

# Αστοχίες σε φράγματα μικρού ύψους, υπερπήδηση φράγματος Κοκκινοπηλού στην Π.Ε. Ελασσόνας

Ι. Θανόπουλος  
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός

Θ. Κωνσταντινίδης  
Τοπογράφος Μηχανικός, Τ.Υ. Δήμου Ελασσόνας

Α-Μ. Κολλάτου  
Μεταπτυχιακή φοιτήτρια, Πανεπιστήμιο  
Θεσσαλίας

*Λέξεις κλειδιά: φράγμα, ασφάλεια, αστοχία*

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ:** Στην Θεσσαλία έχουν κατασκευαστεί κατά την δεκαετία 1990-2000 αρκετά μικρά φράγματα, κυρίως για αρδευτικούς σκοπούς. Πρόκειται για έργα μικρού γενικά μεγέθους, χαμηλού κόστους που είχαν σαν στόχο την παροχέτευση νερού κοντά στις περιοχές χρήσης τους.

Με την σταδιακή αύξηση του ύψους των υπό κατασκευή έργων για αντιμετώπιση αυξημένων αναγκών, προέκυψαν σοβαρά θέματα κακοτεχνιών κατασκευής, σε φράγματα τα οποία δεν σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν με γνώμονα τη διεθνή πρακτική και γνώση, γεγονός που τα καθιστά ευάλωτα σε αστοχία ή ατυχήματα. Επιπλέον κατά την λειτουργία τους δεν υπήρξε η απαραίτητη μέριμνα παρακολούθησης της συμπεριφοράς τους και παρέμβασης σε περιπτώσεις προβλημάτων. Αρκετά παραδείγματα τέτοιων περιπτώσεων έχουν εμφανιστεί στην περιοχή της Ελασσόνας.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η κατάδειξη και περιγραφή μιας τέτοιας περίπτωσης φράγματος, για την οποία υπήρξε ένα επείγον συμβάν και οριακά απεφεύχθει η αστοχία. Στο άρθρο αναλύονται τα αίτια και τα μέτρα που λήφθηκαν για την αντιμετώπιση του συμβάντος.

## 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην περιοχή της Θεσσαλίας τα τελευταία χρόνια έχουν κατασκευαστεί πολλά μικρά φράγματα ύψους 7-15m ή και περισσότερο, για αρδευτικούς, κυρίως, σκοπούς. Πρόκειται για ομογενή αναχώματα, χωρίς διαζώνηση για τα οποία δεν τηρήθηκαν οι απαιτήσεις των διεθνών κανονισμών ασφαλείας κατά το στάδιο μελέτης και κατασκευής τους, με αποτέλεσμα πολλά από αυτά να εμφανίσουν σοβαρά προβλήματα κατά την λειτουργία τους ή και αστοχίες.

Σύμφωνα με στοιχεία που παρέχονται από τη διεθνή επιτροπή φραγμάτων ICOLD, τα μικρά φράγματα είναι πιο ευάλωτα σε περιστατικά υπερπήδησης και σε αστοχία λόγω εσωτερικής διάβρωσης του αναχώματος. Τα στοιχεία αυτά βρίσκουν εφαρμογή και στις περιπτώσεις των φραγμάτων που βρίσκονται στην περιοχή της Θεσσαλίας. Πιο γνωστή είναι η περίπτωση του φράγματος Σπαρμού {3}. Πέρα όμως από αυτή την γνωστή πλέον αστοχία, υπάρχουν αρκετά φράγματα στην περιοχή τα οποία εμφανίζουν προβλήματα, που κυρίως οφείλονται σε ελλιπείς υδρολογικές μελέτες, ανεπάρκεια σχεδιασμού υπερχειλιστών καθώς και στο γεγονός ότι καμιά μέριμνα δεν έχει ληφθεί για την ασφαλή αποστράγγιση των διηθούμενων από το σώμα του φράγματος υδάτων.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μία τέτοια περίπτωση μικρού φράγματος, το οποίο πρόσφατα υπέστη ένα επικίνδυνο πλημμυρικό γεγονός που είχε σαν αποτέλεσμα την υπερπήδηση του αναχώματος.

