής. Η κατασκευή του έργου άρχισε το 1992 και ολοκληρώθηκε το 1996.

Το φράγμα είναι ανομοιογενές χωμάτινο, ύψους 23 m, πλάτους στέψης 7 m και μήκους στη στέψη ~100 m και δημιουργεί εσωποτάμιο ταμιευτήρα χωρητικότητας ~240.000 m³. Οι κλίσεις αμφότερων των πρανών του αναχώματος είναι 205:1 (Ο:Κ). Το σώμα του φράγματος κατασκευάστηκε με αργιλώδη αμμοχάλικα, από τη λεκάνη κατάκλυσης και υλικά παλαιάς αναβαθμίδας μεταξύ των δύο χειμάρρων που συμβάλλουν ανάντη του φράγματος. Η στεγανοποίηση του φράγματος επιτυγχάνεται με γεωμεμβράνη πολυαιθυλενίου διαστρωμένη στο ανάντη πρανές του αναχώματος. Η μεμβράνη συγκρατείται στη θέση της με πλαστικούς σωλήνες γεμάτους με τσιμεντένεμα.

Στο κατάντη πρανές του φράγματος υπάρχει ζώνη από βραχώδη προϊόντα εκσκαφής πλάτους 3 m, ενώ στον πόδα του πρανούς υπάρχει αναβαθμός από λίθους πλάτους της τάξης των 20 έως 30 m. Το κατάντη πρανές του φράγματος και ο αναβαθμός ποδός χρησιμοποιήθηκαν ως χώρος απόρριψης βραχωδών προϊόντων από τις απαιτούμενες εκσκαφές του έργου.

Ο υπερχειλιστής είναι μετωπικός, χωρίς ρυθμιστικό αναβαθμό, πλάτους 5.0 m, ενώ στη διώρυγα πτώσης το πλάτος μειώνεται στα 4.0 m. Η παροχή συνδυασμού ανέρχεται σε 1.95 m³/s και το ελεύθερο ύψος φράγματος σε 0.30 m. Μετά την ολοκλήρωση του έργου τοπικοί παράγοντες κατασκεύασαν αυθαίρετα κατακόρυφο τοίχιο από σκυρόδεμα στο στόμιο του υπερχειλιστή, προκειμένου να αυξήσουν τη χωρητικότητα του ταμιευτήρα μειώνοντας την παροχευτικότητα.

Τον Ιανουάριο 2003 καταγράφηκαν ακραίες βροχοπτώσεις στο νησί, που κατέληξαν σε υψηλή πλημμυρική παροχή εισροής στον ταμιευτήρα. Η λειτουργία του υπερχειλιστή ήταν σχετικά άμεση. Η στάθμη στον ταμιευτήρα έφτασε στη στέψη του φράγματος και στη συνέχεια ακολούθησε υπερπήδηση. Από σημάδια που άφησε η πλημμύρα στη στέψη του φράγματος, καταγράφεται ότι η στάθμη του νερού έφθασε σε ύψος μεγαλύτερο του 0.4 m πάνω από τη στέψη. Η υπερπήδηση συνέβαινε σε όλο το πλάτος του φράγματος συν τους εκατέρωθεν δρόμους, δηλαδή σε πλάτος που υπερέβαινε τα 100 m. Με τα δεδομένα υπερχειλίσης, η μέγιστη παροχή εκτιμάται ότι ξεπέρασε τα 35 m³/s, σημαντικά υψηλότερη από την παροχή σχεδιασμού του υπερχειλιστή. Η υπερπήδηση του φράγματος θα ήταν φυσικά αναπόφευκτη ακόμη και αν δεν είχε κατασκευαστεί το τοίχιο στη στέψη του υπερχειλιστή.

Από μαρτυρίες κατοίκων η υπερπήδηση του φράγματος συνεχιζόταν για ώρες. Παρά την υπερπήδησή του το φράγμα δεν διαβρώθηκε αλλά έπαθε εκτεταμένες ζημιές. Η αντοχή του στη διάβρωση οφείλεται στη ζώνη βραχωδών υλικών που είχαν διαστρωθεί στο κατάντη πρανές του φράγματος καθώς και στον αναβαθμό ποδός του πρανούς. Τμήματα του φράγματος και των δρόμων πρόσβασης διαβρώθηκαν και τα υλικά παρασύρθηκαν και αποτέθηκαν κατάντη του φράγματος.

Οι επιπτώσεις της αστοχίας ήταν οι ζημιές στο φράγμα, τους δρόμους και τις κατάντη περιοχές από διαβρώσεις και αποθέσεις υλικών. Σημειώνεται ότι εάν είχε διαβρωθεί το φράγμα θα είχαν τεθεί σε σοβαρό κίνδυνο ανθρώπινες ζωές και περιουσίες κατάντη του έργου.

Το ατυχές συμβάν εκτιμάται ότι οφείλεται σε λανθασμένη επιλογή της πλημμύρας σχεδιασμού του υπερχειλιστή. Δεν είναι γνωστό εάν αυτό οφείλεται σε λανθασμένες εκτιμήσεις της υδρολογικής μελέτης ή απλώς σε λανθασμένες παραδοχές κατά την επιλογή της πλημμύρας σχεδιασμού.

Οι ζημιές στο έργο και στις κατάντη περιοχές έχουν αποκατασταθεί, το τοιχίο στον υπερχειλιστή έχει καθαριστεί αλλά δεν είναι γνωστό εάν έχει γίνει διεύρυνση και τροποποίηση του υπερχειλιστή του έργου.

3.5. ΦΡΑΓΜΑ ΜΑΡΑΘΩΝΑ

Η κατασκευή του φράγματος Μαραθώνα άρχισε τον Οκτώβριο 1926 και ολοκληρώθηκε το 1929. Το φράγμα είναι τύπου βαρύτητας, με κεντρικό σώμα από «κυκλώπειο» σκυρόδεμα και εξωτερική επένδυση με λαξευμένους λίθους μαρμάρου. Το φράγμα, που έχει όγκο 179.000 m^3 , ύψος 63 m και μήκος στη στέψη 285 m, δημιουργεί ταμιευτήρα χωρητικότητας 41 hm^3 . Το έργο μελετήθηκε και κατασκευάστηκε από την εταιρία ULEN & Co. USA.

Ο υπερχειλιστής του φράγματος είναι πλευρικός, διατεταγμένος στο δεξιό αντέρεισμα, παροχής σχεδιασμού $100 \text{ m}^3/\text{s}$, με κεκλιμένη διώρυγα πτώσης, χωρίς έργο εκτόξευσης. Τα νερά καταλήγουν με ελεύθερη πτώση σε λεκάνη αποτόνωσης.

Κατά τη διάρκεια της κατασκευής του έργου και ενώ είχε ανυψωθεί το πρόφραγμα και εκτελούντο εργασίες στην περιοχή θεμελίωσης του φράγματος, η παροχή του ποταμού Χαράδρου αυξήθηκε μετά από έντονες βροχοπτώσεις, εξελισσόμενη σε πλημμυρική. Το σύστημα εκτροπής δεν μπόρεσε να αντεπεξέλθει στους πλημμυρικούς όγκους, με αποτέλεσμα την πλήρωση του χώρου ανάντη του προφράγματος, την υπερπήδηση του προφράγματος και τελικά την κατάρρευσή του και την κατάκλυση του χώρου κατασκευής του φράγματος.

Το ατυχές συμβάν οφείλεται στην υπερπήδηση του προφράγματος και αποδίδεται είτε σε λανθασμένη επιλογή της πλημμύρας σχεδιασμού του συστήματος εκτροπής, είτε σε εμφάνιση ακραίου πλημμυρικού γεγονότος (Εικ. 8.3.).



Εικ. 8.3. Υπερπήδηση προφράγματος και κατάκλυση της περιοχής θεμελίωσης του φράγματος Μαραθώνα.

3.6. ΦΡΑΓΜΑ ΚΡΕΜΑΣΤΩΝ

Το φράγμα Κρεμαστών βρίσκεται στον ποταμό Αχελώο, είναι χωμάτινο με κεντρικό πυρήνα και κελύφη από αμμοχάλικα, ύψους 160 m, μήκους στη στέψη 465 m και όγκου 8.17 hm^3 . Το έργο κατασκευάστηκε στις αρχές της δεκαετίας του '60 από την εταιρία Keiser & Contractors με μελέτη της ECI. Κατά τη φάση κατασκευής το έργο καταπονθήθηκε δύο φορές από έντονα πλημμυρικά γεγονότα με υπερπήδηση των έργων ελέγχου των νερών και σοβαρές οικονομικές επιπτώσεις και σημαντικές χρονικές καθυστερήσεις. Επί πλέον έχουν καταγραφεί αριθμός πλημμυρών που είχαν σχετικά μικρές επιπτώσεις στο έργο.

Το πρώτο από τα δύο σημαντικά περιστατικά συνέβη το Δεκέμβριο του 1962, όταν είχε διανοιχτεί η σήραγγα εκτροπής και η προστασία της από τα νερά του ποταμού γινόταν με ανάντη πρόφραγμα. Κατά τη διάρκεια πλημμύρας το πρόφραγμα υπερπηδήθηκε και διαβρώθηκε ολοκληρωτικά, πλημμυρίζοντας τη σήραγγα και σημαντικό τμήμα των εργοταξιακών εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού. Λαμβάνοντας υπ' όψη το γεγονός ότι οι πλημμύρες του Αχελώου συχνά δημιουργούσαν ζημιές στο έργο των Κρεμαστών, εκτιμάται ότι το ύψος του προφράγματος δεν είχε επιλεχθεί ορθά για την αναμενόμενη πλημμύρα και το ατυχές συμβάν οφείλεται ουσιαστικά σε αδυναμία σχεδιασμού. Η εταιρία κατασκεύασε νέο και υψηλότερο πρόφραγμα από σκυρόδεμα.

Το δεύτερο σημαντικό περιστατικό συνέβη τον Νοέμβριο 1964, με τη σήραγγα εκτροπής σε πλήρη λειτουργία, το φράγμα κατασκευασμένο σε σημαντικό ποσοστό και τις εργασίες κατασκευής του σταθμού παραγωγής (στον πόδα του φράγματος) σε εξέλιξη. Μεταξύ του χώρου κατασκευής του σταθμού παραγωγής και του στομίου εξόδου της σήραγγας εκτροπής είχε κατασκευαστεί το κατάντη πρόφραγμα από γεωυλικά το οποίο υπερπηδήθηκε και διαβρώθηκε πλήρως κατά τη διάρκεια πλημμύρας, κατακλύστηκε ο χώρος του σταθμού και διακόπηκαν οι εργασίες σκυροδέτησης. Το πρόφραγμα επανακατασκευάστηκε με πασσαλοσανίδες και σκυρόδεμα. Εκτιμάται ότι η αστοχία οφείλεται σε λανθασμένη επιλογή ύψους προφράγματος, δηλαδή σε αδυναμία σχεδιασμού.

