

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΑΧΥΡΩΝ  
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ ΥΠΟ ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ  
ΔΥΣΜΕΝΩΝ ΓΕΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ**

ΛΟΥΚΟΠΟΥΛΟΣ ΣΠΥΡΟΣ, ΜΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ ΒΑΣΙΛΗΣ, ΜΠΕΚΡΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ.



ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΣΑΡΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ  
ΠΑΤΡΑ 2012

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το προς κατασκευή φράγμα καθώς και η σήραγγα που μελετήθηκε βρίσκονται στην περιοχή Κάμπος της επαρχίας Ξηρομέρου στον Νομό Αιτωλοακαρνανίας . Η ομάδα σύνταξης της παρούσας πτυχιακής εργασίας, αποτελούμενη από τους **Λουκοπουλο Σ.** , **Μανθόπουλο Β.** και **Μπεκρή Γ.**, επισκεφθήκαμε το σημείο των εκτέλεσης των εργασιών τον Απρίλιο του 2011.

Απαραίτητη για την επίσκεψή μας αυτή ήταν η βοήθεια των κυρίων Μουλίνου Γεράσιμο ( Δρ. Πολ. Μηχανικού και Προϊσταμένου ΕΥΔΕ / ΟΣΥΕ ) , Τσόμπου Μάνθου ( Μεταλλιολόγου Μηχανικού ΕΥΔΕ / ΟΣΥΕ ) και Τζίφα Χρήστου ( Τοπογράφου Μηχανικού της ΕΛΤΕΡ ).

Το σημαντικό μέρος της επίσκεψης αυτής , ήταν η επί τόπου ξενάγησή μας στο εσωτερικό της σήραγγας , καθ'ότι η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στο συγκεκριμένο κομμάτι του έργου . Το γεγονός οτι βρεθήκαμε μέσα στη σήραγγα και είδαμε με τα ίδια μας τα μάτια το αντικείμενο της εργασίας μας , ήταν μοναδική εμπειρία.

Σημαντικό είναι επίσης να αναφερθεί πως λόγω των γενικότερων δυσμενών οικονομικών συνθηκών στη χώρα μας τα τελευταία έτη, η χρηματοδότηση του έργου είχε σταματήσει. Κάτι που άλλαξε πολύ πρόσφατα και οι εργασίες συνεχίζονται κανονικά.

Ευχαριστούμε ιδιαίτερα και τον καθηγητή μας **Κο Κλουκίνα Παναγιώτη** υπό τις οδηγίες του οποίου καθορίστηκε το θέμα και ξεκίνησε η εργασία μας.

Καθώς επίσης και τον καθηγητή μας **Κο Σαραντόπουλο Ανδρέα** για την βοήθειά του στην τελική φάση και παράδοση της .

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία έχει χωριστεί σε τρία κεφάλαια. Ξεκινώντας , στο πρώτο κεφάλαιο , περιγράφονται οι επιμέρους έρευνες και εργασίες που απαιτήθηκαν για το έργο . Ακόμα γίνεται αναφορά στη μέθοδο NATM , η οποία ακολουθήθηκε κατά την διάνοιξη της προς μελέτης σήραγγας .

Προχωρώντας , αντικείμενο του δευτέρου κεφαλαίου είναι η γεωμορφολογία και τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής του έργου.

Τέλος , στο τρίτο κεφάλαιο , γίνεται εκτενής αναφορά στη μέθοδο NATM και ανάλυση της εφαρμογής της στη διάνοιξη της συγκεκριμένης σήραγγας όπως και περιγραφή του φλύσχη και τον τρόπο που επηρεάζει την διάνοιξη .

Κλείνοντας παρατίθενται πίνακες με ενδεικτικές μετρήσεις των συγκλίσεων της σήραγγας και αναλυτικές διατομές του φράγματος .

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....</b>	<b>7</b>
<b>Θέση του έργου.....</b>	<b>7</b>
<b>Εκτελεσθείσες συμπληρωματικές εργασίες και έρευνες .....</b>	<b>9</b>
<b>Έρευνες κατά το στάδιο της οριστικής μελέτης .....</b>	<b>10</b>
<b>Ανάγκες σε νερό αρδεύσεως.....</b>	<b>10</b>
<b>Μέθοδος NATM .....</b>	<b>11</b>
<b>Πλεονεκτήματα της NATM σε σχέση με τις εναλλακτικές μεθόδους...13</b>	
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....</b>	<b>17</b>
<b>Κατασκευαστικά στοιχεία έργων.....</b>	<b>17</b>
<b>Γεωλογικές συνθήκες στην περιοχή του ταμιευτήρα.....</b>	<b>21</b>
<b>Γεωμορφολογία – Τεκτονική.....</b>	<b>21</b>
<b>Γεωλογικές – Τεχνικογεωλογικές συνθήκες.....</b>	<b>23</b>
<b>Λεκάνη κατακλίσεως – Αντερείσματα.....</b>	<b>23</b>
<b>Γεωλογική δομή της ευρύτερης περιοχής του ταμιευτήρα.....</b>	<b>28</b>
<b>Εξετασθείσα εναλλακτική θέση άξονα φράγματος.....</b>	<b>29</b>
<b>Ευστάθεια φυσικών πρανών – Πρανών.....</b>	<b>29</b>
<b>Λεκάνη κατακλύσεως.....</b>	<b>29</b>
<b>Υδρογεωλογία – Συνθήκες στεγανότητας.....</b>	<b>30</b>
<b>Λεκάνη στεγανότητας– Αντερείσματα.....</b>	<b>30</b>
<b>Υπερχειλιστής.....</b>	<b>32</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....</b>	<b>34</b>
<b>Εφαρμογή μεθόδου NATM.....</b>	<b>34</b>
<b>Μέτρα βελτίωσης ευστάθειας μετώπου.....</b>	<b>34</b>
<b>Σχεδιασμός σηράγγων που διανοίγονται με τη μέθοδο NATM.....</b>	<b>35</b>
<b>Σχεδιασμός της άμεσης υποστήριξης .....</b>	<b>36</b>
<b>Μέθοδοι εκσκαφής .....</b>	<b>36</b>
<b>Προ-ενίσχυση του μετώπου εκσκαφής.....</b>	<b>38</b>
<b>Σχεδιασμός της τελικής επένδυσης.....</b>	<b>38</b>
<b>Μέτρα άμεσης υποστήριξης .....</b>	<b>39</b>
<b>Παρακολούθηση της συμπεριφοράς σηράγγων.....</b>	<b>45</b>
<b>Μετρήσεις των μετακινήσεων.....</b>	<b>46</b>

Σήραγγα και έργα υδροληψίας.....	47
Περιοχή άξονα φράγματος.....	53
Σήραγγα υδροληψίας.....	58
Μορφολογικές - γεωλογικές - υδρογεωλογικές συνθήκες .....	58
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>60</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....</b>	<b>61</b>
Προβλήματα και συγκλίσεις , Μετρήσεις , Ακίδες .....	62
Σήραγγα και ακίδες .....	62
Διαγράμματα συγκλίσεων.....	63
Διατομές φράγματος και λεπτομέρειες .....	69

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη των συνθηκών κατασκευής της σήραγγας λόγω της παρουσίας των ιζημάτων φλύσχη . Λόγω της κάθετης διεύθυνσης των ιζημάτων αυτών, σε συνδυασμό με την κατακερματισμένη ζώνη προς τα δυτικά του άξονα του φράγματος, δημιουργείται επικινδυνότητα πιθανών διαρροών νερού του ταμιευτήρα του φράγματος.

Επιπροσθέτως , η ύπαρξη της υδροφορίας στα ανώτερα στρώματα του φλύσχη ( ψαμμιτικές διαστρώσεις ) σε συνδυασμό με την καθετή προς τον άξονα του φράγματος διεύθυνση των στρώσεων , δημιουργεί προβληματισμό ως προς την πιθανότητα διαφυγής ποσοτήτων νερού κάτω από την εδράσει του αναχώματος.

Βιβλιογραφικές πηγές αποτέλεσαν τα τεύχη μελετών της ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ καθώς επίσης και σημειώσεις του **κ. Καββαδά**.

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι εκτός από τη μελέτη των δυσμενών κατασκευαστικών συνθηκών και της αντιμετώπισής τους, ο εμπλουτισμός του αρχείου του τμήματος Πολιτικών Έργων Υποδομής με μελέτες και στοιχεία ως προς το συγκεκριμένο αντικείμενο μελέτης για τους επόμενους σπουδαστές.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

### **ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ**

Το προς κατασκευή φράγμα , βρίσκεται στην περιοχή Κάμπος της Επαρχίας Ξηρομέρου του Νομού Αιτωλοακαρνανίας , 6,5 km δυτικά του οικισμού της Κατούνας, ανατολικά του εγκαταλελειμμένου χωριού Αχυρά. Το φράγμα κατασκευάζεται επί του μικρού ποταμού Νήσσα , που πηγάζει από τα Ακαρνανικά όρη και εκβάλλει στον όρμο Λουτρακίου του Αμβρακικού Κόλπου.

Η προσπέλαση στην περιοχή του φράγματος γίνεται από την Εθνική Οδό Αγρινίου – Ιωαννίνων, 9,5 km περίπου νότια της Αμφιλοχίας , μέσω των οικισμών Κατούνας και Κομπωτής , με ασφαλτοστρωμένη οδό, μήκους 7,5 km περίπου.

Από την Κομπωτή και μέχρι τη θέση των έργων (4,5 km περίπου) η πρόσβαση στη θέση του φράγματος γίνεται μέσω χωματοδρόμων κακής βατότητας.

Τα προς κατασκευή αρδευτικά δίκτυα , προβλέπεται να καλύψουν τις ανάγκες της « υψηλής ζώνης » κεντρικού Ξηρομέρου , που εκτείνεται προς τη βόρεια πλευρά της οδού Κατούνας – Κομπωτής . Στη ζώνη αυτή υπάγεται η περιοχή μεταξύ των οικισμών Κατούνας και Τρύφου καθώς και το καλλιεργούμενο μέρος της κοιλάδας της Νήσσας βορειοδυτικά.



Τα έργα που περιλαμβάνονται στην παρούσα μελέτη έχουν μελετηθεί σε στάδιο προμελέτης

Στα πλαίσια της προμελέτης εκτελέστηκε πρόγραμμα τοπογραφικών , γεωλογικών και γεωτεχνικών ερευνητικών εργασιών , που περιγράφεται συνοπτικά στην επόμενη παράγραφο.

Ύστερα από την έγκριση της προμελέτης , και σύμφωνα με παρατηρήσεις που περιλαμβάνονται στην εγκριτική απόφαση , έγιναν οι εξής εργασίες :

α. Αναθεώρηση της υδρολογικής μελέτης , με βάση τα νέα στοιχεία βροχοπτώσεων και μετρήσεων παροχής που συγκεντρώθηκαν μετά την εκπόνηση της προμελέτης .

β. Υδρογεωλογική μελέτη της λειτουργίας των μικροπηγών που εκφορτίζονται μέσα στην λεκάνη κατακλύσεως , στην οποία εξετάστηκε το ενδεχόμενο αναστροφής τους μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα .

γ. Πρόγραμμα συμπληρωματικών ερευνητικών γεωτρήσεων και δοκιμών στην περιοχή του φράγματος και του ταμιευτήρα , και εργαστηριακών δοκιμών των υλικών κατασκευής του φράγματος .

Με βάση τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν από τις παραπάνω εργασίες και έρευνες συντάχτηκε τεχνικοοικονομική διεύρυνση , στην οποία επανεξετάστηκαν οι διαστάσεις και τα κατασκευαστικά στοιχεία , καθώς και η οικονομική βιωσιμότητα των έργων.

Στα πλαίσια της οριστικής μελέτης , εκτελέστηκε ακόμη :



α. Κτηματογραφική αποτύπωση των ζωνών καταλήψεως από τα έργα και από τη λεκάνη κατακλύσεως , σε κλίμακα 1:1000.

β. Σύνταξη μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την κατασκευή του φράγματος και των λοιπών έργων.

γ. Γεωργοτεχνική – γεωργοοικονομική μελέτη και διερεύνηση οικονομικών αποτελεσμάτων.

### **Εκτελεσθείσες συμπληρωματικές εργασίες και έρευνες**

Έρευνες και ειδικές μελέτες που εκτελέστηκαν στα πλαίσια της προμελέτης

Στα πλαίσια της εκπονήσεως της προμελέτης εκτελέστηκαν παρακάτω συμπληρωματικές εργασίες , έρευνες και ειδικές μελέτες , στα στοιχεία των οποίων έχει βασισθεί η προμελέτη.

α. Τοπογραφικές αποτυπώσεις , σε κλίμακα 1:1000 της περιοχής του φράγματος , του εκχειλιστή και του έργου υδροληψίας , καθώς και ζώνης κατά μήκος της διαδρομής της διώρυγας παροχετεύσεως των πηγών Κεφαλοβρύσου.

β. Γεωλογικές χαρτογραφήσεις της περιοχής του φράγματος , ζώνης κατά μήκος δύο εναλλακτικών χαράξεων της σήραγγας υδροληψίας και συμπλήρωση της υπάρχουσας γεωλογικής χαρτογραφήσεως της λεκάνης κατακλύσεως .

γ. Γεωφυσική έρευνα , που περιλάμβανε την λήψη τεσσάρων γεωφυσικών διατομών με ηλεκτρική μέθοδο ,στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης κατακλύσεως για τη μελέτη του πάχους των προσχώσεων και τον προσδιορισμό της θέσεως του υποβάθρου.

δ. Ερευνητικές γεωτρήσεις – 1<sup>η</sup> φάση

Κατά τη διάρκεια της εκτελέσεως των γεωλογικών εργασιών, και προκειμένου να διευκρινισθούν ορισμένα σημεία σχετικά με τη στεγανότητα του ταμιευτήρα εκτελέστηκαν από το Περιφερειακό Εργαστήριο της 8<sup>ης</sup> ΠΥΔΕ , δύο ερευνητικές γεωτρήσεις , με τις σχετικές δοκιμές διαπερατότητας .

ε. Υδρολογική – υδραυλική μελέτη , με βάση την οποία προσδιορίστηκαν οι βασικές διαστάσεις του έργου.

Στη μελέτη αυτή έχει περιληφθεί :

- Εκθεση επί της λειτουργίας των πηγών Κεφαλοβρύσου, συνταχθείσα από το γεωλόγο Α.Δούνα.
- Μελέτη εγκατάστασως υδρομετρικών σταθμών στην κοίτη του Νήσσα και των πηγών του Κεφαλοβρύσου .

στ. Συμπληρωματικές γεωλογικές εργασίες – Ερευνητικές γεωτρήσεις και εργαστηριακή έρευνα.

Οι εργασίες εκτελέστηκαν κατά την περίοδο Ιουνίου- Σεπτεμβρίου 1991 και περιλάμβαναν:

- Διάνοιξη 7 ερευνητικών γεωτρήσεων στην περιοχή του φράγματος , του εκχειλιστή και της σήραγγας υδροληψίας
- Διάνοιξη 7 ερευνητικών φρεάτων , λήψη δειγμάτων εδάφους και εκτέλεση εργαστηριακών δοκιμών εδαφομηχανικής .
- Εκτέλεση ειδικών γεωλογικών εργασιών .
- Σύνταξη υδρογεωλογικής μελέτης των πηγών εντός της λεκάνης κατακλύσεως .

### **Έρευνες κατά το στάδιο της οριστικής μελέτης**

Στα πλαίσια της εκπονήσεως της οριστικής μελέτης, εκτελέστηκε συμπληρωματικό πρόγραμμα ερευνητικών εργασιών, που περιλάμβανε :

α. Διάνοιξη 14 ερευνητικών γεωτρήσεων στην περιοχή του φράγματος και του ταμιευτήρα

β. Εκσκαφή 6 ερευνητικών φρεάτων και λήψη δειγμάτων στο χώρο της λεκάνης κατακλύσεως

γ. Εκτέλεση εργαστηριακών δοκιμών σε δείγματα εδάφους από τις γεωτρήσεις και τα φρέατα

δ. Σύνταξη υδρογεωλογικής μελέτης για τον προσδιορισμό του μηχανισμού λειτουργίας των μικροπηγών που εμφανίζονται στις δυτικές παρυφές της λεκάνης κατακλύσεως και της προβλεπόμενης συμπεριφοράς τους μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα.

Οι εργασίες αυτές εκτελέστηκαν κατά την περίοδο Αυγούστου 1993 – Μαρτίου 1994.

### Ανάγκες σε νερό αρδεύσεως

Σύμφωνα με την εκπονηθείσα γεωργοτεχνική μελέτη , οι εκτάσεις που προβλέπεται να αρδευθούν από τον ταμιευτήρα Αχυρών ανέρχονται σε 26.100 στρέμματα καθαρής γεωργικής γης , μέσα σε περίμετρο 60.000 στρεμμάτων περίπου της κτηματικής περιοχής του Δήμου Κατούνας και των κοινοτήτων Τρύφου , Κονοπίνας , Κομπωτής και Αετού.

Οι ανάγκες σε νερό έχουν υπολογισθεί με παραδοχή μεταφοράς και διανομής του νερού με σωληνωτούς αγωγούς , για εφαρμογή τεχνητής βροχής

Οι μηνιαίες ανάγκες σε νερό έχουν υπολογισθεί ως εξής :

Μήνες	Ανάγκες σε νερό (χιλ. μ <sup>3</sup> )
Μάρτιος	9,3
Απρίλιος	393,8
Μάιος	1.964,7
Ιούνιος	3.756,0
Ιούλιος	4.091,3
Αύγουστος	3.492,4
Σεπτέμβριος	773,5
	-----
Σύνολο	14.481,1

### ΜΕΘΟΔΟΣ NATM

#### ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΗΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

Η εκτίμηση των μηχανικών παραμέτρων αντοχής και παραμορφωσιμότητας

της βραχόμαζας είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα κατά το σχεδιασμό της διάνοιξης και υποστήριξης υπογείων έργων. Η κυριότερη δυσχέρεια στην επίλυση του προβλήματος είναι ότι οι εργαστηριακές δοκιμές γίνονται σε δείγματα αραγούς βράχου (χωρίς ασυνέχειες) και συνεπώς δεν είναι αντιπροσωπευτικές της μηχανικής συμπεριφοράς της βραχόμαζας (που περιλαμβάνει και ασυνέχειες).

Σημειώνεται ότι για την εκτέλεση των εργαστηριακών δοκιμών συνήθως επιλέγονται τα υγιέστερα δείγματα βράχου (επειδή σ' αυτά είναι ευχερέστερη η μόρφωση δοκιμίων), πράγμα που επιτείνει τη μη-αντιπροσωπευτικότητα των αποτελεσμάτων των εργαστηριακών δοκιμών. Τέλος, ακόμη και οι επιτόπου δοκιμές γίνονται σε περιορισμένου όγκου δείγματα και συνεπώς δεν είναι αντιπροσωπευτικές των επιτόπου συνθηκών και δεν παρέχουν αντιπροσωπευτικές τιμές των μηχανικών παραμέτρων της βραχόμαζας.

Ως εκ τούτου οι μηχανικές παράμετροι της βραχόμαζας συνήθως εκτιμώνται με έμμεσο τρόπο επί τη βάσει εμπειρικών συσχετίσεων με δείκτες ποιότητας της βραχόμαζας που προκύπτουν από τις μεθόδους ταξινόμησης της βραχόμαζας.

## **ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ "NATM"**

Η "Νέα Αυστριακή Μέθοδος Διάνοιξης Σηράγγων" (NATM) αποτελεί ένα σύνολο τεχνικών που άρχισαν να εφαρμόζονται συστηματικά κατά τη διάνοιξη σηράγγων περί το 1960 .Η μέθοδος NATM περιλαμβάνει τη διάνοιξη σηράγγων με :

1. Ελεύθερο μέτωπο εκσκαφής, δηλαδή χωρίς πίεση στο μέτωπο με μηχανικά μέσα (π.χ. TBM) .
2. Άμεση υποστήριξη του τοιχώματος της σήραγγας με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ή και αγκύρια βράχου, δηλαδή όχι υποστήριξη με συμβατικές μεθόδους (π.χ. ξύλινες δοκούς) όχι άμεση υποστήριξη με μεταλλικό κέλυφος (ασπίδα) όχι άμεση εφαρμογή τελικής επένδυσης από προκατασκευασμένα στοιχεία ή έγχυτο σκυρόδεμα

Αυτές οι τεχνικές είχαν εφαρμοσθεί και παλαιότερα, αλλά όχι συστηματικά, λόγω έλλειψης της κατάλληλης τεχνολογίας.

