

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Abstract	4
Πρόλογος.....	5
Περίληψη.....	6
Στοιχεία περιοχής έρευνας	6
Υδρολογία της Κύπρου	8
Επιφανειακοί υδατικοί πόροι	8
Ποταμοί	9
Πηγές.....	10
Λίμνες.....	12
Φράγματα	12
Υπόγειοι υδατικοί πόροι.....	15
Γενικά στοιχεία Φράγματος Κουρή	19
Γενική περιγραφή των γεωλογικών συνθηκών	20
Λεπτομερής γεωλογία και διαρροές του υδατοφράκτη.....	25
Γεωλογικοί σχηματισμοί	25
Μειοκαινική σειρά	25
Αλλούβια ιζήματα	26
Τεκτονική δομή	26
Σύστημα ρωγμών.....	27
Διήθηση του υδατοφράκτη.....	27
Κατασκευαστικά στοιχεία του φράγματος.....	28
Σήραγγα στην αριστερή όχθη.....	29
Αγωγός υπερχειλίσης	29
Στερεότητα της όχθης.....	30
Ανάχωμα.....	30
Διάταξη αναχώματος.....	30
Συνθήκες θεμελίου	30
Βάθος των θεμελίων.....	30
Τσιμεντένιο παραπέτασμα	31
Εκχωματώσεις	31
Περιβλήματα	31

Πυρήνας λάσπης.....	32
Φίλτρα	33
Διαχωρισμοί φίλτρων	33
Λεπτά φίλτρα.....	33
Χοντρά φίλτρα.....	34
Προς τα πάνω φίλτρο σφραγίσματος ρωγμών	35
Οριζόντια διοχέτευση με χαλίκια του ποταμού στην σωστή θέση	36
Λιθορριπή.....	38
Ανάλυση σταθερότητας.....	41
Εμπέδωση της καθίζησης.....	43
Παράμετροι πυρήνα από λάσπη	43
Εγκατάσταση ηλεκτρονικών οργάνων παρακολούθησης	44
Διάταξη ηλεκτρονικών οργάνων	44
Παρακολούθηση και μέτρηση διαρροής	45
Καταγραφή επιπέδων νερού	46
Σύστημα παρακολούθησης υδατοφράκτη	46
Παρακολούθηση της αντίδρασης σε σεισμό	46
Μελέτη υδατοστεγούς κατασκευής στην λεκάνη κατάκλυσης.....	47
Κριτήρια τεχνικής μελέτης σταθερότητας	47
Τσιμεντένιο παραπέτασμα του κυρίως αναχώματος.....	48
Ενίσχυση με τσιμέντο του δεξιού αντερίσματος και διοχεύευση.....	49
Συγκέντρωση του νερού στον υδατοφράκτη.....	50
Διορθωτικές εργασίες ενίσχυσης με τσιμέντο.....	51
Ειδική μελέτη επί του αγωγού υπερχειλίσης.....	54
Επιλογή τύπου αγωγού υπερχειλίσης.....	54
Αγωγός υπερχειλίσης και πύλες.....	55
Θέση του αγωγού υπερχειλίσης	55
Εξάλα.....	56
Ύψος των κυμάτων.....	56
Ανύψωση του κύματος.....	57
Καθίζηση σεισμού.....	58
Υιοθετηθέντα έξαλλα	58
Μέγεθος του φράκτη του αγωγού υπερχειλίσης	60

Κανάλι εκροής.....	62
Χρήση του υλικού εκσκαφής	62
Σταθερότητα του φράκτη υπερχείλισης	63
Συμπεράσματα επί κατασκευαστικών θεμάτων	68
Βιβλιογραφία.....	69

Abstract

The Kouris catchment is located in the south of the Troodos massif in Cyprus. The hydrology is driven by a Mediterranean climate, a mountainous topography, and a complex distribution of hydrogeological properties resulting from complex geology. To quantify the regional water balance further, a simple method using continuous streamflow records in the River Limnatis (Kouris catchment) was applied to calculate the actual evapotranspiration rate in the dry seasons. It was found that daily cycles of streamflow, recorded by automatic pressure logger, were caused by direct evaporation from the groundwater table and by transpiration of riparian forest. The daily amounts of 'missing' streamflow were calculated for the period 30 October-4 November 2001 and were extrapolated to the entire dry season and to the whole Kouris catchment. The actual evapotranspiration rate from the alluvial aquifer of the region is $2.4 \pm 0.5 \text{ Mm}^3$ for April-September 2001. The validity of the assumptions and the uncertainties in the estimates used in the method are discussed.

Πρόλογος

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η υδρογεωλογική έρευνα του φράγματος του Κουρή στη Κύπρο. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η γεωλογική, υδρογεωλογική, τεκτονική και σεισμοτεκτονική διερεύνηση της περιοχής του έργου. Διερευνάται επίσης η υδρολογία της λεκάνης του φράγματος. Κατόπιν, γίνεται εκτενής αναφορά στα κατασκευαστικά στοιχεία του φράγματος και των επιμέρους έργων.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Επίκουρο καθηγητή κ. Παντελή Σουπιό για την σημαντική και ουσιαστική καθοδήγηση που μου παρείχε, καθώς και την επιστημονική του κατάρτιση σε τύπους και όρους που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της διπλωματικής μου. Επίσης για όλη τη διάρκεια των σπουδών μου στο Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, όπου οι γνώσεις που αποκόμισα από την διδασκαλία του ήταν χρήσιμες.

Οι συγγραφείς θέλουν να ευχαριστήσουν τον Διευθυντή του Τμήματος Αναπτύξεως Υδάτων, του Υπουργείου Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Κύπρου για την άδεια να δημοσιεύσουμε αυτή την Ανακοίνωση.

Περίληψη

Το φράγμα του Κούρη είναι ένα χωμάτινο φράγμα, χωρισμένο σε ζώνες, ύψους 113 μέτρων, κεντρικού πυρήνα με δυνατότητα αποθήκευσης 115 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων. Αυτό αποτελεί το βασικό αποθηκευτικό συστατικό του Συστήματος του Νότιου Αγωγού το οποίο προμηθεύει με νερό το 70% της ελεγχόμενης από την Κυβέρνηση περιοχή της Κύπρου. Το φράγμα θεμελιώθηκε πάνω σε ιζηματογενείς σχηματισμούς της Μειόκαινου (εποχής) που αποτελούνται από ασβεστόλιθους, τραχείς ασβεστόλιθους και αμμόλιθους και λεπτούς ασβεστόλιθους. Ενόψει των πολύπλοκων γεωλογικών συνθηκών και των ακανόνιστων και απρόβλεπτων διαπερατοτήτων του θεμελίου που εγκαταστάθηκε στο στάδιο σχεδιασμού, τοποθετήθηκε μια περιμετρική τσιμεντένια στοά για να επιτρέπει περεταίρω ενίσχυση με τσιμέντο μετά τη συμπλήρωση του φράγματος, αν χρειαζόταν.

Το φράγμα συμπληρώθηκε το 1988. μια πρώτη συγκέντρωση νερού έλαβε χώρα πριν από τη συμπλήρωση και αποθηκεύτηκε συνολικός όγκος 75 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων νερού, που ισοδυναμεί με το 77% περίπου του μέγιστου ύψους αποθήκευσης. Κατά τη διάρκεια αυτής της πρώτης συγκέντρωσης νερού το 1988, εντοπίστηκαν διαρροές στο αριστερό αντέρεισμα, οι οποίες στεγανοποιήθηκαν αποτελεσματικά αμέσως, από τη τσιμεντένια στοά, ενώ έγινε εκσκαφή μιας μικρή στοά διοχέτευσης στο δεξιό ανάχωμα για να απελευθερώσει την πίεση κάτω από την πλαγιά του αγωγού υπερχειλίσης.

Εξαιτίας της σοβαρής ανομβρίας, που έπληξε το νησί της Κύπρου ο υδατοφράκτης δεν θα μπορούσε να γεμίσει στην πληρότητα του μέχρι το έτος 2004, όταν, για πρώτη φορά, συνέβη υπερχειλίση. Το αυξημένο νερό του υδατοφράκτη προκάλεσε σημαντικές διαρροές στο δεξιό αντέρεισμα, πράγμα που εγκαινίασε μια νέα επιχείρηση ενίσχυση με τσιμέντο σ' αυτή τη ζώνη, μέσα από τη τσιμεντένια στοά η οποία είχε εγκατασταθεί στο στάδιο σχεδιασμού. Η Ανακοίνωση αυτή περιγράφει τις διορθωτικές εργασίες, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του 2004 και 2005 για να μειώσουν τη διαρροή και τις ανυψωτικές πιέσεις στο δεξιό αντέρεισμα.

Στοιχεία περιοχής έρευνας

Η επαρχία Λεμεσού (σχήμα 1) βρίσκεται στο νότιο τμήμα της Κύπρου και συνορεύει με την επαρχία Πάφου στα δυτικά, με την επαρχία Λάρνακας στα ανατολικά και με την επαρχία Λευκωσίας στα βόρεια. Η έκτασή της που περιλαμβάνεται στα όρια του Δήμου Λεμεσού ανέρχεται στα 34.870.000 τετραγωνικά μέτρα ή 34.87 τετραγωνικά χιλιόμετρα.



Σχήμα 1. Προσδιορισμός της περιοχής έρευνας.

Η περιοχή Λεμεσού καταλαμβάνει 1392 km² και καλύπτει το 15% ολόκληρης της Κύπρου, ενώ γύρω στα 80 χιλιόμετρα βρέχονται από θάλασσα. Οι κυριότεροι κόλποι της περιοχής είναι αυτοί της Επισκοπής και του Ακρωτηρίου. Οι ποταμοί του Κούρη, της Αυδήμου και του Παραμαλίου εκβάλλουν στον κόλπο της Επισκοπής, ενώ ο ποταμός Γαρίλλης και ο ποταμός της Γερμασόγειας στον κόλπο του Ακρωτηρίου. Ο μεγαλύτερος από αυτούς είναι ο ποταμός του Κούρη (38 χιλ).

Οι προαναφερόμενοι ποταμοί πηγάζουν από την οροσειρά του Τροόδου και ρέουν κατά τη διάρκεια των μηνών Δεκεμβρίου μέχρι Μαΐου. Οι περιορισμένες πηγές νερού, η συνεχώς αυξανόμενη ανάγκη για άρδευση, καθώς επίσης βιομηχανικοί και τουριστικοί λόγοι οδήγησαν στη δημιουργία φραγμάτων στην προσπάθεια να αυξηθούν τα αποθέματα νερού.

Το φράγμα του Κούρη το οποίο έχει χωρητικότητα 115,000,000 m³, το φράγμα της Γερμασόγειας με χωρητικότητα 13.600.00 m³ και το φράγμα των Πολεμιδιών με χωρητικότητα 3.864.000 m³ αποτελούν τα τρία μεγαλύτερα φράγματα της Λεμεσού. Η συνολική χωρητικότητα των φραγμάτων της επαρχίας Λεμεσού είναι περίπου 135.000.000 m³ και έχουν μεγάλη σημασία για την πόλη αφού αρκετές γεωργικές περιοχές ποτίζονται από αυτά κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού όταν η πτώση βροχών είναι περιορισμένη.

Η Λεμεσός έχει επίσης το τέλειο μεσογειακό κλίμα, το οποίο το καλοκαίρι είναι ζεστό και ξηρό ενώ το χειμώνα ήπιο. Η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της μέρας το καλοκαίρι κυμαίνεται μεταξύ 22 και 36.0 βαθμών Κελσίου, ενώ το χειμώνα κυμαίνεται μεταξύ 1 και 18 βαθμών Κελσίου ανάλογα με το υψόμετρο της περιοχής.

Η θερμοκρασία του θαλάσσιου νερού είναι περίπου 15.50 βαθμών Κελσίου το χειμώνα και 24.0 βαθμών Κελσίου τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο. Οι συγκεκριμένες θερμοκρασίες επιτρέπουν το κολύμπι ολόχρονα.

Οι λοφώδεις και βουνίσιες περιοχές της επαρχίας Λεμεσού είναι πολύ πλούσιες σε βλάστηση. Τα πιο γνωστά είδη είναι η Τραχεία Πεύκη, η Μαύρη Πεύκη και ένα είδος κυπαρισσιού γνωστού ως “Αόρατος Οξύκεδρος” τα οποία μεγαλώνουν σε υψόμετρο περίπου 1200 με 1500 μέτρων. Ο πλάτανος και ο σκλήδρος μεγαλώνουν σε ποτάμια και ρυάκια του Τροόδου, ενώ ένας είδος βελανιδιάς το οποίο ονομάζεται «λατζιά» συναντάται σε ψηλότερα υψόμετρα. Οι «τριμιθίες»

συναντώνται σε μεσαία και χαμηλότερα υψόμετρα ενώ κανείς μπορεί επίσης να συναντήσει συχνά άγρια τριαντάφυλλα, θυμάρι και θάμνους «σσινιάς».

Η ανάπτυξη του τουρισμού στη Λεμεσό ξεκίνησε μετά το 1974 όταν οι Τούρκοι κατέλαβαν την Αμμόχωστο και την Κερύνεια τις δύο δηλαδή βασικές τουριστικές περιοχές της Κύπρου. Η πόλη της Λεμεσού έχει πολύ όμορφες, αμμόδεις παραλίες, κατάλληλες για ηλιοθεραπεία και κολύμπι. Η Επισκοπή, το Πισσούρι, το Ακρωτήρι, η Αμαθούντα και το Lady's Mile είναι μερικές από τις πιο σημαντικές. Μια παραλία, η οποία απευθύνεται σε λουόμενους, εφοδιασμένη με όλες τις απαραίτητες ανέσεις και οργανωμένη από τον Κ.Ο.Τ βρίσκεται στην περιοχή Δασούδι στην τουριστική περιοχή της Λεμεσού. Κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών παρατηρείται μια ιδιαίτερη προτίμηση για ξενοδοχεία που βρίσκονται σε καλοκαιρινά θέρετρα όπως για παράδειγμα το Τροόδος, οι Πλάτρες, ο Πρόδρομος, ο Αγρός, το Πέρα Πέδι και το Όμοδος.

Υδρολογία της Κύπρου

Οι υδάτινοι πόροι της Κύπρου, επιφανειακοί και υπόγειοι είναι περιορισμένοι και αυτό οφείλεται στο ξηροθερμικό της κλίμα, το ανάγλυφο, τη γεωλογία, τη μικρή έκταση του νησιού και την ανομοιόμορφη κατανομή της βροχόπτωσης στις διάφορες περιοχές της.

Ο εμπλουτισμός των υδάτινων πόρων της Κύπρου γίνεται αποκλειστικά από τη βροχόπτωση. Γενικά η ποσότητα της βροχής που δέχεται η Κύπρος είναι χαμηλή (η μέση ετήσια βροχόπτωση της περιόδου 1916-1980 ήταν 503 χιλιοστόμετρα) και η εξάτμιση μεγάλη, πράγμα που περιορίζει σοβαρά τους υδάτινους πόρους του νησιού. Επίσης η βροχόπτωση κατανέμεται ανομοιόμορφα στην έκταση του νησιού. Στην πεδιάδα της Μεσαορίας κυμαίνεται μεταξύ 300 και 350 χιλιοστομέτρων ενώ στις ορεινές περιοχές του Τροόδους μεταξύ 600 και 1.100 χιλιοστομέτρων. Ο όγκος του νερού που δέχεται η Κύπρος από μια κανονική μέση ετήσια βροχόπτωση είναι περίπου 4.600 εκατομμύρια κυβικά μέτρα. Από αυτά, ποσοστό 80 % επιστρέφει στην ατμόσφαιρα σαν κατευθείαν εξάτμιση και σαν διαπνοή από τα φυτά, ποσοστό 7% εμπλουτίζει τα υπόγεια υδροφόρα στρώματα και ποσοστό 13% μπορεί να χαρακτηριστεί σαν επιφανειακή απορροή (δηλαδή νερό που καταλήγει στους ποταμούς και είτε χρησιμοποιείται για αρδευτικούς, βιομηχανικούς και οικιστικούς σκοπούς, είτε καταλήγει στη θάλασσα) .

Επιφανειακοί υδατικοί πόροι

Επιφανειακοί υδάτινοι πόροι είναι το σύνολο των νερών των ποταμών, των λιμνών, των ελών, των πηγών κλπ. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνεται και το σύνολο των νερών που αποθηκεύεται στα φράγματα.

Ένα μεγάλο μέρος των επιφανειακών υδάτινων πόρων χρησιμοποιείται για αρδεύσεις και ένα άλλο μέρος, με κατάλληλη επεξεργασία, χρησιμοποιείται για οικιακούς και βιομηχανικούς

σκοπούς. Επίσης ένα άλλο μέρος εισχωρεί στο έδαφος και εμπλουτίζει τα υπόγεια υδροφόρα στρώματα, πολύ μικρό μέρος διαπνέεται από τα φυτά που βρίσκονται κοντά στην κοίτη των ποταμών ή εξατμίζεται κατευθείαν από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού των ποταμών. Το υπόλοιπο αποτελεί τη ροή των ποταμών.

Ποταμοί

Οι ποταμοί στην Κύπρο γενικά ρέουν από το Δεκέμβρη μέχρι το τέλος του Μάη και είναι χείμαρροι. Ορισμένοι όμως από αυτούς σε υψόμετρο πάνω από 1.000 μέτρα έχουν ροή και το καλοκαίρι. Το νερό που καταλήγει στους ποταμούς (επιφανειακή απορροή) είναι κατά μέσο όρο 600 εκατομμύρια κυβικά μέτρα. Από αυτό χρησιμοποιείται μόνο το 25% δηλαδή 150 εκατομμύρια κυβικά μέτρα το χρόνο, και τα υπόλοιπα 450 εκατομμύρια κυβικά μέτρα χάνονται στη θάλασσα. Το ποσοστό νερού που χάνεται κάθε χρόνο στη θάλασσα μειώνεται σταθερά, σαν αποτέλεσμα της πολιτικής για ανάπτυξη των υδάτινων πόρων του νησιού και την κατασκευή μεγάλων υδατοφρακτών, στα πλαίσια υδατικών σχεδίων, στους οποίους θα διοχετεύονται τα νερά μεγάλων ποταμών.

Η ποσότητα του νερού που ρέει κάθε χρόνο στους ποταμούς, ο τρόπος και η διάρκεια της ροής, η κατανομή της στο χρόνο, η μέγιστη παροχή και το ποσοστό σε κάθε μια από τις χρήσεις, υπολογίζονται με τις κατάλληλες υδρομετρήσεις και παρατηρήσεις που διενεργεί τακτικά το Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων. Επίσης γίνονται τακτικές μετρήσεις των μεταφερομένων ιζημάτων και της ποιότητας του νερού των ποταμών. Οι μετρήσεις αυτές είναι πρωταρχικής σημασίας, γιατί πάνω σ' αυτές στηρίζονται οι διάφορες μελέτες για τον προγραμματισμό και την αξιοποίηση των επιφανειακών νερών με την κατασκευή των κατάλληλων υδατικών έργων.

Οι μεγαλύτεροι ποταμοί του νησιού πηγάζουν από το Τρόδος, που δέχεται και τη μεγαλύτερη βροχόπτωση απ' όλες τις περιοχές της Κύπρου. Οι περισσότεροι από αυτούς αρχίζουν τη ροή τους βόρεια ή νότια της κορυφογραμμής, η οποία αρχίζει από τη βουνοκορφή του Μαχαιρά στα ανατολικά και συνεχίζεται δυτικότερα προς τις κορφές Σταυρόπευκος, Παπούτσα, Αδελφοί, Τρόδος, Κύκκος και Τρίπυλος.

Οι μεγαλύτεροι ποταμοί της Κύπρου είναι οι ακόλουθοι: 1.Πηδιάς 2.Γιαλιάς 3.Σερράχης 4.Διαρίζος 5.Ξερός Ποταμός 6.Έζουσα 7.Κούρης 8.Ακάκι 9.Χαποτάμι 10.Περιστερώνα 11.Οβγός 12.Τρέμιθος 13.Ελιά 14.Σταυρός της Ψώκας 15.Πεντάσχοινος 16.Καρκώτης 17.Βασιλικός 18.Μαρώνι 19.Γερμασόγεια 20.Ατσάς 21.Λιμνάτης 22.Κρυός 23.Αλυκός 24.Γαρύλλης 25.Σέτραχος 26.Λιμνίτης 27.Ξερός

Από τους πιο πάνω ποταμούς, ο μεγαλύτερος σε μήκος είναι ο Πηδιάς (98 χιλιόμετρα) και ακολουθούν οι ποταμοί Γιαλιάς (88 χιλιόμετρα), Σερράχης (55 χιλιόμετρα), Διαρίζος (42 χιλιόμετρα), Ξερός Ποταμός (41,5 χιλιόμετρα) και Έζουσα (41 χιλιόμετρα) .

Από την οροσειρά του Πενταδακτύλου πηγάζουν μικρά ρυάκια που είτε χύνονται στη θαλάσσια περιοχή της Κερύνειας (Αργάκι των Καραβιών, Καταρράκτης, Κηπιά, Μαυρολίμνη κ.α.), είτε διασχίζουν την κεντρική πεδιάδα και χύνονται στον κόλπο της Μόρφου (Αλουπός και Αργάκι του Παλαιοκάστρου) και στον κόλπο της Αμμοχώστου (Γεροκόλυμπος, Καλαμούλης, Άγιος Σάββας, Γεροπόταμος κ.ά.). Επίσης άλλα ρυάκια που πηγάζουν από τον Πενταδάκτυλο διασχίζουν την κεντρική πεδιάδα και ενώνονται με άλλους κύριους ποταμούς. Μεταξύ των ρυακίων αυτών είναι ο Αλμυρός, που ενώνεται με τον Πηδιά, το ρυάκι Στενώματα που ενώνεται με τον Οβγό κ.ά.

Πηγές

Είναι σημεία της επιφάνειας της γης από όπου αναβλύζει νερό. Οι πηγές μελετούνται με τους επιφανειακούς υδάτινους πόρους γιατί τροφοδοτούν τη ροή των ποταμών καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.

Οι πηγές είναι ζωτικής σημασίας γιατί σε αυτές στηρίζεται η υδατοπρομήθεια μεγάλου αριθμού χωριών, ακόμη και πόλεων, και η άρδευση σημαντικών εκτάσεων γης. Υπάρχουν εκατοντάδες πηγές στην Κύπρο, που είναι σκορπισμένες σε όλη της την έκταση. Οι μεγάλες πηγές της Κύπρου είναι κάπου 300. Μετρούνται τακτικά ογκομετρικώς εκτός από ορισμένες στις οποίες υπάρχουν εγκατεστημένοι αυτόματοι μετρητές. Ταυτόχρονα με τις μετρήσεις παροχής των πηγών γίνεται και δειγματοληψία για να εξεταστεί ο χημικός και βιολογικός τους χαρακτήρας.

Οι μεγάλες πηγές ονομάζονται κεφαλόβρυσα και συχνά κοντά σ' αυτές βρίσκονται και άλλες μικρότερες. Τα κυριότερα κεφαλόβρυσα της Κύπρου είναι εκείνα της Κυθρέας, της Λαπήθου και του Καραβά, που βρίσκονται στην κατεχόμενη από τα τουρκικά στρατεύματα εισβολής περιοχή της Κύπρου. Τα τρία κεφαλόβρυσα δημιουργήθηκαν στην περιοχή του υδροφόρου στρώματος των ασβεστόλιθων του Πενταδακτύλου. Οι ασβεστόλιθοι της οροσειράς περιβάλλονται από τους διαπεράτους σχηματισμούς του φλύσχη και των μαργαϊκών κρητίδων. Λόγω της τεκτονικής του δομής το υδροφόρο στρώμα των ασβεστόλιθων χωρίζεται σε διαμερίσματα όπου συσσωρεύονται τα νερά της βροχής. Οι υπόγειες αυτές δεξαμενές τροφοδοτούν τις μεγάλες πηγές της οροσειράς και ιδιαίτερα τα τρία μεγάλα κεφαλόβρυσα.

Κεφαλόβρυσο Κυθρέας: Είναι η μεγαλύτερη πηγή νερού της Κύπρου. Βρίσκεται περί τα 3 χμ. βόρεια του χωριού Κυθρέα, στη διοικητική έκταση του οποίου περιλαμβάνεται. Η πηγή, που βρίσκεται σε υψόμετρο 264 μέτρων περίπου, διαδραμάτισε πριν από την τουρκική εισβολή σημαντικό ρόλο στην όλη οικονομική ανάπτυξη και ευημερία της περιοχής Κυθρέας. Η μέση ημερήσια παροχή του κεφαλόβρυσου κατά την περίοδο 1945-1971 ήταν 13.000 μ³ νερού. Από αυτά, 680 μ³ περίπου χρησιμοποιούνταν για την υδατοπρομήθεια της Κυθρέας και των γύρω χωριών και άλλα 650-1.000 μ νερού για την ύδρευση ορισμένων χωριών της Μεσαορίας. Η υπόλοιπη παροχή

νερού χρησιμοποιούνταν για σκοπούς άρδευσης των κήπων των εσπεριδοειδών και άλλων αρδευομένων καλλιεργειών της Κυθρέας.

Κεφαλόβρυσο Λαπήθου: Βρίσκεται στη βόρεια πλευρά του Πενταδακτύλου, σε υψόμετρο 259 μέτρων. Το κεφαλόβρυσο, που βρίσκεται μέσα στη διοικητική έκταση του χωριού Λάπηθος, είναι η δεύτερη μεγαλύτερη σε απόδοση πηγή της Κύπρου. Η μέση ημερήσια απόδοση του κεφαλόβρυσου κατά την περίοδο 1955-1971 ήταν 3.500 μ³ περίπου. Υπολογίζεται ότι το 5% της ημερήσιας παροχής νερού χρησιμοποιούνταν για την ύδρευση της Λαπήθου και το 95% για την άρδευση των κήπων των εσπεριδοειδών του χωριού.

Κεφαλόβρυσο Καραβά: Βρίσκεται στη βόρεια πλευρά του Πενταδάκτυλου, σε υψόμετρο 186 μέτρων. Το κεφαλόβρυσο, που βρίσκεται στη διοικητική έκταση του χωριού Καραβάς, είναι η τρίτη μεγαλύτερη σε απόδοση πηγή της Κύπρου. Η μέση ημερήσια απόδοσή του κατά την περίοδο 1955-1971 ήταν γύρω στα 2.850 μ³ νερού. Από αυτά ποσοστό 7% περίπου χρησιμοποιούνταν για την ύδρευση του Καραβά και το υπόλοιπο για σκοπούς άρδευσης του χωριού.