## 2 ΤΟ ΕΡΓΟ

### 2.1 Περιγραφή του έργου

Το έργο βρίσκεται στην Θέση 40° 5'22.72"Β, 22°14'26.50"Α σε απόσταση 400m περίπου από τον δρόμο προς Κοκκινοπηλό. Η κατασκευή του φράγματος έγινε μετά από αίτηση των τοπικών αρχών. Το έργο μελετήθηκε στοιχειωδώς από την Τεχνική Υπηρεσία Δήμων και Κοινοτήτων την δεκαετία του 1990, σε ότι αφορά κυρίως στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αναχώματος.

Η στέψη του έργου, μήκους περίπου 100,00m βρίσκεται στο υψόμετρο 884,00 περίπου (προσεγγιστική εκτίμηση από τους χάρτες), και το ύψος φράγματος εκτιμάται γύρω στα 12,00m, με κλίσεις πρανών 1:3 για το ανάντη πρανές, ενώ το κατόντη πρανές εμφανίζει κλίσεις μεταξύ 1:1,5 και 1:2. Ο όγκος του ταμιευτήρα στη στάθμη υπερχειλίσσης εκτιμάται περί τα 35000m<sup>3</sup>.



Εικόνα 1. Θέση φράγματος Κοκκινοπηλού.



Εικόνα 2. Στέψη και ανάντη πρανές.

Το ανάχωμα του φράγματος είναι ομογενές, κατασκευασμένο από ημιπερατά υλικά που προέρχονται από την περιοχή κατάκλισης. Το φράγμα φαίνεται να είναι θεμελιωμένο σε βράχο, στο γενευσιακό υπόβαθρο της περιοχής, αλλά υπάρχει και η περίπτωση να έχει εν μέρει τουλάχιστον, θεμελιωθεί επί του σημαντικού πάχους αποσαθρωμένου σχηματισμού αμμωδούς σύστασης ο οποίος υπάρχει στα αντερείσματα.

Από επίσκεψη που πραγματοποιήθηκε στο έργο, παρατηρήθηκε ότι ο υπερχειλιστής που είχε κατασκευαστεί για την ασφαλή παροχέτευση ύδατος σε περίπτωση πλημμυρικού γεγονότος ήταν ανεπαρκής και κακότεχνος. Πρόκειται για ανεπένδυτη διώρυγα, μικρών διαστάσεων που δεν ανταποκρίνεται στις ανάγκες του έργου. Επιπλέον το υψόμετρο υπερχειλίσσης ήταν αρκετά ψηλά, ελάχιστα κάτω από τη στάθμη της στέψης του αναχώματος, γεγονός που επιτείνει τα προβλήματα.



Εικόνα 3. Ο υπερχειλιστής του φράγματος.

## 2.2 Το πλημμυρικό γεγονός της 10<sup>ης</sup> Μαρτίου 2017

Την 9<sup>η</sup> Μαρτίου 2017 σημειώθηκε έντονη βροχόπτωση στην περιοχή και τις πρωινές ώρες της 10<sup>ης</sup> Μαρτίου το φράγμα υπερπηδήθηκε, λόγω ανεπάρκειας του υπερχειλιστή. Το νερό έρεε για αρκετές ώρες από τη στέψη του φράγματος με αποτέλεσμα να προκαλέσει έντονες διαβρώσεις στο κατάντη πρανές. Υπήρξε άμεση κινητοποίηση της δημοτικής αρχής, δεδομένου του κινδύνου κατάρρευσης του φράγματος και δημιουργίας πλημμυρικού κύματος στα κατάντι που θα είχε συνέπειες στην κύρια προσπέλαση του χωριού αλλά και σε αγροτικές και κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις.



Εικόνα 4. Το διαβρωμένο κατάντη πρανές, μετά την υπερπήδηση του φράγματος.

Για την άμεση αντιμετώπιση του περιστατικού δόθηκε εντολή για εκκένωση της λίμνης με ενεργοποίηση των αγωγών υδροληψίας- εκκενωτή πυθμένα οι οποίοι λειτουργούσαν κανονικά, νέα διάνοιξη καναλιού υπερχειλίσης και περαιτέρω εκβάθυνση με χωματουργικά μηχανήματα της

στάθμης υπερχειλιστή κατά 2,5m σε σχέση με την υπάρχουσα στέψη αναχώματος. Οι παρεμβάσεις αυτές ταπείνωσαν γρήγορα την στάθμη του ταμιευτήρα διακόποντας την υπερπήδηση της στέψης του φράγματος τις πρωινές ώρες της 10<sup>ης</sup> Μαρτίου.



Εικόνα 5. Ο νέος υπερχειλιστής.



Εικόνα 6. Λειτουργία των αγωγών εκκένωσης.



