

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΤΩΝ ΕΚΒΟΛΩΝ ΦΡΑΓΜΕΝΩΝ ΠΟΤΑΜΩΝ ΜΕ ΙΖΗΜΑΤΑ

Α. Τουμαζής, Κορωνίδα, Διον. Τουμαζής & Συνεργάτες, Πανεπιστήμιο Κύπρου

Κ. Κύρου, Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων, Κύπρος

Ν. Ιακώβου, Κλάδος Θαλασσίων Έργων, Τμήμα Δημοσίων Έργων, Κύπρος

Ι. Σοφός, Κλάδος Θαλασσίων Έργων, Τμήμα Δημοσίων Έργων, Κύπρος

Σ. Ζερβός, Κλάδος Θαλασσίων Έργων, Τμήμα Δημοσίων Έργων, Κύπρος

Γ. Αναστασάκης, Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια αειφόρος, αποτελεσματική και αποδοτική πρόταση διαχείρισης των ιζημάτων που μεταφέρονται από τα όμβρια ύδατα και κατακρατούνται στα φράγματα η οποία επιτυγχάνει την τροφοδοσία παράκτιων περιοχών με κατάλληλα ιζήματα.

Η πρόταση αποτελεί ολιστική αντιμετώπιση και επίλυση των προβλημάτων:

- Μείωσης της χωρητικότητας των ταμιευτήρων των φραγμάτων
- Αποκατάστασης του αειφόρου κύκλου των ιζημάτων, αποκαθιστώντας τη μεταφορά ιζημάτων στο φυσικό τους προορισμό, την εκβολή του ποταμού
- Διασφάλισης της ποιότητας του νερού που εισέρχεται στον ταμιευτήρα
- Διασφάλισης της ποιότητας των ιζημάτων που μεταφέρονται στην παραλία

Τα πιο πάνω προβλήματα αντιμετωπίζονται με την κατασκευή ενός μικρού φράγματος, το οποίο ονομάζεται προ-φράγμα το οποίο:

- Είναι κατασκευασμένο στην είσοδο της λεκάνης υφιστάμενου φράγματος
- Συγκρατεί προσωρινά όμβρια ύδατα και ιζήματα
- Η ποιότητα του νερού ελέγχεται μετά από τη βροχόπτωση:
 - εάν είναι αποδεκτή, το νερό εισέρχεται στον ταμιευτήρα, μέσω αγωγού
 - εάν δεν είναι αποδεκτή, λαμβάνονται ειδικά μέτρα (συλλογή και επεξεργασία, εκτροπή κατάντη φράγματος, κλπ)
- Τα ιζήματα συλλέγονται και ελέγχονται (μια φορά το χρόνο):
 - εάν είναι αποδεκτή η ποιότητα, γίνεται κοκκομετρική διαλογή και μεταφέρονται στην παραλία
 - εάν δεν είναι αποδεκτή η ποιότητα, τότε λαμβάνονται ειδικά μέτρα (επεξεργασία, ταφή κλπ)

Η πρόταση αποτελεί συγκερασμό τεχνογνωσίας με επιτυχή εφαρμογή σε άλλους τομείς και επιτυγχάνει, αποτελεσματικά, την αειφόρο αποκατάσταση του εμπλουτισμού των παραλιών με κατάλληλα ιζήματα.

RESTORATION OF SEDIMENT SUPPLY AT THE RIVER MOUTHS OF DAMMED RIVERS

A. Toumazis, Koronida, Dion. Toumazis & Associates, University of Cyprus
K. Kyrou, Water Development Department, Cyprus
N. Iacovou, Coastal Unit, Public Works Department, Cyprus
I. Sofos, Coastal Unit, Public Works Department, Cyprus
S. Zervos, Coastal Unit, Public Works Department, Cyprus
G. Anastasakis, Professor, Athens University

ABSTRACT

This paper presents a sustainable, effective and efficient proposal for the management of sediments transported by river flow and trapped in reservoirs, which achieves the supply of coastal areas with suitable material.