Μικρότερης απόδοσης πηγές που φέρουν την ονομασία κεφαλόβρυσο υπάρχουν και σε άλλες περιοχές της Κύπρου. Οι κυριότερες από αυτές είναι:

Κεφαλόβρυσο Πάνω Κιβίδων: Το κεφαλόβρυσο βρίσκεται σε υψόμετρο 390 περίπου μέτρων, μέσα στην έκταση του χωριού Πάνω Κιβίδες. Η μέση ημερήσια απόδοσή του κατά την περίοδο 1969-1973 ήταν 1.380 μ³ νερού.

Κεφαλόβρυσο της Κρήτου Τέρρα: Βρίσκεται στην περιοχή του χωριού Κρήτου Τέρρα, σε υψόμετρο 450 μέτρων. Κατά την περίοδο 1966-1973 η μέση ημερήσια παροχή του ήταν 1.120 μ³ περίπου.

Κεφαλόβρυσο Καλού Χωριού Μόρφου: Πρόκειται για πηγή νερού στην περιοχή του κατεχόμενου χωριού Καλό Χωριό (Καπούτι), σε υψόμετρο 140 μέτρων. Η μέση ημερήσια απόδοσή του κατά την περίοδο 1966-1970 ήταν γύρω στα 600 μ³ νερού.

Κεφαλόβρυσο Πέλλα Παίς: Βρίσκεται στην περιοχή του κατεχόμενου χωριού Πέλλα Παίς, σε υψόμετρο 262 μέτρων. Το κεφαλόβρυσο είχε κατά την περίοδο 1967-1971 μέση ημερήσια απόδοση 430 μ³ νερού.

Κεφαλόβρυσο Παλαιομούλου: Είναι πηγή νερού στην περιοχή του κατεχόμενου χωριού Λάρνακας της Λαπήθου, σε υψόμετρο 192 μέτρων. Η μέση ημερήσια απόδοση της πηγής κατά την περίοδο 1964-1971 ήταν 180 μ³ νερού.

Κεφαλόβρυσο Πάνω Πλατρών: Βρίσκεται στην περιοχή του χωριού Πάνω Πλάτρες, σε υψόμετρο 1.280 μέτρων. Η μέση ημερήσια απόδοσή του κατά την περίοδο 1966-1979 ήταν 370 μ³ νερού.

Σε παλαιότερες εποχές, τα μεγάλα κεφαλόβρυσια, δηλαδή εκείνα της Κυθρέας, της Λαπήθου και του Καραβά, εκτός από την ύδρευση και την άρδευση των γύρω από αυτά περιοχών, είχαν διαδραματίσει ζωτικό ρόλο στην οικονομία των χωριών στα οποία βρίσκονται και με άλλες χρήσεις:

Τα κεφαλόβρυσα αυτά αποτελούσαν την κινητήρια δύναμη αρκετών νερόμυλων που βρίσκονταν κατά μήκος της κοίτης όπου έρεε το νερό τους. Φημισμένοι νερόμυλοι-αλευρόμυλοι ήταν τόσο εκείνοι της Κυθρέας, που εξυπηρετούσαν ολόκληρη την γύρω περιοχή, όσο κι εκείνοι της Λαπήθου και του Καραβά.

Επίσης, οι πηγές αυτές ήταν πόλος έλξης επισκεπτών. Ιδίως στο κεφαλόβρυσο της Κυθρέας, που βρίσκεται πλησιέστερα προς τη Λευκωσία, πολλοί κάτοικοι της πρωτεύουσας πήγαιναν τακτικά χρησιμοποιώντας το ως εκδρομικό χώρο. Φυσικά εξαιτίας του άφθονου νερού που ρέει ολόχρονα, η βλάστηση κοντά στα κεφαλόβρυσα αυτά και κατά μήκος της κοίτης των νερών τους είναι πλούσια. Εξαιτίας της σημασίας (κυρίως οικονομικής) της ύπαρξης των κεφαλόβρυσων, δημιουργήθηκαν γύρω από αυτά σε παλαιότερες εποχές θρύλοι και παραδόσεις. Για τα μεγάλα κεφαλόβρυσα του Πενταδακτύλου, και ιδίως εκείνο της Κυθρέας, επικρατούσε η εντύπωση ότι το νερό ερχόταν από την Καραμανιά της Μικράς Ασίας, από τα βουνά του Ταύρου. Αρκετοί μάλιστα αφηγούνται ότι δήθεν αντικείμενα που είχαν χαθεί στη Μικρά Ασία, είχαν εκβραστεί από τα κεφαλόβρυσα στην Κύπρο. Βέβαια η θρυλούμενη υπόγεια σύνδεση των κεφαλόβρυσων με τη Μικρά Ασία δεν ευσταθεί. Στην περιοχή της Κυθρέας βρισκόταν η πανάρχαιη κυπριακή πόλη των Χύτρων, που φαίνεται ότι και γι' αυτήν είχε σπουδαία σημασία το άφθονο και συνεχές νερό του κεφαλόβρυσου, όπως και για την αρχαία Λάπηθο.

Στην περιοχή των Χύτρων βρέθηκαν διάφορες επιγραφές. Μια απ' αυτές, των Ελληνιστικών χρόνων, χαραγμένη στη βάση αγάλματος της Βασίλισσας Αρσινόης Φιλαδέλφου, την αναφέρει ως Αρσινόην Φιλάδελφον Ναϊάδα. Το χαρακτηριστικό επίθετο Ναϊάς που χρησιμοποιήθηκε εδώ σημαίνει Νεράιδα του νερού, πράγμα που φανερώνει τη σημασία η οποία αποδιδόταν στην πηγή του κεφαλόβρυσου που βρίσκεται εκεί.

Λίμνες

Οι βασικές λίμνες της Κύπρου είναι η αλυκή της Λάρνακας και η αλυκή της Λεμεσού. Η πρώτη βρίσκεται στα νότια της πόλης της Λάρνακας και η δεύτερη στη χερσόνησο του Ακρωτηρίου, στα νοτιοδυτικά της πόλης της Λεμεσού. Σε πρόσφατους τοπογραφικούς χάρτες ωστόσο εμφανίζεται και μια τρίτη λίμνη, εκείνη του Παραλιμνίου, η οποία βρίσκεται στα δυτικά του ομώνυμου οικισμού. Πρόκειται για μια σχετικά αβαθή λεκάνη στην οποία συλλέγονται τα νερά της βροχής και των μικρών ρυακιών του χειμώνα. Η αλμυρότητα της λίμνης οφείλεται στα άλατα που βρίσκονται στις αργίλους της καθώς και στη μεγάλη εξάτμιση που επικρατεί. Το περισσότερο διάστημα του χρόνου η λίμνη είναι χωρίς νερό.

Φράγματα

Οι περιορισμένοι υδάτινοι πόροι του νησιού και οι αυξανόμενες υδατικές ανάγκες για αρδευτικούς, οικιστικούς, βιομηχανικούς και τουριστικούς σκοπούς, οδήγησε στην κατασκευή υδατοφρακτών για αύξηση των υδατικών αποθεμάτων και προώθηση της ορθολογιστικής τους χρησιμοποίησης. Από το 1900 κατασκευάστηκε στο χωριό Κούκλια, της επαρχίας Αμμοχώστου, φράγμα χωρητικότητας 4.545.000 μ³. Μέχρι το 1980 η συνολική χωρητικότητα των φραγμάτων της Κύπρου ήταν 65 περίπου εκατομμύρια κυβικά μέτρα, ενώ το 1985 έφτασε τα 151 εκατομμύρια κυβικά μέτρα. Υπολογίζεται ότι μέχρι το 1990 η συνολική χωρητικότητα των φραγμάτων της Κύπρου θα φτάσει τα 290 περίπου εκατομμύρια κυβικά μέτρα.

Το μεγαλύτερο φράγμα της Κύπρου είναι εκείνο στον ποταμό Κούρη, χωρητικότητας 115 εκατομμυρίων μ³, η κατασκευή του οποίου συμπληρώθηκε το 1988. Το φράγμα κατασκευάστηκε στα πλαίσια της πρώτης φάσης του αρδευτικού σχεδίου του Νότιου Αγωγού. Μερικά άλλα αξιόλογα φράγματα κατασκευάστηκαν επίσης, πρόσφατα, στα πλαίσια μεγάλων υδατικών και αναπτυξιακών έργων. Το φράγμα του Ασπρόκρεμμυ, χωρητικότητας 51 εκ. μ³, αποτελεί την κύρια πηγή νερού του αρδευτικού σχεδίου της Πάφου. Τα φράγματα της Καλαβασού, χωρητικότητας 17 εκ. μ³, και του Διπόταμου, χωρητικότητας 15 εκ. μ³, κατασκευάστηκαν στα πλαίσια του αρδευτικού σχεδίου του Βασιλικού-Πεντάσχοινου. Ο υδατοφράκτης Ξυλιάτου, χωρητικότητας 1,3 εκ. μ³, κατασκευάστηκε στα πλαίσια του σχεδίου Ενιαίας Αγροτικής Αναπτύξεως Πιτσιλιάς. Τέλος, στα πλαίσια του αρδευτικού σχεδίου Χρυσοχούς κατασκευάστηκε το φράγμα της Ευρέτου, χωρητικότητας 25 εκ. μ³, ενώ ταυτόχρονα προγραμματίζεται η κατασκευή δεύτερου φράγματος πάνω στον ποταμό Έζουσα, χωρητικότητας 8 εκ. μ³.

Τα κυριότερα φράγματα της Κύπρου που κατασκευάστηκαν από το 1900 μέχρι το 1987 καθώς και η χωρητικότητα και ο χρόνος συμπλήρωσής τους δίνονται πιο κάτω:

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗΣ	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ (1.000 μ ³)
Κούκλια	1900	4.545
Λύμπια	1945	18 3
Λυθροδόντας	1945	32
Καλό Χωριό Κλήρου	1947	82
Ακρούντα	1947	23
Γαληνή	1947	23
Πέτρα	1948	32
Πέτρα (δεύτερο φράγμα)	1951	23
Λυθροδόντας	1952	32

Καφίζες	1953	113
Άγιος Λουκάς	1955	455
Γύψου	1955	100
Καντού	1956	34
Πέρα Πεδί	1956	55
Πύργος	1957	285
Τριμήκλινη	1958	340
Πρόδρομος	1962	122
Μόρφου	1962	1.879
Λεύκα	1962	368
Κιόνελλι	1962	1.045
Αθαλάσσα	1962	791
Κανλί	1963	1.113
Αργάκα	1964	1.150
Μια Μηλιά	1964	355
Οβγός	1964	845
Τρέμιθος	1964	1.614
Αγρός	1964	99
Λιοπέτρι	1964	340
Πολεμίδα	1965	3.864
Αγία Μαρίνα (Χρυσοχούς)	1965	311
Καλοπαναγιώτης	1966	391
Μαυροκόλυμπος	1966	2.180
Πωμός	1966	859
Γερμασόγεια	1968	13.600
Σύγκραση	1968	1.115
Λεύκαρα	1973	13.850
Μάσαρι	1973	2.273
Παλαιχώρι-Καμπί	1973	620

Αρακαπάς	1975	130
Λύμπια	1977	220
Ξυλιάτο	1982	1.300
Ασπρόκρεμμος	1982	51.000
Καλαβασός	1984	17.000
Διπόταμος	1984	15.000
Ευρέτου	1986	25.000
Κούρης	1989	115.000

Υπόγειοι υδατικοί πόροι

Τα υπόγεια νερά είναι αποθηκευμένα μέσα σε κατάλληλα υδροφόρα στρώματα (υδροφορείς) του υπεδάφους. Τα υδροφόρα αυτά στρώματα έχουν συνήθως μικρό πάχος που σπάνια ξεπερνά τα 100 μέτρα. Αποτελούνται κυρίως από ποτάμιες αποθέσεις, ασβεστολιθικούς ψαμμίτες, ασβεστόλιθους και καρστοποιημένους γύψους.

Οι υπόγειοι υδάτινοι πόροι είναι μεγάλης σημασίας για την οικονομία του νησιού, ιδιαίτερα για τη γεωργική ανάπτυξη. Κατά τους θερινούς μήνες που δεν πέφτει βροχή και η ροή των ποταμών σταματά, μεγάλες γεωργικές εκτάσεις αρδεύονται με άντληση από τα υπόγεια νερά. Εξάλλου η ύδρευση των πόλεων και χωριών της Κύπρου στηρίζεται, σε μεγάλο βαθμό, στα υπόγεια νερά.

Ο ετήσιος εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων είναι περίπου 350 εκατομμύρια κυβικά μέτρα. Δυστυχώς τα περισσότερα υδροφόρα στρώματα υπεραντλούνται με αποτέλεσμα τη διεύδυση θαλάσσιου νερού στις παράκτιες περιοχές. Στην Κύπρο υπάρχουν περί τις 20 χιλιάδες διατρήσεις από τις οποίες αντλούνται κάπου 430 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού το χρόνο, δηλαδή 3% περισσότερο του εμπλουτισμού. Η αρδευόμενη έκταση γης από διατρήσεις το 1985 ανερχόταν στα 20.000 εκτάρια περίπου.

Τα κυριότερα υδροφόρα στρώματα της Κύπρου είναι τα ακόλουθα:

1. Υδροφόρο στρώμα Δυτικής Μεσαορίας (Μόρφου)

Είναι το σημαντικότερο υδροφόρο στρώμα της Κύπρου, η άντληση από το οποίο συνέβαλε στην άρδευση των εκτεταμένων κήπων εσπεριδοειδών της πεδιάδας της Μόρφου. Αποτελείται από αμμοχάλικα και ασβεστολιθικούς ψαμμίτες με παρεμβολές από φακούς ιλύος και αργίλου. Ο εμπλουτισμός του υδροφόρου στρώματος γίνεται κυρίως από τους ποταμούς που το διασχίζουν.

Το πάχος του υδροφορέα κυμαίνεται μεταξύ 30 και 100 μέτρων και αυξάνεται από τα ανατολικά προς τα δυτικά. Το ανατολικό τμήμα αποτελείται από ασβεστολιθικούς ψαμμίτες και οι

παροχές των γεωτρήσεων κυμαίνονται μεταξύ 10 και 50 κυβικών μέτρων την ώρα. Το δυτικό τμήμα του υδροφορέα έχει καλύτερες υδραυλικές ιδιότητες και οι παροχές των γεωτρήσεων κυμαίνονται από 50 μέχρι 250 κυβικά μέτρα την ώρα.

Ο μέσος ετήσιος εμπλουτισμός του υδροφορέα είναι 60 περίπου εκατομμύρια κυβικά μέτρα και η άντληση 80 εκατομμύρια κυβικά μέτρα. Σαν αποτέλεσμα της υπεράντλησης παρατηρήθηκε εισροή θαλάσσιου νερού σε παράκτιες περιοχές. Χαρακτηριστικά στην περιοχή κοντά στη Μόρφου, η στάθμη του υπόγειου νερού είναι 1 -25 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Από το 1974 το μεγαλύτερο τμήμα του υδροφόρου στρώματος βρίσκεται κάτω από τουρκική στρατιωτική κατοχή και δεν υπάρχουν πληροφορίες για τη σημερινή του κατάσταση.

2. Υδροφόρο στρώμα Νοτιοανατολικής Μεσαορίας (Κοκκινοχωριών)

Είναι το δεύτερο σημαντικότερο υδροφόρο στρώμα της Κύπρου. Καλύπτει έκταση 500 τετραγωνικών χιλιομέτρων και αποτελείται από ασβεστολιθικούς ψαμμίτες, ασβεστόλιθους και προσχώσεις. Εμπλουτίζεται, σχεδόν αποκλειστικά, από την ετήσια βροχόπτωση αφού δεν υπάρχουν μεγάλοι χείμαρροι που να το εμπλουτίζουν το χειμώνα.

Το υδροφόρο στρώμα των Κοκκινοχωριών γνώρισε, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, εντατική εκμετάλλευση. Σ' αυτό έχουν ανορυχθεί πάνω από 16.000 διατρήσεις, από τις οποίες περισσότερες από τις μισές είναι παράνομες. Το 1985 αρδεύονταν στα Κοκκινοχώρια από διατρήσεις κάπου 7.000 εκτάρια γης. Ο μέσος ετήσιος εμπλουτισμός του υδροφορέα είναι 25 εκατομμύρια κυβικά μέτρα και η άντληση 50 εκατομμύρια. Σαν αποτέλεσμα της υπεράντλησης έχει προκληθεί εισροή θαλάσσιου νερού στο υδροφόρο στρώμα και πολλές διατρήσεις εγκαταλείφθηκαν.

3. Υδροφόρο στρώμα Ακρωτηρίου-Κούρη

Είναι το τρίτο σημαντικότερο υδροφόρο στρώμα της Κύπρου. Καλύπτει έκταση 42 τετραγωνικών χιλιομέτρων και το πάχος του είναι 30 περίπου μέτρα. Αποτελείται από αμμοχάλικα με φακοειδείς παρεμβολές ιλύος και αργίλων. Οι παροχές των γεωτρήσεων κυμαίνονται από 50 μέχρι 300 κυβικά μέτρα την ώρα. Ο ετήσιος εμπλουτισμός του στρώματος είναι 22 εκατομμύρια κυβικά μέτρα και η άντληση 17 εκατομμύρια κυβικά μέτρα. Ωστόσο λόγω τοπικής υπεράντλησης παρατηρήθηκε εισροή θαλάσσιου νερού στο νοτιοανατολικό του τμήμα.

4. Υδροφόρο στρώμα των ασβεστολίθων του Πενταδακτύλου

Καλύπτει έκταση 69 περίπου τετραγωνικών χιλιομέτρων και τροφοδοτεί τις μεγάλες πηγές της οροσειράς του Πενταδακτύλου, ιδιαίτερα τα κεφαλόβρυσια της Κυθρέας, της Λαπήθου και του Καραβά. Ο μέσος ετήσιος εμπλουτισμός του υδροφόρου στρώματος είναι 11 εκατομμύρια κυβικά μέτρα. Από αυτά, 8 περίπου εκατομμύρια αντιπροσωπεύουν τη ροή των μεγάλων πηγών της

οροσειράς, 1,3 περίπου εκατομμύρια την άντληση νερού από τις γεωτρήσεις που ανορύχθηκαν, και το υπόλοιπο αντιπροσωπεύει τη ροή πολύ μικρών πηγών και υγράνσεων.

Το υδροφόρο στρώμα των ασβεστολίθων του Πενταδακτύλου είναι μεγάλης σπουδαιότητας γιατί σ' αυτό στηρίζεται η υδατοπρομήθεια της πόλης της Κερύνειας, πολλών χωριών της επαρχίας και των τουριστικών της εγκαταστάσεων, καθώς και μέρους της πόλης της Λευκωσίας. Για την προστασία του υδροφόρου στρώματος, η κυπριακή κυβέρνηση είχε ετοιμάσει ειδικό πρόγραμμα για έλεγχο της ροής των πηγών. Εξάλλου, πριν από την τουρκική εισβολή του 1974 έγιναν από την κυβέρνηση στην περιοχή βαθιές διατρήσεις με πολύ καλά αποτελέσματα. Από το 1974 βρίσκεται υπό τουρκική στρατιωτική κατοχή.

5. Υδροφόρο στρώμα Κεντρικής Μεσαορίας

Αποτελείται από πλειοκαινικές και πλειστοκαινικές αποθέσεις και καλύπτει έκταση 200 περίπου τετραγωνικών χιλιομέτρων. Το πάχος του κυμαίνεται μεταξύ 20 και 100 μέτρων. Περιλαμβάνει σύστημα διαφόρων υδροφόρων οριζόντων, πολλοί από τους οποίους παρέχουν αλμυρό ή ακατάλληλο νερό για υδρευτικούς και αρδευτικούς σκοπούς. Στους υδροφόρους ορίζοντες που η ποιότητα του νερού είναι καλή παρουσιάζεται μια σχετική υπεράντληση.

6. Υδροφόρο στρώμα παράκτιας ζώνης Κερύνειας

Καλύπτει έκταση 160 περίπου τετραγωνικών χιλιομέτρων και αποτελείται από πλειοκαινικές και πλειστοκαινικές αποθέσεις. Από το υδροφόρο αυτό στρώμα, που το πάχος του δεν ξεπερνά τα 30 μέτρα, χάνονται υπογείως περίπου 16 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού στη θάλασσα.

7. Υδροφόρο στρώμα πόλης Χρυσοχούς

Αποτελείται από ποτάμιες αποθέσεις, μειοκαινικούς γύψους και ψαμμίτες και καλύπτει έκταση 75 περίπου τετραγωνικών χιλιομέτρων. Η υδρογεωλογία του υδροφόρου αυτού στρώματος δεν είναι ακριβώς γνωστή. Υπολογίζεται ότι από αυτό χάνονται υπογείως περίπου 20 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού το χρόνο.

8. Υδροφόρο στρώμα Κιτίου- Περβολιών- Μενεού

Το στρώμα αυτό καλύπτει έκταση 12 περίπου τετραγωνικών χιλιομέτρων και το πάχος του κυμαίνεται μεταξύ 5 και 30 μέτρων. Το δυτικό του σύνορο αρχίζει περί το μισό μέχρι ένα χιλιόμετρο δυτικά του ποταμού Τρέμιθου, ενώ το ανατολικό του σύνορο φτάνει μέχρι την αλυκή της Λάρνακας. Αποτελείται από αλλουβιακές και πλειστοκαινικές αποθέσεις ενώ λόγω υπεράντλησης παρατηρήθηκε εισροή θαλάσσιου νερού σ' αυτό.

9. Υδροφόρο στρώμα παράκτιας ζώνης Πάφου

Αποτελείται από αποθέσεις θαλάσσιων αναβαθμίδων καθώς και αποθέσεις των σχηματισμών Λευκωσίας και Αθαλάσσης. Το πάχος του υδροφόρου στρώματος δεν ξεπερνά τα 8 μέτρα ενώ η έκταση που καλύπτει είναι 49 περίπου τετραγωνικά χιλιόμετρα. Η γεωλογική κατασκευή του υδροφόρου στρώματος, η θέση του και οι μεγάλες κλίσεις του υδροφόρου ορίζοντα συνέβαλαν ώστε από τον ετήσιο εμπλουτισμό, πέντε περίπου εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού να χάνονται στη θάλασσα.

10. Υδροφόρα στρώματα ποτάμιων αποθέσεων Έζουσας, Ξερού Ποταμού και Διαρίζου στην Πάφο

Πρόκειται για τρία μικρά υδροφόρα στρώματα που σχηματίστηκαν από τις ολοκαινικές ποτάμιες αποθέσεις της Έζουσας (9 τετρ.χιλιόμετρα), του Ξερού Ποταμού (10,2 τετρ. χιλιόμετρα) και του Διαρίζου (7,5 τετρ. χιλιόμετρα) . Το πάχος των αποθέσεων των τριών ποταμών ποικίλλει αλλά δεν ξεπερνά τα 35 μέτρα. Ο εμπλουτισμός των υδροφόρων στρωμάτων εξαρτάται από τη ροή των τριών ποταμών κατά τον προηγούμενο χρόνο. Μπορεί όμως να λεχθεί ότι σχεδόν κάθε χρόνο και τα τρία στρώματα εμπλουτίζονται πλήρως.

11. Υδροφόρο στρώμα Πισσουρίου-Παραμαλίου

Αποτελείται από 4 ζώνες: την παράκτια ζώνη, τη ζώνη των γύψων, τη ζώνη των ψαμμιτών και κρητίδων και τη ζώνη των κρητίδων. Η αντλούμενη ποσότητα νερού από τη ζώνη των γύψων και την παράκτια ζώνη είναι μικρή και εξαρτάται από τη ροή του ποταμού Χαποτάμι ο οποίος τις εμπλουτίζει. Η υδρογεωλογία των υπόλοιπων ζωνών δεν είναι ακριβώς γνωστή.

12. Υδροφόρο στρώμα του ποταμού της Γερμασόγειας

Το μικρό αυτό υδροφόρο στρώμα, έκτασης 5 τετραγωνικών χιλιομέτρων, αποτελείται από ολοκαινικές ποτάμιες αποθέσεις του ποταμού της Γερμασόγειας. Το πάχος του στρώματος είναι 25 μέτρα και ο εμπλουτισμός του εξαρτάται από τις ποσότητες που αφήνονται από το φράγμα της Γερμασόγειας.

13. Υδροφόρο στρώμα Μαρωνιού-Αλαμινού

Αρτεσιανό υδροφόρο στρώμα με καλές προοπτικές, το οποίο δεν έχει ακόμη υποστεί εντατική εκμετάλλευση. Αποτελείται από αποθέσεις του σχηματισμού Πάχνας (εναλλασσόμενες στρώσεις κιμωλιών, μαργών και ψαμμιτών) .

14. Υδροφόρο στρώμα Λάπαθου

Πρόκειται για μικρό υδροφόρο στρώμα στην περιοχή του χωριού Λάπαθος Αμμοχώστου, που αποτελείται από πλειοκαινικές και πλειστοκαινικές αποθέσεις. Εξαιτίας της υπεράντλησης το υδροφόρο στρώμα έχει σχεδόν αποξηρανθεί.

15. Υδροφόρο στρώμα Αγίου Ανδρονίκου

Μικρό υδροφόρο στρώμα στην περιοχή του Αγίου Ανδρονίκου της Καρπασίας. Λόγω της υπεράντλησης έχει πέσει η στάθμη ολόκληρου του υδροφόρου στρώματος.

16. Υδροφόρο στρώμα Ριζοκαρπάσου

Μικρό υδροφόρο στρώμα στην περιοχή του Ριζοκαρπάσου, που αποτελείται από πλειοκαινικές και πλειστοκαινικές αποθέσεις. Μέρος του υδροφόρου στρώματος ήταν, μέχρι την τουρκική εισβολή του 1974, ανεκμετάλλευτο.