3.7. ΦΡΑΓΜΑ ΦΑΝΕΡΩΜΕΝΗΣ Ν. ΝΑΞΟΥ

Το Φράγμα Φανερωμένης στη Νάξο βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα του νησιού, στο χείμαρρο Σκίνο και σε απόσταση μερικών εκατοντάδων μέτρων από τη θάλασσα. Το φράγμα κατασκευάστηκε κυρίως για άρδευση καθώς και για ενίσχυση της ύδρευσης της Χώρας Νάξου με $\sim 400.000 \text{ m}^3$ ετησίως.

Το φράγμα είναι τύπου ΛΑΠΣ (Λιθόρριπτο με Ανάντη Πλάκα Σκυροδέματος), ύψους 48.5 m, πλάτους στέψης 5 m, μήκους στη στέψη 260 m και όγκου 351.500 m^3 . Η κλίση της πλάκας είναι 1.4:1 (Ο:Κ).

Το σύστημα μετατροπής περιλαμβάνει μεταλλικό αγωγό εκτροπής Φ1200, μήκους 225 m, διατεταγμένου επιφανειακά στη θεμελίωση του φράγματος και της πλίνθου στο δεξιό αντέρεισμα, και κυρίως ανάντη πρόφραγμα. Το σύστημα εκτροπής έχει σχεδιαστεί για παροχή $11 \text{ m}^3/\text{s}$, που αντιστοιχεί σε εισερχόμενη πλημμύρα περιόδου επαναφοράς 2 έτη.

Κατά τη φάση κατασκευής, όταν το ανάχωμα του φράγματος είχε υπερβεί υψομετρικά το πρόφραγμα, και κατά τη διάρκεια πλημμυρικού γεγονότος, ο αγωγός εκτροπής δεν μπόρεσε να ανταποκριθεί αποτελεσματικά στην εισερχόμενη πλημμύρα, με αποτέλεσμα την υπερπήδηση του προφράγματος, την κάλυψη του χώρου μεταξύ φράγματος και προφράγματος με νερό και την απόθεση ιλύος και άλλων φερτών. Η δημιουργία λίμνης ανάντη του φράγματος αναπτύσσει διήθηση μέσα από το ανάχωμα, στο οποίο δεν είχε κατασκευαστεί ακόμη η ανάντη πλάκα. Η

διήθηση που ενδεχομένως να ήταν περιορισμένη λόγω της προστατευτικής στρώσης εκτοξευομένου σκυροδέματος στην ανάντη παρειά του αναχώματος, δεν είχε ουσιαστικές επιπτώσεις στο ανάχωμα του φράγματος.

Το ατυχές συμβάν, το οποίο αποδίδεται σε επιλογή μικρής πλημμύρας σχεδιασμού, δεν έθεσε σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές ή περιουσίες, προξένησε καθυστερήσεις και επέφερε οικονομικές επιβαρύνσεις στο έργο.

4. ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ & ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΙΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

Στο πλαίσιο της αντιμετώπισης της έλλειψης υδατικών πόρων (κυρίως) και ενεργειακών πόρων (δευτερευόντως) στη χώρα μας έχει καταρτιστεί πρόγραμμα κατασκευής 20 νέων μεγάλων φραγμάτων και 250 μικρότερης κλίμακας, κυρίως σε νησιωτικές περιοχές. Τα μεγάλα νέα φράγματα θα κατασκευασθούν στους ποταμούς Αχελώο, Αλιάκμονα, Αώο, Καλαμά και Άραχθο, που έχουν ήδη ολοκληρωθεί οι μελέτες. Για την κατασκευή κάθε νέου φράγματος απαιτείται η πραγματοποίηση Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ), στην οποία αναλύονται και αντιμετωπίζονται οι αναμενόμενες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Σε μια ΜΠΕ φράγματος πρέπει να περιλαμβάνεται Μελέτη Αστοχίας του Φράγματος (ΜΑΦ). Η ΜΑΦ, ακολουθώντας τη συνηθισμένη πρακτική των ΜΠΕ, είναι συχνά «φτωχά αμειβόμενη» με συνέπεια τη χαμηλή (συνήθως) ποιότητά της. Έτσι, η εμπειρία από τις περισσότερες μέχρι τώρα ΜΑΦ δεν είναι ικανοποιητική και συχνά μια ΜΑΦ αποσκοπεί στην «τυπική κάλυψη» του θέματος. Οι ΜΑΦ συνοδεύονται, συνήθως, από περιορισμένη και ασαφή παρουσίαση του εφαρμοζόμενου κώδικα υπολογισμού (με την αιτιολογία ότι αυτός είναι «δοκιμασμένος», όπως π.χ. ο DAMBRK) και ογκώδεις «εκτυπώσεις κειμένου αποτελεσμάτων» χωρίς ουσία, που προκαλούν συχνά στους αρμόδιους κρατικούς υπαλλήλους αμηχανία ή/και αδυναμία ελέγχου. Ακόμα, όμως, και οι «καλές» ΜΑΦ δεν περιέχουν επαρκή αιτιολόγηση των χαρακτηριστικών του προκαλούμενου «ρήγματος» στο σώμα του φράγματος, τα οποία καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό τα αποτελέσματα και τα πρακτικά συμπεράσματα της ΜΑΦ, όπως π.χ. εύρος περιοχής κατάληψης του πλημμυρικού κύματος. Τα πρακτικά συμπεράσματα της ΜΑΦ, που είναι αυτά που κατανοεί εύκολα ο μη-ειδικός, αποτελούν συχνά σημείο τριβής και αντιπαραθέσεων. Τα παραπάνω καθιστούν απολύτως απαραίτητο τον καθορισμό Τεχνικών Προδιαγραφών (ΤΠ) των ΜΑΦ, οι οποίες θα επιτρέπουν τη διεξοδική, σοβαρή και ουσιαστική αντιμετώπιση του θέματος.

Ακολούθως περιγράφεται συνοπτικά μια συστηματική μεθοδολογία 9 βημάτων εκπόνησης μιας ΜΑΦ.

Βήμα 1^ο: Συνοπτική περιγραφή και χαρακτηριστικά του εξεταζόμενου φράγματος

Στα χαρακτηριστικά ενός φράγματος ανήκουν τα ακόλουθα:

1. Τα γεωμετρικά στοιχεία του,
2. Τα χαρακτηριστικά των υλικών του,
3. Τα υδρολογικά στοιχεία σχεδιασμού, κυρίως το πλημμυρογράφημα της λεκάνης απορροής,
4. Οι εξίσωσεις στάθμης – όγκου και στάθμης – επιφάνειας του ταμιευτήρα,
5. Η εξίσωση στάθμης – παροχής εκροής του εκχειλιστή ή υπερχειλιστή του φράγματος και η αντίστοιχη περίοδος σχεδιασμού του,

6. Ενδεικτικά σχέδια (π.χ. Τυπική διατομή)

7. Φωτογραφίες, όταν πρόκειται για υφιστάμενη κατασκευή, του φράγματος.

Τα στοιχεία (1) και (2) συνοψίζονται στους **Πίνακες 1 και 2**, αντίστοιχα.

Πίνακας 1. Κύρια γεωμετρικά στοιχεία του φράγματος

Στάθμες
Πυθμένα φράγματος
Στέψη φράγματος
Στέψης υπερχειλιστή
Διαστάσεις
Πλάτος στέψης φράγματος
Μήκος στέψης φράγματος
Κλίσεις
Κλίση ανάντη πρανούς (κάθετο: οριζόντια)
Κλίση κατόντη πρανούς (κάθετο: οριζόντια)
Κλίση ανάντη πλευράς πυρήνα (κάθετο: οριζόντια)
Κλίση κατόντη πλευράς πυρήνα (κάθετο: οριζόντια)

Πίνακας 2. Κύρια χαρακτηριστικά των υλικών του φράγματος

Πυρήνας
Διάμετρος κοκκώδους υλικού 50%
Λόγος διαμέτρων πλευράς πυρήνα 90% / 30%
Πορώδες υλικού
Ειδικό βάρος υλικού
Γωνία εσωτερική τριβής υλικού
Συνοχή
Σώμα στήριξης
Διάμετρος κοκκώδους υλικού 50%
Λόγος διαμέτρων κοκκώδους υλικού 90% / 30%
Πορώδες υλικού
Ειδικό βάρος υλικού
Γωνία εσωτερικής τριβής υλικού
Συνοχή
Πρανή
Διάμετρος κοκκώδους υλικού 50% - ανάντη
Διάμετρος κοκκώδους υλικού 50% - κατόντη
Λόγος διαμέτρων κοκκώδους υλικού 90% / 30% - ανάντη
Λόγος διαμέτρων κοκκώδους υλικού 90% / 30% - κατόντη

Βήμα 2^ο: Συνοπτική περιγραφή και στοιχεία του κατόντη χειμάρρου

Τα κύρια στοιχεία του κατόντη χειμάρρου είναι τα ακόλουθα:

1. Σχέδια μηκοτομής και κάτοψης του χειμάρρου
2. Σχέδια διατομών του χειμάρρου με σημειωμένα τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των διατομών, όπως π.χ. μεγάλη κλίση πυθμένα μεταξύ δυο διατομών, στενή διατομή,
3. Χαρακτηριστικά βλάστησης του κάθε τμήματος τεκμηριωμένα με σχετικές φωτογραφίες.
4. Προκαταρκτική εκτίμηση του αναμενόμενου είδους της ροής στα επιμέρους τμήματα του χειμάρρου (υποκρίσιμη – υπερκρίσιμη) και
5. Περιοχές ενδιαφέροντος, από τις οποίες διέρχεται ο χειμάρρος, όπως οικισμοί, δρόμοι, γέφυρες και διάφορες άλλες κατασκευές.

Από τα παραπάνω στοιχεία προσδιορίζονται τα ακόλουθα:

1. Αριθμημένος κατάλογος των διατομών και των τμημάτων του χειμάρρου (που καθορίζονται από τις διατομές) που θα χρησιμοποιηθούν στους υπολογισμούς, με βάση τα (1) και (2),
2. Τιμές του συντελεστή τριβών σε κάθε τμήμα του χειμάρρου, κυρίως κατά Manning, με βάση το (3),
3. Απαιτούμενα χαρακτηριστικά του μοντέλου κύματος, με βάση το (4) και
4. Κατάλογος με τις θέσεις των περιοχών ενδιαφέροντος, τις οποίες ενδέχεται να επηρεάσει το πλημμυρικό κύμα, με βάση το (5).

Βήμα 3^ο: Περιγραφή πιθανών τρόπων αστοχίας – Αιτιολόγηση

Περιγράφονται οι ενδεχόμενοι τρόποι αστοχίας για το εξεταζόμενο φράγμα με βάση τη διεθνή και ελληνική εμπειρία. Με δεδομένο ότι δεν υπάρχει εμπειρία από τον Ελληνικό χώρο, καθώς δεν έχει συμβεί μέχρι σήμερα κάποια θραύση φράγματος (με μόνη εξαίρεση το φράγμα Περδίκια και η διακινδύνευση του Άγρα), ο μελετητής πρέπει να καταφύγει στη διεθνή εμπειρία για να περιγράψει και να αιτιολογήσει τους πιθανούς λόγους αστοχίας, αξιοποιώντας υφιστάμενα στοιχεία αστοχίας παρόμοιων φραγμάτων με το εξεταζόμενο.