This proposal constitutes a holistic approach for the solution of the following problems:

- Reduction of the storage capacity of the reservoirs
- Restoration of the sustainable sediment cycle, restoring the transport of sediments to their natural destination, namely the river mouth/ delta.
- Assurance of the quality of the water entering the reservoir
- Assurance of the quality of sediments transported to the beach.

The above problems are addressed by the construction of a small reservoir, called pre-reservoir, which has the following characteristics:

- It is built at the entrance of the basin of the existing reservoir
- It is arresting, temporarily, the incoming storm water and sediments
- The quality of the water is checked after the storm:
 - If the quality is acceptable, the water enters the reservoir through a pipe
 - If the quality is not acceptable then special measures are taken (collection and treatment, diversion downstream etc)
- Sediments are sampled and analysed (once a year):
 - If their quality is acceptable, then segregation takes place and suitable grading is transported to the beach
 - If the quality is not acceptable, then special measures are taken (treatment, burial etc)

This proposal constitutes a combination of technology with a successful track record in other fields and it achieves the effective and sustainable restoration of suitable sediment supply to the coastal environment.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Κύπρος αντιμετώπιζε ανέκαθεν πρόβλημα λειψυδρίας. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού υιοθετήθηκε, τη δεκαετία του 1960, η πολιτική «ούτε σταγόνα νερού να μη χάνεται στη θάλασσα». Αυτή η πολιτική είχε ως αποτέλεσμα το σχεδιασμό και την κατασκευή υδατοφρακτών σε όλους σχεδόν τους κύριους ποταμούς του νησιού. Οι υδατοφράκτες κατακρατούν όμως όχι μόνο όμβρια ύδατα αλλά και ιζήματα που παρασύρονται από τη ροή του νερού.

Το φράξιμο της ροής των ιζημάτων έχει δύο σημαντικές άμεσες αρνητικές επιπτώσεις:

- Μείωση της χωρητικότητας του υδατοφράκτη
- Αποκοπή της τροφοδοσίας με ιζήματα της κοίτης του ποταμού, της εκβολής του (δέλτα του ποταμού) και της παράκτιας ζώνης και έναρξη της διάβρωσης της παράκτιας ζώνης.
Για αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών εφαρμόζονται μέτρα όπως:
- Εκσκαφή/ συλλογή ιζημάτων από τους υδατοφράκτες και απόρριψή τους στη γύρω περιοχή
- Κατασκευή έργων προστασίας της παραλίας από διάβρωση

Η προσέγγιση αυτή αποτελεί θεραπεία των συμπτωμάτων και όχι της αιτίας του προβλήματος.

2. ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Η κατασκευή φραγμάτων ή υδατοφρακτών έχει ως κύριο σκοπό την αποθήκευση/ ταμίευση νερών της βροχής (ομβρίων υδάτων) για χρήση από τον άνθρωπο (παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, άρδευση, ύδρευση, εμπλουτισμό υπόγειων υδάτων, μείωση κινδύνου πλημμύρας κλπ).

Η κατακράτηση ιζημάτων από τα φράγματα είναι έμμεση επίπτωση της ταμίευσης νερών, λόγω της (μη-επιθυμητής) μεταφοράς ιζημάτων από τη ροή των επιφανειακών νερών. Η κατακράτηση θεωρείται ως πρόβλημα ανάλογο με τη χρήση του έργου.

2.1 ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ

Η κατακράτηση ιζημάτων στον ταμιευτήρα του φράγματος μειώνει την αποθηκευτική ικανότητα/ χωρητικότητα του έργου.

Εάν το φράγμα χρησιμοποιείται για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τα ιζήματα τείνουν να μειώνουν τη διαθέσιμη δυναμική ενέργεια, αφού μειώνουν το ύψος της στήλης του νερού.