Συχνά, η μέθοδος NATM περιλαμβάνει επίσης :

- Διάνοιξη της διατομής της σήραγγας σε περισσότερες της μιάς φάσεις.
- Χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος οπλισμένου με χαλύβδινες ίνες , χαλύβδινο πλέγμα, χαλύβδινες νευρώσεις από ράβδους ή διατομές I
- Υποστήριξη της σήραγγας μόνον με αγκύρια (χωρίς εκτοξευόμενο σκυρόδεμα)
- Κατασκευή της "τελικής επένδυσης" της σήραγγας σε μεταγενέστερο χρόνο.
- Εναλλακτικοί τρόποι διάνοιξης σηράγγων (εκτός NATM):
  - Με μηχανήματα ολομέτωπης κοπής (TBM) (η κοπτική κεφαλή ασκεί πίεση στο μέτωπο εκσκαφής)
  - Με προστατευτική ασπίδα (shield) (η άμεση υποστήριξη της σήραγγας γίνεται μέσω της ασπίδας)
  - Διάνοιξη με άμεση υποστήριξη της σήραγγας από :  
Έγχυτο σκυρόδεμα  
Προκατασκευασμένα στοιχεία από σκυρόδεμα ή μέταλλο  
Συμβατικές μεθόδους (ξύλινες δοκούς)

Οι ανωτέρω μέθοδοι συχνά αναφέρονται ως μέθοδοι “μηχανικής εκσκαφής”

### **Πλεονεκτήματα της NATM σε σχέση με τις εναλλακτικές μεθόδους :**

- Προσαρμόζεται εύκολα σε μεταβαλλόμενες γεωτεχνικές συνθήκες. Συνεπώς δύσκολα αποτυγχάνει ακόμη και σε περιπτώσεις όπου οι παραδοχές της μελέτης διαφέρουν σημαντικά από τις επιτόπου συνθήκες.
- Πλεονεκτεί σε περιπτώσεις έντονα διογκούμενων εδαφών όπου η μηχανική διάνοιξη (TBM) μπορεί να αποτύχει πλήρως
- Προσαρμόζεται εύκολα σε μεταβολές της γεωμετρίας της διατομής (π.χ. διευρύνσεις της διατομής)
- Πλεονεκτεί σε διατομές μεγάλου μεγέθους (πολλαπλές φάσεις)
- Μπορεί να εφαρμοσθεί στη διάνοιξη μή-κυκλικών διατομών

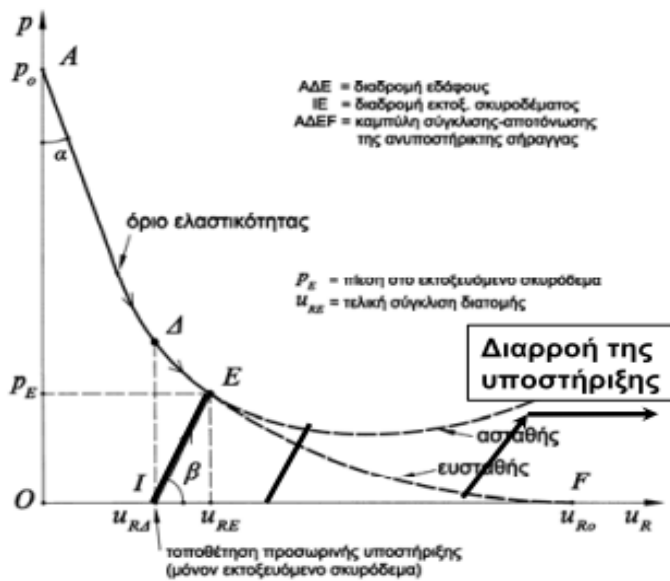
- Επιτρέπει ευκολότερη στεγάνωση της σήραγγας με συνθετική μεμβράνη (που τοποθετείται μεταξύ της άμεσης και της τελικής επένδυσης)
- Περιλαμβάνει μηχανικό εξοπλισμό σχετικώς μικρού κόστους και συνεπώς πλεονεκτεί οικονομικά σε σήραγγες μικρού μήκους
- Δεν απαιτεί μεγάλη αρχική οικονομική επένδυση, αλλά έχει υψηλό κόστος προσωπικού.

Πλεονεκτήματα των μεθόδων μηχανικής εκσκαφής σε σχέση με τη μέθοδο NATM :

- Σε ομοιογενείς γεωτεχνικές συνθήκες επιτυγχάνουν ταχύτερους ρυθμούς διάνοιξης
- Υπάρχουν κατάλληλα μηχανήματα πρακτικώς για όλους τους τύπους των εδαφών. Υπάρχει μεγάλο πρόβλημα σε περιπτώσεις μεταβαλλόμενων γεωτεχνικών συνθηκών
- Σε ομοιογενείς γεωτεχνικές συνθήκες και σήραγγες μεγάλου μήκους επιτυγχάνουν μικρότερο λειτουργικό κόστος. Έχουν μικρό κόστος προσωπικού, αλλά υψηλή αρχική επένδυση
- Ελέγχουν καλύτερα το μέτωπο εκσκαφής σε περιπτώσεις αστάθειας (π.χ. εδάφη μικρής αντοχής, άμμοι) ή λόγω έντονης εισροής νερού μέσω της εφαρμογής αντι-πίεσης (EPB ή slurry) και της "κλειστής" κεφαλής.

Η σήραγγα διανοίγεται κατά τρόπο ώστε να ενεργοποιηθεί στο μέγιστο βαθμό η αντοχή της περιβάλλουσας βραχώμαζας (μέσω της ελεγχόμενης σύγκλισης του τοιχώματος)

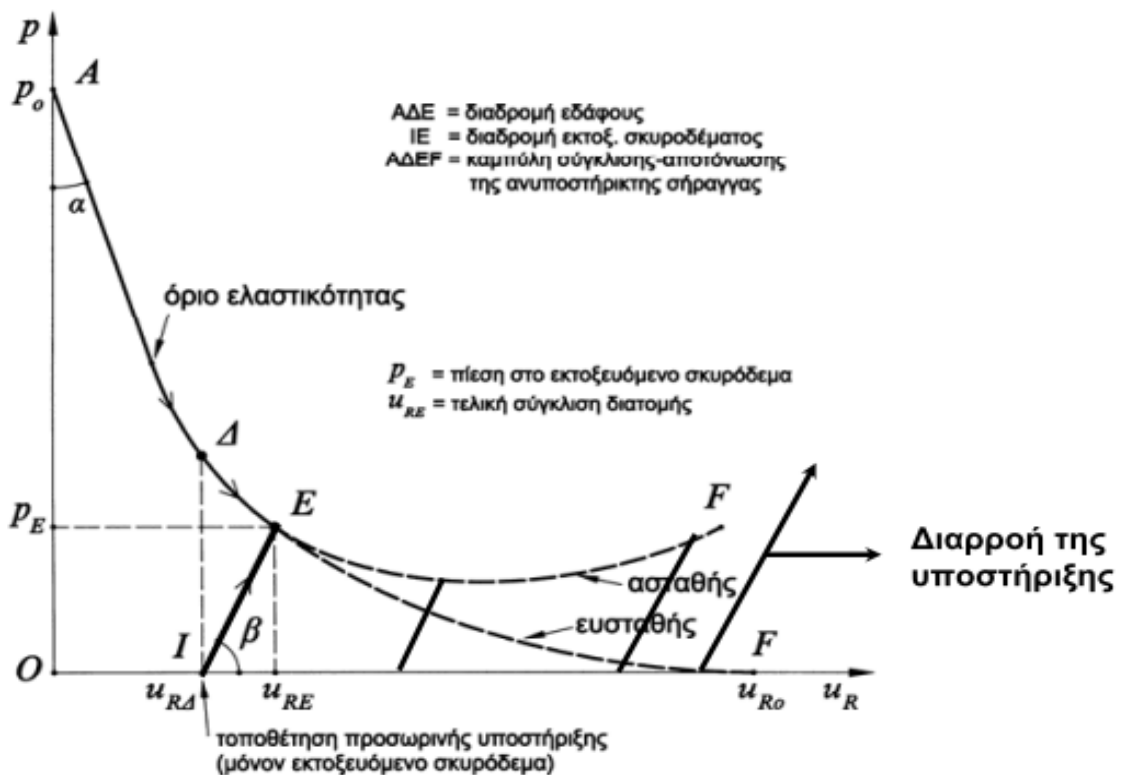
Η σήραγγα διανοίγεται κατά τρόπο ώστε να ενεργοποιηθεί στο μέγιστο βαθμό η αντοχή της περιβάλλουσας βραχώμαζας (μέσω της ελεγχόμενης σύγκλισης του τοιχώματος)

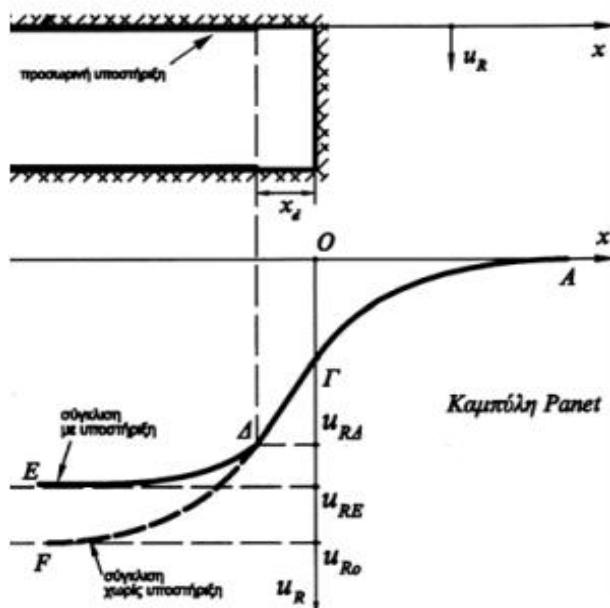


Ετσι μειώνονται οι πιέσεις της βραχώμαζας στην άμεση υποστήριξη (τόσο περισσότερο όσο αυξάνει η σύγκλιση του τοιχώματος)

Προσοχή: Εάν η σύγκλιση αυξηθεί υπέρμετρα, μπορεί να προκληθεί αποδιοργάνωση της βραχώμαζας και αύξηση των πιέσεων

Αύξηση της πίεσης της βραχώμαζας στην υποστήριξη λόγω υπέρμετρης χαλάρωσης (αυξημένες συγκλίσεις)



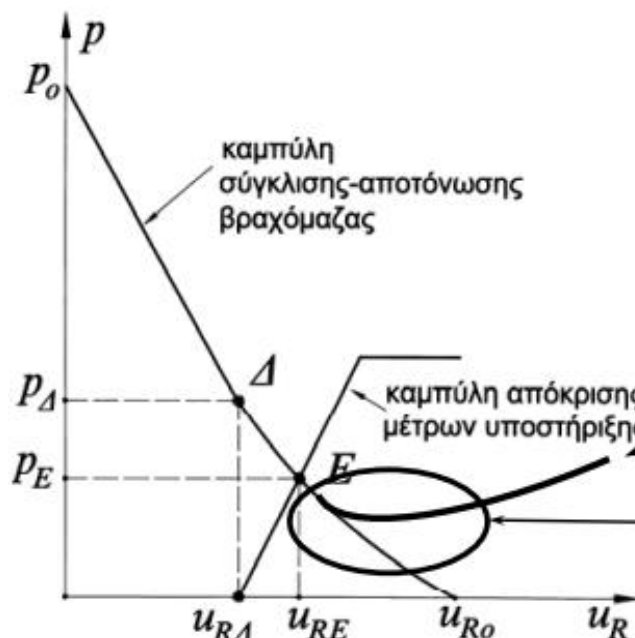


Χαρακτηριστικά της σύγκλισης:

1. Ένα σημαντικό ποσοστό της σύγκλισης του τοιχώματος της σήραγγας συμβαίνει εμπρός από το μέτωπο εκσκαφής
2. Η σύγκλιση του τοιχώματος της σήραγγας αυξάνει με ταχείς ρυθμούς στην περιοχή του μετώπου εκσκαφής

Συνεπώς :

Συχνά, η αντοχή της βραχόμαζας έχει ενεργοποιηθεί επαρκώς πολύ κοντά στο μέτωπο της εκσκαφής



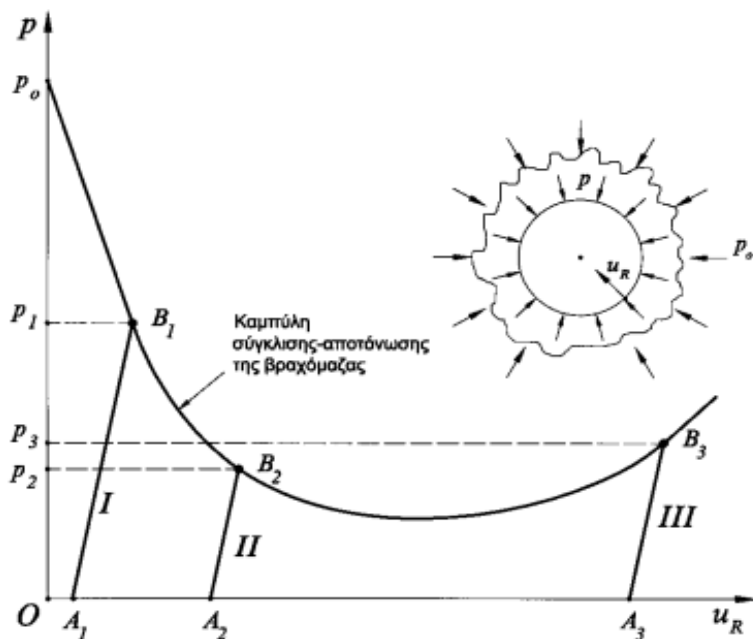
Οπότε :

Η άμεση υποστήριξη πρέπει να κατασκευάζεται κατά το δυνατόν πλησιέστερα στο μέτωπο εκσκαφής

Συμπεριφορά της βραχόμαζας μετά τη χαλάρωση

Πιθανή περιοχή χαλάρωσης





## Αρχή της μεθόδου NATM (συνέχεια)

Επιρροή του χρόνου τοποθέτησης των μέτρων προσωρινής υποστήριξης στην πίεση της βραχώμαζας επί της υποστήριξης της σήραγγας

- I: Πολύ νωρίς. Η πίεση στην άμεση υποστήριξη ( $p_1$ ) είναι πολύ μεγάλη
- II: Κανονικός χρόνος κατασκευής της άμεσης υποστήριξης  
Η πίεση ( $p_2$ ) έχει μειωθεί σημαντικά
- III: Πολύ αργά. Η πίεση ( $p_3$ ) έχει αυξηθεί λόγω αποδιοργάνωσης (χαλάρωσης της βραχώμαζας, με συνέπεια τον κίνδυνο κατάρρευσης)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΕ ΝΕΡΟ ΑΡΔΡΕΥΣΕΩΣ

Σύμφωνα με την εκπονηθείσα γεωργοτεχνική μελέτη, οι εκτάσεις που προβλέπεται να αρδευτούν από τον ταμιευτήρα Αχυρών ανέρχονται σε 26.100 στρέμματα καθαρής γεωργικής γης μέσα σε περίμετρο 60.000 στρεμμάτων περίπου της κτηματικής περιοχής του Δήμου Κατούνας και των κοινοτήτων Τρύφου, Κονοπίνας, Κομπωτής και Αετού.

Οι ετήσιες ανάγκες σε νερό έχουν υπολογιστεί, με παραδοχή μεταφοράς και διανομής του νερού με σωληνωτούς αγωγούς για εφαρμογή τεχνητής βροχής, σε 14,5 εκατ. μ<sup>3</sup>.

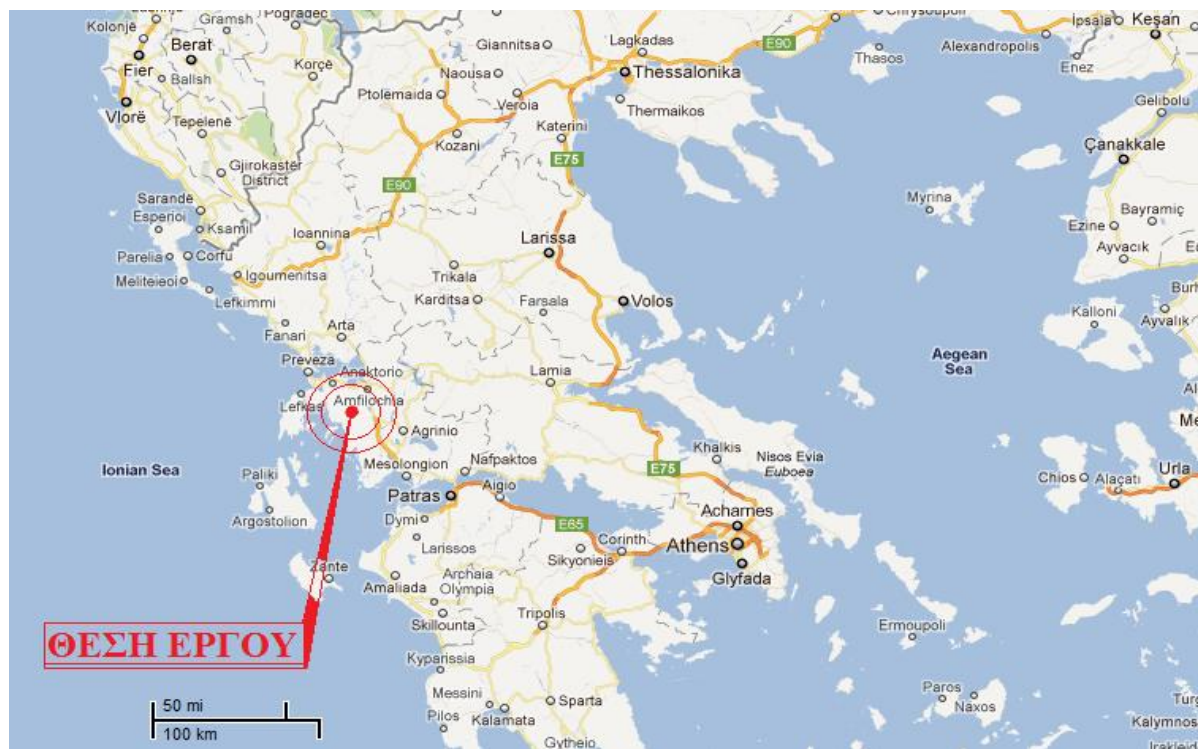
Οι ανάγκες αυτές καλύπτονται από τη διαθέσιμη μέση ετήσια ποσότητα νερού, με περιθώριο ασφάλειας 9% περίπου.

## ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΓΩΝ

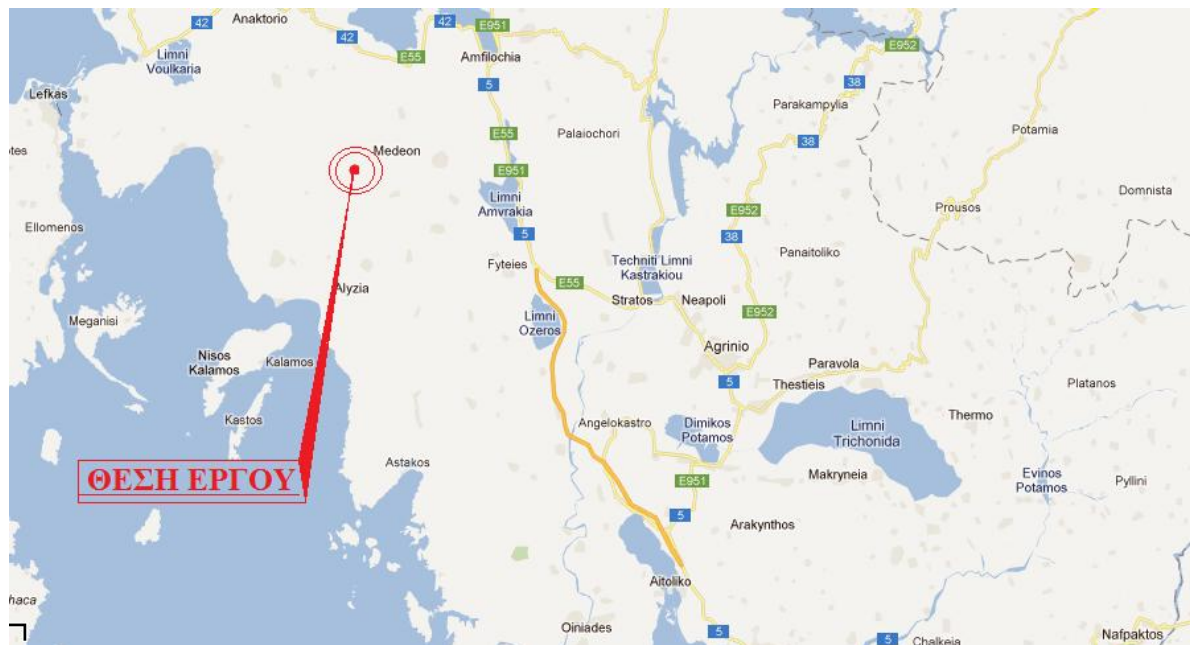
Αντικείμενο αυτής της μελέτης είναι η κατασκευή των έργων στην κοιλάδα του ρεύματος Νήσσα, στη θέση “ Αχυρά ” Ν. Αιτωλοακαρνανίας , με σκοπό την κάλυψη αναγκών άρδευσης της περιοχής Ξηρομέρου , σε περίμετρο 60.000 στρεμμάτων περίπου.

