

---

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.



---

**ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ**

**ΠΕΤΕΠ 12-02-01-02**

- 
- 12 Σηράγγες
  - 02 Χωματουργικά Σηράγγων
  - 01 Διάνοιξη Σηράγγων
  - 02 Διάνοιξη Σηράγγων με Μηχανικά Μέσα Ολομέτωπης ή Σημειακής Κοπής**

Έκδοση 1.0 - Μάιος 2006

Το έργο της σύνταξης των ΠΕΤΕΠ υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του "Προγράμματος Δράσεων για τον εκσυγχρονισμό της παραγωγής των Δημοσίων Έργων" (Action Plan του ΥΠΕΧΩΔΕ), υπό την εποπτεία και καθοδήγηση της 2ης Ομάδας Διοίκησης Έργου (2η ΟΔΕ).

### **Πίνακας μεταβολών, αναθεωρήσεων, ενημερώσεων, συμπληρώσεων**

<i>Περιγραφή</i>	<i>Ημερομηνία</i>	<i>Παρατηρήσεις</i>
Πρώτη έκδοση	05/2006	Κείμενο 2 <sup>ης</sup> ΟΔΕ/ΙΟΚ, όπως διαμορφώθηκε μετά από παρατηρήσεις Επιτροπής στελεχών του Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ

Η εκάστοτε τελευταία έκδοση, αντικαθιστά όλες τις προηγούμενες, οι οποίες πρέπει να καταστρέφονται.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ .....</b>	<b>1</b>
1.1. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ ΚΟΠΗΣ Ή ΑΛΕΣΗΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΠΑΡΕΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΩΠΟΥ ΕΚΣΚΑΦΗΣ .....	1
1.1.1. Μηχανές που δεν προσφέρουν αρχική υποστήριξη .....	1
1.1.1.1. Μηχανές διάνοιξης με διάταξη επί βραχίονα .....	2
1.1.1.2. TBM Κύριας Κεντρικής Δοκού .....	3
1.1.1.3. Μηχανές διεύρυνσης σήραγγας.....	3
1.1.2. Μηχανές που προσφέρουν αρχική περιμετρική υποστήριξη (ασπίδες).....	3
1.1.2.1. Μηχανές (TBM) ανοικτού τύπου με ασπίδα και σιαγώνες.....	3
1.1.2.2. Μηχανές (TBM) ανοικτού τύπου τμηματικής ασπίδας.....	3
1.1.2.3. Μηχανές (TBM) ανοικτού τύπου διπλής ασπίδας .....	3
1.1.3. Μηχανές (TBM) με υποστήριξη της περιμέτρου και του μετώπου εκσκαφής.....	3
1.1.3.1. Μηχανές (TBM) με μηχανική υποστήριξη.....	4
1.1.3.2. Μηχανές (TBM) με πεπιεσμένο αέρα .....	4
1.1.3.3. Μηχανές (TBM) με αιώρημα (slurry).....	4
1.1.3.4. Μηχανές (TBM) εδαφικής εξισορροπιστικής πίεσης (EPBM).....	4
1.1.3.5. Μηχανές (TBM) μικτού τύπου λειτουργίας .....	4
1.2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΗΧΑΝΗΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ.....	4
1.3. ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΕΣ .....	5
1.4. ΠΑΡΕΚΚΛΙΣΗ ΓΙΑ ΚΑΙΝΟΤΟΜΟΥΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ.....	6
<b>2. ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΧΗ ΤΟΥΣ .....</b>	<b>6</b>
2.1. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΥΛΙΚΩΝ.....	6
2.1.1. Ρυθμιστές εδάφους (soil conditioners).....	6
2.1.1.1. Υλικά Αιωρήματος .....	6
2.1.1.2. Υλικά για μηχανές με εδαφική εξισορροπιστική πίεση (EPB).....	7
2.1.2. Στεγανωτικές διατάξεις ουράς.....	10
<b>3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ .....</b>	<b>10</b>
3.1. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ .....	10
3.1.1. Γενικά.....	10
3.1.2. Απαιτήσεις σχεδιασμού για μηχανές ολομέτωπης κοπής χωρίς αρχική υποστήριξη .....	12
3.1.3. Απαιτήσεις σχεδιασμού για μηχανές ολομέτωπης κοπής με αρχική περιφερειακή υποστήριξη .....	13
3.1.4. Απαιτήσεις σχεδιασμού για μηχανές ολομέτωπης κοπής με αρχική περιφερειακή υποστήριξη και υποστήριξη μετώπου.....	13
3.1.5. Όλες οι μηχανές κλειστού τύπου θα είναι εφοδιασμένες με αεροφυλάκιο (air-lock) δύο θαλάμων, για να επιτρέπουν την πρόσβαση των εργαζομένων στην κοπτική κεφαλή και στο μέτωπο εκσκαφής της σήραγγας.Αποκομιδή προϊόντων εκσκαφής.....	15
3.1.6. Απαιτήσεις κυκλοφορίας σιδηροδρομικών συρμών στις υπόγειες εργασίες.....	16