Εάν το φράγμα χρησιμοποιείται για ταμίευση νερού για χρήση για άρδευση, ύδρευση, εμπλουτισμό κλπ τότε η μείωση της χωρητικότητας μειώνει τις διαθέσιμες ποσότητες νερού για χρήση.

Εάν χρησιμοποιείται ως έργο αντιπλημμυρικό, τότε αυξάνεται ο κίνδυνος υπερχείλισης/ πλημμύρας.

Για τις πιο πάνω χρήσεις το πρόβλημα ορίζεται ως:

Η αποφυγή μείωσης του όγκου του νερού στον ταμιευτήρα.

2.2 ΑΚΤΟΜΗΧΑΝΙΚΑ

Η ανακοπή της εξέλιξης του δέλτα του ποταμού λόγω της διακοπής της τροφοδοσίας του με υλικό μπορεί να μην είναι, αρχικά τουλάχιστον, ακτομηχανικό πρόβλημα. Η υποχώρηση όμως του δέλτα και η συνεπακόλουθη διάβρωση της ακτογραμμής στο παράκτιο σύστημα που σχετίζεται με το δέλτα αυτό είναι υπαρκτό πρόβλημα.

Το πρόβλημα για το φορέα διαχείρισης της παράκτιας ζώνης ορίζεται ως:
Η αποκατάσταση της τροφοδοσίας της παράκτιας ζώνης με ιζήματα.

2.3 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ

Η ποιότητα των νερών που εισέρχονται στον ταμιευτήρα υπόκειται σε κίνδυνο ρύπανσης από διάφορους παράγοντες εκτός του ελέγχου του φορέα διαχείρισης του φράγματος, όπως:

- Η χρήση λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και άλλων ουσιών
- Η απόρριψη ρυπογόνων ουσιών στο έδαφος
- Η πρόκληση πυρκαγιάς (π.χ. πυρκαγιά σε αποθήκες, εργοστάσια, οικίες)
- Η πρόκληση άλλου ατυχήματος όπως διαρροή χημικών ουσιών
- Ρύποι από τους δρόμους

Αντίστοιχα, η ποιότητα των ιζημάτων που εισέρχονται στον ταμιευτήρα δυνατόν να μην είναι αποδεκτή.

Η επεξεργασία του νερού του φράγματος έχει περιορισμούς. Είναι πιθανόν να υπάρξει περίπτωση που οι ρύποι του νερού να είναι εκτός των ορίων που είναι σε θέση να χειριστεί ο σταθμός επεξεργασίας/ διύλισης του νερού.

Ορίζεται έτσι και άλλο πρόβλημα ως:
Η διασφάλιση εισροής στον ταμιευτήρα νερών και ιζημάτων αποδεκτής ποιότητας.

2.4 ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Με βάση τα πιο πάνω το πρόβλημα είναι:

- Η αποφυγή μείωσης του όγκου του νερού στον ταμιευτήρα.
 - Η αποκατάσταση της τροφοδοσίας της παράκτιας ζώνης με ιζήματα.
 - Η διασφάλιση εισροής στον ταμιευτήρα νερών και ιζημάτων αποδεκτής ποιότητας.
- Για κάθε ένα από τα τρία (3) πιο πάνω προβλήματα υπάρχουν εναλλακτικές λύσεις.

3. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ

Για την αντιμετώπιση του πιο πάνω προβλήματος υπάρχουν δύο βασικές εναλλακτικές λύσεις:

- Εκκένωση των ιζημάτων από τη λεκάνη του φράγματος
- Πρόνοια στον αρχικό σχεδιασμό για επιπρόσθετη χωρητικότητα (dead storage)

Η εκκένωση ιζημάτων από τη λεκάνη του φράγματος με τη ροή νερού απαιτεί την απώλεια μεγάλων ποσοτήτων νερού (White 2001), ενώ η εκκένωση με μηχανικά μέσα συνεπάγεται μεγάλο κόστος.

