

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ

ΑΣΤΟΧΙΕΣ

Τα κύρια αίτια των αστοχιών είναι:

- Ολίσθηση-θραύση θεμελίωσης,
- Υποπίεσεις, διαλύσεις και εσωτερικές διαβρώσεις,
- Εξασθένιση της θεμελίωσης απο διαβροχή-αποσάθρωση,
- Μετακινήσεις ή ερπυσμός σε ρήγματα,
- Σεισμός,
- Ολίσθήσεις, μετακινήσεις ή παραμορφώσεις στα αντερείσματα,
- Διάβρωση-υποσκαφή απο πλημμύρες,
- Υπερβολικές παραμορφώσεις στη θεμελίωση,
- Υπερβολικές παραμορφώσεις στο φράγμα.

Η εκδήλωση αυτών των αστοχιών, όμως, οφείλετο συνήθως στους εξής λόγους:

- Στα κενά των τεχνικών γνώσεων του γεωλόγου,
- Στα κενά των τεχνικογεωλογικών γνώσεων του μηχανικού,
- Σε λανθασμένες ή ατελείς γεωλογικές γνωματεύσεις,
- Σε ατελές ή περιορισμένο πρόγραμμα ερευνητικών εργασιών πεδίου.

Πρέπει να τονιστεί ότι το κόστος μιάς κανονικής γεωλογικής και γεωτεχνικής μελέτης φθάνει μέχρι το 4% της δαπάνης μελέτης και κατασκευής του έργου.

ΘΕΜΑΤΑ ΤΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

Περιοχή της θέσης του φράγματος

- Ευστάθεια της περιοχής θεμελίωσης (παραμορφώσεις, αντοχές, αποσάθρωση-διάβρωση, μεμονωμένα γεωλογικά μειονεκτήματα,
- Ευστάθειων γειτονικών πρανών (τα ίδια με τα προηγούμενα, αλλά με πρόσθετα προβλήματα απο αλλαγές στην πιεζομετρία),
- Στεγανότητα της θεμελίωσης και των αντερεισμάτων,
- Εντοπισμός δανειοθαλάμων κατάλληλου υλικού,
- Ευστάθεια συγκείμενων έργων (υπερχειλιστής, σήραγγα εκτροπής κλπ),
- Εντοπισμός ειδικών γεωλογικών κινδύνων.

Περιοχή του ταμιευτήρα

- Στεγανότητα της λίμνης,
- Ευστάθεια κλιτύων γύρω απο τον ταμιευτήρα (άμεση ή προκαλούμενη απο τη λειτουργία),
- Καθεστώς φερτών υλών (λιθολογία, γεωμορφολογία).

Περβαλλοντικές συνέπειες

- Καθεστώς υπόγειων νερών στα κατάντη,

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

Φράγματα βαρύτητας

- Απαιτήσεις για καλής ποιότητας βραχομάζα-ομογενές πέτρωμα θεμελίωσης,
- Ευαισθησία στις καθιζήσεις-διαφορικές καθιζήσεις,
- Ευαισθησία στις υποπιέσεις-φροντίδα στο στεγανό διάφραγμα και στην αποστράγγιση της θεμελίωσης.

Τοξωτά φράγματα

- Απαιτήσεις για βραχομάζα πολύ καλής ποιότητας. Συμβατότητα στις παραμορφώσεις.
- Χαμηλή ευαισθησία στις υποπιέσεις,
- Μορφολογικοί περιορισμοί.

Εύκαμπτα φράγματα

- Προσφέρονται για βραχομάζες με χαμηλές αντοχές, για μαλακούς βράχους, για θέσεις με ετερογένεια ή και για εδάφη,
- Ευαισθησία στην υπόγεια διάβρωση απο διαφυγές νερού,
- Προσεκτική επιλογή της θέσης του υπερχειλιστή.

ΟΙ ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

Απο πλευράς φύσης υλικού:

Η παρουσία:

- Καρστικών ασβεστολίθων,
- Ασθενών βράχων (φλύσχης, μολάσσεις, νεογενή, αποσαθρωμένα πετρώματα, π.χ. οφιόλιθοι).

Απο πλευράς εσωτερικής γεωμετρίας:

- Λεπτοπλακώδεις σχηματισμοί,
- Παρεμβολές πολύ ασθενών υλικών,
- Έντονα διακλασμένες βραχομάζες,
- Τεκτονικά λατυποπαγή, χαοτικά συστήματα.