17. Υδροφόρο στρώμα Τροόδους

Μέχρι το 1968 πιστευόταν ότι τα εκρηξιγενή πετρώματα του Τροόδους δεν είχαν καμιά υδρογεωλογική σημασία και το Ινστιτούτο Γεωλογικών Επιστημών της Μεγάλης Βρετανίας είχε αποφανθεί ότι ήταν αδύνατο να ανορυχθούν γεωτρήσεις με παροχή μεγαλύτερη από 4 κυβικά μέτρα την ώρα. Ωστόσο το Τμήμα Γεωλογικής Επισκοπήσεως της Κύπρου είχε αντίθετη άποψη και από το 1976 άρχισε μια συστηματική υδρογεωλογική έρευνα των εκρηξιγενών πετρωμάτων του Τροόδους. Μέχρι σήμερα έχουν ανορυχθεί πάνω από 150 γεωτρήσεις σε βάθος 150-200 μέτρων με πολύ καλά αποτελέσματα. Οι περισσότερες γεωτρήσεις έγιναν μέσα στους γάββρους και αρκετές από αυτές είχαν απόδοση 20-250 κυβικά μέτρα την ώρα.

Γενικά στοιχεία Φράγματος Κούρη

Το φράγμα του Κούρη βρίσκεται γύρω στα 10 χιλιόμετρα ΒΔ της παράλιας πόλης της Λεμεσού. Σχηματίζει μια δεξαμενή με χωρητικότητα 115 εκατομμυρίων m³ η οποία αποτελεί το βασικό συστατικό αποθήκευσης του Συστήματος του Νοτίου Αγωγού το οποίο προμηθεύει με νερό το 70% της ελεγχόμενης από την κυβέρνηση περιοχή της Κύπρου. Το Σύστημα αποτελείται από ένα αριθμό δεξαμενών, διωλιστηρίων νερού, σταθμών άντλησης, διχτύων άρδευσης κλπ, και όλα αυτά είναι συνδεδεμένα με τις σωλήνες του κύριου νότιου αγωγού που έχει μήκος 110 χλμ και ο οποίος απλώνεται κατά μήκος της νότιας ακτής του νησιού. Το φράγμα ολοκληρώθηκε στα τέλη του 1988, αλλά η συγκέντρωση νερού άρχισε το 1987 ενώ το φράγμα ήταν ακόμα υπό κατασκευή. Αποτέλεσμα αυτής της πρώτης εισροής νερού παρατηρήθηκαν σημαντικές διαρροές τόσο στο αριστερό όσο και στο δεξιό αντέρειαμα.

Το σχέδιο εκτέλεσης του φράγματος του Κούρη ενσωματώνει μια στοά με τσιμέντο που απλώνεται κατά μήκος του άξονα του φράγματος και εκτείνεται μέχρι τα αντερείσματα. Κατά τη διάρκεια του πρώτου εγκλεισμού έγιναν διορθωτικές ενισχύσεις με τσιμέντο από το εσωτερικό αυτής της στοάς προς το αριστερό αντέρειαμα και οι διαρροές μειώθηκαν σημαντικά. Στο δεξιό

αντέρεισμα κατασκευάστηκε στοά αποχέτευσης σε χαμηλότερα υψόμετρα για να μειώσει τις πιέσεις των υδάτινων πόρων.

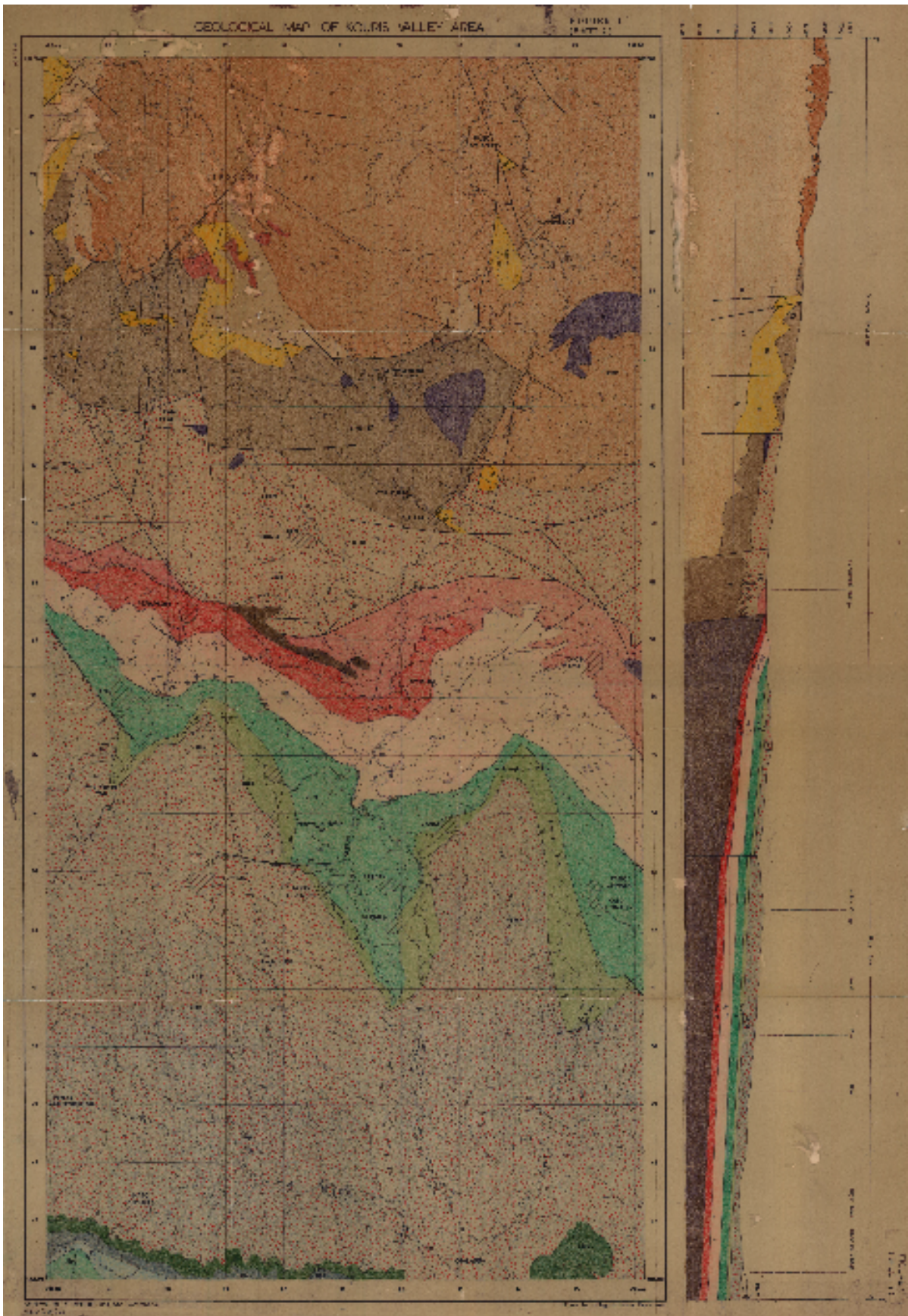


Τα επίπεδα του νερού στη δεξαμενή παρέμειναν χαμηλά για περισσότερο από μια δεκαετία και το καλοκαίρι του 2001 η δεξαμενή ήταν στην πράξη άδεια. Το φράγμα υπερεκχείλισε για πρώτη φορά το 2004 ως αποτέλεσμα τριών διαδοχικών υγρών χειμώνων, δηλαδή του 2001-2, 2002-3 και 2003-4. Στο πλήρες επίπεδο τροφοδότησης, οι διαρροές στο αριστερό αντέρεισμα και την κοίτη του ποταμού ήταν αποδεκτές, αλλά εκείνες στο δεξιό αντέρεισμα θεωρήθηκαν υπερβολικές. Για τεχνικούς και οικονομικούς λόγους αποφασίστηκε να ξεκινήσει μια νέα εκστρατεία ενίσχυσης με τσιμεντό από το εσωτερικό της τσιμεντένιας στοάς προκειμένου να μειώσουμε τις διαρροές και τις πιέσεις των υδάτινων πόρων στο δεξιό αντέρεισμα. Η εργασία διεξήχθη κάτω από δύσκολες συνθήκες με ειδικά εφόδια που μπορούν να λειτουργήσουν σε περιορισμένους χώρους. Η εκστρατεία αποδεικνύεται επιτυχής και καταλήγει σε μια δραματική μείωση των διαρροών.

Γενική περιγραφή των γεωλογικών συνθηκών

Το φράγμα θεμελιώθηκε σε τρεις διακρινόμενες λιθολογικές ομάδες, δηλαδή τους Ασβεστόλιθους της Άλασσας που απαντώνται στην κορυφή των αντερεισμάτων του φράγματος, τους Τραχείς Ασβεστόλιθους και τους Αμμόλιθους που απαντώνται στο κεντρικό και κατώτερο τμήμα των δυο αντερεισμάτων και τους Λεπτούς Ασβεστόλιθους που απαντώνται στην κοίτη του

ποταμού κάτω από το επίπεδο θεμελίωσης. Και οι τρεις ομάδες είναι διαδοχικές κι έχουν μια βύθιση γύρω στους 5 ° στην κατεύθυνση B160°A και μια εμφανή βύθιση γύρω στους 2° από το δεξιό προς το αριστερό αντέρεισμα, κατά μήκος του άξονα του φράγματος, ο προσανατολισμός του οποίου είναι κατά προσέγγιση B110° A.



Οι Ασβεστόλιθοι της Άλασσας σχηματίζουν μια ομάδα, που αποτελείται από σχετικά ισχυρές, ισχυρές ασβεστολιθικές κιμωλίες, τραχέα ιζηματογενή πετρώματα, κατώτερα αραιά πολυστρωματικά ιζηματογενή πετρώματα, πολύ μικρότερους πλίνθους και πολύ λεπτόκοκκους αμμόλιθους.

Η ομάδα του Τραχέος Ασβεστόλιθου και Αμμόλιθου έχει συνολικό πάχος από 70 μέχρι 80 μέτρα και αποτελείται από 10-20 διάμεσα στερεωμένες στρώσεις τραχέων ασβεστόλιθων και αμμόλιθων και λεπτόκοκκους ασβεστόλιθους και αμμόλιθους. Το τσιμέντωμα των κοιτών ποικίλλει και κατά τόπους συναντώνται κοίτες από άμμο.

Η ομάδα του Λεπτού Ασβεστόλιθου κυριαρχείται από λεπτούς μέχρι τραχείς αμμόλιθους και σύνθετες μάζες από ιζηματογενή πετρώματα στρωματικής υφής και κάποια κομμάτια από καφέ αργιλίτη.

Η τοποθεσία του φράγματος κυριαρχείται από δυο κύριες ομάδες αρμών, οι οποίοι τέμνουν αλλήλους σχεδόν σε ορθές γωνίες. Η αποτύπωση της πρώτης ομάδας αρμών συμπίπτει περίπου με την αποτύπωση των επιπέδων θεμελίωσης των λιθολογικών ομάδων και αναφέρεται ως « αποτύπωση ομάδας αρμών ». Η αποτύπωση της δεύτερης ομάδας αρμών συμπίπτει σχεδόν με τη γενική δομική βύθιση της περιοχής και γι' αυτό αναφέρεται ως « βύθιση της ομάδας αρμών ». Η βύθιση και των δυο ομάδων ποικίλλει μεταξύ των 80 και 90° , δηλαδή σχεδόν κάθετοι « αποτυπωμένοι αρμοί » κυριαρχούν λίγο περισσότερο από τους «βυθισμένους αρμούς » και οι αποστάσεις μεταξύ τους ποικίλλουν από 0.2 μέχρι 1,0 μέτρα.

Στην ομάδα του Τραχέος Ασβεστόλιθου (ειδικά στο δεξιό αντέρεισμα), οι αρμοί είναι ανοικτοί πιο κοντά στην επιφάνεια και τείνουν να εξαφανίζονται σε διάφορα βάθη. Η ενίσχυση της τάσης στο δεξιό αντέρεισμα θεωρείται ως ένας από τους κύριους λόγους του σημαντικού μεγέθους των ανοιγμάτων των αρμών. Γενικά οι αρμοί είναι απότομοι, ανώμαλοι και ανοικτοί σε περίπου 10-20 μέτρα με χρώμα σκοτεινό κοκκινωπό καφέ limonite και μαύρο οξειδίο του μαγγανίου. Κάποιοι από τους πιο ανοικτούς αρμούς είναι γεμάτοι από μαλακά εύθραυστα υλικά και μικρά ασβεστολιθικά χαλίκια. Κάποιες μικρές ασβεστολιθικές κοιλότητες (20-50 cm) έχουν βρεθεί κοντά στην επιφάνεια και σε βάθος κατά τη διάρκεια της διερεύνησης και των σταδίων της ενίσχυσης με τσιμέντο. Στους Ασβεστόλιθους της Άλασσας οι αρμοί είναι πολύ λιγότερο αναπτυγμένοι από ότι στους τραχείς ασβεστόλιθους και κλείνουν γρήγορα με το βάθος. Στην ομάδα του λεπτού ασβεστόλιθου και αμμόλιθου, πολύ λίγες θραύσεις συναντώνται.

Οι διαπερατότητες είναι ανάλογες με τις γεωλογικές συνθήκες και είναι ψηλές με πολύ ψηλές στον τραχύ ασβεστόλιθο, μέτριες προς χαμηλές στους Ασβεστόλιθους της Άλασσας και χαμηλές μέχρι πολύ χαμηλές στο λεπτό ασβεστόλιθο. Στον τραχύ ασβεστόλιθο στο δεξιό αντέρεισμα, οι διαπερατότητες είναι ψηλότερες, όπως αναμενόταν. Σε μερικές ζώνες, έχουν καταμετρηθεί τιμές Lugeon που ξεπερνούν τα 50, που σημαίνει ότι η καταλληλότητα της εξέτασης του νερού η ίδια για τόσο μεγάλες διαπερατότητες ήταν χωρίς πραγματική αξία. Σημειώνεται επίσης

η απρόβλεπτη και ακανόνιστη φύση των διαπερατοτήτων, καθώς πράγματι σε ένα αριθμό τοποθεσιών καταμετρήθηκαν ψηλές τιμές, σε προφανώς ζώνες με χαμηλή διαπερατότητα.

Λεπτομερής γεωλογία και διαρροές του υδατοφράκτη

Γεωλογικοί σχηματισμοί

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που εμφανίζονται στην τοποθεσία του φράγματος και στη λεκάνη του μελλοντικού υδατοφράκτη ανήκουν σε δυο σειρές: την προσχωματική και την μειόκαινη (πάχνα) ιζηματογενή σειρά. Δεν υπάρχει άλλος σχηματισμός σε κοντινή ή μέση απόσταση από την τοποθεσία.

Μειοκαινική σειρά

Η μειόκαινη ιζηματογενής σειρά εναποτέθηκε σε μια ρηχή θάλασσα που χαρακτηριζόταν από ασταθή επίπεδα, δίνοντας έτσι ανύψωση σε μια εναλλαγή λεπτών υποστρωμάτων ποικίλης σύστασης: αμμόλιθους, ασβεστόλιθους, πετρώματα από ξεραμένη λάσπη, κιμωλίες, πλίνθους και αργιλάσβεστους. Εξαιτίας της κανονικότητας των στρωμάτων και της επικράτησης ορισμένων υποστρωμάτων, είναι πιθανό να διακρίνουμε μια χαρακτηριστική αλληλουχία μέσα στη σειρά ως σύνολο.

Από τα πάνω προς τα κάτω, συναντώνται οι εξής σχηματισμοί:

- α) Οι αργιλάσβεστοι της Άλασσας. Μόνο το κατώτερο μέρος της σειράς αφορά το σχέδιο. Αυτοί οι αργιλάσβεστοι βρίσκονται στη μορφή του υποστρώματος των 45 μέτρων πάχους και περιλαμβάνουν σχετικά δυνατές με δυνατές, γκριζόασπρες αργιλασβεστικές κιμωλίες με δευτερεύοντα γκριζόασπρα ελαφρά πολυστρωματικά πετρώματα από ξεραμένη λάσπη.
- β) Αμμόλιθοι της Άλασσας. Αυτός ο σχηματισμός αποτελείται από δυο τοποθετημένες από πάνω ομάδες: η ανώτερη ομάδα είναι τραχεία ενώ η κατώτερη έχει μια εξαιρετική διανομή σε μέγεθος σωματιδίων. Ο χοντρός ασβεστόλιθος και ο αμμόλιθος της ανώτερης ομάδας περιέχονται σ' ένα υπόστρωμα πάχους 80 με 85 μέτρων. Αυτό το υπόστρωμα κατασκευάστηκε από διαδοχικές δέσμες λεπτών στρώσεων χοντρών ασβεστόλιθων και αμμόλιθων πάχους 10 με 20 μέτρων και λιγότερες στρώσεις λεπτών ασβεστόλιθων και αμμόλιθων. Η ομάδα των λεπτών ασβεστόλιθων και αμμόλιθων αποτελείται από λεπτούς αμμόλιθους και περιστασιακά τραχείς αμμόλιθους με λίγα στρώματα από σύνθετες μάζες, πετρώματα ξερασμένης λάσπης και καφέ σχιστόλιθους και την παρουσία οργανικής ύλης πλούσιας σε άνθρακα.
- γ) Τα υποστρώματα της Λόφου. Τα υποστρώματα της λόφου αποτελούνται από εναλλακτικά στρώματα αργιλασβεστικές κιμωλίες και λασπώδεις κιμωλίες. Το συνολικό πάχος είναι σημαντικό: 350 μέχρι 400 μέτρα.

Αλλούβια ιζήματα

Μπορούμε να διακρίνουμε δυο φάσεις προσχωματικής ιζηματοποίησης :

- α) Πρώιμη λάσπη. Αυτή αποτελείται από λάσπη που έγινε από μαύρα πυριγενή πετρώματα και μειόκαινα πετρώματα. Ως αποτέλεσμα της επακόλουθης διάβρωσης, αυτή η λάσπη εμφανίζεται μόνο με τη μορφή φύλλων πολύ περιορισμένης έκτασης ή αναβαθμίδων μεγαλύτερης έκτασης. Στην τοποθεσία του φράγματος, το μέγιστο πάχος (αριστερή όχθη) είναι 5 με 7 μέτρα.
- β) Πρόσφατη λάσπη. Αυτή η λάσπη συναντάται πάντοτε σε χαμηλότερο επίπεδο απ' ότι η πρώιμη λάσπη , αλλά περιέχει τα ίδια υλικά. Περιορίζεται στην κοιλάδα , όπου το πάχος ποικίλλει από 5 μέχρι 7 μέτρα. Τα αποθέματα προσχωματικών κώνων αποτελούνται από φθαρμένο υλικό το οποίο υποχώρησε σε διάφορους βαθμούς (σχηματισμός προσχωματικού κώνου). Στην τοποθεσία, το πάχος τέτοιων αποθεμάτων στην αριστερή όχθη τοπικά φθάνει τα 10 μέτρα, το μέγιστο.

Τεκτονική δομή

Η τεκτονική δομή της μειόκαινης σειράς είναι πολύ ίσια. Η κλίση είναι κανονική, 5 ° μέχρι 8°, από βόρεια προς νότια, δηλαδή από πάνω προς τα κάτω. Ως αποτέλεσμα της ελαφριάς γωνιακής διαφοράς μεταξύ της κλίσης των γεωλογικών σχηματισμών και της κατεύθυνσης του ποταμού, η κλίση είναι ελαφρά εμφανής από τη δεξιά όχθη προς την αριστερή όχθη στο βαθμό που τα υψόμετρα που οι προεξέχουσες κορυφές των διαφόρων σειρών κατά μήκος του άξονα του φράγματος είναι όπως στον πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1

ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΤΩΝ ΠΡΟΕΞΟΧΩΝ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΑΞΟΝΑ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ		
	Δεξιά όχθη (m asl)	Αριστερή όχθη (m asl)
Κορυφή των αργιλάσβεστων της Άλασσας	284	363
Κορυφή της ομάδας του χοντρού ασβεστόλιθου και αμμόλιθου	236	220
Κορυφή της ομάδας του λεπτού ασβεστόλιθου και αμμόλιθου	144	141

Κατά συνέπεια, το φράγμα θεμελιώθηκε πάνω: Στους αργιλάσβεστους της Άλασσας στην κορυφή των αντρείσμάτων, Στην ομάδα του χοντρού ασβεστόλιθου και αμμόλιθου γενικά, Στην ομάδα του λεπτού ασβεστόλιθου στον τωρινό άξονα της κοιλάδας.

Η ομάδα του χοντρού ασβεστόλιθου και αμμόλιθου η οποία σχηματίζει το μεγαλύτερο μέρος του αντρείσματος του φράγματος ανεβαίνει προοδευτικά πάνω από την κοίτη του ποταμού προς τα πάνω και είναι πλήρως πάνω από το επίπεδο του μελλοντικού υδατοφράκτη γύρω στα 1600 μέτρα αντίθετα προς το ρεύμα της τοποθεσίας.

Σύστημα ρωγμών

Η μειόκαινη σειρά επηρεάζεται από δυο συστήματα υπό-κάθετων (+ 80° μέχρι 90°) αρμών σχεδόν εγκάρσιων μεταξύ τους · οι κατευθύνσεις είναι ΑΒΑ- ΔΝΔ και ΒΒΔ – ΝΝΑ . Οι ρωγμές επηρεάζουν τα διάφορα στρώματα με διαφορετικό τρόπο. Αυτό έχει μελετηθεί ακολουθώντας τεστ έκχυσης νερού υπό πίεση, των οποίων τα αποτελέσματα συνοψίζονται παρακάτω:

α) Οι αργιλάσβεστοι της Άλασσας με περιορισμένο υλικό στην αρετή κορυφή των αντρείσμάτων, έχουν υψηλή διαπερατότητα. Αλλού, αυτοί οι αργιλάσβεστοι είναι στεγανοί.

β) Η ομάδα του ασβεστόλιθου και αμμόλιθου . Ψηλά ποσοστά απορρόφησης νερού εντοπίστηκαν παντού και σ' όλα τα βάθη, με την τιμή σπάνια να είναι μικρότερη από 10 μονάδες Lugeon.

γ) Η ομάδα του λεπτού ασβεστόλιθου και αμμόλιθου. Μιλώντας γενικά, είναι σχεδόν στεγανή με μέγιστες τιμές από 0,5 μέχρι 1,0 Lu εκτός από δυο αξιοσημείωτες εξαιρέσεις. Τα πρώτα πέντε μέτρα στην κορυφή του σχηματισμού, ανεξάρτητα από το υπερκείμενο υλικό. Στην τωρινή κοιλάδα όπου το ποσοστό απορρόφησης υπερβαίνει τα 10 Lu μέχρι βάθος 20 με 30 μέτρων.

Οι γεωφυσικές μετρήσεις έχουν δείξει ότι η σεισμική ταχύτητα του πετρώματος είναι πολύ χαμηλή: 1.10 μέχρι 1.5 km/sec για τα επιφανειακά στρώματα που περιέχουν τις περισσότερες ρωγμές. Η ταχύτητα φτάνει το μέγιστο τα 2.8 μέχρι 3.0 km/sec σε μη θρυμματισμένους σχηματισμούς.

Διήθηση του υδατοφράκτη

Η ομάδα του χοντρού ασβεστόλιθου και αμμόλιθου είναι ο μόνος διαπερατός σχηματισμός. Τα καρστικά φαινόμενα σ' αυτή την ομάδα είναι σπάνια. Η διαπερατότητα ποικίλλει σε σημαντικό βαθμό από το ένα σημείο στο άλλο. Από διάφορους υπολογισμούς που έγιναν σε διαφορετικές περιοχές, κυρίως με την ερμηνεία των τεστ Lugeon με τη μέθοδο E 18 του Εγχειριδίου Γης που δημοσιεύτηκε από το Γραφείο Αναμόρφωσης των ΗΠΑ, θα φαινόταν ότι η μέση διαπερατότητα είναι μεταξύ 5×10^{-6} m/sec μέχρι 5×10^{-7} m/sec.

Με βάση τη μέγιστη τιμή των 5×10^{-6} m/sec και τη γεωμετρία της ομάδος που εξετάζουμε, ένα μαθηματικό μοντέλο της ροής του νερού μέσα στη γη έχει δείξει ότι η ροή της διήθησης θα ήταν 50 l / sec. για ένα μέγιστο επίπεδο νερού 252 μέτρων ή γύρω στα 1.6 MCM /a αν ο υδατοφράκτης συντηρείτο κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου στο μέγιστο επίπεδο.

Κατασκευαστικά στοιχεία του φράγματος

Το μέγιστο ύψος του φράγματος του Κούρη είναι 113 μέτρα και ο συνολικός όγκος γεμίσματος 9.4 εκατομμύρια m^3 . Το επίπεδο συνολικού αποθέματος (FSL) είναι 247 m πάνω από το μέσο επίπεδο θαλάσσης (amsl) και η κορυφή βρίσκεται στα 253,5 m πάνω από το μέσο επίπεδο θαλάσσης . Ταξινομείται ως φράγμα γεμισμένο με χώμα χωρισμένο σε ζώνες και πρακτικά όλα τα χωμάτινα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του όπως λάσπη, χαλίκια του ποταμού, φίλτρα από χαλίκια των πεζουλιών κλπ, δανείστηκαν από και /ή έτυχαν επεξεργασίας στα πέριξ του φράγματος.

Το σχέδιο και ένα τυπικό τμήμα του φράγματος φαίνονται στην σχήμα1. Οι πλάγιες κλίσεις του κεντρικού πυρήνα της λάσπης του φράγματος είναι 1: 7 που καταλήγουν σε ένα πλάτος του πυρήνα περίπου 30% της δεξαμενής, αλλά αυτό διαπλατώνεται στα κατώτατα 20 μέτρα από την επαφή με το θεμέλιο του βράχου, για να ελαχιστοποιήσει τον κίνδυνο της διάβρωσης κατά μήκος της επιφάνειας επαφής. Μια καμινάδα αποξήρανσης παρέχεται στην πλευρά της κατεύθυνσης του ρεύματος του πυρήνα της λάσπης και αυτή αποτελείται από ένα λεπτό για παρεμπόδιση της απώλειας του υλικού που οφείλεται σε εσωτερική διάβρωση και ένα τραχύ φίλτρο το οποίο κυρίως χρησιμεύει ως συλλογέας διαρροών. Η αντίθετη προς το ρεύμα πλευρά του πυρήνα της λάσπης προστατεύεται με ένα λεπτό φίλτρο, το οποίο ενισχύεται από ένα λεπτό φίλτρο με θραυόμενη σφραγίδα στην κορυφή 25 m, και η τελευταία θεωρείται αναγκαία ενόψει της σεισμικότητας της τοποθεσίας του φράγματος.