Την περιγραφή των πιθανών τρόπων αστοχίας μπορεί να συνοδεύουν εκτιμήσεις για τη διακινδύνευση και την επικινδυνότητα του φράγματος. Ως διακινδύνευση ενός φράγματος ορίζεται η πιθανότητα αστοχίας του. Όσο πλήρης και αν είναι η μελέτη ενός φράγματος και όσο καλή και αν είναι η κατασκευή του, η διακινδύνευση δεν μπορεί να μηδενιστεί. Η επικινδυνότητα περιγράφει τις πιθανές συνέπειες από την κατάρρευση του φράγματος, όπως η απώλεια ζωής και η καταστροφή περιουσιών. Ένα φράγμα μπορεί να έχει μικρή πιθανότητα να αστοχήσει, αλλά ταυτόχρονα να αποτελεί μεγάλο κίνδυνο σε περίπτωση κατάρρευσης, ιδίως όταν κατοικεί μεγάλος αριθμός ανθρώπων στη ζώνη κατάκλισης. Εφόσον όλα τα φράγματα έχουν μια διακινδύνευση, οσοδήποτε μικρή και αν είναι αυτή, αποτελούν κίνδυνο για την ανθρώπινη ζωή, τη δημόσια και ιδιωτική περιουσία.

Βήμα 4^ο: Μαθηματική προσομοίωση της αστοχίας του φράγματος

Η μαθηματική προσομοίωση της αστοχίας ενός φράγματος αποτελεί ίσως το σημαντικότερο βήμα εκπόνησης μιας ΜΑΦ. Έχει ως σκοπό τον προσδιορισμό στις θέσεις ενδιαφέροντος της κατάντη περιοχής κατάκλισης των ακόλουθων χαρακτηριστικών του κύματος:

1. Του χρόνου άφιξης του κύματος,
2. Της μέγιστης στάθμης του νερού (από όπου θα προσδιοριστεί η έκταση της περιοχής κατάκλισης),
3. Του χρόνου παρατήρησης του μέγιστου βάθους ροής,
4. Της μεταβολής του βάθους και της ταχύτητας ροής (για να εκτιμηθεί ο κίνδυνος καταστροφής κατασκευών) και
5. Της διάρκειας της πλημμυρικής ροής.

Η μαθηματική προσομοίωση της αστοχίας ενός φράγματος μπορεί να θεωρηθεί ως μία υπολογιστική διαδικασία δυο βημάτων 4-4 και 4-2.

Στο βήμα 4-1 προσδιορίζονται τα σημάδια αστοχίας του εξεταζόμενου φράγματος με βάση τα δεδομένα του βήματος 3. Μετά, επιλέγεται το μαθηματικό μοντέλο υπολογισμού των διεργασιών της δημιουργίας και της χρονικής εξέλιξης του χάσματος, το οποίο καλείται απλά «μοντέλο

χάσματος». Εφαρμόζεται το μοντέλο χάσματος για όλα τα σενάρια αστοχίας και προσδιορίζεται η χρονοσειρά της εξερχόμενης από το καταστρεφόμενο φράγμα παροχής, η οποία καλείται «Υδρογράφημα εκροής του Φράγματος», ΥΔΕΚΦ.

Στο βήμα 4-2 επιλέγεται και εφαρμόζεται το μαθηματικό μοντέλο όδευσης του κύματος ή απλά «μοντέλο κύματος». Για κάθε ένα από τα σενάρια αστοχίας υπολογίζονται τα χαρακτηριστικά του κύματος στις θέσεις ενδιαφέροντος της κατάντη περιοχής κατάκλισης του χειμάρρου (βήμα 3). Το ΥΔΕΚΦ που υπολογίστηκε με το μοντέλο χάσματος αποτελεί την καθοριστική ανάντη συνθήκη στους υπολογισμούς του μοντέλου κύματος. Τα χαρακτηριστικά του κύματος παρουσιάζονται σε γραφική ή/και πινακοποιημένη μορφή (π.χ. περιοχές κατάκλισης με σημειωμένους τους χρόνους άφιξης του κύματος) με στόχο να αποτελέσουν τα στοιχεία εισόδου για την κατάστρωση του Σχεδίου Αντιμετώπισης Αστοχίας Φράγματος.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του μοντέλου χάσματος είναι τα ακόλουθα:

1. Κατηγορία του μοντέλου, όπως εμπειρικό, μηχανιστικό, ημι-εμπειρικό ή απλό υδραυλικό.
2. Περιπτώσεις εφαρμογής του μοντέλου σε παρόμοιες περιπτώσεις με την εξεταζόμενη περίπτωση φράγματος.
3. Περιγραφή του μοντέλου και αιτιολόγηση της εφαρμογής του με τις σχετικές παραδοχές στην εξεταζόμενη περίπτωση
4. Εξισώσεις υπολογισμού του μοντέλου.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του μοντέλου κύματος είναι τα ακόλουθα:

1. Κατηγορία του μοντέλου
2. Περιπτώσεις εφαρμογής του μοντέλου σε παρόμοιες περιπτώσεις με την εξεταζόμενη περίπτωση φράγματος.
3. Περιγραφή του μοντέλου και αιτιολόγηση της εφαρμογής του με τις σχετικές παραδοχές στην εξεταζόμενη περίπτωση.
4. Εξισώσεις υπολογισμού των μοντέλων.
5. Παρουσίαση των αποτελεσμάτων για κάθε σενάριο αστοχίας.
6. Σύνοψη περιγραφής της χρονικής εξέλιξης της θραύσης.
7. Παρουσίαση και σχολιασμός του ΥΔΕΚΦ.

Για τα δυο μοντέλα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών για κάθε σενάριο αστοχίας.

Για το μοντέλο χάσματος γίνεται:

1. Σύνοψη περιγραφής της χρονικής εξέλιξης της θραύσης με έμφαση στην εκτίμηση του χρόνου της θραύσης και
2. Παρουσίαση και σχολιασμός του ΥΔΕΚΦ.

Η ανάλυση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων του μοντέλου κύματος αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα σημεία της διαδικασίας και αυτό που έχει τη μεγαλύτερη πρακτική σημασία, γιατί αποτελεί τη βάση του Σχεδίου Αντιμετώπισης Αστοχίας Φράγματος (ΣΑΑΦ). Για το λόγο αυτό περιγράφεται αναλυτικά στο βήμα 5.

Βήμα 5^ο: Ανάλυση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων του μοντέλου κύματος

Η ανάλυση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων του μοντέλου κύματος περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

1. Πλημμυρογραφήματα σε επιλεγμένες θέσεις, όπως π.χ. περιοχές ενδιαφέροντος, κατά μήκος του χειμάρρου.
2. Ανάλυση των χαρακτηριστικών του πλημμυρικού κύματος στις διατομές και στις επιλεγμένες θέσεις. Στα χαρακτηριστικά αυτά περιλαμβάνονται (i) τα χαρακτηριστικά κατανομής παροχών αιχμής κατά μήκος του ποταμού, όπως οι τιμές των παροχών αιχμής, τα ποσοστά μείωσης των τιμών αυτών και οι χρόνοι παρατήρησης τους, (ii) οι τιμές των μέγιστων βαθμών ροής κατά μήκος του χειμάρρου, και (iii) οι χρόνοι και οι ταχύτητες κίνησης του πλημμυρικού κύματος.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά μπορεί να παρουσιάζονται σε πίνακες ή σχήματα – σχέδια.

Από τα μέγιστα βάθη ροής και τις τιμές των υψομέτρων πυθμένα προκύπτουν οι μέγιστες απόλυτες στάθμες της επιφάνειας του νερού, από τις οποίες υπολογίζεται το εύρος κατάληψης (περιοχή κατάκλισης) του πλημμυρικού κύματος. Η απεικόνιση της περιοχής κατάληψης του κύματος σε χάρτες μαζί με τους τοπικούς χρόνους άφιξης του κύματος για κάθε εξεταζόμενο σενάριο αποτελεί την πεμπτούσια των υπολογισμών.

Βήμα 6^ο: Ανάλυση των αναμενόμενων επιπτώσεων

Περιγράφονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την αστοχία του φράγματος με βάση τα στοιχεία του βήματος 5. Τμήμα των στοιχείων του παρόντος βήματος μπορεί να περιλαμβάνεται στη σχετική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ).

Βήμα 7^ο: Διατύπωση προτάσεων για τη μείωση των πιθανοτήτων καταστροφής του φράγματος

Διατυπώνονται προτάσεις και μέτρα για τη μείωση της επικινδυνότητας του φράγματος κατά την κατασκευή, την πρώτη πλήρωση και τη λειτουργία του. Ιδιαίτερη σημασία έχει η επιλογή του κατάλληλου τύπου φράγματος από τους μελετητές (π.χ. επιλογή τύπου φράγματος για τον οποίο υπάρχουν ελάχιστες ή μηδενικές περιπτώσεις αστοχίας), και η άρτια μελέτη και κατασκευή του (σύμφωνα με τις Τεχνικές Προδιαγραφές), ώστε να εξασφαλίζεται η μηδενική (πρακτικά) πιθανότητα κατάρρευσής του.

Οι προτάσεις μπορεί να περιλαμβάνουν και την περιγραφή του περιεχομένου του Σχεδίου Παρακολούθησης της Λειτουργίας και Συντήρησης του Φράγματος (ΣΠΛΣΦ). Η εφαρμογή του ΣΠΛΣΦ έχει ως στόχο την ελαχιστοποίηση των πιθανοτήτων καταστροφής του κατά τη λειτουργία του. Το ΣΠΛΣΦ εκπονείται με βάση τους ισχύοντες κανονισμούς και περιλαμβάνει τουλάχιστον τα ακόλουθα:

1. Τακτικό πρόγραμμα εργασιών, όπως το χειρισμό, την επίβλεψη-επιθεώρηση και τη συντήρηση των επιμέρους κατασκευών και του ΗΛΜ εξοπλισμού όλων των τμημάτων του φράγματος, την παρακολούθηση και την κριτική αιτιολόγηση των μετρήσεων των καταγραφικών οργάνων του φράγματος, την παρακολούθηση του φράγματος για τον έγκαιρο εντοπισμό διαρροών, ρωγμών, κ.ά. και την παρακολούθηση – αστυνόμευση της περιοχής για την αποφυγή τρομοκρατικών ενεργειών.
2. Έκτακτο πρόγραμμα εργασιών. Περιλαμβάνει τις απαραίτητες ενέργειες σε περίπτωση έκτακτης κατάστασης (π.χ. πιθανού κινδύνου), όπως σεισμούς, πλημμύρες και απότομες μειώσεις στάθμης των νερών, οι οποίες δεν είναι της τάξης των συνηθισμένων μεταβολών εξαιτίας καταναλώσεων με βάση το σχέδιο διαχείρισης του αποθηκευμένου νερού. Οι τεχνικές ενέργειες (π.χ. βαθμιαία εκκένωση του φράγματος) θα προδιαγράφονται με σαφήνεια στον Κανονισμό Λειτουργίας του Φράγματος (ΚΛΦ). Οι ενέργειες άμεσης ειδοποίησης-συναγερμού,

κινητοποίησης του μηχανισμού αντιμετώπισης του συμβάντος της πλημμύρας θα προδιαγράφονται με σαφήνεια στο Σχέδιο Αντιμετώπισης του συμβάντος της Πλημμύρας (ΣΑΠ). Ο ΚΛΦ και το ΣΑΠ καταρτίζονται από τις αρμόδιες Υπηρεσίες εκμεταλλεύσεως του φράγματος.