Η δεύτερη λύση είναι η λύση που υιοθετήθηκε από την Κυπριακή Δημοκρατία (Κοντεάτης, 1974). Έγινε πρόνοια για δημιουργία επιπρόσθετου όγκου για την κατακράτηση ιζημάτων για διάρκεια ζωής έργου 40 με 50 χρόνια.

Η λύση αυτή στηρίζεται σε συγκεκριμένη διάρκεια ζωής του φράγματος. Σε κάποια χρονική στιγμή:

- θα εξαντληθεί η διάρκεια ζωής του έργου
- θα κορεστεί ο νεκρός χώρος
- θα χρειαστεί ο νεκρός χώρος για ταμίευση νερού

Συμπερασματικά, απαιτείται η εξεύρεση άλλης/ νέας εναλλακτικής λύσης για την αποφυγή μείωσης του όγκου νερού στον ταμιευτήρα.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της αποκατάστασης της τροφοδοσίας της παραλίας με ιζήματα υπάρχουν οι ακόλουθες βασικές λύσεις:

- Εμπλουτισμός με ιζήματα από το βυθό της θάλασσας
- Εμπλουτισμός με ιζήματα από άλλες παραλίες
- Εμπλουτισμός με ιζήματα από λατομεία ή άλλες κατάλληλες πηγές

Μελέτες που έγιναν από το Κυπριακό Κράτος έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχουν επαρκή αποθέματα σε κατάλληλες θέσεις για εμπλουτισμό των παραλιών με ιζήματα. Το μόνο διαθέσιμο απόθεμα που υπάρχει είναι υλικό που προέκυψε από την εκβάθυνση της λεκάνης του λιμένα Λεμεσού.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος διασφάλισης εισροής στον ταμιευτήρα του φράγματος νερών και ιζημάτων αποδεκτής ποιότητας υπάρχουν τρεις (3) βασικές λύσεις:

- Εξάλειψη κινδύνου
- Συγκράτηση τυχόν ρύπανσης εκτός του ταμιευτήρα
- Επεξεργασία της ρύπανσης

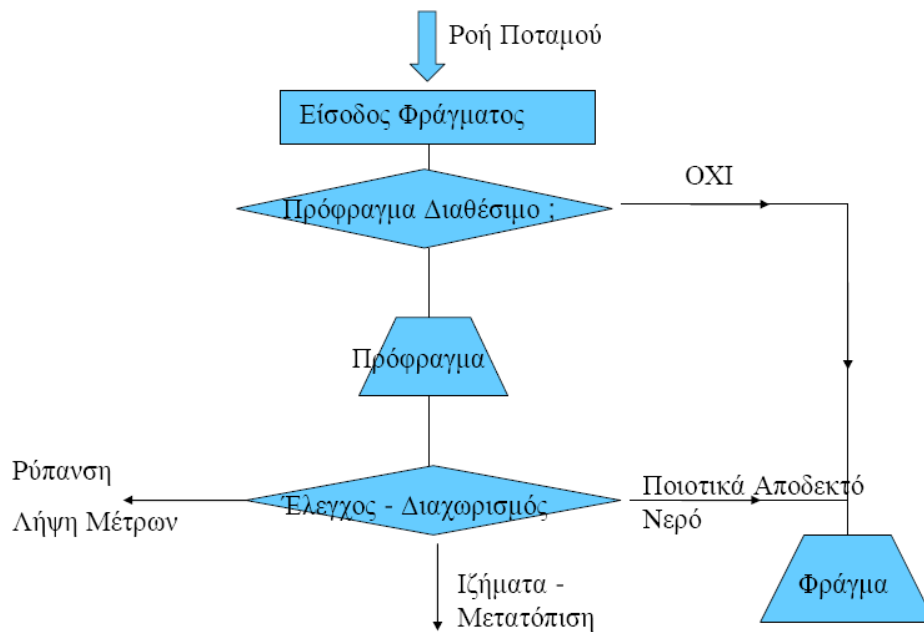
Η πρώτη επιλογή είναι η πιο επιθυμητή. Στην περίπτωση αυτή αποκλείονται χρήσεις στη λεκάνη απορροής που συνεπάγονται κίνδυνο πρόκλησης ρύπανσης στα νερά ή ιζήματα. Οι περιοχές ανάντη των φραγμάτων θα πρέπει να είναι απαλλαγμένες από βιομηχανικές, εμπορικές, αστικές, γεωργικές, κτηνοτροφικές χρήσεις όπου χρησιμοποιούνται χημικά. Η λύση αυτή είναι εφικτή μόνο σε φράγματα σε απομονωμένες περιοχές και δεν είναι εφαρμόσιμη σε πολλά φράγματα που βρίσκονται σε χαμηλά υψόμετρα, πλησίον/ εντός κατοικημένων περιοχών.