Απο πλευράς εξωτερικής γεωμετρίας:

- Σύνθετη αλπική γεωμετρία συχνών αλλαγών,
- Ρηγματογενής νεοτεκτονική γεωμετρία.

Απο πλευράς εντατικού περιβάλλοντος:

- Σεισμική επικινδυνότητα,
- Παρουσία ενεργών ρηγμάτων,
- Τεκτονικός ερπυσμός,
- Παραμένουσες τάσεις.

(βλέπε Κώστας Σαχπάζης: «ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ»)

ΦΡΑΓΜΑ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΕΥΗΝΟΥ

Σύμφωνα με τη Γεωλογική μελέτη του ΙΓΜΕ (βλ. Τζίτζηρας, Ρόζος, Νικολάου, Πογιατζή, Ματαράγκας, Τριανταφύλλης και Αγγελόπουλος: «*Γεωλογικές – Γεωτεχνικές συνθήκες στην περιοχή του Φράγματος Αγίου Δημητρίου Ευήνου*», Γεωλογία και φράγματα. Εμπειρίες από τον ελληνικό χώρο, Αθήνα 1994), στην περιοχή κατασκευής του φράγματος Ευήνου επικρατούν οι Γεωλογικές, Τεχνικογεωλογικές και Υδρογεωλογικές συνθήκες, που παρουσιάζονται στη συνέχεια.

1. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Η περιοχή του έργου ανήκει στη γεωτεκτονική ζώνη Ωλονού-Πίνδου. Δομείται από ιζήματα, τα οποία βρίσκονται σε στρωματογραφική συνέχεια από το Τριαδικό μέχρι το Ηώκαινο, οπότε η ζώνη πτυχώθηκε, αναδύθηκε και προωθήθηκε ως κάλυμμα του εξωτερικού Ελληνικού τόξου.

Πρόκειται για ιζήματα, στα οποία επικρατούν τα ανθρακικά και πυριτικά μέχρι το τέλος του Κρητιδικού, οπότε αρχίζει η απόθεση του Φλύσχη.

Οι σχηματισμοί που συναντήθηκαν, από τους παλαιότερους προς τους νεότερους είναι οι εξής:

- **Κερατόλιθοι (Αν. Ιουρασικό – Κ. Κρητιδικό)**

Περιέχουν μεγάλο αριθμό ακτινόζων. Τοπικά παρεμβάλλονται πηλίτες και μάργες.

- **«Πρώτος Φλύσξης» (Κενομάνιο – Τουρώνιο)**

Αποτελείται από αργιλικούς σχιστόλιθους, πηλίτες, ψαμμίτες και κλαστικούς ασβεστόλιθους. Ο σχηματισμός δεν παρουσιάζει χαρακτηριστικά φλύσχη.

- **Ασβεστόλιθοι (Τουρώνιο – Μαιστρίγτιο)**

Είναι ποικιλόχρωμοι λεπτοπλακώδεις έως μεσοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι.

- **Ορίζοντας μεταβατικών σχηματισμών (Μαιστρίγτιο – Παλαιόκαινο)**

Εναλλαγές ανωκρητιδικών ασβεστολίθων, με κλαστικούς και μαργαικούς ασβεστόλιθους, ψαμμίτες, μάργες και αργιλικούς σχιστόλιθους.

- **Φλύσχη (Παλαιόκαινο – Ηώκαινο)**

Αποτελείται από ψαμμίτες λεπτο-μεσοστρωματώδεις, λεπτόκοκκους έως μεσόκοκκους, πηλίτες που περιλαμβάνουν λεπτομερή ιζήματα αργιλικής σύστασης και από παχυστρωματώδεις ψαμμίτες. Επισημαίνεται ότι ο Φλύσχη επικρατεί σε επιφανειακή ανάπτυξη.

- **Ποτάμιες αναβαθμίδες**

Μικρού πάχους αδρομερείς σχηματισμοί, οι οποίοι αναπτύσσονται σε τρία επίπεδα στα πρανή της κοίτης του Εύηνου.

- **Κορήματα**

Πλευρικά ή με μορφή κώνων, ποικίλης σύστασης και κοκκομετρίας. Σχηματίστηκαν από υλικά του φλύσχη και των ασβεστολίθων.

- **Μανδύας αποσάθρωσης**

Αργιλοίλος, με άμμο και τεμάχια ψαμμίτη. Μικρού πάχους

- **Αποθέσεις κοίτης ποταμών και χειμάρρων**

Ασύνδετα υλικά ποικίλου μεγέθους, προέλευσης και πάχους, τα οποία καλύπτουν την κοίτη του Εύηνου και των παραποτάμων του.