3. Καταγραφή και ενημέρωση των υπευθύνων για τις απαιτούμενες ενέργειες και επεμβάσεις στα πλαίσια του τακτικού και έκτακτου προγράμματος εργασιών.
4. Καταγραφή των ανωτέρω εργασιών 1, 2 και 3 σε κατάλληλο ημερολόγιο, που θα τηρείται από τις Υπηρεσίες εκμεταλλεύσεως.
5. Απαραίτητη προϋπόθεση ενός επιτυχημένου ΣΠΛΣΦ αποτελεί η επιλογή του κατάλληλου προσωπικού εκμεταλλεύσεως (τεχνικό προσωπικό, επόπτης – φύλακας κ.ά.), το οποίο θα πραγματοποιεί τις εργασίες 1, 2, 3 και 4 του ΣΠΛΣΦ.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η διαδικασία και η ταχύτητα μεταφοράς πληροφοριών και ενημέρωσης από το προσωπικό εκμετάλλευσης προς τις αρμόδιες Υπηρεσίες για την άμεση πραγματοποίηση των απαραίτητων ενεργειών, ιδιαίτερα σε έκτακτες καταστάσεις.

Βήμα 8^ο: Διατύπωση προτάσεων για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων

Διατυπώνονται προτάσεις και μέτρα για την μείωση της διακινδύνευσης του φράγματος. Οι προτάσεις αυτές έχουν τεράστια σημασία, καθόσον σε αρκετές περιπτώσεις πραγματοποίησης κατάρρευσης ενός φράγματος, μπορεί να υπάρξει άμεση και απότομη διέλευση πολύ μεγάλων ποσοτήτων νερού από κατοικημένες περιοχές με αποτέλεσμα την πρόκληση τεράστιων καταστροφών σε ανθρώπινες ζωές και περιουσίες.

Οι προτάσεις μπορεί να περιλαμβάνουν την περιγραφή του ΣΑΑΦ. Το ΣΑΑΦ έχει ως στόχο την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων από την αστοχία του φράγματος, όπως π.χ. με την παροχή οδηγιών προς τους κατοίκους σε περίπτωση αστοχίας. Σύνοψη των προτάσεων αυτών με τη μορφή Οδηγιών μπορεί να υποβάλλεται στα ΠΣΕΑ για τον προγραμματισμό αντιμετώπισης του συμβάντος της αστοχίας του φράγματος.

Βήμα 9^ο: Καθορισμός του περιεχομένου τμήματος της ΜΑΦ, το οποίο μπορεί να δημοσιοποιείται

Περιγράφεται το τμήμα της ΜΑΦ, το οποίο μπορεί να δημοσιοποιείται για λόγους ενημέρωσης των πολιτών, χωρίς όμως να δημιουργεί αδικαιολόγητες ανησυχίες και φόβους.

5. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

Η μαθηματική προσομοίωση της αστοχίας ενός φράγματος αποτελεί μια από τις σημαντικότερες συνιστώσες της μελέτης αστοχίας ενός φράγματος. Έχει ως σκοπό τον προσδιορισμό στις θέσεις ενδιαφέροντος της κατάντη περιοχής κατάκλυσης των ακόλουθων χαρακτηριστικών του κύματος:

1. Του χρόνου άφιξης του κύματος,
2. Της μέγιστης στάθμης του νερού (από όπου θα προσδιοριστεί η έκταση της περιοχής κατάκλυσης),
3. Του χρόνου παρατήρησης του μέγιστου βάθους ροής,
4. Της μεταβολής του βάθους και της ταχύτητας ροής (για να εκτιμηθεί ο κίνδυνος καταστροφής κατασκευών), και
5. Της διάρκειας της πλημμυρικής ροής.

Στη συνέχεια περιγράφεται η μαθηματική προσομοίωση της αστοχίας ενός φράγματος, ως μια υπολογιστική διαδικασία δυο βημάτων.

Στο 1^ο βήμα προσδιορίζονται αρχικά τα σενάρια αστοχίας του εξεταζόμενου φράγματος με βάση τα χαρακτηριστικά του και τις συνθήκες της περιοχής. Μετά, επιλέγεται το μαθηματικό μοντέλο υπολογισμού των διεργασιών της δημιουργίας και της χρονικής εξέλιξης του χάσματος, το οποίο στη συνέχεια θα καλείται απλά «μοντέλο χάσματος». Εφαρμόζεται το μοντέλο του χάσματος για όλα τα σενάρια αστοχίας και προσδιορίζεται η χρονοσειρά της εξερχόμενης από το καταστρεφόμενο φράγμα παροχής, η οποία καλείται «Υδατογράφημα Εκροής του Φράγματος», ΥΔΕΚΦ.

Στο 2^ο βήμα επιλέγεται και εφαρμόζεται το μαθηματικό μοντέλο διόδευσης του κύματος ή απλά «μοντέλο κύματος». Για κάθε ένα από τα σενάρια υπολογίζονται τα χαρακτηριστικά του κύματος στις θέσεις ενδιαφέροντος της κατάντη περιοχής κατάκλυσης. Το ΥΔΕΚΦ που υπολογίστηκε με το μοντέλο χάσματος αποτελεί την καθοριστική ανάντη συνθήκη στους υπολογισμούς του μοντέλου κύματος. Τα χαρακτηριστικά του κύματος επηρεάζονται σε γραφική ή/και πινακοποιημένη μορφή (π.χ. περιοχές κατάκλυσης με σημειωμένους τους χρόνους άφιξης του κύματος) με στόχο να αποτελέσουν τα στοιχεία εισόδου για την κατάσταση του Σχεδίου Αντιμετώπισης Αστοχίας Φράγματος.

6. ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΧΑΣΜΑΤΟΣ

Ο τελικός σκοπός του μοντέλου χάσματος είναι ο υπολογισμός του ΥΔΕΚΦ για όλα τα σενάρια αστοχίας του εξεταζόμενου φράγματος. Τα σενάρια υπολογισμών επιλέγονται αφού πρώτα καθοριστούν οι πιθανοί τρόποι αστοχίας του φράγματος.

6.1. ΤΡΟΠΟΙ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΕΝΟΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ.

Ο τρόπος αστοχίας ενός φράγματος εξαρτάται κυρίως από τα χαρακτηριστικά του.

Τα χωμάτινα φράγματα αστοχούν εξαιτίας (i) υπερπήδησης, (ii) διασωλήνωσης και (iii) διάφορων άλλων αιτιών, όπως ολίσθηση πρηνών φράγματος λόγω μειωμένης αντοχής των υλικών κατασκευής, των υλικών θεμελίωσης ή υπέρβαση του σεισμικού φορτίου και της περιοχής.

Οι κυριότεροι λόγοι αστοχίας φραγμάτων από σκυρόδεμα είναι (i) η ρηγμάτωση, (ii) η ανεπαρκής θεμελίωση, (iii) τα ανεπαρκή αντερείσματα και (iv) η απώλεια των αρχικών ιδιοτήτων του σκυροδέματος. Εξωτερικές συνθήκες, όπως ολίσθησεις, καθιζήσεις, μετεωρολογικά φαινόμενα και σεισμοί ευθύνονται για την αστοχία πολλών φραγμάτων.

Υπερπήδηση του φράγματος πραγματοποιείται όταν η στάθμη νερού στον ταμιευτήρα ανέλθει πάνω από τη στέψη του φράγματος κατά τη διάρκεια πλημμυρικού γεγονότος. Αυτό μπορεί να συμβεί για διάφορους λόγους, όπως:

- Ο λανθασμένος χειρισμός του υπερχειλιστή του φράγματος (η παροχετευτικότητα του υπερχειλιστή δεν είναι αρκετή για τη διόδευση μιας μεγάλης πλημμύρας),
- Η λανθασμένη κατασκευή του υπερχειλιστή ή
- Η έμφραξη του υπερχειλιστή.

Η υπερπήδηση αρχίζει όταν η στάθμη του νερού υπερβαίνει τη στέψη του υπερχειλιστή και αρχίζει να υπερχειλίζει πάνω από «ευαίσθητες περιοχές» της στέψης του φράγματος σε π.χ. σε περιοχές με στάθμη χαμηλότερη από τη στάθμη στέψης του υπόλοιπου φράγματος. Το νερό που υπερχειλίζει σχηματίζει αρχικά ένα «κανάλι ροής» στην κατάντη επιφάνεια του φράγματος. Το κανάλι αυτό διαβρώνει την επιφάνεια του φράγματος προχωρώντας προς τα ανάντη μέχρι να φτάσει την ανάντη

παρειά του φράγματος, πάνω στην οποία σχηματίζει ένα άνοιγμα (ρήγμα, χάσμα). Η δημιουργία του χάσματος αυτού αποτελεί τη χρονική αφετηρία της αστοχίας του φράγματος, εξαιτίας υπερπήδησης. Το χάσμα αυτό ξεκινά από τη στέψη και μεγαλώνει προς τον πυθμένα του φράγματος με το χρόνο.

Η αστοχία από διασωλήνωση ξεκινά όταν η ταχύτητα του νερού, που διηθείται μέσα σε ένα ανάχωμα ή σε ένα αντρείσμα, γίνεται αρκετά μεγάλη και παρασύρει λεπτόκοκκα υλικά του φράγματος. Καθώς τα σωματίδια απομακρύνονται η διόδος του νερού διευρύνεται με αποτέλεσμα την αύξηση της διερχόμενης παροχής. Έτσι, παρασύρονται ολοένα και περισσότερα σωματίδια με συνεχόμενη διεύρυνση της διόδου. Το τέλος αυτής της διαδικασίας είναι ο σχηματισμός ενός «σωλήνα» ή χάσματος μέσα στο σώμα του φράγματος ή του αντρείσματος ικανού μεγέθους για να το καταστρέψει. Το χάσμα αυτό διευρύνεται με ανάλογο τρόπο αυτού της υπερπήδησης.