Το αντίθετο προς το ρεύμα κέλυφος χωρίζεται σε δυο μέρη, το εξωτερικό μέρος που περιέχει χαλίκια του ποταμού τα οποία αποξηραίνονται ελεύθερα και το εσωτερικό μέρος που περιέχει χαλίκια του δρόμου , που αποξηραίνονται ελεύθερα λιγότερο αλλά σε ικανοποιητικό βαθμό. Το κέλυφος προς την κατεύθυνση του ρεύματος αποτελείται από μικτά χαλίκια, δηλαδή ένα μείγμα από χαλίκια του δρόμου με αποθέματα σπασμένων βράχων ή υλικά που έχουν εκσκαφτεί από την περιοχή του αγωγού υπερεκχειλίσης. Η κλίση η αντίθετη προς το ρεύμα είναι 1V: 2,5H και η κλίση η αντίθετη προς το ρεύμα 1V: 2,0H. Τα επιπρόσθετα βάρη στα κατώτατα τμήματα προς την κατεύθυνση του ρεύματος και προς την αντίθετη κατεύθυνση έχουν ενσωματωθεί στο κύριο ανάχωμα κατά τη διάρκεια του κατασκευαστικού σταδίου, όταν η πραγματική έκθεση του θεμελίου στη ζώνη επαφής της λάσπης αποκαλύπτει την παρουσία των σχετικά συνεχών αδύνατων λωρίδων λάσπης στο λεπτό πέτρινο θεμέλιο.

Το τούνελ εκτροπής και οι εργασίες υποχώρησης βρίσκονται στο αριστερό αντέρεισμα και η ογκώδης δομή του αγωγού υπερχειλίσσης στο αριστερό αντέρεισμα . Το ευθυγραμμισμένο κανάλι του τελευταίου από σκυρόδεμα μήκους 400m θεμελιώθηκε σε ένα πυργίσκο που σχηματίζει το αριστερό αντέρεισμα με ένα χείμαρρο της πλευράς που είναι προς την κατεύθυνση του ρεύματος.

Ενόψει της ευμετάβλητης διαπερατότητας του βράχου που παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια του σταδίου διερεύνησης, κατασκευάστηκε μια ημι-χωσμένη περιμετρική στοά ενισχυμένη με τσιμέντο παράλληλα με το συνολικό μήκος του άξονα του στην επαφή του πυρήνα της λάσπης με το θεμέλιο του βράχου. Αυτή η στοά εκτεινόταν στο επίπεδο της κορυφής μέσα στο αριστερό αντέρεισμα για περίπου 100m και επίσης εκτείνεται διαμέσου του τοίχου του αριστερού αγωγού υπερχειλίσσης και του ρυθμιστικού φράγματος για 100m μέσα στο δεξιό αντέρεισμα . Αυτό το μέτρο θεωρήθηκε ως μια βέλτιστη σχεδιασμένη λύση , καθώς θα μπορούσε να επιτρέψει την επιθεώρηση και τις διορθωτικές ενισχύσεις με τσιμέντο σ' ένα μεταγενέστερο στάδιο, όταν χρειάζεται, μειώνοντας έτσι το ποσό και το κόστος των εργασιών ενίσχυσης με τσιμέντο και το κόστος των εργασιών ενίσχυσης κατά τη διάρκεια της κατασκευής.

Σήραγγα στην αριστερή όχθη

Η στοά που βρίσκεται προς πάνω θα οδηγείται μέσα στις αμμώδεις και λασπώδεις κοίτες της ομάδας ασβεστόλιθου και αμμολίθου οι οποίοι είναι πιο εύθραυστοι απ' ότι οι ασβεστόλιθοι στην κατάσταση της επιφάνειας. Εξαιτίας της κλίσης των σχηματισμών, η σήραγγα θα οδηγείται αργά μέσα στην ομάδα του χοντρού ασβεστόλιθου και αμμολίθου οι οποίοι πιθανώς θα σχηματίσουν τις εργασίες διόδου προς τα πάνω.

Αγωγός υπερχειλίσσης

Στην κατασκευή του αγωγού υπερχειλίσσης θα συναντήσουμε εξαιρετικά ποικίλες συνθήκες. Με φορά από πάνω προς τα κάτω , αυτές μπορούν να συνοψιστούν ως ακολούθως:

Θα γίνει εκσκαφή του προς τα πάνω μέρους στις αργιλασβέστους της Άλασσας, αλλά μπορεί να θεμελιωθεί στον τραχύ ασβεστόλιθο.

Το ανώτατο μέρος της πλαγιάς του αγωγού υπερχειλίσσης θα εντοπιστεί στους συμπαγείς τραχείς ασβεστόλιθους ενώ το κατώτερο μέρος θα βρίσκεται σε ένα παχύ σχηματισμό από θρυμματισμένο βράχο (χαβάρα) και ένα στρώμα πρώιμων χαλικιών που καλύπτουν τους ασβεστόλιθους.

Στην περιοχή της λεκάνης διύλισης, το επιφανειακό στρώμα, που αποτελείται από σχηματισμό θρυμματισμένου βράχου, χαλίκια και σπασμένη μειόκαινη σειρά (μικρής σεισμικής ταχύτητας) βρίσκεται απάνω από ασβεστόλιθους και αμμολίθους που έχουν σεισμική ταχύτητα 3.0 km / sec.

Στερεότητα της όχθης

Σύμφωνα με τις εκθέσεις προηγούμενης έρευνας, υπάρχει ο κίνδυνος ότι απότομες πλευρές των βράχων στην αριστερή όχθη που βρίσκονται πάνω από τη γέφυρα Πυλαλούδι 3 km προς τα πάνω του φράγματος θα μπορούσαν να καταρρεύσουν μέσα στη λίμνη ως αποτέλεσμα των διαφοροποιήσεων του επιπέδου του νερού.

Είναι βέβαιο πως δημιουργία ενός υδατοφράκτη θα τροποποιήσει τις υδραυλικές συνθήκες της περιβάλλουσας ορεινής μάζας. Σε περίπτωση γρήγορης αποστράγγισης του υδατοφράκτη, η υπάρχουσα απότομη πλαγιά του βράχου θα μπορούσε να καταρρεύσει, αλλά οι γεωλογικές συνθήκες και τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος δείχνουν ότι ο όγκος μιας τέτοιας κατακρήμνισης γης θα είναι περιορισμένος και θα αποτελέσει απειλή για τον υδατοφράκτη κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες. Κατά συνέπεια φαίνεται λογικό να αφήσουμε το έδαφος να αναπτυχθεί κάτω από τις νέες συνθήκες που επιβλήθηκαν, μάλλον παρά να πάρουμε μέτρα εκ των προτέρων μειώνοντας την κλίση της απότομης πλαγιάς. Το κόστος μιας τέτοιας εργασίας δεν μπορεί να δικαιολογηθεί με τον κίνδυνο που παρατηρήθηκε. Προγραμματίζεται να εγκατασταθούν σταθμοί παρακολούθησης για να ελέγχουν τις πιθανές κινήσεις της απότομης πλαγιάς και να εξουσιοδοτήσουν το Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων να ενεργήσει έγκαιρα.

Ανάχωμα

Διάταξη αναχώματος

Το διάγραμμα του φράγματος και οι βοηθητικές εργασίες φαίνονται στο Σχέδιο 1.03. Το μέγιστο υψόμετρο του φράγματος είναι 253.50 m asl. Στο κανονικό επίπεδο νερού (247 m asl) , σύμφωνα με την καμπύλη ύψους /χωρητικότητας της SOGREAH , η χωρητικότητα του υδατοφράκτη θα είναι 115 εκατομμύρια m³ , όπως φαίνεται στο Σχεδιάγραμμα 3.1, ενώ σύμφωνα με την καμπύλη του Τμήματος Αναπτύξεως Υδάτων αυτή η διατήρηση της αποθήκευσης θα είναι πιο κοντά στα 120 εκατομμύρια m³ . Ο υδατοφράκτης σχεδιάστηκε για να προσφέρει μια βασική αποθήκευση λάσπης 15 εκατομμυρίων m³ για μια περίοδο συσσώρευσης 50 χρόνων. Το τελικό επίπεδο λάσπης θα είναι 196 m asl.

Συνθήκες θεμελίου

Βάθος των θεμελίων

Μπορούμε να διακρίνουμε τέσσερις περιοχές:

Βασικό θεμέλιο : Στην κοίτη του ποταμού θα μετακινηθούν τα χαλίκια μέχρι το κατώτατο σημείο. Θα γίνει εκσκαφή του βασικού ορύγματος στους ασβεστόλιθους μέχρι 3 μέτρα βάθος. Πάνω στα αντερείσματα το πέτρωμα είναι αρκετά ραγισμένο στα επιφανειακά στρώματα, με τη σεισμική ταχύτητα να πέφτει στο 1.3 με 1.5 km / s μέσω ενός μέγιστου πάχους 10 μέτρων. Κάτω από το βάθος αυτό η σεισμική ταχύτητα υπερβαίνει τα 2.5 km /s, το βάθος της εκσκαφής μέσα στο πέτρωμα προβλέπεται να είναι 7 μέτρα.

Ανηφορικό περίβλημα : Στο αριστερό αντέρεισμα όλοι οι σχηματισμοί θρυμματισμένου βράχου θα μετακινηθούν. Στο δεξιό αντέρεισμα όπου το πάχος των σχηματισμών του θρυμματισμένου βράχου προβλέπεται να είναι γύρω στα 10 μέτρα, οι σχηματισμοί αυτοί θα μετακινηθούν λόγω έλλειψης σταθερότητας κατά τη διάρκεια του αδειάματος.

Κατηφορικό περίβλημα : Στο αριστερό αντέρεισμα θα διενεργηθεί εκσκαφή μέχρι το βράχο ο οποίος υπολογίζεται να καλύπτεται από αποθέσεις επιφανειακού στρώματος και θρυμματισμένου βράχου πάχους 1 μέτρον. Στο δεξιό αντέρεισμα ο σχηματισμός θρυμματισμένου βράχου θα παραμείνει στη θέση του αφού θα μετακινηθούν τα 2 με 3 ανώτερα μέτρα επιφανειακού στρώματος και υλικού από πηλό.

Τσιμεντένιο παραπέτασμα

Το τσιμεντένιο παραπέτασμα κάτω από το φράγμα θα πρέπει να καλύπτει ολόκληρη την ομάδα του χοντρού ασβεστόλιθου η οποία είναι πάχους 80 με 85 μέτρα, συν 10 μέτρα ή περίπου τόσο στην κορυφή της ομάδας του λεπτού ασβεστόλιθου. Το παραπέτασμα θα πρέπει επίσης να διαπερνά τη δεύτερη ομάδα κατά 50 μέτρα, μετρώντας από την κορυφή (30 μέτρα κάτω από το επίπεδο της υπάρχουσας κοίτης) στο μέρος της κοίτης του ποταμού και να γίνεται η μετάβαση μεταξύ των δυο βαθών των παραπετασμάτων για μίαν απόσταση κάπου 100 μέτρων κάτω από κάθε όχθη.

Έχει προβλεφθεί μια περιμετρική στοιά για να καταστήσει δυνατή περειαίρω ενίσχυση με τσιμέντο και επιθεώρηση του φράγματος. Έχουν προβλεφθεί να γίνουν τρεις τύποι ενίσχυσης με τσιμέντο: Τσιμεντενέσεις επαφής μέχρι 6 μέτρα βάθος κυρίως για να ενισχύσουμε το θεμέλιο του πυρήνα σφραγίζοντας τις ρωγμές που προκλήθηκαν από την πραγματοποίηση εκρήξεων.

Τσιμεντώμα στρώματος μέχρι 20 μέτρα βάθος για να μειώσουμε την υδραυλική κλίση σ' αυτή την περιοχή. Τσιμεντένιο παραπέτασμα για να μειώσουμε το ποσό των διαρροών μέσω του θεμελίου.

Εκχωματώσεις

Περιβλήματα

Εκτεταμένες έρευνες για πιθανές περιοχές εκχωμάτωσης έδειξαν τη δυνατότητα για ένα ανάχωμα χωρισμένο σε ζώνες. Αυτές οι έρευνες αναφέρονται στο Παράρτημα Αρ. 3. Είναι διαθέσιμα κατάλληλα υλικά σε ποσότητα και ποιότητα. Ιδιαίτερη φροντίδα έχει δοθεί για να αποφύγουμε τη διασταύρωση του πυρήνα με τη διακίνηση των εφοδίων.

Το ανηφορικό περίβλημα χωρίζεται σε δυο μέρη. Το εξωτερικό μέρος που περιλαμβάνει χαλίκια του ποταμού τα οποία είναι ελεύθερη αποστράγγιση και το εσωτερικό τμήμα που περιλαμβάνει χαλίκια του δρόμου λιγότερο αλλά επαρκώς ελεύθερη αποστράγγιση. Τα χαλίκια του ποταμού όσο και εκείνα του δρόμου έχουν κατά προσέγγιση την ίδια δύναμη συνάφειας.

Το ανηφορικό περίβλημα προβλέπεται να κατασκευαστεί με υλικά που προέρχονται από ανηφορική περιοχή εκχωμάτωσης. Το κατηφορικό περίβλημα πρόκειται να κατασκευαστεί με χαλίκια του δρόμου αναμειγμένα με αποθέσεις θρυμματισμένου βράχου. Το μεικτό υλικό είναι καλό κατασκευαστικό υλικό αν αναμειχθεί σωστά. Θα δοθεί ιδιαίτερη προσοχή για την εξασφάλιση αυτού του καλού μείγματος. Αν κατά τη διάρκεια των εργασιών τα μετακινηθέντα υλικά από την εκσκαφή του αγωγού υπερχείλισης διαπιστωθεί ότι έχουν κατάλληλες ιδιότητες, θα περιληφθούν σε μια απρογραμμάτιστη ζώνη πάνω από υψόμετρο 215 μέτρων.

Πυρήνας λάσπης

Η πιο ικανοποιητική διευθέτηση θεωρείται ότι είναι ένας κεντρικός πυρήνας. Η λάσπη που συνθέτει τον πυρήνα του φράγματος θα αποκτηθεί από την περιοχή εκχωμάτωσης Ερήμης. Αυτή η περιοχή βρίσκεται κάπου 6 χιλιόμετρα από την τοποθεσία του φράγματος και η υγρασία του περιεχομένου της θα πρέπει να αυξηθεί σημαντικά για να την καταστήσει ικανή να τοποθετηθεί σε μέγιστη υγρασία περιεχομένου + 2%. Κατά συνέπεια αυτό το υλικό είναι το πιο ακριβό από τα χωμάτινα υλικά που περιλαμβάνονται στην κατασκευή του φράγματος και ο απαιτούμενος όγκος έχει περιοριστεί στο ελάχιστο.

Λαμβάνοντας υπόψη την τρισδιάστατη όψη της τοποθεσίας, μια συντηρητική προσέγγιση είναι να επιλέξουμε ένα πλάτος πυρήνα ίσο με το 30% του φράγματος, με την προσθήκη ικανοποιητικών φίλτρων τα οποία είναι χρήσιμα σε κάθε περίπτωση για ένα τόσο μεγάλο φράγμα σε μια περιοχή με μεγάλη σεισμικότητα. Ο πυρήνας διευρύνεται στην επαφή του με το θεμέλιο και τα αντερείσματα, επειδή όσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος της περιοχής επαφής μεταξύ του πυρήνα του κυλινδρικού αναχώματος και του βράχου, τόσο μικρότερη είναι η πιθανότητα μιας διαρροής που θα συμβεί κατά μήκος της επιφάνειας επαφής. Αυξάνοντας το πλάτος του πυρήνα και των φίλτρων στην επαφή με τα πέτρινα αντερείσματα και του θεμελίου δε θα δημιουργήσουμε κατασκευαστικά προβλήματα και μπορεί να έχουμε μεγάλη ευεργετική επίδραση πάνω στον έλεγχο της διαρροής.

Φίλτρα

Το φράγμα του Κούρη θα εφοδιαστεί με τρεις τύπους φίλτρων και έναν οχετό, όπως φαίνεται στα Σχέδια: FF: λεπτό φίλτρο, FC: χοντρό φίλτρο, FS: λεπτά φίλτρο άμμου (φίλτρο με σφραγισμένη ρωγμή), D: οχετός

Διαχωρισμοί φίλτρων

Λεπτά φίλτρα

Το φίλτρο που βρίσκεται προς τα κάτω του πυρήνα είναι το πιο σημαντικό. Υπάρχει συνεχής ροή διαμέσου του και τα κριτήρια που πρέπει να υιοθετηθούν πρέπει να διασφαλίζουν ότι δεν μπορεί να συμβεί εσωτερική διάβρωση ακόμα κι αν ο πυρήνας σπάσει.

Πράγματι ως σκοπός ενός φίλτρου προς τα κάτω μπορεί να καθοριστεί η πρόληψη της απώλειας υλικών που οφείλεται σε εσωτερική διάβρωση, τόσο όταν ο πυρήνας είναι άθικτος όσο κι αν σπάσει. Η μέση καμπύλη του ιζηματογενούς αργίλου μπορεί να καθοριστεί με :

$$D_{10} = 0.006 \text{ mm}$$

$$D_{10} = 0.01 \text{ mm}$$

$$D_{50} = 0.015 \text{ mm}$$

$$D_{60} = 0.03 \text{ mm}$$

$$D_{85} = 0.15 \text{ mm}$$

Ο συντελεστής ομοιομορφίας είναι $D_{60} / D_{10} = 3$. Κατά συνέπεια ο νόμος που χρησιμοποιείται είναι ο Νόμος SHERARD εκτός από τον καθορισμό της D_{15f} ο οποίος πρέπει να γίνει με τον κανόνα VAUGHAN. Το μέσο μέγεθος της ανακατεμένης μάζας είναι γύρω στα 10μ m το οποίο δίνει ένα ελάχιστο D_{15f} του 0.15 mm.

Η προβλεπόμενη διαπερατότητα είναι $K = 2 \times 10^{-4} \text{ m/s}$. Το μέγιστο D_{15f} προέρχεται από τα κριτήρια σωλήνωσης του SHERARD: $D_{15f} < 5 D_{85}$ εδάφους, όπου το D_{85} εδάφους είναι το λεπτότερο υλικό.

$$D_{15f} < 5 \times 0.15$$

Για να συνοψίσουμε:

$$0.15 < D_{15f} < 0.75 \text{ mm}$$

$$D_{5f} > 0.075 \text{ m}$$

Το μέγεθος του φίλτρου D_{50} μπορεί να επαληθευτεί λαμβάνοντας υπόψη το παχύτερο και λεπτότερο μέγεθος του εδάφους D_{50} του ιζηματογενούς αργίλου και χρησιμοποιώντας τον κανόνα USBR που αφορά τα ταξινομημένα γωνιακά σωματίδια (το φίλτρο είναι υλικό που έχει συνθλιβεί).

D50 του εδάφους < 0.04 mm

Συνεπώς:

D50 f < 30 x 0.02

D50 f < 1.2 mm

Το λεπτότερο μέγεθος D50 του εδάφους δε χρησιμοποιείται διότι το εύρημα D50 f είναι 0.185 mm , το οποίο είναι μικρότερο από το ελάχιστο D15 f.

Γενικά το λεπτό φίλτρο είναι ένα λεπτό αμμοχάλικο που ταξινομείται λιγότερο από 6 mm. Μετά τη λείανση της μορφής της ταξινομημένης καμπύλης του φίλτρου, τα υιοθετηθέντα ταξινομημένα όρια του φίλτρου είναι:

$0.075 < D5 < 0.3$

$0.15 < D15 < 0.6$

$0.4 < D50 < 1.2$

$1.5 < D85 < 3$

$2 < D100 < 6$

Ο αναγκαίος συντελεστής διαπερατότητας του φίλτρου είναι 2×10^{-4} m/s.

Χοντρά φίλτρα

Ο σχετός καμινάδα έχει δυο λειτουργίες: Δράση φιλτραρίσματος αναφορικά με το λεπτό φίλτρο και Δράση αποχέτευσης για να συλλέγει διαρροή υγρασίας

Αυτό το υλικό θα τύχει επεξεργασίας από χαλίκια του ποταμού και ως τέτοιο θα περιλαμβάνει τόσο ημικυκλικά όσο και γωνιακά σωματίδια, με περισσότερο επικρατούντα τα δεύτερα.

Θα πρέπει να προστεθεί ένα άλλο κριτήριο γι' αυτό το πιο χοντρό υλικό, π.χ. για να αποφύγουμε το διαχωρισμό κατά την τοποθέτηση το μέγιστο μέγεθος πρέπει να είναι μικρότερο από 3 ίντρες (76 mm).

Το πιο λεπτό υλικό πρέπει να προστατευτεί. Αυτό το υλικό έχει συντελεστή ομοιομορφίας :

$$\frac{D60}{D10} = \frac{0.7}{0.1} = 7$$

Κατά συνέπεια θα εφαρμοστούν οι νόμοι SHERARD.

Μετά από τη λείανση την μορφής του φίλτρου έχουν υιοθετηθεί τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

< D5 < 5

< D 10 < 6.5

3 < D15 < 7.5

9.5 < D50 < 18

24 < D100 < 76

Η διαπερατότητα μπορεί να υπολογιστεί με τον τύπο του HAZEN:

$$K = (D10)^2 \quad K = 0.10 \text{ m/s}$$

Προς τα πάνω φίλτρο σφραγίσματος ρωγμών

Σε σεισμογενείς περιοχές, το προς τα πάνω φίλτρο ενισχύεται με ένα μη συνεκτικό λεπτό αμμώδες φίλτρο. Αυτός ο άμμος έχει στρογγυλούς κόκκους και υπόκειται περισσότερο σε διάβρωση παρά ο σπασμένος άμμος.

Αυτό το φίλτρο σφραγίσματος ρωγμών παίζει ένα σημαντικό ρόλο στην ασφάλεια του φράγματος, φράσσοντας τις ρωγμές που μπορούν να εμφανιστούν στον πυρήνα μέσα από μια σοβαρή δόνηση. Αυτό το φίλτρο θα έχει ύψος 25 μέτρα, το οποίο πρέπει να είναι ικανοποιητικό, καθώς το μήκος των ρωγμών δεν υπερβαίνει τα 20 μέτρα, πράγμα που οφείλεται στη συνοχή του πυρήνα (Post, 1981). Καθώς ο λεπτός άμμος δεν υπάρχει σε μεγάλες ποσότητες στα χαλίκια του ποταμού, θα ληφθεί από θαλάσσιες παραλίες κοντά στην περιοχή.

Υπό κανονικές συνθήκες η ροή μέσω του πυρήνα είναι πολύ μικρή ($q = 210^{-8} \text{ m}^3/\text{s/m}$) και δεν υπάρχει ανάγκη για κάθετο οχετό. Η πιθανότητα, εντούτοις, για σοβαρή ρωγμή, στο επίπεδο του φίλτρου σφραγίσματος ρωγμών, πρέπει να ληφθεί υπόψη. Αυτή θα έχει ως αποτέλεσμα ουσιαστικές απώλειες διαρροής, καθιστώντας αναγκαίο ένα σύστημα διοχετεύσεων για να το ελέγχουμε.

Είναι δύσκολο να υπολογίσουμε τη ροή μέσω μιας στενής ρωγμής. Υποτίθεται ότι ο πρώτος πυρήνας έχει ραγίσει τόσο άσχημα, που προσφέρει την ίδια αντίσταση στη ροή, όπως και τα φίλτρα και στις δύο πλευρές του.

Κατά συνέπεια η ροή ελέγχεται από 3 φίλτρα και τον ραγισμένο πυρήνα. Θεωρούμε επίσης ως δεδομένο ότι όλη η ροή περνά οριζόντια διαμέσου του λεπτού προς τα κάτω φίλτρου και ότι όλο το νερό διοχετεύεται με το κάθετο χοντρό προς τα κάτω φίλτρο.

Η ροή μέσω του ανώτερου μέρους υπολογίζεται με τη χρήση της μεθόδου CASAGRANDE. Εξαιτίας των ρωγμών το υλικό θεωρείται ότι είναι ισοτροπικό. Η εκροή που υπολογίζεται με τη μέθοδο αυτή είναι:

$$q = 1.6 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m πλάτος.}$$

Θεωρούμε ως δεδομένο ότι ο συντελεστής διαπερατότητας του προς κάτω χοντρού φίλτρου είναι $0.01 \text{ m} / \text{s}$ και το πλάτος του είναι 2 μέτρα · στη συνέχεια για μια αναλογία κλίσεως $i = 1$ και χρησιμοποιώντας το νόμο DARCY:

$$q = 2 \times 1 \times 0.01 \times 1 = 0.02 \text{ m}^3 / \text{s} / \text{m} \gg 0.0016 \text{ m}^3 / \text{s} / \text{m}$$

Οριζόντια διοχέτευση με χαλίκια του ποταμού στην σωστή θέση

Το νερό που εισέρχεται στον κάθετο οχετό θα ρέει προς τα κάτω. Τα χαλίκια του ποταμού στη σωστή θέση έχουν ένα μέσο πάχος 5 m και ένα ελάχιστη διαπερατότητα $5 \times 10^{-4} \text{ m} / \text{s}$. Η ροή διαμέσου του ραγισμένου πυρήνα είναι $1.6 \times 10^{-3} \text{ m} / \text{s} / \text{m}$ πλάτος. Αν το e είναι το πάχος των χαλικιών του ποταμού στη σωστή θέση, l είναι το μήκος της διαρροής, $H t$ το ύψος του νερού κάτω από το φράγμα, i η κλίση του βράχου της κοίτης, χρησιμοποιώντας το νόμο του DARCY, μας δίνει:

$$q = \frac{KH A}{l}$$

Με το A να σημαίνει την μέση διατμηματική περιοχή του καλοβαλμένου οχετού.