- **Αλλουβιακές αποθέσεις**

Αποθέσεις περιορισμένης ανάπτυξης από αργίλους, άμμους και χάλικες

Η γεωτεκτονική ζώνη Ωλονού – Πίνδου χαρακτηρίζεται από έντονο τεκτονισμό που έχουν υποστεί οι σχηματισμοί που τη δομούν. Παρουσιάζει επιπτεύσεις, ρήγματα, πτυχές και διάρρηξη των σχηματισμών από πυκνό δίκτυο διακλάσεων. Τα ρήγματα με ΒΑ διεύθυνση εκτείνονται σε μεγάλο μήκος. Σε πολλές θέσεις αυτής της διεύθυνσης ρήγματα διαμορφώνουν την κοίτη του Εύηνου. Τέλος, οι σχηματισμοί είναι έντονα πτυχωμένοι.

2. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

- **Θέση του φράγματος**

Προκειμένου να διερευνηθούν οι τεχνικογεωλογικές συνθήκες στην πρτιοχή κατασκευής του φράγματος, συντάχθηκε χάρτης κλίμακας 1:1000.

Απο τη διερεύνηση προέκυψε οτι κατά μήκος του άξονα του φράγματος και στα πρηνή της κοίτης του, επικρατούν οι παχυστρωματώδεις ψαμμίτες του φλύσχη. Πρόκειται για ψαμμιτικούς πάγκους με αραιές και λεπτές ενστρώσεις ιλυολίθων και παρεμβολές λεπτοπλακωδών ασβεστολίθων. Οι ψαμμιτικοί πάγκοι αποτελούνται απο λεπτόκοκκους-μεσόκοκκους ψαμμίτες με πάχος κυμαινόμενο μεταξύ 0.5-4.0 m., ενώ οι ιλυολιθικές ενστρώσεις δεν υπερβαίνουν τα 10 cm.

Εκατέρωθεν του άξονα του φράγματος συναντώνται ιζήματα της χαοτικής φάσης του φλύσχη. Πρόκειται για εναλλαγές ψαμμιτών και ιλυολίθων με έντονη τεκτονική καταπόνηση.

Η φωτογεωλογική ερμηνεία της περιοχής του φράγματος εντόπισε τεκτονικές γραμμές, των οποίων η παρουσία επιβεβαιώθηκε απο την γεωφυσική έρευνα. Εντοπίστηκε ρήγμα στη δυτική όχθη του ποταμού στη θέση της σημερινής γέφυρας. Η παρουσία του ρήγματος είχε ως αποτέλεσμα την αλλαγή του άξονα του φράγματος. Στα πρηνή θεμελίωσης του φράγματος έγιναν μετρήσεις των ασυνεχειών σε θέσεις όπου αποκαλύπτεται το υπόβαθρο. Για κάθε θέση έγινε στερεογραφική προβολή των κύριων επιπέδων των ασυνεχειών, του μέσου επίπεδου πρανούς στην αντίστοιχη θέση, καθώς επίσης και της γωνίας τριβής των αντίστοιχων σχηματισμών.

Η ανάλυση αυτή είχε ως σκοπό την διερεύνηση των πιθανών μηχανισμών αστοχίας σε κάθε θέση και την εύρεση της μέγιστης ασφαλούς κλίσης με την οποία μπορεί να διαμορφωθεί τεχνητό πρανές με την ίδια διεύθυνση.

Απο τις σχετικές αναλύσεις προέκυψε οτι στο μεν δεξιό πρανές, σε δυο θέσεις όπου συναντάται η ψαμμιτική φάση, η μέγιστη ασφαλής κλίση κυμαίνεται απο 32° έως 78° , ενώ στο αριστερό πρανές, όπου συναντάται η ίδια φάση η επιτρεπόμενη κλίση κυμαίνεται απο 22° έως 58° και σε μια θέση όπου συναντάται η χαοτική φάση , η κλίση βρέθηκε ίση προς 52° .