Εικόνα 7. Η διαδρομή του νέου εκχειλιστή.

### 3 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

#### 3.1 Υδρολογία

Η έκταση της λεκάνης απορροής για το εν λόγω φράγμα εκτιμάται περίπου στο 1,5km<sup>2</sup>. Γι' αυτή τη λεκάνη απορροής υπολογίζεται προσεγγιστικά από την βιβλιογραφία και σε σύγκριση με ανάλογα έργα, μια πλημμυρική παροχή της τάξεως των 3,5m<sup>3</sup>/s για πλημμύρα 50ετίας {4}. Οι διαστάσεις του αρχικού καναλιού υπερχειλίσης δεν ήταν ικανές να παροχετεύσουν με ασφάλεια ούτε τις σημαντικές παροχές μικρότερης περιόδου επαναφοράς (10ετίας, 20ετίας κλπ.). Το γεγονός αυτό συνεπάγεται ότι συχνά είχαμε στο παρελθόν φαινόμενα υπερπήδησης του φράγματος με αποτέλεσμα τη διάβρωση του αναχώματος και ενδεχομένως την ταπείνωση της στέψης του ακόμη και σε υψόμετρο ανάλογο της στάθμης υπερχειλίσης.

Επιπλέον, όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, ο υπερχειλιστής του φράγματος, σε μορφή ανοιχτού καναλιού, δεν ήταν επενδυμένος με σκυρόδεμα, με αποτέλεσμα οι ταχύτητες που αναπτύσσονται από την προβλεπόμενη παροχή να διαβρώνουν το αδιαμόρφωτο έδαφος του υπερχειλιστή.

#### 3.2 Η κατάσταση του αναχώματος

Κατ' αρχήν πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές δοκιμές για την διακρίβωση των ιδιοτήτων των υλικών κατασκευής του φράγματος. Από τις εργαστηριακές δοκιμές διαπιστώθηκε πως τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του αναχώματος ήταν ισχνή αργιλοίλυσ-αμμοίλυσ με ποσοστό 25% κατά μέσο όρο διερχόμενο στο Νο 200. Πρέπει γενικά να επισημανθεί η ετερογένεια του υλικού και η ύπαρξη περιοχών με αδρομερέστερους κόκκους υψηλότερης διαπερατότητας, γεγονός που συντελεί στην εμφάνιση του φαινομένου της εσωτερικής κατάρρευσης {2}.

Μετά το γεγονός επιθεωρήθηκε το ανάχωμα και διαπιστώθηκαν τα παρακάτω:

- Εμφανείς κύκλοι η επιφάνειες ολίσθησης στο κατάντη πρανές.
- Σοβαρές διαβρώσεις λόγω της υπερπήδησης.
- Εξελισσόμενο φαινόμενο εσωτερικής διάβρωσης



Εικόνα 8. Διαρροές στο πόδα του κατάντη πρανούς.



Εικόνα 9. Ολισθήσεις στο κατάντη πρανές.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι το απομένον τμήμα του αναχώματος δεν είναι ασφαλές.

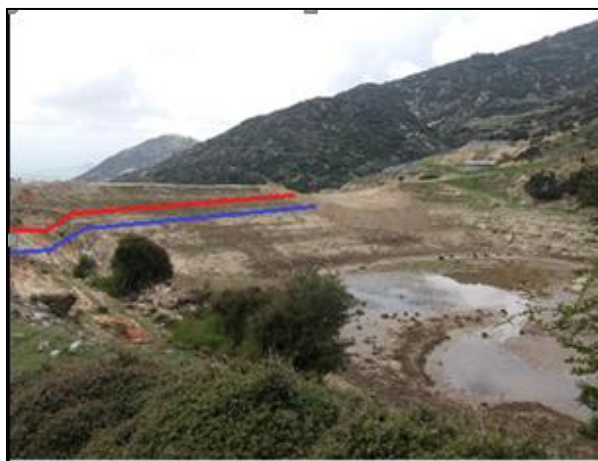
#### 4 ΜΟΝΙΜΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ

Στα κατάντη του φράγματος υπάρχουν κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις και η επαρχιακή οδός Πυθίου-Κοκκινοπηλού. Σε ενδεχόμενη αστοχία του φράγματος με θραύση του αναχώματος κατά την διάρκεια νέας πλημύρας θα διέτρεχαν σοβαρό κίνδυνο ενδεχομένως ανθρώπινες ζωές και περιουσίες.