Η μειωμένη αντοχή των υλικών του φράγματος επηρεάζει την ευστάθεια του φράγματος, με αποτελέσματα μακροσκοπικά, όπως π.χ. ολίσθηση πρανών και μικροσκοπικά, όπως δημιουργία τοπικών αδυναμιών στο σώμα του φράγματος που μπορεί να αποδειχθούν ευάλωτες στο φαινόμενο της διασωλήνωσης ή να ενεργοποιήσουν μακροσκοπικά φαινόμενα ολίσθησης υλικού. Οι τυχόν αδυναμίες στην θεμελίωση ενός φράγματος μπορούν να προκαλέσουν την αστοχία του, ανεξάρτητα από τον τύπο του. Η ύπαρξη ρηγμάτων στη ζώνη θεμελίωσης είναι μία σημαντική παράμετρος που διερευνάται στη φάση της μελέτης. Η κατασκευή ενός φράγματος αλλάζει την κατανομή των φορτίσεων στην περιοχή, με αποτέλεσμα ενδεχόμενες μετακινήσεις του υποβάθρου πάνω στο οποίο θεμελιώνεται το φράγμα. Σε περίπτωση ύπαρξης και σχετικής μετακίνησης ρήγματος εξ αιτίας των πρόσθετων φορτίσεων, αυτές οι μετακινήσεις είναι συχνά πολύ μεγαλύτερες από τις ανεκτές με αποτέλεσμα ενδεχόμενη κατάρρευση του φράγματος. Στα φράγματα βαρύτητας από σκυρόδεμα, δημιουργείται, όπως και στα χωμάτινα, μερική ρήξη καθώς ένα ή περισσότερα τμήματα από τα οποία είναι κατασκευασμένα, παρασύρεται από το ορμητικό νερό. Η πρόβλεψη του αριθμού των τμημάτων του φράγματος, που θα μετακινηθούν ή θα παρασυρθούν κατά την αστοχία του φράγματος, είναι δύσκολη. Ο χρόνος ποτ απαιτείται για τη δημιουργία της ρήξης είναι της τάξης των μερικών λεπτών. Αντίθετα, τα τοξωτά φράγματα συνήθως καταρρέουν ολοκληρωτικά και θεωρείται ότι απαιτούνται λίγα λεπτά για το σχηματισμό του ρήγματος.

6.2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΧΑΣΜΑΤΟΣ

Καταρχήν εκτιμάται η θέση δημιουργίας του χάσματος. Η εκτίμηση αυτή είναι ιδιαίτερα δύσκολη, εξαιτίας της έλλειψης ικανοποιητικής σχετικής εμπειρίας. Στη συνέχεια εφαρμόζεται η ακόλουθη διαδικασία υπολογισμού του μοντέλου χάσματος:

Υπολογίζονται:

- Η χρονική διάρκεια της αστοχίας (T_F),
- Η γεωμετρία και οι διαστάσεις του χάσματος, και
- Ο ρυθμός υποχώρησης της στάθμης του χάσματος.

Για αστοχία φράγματος από υπερπήδηση ισχύουν τα ακόλουθα:

- Για χωμάτινα φράγματα: T_F = μερικά πρώτα λεπτά μέχρι μερικές ώρες,
- Για φράγματα βαρύτητας από σκυρόδεμα: T_F = 6-30 mins (ενδεικτική τιμή, T_F = 12 mins), και
- Για τοξωτά φράγματα η T_F μπορεί να είναι πολύ μικρότερη από 6 mins (ενδεικτική τιμή, T_F = 20-30 s).

Σε ένα χωμάτινο φράγμα μπορεί να θεωρηθούν διάφορες μορφές γεωμετρίας του χάσματος, όπως π.χ. τριγωνική, ορθογωνική, τραπεζοειδή, κυκλική ή παραβολική γεωμετρία.

Σε ένα φράγμα από σκυρόδεμα το χάσμα θεωρείται συνήθως ότι έχει ορθογωνική διατομή με πλάτος (W_F) ίσο με ένα ποσοστό του πλάτους στη στέψη του φράγματος.

Υπολογίζεται το ΥΔΕΚΦ. Στον υπολογισμό αυτό απαιτούνται τα ακόλουθα στοιχεία:

- Η καμπύλη στάθμης-όγκου του ταμιευτήρα,
- Το πλημμυρογράφημα εισροής στον ταμιευτήρα, και
- Η καμπύλη στάθμης-παροχής του υπερχειλιστή.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του ΥΔΕΚΦ είναι

- Η παροχή αιχμής (Q_p) και
- Η χρονική στιγμή παρατήρησης της παροχής αιχμής (T_F).

6.3. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΧΑΣΜΑΤΟΣ

Τα μοντέλα υπολογισμού του χάσματος και της εξερχόμενης παροχής μπορούν να χωριστούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- **Εμπειρικές εξισώσεις** οι οποίες έχουν εξαχθεί με βάση πειραματικές μετρήσεις και παρατηρήσεις. Με τις εξισώσεις αυτές υπολογίζονται τα βασικά χαρακτηριστικά του χάσματος ή/και του ΥΔΕΚΦ, αλλά όχι το αναλυτικό ΥΔΕΚΦ. Χαρακτηριστικά αναφέρονται οι εξισώσεις του Froehlich.
- **Μηχανιστικά μοντέλα.** Τα μοντέλα αυτά αποτελούνται από εξισώσεις περιγραφής των φυσικών φαινομένων που διέπουν τη δημιουργία και εξέλιξη του χάσματος, όπως η διάβρωση, η δημιουργία του καναλιού ροής, καθώς και η ροή και η μεταφορά των στερεών στο κανάλι ροής. Χαρακτηριστικός εκπρόσωπος της κατηγορίας αυτής των μοντέλων είναι το μοντέλο BREACH, του οποίου οι εξισώσεις περιγραφής της διάβρωσης του χάσματος βασίζονται σε στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από πραγματοποιηθείσες αστοχίες πέντε φραγμάτων.
- **Ημι-εμπειρικά μοντέλα,** τα οποία αποτελούν συνδυασμό των εμπειρικών και μηχανιστικών μοντέλων.
- **Απλά υδραυλικά μοντέλα υπερχειλίσης.** Τα μοντέλα αυτά εφαρμόζονται κυρίως στα φράγματα από βαρύτητα, όπου εξαιτίας της συμπαγούς κατασκευής, μπορεί να θεωρηθεί το ανώτερο τμήμα ορισμένων (π.χ. 2 μέχρι 4) επιμέρους λωρίδων φράγματος, καταστρέφονται διαδοχικά και σχεδόν ακαριαία. Για λόγους υπολογιστικούς το χρονικό διάστημα της «ακαριαίας» καταστροφής του κάθε τμήματος θεωρείται ίσο με μερικά δευτερόλεπτα. Το μοναδικό μοντέλο αυτής της κατηγορίας έχει προταθεί από τους **Ahmed & Morris** της HR Wallingford και έχει εφαρμοσθεί στον υπολογισμό του πλημμυρογραφήματος εκροής του φράγματος Malpasset. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, η παροχή εκροής υπολογίζεται θεωρώντας τη ροή σε κάθε ένα από τα κατεστραμμένα επιμέρους τμήματα του φράγματος ως ροή πάνω από υπερχειλιστή ευρείας στέψης. Για το χρονικό διάστημα που διαρκεί η καταστροφή της κάθε λωρίδας θεωρείται ότι η στέψη υποχωρεί βαθμιαία με σταθερή ταχύτητα, ενώ για το υπόλοιπο χρονικό διάστημα η στέψη παραμένει σε σταθερή στάθμη.
- **Μοντέλα υπολογιστικής ρευστομηχανικής ή CFD (Computational Fluid Dynamics).** Τα μοντέλα αυτά υπολογίζουν: (i) την τρισδιάστατη ροή από το φράγμα στο χάσμα, στο κανάλι ροής και σε

ένα τμήμα του κατάντη χειμάρρου χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις ροής και (ii) τη διάβρωση του φράγματος χρησιμοποιώντας κατάλληλο μοντέλο περιγραφής των στερεών. Υπάρχουν διάφορα 3-D CFD μοντέλα χάσματος.

6.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Στα χωμάτινα φράγματα η χρησιμοποίηση ντετερμινιστικών μοντέλων αναμενόταν να αποπνέει εμπιστοσύνη και επομένως να εξασφαλίζει ικανοποιητική ακρίβεια. Το γεγονός όμως ότι ορισμένες από τις εξισώσεις των ντετερμινιστικών μοντέλων έχουν βασιστεί στα χαρακτηριστικά πέντε μόνο φραγμάτων, τα οποία πιθανώς να έχουν τελείως διαφορετικά χαρακτηριστικά από το εξεταζόμενο, οδηγεί σε σημαντικό βαθμό αβεβαιότητας. Το πρακτικό αποτέλεσμα είναι ότι ακόμα και με τη χρησιμοποίηση ντετερμινιστικών μοντέλων, η ακρίβεια υπολογισμού του Q_p είναι της τάξης του $\pm 50\%$, ενώ η αντίστοιχη υπολογισμού του T_F είναι σημαντικά μικρότερη. Είναι ευνόητο ότι η κατάσταση στα φράγματα από σκυρόδεμα είναι πολύ χειρότερη.

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, ο μοναδικός τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος της χαμηλής ακρίβειας των υπολογισμών είναι η διερεύνηση ικανού αριθμού σεναρίων αστοχίας για τα οποία θα πρέπει να πραγματοποιούνται υπολογισμοί και των δύο μοντέλων (χάσματος και κύματος) για να προσδιορίζεται η ευαισθησία των υπολογισμών για την εξεταζόμενη περίπτωση.

7. ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΥΜΑΤΟΣ

7.1. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΚΥΜΑΤΟΣ

Τα μοντέλα κύματος βασίζονται στις διαφορικές εξισώσεις Saint-Venant ή των ρηχών νερών με μικρές συνήθως παραδοχές, όπως π.χ. της υδροστατικής κατανομής της πίεσης. Οι εξισώσεις αυτές επιλύονται με διάφορες μαθηματικές μεθόδους, όπως κυρίως των πεπερασμένων διαφορών. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν διάφορα 1-D, 2-D και 3-D μοντέλα. Ιδιαίτερη σημασία έχει το σήμα διακριτοποίησης, γιατί καθορίζει τη δυνατότητα του μοντέλου να προσομοιώνει τις έντονες κυματικές διαταραχές.

Τα περισσότερο γνωστά προγράμματα είναι το DAMBRK και το FLDWAV. Στην Ελλάδα, το DAMBRK έχει χρησιμοποιηθεί σχεδόν αποκλειστικά σε σχετικές μελέτες, γιατί εφαρμόζεται σχετικά εύκολα παρέχοντας τη δυνατότητα απλής εισαγωγής δεδομένων και εξαγωγής αποτελεσμάτων, ενώ παράλληλα είναι ιδιαίτερα φιλικό στο χρήστη. Όμως, δεν παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα παρέμβασης στο πρόγραμμα και αποτελεί για αυτόν ένα μοντέλο τύπου «μαύρου κουτιού», όπως άλλωστε τα περισσότερα από τα υπάρχοντα εμπορικά προγράμματα. Το πλέον συνηθισμένο αριθμητικό σχήμα επίλυσης των εξισώσεων Saint-Venant είναι το πεπλεγμένο σχήμα των 4 σημείων και χρησιμοποιείται στο DAMBRK. Η εφαρμογή του σχήματος αυτού βασίζεται στον εντοπισμό των θέσεων του χειμάρρου, όπου η ροή αναμένεται να είναι κρίσιμη και στο διαχωρισμό του συνόλου του μήκους του χειμάρρου σε τμήματα με υποκρίσιμη ή υπερκρίσιμη ροή. Στις ροές, όπου ο εντοπισμός των θέσεων κρίσιμης ροής γίνεται εύκολα, όπως π.χ. σε απότομη αλλαγή κλίσης του χειμάρρου από υποκρίσιμη σε υπερκρίσιμη, το σχήμα αυτό έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικό. Όμως σε πολλές περιπτώσεις, όπου η ροή πλησιάζει την κρίσιμη και ο αριθμός Froude μεταβάλλεται χρονικά από 0.9 μέχρι 1.1, το πεπλεγμένο σχήμα των 4 σημείων παρουσιάζει προβλήματα αριθμητικής αστάθειας και ακρίβειας, αλλά και δυσκολίες επίλυσης στις περιπτώσεις στιγμιαίας και μεγάλης κατάρρευσης φράγματος, η οποία δημιουργεί μια κινούμενη διεπιφάνεια «σύνθετης» υποκρίσιμης-υπερκρίσιμης ροής.

Στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν παρουσιαστεί διάφορες τεχνικές για την επίλυση περιπτώσεων «σύνθετης» ροής, όπως η μέθοδος του Godunov, το ρητό σχήμα ENO, το σχήμα TVD-McCormack κ.ά., τα βασικότερα από τα οποία έχουν διερευνηθεί στο ΕΕΥ. Επίσης στο ΕΕΥ έχει δομηθεί το μοντέλο FROM (Flood Routing Model). Το FROM χρησιμοποιεί ένα ρητό σχήμα που βασίζεται στην τεχνική των **Yang et al**, στο οποίο οι όροι μεταφοράς των εξισώσεων Saint-Venant διαχωρίζονται σε δύο μέρη, το κάθε ένα από τα οποία αντιστοιχεί στις δυο χαρακτηριστικές διευθύνσεις της ροής (ανάντη και κατάντη). Το FROM έχει εφαρμοστεί στις ακόλουθες 6 περιπτώσεις μελέτης αστοχίας φράγματος: (i) φράγμα RCC Κόρη-Γεφύρι της νήσου Χίου, (ii) φράγμα RCC του Αγίου Νικολάου, (iii) φράγμα λιμνοδεξαμενής Πανόρμου της νήσου Σκοπέλου, (iv) φράγμα λιμνοδεξαμενής Αγίας της νήσου Κρήτης, (v) φράγμα Διπόταμου – Αλεξανδρούπολης και (vi) φράγμα Κνίδης στο χειμάρρο Ποταμιάς, παραπόταμου του ποταμού Αλιάκμονα.

7.2. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΚΥΜΑΤΟΣ

Δεν υπάρχει στη βιβλιογραφία ένα μοντέλο υπολογισμού διέλευσης του κύματος που θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ιδανικό. Η επιλογή του μοντέλου γίνεται με γνώμονα το σκοπό της προσομοίωσης (όπως σε όλες τις περιπτώσεις προσομοίωσης), τα χαρακτηριστικά του χειμάρρου και τις συνθήκες ροής.

Τα αποτελέσματα ενός 1-D μοντέλου είναι περίπου τα ίδια με αυτά ενός άλλου 1-D μοντέλου. Στις διάφορες πρακτικές περιπτώσεις συνιστάται η εφαρμογή δυο μοντέλων για λόγους σύγκρισης και «ελέγχου». Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι οι αποκλίσεις στις υπολογιζόμενες τιμές της παροχής αιχμής και των μέγιστων βαθμών του FROM από του DAMBRK σε 6 περιπτώσεις αστοχίας φραγμάτων ήταν μικρότερες από $\pm 5\%$. Αριθμητικές δυσκολίες σύγκλισης, καθώς και αστάθειες παρουσιάστηκαν και σε δυο μοντέλα, οι οποίες όμως δεν επηρέασαν αισθητά τα αποτελέσματα.

Σε σχετικά 1-D περιοχές τα αποτελέσματα ενός 1-D μοντέλου δεν διαφέρουν σημαντικά από τα αντίστοιχα ενός 2-D μοντέλου. Αυτό δεν ισχύει σε περιοχές με έντονο 2-D χαρακτήρα, όπου «επιβάλλεται» η χρησιμοποίηση ενός 2-D μοντέλου. Όταν δεν υπάρχει αυτή η δυνατότητα απαιτείται προσεκτική διαχείριση του 1-D μοντέλου ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι επιδράσεις των 2-D περιοχών. Η βέλτιστη λύση είναι η χρησιμοποίηση ενός υβριδικού 1-D/2-D μοντέλου, το οποίο εφαρμόζεται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της περιοχής. Ένα υβριδικό μοντέλο εφαρμόστηκε στην περίπτωση της μελέτης αστοχίας φράγματος στον Ποταμό Αλιάκμονα. Σε κάθε περίπτωση απαιτείται η χρησιμοποίηση του μοντέλου από έμπειρους χρήστες με πολύ καλές γνώσεις της υδραυλικής συμπεριφοράς του φαινομένου.

Ιδιαίτερη πρακτική σημασία έχει ο υπολογισμός των χρόνων άφιξης του κύματος στις διάφορες θέσεις του χειμάρρου, που επηρεάζονται από την υπολογιζόμενη ταχύτητα κίνησης του κύματος.

Κατά τους υπολογισμούς επιβάλλεται η εξακρίβωση ότι τα αποτελέσματα του μοντέλου δεν εξαρτώνται από τη διάσταση του πλέγματος υπολογισμού. Αρκετές φορές αυτό είναι πρακτικά αδύνατο, όπως π.χ. σε υπολογισμούς με το DAMBRK σε περιπτώσεις πολύπλοκης γεωμετρίας του χειμάρρου, όπου πρακτικά «επιβάλλεται» η παράλειψη κάποιων «δύσκολων» διατομών για να επιτευχθεί σύγκλιση των υπολογισμών.

Η ακρίβεια των υπολογισμών του μοντέλου κύματος δεν είναι τόσο μικρή όσο αυτή των υπολογισμών του μοντέλου χάσματος. Δεν είναι όμως μεγάλη. Ιδιαίτερη σε κατοικημένες περιοχές με μικρές κλίσεις εδάφους, η ακρίβεια υπολογισμού της στάθμης κατάκλυσης δεν αναμένεται να είναι μικρότερη από $\pm 0.5 - 1.0$ m και της ταχύτητας μετάδοσης του κύματος μικρότερη από $\pm 25\%$.

7.3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ.

Η ανάλυση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα σημεία της διαδικασίας και αυτό που έχει τη μεγαλύτερη πρακτική σημασία, γιατί αποτελεί τη βάση του Σχεδίου Αντιμετώπισης Αστοχίας Φράγματος. Σε κατάλληλους πίνακες και χάρτες της περιοχής κατάκλυσης πρέπει να σημειώνονται τα χαρακτηριστικά του κύματος που αναφέρθηκαν στην εισαγωγή, ιδιαίτερα στις θέσεις ενδιαφέροντος, όπως π.χ. σε κατοικημένες περιοχές, σε γέφυρες, σε διαβάσεις κ.ά. Ειδικότερα, η πεμπτοσύνη των υπολογισμών είναι ο χάρτης της περιοχής κατάληψης του κύματος με τους τοπικούς χρόνους άφιξης του κύματος για κάθε εξεταζόμενο σενάριο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΤΟ ΦΡΑΓΜΑ ΤΑΥΡΩΠΟΥ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ
2. ΤΟ ΦΡΑΓΜΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΛΑΣΤΗΡΑ ΚΑΙ Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ
3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΤΑΥΡΩΠΟΥ

1. ΓΕΝΙΚΑ

Στο νομό Καρδίτσας και στην περιοχή παρέμβασης το υδατικό δυναμικό είναι ισχυρό με την εμφάνιση των μεγάλων ποταμών και μεγάλου ύψους κατακρημνισμάτων που κατά περιοχή φτάνουν και τα 2000 mm ανά έτος.

Στον ποταμό Ταυρωπό και Μέγδοβα και ανάμεσα στα όρη Ίταμος και Βουτσικάκι έχει κατασκευαστεί φράγμα, όπου σχηματίζεται τεχνητή λίμνη (Νικολάου Πλαστήρα) με την δέσμευση των νερών, τα οποία διοχετεύονται πρώτα στον υδροηλεκτρικό σταθμό για παραγωγή ενέργειας και ύστερα στην πεδιάδα της Καρδίτσας την οποία αρδεύουν (Εικ. 10.1).



Εικ. 9.1 Άποψη της τεχνητής λίμνης Ν. Πλαστήρα.

Η Καρδίτσα βρίσκεται στην επαφή μεταξύ υποπελαγονικής και της ζώνης Ολονού Πίνδου και αποτελούν την δυτική ζώνη των οφειολίθων της Ελλάδας. Τα εδάφη της περιοχής αλούβια ή ελούβια προέρχονται κυρίως από την αποσάθρωση του φλύσχη της περιοχής που είναι κυρίως και ψαμμιτικός και έχει εμφάνιση στην περιοχή σε ποσοστό έως και 60% και στις ορεινές περιοχές με ήπιο ανάγλυφο εμφανίζει μεγάλο βάθος και ισχυρή γεωικανότητα και πρόκειται για περιοχές έντονα δασωμένες ή καλλιεργούμενες. Στις ασβεστολιθικές περιοχές το βάθος εδάφους είναι μικρό και η γεωικανότητα είναι μέτρια έως μικρή και εμφανίζονται κυρίως θαμνώδεις εκτάσεις και μικρή οικονομική ικανότητα. Στο νομό λόγω του ότι στο παρελθόν υπήρχαν εκτεταμένες λίμνες και τέλματα (πλειοκαινική λίμνη Λάρισας) υπάρχει τύρφη, λιγνίτης και φυσικό αέριο. Τα νεότερα ιζήματα συνίστανται από εναλλαγές αργίλων, μάργων, ιλύος, λεπτομεσόκοκκης άμμου και πιο σύγχρονες αποθέσεις χονδρόκοκκης άμμου χαρακτηριστικών των συνθηκών αποστράγγισης της περιοχής. Το πάχος των ανωτέρω ιζημάτων ποικίλει κατά τόπους, πιθανόν να υπερβαίνει τα 300 μ. Το υπόβαθρο αποτελείται από σύστημα αργιλικών σχιστολίθων – μαργαϊκών ασβεστόλιθων αγνώστου πάχους. Πιο συγκεκριμένα, η περιοχή (πεδινές εκτάσεις) καλύπτεται από επιφανειακό στρώμα, του οποίου το μεγαλύτερο μέρος αποτελείται από εδάφη ουδέτερα έως ελαφρώς αλκαλικά δηλαδή εδάφη ευνοϊκά για οποιαδήποτε καλλιέργεια. Τα αλκαλιωμένα εδάφη είναι ελάχιστα ενώ τα επιφανειακά και υπόγεια νερά είναι κατάλληλα για άρδευση. Από την πεδινή περιοχή του ν. Καρδίτσας αρδεύεται περίπου το 80%. Οι περιοχές που λειτουργούν συλλογικά αρδευτικά δίκτυα είναι:

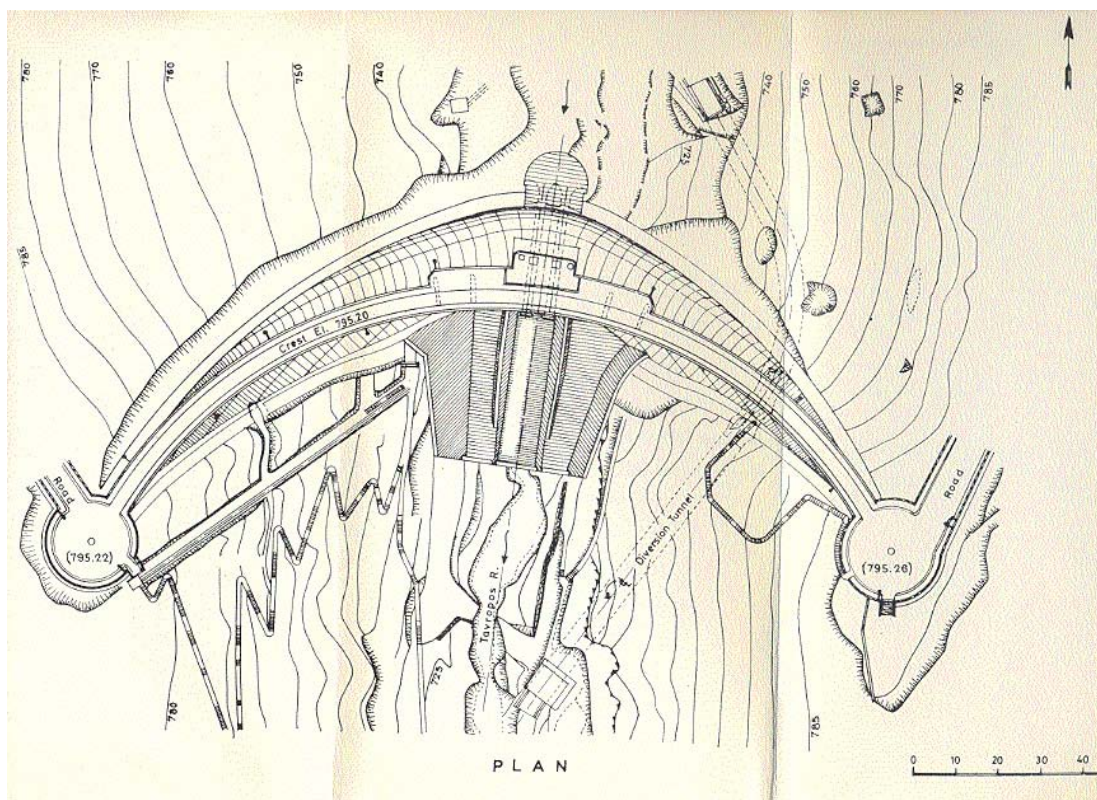
1. Αρδευτικό δίκτυο Ταυρωπού. Αρδεύεται έκταση 114000 στρμ, από τα νερά της Λίμνης Πλαστήρα. Είναι το μόνο ολοκληρωμένο έργο που λειτουργεί περίπου 30 χρόνια Υδροδοτείται από το νερό του φράγματος Ταυρωπού, Περιλαμβάνει πλήρες δίκτυο επενδεδυμένων, διωρύγων συνολικού μήκους 887,0 χλμ., ορθογωνικής και τραπεζοειδούς διατομής, (πρώτου και δεύτερου βαθμού) και προκατασκευασμένων καναλέττων (τρίτου βαθμού).
2. Αρδευτικά δίκτυα από 400 κρατικές γεωτρήσεις στα πλαίσια του ΠΑΥΥΘ. Αρδεύεται έκταση 100000 στρμ σε διάσπαρτες περιοχές του νομού.
3. Με 7000 ιδιωτικές γεωτρήσεις αρδεύονται περίπου 400000 στρμ στις κοινότητες Αγναντερού, Αγ. Παρασκευής, Αγ. Τριάδας, Αγ. Βησσαρίωνος, Αγ. Θεοδώρου, Ανάβρας, Ανωγείου, Αμπέλου, Αχλαδιάς, Βλοχού, Γελάνθης, Γοργοβιτών, Δασοχωρίου, Καλογριανών, Καλλίθηρου, Καππαδοκικού, Κέδρου, Κοσκινά, Ψαθοχωρίου, Λαζαρίνας, Λουτρού, Μακρυχωρίου, Ματαράγκας, Μαυραχάδων, Μελισσοχωρίου, Μαραθέας, Μεταμόρφωσης, Ορφανών, Παλαμά, Παλαιοχωρίου, Πεδινού, Προαστίου, Πύργου Κιερίου, Ριζοβουνίου, Σοφάδων, Φιλίας, Φύλλου & Αμπελώννα.

Από επιφανειακά νερά στην περιοχή λίμνης Πλαστήρα (εκτός από την περιοχή που αρδεύεται με συλλογικά δίκτυα άρδευσης) αρδεύεται έκταση 150.000 στρμ.

2. ΤΟ ΦΡΑΓΜΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΛΑΣΤΗΡΑ ΚΑΙ Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ

Το όραμα για τη δημιουργία της λίμνης στην περιοχή του οροπεδίου της Νεβρόπολης ανήκε στον Νικόλαο Πλαστήρα. Ο Νικόλαος Πλαστήρας, όταν έκρινε ότι ωρίμασε η ιδέα του, περί το 1928, άρχισε να καλεί ειδικούς επιστήμονες στην περιοχή ώστε να μελετήσουν για το έργο. Οι εισηγήσεις των ειδικών ήταν θετικές κι έτσι ανατέθηκαν οι πρώτες επίσημες μελέτες στο Υπουργείο Γεωργίας. Αρχικά ανέλαβε ο Ελβετός επιστήμονας Louis Senn τον οποίο είχε φέρει στην Ελλάδα η κυβέρνηση του Ελευθερίου Βενιζέλου για να πραγματοποιήσει ανάλογες μελέτες. Το 1932 έγινε μια δεύτερη, συμπληρωματική μελέτη από τον Έλληνα μηχανικό Α. Συράκο, η οποία όμως αφορούσε κυρίως έργα άρδευσης. Η Λίμνη Πλαστήρα έμελλε να δημιουργηθεί αρκετά χρόνια αργότερα, καθώς μεσολάβησε ο πόλεμος και η περίοδος της γερμανικής κατοχής. Έτσι όλες οι μελέτες και τα σχέδια μπήκαν στο χρονοντούλαπο της Ιστορίας. Από εκεί τα έβγαλε πάλι ο Νικόλαος Πλαστήρας, όταν επί πρωθυπουργίας του συμπεριλήφθηκε το έργο στο τεχνικό πρόγραμμα του 1951, στα πλαίσια της ανασυγκρότησης της Ελλάδας από τον πόλεμο. Η μελέτη ανατέθηκε στην εταιρεία KNAPPEN TIRRETT'S ABBETT ENGINEERING co. Περί τα τέλη του 1952 δημοσιεύτηκε η μελέτη του έργου του "ποταμού Μέγδοβα", προϋπολογισμού 11,4 εκατομμυρίων δολαρίων. Η μελέτη διαφοροποιούνταν αρκετά από εκείνη που είχε εκπονήσει ο Louis Senn και κυρίως στο ότι προέβλεπε κατασκευή χωμάτινου φράγματος στο ύψος περίπου του Νεοχωρίου σε αντίθεση με εκείνη του Ελβετού που πρότεινε την κατασκευή τσιμεντένιου στην περιοχή Κακαβάκια.

Περί τα τέλη του 1953 και μετά από διεθνή διαγωνισμό ανατέθηκε το έργο στη εταιρεία OMNIUM LYONNAIS - COTECI co. Η σύμβαση υπογράφηκε στις 5/5/1955, ημερομηνία ιστορική για την περιοχή, καθώς θα άλλαζε για πάντα το τοπίο, τις ασχολίες, τις συνήθειες και την καθημερινότητα των κατοίκων των γύρω χωριών. Η εταιρεία OMNIUM LYONNAIS - COTECI co άλλαξε τη μελέτη για το χωμάτινο φράγμα και ακολούθησε την αρχική του Louis Senn (**Εικ. 10.2**). Το Δεκέμβριο του 1955 εγκαινιάστηκε το έργο του ποταμού Μέγδοβα, το οποίο ολοκληρώθηκε το 1959, οπότε και άρχισε η πλήρωση της Λίμνης Μέγδοβα (**Εικ. 10.3, 10.4**). Σήμερα η Λίμνη Πλαστήρα, όπως μετονομάστηκε το 1984, περιέχει περίπου 400 εκατ. κυβικά μέτρα νερό, έχει μέγιστο μήκος 12 χιλιόμετρα, μέγιστο πλάτος 4 χιλιόμετρα, επιφάνεια περίπου 25 τετραγωνικά χιλιόμετρα και μέγιστο βάθος περίπου 65 μέτρα. Το νερό της Λίμνης Πλαστήρα μεταφέρεται στο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο μέσω ενός αγωγού.



Εικ. 9.2 Τοπογραφικός χάρτης στον οποίο απεικονίζεται το σχέδιο για την κατασκευή του φράγματος Ταυρωπού.



Εικ. 9.3 Το Δεκέμβριο του 1955 εγκαινιάστηκε το έργο και ξεκίνησε η κατασκευή του φράγματος Ταυρωπού.

3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΤΑΥΡΩΠΟΥ

Τα στοιχεία του φράγματος παρουσιάζονται συνοπτικά στον ακόλουθο πίνακα (Πίν. 10.1.) και στην Εικόνα 10.5.:

Πίν. 10.1. Στοιχεία φράγματος Ταυρωπού

Τύπος	Τοξωτό διπλής καμπυλότητας
Θέση	Ποτάμι Μέγδοβα, 35 km από Καρδίτσα
Γεωμετρία	Ύψος στη στέψη 82 m, Μήκος/Πλάτος στέψης 220/3.20
Όγκος σκυροδέματος	100,000 m ³
Σήραγγα	Ωοειδούς διατομής, 1.50 m πλάτους, 2-2.20 m ύψους
Έκταση λεκάνης απορροής	798,8 km ³
Μέγιστο υψόμετρο λεκάνης	2140 m
Ανώτατη στάθμη λίμνης	794 m
Στάθμη υπερχείλισης	792 m
Κατώτατη στάθμη υδροληψίας	776 m
Έκταση λίμνης στη στάθμη υπερχείλισης	25 km ³
Έκταση λίμνης στην κατώτατη στάθμη υδροληψίας	15 km ³
Γεωλογικά	Θεμελίωση σε στρώμα συμπαγών ασβεστόλιθων λίγο διαπερατών σε βάθος 4-5 m κάτω από την κοίτη του ποταμού. Κατασκευάστηκαν διαφραγματικές κουρτίνες σε βάθος 40 m και 24 m.
Σκυρόδεμα	χρησιμοποιήθηκαν αδρανή της περιοχής. Τσιμέντο με 10% πρόσμιξη θηραϊκής γης σε κλίνκερ και σε ποσότητα 250 kg/m ³ . Χρησιμοποιήθηκε αερακτικό FRO-8