Η συγκράτηση τυχόν ρύπανσης εκτός του ταμιευτήρα είναι λύση που εφαρμόζεται ως πάγια πρακτική σε εγκαταστάσεις πετρελαιοειδών όπου τα όμβρια ύδατα συλλέγονται και ελέγχονται ποιοτικά πριν επανα-εισέλθουν στο περιβάλλον.

Η επεξεργασία της ρύπανσης είναι μέθοδος που ήδη εφαρμόζεται. Υπάρχουν όμως όρια και περιορισμοί ως προς την περιεκτικότητα και το είδος των ρύπων αντίστοιχα. Τα διυλιστήρια νερού δεν αφαιρούν όλους τους ρύπους ούτε είναι εφικτό να είναι σε θέση να αντιμετωπίζουν όλους τους πιθανόν ρύπους.

4. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΛΥΣΗ

Με βάση τα πορίσματα έρευνας και την εξέταση των εναλλακτικών λύσεων, η βέλτιστη λύση που προτείνεται είναι η κατασκευή προ-φράγματος (pre-reservoir) εντός της λεκάνης του ταμιευτήρα του φράγματος.

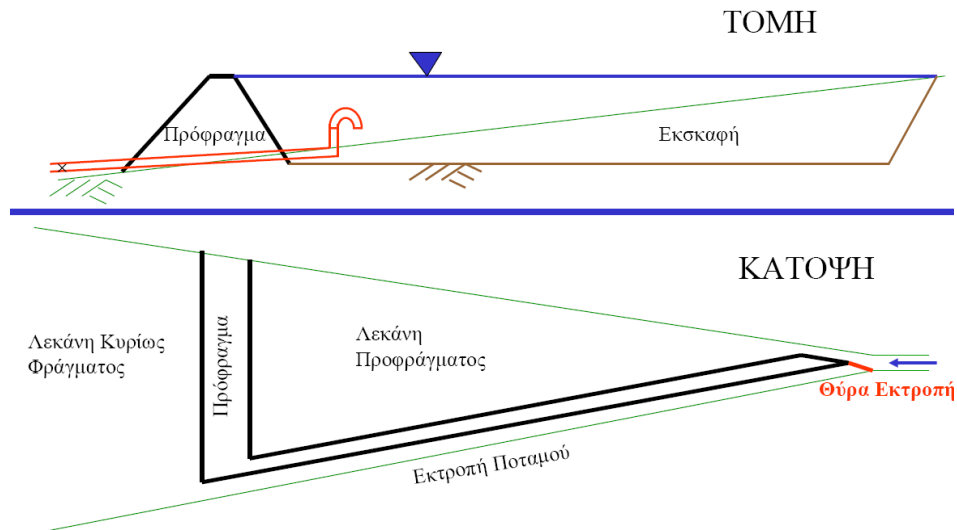


Σχήμα 1. Διάγραμμα Ροής Λειτουργίας Προφράγματος
Figure 1. Flow Chart of Operation of Pre-reservoir