Το προς κατασκευή έργο βρίσκεται στην Επαρχία Ξηρομέρου του Νομού Αιτωλοακαρνανίας 6,5 χλμ. Δυτικά της Κατούνας. Το φράγμα κατασκευάζεται επί του ρεύματος Νήσσα , που πηγάζει από τα Ακαρνανικά Όρη και εκβάλλει στον Αμβρακικό Κόλπο . Η θέση των έργων φαίνεται στο παρακάτω χάρτη 1 και χάρτη 2.

(χάρτης 1.)



(χαρτης 2.)



### Τα προβλεπόμενα έργα περιλαμβάνουν:

1. Χωμάτινο φράγμα μέγιστου ύψους 32,5 μ. και όγκου 1.073.000 μ<sup>3</sup> , με τα συναφή έργα υπερχείλισης και εκκενώσεως.
2. Έργα υδροληψίας που περιλαμβάνουν πύργο υδροληψίας , σήραγγα μήκους 2.200 μ. και έργο κατανομής της παροχής.
3. Έργα παροχετεύσεως των απορροών της γειτονικής λεκάνης Κεφαλόβρυσου στο ταμιευτήρα.
4. Οδός προσπελάσεως στα έργα , συνολικού μήκους 5.500 μ.

Ο δημιουργημένος ταμιευτήρας έχει ωφέλιμη χωρητικότητα 38,7 εκατ. μ<sup>3</sup> , και επιφάνεια στην ανωτάτη στάθμη 2.880 στρέμματα. Η διαθέσιμη μέση ετήσια απόληψη έχει εκτιμηθεί σε 15,8 εκατ. μ<sup>3</sup> και προορίζεται να

εξυπηρετήσει την ύδρευση 26.100 στρεμμάτων καθαρών γεωργικών εκτάσεων της κτηματικής περιοχής του Δήμου Κατούνας και των κοινοτήτων Κομπωτής, Κονοπίνας, Τρύφου και Αετού.

Τα βασικά στοιχεία των έργων έχουν συνοπτικά ως εξής:

#### 1. Λεκάνη απορροής

- Επιφάνεια	27,0 χλμ <sup>2</sup>
- Μέσο υψόμετρο	780,00 μ.
- Μέγιστο υψόμετρο	1.500,0 μ.
- Μέση ετήσια βροχόπτωση	1.325,0 χιλ.

#### 2. Ταμιευτήρας

- Ανωτάτη στάθμη εκμεταλλεύσεως	+ 370,00 μ.
- Κατωτάτη στάθμη υδροληψίας	+350,00 μ.
- Ωφέλιμη χωρητικότητα	38,50 εκατ. μ <sup>3</sup>
- Νεκρός όγκος	1,7 εκατ. μ <sup>3</sup>
- Επιφάνεια λίμνης στην ανωτάτη στάθμη	2.880,0 στρεμ.

#### 3. Φράγμα:

- Τύπος φράγματος	Χωμάτινο με αργιλικό πυρήνα
- Μέγιστο ύψος φράγματος	32,50 μ.
- Μήκος στη στέψη	251,00 μ.
- Πλάτος στέψης	9,00 μ.
- Υψόμετρο στάσεως	+372,50 μ.
- Συνολικός όγκος αναχώματος	1.073.000 μ <sup>3</sup>

#### 4. Εκχειλιστής και έργα εκκενώσεως

- Μήκος στέψεως εκχειλιστή	15,00 μ.
- Μέγιστη υπερχειλίζουσα παροχή	22,6 μ <sup>3</sup> /δλ
- Ανώτατη στάθμη πλημμύρας	+370,88 μ.
- Μήκος αγωγού εκκενώσεως	182,0 μ.
- Διάμετρος αγωγού εκκενώσεως	1,50 μ.
- Μέγιστη παροχή αγωγού εκκενώσεως	26,2 μ <sup>3</sup> /δλ

## 5. Έργα υδροληψίας

- Μήκος σήραγγας υδροληψίας 2.200 μ.
- Αγωγός υδροδοτήσεως Ξηρομέρου (18.600στρεμ.) D=900 χιλ.  
Q<sub>max</sub>=2.20μ<sup>3</sup>/δλ
- Αγωγός υδροδοτήσεως περιμέτρου D=700 χιλ.

## 6. Παροχέτευση λεκάνης Κεφαλόβρυσου

- Μέγιστη παροχτευόμενη παροχή 3,50 μ<sup>3</sup>/δλ
- Μήκος διώρυγας παροχτεύσεως 2.445 μ.

## 7. Οδός προσπελάσεως

- Συνολικό μήκος 5.460 μ
- Πλάτος καταστρώματος κύρια οδός 7,50 μ.  
Δευτερεύουσες 6,00 μ.
- Οδόστρωμα μη ασφαλτωμένο.

## **ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ**

### **ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ – ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ**

Η περιοχή του φράγματος βρίσκεται στην προς το βορρά απόληξη μιας ελλειψοειδούς κοιλάδας που σχηματίζει ο ποταμός Νήσσας , που ρέει από Νότο προς Βορρά κατά μήκος των Ανατολικών Παρειών των Ακαρνανικών Όρεων κοντά στην τοποθεσία όπου βρίσκονται τα κτίσματα η τα ερείπια του παλαιού οικισμού των Αχυρών , που τώρα έχει μεταφερθεί.

Η κοιλάδα , με μήκος 2,5 χιλιόμετρα περίπου και πλάτος που στο κέντρο φθίνει τα 1.500 μέτρα , έχει βλάστηση θαμνώδη , μέρος αυτής καλλιεργείται ενώ σημαντικής παροχής πηγες αναβλύζουν στα δυτικά της άκρα.

Σχηματίστηκε μετά από έντονες τεκτονικές διαταραχές που έλαβαν χώρα μετά τις αλπικές πτυχώσεις και αποτελεί ένα τεκτονικό βύθισμα.

Δυτικά αυτής υψώνονται τα Ακαρνανικά Όρη με υψόμετρα της τάξης των 1.500 μέτρων ενώ από τις άλλες πλευρές περικλείεται από χαμηλότερες λοφοσειρές , σχηματιζόμενου έτσι ενός φυσικού ταμιευτήρα , όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



(Τρισδιάστατη απεικόνιση ταμειυτήρα.)

Η βλάστηση , θαμνώδης κυρίως , είναι πυκνότερη προς τα ανατολικά και αραιότερη προς τα δυτικά.

Όλα τα αντερείσματα αλλά ιδιαίτερα τα ανατολικά και νότια όπου επικρατούν υδατοστεγείς σχηματισμοί , αυλακώνονται από αβαθείς χαράδρες δια μέσου των οποίων αποστραγγίζουν τα νερά των πρηνών προς τη λεκάνη.

Η επικράτηση ενός συστήματος ρηγμάτων με διευθύνσεις περίπου Β – Ν είναι εμφανής στην περιοχή . Άλλωστε σε ένα τέτοιο ρήγμα οφείλεται - όπως αναφέρθηκε - και ο σχηματισμός της κοιλάδας.

Δευτερεύουσα οικογένεια ρηγμάτων εμφανίζεται αυτή με διεύθυνση κάθετη προς την προηγούμενη ενώ υπάρχουν και ορισμένα αλλά μικρότερης σημασίας ρήγματα που έχουν διαμορφώσει την πολυσχιδή μορφή των αντερεισμάτων.

Προς τα ανατολικά και κοντά στην περιοχή του φράγματος είναι εμφανές ένα εφαπτόμενο ρήγμα ( απώθηση ) και έχει φέρει τους υποκείμενους ασβεστόλιθους να επικάθονται του σχηματισμού του φλύσχη.

Η κοιλάδα θα αποτελεί την λεκάνη κατακλίσεως του φράγματος μέχρι το υψόμετρο 370.

Ο τελικά επιλεγής άξονας του φράγματος είναι ο βορειότερος από τους εξετασμένες , κοντά στο " σβήσιμο " της κοιλάδας.

## **ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ**

### **ΛΕΚΑΝΗ ΚΑΤΑΚΛΗΣΕΩΣ – ΑΝΤΕΡΕΙΣΜΑΤΑ**

Η λεκάνη κατακλίσεως δομείται από μαλακά ιλυοαργιλικά υλικά , που καταλαμβάνουν το κεντρικό επίπεδο τμήμα της , από κορηματικά υλικά και από φλύσχη που καλύπτουν τις παρυφές των περιβαλλόντων υψωμάτων.

Τα αλλούβια αποτελούνται από αργίλους , ιλύες , χαλίκια και σε μικρότερη ποσότητα από κροκάλες και τεμάχια από φλύσχη η ασβεστόλιθους των περιβαλλόντων πετρωμάτων



Λεπτομερέστερα, η σύσταση των αλλουβίων είναι περισσότερο αμμοχαλικώδης στο νοτιοδυτικό τμήμα της πεδιάδας ,όπου η ύπαρξη των ασβεστόλιθων στη περιοχή των Στεβενών εμπλουτίζει τις αποθέσεις του Νήσσα σε ασβεστολιθικά υλικά ενώ στο υπόλοιπο τμήμα επικρατεί η ιλυοαργιλική σύσταση ,λόγω της επικρατήσεως των προϊόντων αποσαθρώσεως των φλυσχικών πετρωμάτων.

Επίσης , σε αρκετά τμήματα του αλλουβιακού τάπητα παρατηρήθηκε από τις γεωτρήσεις και τις γεωηλεκτρικές διασκοπίσεις ,ότι το κατώτερο τμήμα των προσχώσεων δομείται από στρώμα αμμοχάλικων ενώ οι ιλύες και οι άργιλοι βρίσκονται υπεράνω αυτού.

Το γεγονός αυτό εξηγεί την ανάπτυξη αρτεσιανού στα τμήματα αυτά των αλλουβίων.

Το πάχος του, όπως έδειξαν οι παραπάνω εργασίες στη λεκάνη κατακλύσεως, κυμαίνεται από ελάχιστα μέτρα (2-3) έως και περίπου 45 στο ανατολικό – κεντρικό τμήμα της πεδιάδας , όπως έδειξε η γεωηλεκτρική τομή .

Κάτω εξ' άλλου από τα αλλούβια και μέχρι το βάθος των εκατό περίπου μέτρων, σύμφωνα με την ερμηνεία της βυθοσκοπήσεως S – 1 ,υπάρχει μόνο ο σχηματισμός του φλύσχη και δεν εντοπίστηκε καθόλου ο σχηματισμός των ασβεστόλιθων

Τα κορήματα, που καλύπτουν μικρό τμήμα της λεκάνης κατακλύσεως στη δυτική και νότια περιφέρεια της και μεγαλύτερο τμήμα στα ανατολικά της, αποτελούνται κατά το μέγιστο τμήμα τους ,από τεμάχια φλυσχικών υλικών, χαλαρά συνδεδεμένων μεταξύ τους, ενώ σε πολύ μικρότερο ποσοστό υπάρχουν και ασβεστολιθικά κορήματα που έχουν "πέσει" από ψηλότερα σημεία του ανατολικού πρηνούς , όπου οι ασβεστόλιθοι έχουν επιπεύσει στο φλύσχη.

Το πάχος των κορηματων αυτών ,στο τμήμα που κατακλύζεται από το νερο, είναι μικρό και δεν υπερβαίνει τα λίγα μέτρα.

Το υπόλοιπο των αντερεισμάτων της λεκάνης κατακλύσεως δομείται από τα ιζήματα του φλύσχη ,τα οποία καταλαμβάνουν σημαντική έκταση προς το Νότο , στην ουρά του ταμιευτήρα δηλαδή ,προς τα δυτικά επικάθηνται κανονικά των Ηωκαινικων ασβεστόλιθων ενώ προς τα ανατολικά έχουν επιπευθεί από τους ασβεστόλιθους της Τριαδικής ηλικίας (ασβεστόλιθοι Παντοκράτορα).

Τα ιζήματα του φλύσχη ,που στο σύνολο τους έχουν καστανό έως καστανότεφρο χρώμα αποτελούνται κυρίως από εναλλαγές πηλίων – ιλύολιθων (ιλυο – αργιλική φάση) που διακόπτονται από ψαμμιτικές ενδιαστρώσεις κυρίως λεπτόκοκκων έως μεσόκοκκων ψαμμιτών (ψαμμιτική φάση).

Σπανιότερα εμφανίζονται οι αργιλικοί σχιστόλιθοι. Οι διευθύνσεις και κλίσεις των ιζημάτων είναι ομοιόμορφες σε όλη σχεδόν την επιφάνεια εμφανίσεως τους, δηλαδή , έχουν βασική διεύθυνση B-N και κλίνουν προς τα ανατολικά - νοτιοανατολικά με γωνίες της τάξης των 15-80° ,με ελαφρές κάμψεις εκατέρωθεν.

Ο κερματισμός και η αποσάθρωση των ιζημάτων αυτών είναι τοπικά έντονος και οφείλεται στην συνδυασμένη επίδραση των τεκτονικών διαταραχών ιδιαίτερα των ανατολικών αντερεισμάτων (εφίππευση ασβεστόλιθων) και των ατμοσφαιρικών παραγόντων, ιδιαίτερα του νερού , που κυλώντας μεταξύ των δημιουργημένων διαρρήξεων και ρωγμών του πετρώματος προκαλεί την αποσάθρωση τους και γενικά τη μείωση των μηχανικών τους παραμέτρων.

Το φαινόμενο αυτό είναι πλέον έντονο στα τμήματα του πετρώματος όπου επικρατεί η ψαμμιτική φάση, λόγω της ακαμψίας των ψαμμιτών και επομένως της ανάπτυξης πυκνότερων και βαθύτερων δικτύων διαρρήξεως ,που επιτρέπουν – τοπικά τουλάχιστον- την ευχερή διείσδυση του νερού μέσα στη μάζα του γενικά υδατοστεγούς φλύσχη.

Για τους παραπάνω λόγους στα ανατολικά ιδιαίτερα αντερείσματα της λεκάνης κατακλύσεως, έχουν αναπτυχτεί φαινόμενα μικροολισθήσεων έως κατολισθήσεων των επιφανειακών διαβρωμένων υλικών του φλύσχη (μανδύας) η και των κορηματικών αυτού υλικών επάνω στο υγιές πέτρωμα.

Δυο τέτοιες επιφάνειες (‘‘φρύδια’’) κατολισθήσεων εντοπίστηκαν στο ανατολικό αντέρεισμα της λεκάνης κατακλύσεως και διερευνήθηκαν σε βάθος με τη διάνοιξη των γεωτρήσεων,για την πρώτη από αυτές , κοντά στον άξονα του φράγματος και για τη δεύτερη αρκετά νοτιότερα της πρώτης.

Η γεώτρηση πιστοποίησε – σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα των γεωτρήσεων και του άξονα του φράγματος – την ύπαρξη παλαιάς βαθειάς κατολισθήσεως (βάθος 50 περίπου μέτρων ) με πέτρωμα που είχε τη μορφή κορηματικού υλικού.

Αντίθετα η γεώτρηση έδειξε ένα υγιές πέτρωμα της ιλυοαργιλικής φάσης του φλύσχη, γεγονός που βοήθησε στην οριοθέτηση της κατολισθήσεως στο πρηνές αυτό και τον σχεδιασμό στη συνέχεια των μέτρων αντιμετώπισης του.

Η κατολίσθηση αυτή, σύμφωνα με όλες τις ενδείξεις, είναι το αποτέλεσμα της τεκτονικής διαταραχής που έχει υποστεί το αντέρεισμα (εφαπτομενικό ρήγμα) σε συνδυασμό και με ρήγμα κάθετο προς τη διεύθυνση αυτή.

Η διεύθυνση εξ' άλλου της κατολισθήσεως είναι περίπου κάθετη στον άξονα του φράγματος.

Το μάλλον ασύνηθες στην όλη εικόνα είναι ότι η επιφάνεια ολισθήσεως είναι σχεδόν κάθετη με την στρώση των ιζημάτων, γεγονός που ερμηνεύεται από τη μεγάλη εφαπτομενική δύναμη που εφαρμόστηκε επ' αυτών.

Η αντιμετώπιση του παραπάνω προβλήματος αναλύεται λεπτομερώς στο κεφάλαιο των συνθηκών του άξονα του φράγματος, με το οποίο έχει άμεση σύνδεση.

Η γεώτρηση έδειξε επίσης ένα κατολισθαίνον κορηματικό υλικό του φλύσχη, είναι κατά θέσεις δολομιτικοί η λατυποπαγείς υπόλευκου – γκρίζου χρώματος, μεταξώδεις, μέσου πάχους έως παχυστρωματώδεις η και άστρωτοι.

Βρίσκονται εκτός περιοχής ταμιευτήρα και σε απόσταση ασφάλειας από αυτόν, δεν υπήρξαν υπόνοιες επικοινωνίας τους με την λεκάνη και δεν λαμβάνονται υπ' όψιν στο σχεδιασμό των έργων.

Στα δυτικά (αριστερά) αντερείσματα της λεκάνης κατακλύσεως ο φλύσχη – όπως αναφέρθηκε – που καλύπτει τις παρυφές των Ακαρνανικών Όρεων, επικάθεται κανονικά επί των Ασβεστόλιθων της Ηωκαιοδικής ηλικίας, οι όποιοι βρίσκονται αρκετά εκτός λεκάνης κατακλύσεως.

Οι ασβεστόλιθοι αυτοί έχουν υπόλευκο χρώμα, είναι πλακώδεις συνήθως και με διαστρώσεις η φακούς πυριτόλιθων με χαρακτηριστικό την παντελή σχεδόν έλλειψη αποκαρστώσεως.

Η διεύθυνση και η κλίση των στρώσεων και των δυο σχηματισμών είναι ίδιες, δηλαδή διεύθυνση περίπου Β – Ν και κλίσεις  $50^{\circ}$  -  $80^{\circ}$  προς τα ανατολικά.

Η όλη δομή τόσο του δυτικού όσο και του ανατολικού αντερείσματος δείχνει ότι στη θέση της σημερινής κοίτης του ποταμού Νήσσα, πριν την έναρξη των τεκτονικών φαινομένων, που επέφεραν τη σημερινή μορφολογία, υπήρχε ένα μονόκλινο δομημένο καθ' ολοκληρίαν από φλυσικά ιζήματα, που επικάθοντο – όπως και σήμερα εν μέρει- κανονικά των ασβεστόλιθων του Ηωκαίνου του δυτικού αντερείσματος.

Ο φλύσχος στο αριστερό αυτό αντέρεισμα δομείται κυρίως από πηλίτες, που κοντά στην επαφή με τους ασβεστόλιθους είναι έντονα ασβεστιτικοί, σκληροί, γκρίζου χρώματος, με διακλάσεις πυκνότερες εκεί όπου οι ρηξιγενείς γραμμές τέμνουν κάθετα σχεδόν την επαφή τους με τους ασβεστόλιθους.

Χαμηλότερα, μακρύτερα της επαφής αυτής, επικρατεί η αργιλική φάση όπου επιφανειακά έχει αποσαθρωθεί η και εξαλλοιωθεί παίρνοντας την μορφή των προσχώσεων.

Η επικοινωνία των ασβεστόλιθων με την λεκάνη κατακλύσεως δεν είναι άμεση αλλά έμμεση, όπως αναλύεται στην υδρογεωλογική μελέτη που έγινε για την διερεύνηση της παραμέτρου αυτής, μέσω των πηγών που αναβλύζουν στις υπόγειες των Ακαρνανικών Όρεων και στα δυτικά άκρα της πεδιάδας.

Η επικράτηση των ρηξιγενών γραμμών με γενική διεύθυνση Α-Δ στην πλευρά αυτή της λεκάνης κατακλύσεως εξ άλλου, έχει προξενήσει τη δημιουργία κώνων κορημάτων, κυρίως ασβεστολιθικών, και ακόμα μεγάλων σαρων ιδιαίτερα κοντά στον οικισμό των Αχυρών.

Η νότια πλευρά της λεκάνης κατακλύσεως δομείται καθ' ολοκληρίας από τους σχηματισμούς του φλύσχη, όπου επικρατούν οι ιλυολιθοί οι αργιλικοί σχιστόλιθοι και οι πηλίτες, κερματισμένοι και έντονα αποσαθρωμένοι, τουλάχιστον επιφανειακά, με μικρού πάχους αποθέσεις κορημάτων του φλύσχη στις παρυφές του λοφώδους αναγλύφου.

Οι ασβεστόλιθοι εδώ δεν εμφανίζονται καθόλου στην ακτίνα επηρεασμού των έργων.

## ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ

### ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ

Η περιοχή στην οποία σχεδιάζεται ο ταμιευτήρας την Αχυρών βρίσκεται στο χώρο που δομείται από τους σχηματισμούς της Ιονίου Γεωτεκτονικής Ζώνης.

Χαρακτηριστικό της ζώνης αυτής είναι η πολυπλοκότητα και οι πτυχώσεις των ιζηματογενών σειρών, ο τοπικά έντονος διαμερισμός και οι ισχυρές εφαιπτόμενες τέκτονες ωθήσεις που έχουν επιδράσει επί των σχηματισμών.