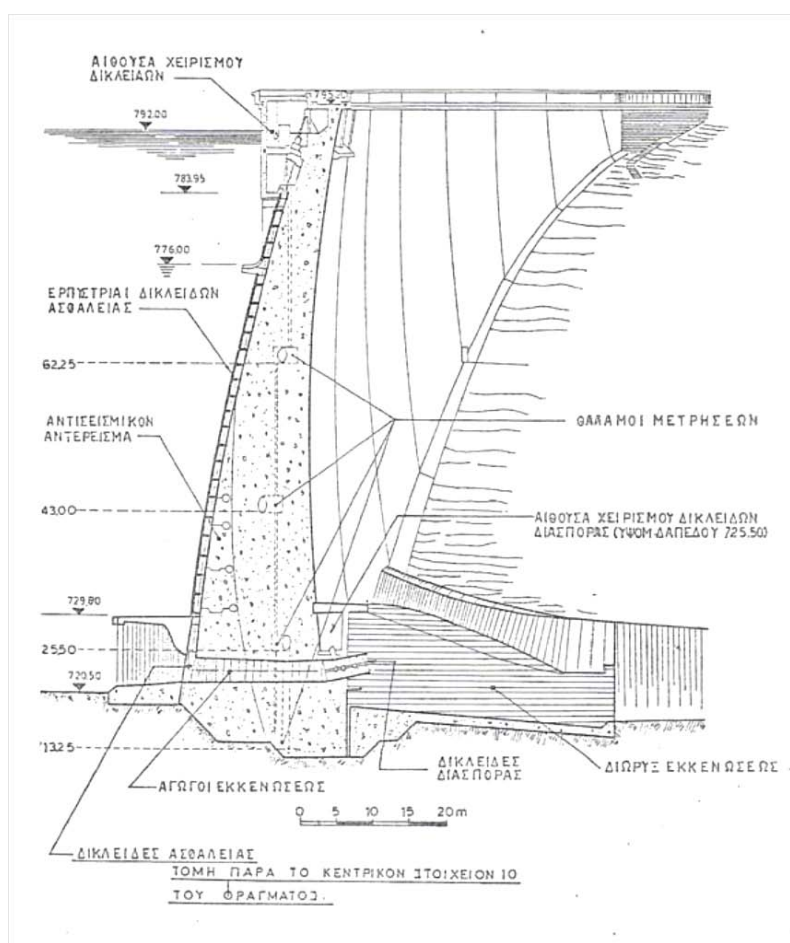
ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ ΤΑΥΡΩΠΟΥ

Ο ταμιευτήρας του Ταυρωπού βρίσκεται στα Άγραφα, στην κεντρική και ανατολική Πίνδο. Το νερό του χρησιμοποιείται στο μεγαλύτερο μέρος του για άρδευση του Θεσσαλικού κάμπου, κυρίως στο Νομό Καρδίτσας. Χρησιμοποιείται επίσης για ύδρευση της Καρδίτσας και άλλων οικισμών, καθώς και για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας.

Ο ταμιευτήρας κατασκευάστηκε με κύριο στόχο την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας. Χαρακτηριστικό του είναι ότι ο σταθμός παραγωγής ενέργειας δεν βρίσκεται κατάντη του φράγματος, αλλά στους πρόποδες του βουνού ανατολικά, στη λεκάνη του ποταμού Πηνειού. Το αποτέλεσμα είναι αφενός ένα ασυνήθιστα μεγάλο ύψος πτώσης 577 μ., που κάνει το σταθμό να παράγει πολύ μεγάλη ποσότητα ενέργειας (παραγόμενη ισχύς 129 MW), συγκριτικά με τη διαθέσιμη ποσότητα νερού, και αφετέρου την εκτροπή του νερού του Μέγδοβα προς τη Θεσσαλική Πεδιάδα (Εικ. 10.6). Στη δεκαετία του 1990 η λίμνη, λόγω της φυσικής ομορφιάς του τοπίου της, άρχισε να αναπτύσσεται τουριστικά. Έτσι, στις δύο βασικές χρήσεις νερού, την ενέργεια και την άρδευση, είναι ανταγωνιστικές, προστέθηκε και η χρήση αναψυχής, με αποτέλεσμα να απαιτείται άλλη διαχείριση του ταμιευτήρα. Επιπλέον, η ύδρευση της Καρδίτσας από τη λίμνη καταναλώνει μικρή ποσότητα νερού αλλά έχει μεγάλη σημασία και υψηλές απαιτήσεις σε ποιότητα.



Εικ. 9.4 Άποψη του φράγματος Ταυρωπού



Εικ. 9.5 Εγκάρσια τομή φράγματος Ταυρωπού με τις στοές που διατρέχουν το φράγμα κατά μήκος.

ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΤΗΣ ΤΑΥΡΩΠΟΥ

Οι υπερχειλιστές του φράγματος αποτελούνται από δύο ζεύγη ελευθέρων στομιών περίπου στο μέσο της στέψης, τα οποία οδηγούν το νερό στον κατάντη πόδα του φράγματος ύστερα από πτώση 70m (**Εικ. 10.7**). Οι υπερχειλιστές βρίσκονται σε υψόμετρο +792m και κάθε ανοικτό στόμιο έχει διαστάσεις 3.50x2.50 m. Συνολικά, το άνοιγμα των υπερχειλιστών είναι 14.00x2.50 m και η μέγιστη παροχή τους 460 m³/s στην ανώτατη στάθμη της λίμνης, που είναι στο +794.30 m. Ο συγκεκριμένος τύπος υπερχειλιστή είναι ο ιδανικός για τοξωτό φράγμα καθώς δεν αποτελεί ξεχωριστό έργο και μειώνει τις δαπάνες κατασκευής του στο ελάχιστο. Η κινητική ενέργεια του νερού καταστρέφεται σε πρώτο στάδιο κατά τη διάρκεια της πτώσης και σε δεύτερο στάδιο κατά την πρόσκρουση του νερού στον πόδα του φράγματος, όπου κατάλληλα διαμορφωμένη διώρυγα με ενισχυμένο σκυρόδεμα και κλίση προς τα κατάντη οδηγεί το νερό στην παλαιά κοίτη του ποταμού. Η ρύθμιση της στάθμης του ταμιευτήρα γίνεται και με τη βοήθεια της σήραγγας προσαγωγής η οποία παρέχει 26.40 m³/s όταν λειτουργεί ο σταθμός, οπότε η υπερχειλίση υποβοηθείται και συνολικά ανέρχεται στα 486.40 m³/s. Το τοξωτό φράγμα όμως που διευκόλυνε τους γάλλους μηχανικούς στην επιλογή υπερχειλιστή, τους προβλημάτισε για έναν πολύ σημαντικό λόγο. Από την εμπειρία του Β' παγκοσμίου πολέμου, οι μηχανικοί γνώριζαν ότι ένα φράγμα με τόσο μικρό όγκο σκυροδέματος μπορούσε εκτός από τα αναπάντεχα και απρόβλεπτα φυσικά φαινόμενα, να καταστραφεί και από ανθρώπινη δραστηριότητα. Ο βομβαρδισμός τοξωτών φραγμάτων από Συμμάχους και Γερμανούς ήταν εφαρμοσμένο σχέδιο το οποίο επέφερε μεγάλες καταστροφές στις κατάντη περιοχές. Αρκούσε μια μόνο έκρηξη στο κέντρο της ανάντη πλευράς για να προκαλέσει ολοκληρωτική απώλεια του έργου αρκετά σύντομα, αν όχι στιγμιαία, άρα και μετακίνηση του τεράστιου υδάτινου όγκου του ταμιευτήρα προς τα κατάντη με μορφή υδάτινου μετώπου 70m. Για να αποφευχθούν οι καταστροφές, έστω και την τελευταία στιγμή, στο έργο προστέθηκαν δύο ακόμα κατασκευές ασφαλείας. Ο εκκενωτής πυθμένα και η διάταξη ανατίναξης της φραγής στη σήραγγα εκτροπής.

ΕΚΚΕΝΩΤΕΣ ΠΥΘΜΕΝΑ ΤΑΥΡΩΠΟΥ

Οι εκκενωτές πυθμένα αποτελούνται από δύο δίδυμους αγωγούς εσωτερικής διαμέτρου 2.20m ο καθένας (**Εικ. 10.8**). Στην ανάντη πλευρά η είσοδος των αγωγών είναι κατασκευασμένη με ειδικές εσχάρες από σκυρόδεμα οι οποίες εμποδίζουν τη διέλευση μεγάλων αντικειμένων όπως κορμοί δέντρων και κατακρημνίσματα τα οποία θα μπορούσαν να τους φράξουν. Αμέσως μετά το έργο εισόδου, ένα κατακόρυφο θυρόφραγμα μπορεί να απομονώσει τον αγωγό για επισκευές και συντήρηση. Ο χειρισμός αυτού του θυροφράγματος ελέγχεται από ένα δωμάτιο στο μέσο του φράγματος και σε υψόμετρο +789.95m. Το έργο εξόδου του κάθε εκκενωτή είναι και το πιο ενδιαφέρον. Πρόκειται για μια βαλβίδα κοίλης φλέβας σχεδιασμένη έτσι ώστε να αποτονώνει την ενέργεια του νερού διασπείροντας τη ροή. Οι εκκενωτές ανοίγουν με ένα μηχανικό σύστημα από δύο ηλεκτρικούς κινητήρες συνδεδεμένους σε σειρά, που μετακινούν προς τα πίσω το κυλινδρικό κάλυμμα της βαλβίδας επιτρέποντας έτσι τη ροή του νερού. Οι δύο εκκενωτές μπορούν να ανοίξουν και χειροκίνητα.

ΕΚΚΕΝΩΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟ ΤΗ ΣΗΡΑΓΓΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ

Η σήραγγα εκτροπής μήκους 145m και εσωτερικής διαμέτρου 5.26 m είναι επενδυμένη με σκυρόδεμα ενώ το τελευταίο τμήμα της (μήκους περίπου 60m) είναι εκσκαφή σε βράχο χωρίς επένδυση. Περίπου 10m πριν το τέλος του σκυροδέματος (70m από το τέλος της σήραγγας) τοποθετήθηκε το 1959 ειδικό μεταλλικό πώμα έτσι ώστε να ξεκινήσει η διαδικασία πλήρωσης του ταμιευτήρα. Το μεταλλικό πώμα προστατεύεται με δύο μεταλλικές θύρες. Στην επιφάνειά του έχει ειδικές εσοχές στις οποίες μπορούν να τοποθετηθούν εκρηκτικά έτσι ώστε σε περίπτωση ανάγκης να το ανατινάξουν και να επιτρέψουν τη διέλευση του νερού και την εκκένωση του ταμιευτήρα. Προφανώς μετά την ανατίναξη της φραγής αυτής, το νερό δεν μπορεί να σταματήσει παρά μόνο όταν ο ταμιευτήρας αδειάσει.



Εικ. 9.6 Το νερό της Λίμνης Πλαστήρα μεταφέρεται στο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο μέσω αγωγού. Το ύψος πτώσης του νερού που κινεί τους υδροστροβίλους είναι 577 μέτρα.



Εικ. 9.7 Οι δύο υπερχειλιστές του Ταυρωπού



Εικ. 9.8 Οι δύο εκκενωτές πυθμένα του Ταυρωπού.