Εκτιμώντας την κατάσταση του αναχώματος, την ανάγκη για δημόσια ασφάλεια και τη μηδενική σχεδόν χρήση του νερού στην περιοχή, αποφασίστηκε η αποδόμηση του φράγματος.

Για την ασφαλή αποδόμηση και την αποφυγή περαιτέρω υπερπήδησης του αναχώματος από πιθανή πλημμύρα, κατά το στάδιο των εργασιών, προτάθηκε η σταδιακή εκσκαφή του υλικού με διασφάλιση της ασφαλούς υπερχειλίσης σε κάθε φάση. Αυτό επιτυγχάνεται με διάνοιξη του υπερχειλιστή σε “in situ” υλικό του αντερείσματος, πάντα σε χαμηλότερο βάθος σε σχέση με τη στάθμη εκσκαφής του αναχώματος.

Σημαντική παράμετρος της εργασίας αποδόμησης είναι η διάθεση των προϊόντων εκσκαφής του αναχώματος: Αυτά θα πρέπει να αποτεθούν στα σημεία αρχικής απόληξης των, στην περίμετρο του ταμιευτήρα, χωρίς να εμποδίζουν την ελεύθερη ροή του ρέματος.



Εικόνα 10. Στάδια ελεγχόμενης αποδόμησης του αναχώματος.

#### 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο υπόψη φράγμα καταγράφηκε ένα επείγον συμβάν πλημμυρικού γεγονότος που οδήγησε στην υπερπήδηση του αναχώματος για αρκετές ώρες. Υπήρξε άμεση παρέμβαση και τα μέτρα που λήφθηκαν είχαν σαν αποτέλεσμα την αποφυγή της θραύσης του αναχώματος. Ενδεχομένως στο παρελθόν να είχαν παρουσιαστεί παρόμοια συμβάντα, τα οποία όμως δεν είχαν αντιμετωπιστεί με τη δέουσα προσοχή.

Η λειτουργία του εκκενωτή πυθμένα διαδραμάτισε πολύ σημαντικό ρόλο στην ταπείνωση της στάθμης της λίμνης. Πολύ συχνά, οι εκκενωτές σε αυτού του είδους τους ταμιευτήρες δεν είναι λειτουργικοί λόγω έμφραξης από φερτές ύλες της εισόδου του εκκενωτή.

Τέτοια γεγονότα καταδεικνύουν την ανάγκη για παρακολούθηση και συντήρηση των έργων ταμίευσης από το χρήστη. Υπάρχουν πολλές παρόμοιες περιπτώσεις μικρών φραγμάτων για

άρδευση, τα οποία εμφανίζουν παρόμοια προβλήματα. Δημιουργείται, λοιπόν, η ανάγκη καταγραφής και αξιολόγησης της κατάστασής τους καθώς και επέμβασης σε περιπτώσεις όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο.

#### ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Fell , MacGregor P., Stapledon D., Bell G., «Geotechnical engineering of dams», 2005, Taylor & Francis Group plc, London, UK
2. Fry J., «How to Prevent Embankments from Internal Erosion Failure?», 5 June 2012 ICOLD International symposium on dams for a changing world, Kyoto, Japan
3. Γ. Ντουνιάς, Ν. Μουτάφης, Ν. Μαμάσης, «Εκθεση από την επίσκεψη κλιμακίου της ΕΕΜΦ στο φράγμα Σπαρμού και σε δύο φράγματα των Καλυβιών Δήμου Έλασσόνας, Περιφέρεια Θεσσαλίας», 2016, Αθήνα
4. Bulletin 157, «Small Dams-Design, Surveillance and Rehabilitation», ICOLD 2010

## Incidents in Small dams, the case of “Kokkinopilos” dam overtopping

I. Thanopoulos  
*Dr. Engineer*

Th. Konstantinidis  
*Municipality of Elassona*

A-M. G. Kollatou  
*Graduate Student, University of Thessaly*

*Keywords:* small dam, incident, overtopping, decommissioning

#### SUMMARY:

During the decade 1990-2000 many small dams of height between 7m and 15m, have been constructed in Greece for irrigation purposes. These dams are not designed in accordance with the recommendations of ICOLD and the specifications defined by the internationally respected “good practice”. As a result, a lot of problems have been detected during their operation, unfortunately even incidents and failures have occurred.

In this article, a case study of a small dam that has been overtopped on March 2017 is presented. An effort has been done to describe the causes of the incident and the measures taken for the decommissioning of the dam.