Εφόσον $H = e + li - H t$ και $A = (e + H t)$

2

$$q = \frac{K (e + li - H t)}{l}$$

Ως μια πρώτη προσέγγιση, αν $H t = 0$, δίδει :

$$q = \frac{K e (e + li)}{l}$$

Επειδή $l = 200\text{m}$, $i = 2\%$, δίδει :

$$q = 5.6 \times 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s} / \text{m} \ll 1.6 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s} / \text{m}$$

Το νερό που χρειάζεται για να περάσει η ροή μέσα από τα χαλίκια του ποταμού δίδεται με τον τύπο DARCY:

$$q = KS i$$

$$i = \frac{H}{l}$$

1

$$H = \frac{ql}{KS}$$

$$H = 1.6 \times 10^{-3} \times 200$$

$$KS$$

$$5 \times 10^{-4} \times 5$$

$H = 128$ τα οποίο δεν είναι αποδεκτό. Κατά συνέπεια για την εξαιρετική περίπτωση του ραγισμένου πυρήνα ο όγκος διοχέτευσης πρέπει να αυξηθεί. Δε λαμβάνεται υπόψη κανένας παράγοντας

ασφαλείας λόγω της χαμηλής πιθανότητας για ένα τέτοιο γεγονός. Ένας οχετός επικάλυψης θα εξασφαλιστεί πάνω στα χαλίκια του ποταμού. Εφόσον η ροή είναι οριζόντια, δηλαδή παράλληλη με την κοίτη του ποταμού η υδραυλική κλίση είναι η ίδια στον γενικό οχετό και στα χαλίκια του ποταμού.

e_1 είναι το πάχος του γενικού οχετού και

K_1 η διαπερατότητα του,

e_2 είναι το πάχος των χαλικιών του ποταμού και

K_2 είναι η διαπερατότητα του.

$$q = A_1 K_1 i + A_2 K_2 i$$

$$q = e_1 K_1 + e_2 K_2 \quad \text{για πλάτος ενός μέτρου}$$

i

$$e_2 = 5 \text{ m}$$

$$K_2 = 5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$q = 1.6 \times 10^{-3}$$

$$i = 0.02$$

$$K_1 = 0.1 \text{ m/s (οχετός χοντρού φίλτρου)}$$

Κατά συνέπεια $e_1 = 0.47 \text{ m/s}$ στρογγυλοποιημένο σε 0.5 m/s . Αυτοί οι οχετοί δυο στρώσεων μπορούν να στεγάσουν το ράγισμα στο κεντρικό μέρος. Προκειμένου να στεγάσουμε τη ροή που προέρχεται από τα αντερείσματα μαζί με τη ροή που προέρχεται από πιθανό ραγισμένο πυρήνα κοντά στα αντερείσματα, αυτός ο οχετός επικάλυψης ενισχύθηκε από παράπλευρους οχετούς – λωρίδες που δόθηκαν στην επαφή με τα αντερείσματα.

Οριζόντιος οχετός προς την κατεύθυνση του ρεύματος του πυρήνα

α) Αριστερό αντέρεισμα. Αυτός ο οχετός πρέπει να στεγάσει τη ροή του οχετού -καμινάδα και να τη μεταφέρει προς τα κάτω στο σύστημα διοχέτευσης της κοίτης του ποταμού. Πρέπει να ληφθούν υπόψη δυο μέρη (βλέπε Σχεδ. 3.2)

Στο τμήμα I η πιθανή ροή δεν είναι :

$$q_0 = 1.6 \text{ m}^3 / \text{s} / \text{m πλάτος}$$

αλλά:

$$q(x) = q_0 \cdot x$$

30

Πράγμα που οφείλεται στο μειούμενο ύψος του πυρήνα όταν φτάνει μέχρι το αντέρεισμα. Κατά συνέπεια η πιθανή ροή στο σημείο D2 είναι:

$$\int_0^{30} q(x) = q_0 \cdot 30$$

2

$$Q_{D2} = 2.4 \times 10^{-2} \text{ m}^3 / \text{s}$$

Εφόσον η κύρια κλίση προς την κοίτη του ποταμού είναι $i = 0.33$ η τομή που είναι αναγκαία να στεγάσουμε αυτή τη ροή εξάγεται από το νόμο του DARCY:

$$Q = KSi$$

$$K = 10^{-1} \text{ m/s}$$

Κατά συνέπεια :

$$S = 2.4 \cdot 10^{-2}$$

$$10^{-1} \times 0.33$$

$$S = 0.72 \text{ m}^2$$

Για γεωμετρικό λόγο σ' αυτό το πάνω τμήμα του αντερείσματος ο οχετός είναι 1.2 m πάχος και 2 m πλάτος, το οποίο δίδει μια έκταση εγκάρσιας τομής 2.4 m^2 .

Στο τμήμα II η πιθανή ροή που αρχίζει από το σημείο D3 δίδεται από :

$$Q = 2.4 \times 10^{-2} + (x - 30) 1.6 \times 10^{-3}$$

Καθώς η εκροή είναι ευθύγραμμη, το πλάτος πρέπει να είναι γραμμικό, το πάχος του οχετού διατηρείται στα 1.2 m. Στο σημείο D1 η εκροή είναι :

$$Q_{D1} = 0.368 \text{ m}^3 / \text{s}.$$

Χρησιμοποιώντας την ίδια μέθοδο με την πιο πάνω η έκταση της εγκάρσιας τομής στο σημείο D1 είναι:

$$SD1 = 11.15 \text{ m}^2$$

Με πάχος 1.2 m το πλάτος μπορεί να στρογγυλευθεί στα 10 m.

Λιθορριπή

Ο λογικός καθορισμός του πάχους και της κλίσης της προστασίας της λιθορριπής χρειάζεται τον καθορισμό του ύψους των κυμάτων (βλέπε τμήμα 4.1). Για τον καθορισμό των ισάλων το ύψος του κύματος θεωρείται ότι είναι 1.5 μέτρα. Ο αριθμός 1.2 μέτρα έχει υποστηριχθεί ως σημαντικό ύψος κύματος. Σ' αυτό το στάδιο σχεδιασμού η λιθορριπή θεωρείται ότι προέρχεται από λατομείο κοντά στον Ύψωνα που παράγει δυο τύπους πέτρας: Ύφαλος ασβεστόλιθος που έχει χαμηλό δείκτη Λος Άντζελες και για το λόγο αυτό πρέπει να απορριφθεί, Ασβεστόλιθος ο οποίος έχει καλύτερο δείκτη Λος Άντζελες (45), αλλά είναι μάλλον ελαφρύς (πυκνότητα γύρω στα $2.2 \text{ t} / \text{m}^3$).

Ένα άλλο λατομείο που βρίσκεται 20 χλμ προς τα πάνω της τοποθεσίας του φράγματος μπορεί να προμηθεύσει πέτρα διάβασης, αλλά ίσως τεθούν περιορισμοί στη χρήση του λατομείου

λόγω της εγγύτητας του με στρατιωτικές εγκαταστάσεις. Αυτό το υλικό έχει πυκνότητα όχι μικρότερη από 2.6 t / m^3 .

Πρέπει να εξεταστεί η χρήση καθενός από τα υλικά αυτά. Τα ακόλουθα κριτήρια έχουν υιοθετηθεί σύμφωνα με τη σύσταση ICOLD. Χρησιμοποιώντας τον τύπο HUDSON :

$$W_{50} = 28.3 \frac{1}{0.305^n} \frac{\gamma}{K (\gamma-1)^3} H^n \cot \theta$$

Όπου:

w^{50} βάρος (kg) του βράχου που έχει διάμετρο d^{50}

H ύψος του κύματος

Πυκνότητα του υλικού λιθορριπής

$\cot \theta$ κλίση όψεως που πρέπει να προστατευτεί

Χρησιμοποιώντας τις συστημένες τιμές του $n= 2.6$ και $k= 3.2$ και λαμβάνοντας υπόψη ένα κύμα 1.5 μέτρα ύψος, έχουμε:

Τύπος βράχου	W^{50} (Kg)	D^{50} (m)	Πάχος στρώματος
Ασβεστόλιθος	283	0.63	1.1
Διάβαση	141	0.47	0.8

Υπάρχει μια άλλη σχέση μεταξύ ύψους του κύματος και μεγέθους της λιθορριπής η οποία δε συσχετίζει το μέγεθος με την κλίση ή την πυκνότητα του υλικού της λιθορριπής. Ο SHERARD συστήνει τη χρήση του ακόλουθου μεγέθους και πάχους:

Μέγιστο ύψος κύματος	Ελάχιστο μέσο μέγεθος βράχου D^{50} (m)	Πάχος στρώματος (m)
0-0.6	0.25	30
0.6 -1.2	0.30	45
1.2 -1.8	0.375	60
1.8- 2.4	0.45	75
2.4 -3	0.525	90

Ο THOMAS συστήνει τη χρήση του πιο κάτω πίνακα ο οποίος είναι συμβατός με εκείνον του SHERARD.

Μέγιστο ύψος κύματος	D^{50} (m)	Βάρος του βράχου (kg)	Πάχος στρώματος (m)
----------------------	---------------	-----------------------	---------------------

			(m)
0 -0.3	0,20	45	0.30
0.3 -0.6	0.25	90	0.38
0.6 -1.2	0.31	227	0.46
1.2 -1.8	0.38	680	0.61
1.8 -2.4	0.46	1134	0.76
2.4 -3.0	0.61	1814	0.91

Για ύψος κύματος μεταξύ 1.2 m και 1.80 m οι τιμές που προέρχονται από αυτούς τους πίνακες είναι σχεδόν οι ίδιες αλλά είναι μικρότερες παρά αν χρησιμοποιήσουμε τον τύπο HUDSON. Προκειμένου να είμαστε στην ασφαλή πλευρά έχουν υιοθετηθεί οι ακόλουθοι αριθμοί:

	Dmin	D50	Dmax	Πάχος στρώματος
Ασβεστόλιθος	0.35	0.63	1.00	1.10
Διάβαση	0.30	0.47	0.75	0.80

Σύμφωνα με τον SHERARD τα ακόλουθα κριτήρια πρέπει να ικανοποιηθούν με την ταξινόμηση της στρώσης λιθορριπής.

$$D^{15} < 5 D^{85} \text{ κοχύλι} \quad D^{85} = 450 \quad D^{15} < 150 \text{ mm}$$

$$D^{85} < 1/10 D^{15} \text{ λιθορριπή}$$

$$D^{15} > 50 \text{ mm}$$

Πάχος στρώματος 300: mm

Λαμβάνοντας υπόψη αυτές τις συστάσεις θα χρησιμοποιηθεί ένα υλικό από 60 mm μέχρι 200 mm με 0.300 m πάχος.

Τα διαθέσιμα υλικά κατασκευής περιγράφονται στο Παράρτημα Αρ. 3 Από αυτή την έρευνα έχουμε κρατήσει τις ακόλουθες παραμέτρους:

Πίνακας 3.1

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑΣ						
Περιγραφή Υλικού	Υγρό	Κορεσμένο	Παράμετρος της δύναμης της τομής			
			Αποστραγγισμένο		Μη αποστραγγισμένο	
	KN/m ³	KN/m ³	C' (KPa)	Ø'	C (KPa)	Ø'
Χαλίκια ποταμού	19.1	21.6	0	43	-	-
Χαλίκια δρόμου	19.1	21.6	0	40	-	-
Χαλίκια δρόμου ανάμεικτα με αποθέσεις	22	22.8	0	40	-	-
Υλικό πυρήνα	19.7	20.3	0	29	1.3	4

Ανάλυση σταθερότητας

Τα ακόλουθα κριτήρια χρησιμοποιούνται από κοινού (DAVIS και SORENSEN) στις πρότυπες μεθόδους BIISHOP και JANBU και έχουν υιοθετηθεί για το φράγμα του Κούρη:

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ				
Υπόθεση		Επίστρωση	Αντοχή διατομής	Ελάχιστος παράγων ασφαλείας
Τέλος κατασκευής		Προς τα πάνω Προς τα κάτω	Συνολική ισχύς	1.25 1.25
Στιγμαιαία άντληση		Προς τα πάνω Προς τα κάτω	Δραστική ισχύς	1.25 1.25
Σταθερή διαρροή	φράγμα	Προς τα πάνω Προς τα κάτω	Δραστική ισχύς	1.50 1.50
	(Υποβρύχιος) εγκιβωτισμός	Προς τα πάνω Προς τα κάτω	Δραστική ισχύς	1.30 1.30
Σεισμός	0.25 g	Προς τα πάνω Προς τα κάτω	Δραστική ισχύς	1.00 1.00

	0.55 g	Δυναμική ανάλυση. Καμιά παραμόρφωση δεν υπερβαίνει το 5%
--	--------	--

Μια λεπτομερής σεισμική μελέτη που δίδεται στο Παράρτημα 2 έχει πραγματοποιηθεί προκειμένου να καθοριστούν παράγοντες επιτάχυνσης που θα χρησιμοποιηθούν στους υπολογισμούς σταθερότητας.

Έχουν καθοριστεί δυο επίπεδα σεισμικών επιταχύνσεων:

Σεισμός λειτουργικής βάσης, καθορίζεται ως ο σεισμός που έχει μια περίοδο επανόδου ίση με 2.5 φορές την οικονομική ζωή της καθορισμένης δομής:

Μέγιστος σεισμός καθορίζεται ως ο σοβαρότερος σεισμός που πιστεύεται ότι είναι πιθανός στην τοποθεσία.

Με την οικονομική ζωή του φράγματος να είναι 100 χρόνια, η περίοδος επανόδου είναι 250 χρόνια. Κατά συνέπεια ο σεισμός λειτουργικής βάσης έχει μια επιτάχυνση 0.25 g. Έχει υιοθετηθεί η τιμή 0.55g για το μέγιστο σεισμό.

Ο NEWBERY και ο REID (1976) εισηγήθηκαν διάφορους σεισμικούς συντελεστές για χρήση της τεχνικής μελέτης των φραγμάτων της Κύπρου. Δηλώνουν ότι πρέπει να σχεδιαστούν φράγματα στα νότια του Τροόδου με βασικό συντελεστή 0.2 που να ανέρχεται στα 0.25 κοντά στην ακτή. Πρέπει να σημειωθεί η συμφωνία μεταξύ αυτής της εισήγησης και της πιο πάνω αναφερθείσας τιμής.

Κάτω από την επιτάχυνση αυτή δεν πρέπει να υπάρξει μη αναστρέψιμη παραμόρφωση. Κατά συνέπεια ο παράγοντας της ασφάλειας (ψευδο-στατική ανάλυση) δεν πρέπει να είναι μικρότερος από 1. Κάτω από τον πιο μεγάλο σεισμό το φράγμα πρέπει να είναι ικανό να διατηρήσει την τεχνητή λίμνη.

Οι παραμορφώσεις είναι αποδεχτές νοουμένου ότι τέτοιες παραμορφώσεις δε θα πρέπει να καταλήγουν σε αποτυχία που οδηγεί σε απώλεια ζωής ή υπερβολική βλάβη στο κτήμα προς τα κάτω. Αυτό το σημείο έχει ελεγχθεί χρησιμοποιώντας τη μέθοδο NEWMARK και HALL (1975) για καθορισμό των μετακινήσεων που προκαλούνται από σεισμό. Αυτές οι μετακινήσεις έχουν συγκριθεί με τις επιτρεπόμενες μετακινήσεις για να καθοριστεί η επάρκεια του αναχώματος.

Επιπρόσθετα με τους πιο πάνω παράγοντες, σε συμφωνία με τις συστάσεις ICOLD , οι εσωτερικές παραμορφώσεις δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 5%. Αυτό το σημείο έχει ελεγχθεί χρησιμοποιώντας μια μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων με το πρόγραμμα H/Y QUAD4 (IDRISΣ και Άλλοι, 1973). Η σταθερότητα του αναχώματος έχει καθοριστεί με το πρόγραμμα H/Y STABL (SIEGEL, 1975) για διάφορους συνδυασμούς φορτώσεων , που δίδονται στο Παράρτημα 4 σ' αυτό τον τόμο.

Η αναλογία της άντλησης έχει καθοριστεί υπολογίζοντας την εκροή μέσω των εγκαταστάσεων εκροής. Η αναλογία εκροής είναι δέκα το μερά. Αυτό δίδει ένα χαμήλωμα της γραμμής διαρροής μεταξύ 10% και 40% για χαλίκια που έχουν διαπερατότητα μεταξύ 2×10^{-4} και 2×10^{-3} m / s.

Η γρήγορη άντληση δε θεωρείται μέρος της φυσιολογικής λειτουργίας του υδατοφράκτη. Η ταυτόχρονη εμφάνιση με ένα σεισμό δεν προβλέπεται, αλλά έχουν ληφθεί υπόψη τα ενδιάμεσα επίπεδα του υδατοφράκτη.

Η σταθερότητα επηρεάζεται από τις συνθήκες του σεισμού. Το συνολικό συμπέρασμα της μελέτης ανάλυσης σταθερότητας, που συνοψίζεται στον ακόλουθο πίνακα είναι ότι το ανάχωμα όπως σχεδιάστηκε είναι αρκετά ισορροπημένο μεταξύ δυνάμεων προς τα πάνω και δυνάμεων προς τα κάτω σε συνθήκες σεισμού και επιπλέον ασφαλές υπό οποιεσδήποτε συνθήκες:

Πίνακας 3.3

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΨΕΥΔΟ-ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ						
Σεισμικός συντελεστής	Επίπεδο νερού	Προς τα πάνω	Προς τα κάτω (m. asl)			
		247	247	213	180	Μέσο
0.15 g		1.26	1.33	1.24	1.35	1.30
0.20 g		1.14	1.18	1.11	1.20	1.16
0.25 g		1.03	1.04	0.99	1.11	1.08

Εμπέδωση της καθίζησης

Παράμετροι πυρήνα από λάσπη

Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι ακόλουθοι: Τοποθέτηση περιεχομένου με υγρότητα : + 2% υγρό υπό τις καλύτερες συνθήκες (μέση τιμή 22.5%), Βάρος κορεσμένης μονάδας : 2.00 t/m^3 , Ένδειξη συμπίεσης: $C^c = 0.003$, Συντελεστής εμπέδωσης : $C^v = 6.25 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$, Σταθερός συντελεστής παραμόρφωσης: m^v

Για τιμές C^c και m^v , τα άμεσα ελαστικά και στιγμιαία χαρακτηριστικά της καθίζησης τα οποία εκτέθηκαν στο τεστ οδόμετρου εξαλείφθηκαν και λήφθηκαν υπόψη μόνο πρωταρχικές και

δευτερεύουσες συνέπειες της εμπέδωσης . Στους υπολογισμούς C^v , λήφθηκε υπόψη ολόκληρη η καθίζηση.

Ο χρόνος κατασκευής του αναχώματος υπολογίζεται να είναι 3 χρόνια, το 80% του ύψους αναμένεται να επιτευχθεί σε δυο χρόνια , το 20% σε ένα χρόνο.

Υπολογίζοντας μιαν οριζόντια απορροή και αν:

d είναι το μισό πλάτος του πυρήνα

T^v ο παράγοντας χρόνος $T^v = C^v \times t \times 31.54.10^6 d^2$

U ο βαθμός καθίζησης $U = \frac{\sqrt{4T^v}}{M}$

ρ^g τελική καθίζηση

ρ^c καθίζηση κατά τη διάρκεια της κατασκευής

Κατά συνέπεια , για το μέγιστο ύψος της εγκάρσιας τομής, η καθίζηση που θα συμβεί μετά το τέλος της κατασκευής είναι $1.729 - 0.263 = 1.466$ m . έχουν προστεθεί 0.50 m στην μετακατασκευαστική καθίζηση για ν' αποφύγουμε το φαινόμενο υποχώρησης. Έγιναν οι υπολογισμοί για τα τμήματα P1 μέχρι P12 και συνοψίζονται στα σχέδια.

Εγκατάσταση ηλεκτρονικών οργάνων παρακολούθησης

Σύμφωνα με την ισχύουσα πρακτική, θα προσφερθεί εγκατάσταση ηλεκτρονικών οργάνων για παρακολούθηση της κατάστασης του φράγματος, τόσο κατά την περίοδο της κατασκευής όσο και για το υπόλοιπο της διάρκειας ζωής του. Τέτοια εγκατάσταση είναι αναγκαία για να διασφαλίσουμε την ασφάλεια του φράγματος εντοπίζοντας ασυνήθη συμπεριφορά του αναχώματος , ώστε να μπορούν να ληφθούν διορθωτικά μέτρα πριν μια πιο σοβαρή κατάσταση μπορέσει να εξελιχθεί. Όπως και στη προειδοποίηση για πιθανές αποτυχίες, τα ηλεκτρονικά όργανα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν μετά από φυσικές καταστροφές όπως ένα σεισμό, για να καθορίσουν την έκταση και φύση οποιασδήποτε καταστροφής .

Με τα ηλεκτρονικά συστήματα θα παρακολουθούνται οι πιο κάτω όψεις της συμπεριφοράς του φράγματος: Καθίζηση, Οριζόντιες κινήσεις φυσιολογικές και παράλληλες με τον άξονα του φράγματος, Πίεση πόρου στον πυρήνα, τα αντερείσματα και τα θεμέλια, Επίπεδο νερού στον υδατοφράκτη, Ανταπόκριση σε σεισμό, Ποσότητα διαρροής.

Διάταξη ηλεκτρονικών οργάνων

Η πλειονότητα των ηλεκτρονικών οργάνων θα τοποθετηθεί σε πέντε εγκάρσιες τομές του φράγματος, οι οποίες επιλέγηκαν ώστε να έχουμε συνολική ένδειξη για τη συμπεριφορά του φράγματος.

Πιεζόμετρα του αναχώματος θα χρησιμοποιηθούν για να παρακολουθούμε την πορώδη πίεση απ' άκρου σ' άκρο της εγκάρσιας τομής του πυρήνα. Κατά τη διάρκεια της κατασκευής αυτά τα όργανα θα χρησιμοποιούνται για να παρακολουθούμε την πορώδη πίεση και να παρακολουθούμε το ποσοστό γεμίσματος προκειμένου ν' αποφύγουμε υπερβολική πορώδη πίεση στον πυρήνα. Στην μακροπρόθεσμη κατάσταση τα πιεζόμετρα του αναχώματος μετρούν τη κατανομή της πορώδους πίεσης διαμέσου του πυρήνα, δίδοντας προειδοποίηση αν συμβεί ράγισμα.

Τα ηλεκτρικά πιεζόμετρα θεωρούνται σε μεγάλο βαθμό ανώτερα από τα υδραυλικά πιεζόμετρα για μέτρηση πορώδους πίεσης σε λεπτόκοκκο έδαφος, αφού δεν απαιτείται σημαντική ροή μέσα και έξω από την αιχμή του πιεζόμετρου προκειμένου να καταχωρήσουμε αλλαγή στην πίεση (Sherard, 1975). Το πιεζόμετρο τύπου δονούμενου σύρματος έχει αποδειχθεί ότι είναι το πιο αξιόπιστο μεταξύ των ηλεκτρικών πιεζόμετρων, και γι' αυτό συστήνεται για χρήση.

Πέντε σωλήνες πιεζόμετρου θα εγκατασταθούν από το προς τα κάτω πεζούλι αποσάθρωσης προκειμένου να μετρούμε το ύψος στο οποίο το νερό ανεβαίνει στα χαλίκια του ποταμού στη θέση τους ή στον γενικό αγωγό. Πιεζόμετρο τέτοιου τύπου είναι πολύ αξιόπιστο και ακριβές στα χαλίκια και τους άμμους επειδή το νερό χρειάζεται πολύ λίγο χρόνο για να ισορροπήσει στον αγωγό. Πέντε σωλήνες πιεζόμετρου θα τοποθετηθούν επίσης από το προς τα πάνω πεζούλι για να μετρούμε το στατικό επίπεδο του νερού στο βραχώδες θεμέλιο κάτω από προς τα κάτω δάκτυλο του φράγματος.

Πέντε κλισιόμετρα τοποθετούνται κάθετα δια του πυρήνα για να μετρούμε αποκλίσεις του πυρήνα. Ένα εκτασίμετρο μαγνητικής έρευνας ενσωματώνεται στο σύστημα ώστε να μπορούν να μετρηθούν τρεις κινήσεις διαστάσεων.

Μετρητές επιφανειακής κίνησης θα μπουν στην προς τα κάτω μπροστινή πλευρά του φράγματος για να επιτρέψουν την εγκατάσταση στόχων για παρατήρηση από συμβατικές τοπογραφικές τεχνικές.

Εγκαθίστανται δυο οριζόντιες σωλήνες καθίζησης για να παρακολουθούμε την καθίζηση του προς τα κάτω εξωτερικού περιβλήματος.

Παρακολούθηση και μέτρηση διαρροής

Μέσω των αντρεισμάτων, 9 πιεζόμετρα έχουν εγκατασταθεί στα αντρείσματα στα οποία θα καταγράφεται το επίπεδο του νερού. Αυτές οι μετρήσεις συνδεδεμένες με τη καταγραφή του επιπέδου του υδατοφράκτη είναι πολύ σημαντικά και βοηθούν να εντοπιστούν ατέλειες στο τσιμεντένιο παραπέτασμα.

Μέσω του θεμελίου, μερικά ηλεκτρικά πιεζόμετρα θα τοποθετηθούν σε μικρές τρύπες στο πέτρινο θεμέλιο προκειμένου να ελέγχουμε αν οι διαρροές προέρχονται από την τρύπα ή μέσω του τσιμεντένιου παραπετάσματος. Η ροή από τον προς τα κάτω το αγωγό θα συλλέγεται σε ένα κανάλι διοχέτευσης και μέτρησης.

Καταγραφή επιπέδων νερού

Προνοείται ένας καταγραφέας, του επιπέδου νερού, του τύπου 'φυσαλίδα-φυσαλίδα' όπως κατασκευάστηκε από την Neyrtec για γενική καταγραφή του νερού. Προνοούνται δυο πρότυποι πίνακες Μετρητών , ένας στο εξωτερικό του drawoff πύργου για μη αυτόματη ανάγνωση των επιπέδων νερού και για έλεγχο του ηλεκτρικού συστήματος, και ο άλλος σταθερός πάνω στον αγωγό υπερχειλίσης , για να καταγράφει το αποθηκευμένο νερό πάνω από το ανώτατο επίπεδο.