- **Λεκάνη κατάκλυσης**

Η λεκάνη κατάκλυσης δομείται κυρίως από ιζήματα του φλύσχη, τα οποία σε σημαντικό τμήμα καλύπτονται από μανδύα αποσάθρωσης. Σημαντική έκταση καταλαμβάνουν τα κορήματα και οι ποτάμιες αποθέσεις στις κοίτες του Εύηνου και του παραπόταμου Κλινοβίτη. Με τη βοήθεια γεωφυσικών διασκοπήσεων προσδιορίστηκε ότι το πάχος των ποτάμιων αποθέσεων κυμαίνεται από 10.00 έως 30.00 m. Η διερεύνηση της υφής του πυθμένα της κοίτης έδειξε ότι είναι πηλιτικής σύστασης σχηματισμός του φλύσχη με πάχος μεταξύ 50.00 και 150.00 m.

Κατά τη φάση λειτουργίας του έργου, ο κύριος όγκος αποθεμάτων νερού θα συγκεντρώνεται στις περιοχές του φλύσχη, ο οποίος είναι πρακτικά στεγανός. Η δευτερογενής υδροπερατότητα στη θέση του Προφήτη Ηλία, κατέστησε αναγκαία την περαιτέρω έρευνα για τον προσδιορισμό της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα και της κατεύθυνσης των γραμμών ροής.

Ως προς τις συνθήκες ευστάθειας των πρανών της λεκάνης κατάκλυσης διαπιστώθηκαν τα εξής:

1. Τα κατολισθητικά φαινόμενα που είχαν εκδηλωθεί κατά τα τελευταία, προ της κατασκευής του φράγματος, 40 χρόνια, έχουν σταθεροποιηθεί.
2. Μικρής έκτασης και αβαθείς πρόσφατες κατολισθήσεις εντοπίστηκαν σε διάφορες θέσεις.

3. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

- **Θέση του φράγματος**

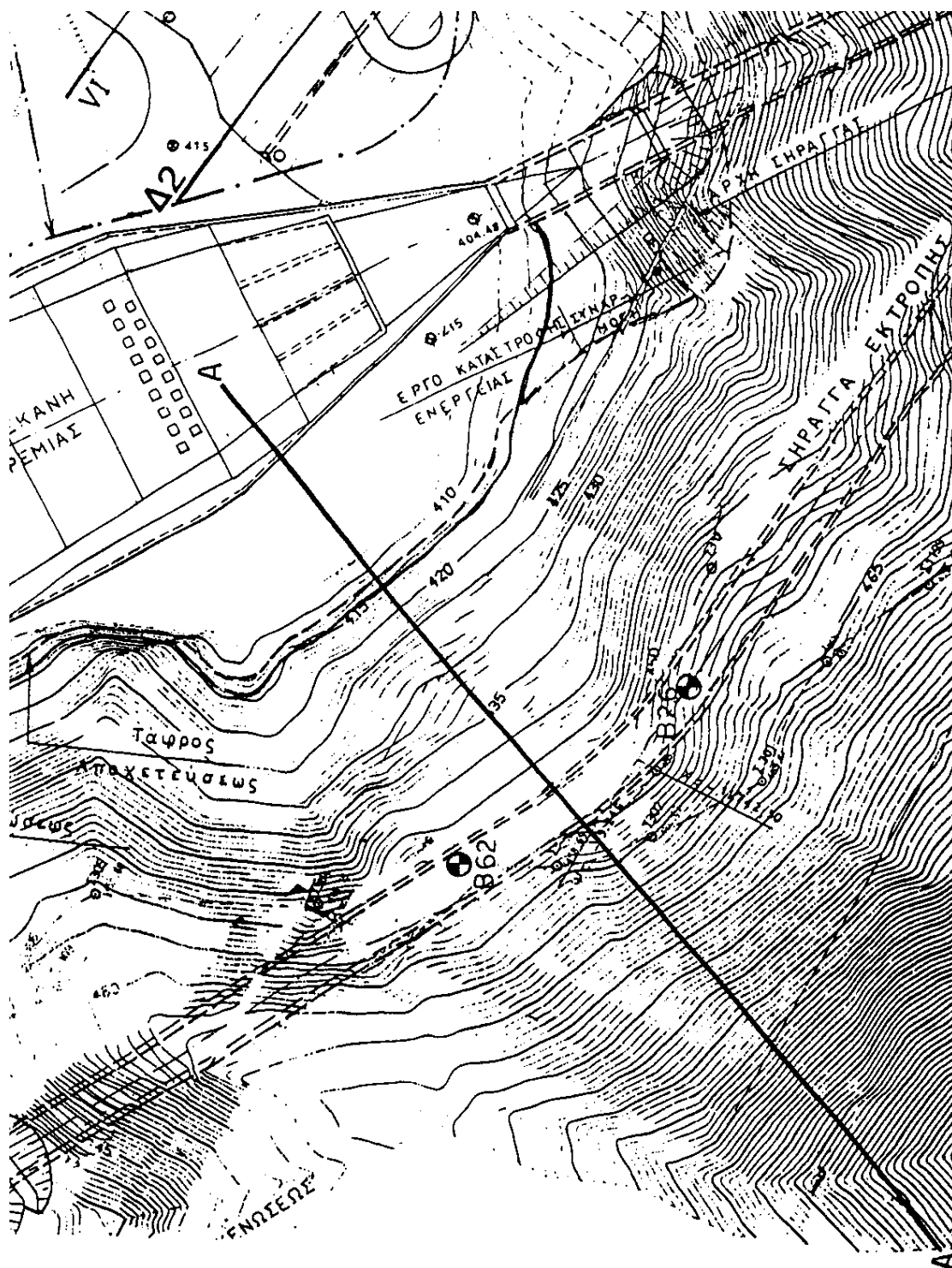
Η περιοχή του άξονα του φράγματος δομείται από ιζήματα του φλύσχη, ο οποίος θεωρείται ότι είναι πρακτικά στεγανός.