Το έργο αυτό είναι περιληπτικά ένα μικρό φράγμα:

- Κατασκευασμένο στην είσοδο της λεκάνης υφιστάμενων φραγμάτων (Για την κατασκευή του δεν απαιτείται απαλλοτρίωση γης)
- Συγκρατεί όμβρια ύδατα μικρής βροχόπτωσης
- Το νερό ελέγχεται μετά από τη βροχόπτωση:
 - εάν είναι αποδεκτή η ποιότητα, ανοίγεται η βαλβίδα και το νερό εισέρχεται στον ταμιευτήρα
 - εάν δεν είναι αποδεκτή η ποιότητα, λήψη ειδικών μέτρων (συλλογή και επεξεργασία, εκτροπή κατόντη φράγματος, κλπ)
- Τα ιζήματα συλλέγονται και ελέγχονται:
 - εάν είναι αποδεκτή η ποιότητα, γίνεται κοκκομετρική διαλογή και μεταφέρονται στην παραλία
 - εάν δεν είναι αποδεκτή η ποιότητα, λήψη ειδικών μέτρων (επεξεργασία, ταφή κλπ)

Το διάγραμμα ροής της λειτουργίας του προ-φράγματος παρουσιάζεται στο σχήμα 1 και η τομή και η κάτοψη του έργου στο σχήμα 2.



Σχήμα 2. Τομή και κάτοψη Προφράγματος
Figure 2. Section and Layout of Pre-reservoir

5. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΡΟ-ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

Για σκοπούς πιλοτικής εφαρμογής, έχει σχεδιαστεί προ-φράγμα για το φράγμα Ευρέτου.

Οι παράμετροι σχεδιασμού είναι:

Μέση ετήσια ιζηματομεταφορά = 44 000 κυβικά μέτρα

Ροή σχεδιασμού = 75 000 κυβικά μέτρα την ημέρα

Χωρητικότητα λεκάνης προφράγματος = 80 000 κυβικά μέτρα

Εκκένωση νερού από λεκάνη προ-φράγματος προς κυρίως ταμιευτήρα σε 6 ώρες

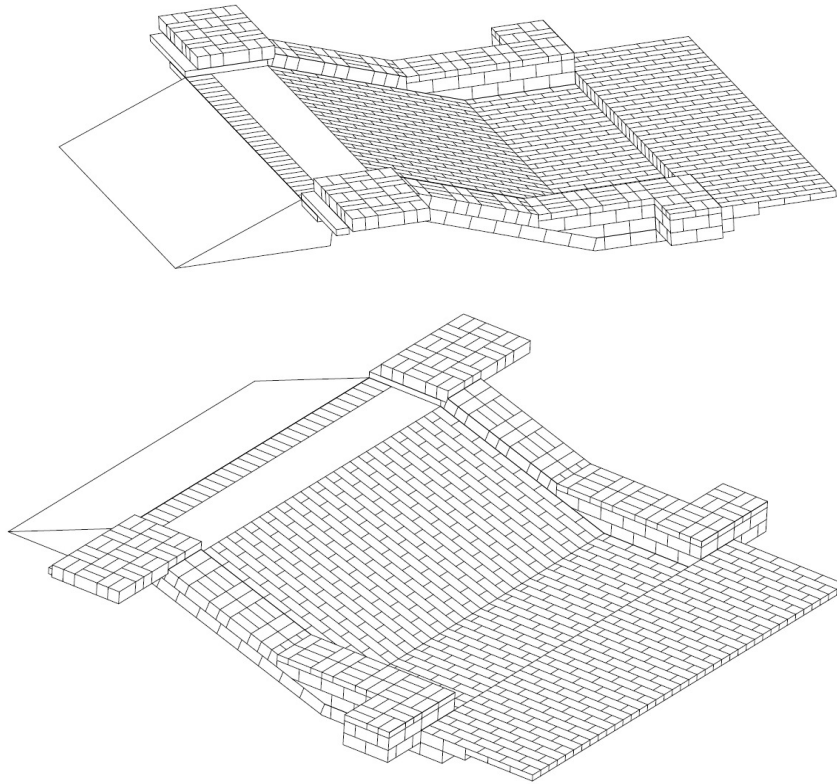
Το έργο είναι χωμάτινο.