Η πλήρης γεωλογική στήλη της ζώνης, όπως έχει πιστοποιηθεί μέχρι σήμερα, είναι η παρακάτω από τους παλαιότερους προς τους νεώτερους

- Εβαπορίτες και γύψοι Τριαδικής ηλικίας , συναντημένοι και σαν διεισδύσεις (φαινόμενο διαμερισμού) και στους υπερκείμενους αυτών σχηματισμούς . Πάχος τους κυμαίνεται περί τα 150 μέτρα.
- Ανθρακικά λατυποκρολοπαγή ηλικίας Αντιτριαδικού – κατωτάτου Λιάσου (σχηματισμός Τρύφου) με πάχος που κυμαίνεται μεταξύ 10 και 200 μέτρων .
- Ασβεστόλιθοι Παντοκράτορα ηλικίας Αντιτριαδικού – Λιασίου με πάχος μεταξύ 50 – 300 μέτρα
- Ασβεστόλιθοι ηλικίας ανωτέρου Λιάσου (Τουρσιά) , με πάχος γύρω στα 50 μέτρα.
- Πυριτικοί σχιστόλιθοι Σαγγάριου ηλικίας με πάχος περί τα 50 το πολύ μέτρα.
- Ασβεστόλιθοι Βίγλας, πλακώδεις, ηλικίας Μαλίου – Αποβιούμε πάχος κυμαινόμενο από 100 έως 350 μέτρα.
- Μεικτή σειρά ασβεστόλιθων πυριτόλιθων ,μαργών και αργιλικών σχιστόλιθων Τουρωνίου ηλικίας και πάχους όχι μεγαλύτερου των 100 μέτρων.
- Ασβεστόλιθοι Σενωνίου ηλικίας ,πάχους 50 έως 400 μέτρων.
- Ασβεστόλιθοι Παλιοκαιρίτικης ηλικίας με πάχος κυμαινόμενο από 50-300 μέτρα
- Ασβεστόλιθοι Ηωκαινικής ηλικίας , συνήθως με φακούς πυριτόλιθων, πάχους 100 έως 350 μέτρα περίπου

- Φλύσξης Ολιγοκαινικής ηλικίας αποτελούμενος κυρίως από ιλυόλιθους , πηλίτες και ψαμμίτες ,πάχους περί τα 400 μέτρα

Υπεράνω των σχηματισμών αυτών της Ιονίου ζώνης έχουν σε πολλές περιοχές επικαθήσει νεωτέρα ιζήματα Πλειόκαινης και πρόσφατης ηλικίας, αποτελούμενα από προϊόντα αποσαθρώσεις και μεταφοράς των πετρωμάτων της Ιονίου ζώνης.

Τέτοια νεωτέρα υλικά συναντώνται και στο στενό χώρο της λεκάνης κατακλίσεως του μελετώμενου φράγματος στο κάμπο των Αχυρών.

### **ΕΞΕΤΑΣΘΕΙΣΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΘΕΣΗ ΑΞΟΝΑ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ**

Εξετάστηκε εναλλακτικά κατά την αρχική φάση της μελέτης , η θέση άξονα του φράγματος νότια του τελικά επιλεγέντος , σε απόσταση 150 περίπου μέτρα από αυτόν .

Από την εξωτερική θεώρηση και από τα αποτελέσματα της γεωτρήσεως που διανοίχτηκε στο αριστερό αντέρεισμα αυτού , η ποιότητα και γεωτεχνικές συνθήκες του πετρώματος , που ήταν φλύσξης και εδώ , βρεθήκαν πολύ κατώτερα από τις αντίστοιχες της έναντι προς βορρά θέσης και η θέση αυτή εξετάστηκε περαιτέρω.

### **ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΡΑΝΩΝ – ΠΡΑΝΩΝ**

#### **ΛΕΚΑΝΗ ΚΑΤΑΚΛΥΣΕΩΣ**

Στο περίγραμμα της λεκάνης κατακλίσεως , η ευστάθεια των φυσικών πρανών δεν εγκυμονεί σοβαρούς κινδύνους μαζικών μετακινήσεων ούτε τώρα ούτε και μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα , λόγω των ηπίων γενικά κλίσεων που διαμορφώνονται στα πρανή του φλύσχη ,της υπάρχουσας πυκνής φυτοκάλυψης του μεγαλύτερου τμήματος αυτών καθώς και του τοπικά μόνο έντονου κερματισμού και της διάρρηξης τους .

Του κανόνα αυτού διαφοροποιούνται δυο περιοχές στα ανατολικά πρηνή της λεκάνης , όπως διαπιστώθηκε από τις χαρτογραφήσεις , οι οποίες διερευνήθηκαν εις βάθος και με γεωτρήσεις .

Η πρώτη είναι η προηγούμενα αναφερθείσα θέση της κατολισθήσεως κοντά στον άξονα του φράγματος οπου έγιναν οι γεωτρήσεις και η άλλη νοτιότερα αυτής , οπου έγινε η γεώτρηση , κατά την οποία διαπιστώθηκε ότι η κατολίσθηση στη θέση αυτή δεν ξεπερνά τα 8 μέτρα , ενώ κάτω από το βάθος αυτό το πέτρωμα είναι υγιές , μια τυπική μορφή φλύσχη .

Τόσο στην πρώτη όσο και στη δεύτερη περίπτωση η ευστάθεια των πρηνών ελέγχτηκε – εκτός από τις γεωτρήσεις – και από ειδική γεωτεχνική μελέτη οπου εξήφθησαν υπ ‘ όψιν όλες οι δυνατές παράμετροι ( μέγεθος σεισμού , ποιοτική κατάσταση του πετρώματος γεμάτος η άδειος ταμιευτήρας ) , και μάλιστα με τους δυσμενέστερους συντελεστές .

Τόσο στη μια όσο και στην άλλη περίπτωση οι συντελεστές ασφάλειας που λαμβάνονται βρεθήκαν να έχουν τιμές αποδεκτές . Η λεπτομερής ανάλυση γίνεται στο ειδικό τεύχος της γεωτεχνικής αξιολόγησης .

## **ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ – ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ**

### **ΛΕΚΑΝΗ ΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ – ΑΝΤΕΡΕΙΣΜΑΤΑ**

Η λεκάνη κατακλύσεως , όπως αναφέρθηκε , δομείται κατά το μέγιστο της επιφάνειας της από ιλυοαργιλικά και αμμοχάλικων υλικά , προϊόντα αποσαθρώσεως του φλύσχη , ενώ τοπικά στην επιφάνεια επικρατούν τα αμμοχάλικων ( νοτιοδυτική πλευρά της λεκάνης , Στεβενά ) .

Το πάχος αυτών κυμαίνεται από 2 – 3 μέτρα μέχρι και τα 45 μέτρα . Κάτω από τα αλλουβια , το υπόβαθρο σε ολόκληρη τη λεκάνη κατακλίσεως είναι ο θεωρούμενος πρακτικά αδιαπέραστος σχηματισμός του φλύσχη ( γεωηλεκτρικές διακοπήσεις ) .

Στα αλλουβιακά υπάρχει ένας υδροφόρος ορίζοντας πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους .

Η κυριαρχία των πρακτικών στεγανών ιλυοαργιλικών αποθέσεων στα αλλουβια σε συνδυασμό με τις διαπερατές λεπτές αμμοχαλικώδεις στρώσεις ,

που έχουν πιστοποιηθεί σε βαθύτερες θέσεις κοντά στη βάση αλλουβίων ( γεώτρηση Bg ) , προκαλούν την εμφάνιση φαινομένων καρτεσιανισμού με πολύ μικρές παροχές νερού .

Ο φλύσχος του υπόβαθρου , αν και σε ορισμένες περιπτώσεις επιτρέπει την κυκλοφορία του νερού σε ψαμμιτικές του διαστρώσεις , εν τούτοις στο σύνολο του και σε βάθος θεωρείται στεγανός σχηματισμός .

Άλλωστε η ύπαρξη του αλλουβιακού υδροφόρου ορίζοντα αυτό αποδεικνύει .

Με τα παραπάνω δεδομένα , η βάση της λεκάνης σε βάθος , εφ ' όσον οι υποκείμενοι ανθρακικοί σχηματισμοί δεν εμφανιστήκαν μέχρι το βάθος των 100 μέτρων , θεωρείται στεγανή όπως βεβαία και το τμήμα των πρηνών που θα κατακλεισθεί περιφερειακά , με ιδιαίτερη όμως προσοχή στα δυτικά αντερείσματα της λεκάνης όπου η ύπαρξη πηγών στην περιφέρεια της και η σύνδεση τους με τους Ηωκαινικούς ασβεστόλιθους των γειτονικών Ακαρνανικών Όρεων δημιουργεί ιδιαίτερες συνθήκες .

Η ύπαρξη των πηγών αυτών αποτέλεσε αντικείμενο ειδικής υδρογεωλογικής μελέτης όπου εξεταστήκαν εξονυχιστικά οι συνθήκες λειτουργίας τους , η προέλευση του νερού και η συμπεριφορά τους μετά την κατάκλιση του ταμιευτήρα , μελέτη που συμπλήρωσε με νεωτέρα στοιχεία προηγούμενη έκθεση του καθηγητού Π . Μαρίνου , ταυτόχρονα και προτάσεις αυτής .

Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής καθώς και οι μετρήσεις στάθμης των γεωτρήσεων στο πρηνές αυτό που επακολούθησαν έδειξαν ότι :

Το νερό των πηγών προέρχεται βασικά από τον ασβεστολιθικό όγκο των Ακαρνανικών Όρεων μέσω ρηγματώσεων με διευθύνσεις περίπου  $\Delta \rightarrow A$  που τέμνουν κάθετα τις ψαμμιτικές διαστρώσεις του φλύσχη .

Ο υδροφόρος ορίζοντας των ασβεστόλιθων έχει μια κλίση από Βορρά προς Νότο , φθάνοντας στην περιοχή των Στεβενών , στην ουρά του ταμιευτήρα , σε απόλυτο υψόμετρο 379,50 μ . το minimum , 10 δηλαδή μέτρα ψηλότερα από την ανωτάτη στάθμη του ταμιευτήρα .

Το νερό των πηγών , αφού κατακλύσουν αναμένεται εμφανίσει νοτιότερα η δυτικότερα των σημερινών σημείων αναβλύσεως σε μεγαλύτερα υψόμετρα .

Οι πηγές υπάρχει πιθανότητα να λειτουργήσουν κατ ' αντίστροφη φορά ( estavelles ) μόνο σε περίπτωση υποβιβασμού της καρστικής στάθμης κάτω του απόλυτου υψόμετρου της λίμνης ( 370 ) .



Η πηγή Κεφαλόβρυσου , προς βορρά του οικισμού των Αχυρών , ανήκει σε άλλη υδρολογική λεκάνη .

Σύμφωνα με τα παραπάνω και τα δυτικά αντερείσματα της λεκάνης θεωρούνται στεγανά , με την προϋπόθεση όμως της συνεχούς παρακολούθησής της καρστικής στάθμης υδροφορίας , όπως θα αναφερθεί παρακάτω .

Τα διαγράμματα των γεωτρήσεων της στάθμης του υπογείου ορίζοντα στις γεωτρήσεις έδειξαν μια ομοιόμορφη συμπεριφορά του καρστικού υδροφορέα καθ'όλη τη διάρκεια ενός ολόκληρου σχεδόν υδρολογικού έτους ( 1994 ) , γεγονός που βοηθά στον περιορισμό του τομέα των απαιτούμενων παρατηρήσεων κοντά στην ουρά του ταμιευτήρα ( σχεδιάγραμμα 3.1 ) .

Στο ίδιο σχέδιο περιλαμβάνεται και η μεταβολή της στάθμης στη γεώτρηση όπως επίσης και ερευνητική γεώτρηση για την πληρότητα της αναφοράς εφ ' όσον διανοίχτηκε για τη διερεύνηση των συνθηκών λειτουργίας των πηγών , που όμως αναφέρεται στον αλλουβιακό υδροφορία και δεν συσχετίζεται με τα παραπάνω .

Στα ανατολικά και νότια αντερείσματα της λεκάνης κατακλύσεως , δεν διαπιστώθηκε η ύπαρξη σοβαρών πηγαίων αναβλύσεων ούτε επικοινωνία με τους εφιππεύοντες ασβεστόλιθους προς τα ανατολικά .

Οι γεωτρήσεις που διανοίχτηκαν στο ανατολικό πρηνές βασικά για την έρευνα των κατολισθήσεων που εμφανίστηκαν σ' αυτό , είχαν υδροφόρους ορίζοντες ψηλότερα από το απόλυτο υψόμετρο 357 ( σχεδιάγραμμα 3.2 ) , δηλαδή μη συνεργάσιμους με τον υδροφόρο ορίζοντα των Αλλουβίων που βρίσκεται 15 περίπου μέτρα χαμηλότερα .

Οι ορίζοντες αυτοί είναι επικρεμάμενοι , οφείλονται στον κερματισμό των ανωτέρω στρωμάτων του φλύσχη και δεν προβληματίζουν .

## **ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΤΗΣ**

Ο φλύσχης είναι ο γεωλογικός σχηματισμός που επικρατεί και στην περιοχή του υπερχειλιστή από τη επιφάνεια σχεδόν του εδάφους , αν εξαιρεθεί ένας πολύ μικρού πάχους ( της τάξης των εκατοστών ) εξωτερικός αποσαθρωμένος μανδύας .

Στη δομή του κυριαρχούν και εδώ οι υλιόλιθοι και οι πηλίτες με παρεμβολή ψαμμιτών .

Η μηχανική του κατάσταση είναι πολύ καλή , όπως έδειξαν οι γεωτρήσεις που διανοίχτηκαν στην περιοχή αυτή .

Υδροφόρος ορίζοντας συναντήθηκε και στις δυο γεωτρήσεις σε μικρό βάθος από την επιφάνεια του εδάφους και σε διαφορετικό απόλυτο υψόμετρο , δείγμα του ότι δεν υφίσταται ενιαίος υδροφόρος ορίζοντας αλλά μόνο τοπικοί επικρεμάμενοι ορίζοντες που δεν προβληματίζουν .

Τόσο το γεγονός αυτό όσο και οι δόκιμες διαπερατότητα που έγιναν στις γεωτρήσεις , πιστοποίησαν μια πολύ καλή στεγανότητα του πετρώματος στην περιοχή του υπερχειλιστεί , έτσι ώστε διαφυγή νερού από τη λεκάνη κατακλύσεως να μην αναμένεται .

Παρ ‘ όλα αυτά , επειδή η κλίση των στρώσεων των ιζημάτων του φλύσχη και εδώ είναι καθετή προς τον άξονα του φράγματος και η κυκλοφορία νερού δια μέσου ψαμμιτικών στρώσεων που παρατηρήθηκε αλλού είναι πιθανόν να δημιουργήσουν και εδώ κάποιες ευαίσθητες συνθήκες κατά την κατασκευή του φράγματος , κρίνεται σκόπιμη η παρακολούθηση της συμπεριφοράς των υδροφόρων οριζόντων μέσω των πιεζόμετρων των γεωτρήσεων για την πρόβλεψη και έγκαιρη αντιμετώπιση τέτοιων συνθηκών .

Ο υπερχειλιστής θα θεμελιωθεί στον δυτικό αυχένα Γουρίτσα , σε απόσταση 200 περίπου μέτρων από τη θέση του φράγματος .

Η τοποθεσία δομείται από την ίδια αργιλική φύση του φλύσχη , με κυριαρχία των πηλιτών ιλυολίθων με μικρές διαστρώσεις ψαμμιτών .

Το πέτρωμα παρουσιάζεται πολύ υγιές καλυπτόμενο μόνο επιφανειακά από ένα ελάχιστου πάχους εξωτερικό μανδύα ( 0.5m – 1 m ) που θα απομακρυνθεί .

## **ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ NATM**

1. Η σήραγγα διανοίγεται σε περισσότερες της μιας φάσης ώστε να μειώνεται η επιφάνεια του μετώπου εκσκαφής κάθε φάσης.
2. Η άμεση υποστήριξη κατασκευάζεται σε μικρή απόσταση από το μέτωπο εκσκαφής. Άρα απαιτούνται βήματα εκσκαφής μικρού μήκους.
3. Η άμεση υποστήριξη πρέπει να αναλάβει φορτία ταχέως.
  - Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πλεονεκτεί επειδή βρίσκεται σε άμεση επαφή με την περιβάλλουσα βραχώμαζα και επιπλέον έχει μικρό χρόνο πήξεως.
  - Τα αγκύρια βράχου οπλίζουν την περιβάλλουσα βραχώμαζα και συντελούν στην καλύτερη ανάπτυξη της λειτουργίας τόξου της βραχώμαζας.
4. Ολοκλήρωση του δακτυλίου του εκτοξευόμενου σκυροδέματος στο σύνολο της διατομής (κλειστός πυθμένας).
  - σε βραχώμαζα με φτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά (αλλά όχι σε συνθλιβόντα εδάφη, όπου η καθυστέρηση της κατασκευής του πυθμένα μπορεί να έχει πλεονεκτήματα – π.χ. μείωση των φορτίων)
  - σε περιπτώσεις ανάγκης περιορισμού των υποχωρήσεων στην επιφάνεια του εδάφους
5. Σε βραχώμαζα με πτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά (ή σε εδαφικούς σχηματισμούς) είναι συνήθης η αστάθεια του μετώπου της εκσκαφής.

## **ΜΕΤΡΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΜΕΤΩΠΟΥ**

- Αύξηση του αριθμού των φάσεων εκσκαφής (μείωση των διαστάσεων του μετώπου).
- Διαμόρφωση του μετώπου με κλίση ως προς την κατακόρυφο.

- Ενίσχυση του μετώπου με αγκύρια (συνήθως fiberglass).
- Ενίσχυση της οροφής με ράβδους ή δοκούς προπορείας (spiles, forepoling).
- Κατασκευή τσιμεντενέσεων στο μέτωπο (σε διαπερατούς σχηματισμούς).
- Προσωρινή κάλυψη του μετώπου με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (σε περιπτώσεις διακοπής των εργασιών διάνοιξης)

### **ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΠΟΥ ΔΙΑΝΟΙΓΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗ NATM**

Ο σχεδιασμός της διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης της σήραγγας πρέπει να είναι ευπροσάρμοστος στις επιτόπου συνθήκες :

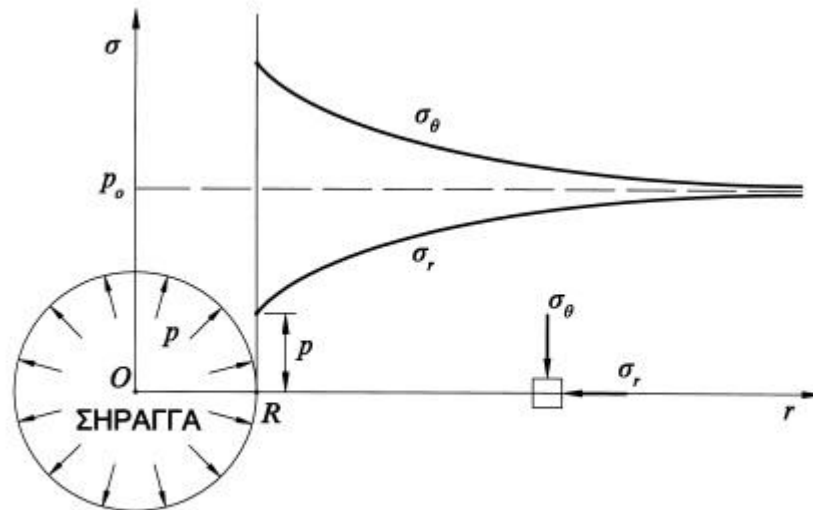
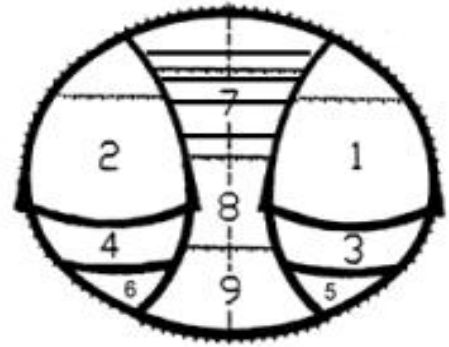
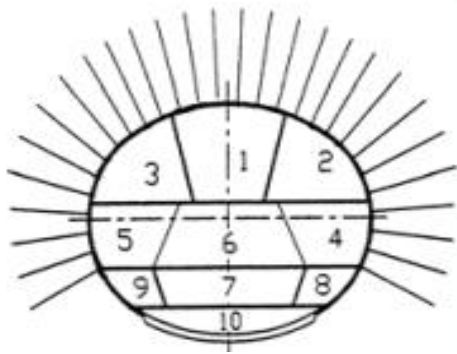
1. Η βραχόμαζα κατατάσσεται σε 3-5 κατηγορίες (με βάση τα μηχανικά χαρακτηριστικά). Οι κατηγορίες συνήθως βασίζονται στα γνωστά συστήματα κατατάξεως (RMR, GSI, Q)
2. Μορφώνονται 3-5 τυπικές διατομές της σήραγγας που διαφέρουν ως προς τον αριθμό των φάσεων εκσκαφής, το είδος και την πυκνότητα των μέτρων υποστήριξης. Θα πρέπει να είναι ευχερής η αλλαγή της διατομής της σήραγγας από τον ένα τύπο στον άλλο.
3. Η επάρκεια των τυπικών διατομών ελέγχεται με κάποια από τις αποδεκτές μεθόδους ανάλυσης.
4. Διατυπώνεται ένα σύνολο κριτηρίων με βάση τα οποία θα γίνεται η επιλογή της εφαρμοστέας τυπικής διατομής κατά την κατασκευή της σήραγγας. Τα κριτήρια αυτά βασίζονται :
  - στην ποιότητα της βραχόμαζας
  - στο πάχος των υπερκειμένων γαιών
  - στον προσανατολισμό των ασυνεχειών
  - στα αποτελέσματα των μετρήσεων σε προηγούμενες διατομές
  - σε τυχόν ειδικές συνθήκες (π.χ. θέσεις διεύρυνσης της διατομής)

## **ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΜΕΣΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ**

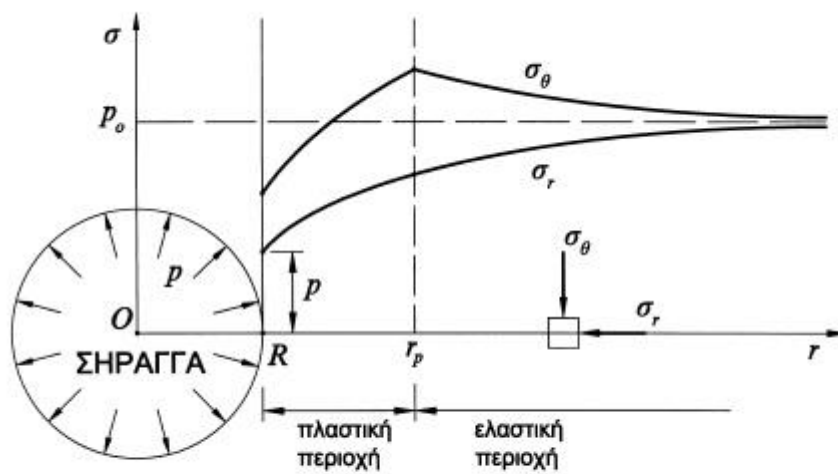
1. Με εμπειρικές/ημι-εμπειρικές μεθόδους (π.χ. μέθοδος NGI που βασίζεται στο σύστημα Q)
2. Με αναλυτικές/αριθμητικές μεθόδους Υπολογίζονται τα φορτία στην άμεση υποστήριξη της σήραγγας και στη συνέχεια ελέγχεται η επάρκεια των μέτρων υποστήριξης . Συνήθως γίνεται συνδυασμός των δύο μεθόδων.