Σύστημα παρακολούθησης υδατοφράκτη

Προβλέπεται ότι η δημιουργία του υδατοφράκτη ίσως είναι η αφετηρία για να αρχίσει κατολίπηση σε συνθήκες άντλησης. Τέτοιες κινήσεις μπορούν να λάβουν χώρα στην ομάδα αργιλιάσβεστου της 'Άλασσας , η οποία διαμορφώνει τις πλαγιές του ανώτερου τμήματος του υδατοφράκτη. Καθώς οι μέσες κλίσεις των πλευρών είναι 30° ως προς τις οριζόντιες και δε σημειώθηκαν ενδείξεις αστάθειας, φαίνεται πιθανό ότι δε θα συμβεί αξιόλογη διολίσθηση μέσα στον υδατοφράκτη από τις πλαγιές μέσα στην ακτίνα του 1 Km από τον φράκτη. Εντούτοις, αυτό το σημείο πρέπει να ελεγχθεί.

Ο πιο επικίνδυνος γκρεμός βρίσκεται αμέσως N-NA της γέφυρας του δρόμου της Άλασσας. Η πέτρινη μάζα που βρίσκεται στα Κοιτάσματα της Λόφου έχει υπολογιζόμενο όγκο 115 000 m³ και μπορεί να ενεργοποιηθεί από ένα σεισμό. Από επιλεγμένους στερεούς βράχους , μπορούν να γίνουν παρατηρήσεις κατολίπησης αφού τοποθετηθούν σημειάκια μέσα στα πλαίσια των επικίνδυνων περιοχών. Το δίκτυο παρακολούθησης θα συζητηθεί με το Τμήμα Αναπτύξεων Υδάτων.

Παρακολούθηση της αντίδρασης σε σεισμό

Έχει προβλεφθεί ένα κλασσικό σύστημα παρακολούθησης της αντίδρασης σε σεισμό. Θα γίνει εφοδιασμός με τρεις ισχυρούς καταγραφείς επιτάχυνσης για να παρακολουθούν την αντίδραση σε σεισμό.

Ένας καταγραφέας επιτάχυνσης βρίσκεται στη στοά του αριστερού αντερείσματος για να μετρά την κίνηση του βράχου. Οι δυο άλλοι καταγραφείς επιτάχυνσης βρίσκονται στο τμήμα P 7, το

οποίο είναι το ψηλότερο τμήμα του αναχώματος στο κέντρο της κοιλάδας. . Ο πρώτος βρίσκεται στην περιμετρική στοιά για να παρακολουθεί την κίνηση του βράχου και ο δεύτερος στην στέψη του φράγματος σε ένα φρεάτιο εισόδου για να παρακολουθεί την αντίδραση του αναχώματος σε σεισμό. Η καταγραφή των γεγονότων από τους καταγραφείς επιτάχυνσης ξεκινά με μηχανισμούς σεισμικής πυροδότησης στα όργανα , οι οποίοι τοποθετούνται για να αντιδρούν σε μια επιτάχυνση 0,01 g . Τα όργανα είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους ώστε θ' αρχίσουν να καταγράφουν όταν ένα όργανο εντοπίσει σεισμό. Αυτά τα όργανα τροφοδοτούνται με μπαταρία.

Μελέτη υδατοστεγούς κατασκευής στην λεκάνη κατάκλισης

Ο σκοπός της υποβρύχιας υδατοστεγούς κατασκευής είναι να εκτρέψει τη ροή σε μια σήραγγα εκτροπής κατά τη διάρκεια των εργασιών καθώς και κατά τη διάρκεια πλημμυρών. Το επίπεδο της στέψης της υδατοστεγούς υποβρύχιας κατασκευής έχει διακριβωθεί ότι είναι 170 asl στο τμήμα 5.1.1. Καθώς τα χαλίκια του ποταμού είναι πολύ διαπερατά (σε επιτόπια τεστ δίνουν μέση διαπερατότητα 10^{-3} m / s, είναι πιο οικονομικό να προβλέψουμε μιαν αποκοπή μέχρι το βράχο προκειμένου να αποφύγουμε υπέρμετρη άντληση. Αυτή η αποκοπή θα σκαφθεί από το υψόμετρο 157 asl το οποίο δίδει ένα ικανοποιητικό υδατικό απόθεμα για να εκτρέψουμε τη ροή διαμέσου της σήραγγας εκτροπής κατά τη διάρκεια των εργασιών του τοίχου διαφράγματος.

Πάνω από το τοίχο διαφράγματος , προνοείται ένας πυρήνας λάσπης χωρίς φίλτρο προς τα κάτω επειδή δεν υπάρχει συνεχής ροή διαμέσου του πυρήνα. Αν συμβεί πλημμύρα, δεν υπάρχει χρόνος να εμπεδώσουμε μια σταθερή κατάσταση διαρροής εντός του πυρήνα.

Το προς τα πάνω περίβλημα βρίσκεται σε χαλίκια του ποταμού για να στεγάσει το χαμήλωμα του επιπέδου της λίμνης μετά από μια πλημμύρα. Το προς τα κάτω περίβλημα κλίνει 1 V / 2.5 Η προκειμένου να επιτρέψουμε μια καλή συμπίεση των χαλικιών του κυρίου αναχώματος. Λόγω της απότομης κλίσης του αριστερού αντέρεισματος χρειάζεται ένας σκυρόδετος τοίχος για να διασφαλίσει μια καλή συμπίεση του πυρήνα και για προλάβει διαρροές στην επαφή με το αντέρεισμα. Αυτό δε χρειάζεται στο αριστερό αντέρεισμα όπου ο πυρήνας μπορεί να συντονιστεί μέσα στο βράχο. Η προς τα πάνω προστασία της υδατοστεγούς υποβρύχιας κατασκευής προνοείται με τρόχαλα επιλεγμένα από τα χαλίκια του ποταμού.

Κριτήρια τεχνικής μελέτης σταθερότητας

Έχουν υιοθετηθεί τα ακόλουθα κριτήρια:

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΥΔΑΤΟΣΤΕΓΟΥΣ ΥΠΟΒΡΥΧΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ		
Περίπτωση	Επικάλυψη	Ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας

Μέγιστο επίπεδο συγκράτησης	Προς τα κάτω	1.3
Άντληση	Προς τα πάνω	1.25
1/25 έτους σεισμός μετά την άντληση	Προς τα πάνω	1

Φαίνεται λογικό να υιοθετήσουμε την ίδια περίοδο επανάληψης για το σεισμικό γεγονός όπως και για τον χείμαρρο εκτροπής. Από τη μελέτη τοπικής σεισμικότητας που δίδεται ως Παράρτημα II, το 1/25 έτους περιόδος επανάληψης είναι γύρω στα 0.08 g.

Για τις τρεις πιο πάνω αναφερθείσες περιπτώσεις φόρτωσης, οι πιέσεις πόρου στον πυρήνα υπολογίζεται ότι είναι να είναι πιέσεις πόρου στο τέλος της κατασκευής. Το μέγιστο επίπεδο νερού είναι 169.5 asl. Θεωρώντας ότι κατά τη διάρκεια του 1/25 του έτους πλημμύρας αυτό το μέγιστο επίπεδο της ποτάμιας λίμνης επιτυγχάνεται, η αναλογία της γραμμής κορεσμού και της μείωσης του ύψους είναι γύρω στις $(169.5-154) / 8$ ώρες, δηλαδή 5.10^{-4} m / s. Από το διάγραμμα που δίδεται ως Παράρτημα III και θεωρώντας ότι η διαπερατότητα των χαλικιών είναι 5.10^{-4} m / s και ότι η δραστική πορώδης υφή n^c των χαλικιών είναι 0.15 η μείωση του ύψους της γραμμής κορεσμού είναι 37.5% , δηλαδή 5.8 μέτρα.

Τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις σταθερότητας μέσω H/Y δίδονται ως παράρτημα III και συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα :

Περίπτωση	Πιθανή αποτυχία	Συντελεστής ασφαλείας
Μέγιστο επίπεδο συγκράτησης	Προς τα κάτω	2.34
Άντληση	Προς τα πάνω	1.32
Άντληση και 1/25 έτους σεισμός	Προς τα πάνω	1.11

Τσιμεντένιο παραπέτασμα του κυρίως αναχώματος

Ο σχεδιασμός του τσιμεντένιου παραπετάσματος στο φράγμα του Κούρη (Κριδιώτης και Yziquei, 1985) βασίστηκε σε μεγάλο βαθμό στην παρουσία της περιμετρικής στοάς που προβλέφθηκε στην επαφή μεταξύ του πυρήνα και του θεμέλιου και η οποία είχε σκοπό να επιτρέψει τη διοχέτευση, να ελέγχει το τσιμεντένιο παραπέτασμα και επιπλέον να ενισχύει με τσιμέντο σε περίπτωση υπερβολικής υγρασίας. Το παραπέτασμα ενισχύθηκε με τσιμέντο αφού ολοκληρή η περιοχή του πυρήνα του θεμέλιου καλύφθηκε με βαθιές τσιμεντένιες τρύπες επαφής 6 μέτρων, οι

οποίες ενισχύθηκαν με τσιμέντο σε δυο στάδια 3-6 μέτρων και 0-3 μέτρων. Το τσιμεντένιο παραπέτασμα είναι ένα παραπέτασμα τριών σειρών με τις σειρές που κινούνται σύμφωνα και αντίθετα με το ρεύμα να αποτελούνται από τσιμεντένιες τρύπες βάθους 20 μέτρων και την κεντρική σειρά να ποικίλλει σε βάθος, εξαρτώμενη από τις γεωλογικές συνθήκες. Στην κοίτη του ποταμού διαπερνά την ομάδα του λεπτού ασβεστόλιθου σε βάθος 25 μέτρων και στις πλαγιές του αντερείσματος καλύπτει ολόκληρο το πάχος της ομάδας του τραχέος ασβεστόλιθου (γύρω στα 80 μέτρα) το βάθος του παραπετάσματος στην περιοχή του αγωγού υπερχειλίσσης μειώνεται σταδιακά και στο μακρινό τέλος της στοάς του αντερείσματος αυτή μειώνεται στα 25 μέτρα. Στο ρυθμιστικό φράγμα υπερχειλίσσης, αυτό ποικίλλει μεταξύ 45 και 50 μέτρων.

Ενίσχυση με τσιμέντο του δεξιού αντερείσματος και διοχεύτωση

Η βασική τάφρος στο δεξιό αντερείσμα φτάνει το μέγιστο υψόμετρο των 233 περίπου μέτρων amsl, το οποίο είναι το πιο χαμηλό επίπεδο θεμελίωσης των συμπαγών τοιχωμάτων του αγωγού υπερχειλίσσης. Αυτό το επίπεδο επιλέγηκε να είναι η κορυφή της ομάδας του τραχέος ασβεστόλιθου, πάνω στον οποίο θεμελιώθηκε ολόκληρη η υποδομή του αγωγού υπερχειλίσσης. Η ανάγκη να στεγανοποιήσουμε το θεμέλιο του τραχέος ασβεστόλιθου σ' αυτή τη ζώνη υπαγόρευσε την επέκταση του τσιμεντένιου παραπετάσματος στη ζώνη του αγωγού και διαδοχικά στο αντερείσμα (βλέπε σχήμα 2) . Για καλύτερη παροχέτευση του βράχου κάτω από τη δομή του αγωγού υπερχειλίσσης , δημιουργήθηκε το τσιμεντένιο παραπέτασμα όσο πιο αντίθετα προς το ρεύμα ήταν δυνατό. Η τσιμεντένια στοά, η οποία είναι επίσης η κεντρική γραμμή του τσιμεντένιου παραπετάσματος, κατά συνέπεια σχηματίστηκε στο συμπαγές τσιμέντο του αριστερού αγωγού υπερχειλίσσης και του ρυθμιστή υπερχειλίσσης και στη συνέχεια προωθήθηκε στο δεξιό αντερείσμα σε ένα βάθος 100 μέτρων. Η ενίσχυση με τσιμέντο στη ζώνη του αγωγού υπερχειλίσσης περιορίστηκε σε 3 βαθιές τρύπες με τσιμεντενέσεις επαφής των 5 μέτρων χωρίς γραμμές και μια απλή γραμμή από τσιμεντένιο παραπέτασμα, που εκτείνεται σε ένα μέγιστο βάθος 60 μέτρων. Όλες οι τρύπες με τσιμεντενέσεις επαφής ενισχύθηκαν με τσιμέντο από την κορυφή μιας τσιμεντένιας πλατφόρμας που δημιουργήθηκε στο επίπεδο της τσιμεντένιας στοάς στη θέση του τοίχου του αριστερού αγωγού υπερχειλίσσης και του ρυθμιστή υπερχειλίσσης (υψόμετρο περίπου 235-238 μέτρα amsl) πριν από τη τσιμεντόωση αυτών των ογκωδών δομών. Το τσιμεντένιο παραπέτασμα, το οποίο σχεδιάστηκε να είναι σε ένα επίπεδο μια κλίση αντίθετη προς το ρεύμα των 15° από την κάθετο για καλύτερη διασταύρωση των αρμών, επίσης ενισχύθηκε με τσιμέντο κυρίως από αυτή την πλατφόρμα. Οι τσιμεντένιες τρύπες είχαν επίσης κλίσεις αναφορικά με τη βύθιση του επιπέδου του παραπετάσματος. Προκειμένου να μειώσουμε την πίεση στη ζώνη του αγωγού υπερχειλίσσης προς την κατεύθυνση του ρεύματος του τσιμεντένιου παραπετάσματος. Οι τρύπες παροχέτευσης ενισχύθηκαν με τσιμέντο σε βάθος 20 μέτρων σε ένα επίπεδο που είχε κλίση 15° προς την πλευρά του ρεύματος από την τσιμεντένια στοά.

Όταν ενισχύουμε με τσιμέντο τις τρύπες με τσιμεντενέσεις επαφής σε ολόκληρη τη ζώνη του ρυθμιστή υπερχειλίσης και σε μια συγκεκριμένη περίπτωση όπου έπρεπε να προστεθεί στο μείγμα, χρησιμοποιήθηκαν πέραν των 7 000 κιλών ξηρού τσιμέντου. Κάποιες πολύ ψηλές αντιδράσεις παρατηρήθηκαν τόσο στις τρύπες με τσιμεντενέσεις επαφής όσο και στις τρύπες του παραπετάσματος μέχρι και βάθος 30 μέτρων. Για το λόγο αυτό ανοίχθηκαν και ενισχύθηκαν με τσιμέντο πρωταρχικές, δευτερεύουσες, τριτογενείς και κάποτε τεταρτογενείς τρύπες .

Η ενίσχυση με τσιμέντο σ' αυτή τη ζώνη, όπως και στο υπόλοιπο φράγμα , εκτελέστηκαν αρχικά με ισχνά μείγματα τσιμέντου με αναλογία 4:1 νερό/τσιμέντο και σταδιακά χόντρυναν, προκειμένου να στεγανοποιήσουν μεγάλες κοιλότητες. Σε ένα μεγάλο αριθμό από τα στάδια ενίσχυσης με τσιμέντο, προστίθεται επίσης άμμος. Σημειώνεται ότι παρά τη μεγάλη πυκνότητα των τσιμεντένιων τρυπών και παρά τη μεγάλη προσπάθεια που καταβλήθηκε για τη στεγανοποίηση των ανοικτών αρμών, τα τεστ νερού που έγιναν μετά τη συμπλήρωση της ενίσχυσης με τσιμέντο του παραπετάσματος, έδειξαν ψηλές αντιδράσεις, που δείχνει ότι το τσιμέντο ήταν σε ορισμένο βαθμό αναποτελεσματικό στη στεγανοποίηση των αρμών. Αυτό μπορεί να αποδοθεί με βεβαιότητα σχεδόν στην παρουσία μπάζων στους ανοικτούς αρμούς και την αδυναμία του τσιμέντου είτε να εκτοπίσει είτε να διαπεράσει το υλικό αυτό.

Ο γενικός στόχος όταν πραγματοποιούσαμε εργασίες ενίσχυσης με τσιμέντο στον τραχύ ασβεστόλιθο στο δεξιό αντέρεισμα ήταν να μειώσουμε την διαπερατότητα σε τιμές κάτω του 5 Lageon, κάτι που ήταν εφικτό στο πλείστο της Ομάδας Τραχέος Ασβεστόλιθου , αλλά πολύ δύσκολο να επιτύχουμε στη ζώνη του αγωγού υπερχειλίσης, όπου οι αρμοί ήταν πιο ανοικτοί και σε μεγάλο βαθμό γεμάτοι από μπάζα.

Μετά από τη συμπλήρωση της ενίσχυσης με τσιμέντο, μια γραμμή διαμέτρου 100 mm, ανοίχθηκαν τρύπες διοχέτευσης βάθους 8 μέτρων στην πλευρά της κατεύθυνσης του ρεύματος της στοάς για σκοπούς διοχέτευσης και για έλεγχο των πιέσεων.

Συγκέντρωση του νερού στον υδατοφράκτη

Η πρώτη συγκέντρωση νερού στον υδατοφράκτη του Κούρη άρχισε το 1989, δηλαδή ενώ το φράγμα βρισκόταν υπό κατασκευή. Οι διαρροές στο αριστερό αντέρεισμα καταγράφηκαν από το σύστημα συλλογής διαρροών, το οποίο εγκαταστάθηκε ενωρίς το 1989. κατά τη διάρκεια του χειμώνα του 1987-88 το επίπεδο του νερού ανέβηκε στο υψόμετρο 222 m amsl , δηλαδή 82 μέτρα πάνω από το χαμηλότερο επίπεδο θεμελίωσης. Με τις επιπρόσθετες εισροές του χειμώνα του 1988-89 ο υδατοφράκτης έφτασε στο μέγιστο υψόμετρο 232,4 m amsl. Οι συνολικές διαρροές που καταγράφηκαν στο δεξιό αντέρεισμα κατά την περίοδο αυτή ήταν συγκριτικά χαμηλότερες κατά τη διάρκεια της διαδικασίας γεμίσματος παρά κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αδειάσματος , δηλαδή στο επίπεδο νερού 230 amsl, οι διαρροές κατά τη διάρκεια του γεμίσματος (του υδατοφράκτη) ήταν 20.8 l/sec και κατά τη διάρκεια του αδειάσματος 26,3 l/sec (βλέπε σχήμα 3)

Η εμφάνιση διαρροών στα περίξ του αγωγού υπερχειλίσης και η σταδιακή αύξηση των πιέσεων των πόρων στη μάζα του βράχου θα μπορούσε να θέσει σε κίνδυνο τη σταθερότητα της απότομης πλαγιάς του αγωγού υπερχειλίσης κι αποφασίστηκε να εκσκαφεί μια μικρή στοά διοχέτευσης κάτω από τον αγωγό υπερχειλίσης. Αυτή η στοά κατασκευάστηκε το 1990. Ισχυροποιήθηκε με τσιμέντο και ανοίχτηκαν τρύπες διοχέτευσης στην κορυφή της και τους τοίχους προς την κατεύθυνση του ρεύματος και αντίθετα προς αυτό. Η στοά αποδείχτηκε πολύ αποτελεσματική στον έλεγχο των πιέσεων κάτω από την απότομη πλαγιά του αγωγού υπερχειλίσης. Δεν εκτελέστηκε ενίσχυση με τσιμέντο αφού η εκκένωση ήταν αποδεκτή.

Για μια περίοδο πέρα από 10 χρόνια η Κύπρος επηρεάστηκε από μια σοβαρή ανομβρία και το επίπεδο του υδατοφράκτη ήταν πολύ χαμηλό μέχρι το 2004. Το 2001-2002, το οποίο μπορεί να ονομαστεί δεύτερο γέμισμα, η εισροή επέτρεψε την άνοδο του επιπέδου του υδατοφράκτη μέχρι το υψόμετρο 230, δηλαδή 3 μέτρα κάτω από το επίπεδο του πρώτου γεμίσματος. Κατά τη διάρκεια του δεύτερου γεμίσματος οι συνολικές διαρροές ήταν ακόμα μεγαλύτερες απ' ό,τι κατά τη διάρκεια του πρώτου γεμίσματος. Αυτό αποδίδεται κυρίως στη στοά διοχέτευσης, η οποία αύξησε τη συνολική διαπερατότητα του αντερείσματος και το ξέπλυμα των ανοικτών αρμών από τα μπάζα.

Στη συνέχεια κατά τη διάρκεια του 2003-2004 ο υδατοφράκτης ανέβηκε προοδευτικά για να φτάσει το FSL. Δυο αλλαγές μπορούν να παρατηρηθούν στο σχέδιο των συνολικών διαρροών στο δεξιό αντέρεισμα κατά του υψομέτρου του υδατοφράκτη: η πρώτη όταν ο υδατοφράκτης ανέβηκε στο υψόμετρο 233 και η δεύτερη όταν ο υδατοφράκτης ανέβηκε στο 246, δηλαδή ένα μέτρο κάτω από το FSL. Σ' αυτά τα δυο υψόμετρα η σχέση μεταξύ των συνολικών διαρροών και του υψομέτρου τείνει να αυξάνεται ξαφνικά, δηλώνοντας μιαν αύξηση στη διαπερατότητα. Το φράγμα υπερεκχειλίσισε για πρώτη φορά στις 4 Μαρτίου 2004, δηλαδή 15 χρόνια μετά την ολοκλήρωση του (βλέπε φωτογραφία στο σχήμα 4). Οι διαρροές τότε στο δεξιό αντέρεισμα έφτασαν τα 205 l/sec.

Όταν το νερό του υδατοφράκτη έφτασε το FSL, εμφανίστηκαν πολυάριθμες διαρροές κατά μήκος του χείμαρρου, προς την κατεύθυνση του ρεύματος του πύργου του δεξιού αντερείσματος μέχρι το υψόμετρο των 220 m amsl. Ήταν φανερό ότι η στοά διοχέτευσης δεν μπορούσε πια να ελέγξει την πίεση. Επιπλέον η απώλεια νερού ήταν σημαντική σε σχέση με την απώλεια εσόδων. Λαμβάνοντας υπόψη τους δυο αυτούς παράγοντες θεωρήθηκε κατάλληλο να προχωρήσουμε σε διορθωτικές εργασίες ενίσχυσης με τσιμέντο.

Διορθωτικές εργασίες ενίσχυσης με τσιμέντο

Οι εργασίες ανόρυξης και ενίσχυσης με τσιμέντο άρχισαν ακριβώς πριν από την υπερεκχειλίσση μέσα από την τσιμεντένια στοά στο δεξιό αντέρεισμα στην περιοχή του αγωγού. Αυτή η στοά συνδέεται με τη περιμετρική στοά (η οποία απλώνεται κατά μήκος του άξονα του φράγματος του αναχώματος), απλώνεται κατά μήκος και δια μέσου του τοίχου του αριστερού

αγωγού υπερχειλίσης , ακολουθεί το ρυθμιστή υπερχειλίσης και στη συνέχεια διαπερνά το δεξιό αντέρεισμα για 100 μέτρα περίπου , όπως φαίνεται στο σχήμα 2.

Καθώς το μοντέλο των διαρροών υπονοεί ότι το νερό πιθανώς να παρέκαμπε το σε μεγάλο βαθμό ενισχυμένο με τσιμέντο παραπέτασμα στη ζώνη του αγωγού υπερχειλίσης, από το δεξιό αντέρεισμα, η πρόθεση ήταν να αρχίσουμε ενίσχυση με τσιμέντο από τη δεξιά πλευρά του ρυθμιστή υπερχειλίσης και να συνεχίσουμε την ενίσχυση με τσιμέντο βαθειά στο δεξιό αντέρεισμα μέσα από την τσιμεντένια στοά.

Οι τεχνικές δυσκολίες και οι δυσκολίες ανόρυξης υπαγόρευαν μια μικρή αλλαγή στη γεωμετρία του τσιμεντένιου παραπετάσματος στο τμήμα που περνά κάτω από τον τοίχο του αριστερού αγωγού υπερχειλίσης και του ρυθμιστή υπερχειλίσης. Σε αυτή τη ζώνη το αρχικό παραπέτασμα, που δημιουργήθηκε πριν από την κατασκευή της τσιμεντένιας στοάς, ήταν επικλινές αντίθετα προς το ρεύμα σε μια κλίση γύρω στις 15° καθώς αυτό θεωρήθηκε ότι είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για ανάσχεση των αρμών των βράχων. Αυτή η διευθέτηση ήταν εξαιρετικά δύσκολο να επιτευχθεί με το ηλεκτρικό μίνι τρυπάνι που ήταν διαθέσιμο, όπως και με τα περισσότερα παρόμοια τρυπάνια που υπάρχουν στην αγορά, εξαιτίας του περιορισμένου χώρου για εργασία. Για το λόγο αυτό αποφασίστηκε να ανοιχθούν τσιμεντένιες τρύπες σε ένα κάθετο επίπεδο σε μια κλίση 15° από το κάθετο (επικλινές αντίθετο στο ρεύμα) και αυτό θεωρήθηκε ότι ήταν μια ικανοποιητική διευθέτηση σε σχέση με την διασταύρωση των αρμών.

Σημειώνεται ότι η εξέταση των διαρροών στην στοά διοχέτευσης που σκάφθηκε κάτω από τη δομή του αγωγού υπερχειλίσης το 1990, αποκάλυψε ότι οι στερεωμένοι αρμοί ήταν σχεδόν υδατοστεγείς. Οι κάθετοι αρμοί έσταζαν ελαφρά, αλλά στη διασταύρωση bedding και αρμών. Δόθηκε μεγαλύτερη έμφαση στην ενίσχυση με τσιμέντο των κάθετων αρμών, η οποία επιτεύχθηκε με τις επικλινείς τρύπες. Αυτή η στοά επέτρεψε στον σχεδιαστή να κατανοήσει την πραγματική αντίδραση των διαφόρων αρμών που βρίσκονταν κάτω από πίεση.