Ο υπερχειλιστής (spillway) προτείνεται να κατασκευαστεί από gabions, κιβώτια μεγέθους της τάξης 1m x 1m x 2m κατασκευασμένα από μεταλλικά πλέγματα και γεμισμένα στο εργοτάξιο με κροκάλες/ χαλίκια.

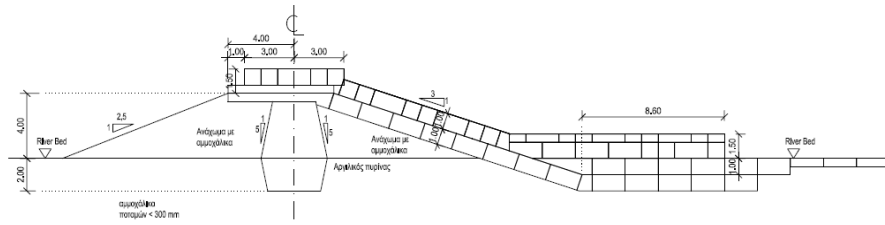
Ο υπερχειλιστής έχει ύψος 4 μέτρων, πλάτος 30μέτρων, κλίση ανάντη του έργου 1:2,5 και κατόντη (προς το κυρίως φράγμα) 1:3.

Για αποφυγή της διάβρωσης του πόδα κατόντη του προ-φράγματος, κατασκευάζεται λεκάνη εκτόνωσης της κινητικής ενέργειας (scour protection).

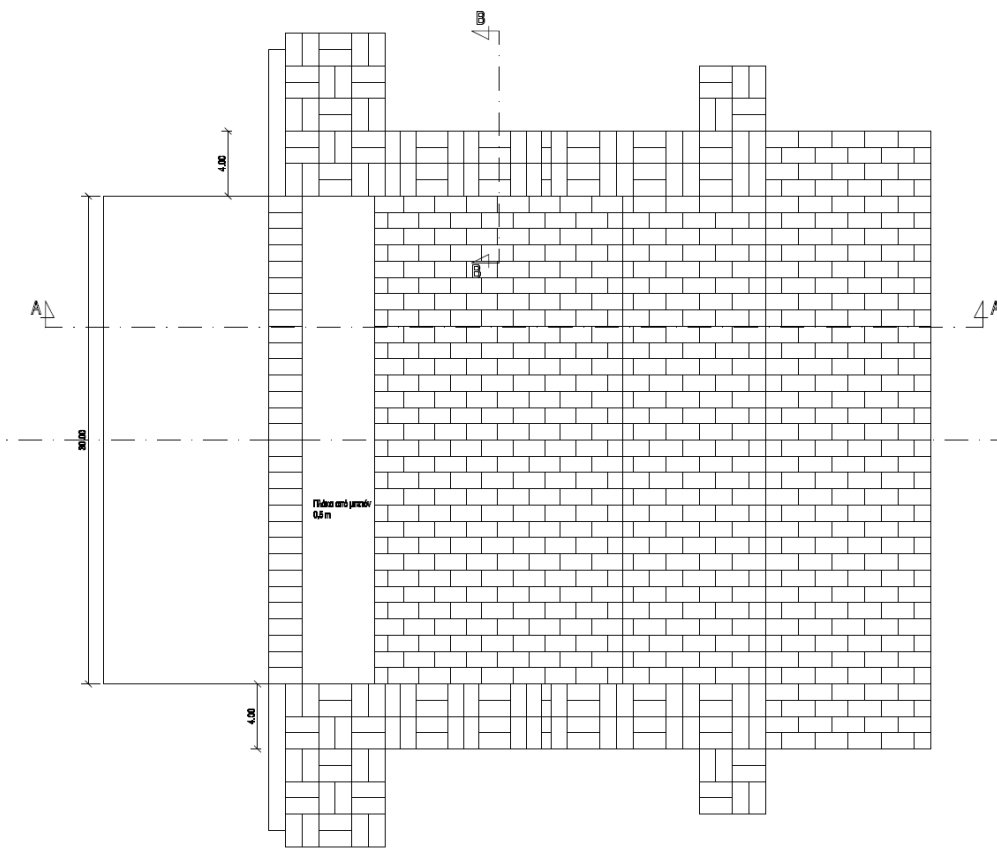
Τα σχέδια του έργου παρουσιάζονται στα σχήματα 3 και 4.