Από τα αποτελέσματα των επί τόπου δοκιμών υδροπερατότητας προέκυψαν πολύ μικρές τιμές του συντελεστή διαπερατότητας με εύρος τιμών $k=10^{-4}$ cm/sec ~ 10^{-6} cm/sec.

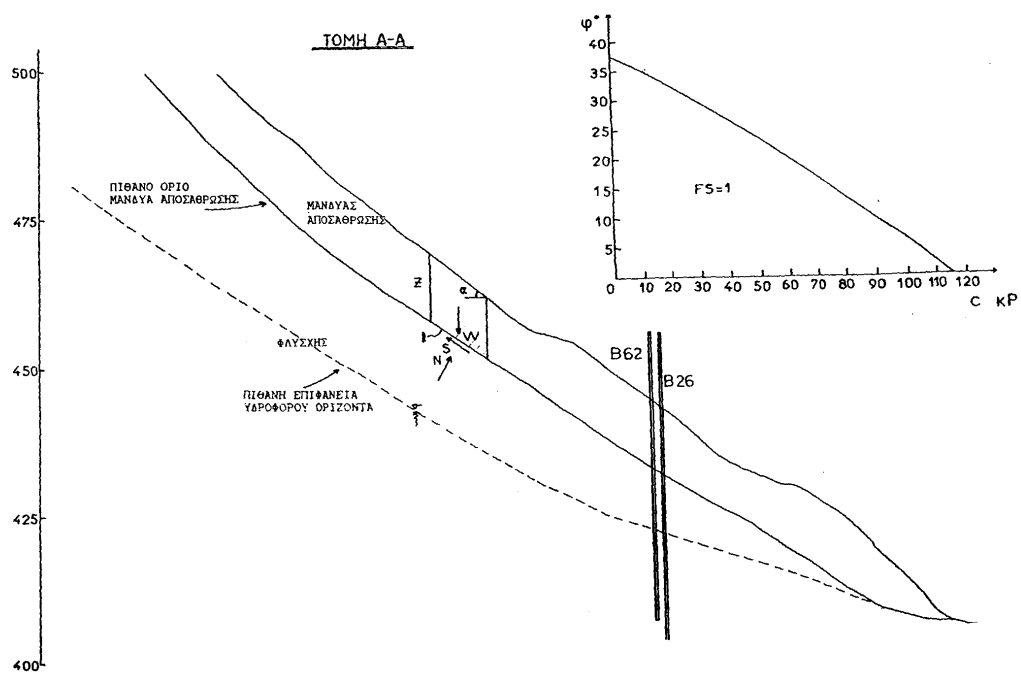
Από την έρευνα προέκυψε, επίσης, ότι η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα είναι σημαντικά υψηλή και επομένως δεν υπάρχει φόβος διαφυγών.