## **ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΣΚΑΦΗΣ**

1. Εκσκαφή μετώπου-βαθμίδας (top heading - bench - invert) Εκσκαφή της σήραγγας από πάνω προς τα κάτω. Η πρώτη φάση μπορεί να εκσκαφεί και σε περισσότερες υποφάσεις. Στην περίπτωση αυτή η πρώτη φάση ουσιαστικά αποτελεί σήραγγα-πλότο για τη διερεύνηση των συνθηκών που θα συναντηθούν κατά τη διάνοιξη της σήραγγας.
2. Εκσκαφή με πλευρικές στοές (side-wall drifts) . Εφαρμόζεται σε σήραγγες μεγάλου εύρους σε βραχώμαζες με σχετικώς πτωχά χαρακτηριστικά ή στις περιπτώσεις όπου είναι κρίσιμος ο περιορισμός της σύγκλισης του τοιχώματος (π.χ. σε αστικές περιοχές). Η μέθοδος μπορεί να περιλάβει δυο πλευρικές στοές και ενδιάμεσο πυλώνα (twin side-wall drifts with central pillar).
3. Εκσκαφή μέσω προ-ενίσχυσης του μετώπου . Με ράβδους προπορείας (spiles), δοκούς προπορείας (forepoling) , πρότμηση (precutting), ηλώσεις μετώπου (face nailing), υποθεμελίωση του τόξου κλπ.



Κατανομή τάσεων γύρω από κυκλική οπή. Παραδοχή γραμμικώς ελαστικού εδάφους.



Κατανομή τάσεων γύρω από κυκλική οπή. Παραδοχή ελαστικού-απολύτως πλαστικού εδάφους.

## ΠΡΟ-ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΟΥ ΜΕΤΩΠΟΥ ΕΚΣΚΑΦΗΣ

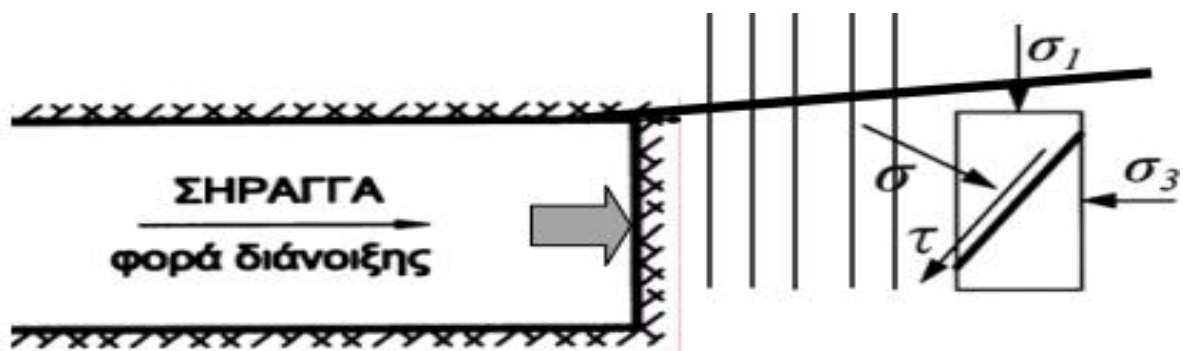
Η ευστάθεια του μετώπου εκσκαφής μπορεί να βελτιωθεί με τους εξής τρόπους:

1. Διατήρηση υψηλής τιμής της  $\sigma_3$  :

- Εκσκαφή με μηχάνημα TBM (που ασκεί πίεση στο μέτωπο)
- Ενίσχυση του μετώπου με αγκύρια (π.χ. Fiberglass)

2. Μείωση της τιμής της  $\sigma_1$  :

- Τοποθέτηση (άκαμπτων) δοκών προπορείας στη στέψη
- Τοποθέτηση κατακόρυφων αγκυρίων από την επιφάνεια



## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

Αρχές :

1. Η τελική επένδυση αναλαμβάνει μέρος (ή το σύνολο) των φορτίων της περιβάλλουσας βραζόμαζας (συνήθως θεωρείται ότι η προσωρινή υποστήριξη καθίσταται ανενεργή στην μόνιμη κατάσταση της σήραγγας).
2. Η τελική επένδυση συνήθως κατασκευάζεται μετά την ολοκλήρωση της διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης του συνόλου του μήκους της

σήραγγας αλλά οπωσδήποτε αφού η σήραγγα ισορροπήσει με την άμεση υποστήριξη.

Η τελική επένδυση σχεδιάζεται να αναλάβει τα εξής φορτία:

1. Το φορτίο των προσωρινών αγκυρίων (σε βραχόμαζα με έντονα ερπυστική συμπεριφορά, ή πιθανότητα διάβρωσης των αγκυρίων)
2. Το φορτίο των χαλύβδινων πλαισίων σε περίπτωση που έχουν ανεπαρκή επικάλυψη και μπορούν να διαβρωθούν
3. Το φορτίο του εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε περίπτωση που έχει έντονο ερπυσμό (π.χ. λόγω των προσμίκτων)
4. Μέρος του φορτίου του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, ώστε το απομένον φορτίο του εκτοξευόμενου σκυροδέματος να ικανοποιεί τις απαιτήσεις ασφαλείας μονίμου έργου (κατά την άμεση υποστήριξη της σήραγγας το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μπορεί να λειτουργεί με μειωμένο συντελεστή ασφαλείας).
5. Τυχόν αυξημένα μακροχρόνια φορτία της βραχόμαζας λόγω ερπυσμού
6. Τυχόν υδατικές πιέσεις λόγω πλημμελούς αποστράγγισης ή απρόβλεπτης απόφραξης του συστήματος αποστράγγισης.
7. Τυχόν φορτία από μελλοντικές κατασκευές που φορτίζουν τη σήραγγα.
8. Τυχόν σεισμική επιφόρτιση της σήραγγας.

## **ΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ**

### **1. Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (shotcrete)**

- Συνίσταται από τσιμέντο , νερό και λεπτόκοκκα αδρανή (έως 10mm).
- Εφαρμόζεται με εκτόξευση (με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα).
- Παρασκευάζεται είτε ως ξηρό μίγμα (dry mix) με προσθήκη νερού στο\ στόμιο εκτοξεύσεως είτε ως υγρό μίγμα (wet mix) όπου η ανάμιξη με νερό γίνεται στον αναδευτήρα.



- Το υγρό μίγμα χρησιμοποιείται συχνότερα στις περιπτώσεις κατανάλωσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε μεγάλες ποσότητες.

- Αναλογία ανάμιξης (για παραγωγή 1 m<sup>3</sup> βάρους 2250-2350 kg):

- \* Τσιμέντο: 400-450 kg
- \* Αδρανή (διάσταση κόκκου έως 10mm): 1600-1700 kg
- \* Παιπάλη πυριτίου (micro-silica): 30-50 kg
- \* Επιταχυντής πήξεως: 10-15 kg
- \* Νερό: 200-250 kg

- Η παιπάλη πυριτίου είναι μια λεπτόκοκκη ποζουλάνη η οποία αντιδρά με το υδροξείδιο του ασβεστίου (Ca(OH)<sub>2</sub>) που παράγεται κατά την ενυδάτωση του τσιμέντου και συντελεί στην αύξηση της αντοχής του σκυροδέματος και τη μείωση της διαπερατότητάς του.

- Με την προσθήκη της ποζουλάνης επιτυγχάνεται μείωση της αναπήδησης (rebound) κατά την εκτόξευση, βελτίωση της πρόσφυσης στη βραχώμαζα και δυνατότητα αύξησης του πάχους της στρώσης του νωπού σκυροδέματος (λόγω αύξησης του ιξώδους και της πρόσφυσης) έως και σε 200mm.

- Η πλαστιμότητα και η εφελκυστική αντοχή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος μπορούν να αυξηθούν με την προσθήκη μεταλλικών ινών (steel fibres) οι οποίες δρουν ως οπλισμός.

- Η προσθήκη μεταλλικών ινών ως οπλισμού του εκτοξευόμενου σκυροδέματος τείνει να αντικαταστήσει την όπλιση με μεταλλικά πλέγματα (wire mesh reinforcement). Η συνήθης αναλογία μεταλλικών ινών είναι 40-50 kg ανά κυβικό μέτρο σκυροδέματος.

- Η προσθήκη μεταλλικών ινών πλεονεκτεί ως προς τη χρήση μεταλλικού πλέγματος και για τους εξής λόγους:

- \* Δεν προκαλεί αυξημένη αναπήδηση του σκυροδέματος
  - \* Δεν υπόκειται σε ηλεκτρολυτική διάβρωση επειδή οι ίνες δεν είναι συνεχείς
  - \* Η χρήση των ινών είναι ταχύτερη και κατασκευαστικά ευκολότερη ιδίως όταν η επιφάνεια της βραχώμαζας είναι ανώμαλη
- Η χρήση μεταλλικού πλέγματος πλεονεκτεί στο δάπεδο της σήραγγας (λόγω κόστους) και όπου αναμένεται πιθανή ρηγμάτωση του εκτοξ. σκυροδέματος (καλύτερος έλεγχος κατάρρευσης)



( Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (shotcrete) στην οροφή της σήραγγας)

## 2. Αγκύρια βράχου

Διακρίνονται σε δυο κατηγορίες :

- Προεντεταμένα αγκύρια (tensioned cables) . Αποτελούνται από χαλύβδινους τένοντες (strands) και βασίζονται στην ενεργητική φόρτιση της βραχόμαζας λόγω της προέντασης.

- Παθητικά αγκύρια (rock-bolts)

Η λειτουργία τους βασίζεται στη φόρτιση λόγω της παραμόρφωσης της βραχόμαζας.

Τα παθητικά αγκύρια διακρίνονται σε:

- αγκύρια συνεχούς πρόσφυσης (fully bonded)
- Πρόσφυση με τσιμεντένεμα
- Πρόσφυση με ρητινένεμα
- Αμεσης πρόσφυσης (Swellex, Split-set, κλπ)
- αγκύρια πρόσφυσης άκρου (end anchored) (συνήθως είναι διαστελλόμενης κεφαλής).

Στα αγκύρια συνεχούς πρόσφυσης ανήκουν οι εξής τύποι:

(α) Οι ηλώσεις βράχου (grouted nails).

Αποτελούνται από χαλύβδινη ράβδο (StIV,  $\Phi 20-25\text{mm}$ ) η οποία τοποθετείται εντός οπής (διαμέτρου 38-50mm) που πληρούται με ένεμα (τσιμεντένεμα ή ένεμα συνθετικής ρητίνης). Οι ηλώσεις αυτές είναι συνήθως προσωρινές, μπορούν όμως να λειτουργήσουν και ως μόνιμες με κατάλληλη προστασία από τη διάβρωση.

(β) Οι ηλώσεις χωρίς ενεμάτωση τύπου Swellex (Atlas-Corpcο) ή τύπου Split-Set (Ingersoll-Rand).

Αποτελούνται από κοίλη μεταλλική διατομή και αποκτούν συνεχή πρόσφυση με τη βραχόμαζα με εισπίεση νερού στο εσωτερικό της διατομής που προκαλεί τη διόγκωσή της. Έχουν μικρή διάρκεια ζωής (λόγω έλλειψης προστασίας από τη διάβρωση και λόγω της λεπτότοιχης διατομής). Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι ότι αναλαμβάνουν φορτία πολύ γρήγορα επειδή δεν απαιτούν την πήξη του ενέματος για την επίτευξη πρόσφυσης.



(Αγκύρια βράχου όπως φαίνονται στους κόκκινους κύκλους)

### 3. Χαλύβδινες νευρώσεις.

Λειτουργούν κυρίως ως οπλισμός του εκτοξευόμενου σκυροδέματος για την αύξηση της δυσκαμψίας και της πλαστιμότητάς του αλλά και για τη βελτίωση της δυνατότητας ανάληψης φορτίων.

Είναι των εξής τύπων :

- Τυποποιημένες διατομές, συνήθως πλατύπελμες HEB100-160.
- Δικτυωτά πλαίσια (lattice girders). Αποτελούνται από ράβδους οπλισμού και συνδετήρες με τη μορφή χωροδικτυώματος.
- Συστοιχίες χαλύβδινων ράβδων οπλισμού (π.χ. 4-6 ράβδοι Φ28 σε παράλληλη διάταξη, συνδεδεμένες με εγκάρσιους συνδετήρες)

Όπως φαίνεται στις παρακάτω φωτογραφίες..





## **ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ**

Κατά τη διάνοιξη και υποστήριξη σηράγγων συνήθως μετρούνται :

1. Μετακινήσεις : του τοιχώματος της σήραγγας, της βραχώμαζας που περιβάλλει τη σήραγγα και της επιφάνειας του εδάφους.
2. Πιέσεις : της βραχώμαζας στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, υδατικές πιέσεις στο έδαφος που περιβάλλει τη σήραγγα.
3. Δυνάμεις : εφελκυσμός στα αγκύρια, θλίψη/κάμψη στα χαλύβδινα πλαίσια.
4. Παροχή διηθήσεων : των υπογείων υδάτων

Σκοπός των μετρήσεων είναι :

- η επιβεβαίωση των παραδοχών της μελέτης

- η προσαρμογή των μέτρων υποστήριξης στις επιτόπου συνθήκες

#### **A. Μετρήσεις των μετακινήσεων**

### **ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ**

- Τοπογραφική αποτύπωση της μετακίνησης σε τρεις άξονες (3-D convergency) με οπτικούς ανακλαστήρες (reflex targets). Η ακρίβεια των μετρήσεων εξαρτάται από την απόσταση σκόπευσης, την ακρίβεια του οργάνου, τη θερμοκρασία του αέρα, την παρουσία καυσαερίων στη σήραγγα κλπ. Η συνήθης ακρίβεια είναι 2-4mm.
- Χωροσταθμική υψομετρική αποτύπωση (levelling) με Χωροβάτη. Η συνήθης ακρίβεια είναι 1-2mm.
- Μέτρηση της απόστασης μεταξύ δυο σημείων στο τοίχωμα της σήραγγας με μεταλλική μετροταινία (tape extensometer). Η συνήθης ακρίβεια είναι 0.5mm.

### **ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ**

- Εκτασιόμετρα ράβδου εντός γεωτρήσεων (multi-point rod extensometers).
- Μαγνητικά εκτασιόμετρα εντός γεωτρήσεων (magnetic probe extensometers). Πλαστικός σωλήνας με μεταλλικούς δακτυλίους σε τακτά διαστήματα. Η μέτρηση γίνεται με βολίδα η οποία με μαγνητική μέθοδο μετρά την απόσταση μεταξύ των δακτυλίων.
- Ολισθαίνοντα εκτασιόμετρα (sliding micrometer) εντός γεωτρήσεων. Πλαστικός σωλήνας με μεταλλικούς δακτυλίους (measuring marks). Η μέτρηση γίνεται με μεταλλικό στέλεχος που ολισθαίνει κατά μήκος του σωλήνα και κλειδώνει στις θέσεις των μεταλλικών δακτυλίων.
- Αποκλισιόμετρα (inclinometers) εντός γεωτρήσεων.

## **B. ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ**

- Με χωροσταθμική υψομετρική αποτύπωση (levelling) με χρήση χωροβάτη.
- Με οριζοντίως διατεταγμένα αποκλισίόμετρα (electro-levels).
- Με όργανα μέτρησης του ανοίγματος ρωγμών (crack meters) Γ. Μετρήσεις των πιέσεων.
- Οι εδαφικές πιέσεις στην επένδυση της σήραγγας μπορούν να μετρηθούν με κύτταρα πιέσεως (pressure cells).
- Οι υδατικές πιέσεις στο έδαφος γύρω από μια σήραγγα μπορούν να μετρηθούν με πιεζόμετρα: υδραυλικά (stand-pipe) , ηλεκτρικά (vibrating wire, strain gauge) ή πνευματικά (pneumatic)

## **Γ. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ**

- Φορτία εφελκόμενων ή θλιβόμενων στοιχείων (π.χ. αγκύρια, χαλύβδινα πλαίσια κλπ) μπορούν να μετρηθούν με την τοποθέτηση ηλεκτρομηκυνσιομέτρων (strain gauges) ή μετρητών φορτίου (load cells) κατά την κατασκευή των φορτιζόμενων στοιχείων.
- Η μέτρηση του φορτίου σε ένα φορτιζόμενο στοιχείο στο οποίο δεν έχει τοποθετηθεί εκ των προτέρων σύστημα μέτρησης , η συνηθέστερη μέθοδος είναι η μέθοδος της αποφόρτισης με δειγματοληψία (overcoring).

## **Δ. ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ**

Η υδροληψία από το φράγμα Αχυρών πραγματοποιείται μέσω σήραγγας μήκους 2.200 μ. που διανοίγεται στο δεξιό (ανατολικό) αντέρεισμα του ταμιευτήρα , με κατεύθυνση από δυσμών προς ανατολάς , και καταλήγει στην περιοχή των αρδευτικών περιοχών , περίπου 600μ. βορειοανατολικά του οικισμού Κομπωτής.



Η σήραγγα αποτελεί το κύριο στοιχείο των έργων υδροληψίας , καθώς είναι αυτό με τον μεγαλύτερο βαθμό δυσκολίας στην κατασκευή του , όπου και θα αναλυθεί παρακάτω όπου περιλαμβάνονται επίσης:

1. Πύργος υδροληψίας , μέσα στον ταμιευτήρα.
2. Τη σήραγγα , μέσα στην οποία τοποθετούνται δυο σωληνωτοί αγωγοί εξυπηρετήσεως των αρδευτικών περιοχών.
3. Έργο εξόδου , αποτελούμενο από θάλαμο δικλείδων και θάλαμο καταστροφής ενέργειας , από τον οποίο ξεκινούν δυο ανοιχτές διώρυγες που τροφοδοτούν αντίστοιχα τις αρδευτικές περιμοχές Κατούνας προς βορρά και Ξηρομέρου προς νότο.

Η σήραγγα έχει συνολικό μήκος 2.200 μ. από τα οποία 2,080 μ. κατασκευάζονται με υπόγεια εκσκαφή ειδικότερα με την μέθοδο NATM η οποία θα αναλυθεί εκτενεστέρα παρακάτω , και τα υπόλοιπα 120 μ. στην έξοδο και είσοδο της σήραγγας κατασκευάζονται σε ανοιχτό όρυγμα.

Η διατομή εκσκαφής της σήραγγας είναι πεταλοειδής , με πλάτος 3,50 μ. και ύψος 3,30 μ.