Σχήμα 3. Τρισδιάστατη απεικόνιση του Υπερχειλιστή του Προ-φράγματος
Figure 3. 3-D illustration of Spillway of Pre-reservoir



ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗ



ΚΑΤΟΨΗ

Σχήμα 4. Τομή, Κάτοψη Υπερχειλιστή Προ-φράγματος
 Figure 4. Section and Plan of Spillway of Pre-reservoir

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα φράγματα είναι άκρως απαραίτητα για την Κύπρο. Εξυπηρετούν ταυτόχρονα και τις υδατικές ανάγκες και προσφέρουν και προστασία για πλημμύρες.

Από πλευράς αειφορίας (sustainable development) θα απαιτηθεί σε κάποιο διάστημα να εκκενωθούν ιζήματα από τα φράγματα. Η λύση που υιοθετήθηκε και ήταν η πλέον κατάλληλη με τις γνώσεις και τεχνολογία της εποχής ήταν η δημιουργία νεκρού χώρου (dead storage) για την αποθήκευση ιζημάτων για 40-50 χρόνια.

Η εκκένωση ιζημάτων από τα φράγματα θα απαιτηθεί σε κάποια χρονική στιγμή. Το κόστος εκκένωσης θα είναι πάρα πολύ μεγαλύτερο από το προτεινόμενο αφού θα γίνεται από θέσεις όπου η πρόσβαση δεν είναι εύκολη, από μεγαλύτερα βάθη και από πιο μακρινές αποστάσεις και με μέσα πολύ ακριβότερα (βυθοκόρηση).

Ο κίνδυνος εισροής ρύπων στα φράγματα, όπως έδειξαν οι πρόσφατες πυρκαγιές στην Πελοπόννησο, είναι υπαρκτός. Στην Κύπρο, όπου ανάντη των φραγμάτων υπάρχουν οικιστικές, γεωργικές, βιομηχανικές, εμπορικές περιοχές ο κίνδυνος εισροής επικίνδυνων χημικών ουσιών και η πρόκληση ζημιάς στο νερό του ταμιευτήρα είναι αυξημένος. Η ζημιά από την απώλεια του αποθηκευμένου νερού θα είναι αλυσιδωτή.

Επιπρόσθετα, το κόστος εμπλουτισμού των παραλιών με ιζήματα είναι πολύ μεγαλύτερο από το κόστος της διαλογής και μεταφοράς τους από τα προ-φράγματα

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Konteatis C.A.C. (1974) Dams of Cyprus, Ministry of Agriculture, Republic of Cyprus
White, R. (2001) Evacuation of Sediments from reservoirs, Thomas Telford, UK

8. ΣΧΟΛΙΑ

Η εργασία αυτή έλαβε χορηγία από το Ίδρυμα Προώθησης Έρευνας η συνεισφορά του οποίου εκτιμάται ιδιαίτερα. Οι απόψεις που παρουσιάζονται είναι των συγγραφέων της ανακοίνωσης.