- **Λεκάνη κατάκλυσης**

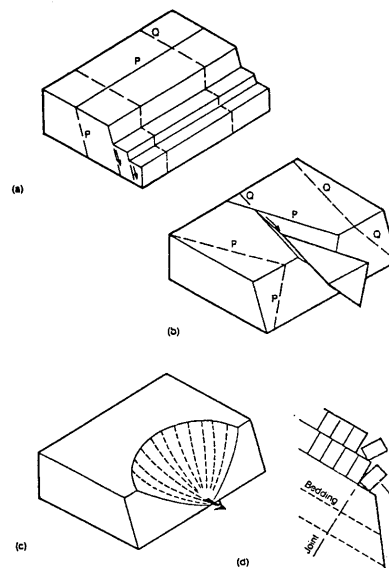
Η λεκάνη κατάκλυσης δομείται απο ιζήματα φλύσχη, όπως και η περιοχή του φράγματος, ενώ το ανάντη και ανατολικό τμήμα της δομείται απο Κρητιδικούς ασβεστόλιθους. Για μεν το φλύσχη ισχύουν ό,τι τα συμπεράσματα που αναφέρθηκαν για την περιοχή του φράγματος, για δε τον ασβεστόλιθο έγιναν πρόσθετες γεωτρήσεις στις οποίες τοποθετήθηκαν πιεζόμετρα. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται ψηλότερα απο την κοίτη του ποταμού και ότι η υδραυλική κλίση έχει διεύθυνση και φορά προς αυτόν.



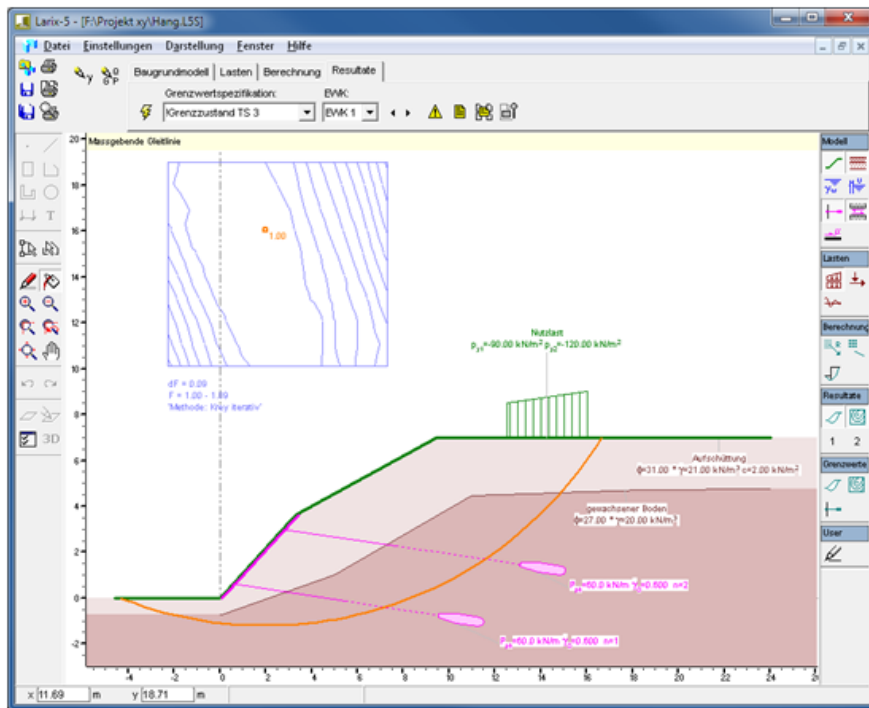
Οριζοντιογραφία στη θέση της λεκάνης ηρεμίας του φράγματος Ευήνου



Τομή σε ασταθές πρανές στο φράγμα Ευήνου



Μορφές αστοχίας πρανών βράχων



Στο σχήμα φαίνεται ενδεικτικός έλεγχος ευστάθειας του πρανού φράγματος. Η μέθοδος βασίζεται στην υπόθεση ότι η πιθανή επιφάνεια ολίσθησης είναι κυλινδρική, ότι το πρόβλημα είναι επίπεδο (επίπεδη παραμόρφωση) και ότι το περικλειόμενο από τον κύκλο τμήμα υποδιαιρείται σε κατακόρυφες λωρίδες. Γίνεται έλεγχος ισορροπίας του κυκλικού τμήματος το οποίο τείνει να περιστραφεί προς τα αριστερά, για το συγκεκριμένο παράδειγμα, και υπολογίζεται ο συντελεστής ασφαλείας. Θεωρείται ότι στην δυνητική κίνηση αντιτίθενται οι διατμητικές δυνάμεις που αναπτύσσονται στη βάση των λωρίδων και οι οποίες οφείλονται στην γωνία τριβής και τη συνοχή του εδάφους.