Η διάνοιξη προβλέπεται..

- Στα πρώτα 1.450 μ. σε σχηματισμούς του φλύσχη. Συμφωνά με την ταξινόμηση Bieniawski , το πέτρωμα κατατάσσεται στην κατηγορία III , με ενδεχόμενη παρουσία κατηγορίας II σε θέσεις που επικρατούν ψαμμίτες.
- Στα επόμενα 100 μ. περίπου στη μεταβατική ζώνη φλύσχη-ασβεστόλιθου. Ο σχηματισμός αυτός έχει καταταγεί στην κατηγορία IV κατά Bieniawski.
- Στα επόμενα 475 μ. σε ιουρασικούς ασβεστόλιθους , υγιές πέτρωμα που έχει καταταγεί στην κατηγορία II.
- Στο τελευταίο τμήμα μήκους εκτιμώμενου σε 55 μ. σε χαλαρούς σχηματισμούς από κορήματα (κατηγορία V).

- Η εκσκαφή της σήραγγας θα εκτελεσθεί με την μέθοδο NATM και εκρηκτικά όπου κριθεί απαραίτητο από τον εργολάβο λόγω του μικρού μήκους της και το είδος των πετρωμάτων της.

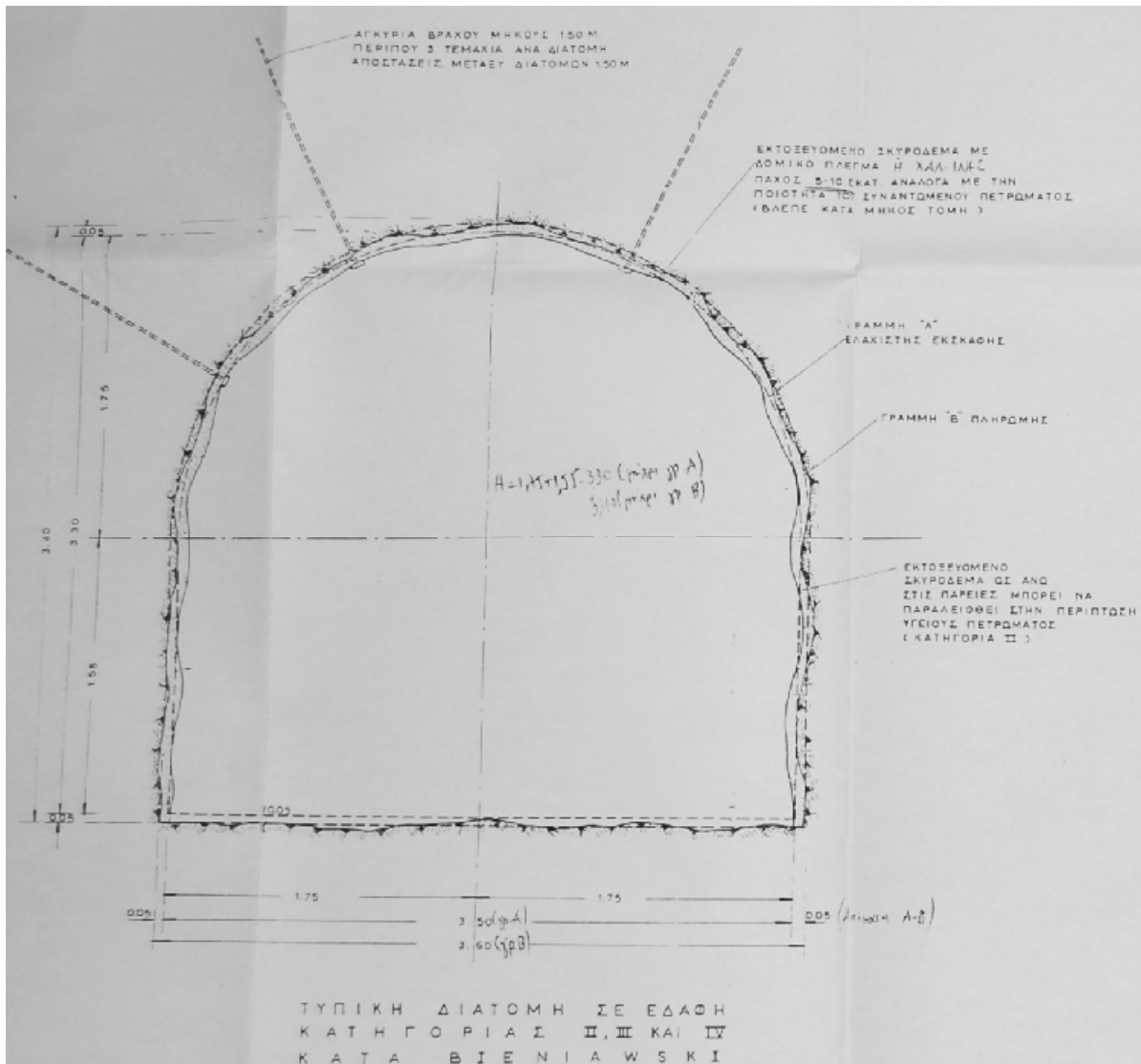
Η αντιστήριξη προβλέπεται με αγκύρια βράχου , εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και δομικό πλέγμα. Ειδικότερα στο κρίσιμο σημείο των 100 μ. μεταβατικής ζώνης φλύσχη-ασβεστόλιθου να απαιτηθεί αντιστήριξη με σιδερένια πλαίσια σε συνδυασμό με σκυρόδεμα και δομικό πλέγμα καθώς και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα λόγω του σαθρού πετρώματος.

Προβλέπεται μόνιμη επένδυση της σήραγγας από οπλισμένο σκυρόδεμα , ονομαστικού πάχους 30 εκατ. η οποία συμπληρώνεται με εκτέλεση:

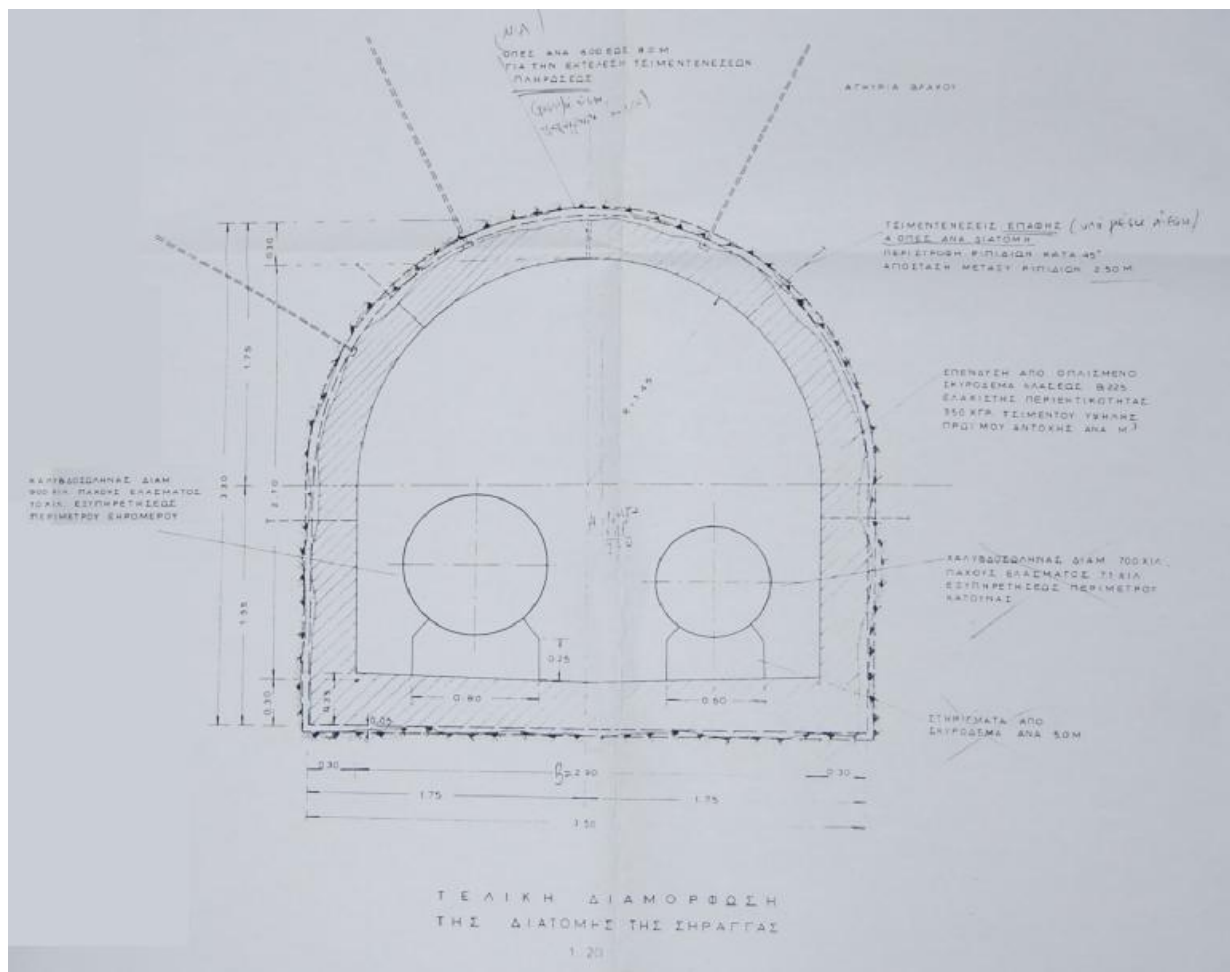
- Τσιμεντενέσεων πλήρωσεως , από χαμηλή πίεση για την πλήρωση κενών που παρέμειναν κατά τη σκυροδέτηση της επενδύσεως.
- Τσιμεντενέσεων επαφής , για την εξασφάλιση της συνεργασίας της επένδυσης με το περιβάλλον πέτρωμα.

Η τυπική διατομή της σήραγγας καθώς και οι διατομές μετά σκυροδέματος και οπλισμών φαίνονται στα παρακάτω σχήματα:

# ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΣΥΡΑΓΓΑΣ







Η υδροληψία πραγματοποιείται μέσω δυο σωληνωτών αγωγών, από πύργο χειρισμών κατασκευαζόμενο στην είσοδο της σήραγγας. Από τους αγωγούς αυτούς ο ένας, διαμέτρου 700 χιλ. εξυπηρετεί την αρδευτική περίμετρο Κατούνας, ο δεύτερος διαμέτρου 900 χιλ., εξυπηρετεί την περίμετρο Ξηρόμερου.

Η υδροληψία προβλέπεται σε τρεις στάθμες, ανάλογα με την θερμοκρασία και θολότητα του νερού και τις στάθμες του νερού στον ταμιευτήρα. Η κατώτατη στάθμη υδροληψίας είναι +350,0 μ.

Οι σωληνωτοί αγωγοί προβλέπονται από χαλυβδοσωλήνες, με εσωτερική και εξωτερική προστασία κατά της διαβρώσεως, συνδεδεμένους με ηλεκτροσυγκόλληση. Στηρίζονται σε προκατασκευασμένες βάσεις από σκυρόδεμα ανά 5,0 μ.

Οι δύο σωληνωτοί αγωγοί καταλήγουν σε θαλάμους καταστροφής ενέργειας. Η παροχή τους ελέγχεται με ρυθμιστικές βαλβίδες, τοποθετημένες σε οικίσκο, αμέσως ανάντη των θαλαμών καταστροφής της ενέργειας.

Από τους θαλάμους ξεκινάνε αντίστοιχα οι δυο διώρυγες μεταφοράς, ορθογωνικής διατομής από σκυρόδεμα. Η είσοδος κάθε διώρυγας ελέγχεται με χειροκίνητο μεταλλικό θυροφραγμα, αμέσως δε κατάντη του θυροφραγματος προβλέπεται μετρητής Venturi για την μέτρηση της χορηγούμενης παροχής.

## **ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΞΟΝΑ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ**

Στη περιοχή αυτή έχουμε την ανάπτυξη υδροφόρου ορίζοντα στις αλλουβιακές προσχώσεις όπως και ανάπτυξη υδροφόρων οριζόντων στο φλύσχη, από τους οποίους ο ορίζοντας του δεξιού πρανούς (γεώτρηση B2) συνεργάζεται με αυτόν των αλλουβιών.

Ο φλύσχης αποτελεί λιθολογικό σχηματισμό. Με τον όρο λιθολογικός, νοούνται ορισμένες αποθέσεις που αποτελούνται από διάφορα πετρώματα. Ο φλύσχης είναι ένας από τους συνηθέστερους λιθολογικούς σχηματισμούς που συναντώνται στην ύπαιθρο.

Ο φλύσχης αποτελείται από μια σειρά από εναλλαγές στρωμάτων αργίλων, ψαμμιτών, μαργών, ασβεστόλιθων και κροκαλοπαγών. Στη μία περιοχή μπορεί να παρατηρείται εναλλαγή λεπτών στρωμάτων αργίλων και ψαμμιτών ή κροκαλοπαγών κλπ. στην άλλη να υπερτερούν τα αργιλικά υλικά, στην άλλη οι ψαμμίτες με στρώσεις μεγάλου πάχους, στην άλλη οι μάργες κλπ. Δηλαδή μπορεί να αποτελείται από διάφορα (κυρίως) κλαστικά ιζήματα σε οποιαδήποτε αναλογία.

Γενικά όταν υπερτερούν σε πάχος οι στρώσεις των αργίλων όλος ο λιθολογικός σχηματισμός χαρακτηρίζεται από τις ιδιότητες των αργίλων (πλαστικότητα, υδατοστεγανότητα, συμπίεστικότητα και τάση για κατολίσθηση).

Αντίθετα όταν η σειρά αποτελείται από παχιά στρώματα ψαμμιτών χαρακτηρίζεται από ευστάθεια των κλιτύων και από υψηλή αντοχή σε φορτία.

Συνήθως τα στρώματα του φλύσχη είναι πτυχωμένα και επομένως τεκτονικά καταπονημένα (πολλαπλές ρωγμές, πολλαπλοί θρυμματισμοί κλπ.) και εγκλείουν υπολειμματικές τάσεις.

Οι αλλουβιακές προσχώσεις έχουν την τυπική ιλυοαργιλική σύσταση με τις διαστρώσεις των αμμοχάλικων, μέσα στα όποια κινείται το νερό.

Ταυτόχρονα όμως, αν συνυπολογιστεί και το ύψος του καρτεσιανισμού – περίπου 1,5 έως 2 μέτρα – η στάθμη των παραπάνω γεωτρήσεων συνεργάζεται με την στάθμη του δεξιού πρανούς, το όποιο έχει κατολισθήσει.

Το γεγονός αυτό, σε συνάρτηση με το γεγονός της παρουσίας υδροφορίας και αρτεσιανισμού μέσα στις ψαμμιτικές διαστρώσεις του φλύσχη φαίνεται από γεωτρήσεις που έγιναν στην περιοχή καθ' όλη την διάρκεια του έργου, δείχνει την ύπαρξη ενός ορίζοντα ακόμη μέσα στον φλύσχη, στην περιοχή τουλάχιστον του άξονα του φράγματος, ο όποιος συνεργάζεται με τον ορίζοντα των αλλουβίων και με τον ορίζοντα του φλύσχη στο δεξιό πρανές.

Στο όλο σύστημα αλλούβια – φλύσχης – δεξιό πρανές φαίνεται ότι έχει αποκατασταθεί υδραυλική επικοινωνία μετά την επισυμβείσα κατολίσθηση και την εξ' αυτής διάρρηξη της δομής του φλύσχη και τροφοδοσίας των ψαμμιτικών διαστρώσεων από τα πλευρικά αντερείσματα της λεκάνης.

Η τροφοδοσία αυτή πιστοποιήθηκε και από την παρακολούθηση της συμπεριφοράς της στάθμης των γεωτρήσεων, κατά τη διάτρηση του φλύσχη, όταν σε ορισμένες περιπτώσεις η πρωινή στάθμη ήταν υψηλότερη της βραδινής, παρ'ότι η γεώτρηση ήταν σωληνωμένη αρκετά παρακάτω από τον πυθμένα των αλλουβίων.

Η ύπαρξη αυτής της υδροφορίας στα ανώτερα στρώματα του φλύσχη ( ψαμμιτικές διαστρώσεις ) σε συνδυασμό με την καθετή προς τον άξονα του φράγματος διεύθυνση των στρώσεων, δημιουργεί προβληματισμό ως προς την πιθανότητα διαφυγής ποσοτήτων νερού κάτω από την έδραση του αναχώματος.

Στο αριστερό πρανές σχηματίζεται επίσης υδροφόρος ορίζοντας μέσα στον φλύσχη αλλά σε αρκετά μεγαλύτερο υψόμετρο αυτού των προσχώσεων ( περί το 346 – 348 ) με τον όποιο δεν σχετίζεται.

Ο ορίζοντας αυτός είναι επικρεμάμενος και οφείλεται στον κερματισμό έως κατακερματισμό και την κακή ποιότητα του πετρώματος μέχρι το βάθος των 24 περίπου μέτρων .

Η έκταση όμως της κατακερματισμένης ζώνης προς τα δυτικά του άξονα σε συνδυασμό με την κάθετη διεύθυνση των φλυσχικών ιζημάτων , γεννά την ανησυχία διαφυγών στα πλαγιά του άξονα .

Τα προηγούμενα δεδομένα ελήφθησαν σοβαρά υπ ‘ όψιν στον τελικό σχεδιασμό του φράγματος , όπως αναλύεται σε παρακάτω κεφάλαιο .

Δομείται από αλλουβιακά υλικά στο κεντρικό του τμήμα μεταξύ των οποίων και τα υλικά της κοίτης του χειμάρρου , από κορήματα του φλύσχη στις παρυφές αντερειαμάτων και από υγιή φλύσχη στα υψηλότερα σημεία των αντερειαμάτων αυτών.

Τα αλλουβιακα υλικά αποτελούνται από δυο κατά βάση κατηγορίες , ανάλογα με την προέλευση και τη σύσταση τους.

- Από παλιά υλικά ποταμού , χειμερινής προέλευσης ιλυοαργιλικής κυρίως συστάσεως , προϊόντων αποσαθρώσεων και μεταφοράς φλυσχών πετρωμάτων , με χαρακτηριστικό τις ενδιάμεσες στρώσεις αμμοχάλικων και κροκάλων.
- Το πάχος των υλικών αυτών , όπως έδειξαν οι γεωτρήσεις, που διανοίχτηκαν στην περιοχή αυτή του άξονα δεν υπερβαίνει τα 17 περίπου μετρά
- Από πρόσφατα υλικά της στενής κοίτης του χειμάρρου Νήσσα , που αποτελούνται κυρίως από αμμοχάλικα και μικρές κροκάλες με πάχος όχι μεγαλύτερο των 2 – 3 μέτρων.

Όλα τα παραπάνω υλικά στην περιοχή του άξονα θα εκσκαφουν.

Στις γεωτρήσεις διαπιστώθηκε , όπως αναφέρθηκε και στην δεξιά προηγούμενη παράγραφο , σαφώς πλέον η ύπαρξη κατολισθήσεως στο δεξιό πρანές του φράγματος , διότι κατά τη διάτρηση των φλυσχών ιζημάτων , τα όποια εμφανίζονται σχεδόν στην επιφάνεια και στις δυο γεωτρήσεις , διαπιστώθηκε η ύπαρξη κροκαλών κοίτης χειμάρρου πάχους 2 – 3 μέτρων σε βάθη αντίστοιχα 17,70 και 7,50 μέτρων αντίστοιχα.



Τα κορήματα καταλαμβάνουν μεγάλο τμήμα του δεξιού ( ανατολικού ) αντερείσματος.

Αποτελούνται από αποσαθρωμένα υλικά του φλύσχη με τεμάχια του μητρικού πετρώματος , ενώ εμφανίζονται αραιά κροκάλες η τεμάχια ασβεστόλιθου συναντώνται στην επιφάνεια , προερχόμενα από υψηλά ανάντη τμήματα του πρανούς , έξω από τον σχεδιασμό των έργων , όπου κυριαρχούν οι ασβεστόλιθοι του Τριαδικού , εφιππευμένοι επάνω στον φλύσχη.

Το πάχος των κορημάτων αυτών δεν ξεπερνά τα 3 – 4 μέτρα.

Ο φλύσχη αποτελεί το υπόβαθρο των αλλουβίων και των κορημάτων και είναι ο γεωλογικός σχηματισμός επάνω στον οποίο θα εδρασθεί το φράγμα.

Στο αριστερό ( δυτικό ) αντέρεισμα του άξονα , ο φλύσχη εμφανίζεται στην επιφάνεια , όπως επίσης και σε ορισμένα τμήματα του δεξιού αντερείσματος.

Τόσο στο δεξιό όσο και στο αριστερό αντέρεισμα (ύψωμα «Γουρίτσα») επικρατεί η αργιλική – ιλυολιθική φάση του φλύσχη με τοπικές διαστρώσεις ψαμμιτών.