Η νέα διευθέτηση που υιοθετήθηκε για διορθωτική ενίσχυση με τσιμέντο πρακτικά σήμαινε ότι κάτω από τη ζώνη του ρυθμιστή υπερχειλίσης , δημιουργείται ένα νέο παραπέτασμα, που στοχεύει στην ανάσχεση των κάθετων αρμών και των μικρό καναλιών. Οι πρωταρχικές τρύπες ανοίχτηκαν σε κέντρα 6 μέτρων και βάθος 30 μέτρων, ενισχύοντας έτσι δραστικά με τσιμέντο, αρκετά κάτω από τη διαπερατή ζώνη της ομάδας του τραχέος ασβεστόλιθου. Οι δευτερεύουσες , τριτεύουσες και τεταρτογενείς τρύπες ανοίχτηκαν στο ίδιο βάθος. Χρησιμοποιείται παχύ τσιμέντο αφού ο σκοπός είναι να ενισχύσουμε με τσιμέντο ένα κορεσμένο πέτρινη μάζα που υφίσταται ροή στους αρμούς και στις ρωγμές. Χρησιμοποιείται ένα απλό μείγμα τσιμέντου 1:1 νερό/τσιμέντο με 2% μπετονίτη, εκτός από εκεί όπου χρειάζεται άμμος για να γεμίσουν μεγαλύτερες κοιλότητες.

Η επιχείρηση διόρυξης και ενίσχυσης με τσιμέντο άρχισε στην είσοδο της στοάς του δεξιού αντερείσματος, δηλαδή τη δεξιά πλευρά του ρυθμιστή υπερχειλίσης, με την πρόθεση να προχωρήσουμε παραπέρα μέσα στο αντέρεισμα. Οι πρώτες βασικές τρύπες έχουν δείξει την

παρουσία των ανοικτών αρμών και κοιλοτήτων στη ζώνη έξω από τη τσιμεντένια στοά (δηλαδή στη ζώνη του ρυθμιστή) που εκτείνονται σε μια απόσταση γύρω στα 20 μέτρα μέσα στη στοά του αντερείσματος. Επιπλέον μέσα στο αντέρεισμα οι αντιδράσεις του τσιμέντου ήταν συγκριτικά χαμηλές.

Αυτό το εύρημα υπαγόρευσε πιο συστηματική έρευνα σε όλο το μήκος της τσιμεντένιας στοάς κάτω από το τοίχο της δεξιού αγωγού υπερχειλίσης και το ρυθμιστή υπερχειλίσης. Αυτή η έρευνα έδειξε την παρουσία πολυάριθμων ανοικτών αρμών και κοιλοτήτων (ή σχεδόν κάθετων μικροκαναλιών), σε όλο το μήκος αυτής της στοάς. Αυτές οι κοιλοότητες εκτείνονταν κυρίως μέχρι το κάθετο βάθος των 25 μέτρων και η « ελεύθερη πτώση » των ράβδων ανόρυξης σε ορισμένους τόπους υπονοούσε ότι κάποιες απ' αυτές ίσως εκτείνονταν κάθετα σε χιλιάδες μέτρα. Η παρουσία ανοικτών αρμών και κοιλοτήτων ήταν ακανόνιστη και απρόβλεπτη και γι' αυτό αποφασίστηκε να μην αφήσουμε τίποτε στην τύχη και να ξεκινήσουμε μια συστηματική επιχείρηση ενίσχυσης με τσιμέντο με όλες τις πρωταρχικές, δευτερεύουσες, τριτογενείς και όπου είναι αναγκαίο τεταρτογενείς τρύπες που ανοίχθηκαν και ενισχύθηκαν με τσιμέντο, ώστε να διασφαλίζεται ότι δημιουργείται ένα πυκνό και αποδοτικό παραπέτασμα.

Η συστηματική ενίσχυση με τσιμέντο άρχισε από τη διασύνδεση της τσιμεντένιας στοάς του αγωγού υπερχειλίσης με την περιμετρική τσιμεντένια στοά του αναχώματος κι αυτή έχει τώρα συμπληρωθεί σε μήκος 80 περίπου μέτρων. Κατά τη διάρκεια των σταδίων της ανόρυξης και της ενίσχυσης με τσιμέντο, συναντήσαμε συνδέσεις με τρύπες από τρυπάνι. Οι αντιδράσεις σε πολλά στάδια ενίσχυσης με τσιμέντο σ' ένα μεγάλο αριθμό διανοιγμένων τρυπών ήταν μικρές ως μέτριες, αλλά υπήρξαν αρκετές περιπτώσεις πολύ μεγάλων αντιδράσεων, ακόμα και σε ζώνες , όπου η ενίσχυση με τσιμέντο σε τρύπες ανώτερου επιπέδου, υπονοεί ότι οι διαπερατότητες του βράχου είναι γενικά χαμηλές. Γενικά οι αντιδράσεις σε βάθη που ξεπερνούν τα 25 μέτρα είναι χαμηλές σε λίγες περιπτώσεις.

Η μέση κατανάλωση τσιμέντου κατά τρύπα ποικίλλει μεταξύ περίπου 6 κιλών/ μέτρο και 235 κιλών / μέτρο. Σημειώνεται ότι σ' ένα συγκεκριμένο στάδιο ενίσχυσης με τσιμέντο (στάδιο 5 μέτρων) χρησιμοποιήθηκαν περισσότεροι από 7 τόνοι ξηρού τσιμέντου.

Οι εργασίες ενίσχυσης με τσιμέντο χωρίς αμφιβολία είχαν μια πολύ σημαντική επίδραση στις διαρροές, οι οποίες έδειχναν μια συνεχή μείωση , καθώς προχωρούσαν οι εργασίες ενίσχυσης με τσιμέντο. Κατά τη διάρκεια του Νοεμβρίου του 2004, όταν το νερό του υδατοφράκτη είχε χαμηλώσει σε υψόμετρο 236,4 m amsl , οι απώλειες ήταν γύρω στα 36 l/ sec , συγκριτικά με περίπου 62,5 l/sec στο ίδιο υψόμετρο κατά τη διάρκεια της συλλογής νερού ((βλέπε σχήμα 3). Παραπέρα μείωση των διαρροών φαίνεται να έχει επιτευχθεί με τις εργασίες ενίσχυσης με τσιμέντο κατά τη διάρκεια του 2005, όπως έδειξε καθαρά η αντίστοιχη γραφική παράσταση διαρροής έναντι επιπέδου νερού.

Η επιχείρηση χωρίς αμφιβολία φέρνει αποτελέσματα, και οι διαρροές μέχρι τώρα έχουν μειωθεί σημαντικά. Η εκκένωση στη στοά διοχέτευσης είναι τώρα πίσω στις αποδεκτές τιμές και διασφαλίστηκε η σταθερότητα της πλαγιάς του αγωγού υπερχειλίσης. Σημειώνεται ότι στο υψόμετρο 240 m amsl η εκκένωση κατά τη διάρκεια του 2005 είναι μικρότερη κατά 50% της εκκένωσης που έγινε κατά τη διάρκεια της συλλογής νερού το 2004. Η επιχείρηση ενίσχυσης με τσιμέντο στο δεξιό αντέρεισμα του φράγματος του Κούρη θα συνεχιστεί μέχρι να συμπληρωθεί το συνολικό μήκος της στοάς κάτω από το τοίχο του αριστερού αγωγού υπερχειλίσης, του ρυθμιστή υπερχειλίσης και του δεξιού αντερείσματος. Με τη διάνοιξη κι ενίσχυση με τσιμέντο όλων των πρωταρχικών, δευτερευόντων και τριτογενών τρυπών το διάστημα των τρυπών θα μειωθεί σε 1,5 μέτρα. Όταν θεωρηθεί αναγκαίο να ενισχύσουμε με τσιμέντο τις τεταρτογενείς τρύπες, τότε αυτό το διάστημα θα μειωθεί στα 0,75 μέτρα. Αυτή η διευθέτηση πυκνών τρυπών χρειάζεται ενόψει του περιορισμού του παραπετάσματος μιας γραμμής, το οποίο υπαγορεύεται από το πλάτος της στοάς και την ακανόνιστη και απρόβλεπτη φύση των κοιλοτήτων, μικροκαναλιών και ανοικτών αρμών.

Ειδική μελέτη επί του αγωγού υπερχειλίσης

Στην πιο πρώιμη μελέτη σκοπιμότητας για το Φράγμα του Κούρη, ο Howard Humphreys (1972), μελετά δυο τύπους αγωγού υπερχειλίσης, ένα τύπου με στόμιο κουδουνιού (bell mouth) κι ένα αγωγό υπερχειλίσης ανοικτού καναλιού, με πρότυπη πλημμύρα υπολογισμένη στα $1200 \text{ m}^3 / \text{sec}$ και πλημμύρα ισάλων στα $2400 \text{ m}^3 / \text{sec}$. Αυτοί οι αριθμοί είναι παρόμοιοι με τους αριθμούς που υιοθετήθηκαν στην υδρολογική μελέτη της SOGREAH που δίνεται στο παράρτημα 1 σ' αυτή την έκθεση, οι οποίοι αριθμοί είναι αντίστοιχα $1500 \text{ m}^3 / \text{sec}$ και $2600 \text{ m}^3 / \text{sec}$. Η μελέτη που έγινε από τον Howard Humphreys ήταν για ένα ανάχωμα ύψους μεταξύ 80 και 100m. Το τωρινό ανάχωμα είναι γύρω στ 99 μέτρα με κανονικό επίπεδο νερού στα 247 m asl.

Κατά συνέπεια, μερικά συμπεράσματα της μελέτης σκοπιμότητας, που έγινε νωρίτερα, μπορούν να γίνουν δεκτά, αλλά οι αριθμοί πρέπει να προσαρμοστούν.

Επιλογή τύπου αγωγού υπερχειλίσης

Στην πρώιμη μελέτη εξετάστηκαν λεπτομερώς δυο τύποι αγωγών υπερχειλίσης, ένας αγωγός υπερχειλίσης ανοικτού καναλιού γύρω από το πλευρό του αναχώματος κι ένας αγωγός με στόμιο κουδουνιού. Ο αγωγός με στόμιο κουδουνιού μελετήθηκε επειδή το ικρίωμα που λήφθηκε υπόψη εκείνο το χρόνο θα μπορούσε πιο εύκολα να στεγαστεί. Αυτός ο τύπος αγωγού υπερχειλίσης έχει τώρα απορριφθεί επειδή το κόστος ήτα ψηλό, κυρίως για τους ακόλουθους λόγους, όπως εκτίθενται αναλυτικά στην Έκθεση Ανασκόπησης της SOGREAH (Παράρτημα Έκθεση Αρ. 1):

Μια σήραγγα 12.5 μέτρων εκσκαφής σ' ένα πέτρωμα όπως ο ασβεστόλιθος, δεν μπορεί να διανοιχτεί χωρίς υποστήριξη τόξου από βαρύ ατσάλι ακόμα κι αν διανοιχτεί σε δυο ή τρεις φάσεις: η πρόοδος της διάνοιξης θα ήταν πολύ αργή και θα ήταν αναγκαίες οι τσιμεντενέσεις στη στεφάνη καθώς και η ενίσχυση με τσιμέντο για εδραίωση γύρω από όλη τη σήραγγα.

Η διάνοιξη του κάθετου άξονα θα πρέπει να γίνει από την κορυφή, περιλαμβανομένων ακαθαρσιών, αφού η σήραγγα εκτροπής θα είναι σε λειτουργία εκείνη το χρονικό διάστημα.

Θα ήταν αναγκαία η επένδυση με βαρύ στελλίτη στην γωνιά του άξονα και πιθανώς σε κάποια τμήματα της σήραγγας.

Θα απαιτούνταν ακριβές δομές για το στόμιο εκροής, σχεδιασμένο για $1500 \text{ m}^3/\text{sec}$, αλλά ικανές να ανεχθούν κάποια φθορά για ακόμα μεγαλύτερες εκροές.

Για τους πιο πάνω λόγους έχει υιοθετηθεί ένα αγωγός υπερχειλίσσης τύπου ανοικτού καναλιού.

Αγωγός υπερχειλίσσης και πύλες

Η χρήση πυλών θα οδηγούσε σε εξοικονομήσεις στην τεχνική μελέτη του αγωγού υπερχειλίσσης, όπως περιγράφεται στην Έκθεση Επισκόπησης SOGREAH, αλλά ένα τέτοιο σύστημα δε συστήνεται για τους ακόλουθους λόγους:

Ένας υδροφράκτης με πύλες χρειάζεται την παρουσία ενός φύλακα για την παρακολούθηση και συντήρηση των πυλών και του μηχανισμού τους. Ένας υδροφράκτης με πύλη δεν είναι ο ασφαλέστερος τύπος υδροφράκτη κατά τη διάρκεια των σεισμών, λόγω της πιθανότητας παρεμπόδισης των βλαβών από τις δονήσεις.

Κατά συνέπεια ο τύπος του αγωγού υπερχειλίσσης που επιλέγηκε είναι αγωγός υπερχειλίσσης χωρίς πύλες- ανοικτού καναλιού.

Θέση του αγωγού υπερχειλίσσης

Στην έκθεση της μελέτης σκοπιμότητας του Howard Humphreys λήφθηκαν υπόψη δυο τοποθεσίες, η πρώτη στο δεξιό αντέρεισμα και η δεύτερη στο αριστερό αντέρεισμα. Μετά από οικονομική σύγκριση, αυτή η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το δεξιό αντέρεισμα ήταν το πιο κατάλληλο για το αγωγό υπερχειλίσσης. Αυτό το συμπέρασμα εξακολουθεί να ισχύει με το ψηλό φράγμα και γι' αυτό έχει επιλεγεί η πλευρά της αριστερής όχθης.

Εξάλα

Πρέπει να ληφθεί πρόνοια για ικανοποιητικά έξαλα πάνω από το μέγιστο επίπεδο για να διασφαλιστεί ότι δε θα συμβεί καμιά υπερκάλυψη του φράγματος. Κατά τη σχεδιαζόμενη πλημμύρα πρέπει να ληφθεί επίσης υπόψη η επίδραση των κυμάτων στον υδατοφράκτη.

Ύψος των κυμάτων

Το ύψος των κυμάτων που δημιουργούνται από τους ανέμους σε ένα υδατοφράκτη εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου, το ελεύθερο βάθος του νερού και το πλάτος του υδατοφράκτη.

α) Υπολογισμός των ταχυτήτων του ανέμου

Λεπτομέρειες των δεδομένων του ανέμου δίδονται στη « Μελέτη των επιφανειακών ανέμων στην Κύπρο ». Η θέση του φράγματος βρίσκεται στην περιοχή 1, στις νότιες παράκτιες περιοχές.

Το χειμώνα οι επικρατούντες άνεμοι επιφανείας είναι ανατολικοί προς δυτικοί. Με πολύ ελαφρούς ανέμους οι βόρειες απόγειες αύρες κατά τη νύκτα γίνονται το κύριο χαρακτηριστικό. Με μέτριους προς ισχυρούς ανέμους οι απόγειες αύρες καταστέλλονται.

Το καλοκαίρι οι νοτιοδυτικοί με δυτικοί άνεμοι που ενισχύονται από τις νότιες θαλάσσιες αύρες κατά τη διάρκεια της μέρας αποτελούν το κύριο χαρακτηριστικό.

Την άνοιξη οι ανατολικοί με δυτικοί άνεμοι και το φθινόπωρο οι νοτιοδυτικοί με δυτικοί άνεμοι καταστέλλουν τις ασθενείς απόγειες αύρες κατά τη διάρκεια της νύκτας και ενισχύουν τις ασθενείς θαλάσσιες αύρες κατά τη διάρκεια της μέρας.

Εντούτοις αυτή η τιμή πρέπει ν' αυξηθεί για δυο λόγους:

Η ταχύτητα του ανέμου πάνω από το νερό είναι γύρω στο 20% μεγαλύτερη από την ταχύτητα του ανέμου πάνω από τη στεριά για 25 μίλια πράγμα που οφείλεται σε μικρότερη τραχύτητα.

Αυτή η ταχύτητα του ανέμου πρέπει επίσης να αυξηθεί λόγω του ύψους του φράγματος ως πούμε κατά 5%.

Κατά συνέπεια η ταχύτητα του ανέμου που υιοθετήθηκε είναι 50 μαω, δηλαδή 80 χλμ /ω

β) Υπολογισμός του fetch

Το fetch είναι 3.8 χλμ στα 247 m asl

γ) Υπολογισμός του ύψους του κύματος

Συνήθως χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι παραστάσεις

Ο τύπος του Stevenson (τροποποιημένη από τον Molitor)

Αναφορά 1

$$h^w = 0.75 + 0.032 \sqrt{VF} - 0.274 4\sqrt{F}$$

Αναφορά 2

όπου:

h^w = ύψος των κυμάτων σε μέτρα

V = ταχύτητα του ανέμου σε χλμ / ώρα

F = fetch σε χιλιόμετρα

Παράσταση Bertram

3) Σώμα Μηχανικών των ΗΠΑ

Αναφορά 3

Ύψος κύματος	Σημαντικό	Μέγιστο
Stevenson	-	0,92
Bertram	-	1.20
Σώμα Μηχανικών ΗΠΑ	1.07	1.79

Σημαντικό κύμα ορίζεται το μέσο ύψος του ανώτατου ενός τρίτου όλων των κυμάτων σ' ένα φάσμα κυμάτων στο τέλος της περιόδου οικοδομής. Το μέγιστο κύμα είναι 1.67 φορές μεγαλύτερο από το σημαντικό κύμα.

Το μέγιστο ύψος του κύματος είναι μεταξύ 1.2 και 1.8 μέτρα.

Υπάρχει κάποια ασυμφωνία μεταξύ αυτών των αριθμών. Οι απευθείας παρατηρήσεις που έγιναν από το Σώμα μηχανικών του Στρατού των ΗΠΑ αποκάλυψαν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ των υψών των κυμάτων, που υπολογίστηκαν με τύπους και των μετρημένων υψών, τα δεύτερα είναι μεγαλύτερα.

Κατά συνέπεια για τον καθορισμό εξάλων φαίνεται πιο ασφαλές να μην υιοθετήσουμε τον αριθμό 1.20 μέτρα. Φαίνεται υπερ-συντηρητικό να υιοθετήσουμε τον αριθμό 1.80 μέτρα, ο οποίος είναι το μέγιστο ύψος, επειδή ένα κύμα αυτού του ύψους δε θα προκαλούσε οποιαδήποτε ζημιά. Καθώς το επίπεδο του νερού, μισή ώρα αφού επιτυγχάνεται το αποκορύφωμα της εκροής στη σχεδιασμένη πλημμύρα, ήδη έχει πέσει 0.50 μέτρα, φαίνεται λογικό να υιοθετήσουμε μια τιμή 1.50 μέτρα η οποία είναι η μέση τιμή.

Ανύψωση του κύματος

Ακολουθώντας τη μέθοδο Davis και Sorensen είναι δυνατό να υπολογίσουμε την ανύψωση του κύματος στην προς τα πάνω πλαγιά. Το μήκος του κύματος υπολογίζεται με τον τύπο:

$$L = 1.56 T^2$$

Όπου T είναι η επικρατούσα περίοδος των κυμάτων που πήραμε με τον νομογράφο.

Για το φράγμα του Κούρη το T είναι γύρω στα 4.2 δευτερόλεπτα το οποίο δίδει:

$$L = 27.50 \text{ μέτρα}$$

Για μια προς τα πάνω πλαγιά 1: 2.5 η σχετική ανύψωση (R / h^s) είναι γύρω στα 1.9 μέτρα για μια απαλή πλαγιά. Κατά συνέπεια η μέγιστη ανύψωση είναι 1.5 μέτρα.

Καθίζηση σεισμού

Η ανοχή για καθίζηση σεισμού λαμβάνεται ως 1% του ύψους του φράγματος και καταλήγει στην τιμή του 1 μέτρου.

Υιοθετηθέντα έξαλλα

Καθώς η ταυτόχρονη εμφάνιση και της πιθανής μέγιστης πλημμύρας και ενός ισχυρού σεισμού έχει πολύ λίγη πιθανότητα (να γίνει) τα κριτήρια που παρουσιάζονται στον πίνακα 4.1 έχουν υιοθετηθεί.

Πίνακας 4.1

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΞΑΛΩΝ		
Αντικείμενο	Σχεδιασμένη πλημμύρα	Πιθανή μέγιστη πλημμύρα
Εκροή αποθέματος *	3,65	5.4
Δράση κύματος	1.50	1.5
Καθίζηση σεισμού	1.00	-
Έξαλλα	6.15	6.9

* Τα υιοθετηθέντα αποθέματα εκροής, συνδεδεμένα με τον αγωγό υπερχειλίσης που έχει μήκος αναβαθμών 70 μέτρα, έχουν ληφθεί από τον υπολογισμό της πορείας της πλημμύρας (βλέπε τμήμα 4.6).

Κατά συνέπεια, λαμβάνοντας υπόψη ένα επίπεδο αναβαθμών 247 μ asl , οδηγούμαστε σε μια στέψη φράγματος στο επίπεδο 253 μ asl. Αυτό το επίπεδο μπορεί να επιτευχθεί με την κατασκευή ενός στηθαίου τοίχου ή απορρίπτοντας επιπλέον χαλίκια που θα υψωθούν πάνω από την προς τα πάνω επιφάνεια.

Πορεία της πλημμύρας

Οι υδατογραφίες εισροής των σχεδιασμένων πλημμυρών και των εξάλων βρίσκονται στο Παράρτημα 1. Χρησιμοποιώντας την καμπύλη του όγκου του υδατοφράκτη που αναπαράγεται στο σχήμα 3.1, έγιναν υπολογισμοί της πορείας της πλημμύρας για ένα αγωγό υπερχειλίσης μήκους 50 με 100 μέτρων.

Έγιναν οι ακόλουθες υποθέσεις: Το επίπεδο της στέψης του αγωγού υπερχειλίσης είναι 247 μ asl. Η σχεδιασμένη και η πλημμύρα εξάλων (PNF) συμβαίνουν όταν ο υδατοφράκτης είναι στο φυσιολογικό του επίπεδο, δηλαδή 247 μ asl. Η εκροή πάνω από το υδροφράκτη δίδεται από τον τύπο :

$$Q = CLh^{3/2}$$

Όπου:

- Q Ολική εκροή πάνω από τον αγωγό υπερχειλίσης
- L καθαρό μήκος του αγωγού υπερχειλίσης
- h Συνολικό ταμείυμα στη στέψη περιλαμβανομένης της ταχύτητας του Ταμειύματος
- C Συντελεστής εκροής

Εφόσον το προς τα κάτω τμήμα του υδροφράκτη θεωρείται ότι θα βυθιστεί σε οποιαδήποτε κατάσταση πλημμύρας η τιμή του C υπολογίζεται να είναι 0.48. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον πίνακα 4.2. Οι σχέσεις μεταξύ του μέγιστου ύψους που επιτυγχάνεται κατά τη διάρκεια συνθηκών τόσο σχεδιαζόμενης πλημμύρας όσο και των εξάλων (PMF) έναντι του μήκους του αγωγού υπερχειλίσης , όπως και για τις εκροές υπό τις ίδιες συνθήκες, καταγράφονται στο σχέδιο 4.1

ΜΕΓΙΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΑΙ ΕΚΡΟΗ ΓΙΑ ΣΧΕΔΙΑΖΟΜΕΝΗ ΠΛΗΜΜΥΡΑ ΚΑΙ ΕΞΑΛΩΝ				
Μήκος αναβαθμών (m)	Σχεδιαζόμενη πλημμύρα		Πλημμύρα εξάλων	
	Μέγιστο ύψος (m)	Εκροή (m ³)	Μέγιστο ύψος (m)	Εκροή (m ³)
50	251.20	916	253.46	1 744
60	250.91	985	252.93	1 843
70	250.65	1 039		1 928
80	250.44		252.52	1 996
90	250.24	1 083	252.16	2 049
100	250.07	1 118	251.68	2 095

		1 145	251.60	
--	--	-------	--------	--

Μέγεθος του φράκτη του αγωγού υπερχειλίσης

Λαμβάνοντας υπόψη την τοπογραφία του δεξιού αντερείσματος, έχει βρεθεί ότι θα ήταν ο πιο κατάλληλος αγωγός υπερχειλίσης ένας αγωγός υπερχειλίσης με δευτερεύον κανάλι. Προκειμένου να ορίσουμε το μέγεθος του φράκτη πρέπει να ληφθούν υπόψη τα ακόλουθα βασικά δεδομένα: Η ασφάλεια υπαγορεύει όπως το κανάλι εγκατασταθεί αρκετά μέσα στο βράχο κατά συνέπεια, η βάση πρέπει να είναι στο επίπεδο του ασβεστολιθικού σχηματισμού (δηλαδή 234 m asl).

Για σκοπούς οικονομίας οι δευτερεύουσες πλαγιές πρέπει να κουρευτούν στην πιο απότομη γωνία στην οποία τα υλικά θα σταθούν με ασφάλεια. Επιλέγηκε μια δευτερεύουσα πλαγιά του 1.5 V με 1 H στον σχηματισμό αργιλασβεστικής κιμωλίας. Η ανοικτή τομή θα προστατευθεί με shotcrete και πέτρινες άγκυρες. Μια τυπική εγκάρσια τομή του φράκτη του αγωγού υπερχειλίσης φαίνεται στο σχεδιάγραμμα 3.05. Σύμφωνα με αυτούς τους δυο πιο πάνω αναφερθέντες περιορισμούς που σχετίζονται με την γεωλογία του αντερείσματος, πρέπει να γίνει μια οικονομική μελέτη προκειμένου να επιλεγεί ο πιο οικονομικός αγωγός υπερχειλίσης.

Με αναβαθμούς μήκους μεταξύ 50 και 100 μέτρων το αποκορύφωμα εκροής είναι μεταξύ $1700 \text{ m}^3 / \text{sec}$ και $2020 \text{ m}^3 / \text{sec}$, αλλά ο αγωγός υπερχειλίσης προς τα κάτω θα ήταν σχεδόν ο ίδιος ανεξάρτητα από το μήκος του αναβαθμού. Κατά συνέπεια θα είχε μικρή επίπτωση πάνω στο κόστος ολόκληρου του αγωγού υπερχειλίσης.

Για να επιλέξουμε το μήκος του αναβαθμού είναι απαραίτητο να συγκρίνουμε τα κόστη του φθίνοντος μήκους του αναβαθμού. Επιλέγοντας τα 100 μέτρα ως μήκος αναφοράς, είναι πιθανό να καθορίσουμε τα επιπλέον κόστη του αναχώματος και του αγωγού υπερχειλίσης.