Όπως διαγράφεται μέσα από τα δείγματα των διανοιχθέντων γεωτρήσεων τόσο στην κοίτη όσο και στα αντερείσματα του άξονα , το πέτρωμα είναι σκούρου καστανού έως φαιού χρώματος , με πολλές οικογένειες διακλάσεων που είναι ανοιχτές και πληρωμένες με άργιλο στα υψηλότερα τμήματα και κλειστές η σχεδόν κλειστές στα βαθύτερα.

Οι ψαμμιτικές διαστρώσεις είναι έντονα κερματισμένες και η εμφανής οξείδωση των επιφανειών πολλών από αυτές δείχνει την κυκλοφορία νερού στη μάζα τους.

Το γεγονός αυτό έχει αποδειχθεί και κατά την διάτρηση , όπου σε αρκετές περιπτώσεις , η συνάντηση ψαμμιτικών διαστρώσεων συνοδεύεται και από απώλειες του νερού της διατρήσεως η και φαινόμενα καρτεσιανισμού .

Ο φλύσχη του δεξιού αντερείσματος όπως έδειξαν η χαρτογράφηση και οι γεωτρήσεις , παρουσιάζει έντονο κερματισμό και μερική αποσάθρωση μέχρι το βάθος των 23 περίπου μέτρων από την επιφάνεια του εδάφους , με ενδείξεις υλικού που σε ορισμένα τμήματα έχει χάσει τη δομή του.

Η κατάσταση αυτή του πετρώματος σε συνδυασμό με την εξωτερική παρατήρηση και τα αποτελέσματα των γεωτρήσεων που προαναφέρθηκαν ολοκληρώνει την εικόνα του δεξιού πρηνούς με την κατολίσθηση που έχει συμβεί σ ' αυτό το επίπεδο που διέρχεται πάνω από την παλιά κοίτη του χείμαρρου Νήσσα , σύμφωνα με τη γεωλογική τομή κατά μήκος του φράγματος , η οποία συνοδεύει την έκθεση.

Η κατολίσθηση αυτή χαρακτηρίζεται σαν παλιά , λόγω της καλής ανασυγκόλλησης και πλήρωσης των υλικών του φλύσχη στα περισσότερα από τα τμήματα στα όποια έχει χάσει τη δομή του.

Ανακεφαλαιώνοντας ολόκληρη την εικόνα της κατολίσθησεως του δεξιού πρηνούς κοντά στον άξονα του φράγματος , μπορούν να πλεχθούν τα εξής :

Η ίππευση των ασβεστόλιθων επί του δεξιού αντερείσματος του φλύσχη λόγω εφαπτομένου ρήγματος με διεύθυνση που θεωρείται η παλαιότερη και η βασική που κυριαρχεί στην περιοχή και στην όποια οφείλεται και η δημιουργία της κοίτης του χείμαρρου Νήσσα , προκάλεσε ισχυρές διαταραχές στο πέτρωμα ( φλύσχη ) κατά τη φορά A -> Δ , τοπική χαλάρωση της δομής του με άνοιγμα των διακλάσεων και διευκόλυνση της κατίσχυσης του νερού εν μέρει καθώς και δημιουργία επιφανειών ολισθήσεων ( slicken sides ) .

Η επενέργεια νεώτερων , κάθετων στα πρώτα , ρηγμάτων αποτέλειωσε την δράση των πρώτων με αποτέλεσμα την τοπική προξένηση ολισθήσεων σε προδιατεταγμένες επιφάνειες , μια από τις οποίες είναι και η μελετώμενη .

Η δημιουργία επιφανειών ολισθήσεων κάθετου στην πρώτη του φλύσχη , οφείλεται βασικά στην δράση του εφαπτομένου ρήγματος , που εφήρμοσε και την μεγαλύτερη τάση στο πέτρωμα του φλύσχη.

Στο αριστερό ( δυτικό ) πρηνές του άξονα του φράγματος ο φλύσχη εμφανίζεται στην επιφάνεια , αν εξαιρεθεί το μικρού πάχους τμήμα του εξωτερικού του αποσαθρωμένου μανδύα .

Τόσο η εξωτερική του μορφή όσο και τα αποτελέσματα των γεωτρήσεων δείχνουν ένα πέτρωμα έντονα κερματισμένο και μερικά αποσαθρωμένο μέχρι το βάθος των 23 και 17 περίπου μέτρων αντίστοιχα από την επιφάνεια του εδάφους .

Επικρατεί και εδώ η αργιλική – ιλυολιθική σύσταση με ψαμμιτικές διαστρώσεις.

Η διεύθυνση των στρώσεων είναι – όπως προαναφέρθηκε – και εδώ Β – Ν περίπου και η βύθιση προς τα ανατολικά με 35 – 70 °.

Ο κερματισμός του πρανούς αυτού και η αποσάθρωση, ελέγχονται από ένα χιαστί ρήγμα που εκδηλώνεται στην ανατολική πλευρά του υψώματος του αριστερού αντερείσματος ( ύψωμα “ Γουρίτσα ” ).

Στο υπόλοιπο τμήμα του υψώματος, η ποιότητα του πετρώματος είναι πολύ καλή και αποτελεί ένα πρώτης τάξης “ αντιστήριγμα ” .

## **ΣΗΡΑΓΓΑ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ**

### **Μορφολογικές - γεωλογικές - υδρογεωλογικές συνθήκες**

Η σήραγγα υδροληψίας, μήκους 2 περίπου χιλιομέτρων, ξεκινά από την νοτιοανατολική πλευρά της λεκάνης κατακλύσεως και διέρχεται από επίμηκες αντέρεισμα που σχηματίζει η προς βορρά απόληξη της λοφοσειράς Κάστρου – Κάμπιας .

Το αντέρεισμα αυτό, που τέμνεται εγκάρσια από τον άξονα της σήραγγας, έχει σχετικά ήπια μορφολογία, ιδιαίτερα το προς το δυτικά πρανές, ενώ το προς τα ανατολικά ( έξοδος ) είναι πλέον απότομο .

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που δομούν το αντέρεισμα της σήραγγα είναι ιζήματα του φλύσχη, ασβεστόλιθοι του Ιουρασικού και κορηματα των δυο αυτών ενοτήτων .

Ο φλύσχος αποτελείται από συχνές εναλλαγές αργιλικών σχιστόλιθων, ψαμμιτών και μάργων με σαφή επικράτηση των σχιστόλιθων, όπως έδειξε η ερευνητική γεώτρηση Σ<sub>1</sub>, βάθους 110 μέτρων που διανοίχτηκε σε απόσταση 500 περίπου μέτρων από την είσοδο της .

Οι κλίσεις των στρώσεων του φλύσχη είναι ομοιόμορφες της τάξης των 30° προς τα ανατολικά .

Ο φλύσχης – σύμφωνα με τη σχετική γεωλογική τομή προβλέψεως – θα διατηρηθεί μέχρι τα 1600 περίπου μέτρα της διαδρομής .

Στα υπόλοιπα μέτρα , προς την έξοδο της σήραγγας , συναντώνται οι Ιουρασικοί ασβεστόλιθοι , γκρίζοι , συμπαγείς , μεσοστρωματώδεις έως άστρωτοι , υποκρυσταλλικοί .

Οι ασβεστόλιθοι αυτοί , που έχουν επιπέυσει τον φλύσχη , έχουν παρόμοιες με αυτούς κλίσεις έτσι ώστε η όλη δομή να αποτελεί ένα μονόκλινο .

Οι παλαιότεροι ασβεστόλιθοι του Τριαδικού , που αποτελούν το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής της σήραγγας , δεν φαίνεται ότι θα συναντηθούν κατά τη διάνοιξη της .

Επιφανειακά συναντώνται μικρού σχετικά πάχους κορηματα του φλύσχη στα δυτικά , ανακατεμένα με υλικά του μικρού πάχους αποσαθρωμένα του μανδύα ενώ προς την έξοδο της σήραγγας συναντάται ένας όγκος ασβεστόλιθων κορημάτων πάχους 15 μέτρων περίπου μέτρων , με πολύ αργιλικό υλικό , μέτρια γενικά συγκολλημένων , όπως έδειξε η ερευνητική γεώτρηση Σ2 που έγινε ακριβώς στην έξοδο της σήραγγας .

Από υδρογεωλογικής πλευράς ο φλύσχης θεωρείται γενικά στεγανός σχηματισμός ενώ οι ασβεστόλιθοι διαπερατοί.

Στα παραρτήματα που ακολουθούν παρατίθενται προβλήματα και αναλύονται τα αποτελέσματα των συγκλίσεων από τις μετρήσεις των ακίδων εντός της σήραγγας και παρουσιάζονται σε διαγράμματα συγκλίσεων , διαγράμματα κατά μήκους μετακινήσεων και μεταβολής διανυσμάτων.

Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα κατακόρυφων και οριζόντιων μετακινήσεων που παρατίθενται στο παράρτημα, οι μετακινήσεις αυτές είναι πολύ μικρού μεγέθους , κάτω από τα κρίσιμα όρια. Έτσι δεν υπάρχει πρόβλημα ώστε να ληφθούν επί πλέον μέτρα για την επιπλέον υποστήριξη της σήραγγας.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Καββαδάς, Μ. (2005) Σχεδιασμός Υπόγειων Έργων. Έκδοση Ε.Μ.Πολυτεχνείου.

Γκόφας Θ. και συνεργάτες σύμβουλοι μηχανικοί, Έργα Υδατικής Αναπτύξεως Α.Ε (1995) «Οριστική μελέτη φράγματος Αχυρών Ν. Αιτωλοακαρνανίας» .Αθήνα

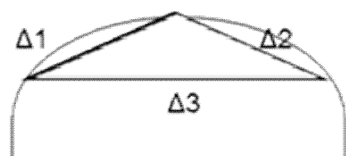
Γκόφας Θ. και συνεργάτες σύμβουλοι μηχανικοί, Έργα Υδατικής Αναπτύξεως Α.Ε (1995) «Γεωλογική μελέτη φράγματος Αχυρών Ν. Αιτωλοακαρνανίας». Αθήνα

Γκόφας Θ. και συνεργάτες σύμβουλοι μηχανικοί, Έργα Υδατικής Αναπτύξεως Α.Ε (1995) «Συνοπτική έκθεση φράγματος Αχυρών Ν. Αιτωλοακαρνανίας» .Αθήνα

Λακαφώσης Κ. (2006) «Τεχνική περιγραφή φράγματος Αχυρών και συναφών έργων στο Ν. Αιτωλοακαρνανίας» Ε.Υ.Δ.Ε / Ο.Σ.Υ.Ε . Αθήνα.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

**ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΛΙΣΕΙΣ**  
**ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΚΙΔΕΣ**



**ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΙ ΑΚΙΔΕΣ** (Δ1,Δ2,Δ3 αποστάσεις μεταξύ τους)

ΑΚΙΔΑ No. 2 (47) (Σημείο αριστερά της εκσκαφής)				
X	Y	ΧΘ	Dcl	H
7941.393	1502.811	1101.475	1.604	350.071
7941.39	1502.809	1101.475	1.602	350.071
7941.39	1502.808	1101.475	1.601	350.071
7941.389	1502.807	1101.475	1.601	350.071
7941.388	1502.807	1101.475	1.6	350.07
7941.388	1502.807	1101.475	1.6	350.07

ΑΚΙΔΑ No. 3 (48) (Άξονας)				
X	Y	ΧΘ	Dcl	H
7941.295	1501.209	1101.475	0.003	351.241
7941.295	1501.209	1101.475	0.003	351.241
7941.296	1501.209	1101.475	0.003	351.241
7941.295	1501.209	1101.475	0.003	351.241
7941.295	1501.209	1101.475	0.003	351.241
7941.295	1501.209	1101.475	0.003	351.241

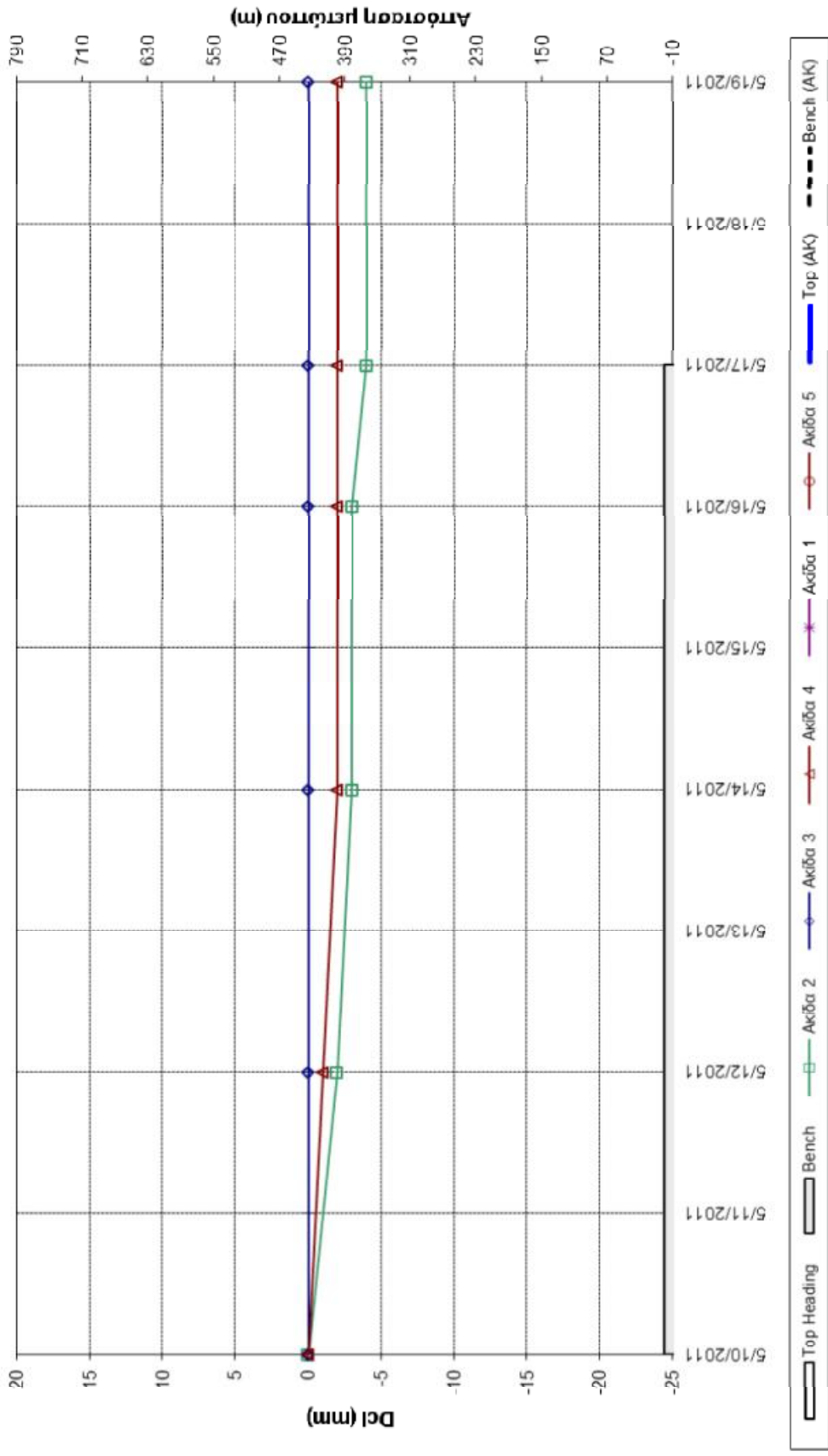
ΑΚΙΔΑ No. 4 (49) (Σημείο δεξιά της εκσκαφής)				
X	Y	ΧΘ	Dcl	H
7941.26	1499.5	1101.475	1.712	349.96
7941.259	1499.498	1101.475	1.711	349.96
7941.258	1499.497	1101.475	1.71	349.96
7941.258	1499.479	1101.475	1.71	349.96
7941.258	1499.479	1101.475	1.71	349.959
7941.258	1499.479	1101.475	1.71	349.959

## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΓΚΛΙΣΕΩΝ

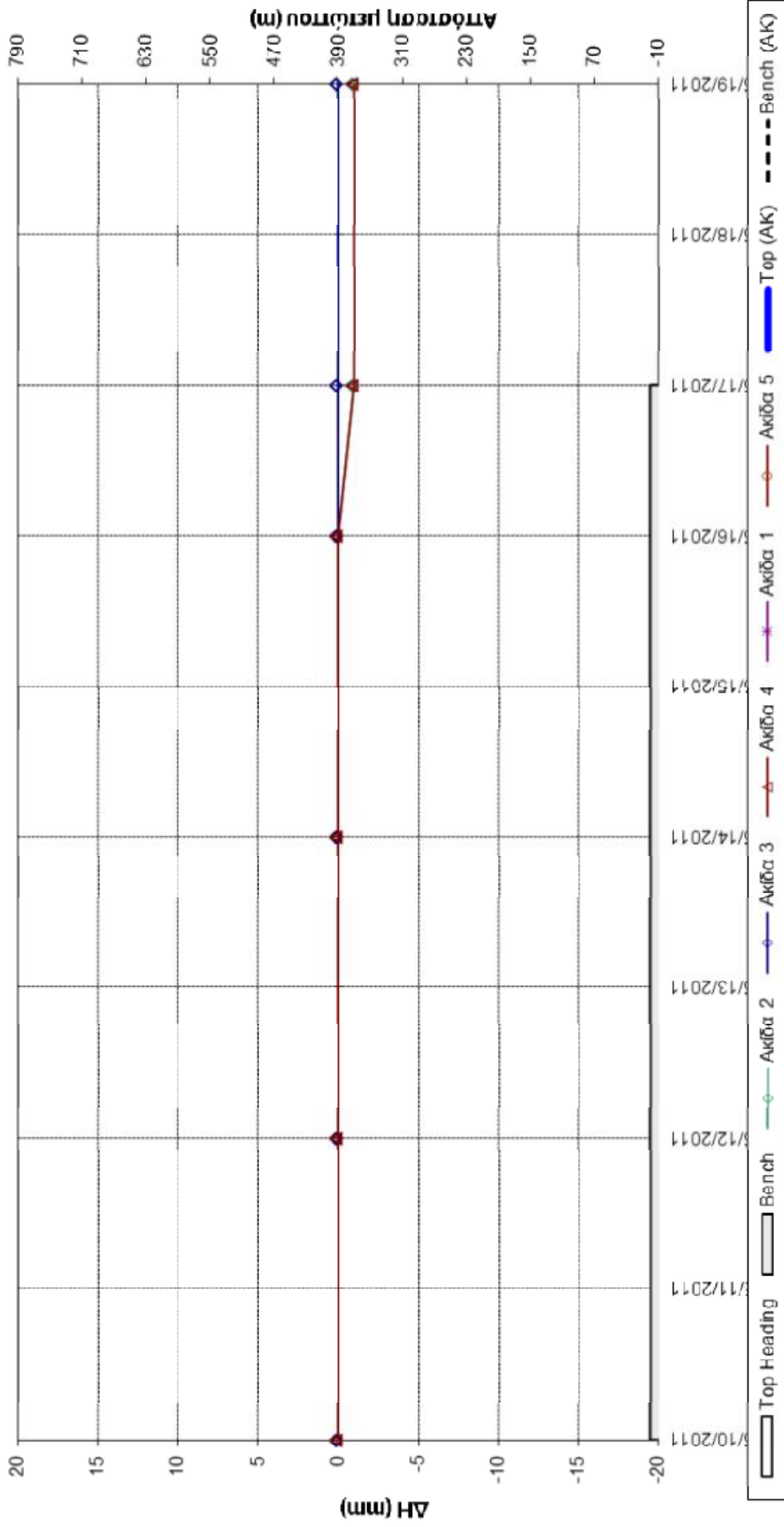




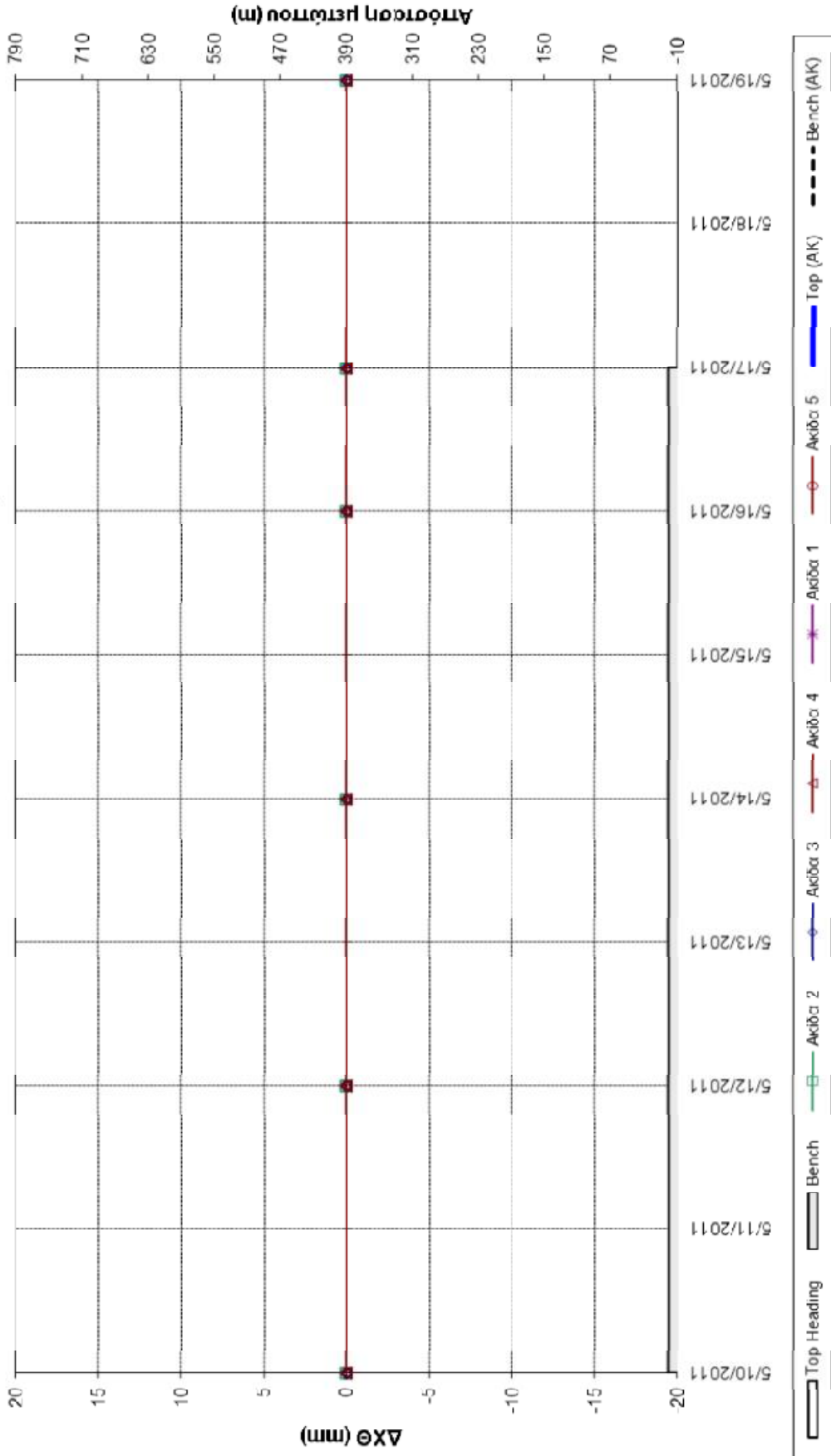
**ΣΗΡΑΓΓΑ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ (Χ.Θ.=1+101.475)  
ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ ( Dcl )**



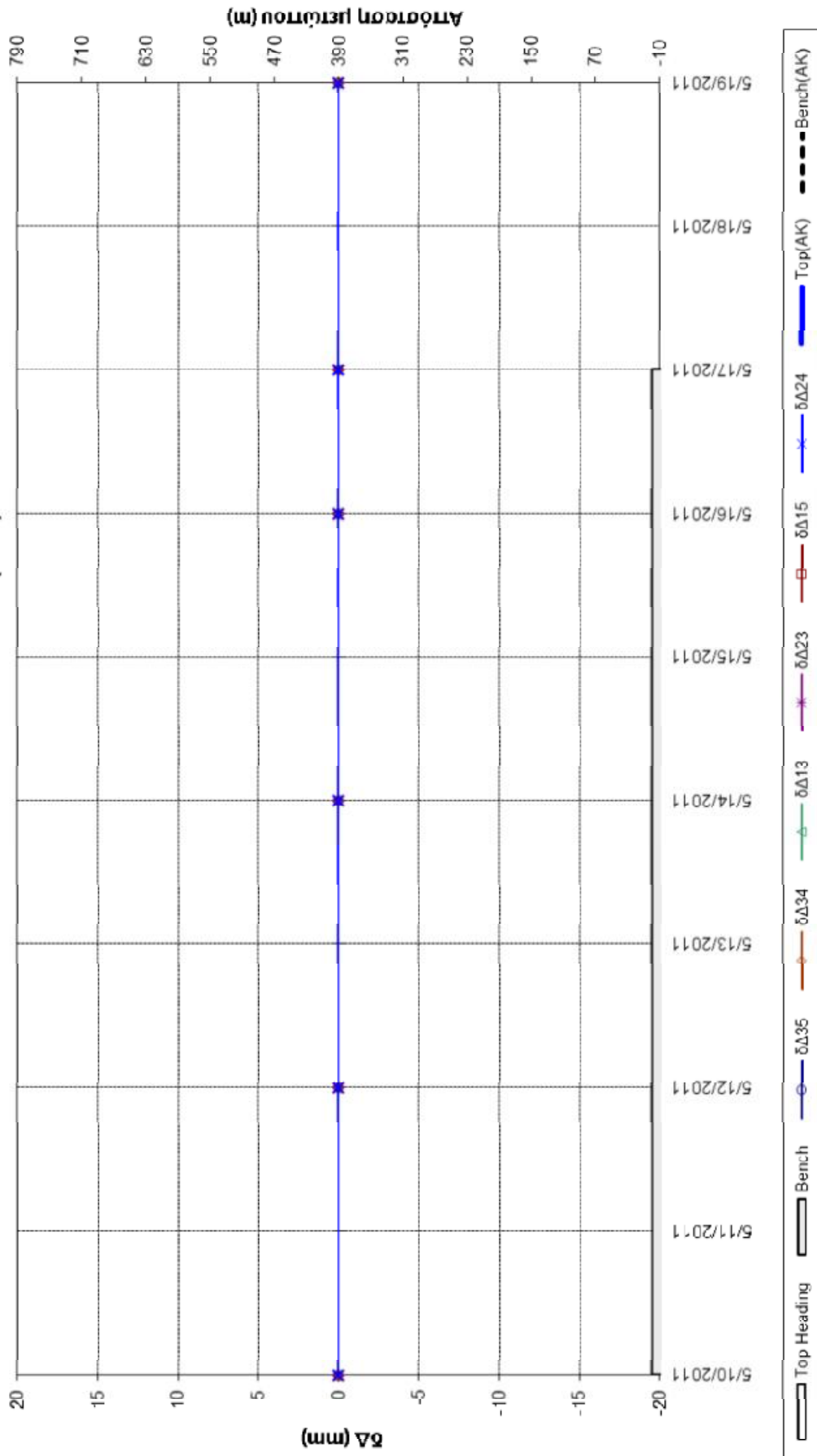
**ΣΗΡΑΓΓΑ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ (Χ.Θ. 1+101.475)  
ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ ( ΔΗ )**



**ΣΗΡΑΓΓΑ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ (Χ.Θ.≈1+101.475)  
ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ ( ΔΧΘ )**



**ΣΗΡΑΓΓΑ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ (Χ.Θ.=1+101.475)  
ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΩΝ ( δΔ )**



**ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ**

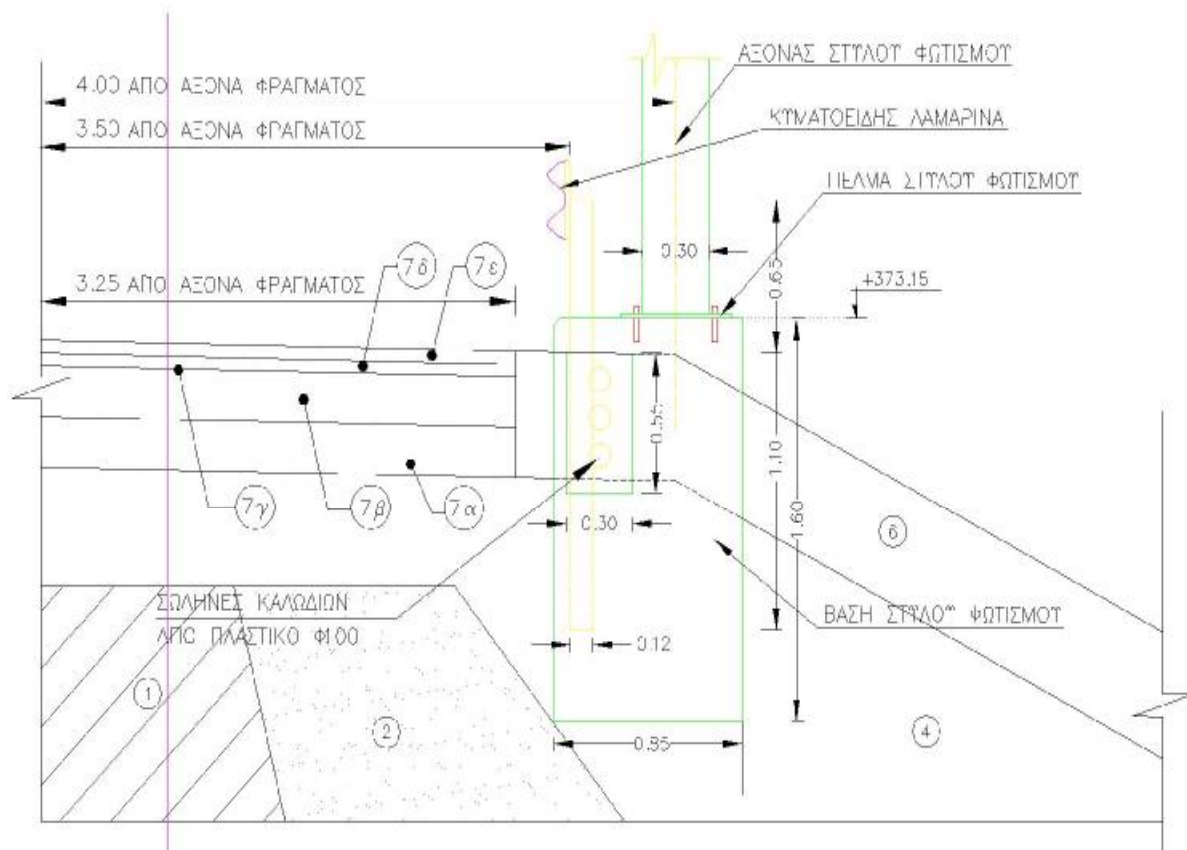




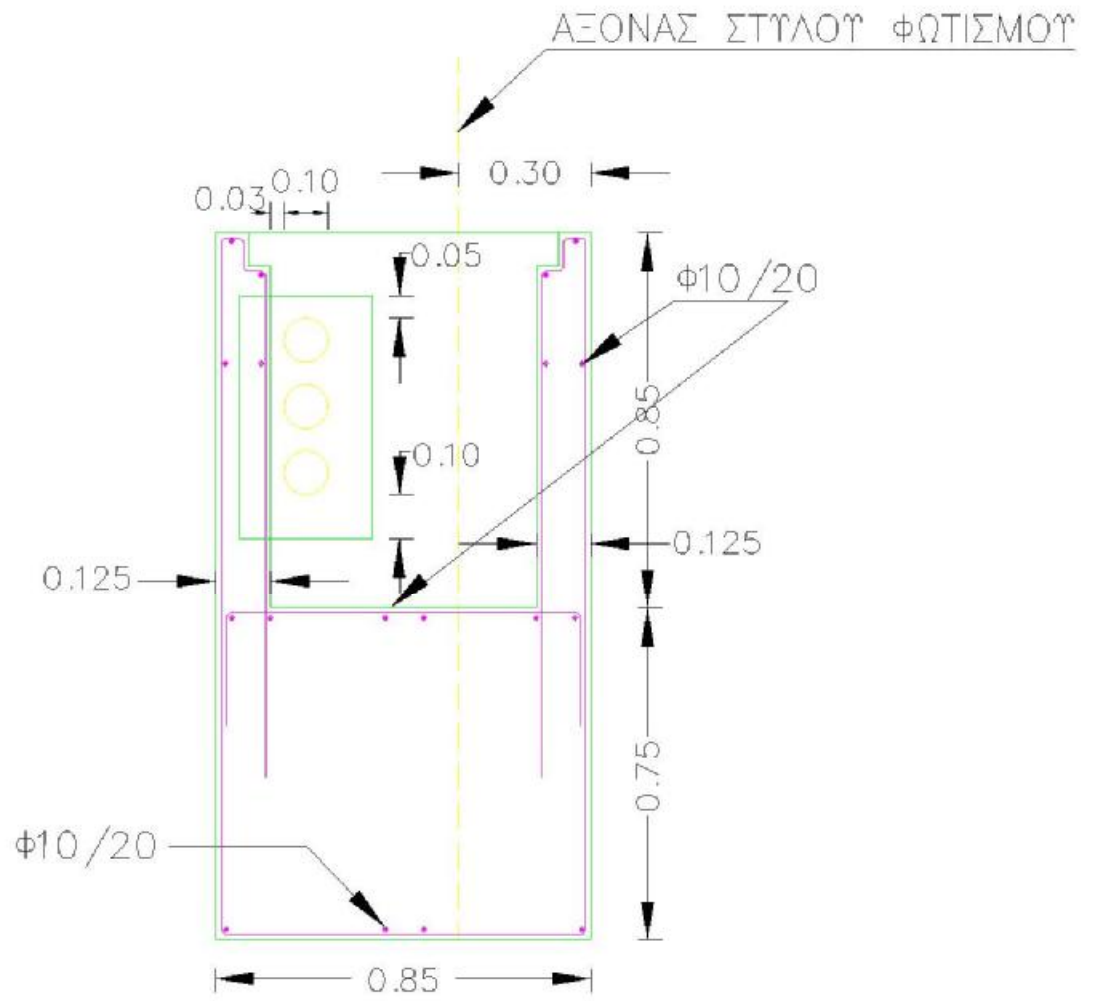




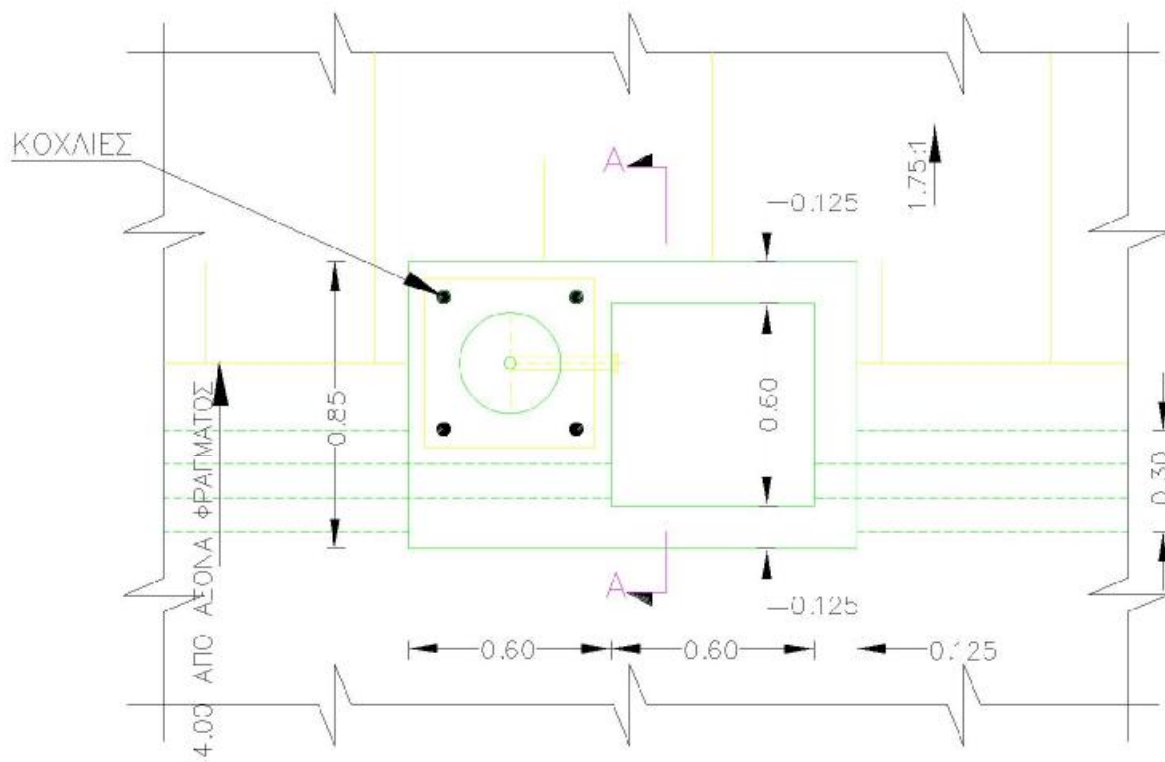




ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ Α  
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:25



ΤΟΜΗ Α-Α  
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:25



ΚΑΤΟΨΗ ΕΔΡΑΣΗΣ ΣΤΥΛΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ  
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:25

## ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΖΩΝΩΝ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΖΩΝΗΣ	ΖΩΝΗ	ΠΑΧΟΣ ΖΩΝΗΣ (cm)	ΤΥΛΙΚΟ	ΓΛΥΧΟΣ ΕΚΛΣΤΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ ΜΕΤΑ ΤΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ (cm)
7α	ΥΠΟΒΑΣΗ	20	ΘΡΑΤΣΤΟ ΤΥΛΙΚΟ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥΤ	10
7β	ΒΑΣΗ	20	ΘΡΑΤΣΤΟ ΤΥΛΙΚΟ ΛΑΙΤΟΜΕΙΟΥΤ	10
7γ	ΑΣΦΑΛΤΙΚΗ ΠΡΟΞΕΠΛΩΜΕΝΗ ΒΑΣΗΣ	-	ΧΑΜΗΛΟΤ ΙΣΩΔΟΥΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΟ ΤΥΛΙΚΟ	-
7δ	ΑΣΦΑΛΤΙΚΗ ΣΤΡΩΣΗ ΒΑΣΙΣ	5	ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑ	5
7ε	ΑΣΦΑΛΤΙΚΗ ΣΤΡΩΣΗ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ	5	ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑ	5

## ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΖΩΝΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

ΖΩΝΗ	ΤΥΠΟ	ΠΡΟΦΑΓΨΗ	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗΣ		ΠΑΧΟΣ ΣΤΡΩΣΗΣ ΜΕΤΑ ΤΗ ΣΤΥΠΤΙΚΝΩΣΗ (m)	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ Η΄ ΔΑΒΡΟΧΗΣ	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΥΜΠΤΙΚΝΩΣΗΣ	
			ΜΕΓ. ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΕΜΑΧΙΟΥ (m)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ (%) (Κοσκ. Νο 200)			ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΑΡ. ΔΙΕΛΕΥΣΕΩΝ
①	ΑΔΙΑΠΕΡΑΤΟ ΤΥΠΟ	ΔΑΦΝΙΟΦΑΛΛΟΙ ΑΔΙΑΠΕΡΑΤΟΙ ΤΥΠΟΙ	0.10	> 30%	0.15	ΒΕΛΤΙΣΤΗ	ΚΑΤΙΚΟΠΟΔΑΡΟ Η΄ ΚΟΠΑΝΟΦΟΡΟΣ ΚΤΑΝΔΡΟΣΤΜΓΓΚΝΩΣΗΣ	12 ΕΛΑΧΙΣΤΟ
②	ΦΙΛΤΡΟ	ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΟ ΤΥΠΟ	0.019	< 5%	0.45	ΕΛΑΦΡΑ ΤΥΡΟ	ΔΟΝΗΤΙΚΟΣ ΚΤΑΝΔΡΟΣΤΜΓΓΚΝΩΣΗΣ	2 η΄ 4
③	ΣΤΡΩΓΓΙΣΤΗΡΙΟ	ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΟ ΤΥΠΟ	0.10	0%	0.30	ΕΛΑΦΡΑ ΤΥΡΟ	ΔΟΝΗΤΙΚΟΣ ΚΤΑΝΔΡΟΣΤΜΓΓΚΝΩΣΗΣ	4
④	ΚΕΛΤΗ	ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΑ ΠΟΤΑΜΩΤ	0.45	< 10%	0.50	ΕΛΑΦΡΑ ΤΥΡΟ	ΔΟΝΗΤΙΚΟΣ ΚΤΑΝΔΡΟΣΤΜΓΓΚΝΩΣΗΣ	4 ΕΛΑΧΙΣΤΟ
⑤	ΛΙΘΟΡΡΙΠΗ ΤΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΝΑΝΤΗ ΓΡΑΝΩΤΣ	ΛΑΤΩΜΕΟ	0.40	0%	-	-	-	-
⑥	ΛΙΘΟΡΡΙΠΗ ΤΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑΝΤΗ ΠΡΑΝΣΤΣ	ΛΑΤΩΜΕΟ	0.20	0%	-	-	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ	-
⑦	ΖΩΝΗΣ ΟΔΟΠΟΙΑΣ	ΟΛ. ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΖΩΝΩΝ ΟΔΟΠΟΙΑΣ	-	-	-	-	ΟΔΟΠΟΙΑΣ	ΩΣ ΑΓΑΓΕΙΤΑΙ
⑧	ΖΩΝΗ ΓΡΟΦΟΡΑΜΑΤΟΣ	ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΑ ΠΟΤΑΜΩΤ	0.45	> 10%	0.50	ΕΛΑΦΡΑ ΤΥΡΟ	ΔΟΝΗΤΙΚΟΣ ΚΤΑΝΔΡΟΣΤΜΓΓΚΝΩΣΗΣ	4