Η μεταβολή του όγκου του αναχώματος V σχετίζεται με τη μεταβολή του ύψους:

$$H \text{ επί} : V = 102\,320 H$$

Η μέση τιμή της μονάδας των υλικών που θα τοποθετηθούν υπολογίζεται ότι είναι C£ 1.6 m^3 (αυτό περιλαμβάνει τον πυρήνα λάσπης, τα φίλτρα χαλικιών, τους οχετούς και τη λιθοριπή). Κατά συνέπεια η μεταβολή κόστους C σχετίζεται με τη μεταβολή του ύψους με

$$C = 165\,312 A$$

Η μεταβολή του ύψους H προέρχεται από τον υπολογισμό της δρομολόγησης της πλημμύρας με :

$H =$ το μέγιστο επίπεδο για ένα δεδομένο μήκος αναβαθμού - 251.6m asl το μέγιστο επίπεδο για ένα αναβαθμό μήκους 100 μέτρων ισούται με 251.6 m asl.

Το κόστος του αγωγού υπερχειλίσσης υπολογίζεται από δυο στοιχεία: Εκσκαφή. Ο όγκος της εκσκαφής είναι περίπου 400 m^3 για κάθε μέτρο του αγωγού υπερχειλίσσης: $1/3$ του φθαρμένου βράχου και $2/3$ του γερού βράχου. Η μέση τιμή μονάδος για την εκσκαφή είναι :

$$1/3 \cdot 1.1 + 2/3 \cdot 3.5 = \text{C} \text{ } \text{€} \text{ } 2.7$$

Το κόστος εκσκαφής είναι γύρω στις $\text{C} \text{ } \text{€} \text{ } 1 \text{ } 080$ για κάθε μέτρο του αγωγού υπερχειλίσσης.

Τσιμέντο. Λεπτομερείς υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν για διάφορα μήκη αναβαθμών, λαμβάνοντας υπόψη τις σχέσεις μεταξύ μήκους αναβαθμού και μέγιστης εκροής μετά τη δρομολόγηση της πλημμύρας. Υιοθετώντας ως τιμές μονάδος για τη μάζα και του ενισχυμένου τσιμέντου τις $\text{C} \text{ } \text{€} \text{ } 32$ και $\text{C} \text{ } \text{€} \text{ } 50$ αντίστοιχα το κόστος του τσιμέντου δίδεται στον πίνακα 4.3.

ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥ ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ						
Μήκος αναβαθμού (m)	Όγκος (m^3)					
	Φράκτης αγωγού	Πλάκα	Τοίχοι	Συμπαγές τσιμέντο	Ενισχυμένο τσιμέντο	Σύνολο
50	2 850	1 000	760	91 200	88 000	179 200
70	4 900	1 225	1 092	156 800	115 850	272 650
100	8 500	1 750	1 608	272 000	167 900	439 900

Επιλέγοντας τα 100μέτρα ως μήκος αναφοράς το επιπλέον κόστος του αγωγού υπερχειλίσσης δίνεται στον πίνακα 4.4 και τα αποτελέσματα αυτά συνοψίζονται στο σχήμα 4.2.

ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΕΞΟΔΩΝ ΠΟΥ ΒΑΣΙΖΟΝΤΑΙ ΣΕ ΕΝΑ ΜΗΚΟΣ ΑΝΑΒΑΘΜΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ 100 ΜΕΤΡΩΝ					
Μήκος αναβαθμού (m)	Μεταβολή ύψους (m)	Μεταβολή όγκου (m)	Επιπλέον κόστος αναχώματος (m)	Επιπλέον κόστος αγωγού υπερχειλίσσης (m)	Διαφορά τελικού κόστους (C€)
50	1.86	192 175	307 480	-315 000	-7520
60	1.33	137 415	219 864	-260 000	-40 136
70	0.92	95 054	152 086	-199 650	-47 564
	0.56	55 792	89 267	130 000	-40 733
80	0.26	26 863	42 980	650 000	-23 672

90					
100	0	0	0	0	0

Από τη μελέτη του Πίνακα 4.4 φαίνεται ότι η διακύμανση του μήκους του οικονομικού αναβαθμού είναι μεταξύ 70 μέτρων και 100 μέτρων. Το μήκος των 70 μέτρων έχει επιλεγεί για τους ακόλουθους λόγους:

Το επιπλέον κόστος του αγωγού υπερχειλίσης δεν περιλαμβάνει την επιπλέον εκσκαφή που χρειάζεται από την διείσδυση μέσα στο ανάχωμα της λεπτότερης άκρης του αγωγού υπερχειλίσης. Αυτό θα αύξανε το συνολικό κόστος για μακρύτερους αγωγούς υπερχειλίσης. Για την περίπτωση σεισμού αξίζει να έχουμε τα μεγαλύτερα έξαλα και έτσι το μικρότερο μήκος του αγωγού υπερχειλίσης. Μικρότερο μήκος του αγωγού υπερχειλίσης δίνει μικρότερη εκροή και έτσι ο σχεδιασμός της τσουλήθρας του αγωγού και της λεκάνης κατασίγασης είναι ασφαλέστερος. Λαμβάνοντας τα πιο πάνω υπόψη φαίνεται σοφότερο να επιλέξουμε το μικρότερο μήκος από την γκάμα των οικονομικών μεγεθών. Κατά συνέπεια έχει υιοθετηθεί ένα μήκος 70 μέτρων.

Κανάλι εκροής

Το κανάλι εκροής σχεδιάστηκε για μη κρίσιμη ροή. Το σημείο ελέγχου βρίσκεται στη είσοδο της «τσουλήθρας». Το πλάτος στην είσοδο της τσουλήθρας είναι 25 μέτρα. Το πλάτος αυτό επιλέγηκε στη βάση ότι στενά πλάτη θα αύξαναν τα βάθη του νερού στο κανάλι εκροής του αγωγού υπερχειλίσης και τον ανάποδο κάδο. Το προς τα πάνω άκρο του καναλιού εκροής είναι 10 μέτρα για να υπάρξουν εξοικονομήσεις στην κατασκευή. Η διαφορά στο πλάτος μειώνεται εφαρμόζοντας κεκλιμένο φράκτη του αγωγού υπερχειλίσης προκειμένου να κάνουμε ένα διάμηκες συνθετικό ροής πάνω από το φράκτη το οποίο θα βοηθούσε τη ροή κατά μήκος του καναλιού εκροής και θα μείωνε το επίπεδο του νερού.

Η γεωμετρία της τσουλήθρας υπερχειλίσης ελέγχεται από τις συνθήκες τοπογραφίας και θεμελίωσης. Η τσουλήθρα θα καταλήγει σ' έναν ανάποδο κάδο ο οποίος είναι μια συμβατική δομή.

Θα ληφθεί πρόνοια για λεκάνη κατασίγασης προς τα κάτω του ανάποδου κάδου. Ο ισχυρός βράχος που ερευνήθηκε με τρύπες που ανοίχτηκαν και σεισμική επισκόπηση βρίσκεται σε υψόμετρο 150 m asl και η λεκάνη κατασίγασης θα εκσκαφεί σε υψόμετρο 140 m asl στην περιοχή όπου υπάρχει μετάπτωση του εδάφους προκειμένου να παρεμποδιστεί η αυλάκωση της δεξιάς αναβαθμίδας προς την κατεύθυνση του ρεύματος και του ερείσματος του φράγματος.

Χρήση του υλικού εκσκαφής

Ο αγωγός υπερχειλίσης θα εκσκαφεί κυρίως σε αργιλάσβεστο και συνεπώς δεν έχει προβλεφθεί χρήση γι' αυτά τα υλικά. Η λεκάνη κατασίγασης θα εκσκαφεί σε αποθέσεις επιφανειακού χόματος και υποστρώματα λεπτών ασβεστοδών ψαμμιτών και σ' αυτό το στάδιο μελέτης δεν έχει προβλεφθεί χρήση του προηγούμενου υλικού. Παρά ταύτα, αν κατά τη λεπτομερή τεχνική μελέτη και την κατασκευή των έργων, ο ασβεστόδης ψαμμίτης δείξει ικανοποιητικές ιδιότητες ίσως προκύψουν ευκαιρίες για τη χρήση του.

Σταθερότητα του φράκτη υπερχειλίσης

Τα τεμάχια του φράκτη υπερχειλίσης και οι τοίχοι συγκράτησης είναι ογκώδη κτίσματα από μπετόν. Η στερεότητα τους πρέπει να ελεγχθεί με διάφορες φορτώσεις. Τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για σκοπούς ανάλυσης της στερεότητας έχουν σχετιστεί με το ενδεχόμενο του γεγονότος της φόρτωσης που παρατηρείται κατά τη διάρκεια ζωής του φράγματος. Οι συνθήκες που συναντώνται για μακρές περιόδους αποκαλούνται μακροπρόθεσμες συνθήκες.

Οι συνθήκες που είναι παροδικές ή εξαιρετικά απίθανες, που μπορεί να παρατηρηθούν κατά τη διάρκεια της ζωής του φράγματος αποκαλούνται προσωρινές συνθήκες. Πρέπει να ελεγχθούν τρεις διαστάσεις: οι τάσεις, η διολίσθηση, η ανατροπή.

Το μπετόν που χρησιμοποιείται για τις ογκώδεις αυτές κατασκευές είναι μπετόν 20 βαθμών με χαρακτηριστική ισχύ $f_{cu} = \text{N/mm}^2$. Εντούτοις προκειμένου να μειώσουμε την πιθανότητα ρωγμών εξαιτίας της θερμοκρασίας στα συγκροτήματα ογκωδών κατασκευών η μέγιστη ισχύς συμπίεσής που επιτρέπεται είναι $0.35 f_{cu} = 7 \text{N/mm}^2$.

Οι συμπίεστικές τάσεις στα συγκροτήματα και τους τοίχους είναι τόσο χαμηλές που ρωγή του μπετόν δεν είναι πιθανή ρύθμιση αποτυχίας.

Η επιτρεπόμενη μέση μακροπρόθεσμη τάση κοπής στο μπετόν καθορίζεται συνήθως από 1/20 της συμπίεστικής τάσης για να επιτρέπει την μεταβλητότητα του υλικού, να συγκολλά τις ενώσεις της κατασκευής και την αναλογία μεταξύ ανώτερης και μέσης τάσης κοπής.

Οι τιμές από 1 N/mm^2 μέχρι 2 N/mm^2 για το λόγο αυτό υιοθετούνται για μακροπρόθεσμες και προσωρινές συνθήκες.

Δεν επιτρέπεται τάση σε μακροπρόθεσμες συνθήκες, αλλά επιτρέπονται εντατές τάσεις μέχρι $0.6 \sqrt{f_{cu}} = 2.7 \text{ N/mm}^2$ για μεταβατικά ή εξαιρετικά απίθανα περιστατικά.

Ο φράκτης της υπερχειλίσης και οι τοίχοι βρίσκονται στο άνω ασβεστολιθικό υπόστρωμα.

Απεριόριστα τεστ συμπίεσης πραγματοποιήθηκαν σε ασβεστολιθικά δείγματα από τις οπές BH 1 και BH13 που βρίσκονται στο δεξιό αντέρεισμα στην περιοχή του υπερχειλιστή. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον πίνακα 4.5

Αριθμ. ΒΗ	Βάθος (m)	Δύναμη σύνθλιψης (ώριμο δείγμα) (N / mm ²)
1	10-10.28	30
13	21.3-21.44	43
13	24.27-24.32	24

Εντούτοις θα πρέπει να κρατήσουμε στη σκέψη ότι τα αποτελέσματα του τεστ ισχύος σύνθλιψης αντιστοιχούν στο δείγμα πετρώματος το οποίο είναι εντελώς ελεύθερο από οποιουδήποτε αρμούς και δεν έχει ελεγχθεί σε συνθήκες 'επί τόπου'.

Έτσι προκειμένου να λάβουμε υπόψη αυτό το φαινόμενο η σφαιρική πρακτική συστήνει να υιοθετήσουμε τιμή του 1/7 της συμπίεστικής ισχύος για επιτρεπόμενες συμπίεστικές τάσεις. Μακροπρόθεσμες και προσωρινές τάσεις κοπής εξασφαλίζονται από το τεστ απεριόριστης συμπίεσης εφαρμόζοντας αναλογία 20 προς 10 αντίστοιχα. Όσον αφορά τις εντατές τάσεις του μπετόν δεν επιτρέπονται στο πέτρωμα για μακροπρόθεσμες φορτώσεις αλλά εντατές τάσεις μέχρι 10% της επιτρεπτής τάσης συμπίεσης επιτρέπονται για εξαιρετικά συμβάντα. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον πίνακα 4.6

ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ			
		Φορτώσεις	
		Μακροπρόθεσμες	Προσωρινές
Μπετόν	Συμπίεστική τάση (Μρα)	7	10
	Τάση κοπής (Μρα)	1	2
	Εντατή τάση (Μρα)	0	2.7
Πέτρωμα	Συμπίεστική τάση (Μρα)	3.5	7
	Τάση κοπής (Μρα)	1.2	2.4
	Εντατή τάση (Μρα)	0	0.7

Η θέση της συνισταμένης πρέπει να είναι εντός του μέσου τρίτου για μακροπρόθεσμες φορτώσεις και εντός του μέσου ημίσεως για προσωρινές φορτώσεις.

Μια συντηρητική μέθοδος εξακρίβωσης της σταθερότητας ολίσθησης είναι να υποθέσουμε ότι η ολίσθηση συμβαίνει σε πλήρως θρυμματισμένο μπετόν στη διεπιφάνεια του πετρώματος. Εφόσον δεν είναι διαθέσιμα τεστ κοπής σε dedding επίπεδα ασβεστόλιθων μια τριβή συντελεστή 0.7 ισοδύναμου με μια γωνία τριβής 35° (Η προτεινόμενη τιμή Navfac) αναμένεται να χρησιμοποιηθεί στην ανάλυση.

Ο συντελεστής ασφάλειας ορίζεται ως ακολούθως:

$$\text{Συντελεστής ασφάλειας} = \mu \frac{\Sigma H}{\Sigma V}$$

ΣH

με :

μ Συντελεστής τριβής ΣH Ποσό οριζόντιων δυνάμεων
 ΣV Ποσό κάθετων δυνάμεων

Εφόσον οι παράγοντες ασφάλειας για κάποιες περιπτώσεις φόρτωσης αποδείχτηκαν ότι είναι ανεπαρκείς η τιμή συνοχής που απαιτείται για να διατηρήσουμε επαρκή σταθερότητα καθορίστηκε ως εξής:

$$C = F (\Sigma H - \mu \Sigma S)$$

ΣS

Για έδαφος χωρίς συνοχή σύμφωνα με τη θεωρία Mononobe- Okabe, ο συντελεστής πίεσης της γης υπολογίζεται τόσο υπό στατικές και δυναμικές συνθήκες, από τον τύπο:

$$K_a = \cos^2 (\phi - \Theta - \beta) \cos \Theta \cos^2 (\delta + \beta + \Theta) \left[1 + \frac{\sqrt{\sin(\phi + \delta) \sin(-\Theta)}}{\cos(\delta + \beta + \Theta) \cos \beta} \right]^2$$

όπου:

$\theta = \text{Arctg} (k_h)$ k_h σεισμικός συντελεστής

ϕ = γωνία τριβής

δ = μπετόν-έδαφος-γωνία τριβής

β = κλίση του τοιχείου

Για τους πίσω τοίχους του αγωγού υπερχειλίσσης έχουν διατηρηθεί οι ακόλουθοι αριθμοί:

Γωνία τριβής $\Theta = 40^{\circ}$ (υλικό ελεύθερο από απορροή όπως τα χαλίκια του ποταμού)

Γωνία τριβής μεταξύ μπετόν και εδάφους $\delta = 22^{\circ}$

Στην ανάλυση εμπλέκονται δυο σεισμικοί συντελεστές 0.17g και 0.25g.

Επίσης εμπλέκονται δυο κλίσεις:

$\beta = 19^{\circ}$ για το ανώτερο μέρος

$\beta = 0^{\circ}$ για το κατώτερο μέρος

Πίνακας 4.7

K_a β	0°	-19°
Στατικό	0.20	0.09
0.17g	0.30	0.17
0.25g	0.36	0.22

Για τις μετρήσεις της σταθερότητας του πίσω τοίχου χρησιμοποιούνται συντελεστές πίεσης της γης.

Ο τοίχος αντιστήριξης του αναχώματος έχει φορτιστεί από τις γήινες πιέσεις του πυρήνα από λάσπη. Τα πιο κάτω φορτία πρέπει να προβλεφθούν και κατά συνέπεια οι σχετιζόμενοι συντελεστές.

Τελικά η κατασκευή του τοίχου πρέπει να συγκρατεί τον πυρήνα στον οποίο μπορεί να έχει παρατηρηθεί μεγάλη πίεση πόρου. Αυτή η συνεκτική επιχωμάτωση εφόσον είναι πιο υγρή από το μέγιστο περιεχόμενο υγρασίας θα ασκήσει μίαν ώση, στο τέλος της κατασκευής, σχεδόν ίση με την υπόλοιπη κατάσταση λόγω της μικρής γωνίας τριβής ($\phi = 4^\circ$) που ορίζεται στον τύπο

‘φ’ του τεστ τριαξονικής τομής :

$$K = t g^2 (\pi / 4 - \phi'^2) K = 0.87$$

Παρά ταύτα το ανώτερο μέρος της επιχωμάτωσης δεν ασκεί ώση εξαιτίας της συνεκτικότητας (13 tf/m^2) της λάσπης. Το σημείο αυτό δε λαμβάνεται υπόψη.

Με μακροπρόθεσμες φορτώσεις, δεν είναι ασφαλές να χρησιμοποιούμε τη μείωση της ώσης που προκλήθηκε από τη συνεκτικότητα διότι αρκετή από τη συνεκτικότητα ίσως χαθεί εκτός αν συνεχιστεί η στράγγιση του χώματος. Αν τοίχος δεν μπορεί να συνεχίσει να κινείται, το χώμα μπορεί να χαλαρώσει, η συνεκτικότητα να μειωθεί και η ώση πάνω στον τοίχο,

Η γωνία τριβής που χρησιμοποιείται είναι η δραστική γωνία τριβής από το τεστ τριβής τύπου ‘R’ ($\phi = 29^\circ$).

Κατά συνέπεια $K_a = 0.35$

Εφόσον δεν υπάρχει καμιά επαρκώς καθιερωμένη μέθοδος για να ορίσουμε την ώση που ασκείται από ένα συνεκτικό έδαφος κατά τη διάρκεια σεισμών, η συντελεστές πίεσης της γης καθορίστηκαν χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Mononobe-Okabe με $\phi' = 29$. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον πίνακα 4.8

Πίνακας 4.8

Κατάσταση φόρτωσης	K
Τέλος κατασκευής	0.87
M.R.L	0.35

0.17 g σεισμός	0.46
0.25 g σεισμός	0.54

Υδροδυναμικές πιέσεις λαμβάνονται υπόψη τη φόρμουλα Westergaard:

$$P(y) = \frac{7}{8} \gamma \sqrt{Hy} K^h$$

Όπου:

H Ύψος τοίχου

Y Βάθος από την κορυφή του τοίχου

γ Βάρος μονάδας νερού

K^h Σεισμικός συντελεστής

Η πλάκα του καναλιού εκκένωσης και ο υδροφράκτης προστατεύονται από ανύψωση με σύστημα περιεκτικής παροχέτευσης και ενίσχυσης με μπετόν. Προνοείται τσιμέντωμα επικάλυψης και παραπετάσματος κάτω από την κορυφή του υδροφράκτη για να περιορίσει την υποδιαροή και να μειώσει την υδροστατική πίεση.

Μέσα στις ογκώδεις τσιμεντένιες μάζες η στοιά παροχέτευσης συγκεντρώνει νερό από την κάθετη και οριζόντια διαρροή. Υπάρχει ένα ξεχωριστό σύστημα διαρροής κάτω από την πλάκα της βάσης του καναλιού εκροής που σχεδιάστηκε για να παρεμποδίσει την εξέλιξη υπέρμετρων υδροστατικών πιέσεων μέσα στην περιοχή.

Για την αποξηραμένη οριζόντια ζώνη στο βραχώδες θεμέλιο η ανυψωτική πίεση στη γραμμή οχετού υπολογίζεται ότι είναι ίση με το νερό εκροής συν 0.4 της διαφοράς μεταξύ νερού εκροής και νερού εισροής.

Από τη γραμμή παροχέτευσης η πίεση ποικίλλει όπως μια ευθεία γραμμή μέχρι το πλήρες νερό εισροής στην άκρη του συστήματος και μέχρι το πλήρες νερό εκροής στην άκρη της κατεύθυνσης του ρεύματος.

Το νερό εκροής υπολογίστηκε ότι είναι το επίπεδο της αποξήρανσης κάτω από την πλάκα.

Διερευνήθηκαν διάφορες συνθήκες φόρτωσης προκειμένου να ελεγχθεί η σταθερότητα των συγκροτημάτων του υδροφράκτη κάτω από όλες τις συνθήκες που θα μπορούσαν λογικά να αναμενόταν να συμβούν κατά τη διάρκεια της ζωής του φράγματος.

Η σταθερότητα του υδροφράκτη και των τοίχων ελέγχθηκε για τις ακόλουθες συνθήκες.

Συνθήκες		Παράγοντας ασφάλειας σύμφωνα με το USBR
Μέγιστο επίπεδο κατακράτησης 247 asl	Μακροπρόθεσμο	3

Μέγιστο επίπεδο κατακράτησης + 0.17 σεισμού	Προσωρινό	2
Σχεδιασμένη πλημμύρα του αγωγού υπερχείλισης	Προσωρινή	2
Πιθανή μέγιστη πλημμύρα	Προσωρινή	1.3
Μέγιστο επίπεδο κατακράτησης +0.25 σεισμού	Προσωρινό	1.3

Η σεισμική επιτάχυνση υπολογίστηκε ότι ενεργεί στους 30° πάνω από την οριζόντια. Οι σεισμοί που ενεργούν προς την κατεύθυνση αυτή προκαλούν τις μεγαλύτερες πιέσεις τάνυσης στην κορυφή του τμήματος και του υποκείμενου θεμελίου.

Συμπεράσματα επί κατασκευαστικών θεμάτων

Η ανάγκη να διεξαχθούν επιπρόσθετες εργασίες ενίσχυσης με τσιμέντο στο αριστερό αντέρεισμα του φράγματος του Κούρη, έχει δικαιώσει την απόφαση που λήφθηκε πριν από 20 χρόνια, κατά τη διάρκεια του σταδίου σχεδιασμού, για να υπάρξει πρόνοια τόσο για πρακτικά όσο και για οργανωτικά μέσα που θα επέτρεπαν να διεξαχθεί αυτού του είδους η εργασία σ' ένα μεταγενέστερο στάδιο, εάν και εφόσον χρειαζόταν και να μη στηριχθούμε μόνο στην αποτελεσματικότητα μιας μεμονωμένης επιχείρησης ενίσχυσης με τσιμέντο. Η μέχρι τώρα επιτυχία απέδειξε ότι η πρόνοια για συμπερίληψη μιας τσιμεντένιας στοάς στο σχεδιασμό του φράγματος ήταν ο πιο οικονομικός τρόπος για στεγανοποίηση του θεμελίου του φράγματος του Κούρη.

Η σημαντική μείωση των διαρροών που επιτεύχθηκε μετά την νέα επιχείρηση ενίσχυσης με τσιμέντο έχει επίσης δείξει ότι οι ανοικτοί πέτρινοι αρμοί, οι γεμάτοι με μπάζα είναι δύσκολο να στερεωθούν με τσιμέντο εκτός αν πλυθούν αποτελεσματικά. Στην περίπτωση του δεξιού αντερείσματος του Κούρη η άνοδος του επιπέδου του νερού έχει καθαρίσει αποτελεσματικά τους αρμούς, κι έτσι βελτίωσε την αποτελεσματικότητα των εργασιών ενίσχυσης με τσιμέντο οι οποίες έγιναν σε καθαρούς πέτρινους αρμούς κάτω από συνθήκες κορεσμού.

Βιβλιογραφία

[Afrodisis et al., 1986](#). Afrodisis, S., Avraamides, C., Fischbach, P., Hahn, J., Udluft, P., Wagner, W., 1986. Hydrogeological and hydrochemical studies in the Troodos region. Technical Report N6 in Cyprus—German Geological and Pedological Project No. 81.2224.4. Ministry of Agriculture and Natural Resources, Geological Survey Department, Nicosia, Cyprus, p. 101.

Boronina Anastasia, Philippe Renard, Werner Balderer and Andreas Christodoulides, 2003, Groundwater resources in the Kouris catchment (Cyprus): data analysis and numerical modelling, *Journal of Hydrology*, Volume 271, Issues 1-4, 10 February 2003, Pages 130-149

Boronina Anastasia, Werner Balderer, Philippe Renard and Willibald Stichler, 2005, Study of stable isotopes in the Kouris catchment (Cyprus) for the description of the regional groundwater flow, *Journal of Hydrology*, Volume 308, Issues 1-4, 12 July 2005, Pages 214-226

[Charalambides et al., 1998](#). Charalambides, A., Kyriacou, E., Constantinou, C., Baker, J., van Os, B., Gurnari, G., Shiathas, A., van Dijk, P., van der Meer, F., 1998. Mining Waste Management on Cyprus. Final report, LIFE project, ITC, Enschede.

[Kypris, 1995](#). D.C. Kypris , Diachronic changes of rainfall and the water resources in Cyprus. In: Tsiourtis, Editor, *Water Resources Management Under Drought or Water Shortage Conditions*, Balkema, Rotterdam (1995), pp. 11–18. [View Record in Scopus](#) | [Cited By in Scopus \(2\)](#)

[Omorphos et al., 1996](#). Omorphos, C., Kambanellas, C.A., Hadjigeorgiou Savvidou, P., Selipa, S., Andrew, P., Ioannou, I., 1996. Water development in Cyprus. Technical Report. Press and Information Office, Republic of Cyprus, p. 6.

KRIDIDIOTIS, C. και YZIQUEL, A. (1985) “ Σχέδιο του τσιμεντένιου παραπετάσματος του φράγματος του Κούρη, ” Κύπρος, Διεθνές Συνέδριο για τα Μεγάλα Φράγματα, Λωζάνη, Ελβετία.

COLLINGS, A.H.C, και YZIQUEL, A. (1991) “ Το φράγμα του Κούρη στην Κύπρο ” Εργασίες, Αρ. 665, σελ. 42-46, 17ο Διεθνές Συνέδριο για τα μεγάλα φράγματα, Βιέννη.