3.1.7.	Καύσεις και ηλεκτροσυγκολλήσεις .....	17
3.1.8.	Αντλήσεις .....	17
3.1.9.	Ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις και εξοπλισμός.....	17
3.1.10.	Λοιπές απαιτήσεις μηχανών διάνοιξης σήραγγων.....	17
3.1.11.	Σύστημα διεύθυνσης – πλοήγησης.....	18
3.2.	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ .....	19
3.2.1.	Εργασίες εκσκαφής σήραγγας με χρήση πεπιεσμένου αέρα.....	21
3.3.	ΤΗΡΟΥΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ .....	22
<b>4.</b>	<b>ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΠΕΡΑΙΩΜΕΝΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ.....</b>	<b>23</b>
<b>5.</b>	<b>ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΥΓΙΕΙΝΗΣ - ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.....</b>	<b>24</b>
5.1.	ΠΙΘΑΝΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ..	24
5.2.	ΜΕΤΡΑ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ.....	25
5.2.1.	Αντιμετώπιση αερίων .....	27
5.2.2.	Ετοιμότητα μηχανημάτων και επάρκεια επί τόπου υλικών.....	29
5.2.3.	Μέτρα αντιμετώπισης διακριτών κινδύνων.....	29
5.3.	ΠΙΘΑΝΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ .....	30
5.3.1.	Καθιζήσεις.....	30
5.3.2.	Επηρεασμός του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα .....	30
5.3.3.	Επηρεασμός από χρησιμοποιούμενα υλικά.....	30
5.4.	ΜΕΤΡΑ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ .....	31
5.4.1.	Μέτρα μείωσης των καθιζήσεων.....	31
5.4.2.	Μέτρα μείωσης του επηρεασμού του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα .....	32
5.4.3.	Μέτρα μείωσης του επηρεασμού του περιβάλλοντος από χρησιμοποιούμενα υλικά.....	32
<b>6.</b>	<b>ΤΡΟΠΟΣ ΕΠΙΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....</b>	<b>32</b>

## 1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Οι εργασίες που προδιαγράφονται στην παρούσα ΠΕΤΕΠ αφορούν στην διάνοιξη σηράγγων με τεχνικές στις οποίες η εκσκαφή εκτελείται με μηχανικά μέσα, όπως κυκλικούς δίσκους, δόντια ή ελάσματα. Δεν περιλαμβάνονται στο πεδίο που εφαρμόζεται η παρούσα οι τεχνικές εκσκαφής με διατρήματα και ανατινάξεις ή με μηχανικούς εκσκαφείς υπογείων ή με χρήση υδραυλικής ή άλλης σφύρας κι επίσης όλες οι εφαρμογές μηχανικής διάνοιξης φρεάτων.

Στην κατασκευή της πλήρους διάνοιξης σηράγγων με μηχανικά μέσα ολομέτωπης ή σημειακής κοπής περιλαμβάνονται η διάθεση (προσκόμιση, χρήση, αποκόμιση) των κατάλληλων μηχανημάτων κοπής κάθε είδους απαιτούμενου εξοπλισμού με τις σταλίες τους, η διάθεση του κατάλληλου εργατικού και τεχνικού ανθρώπινου δυναμικού, η προμήθεια επί τόπου του έργου όλων των υλικών (ρυθμιστές εδάφους, στεγανωτικά μίγματα σφράγισης κλπ), η έντεχνη εκτέλεση όλων των διαδικασιών και λειτουργιών που απαιτούνται για την εκσκαφή σε όλα τα είδη και ποιότητες των γεωυλικών, την αποκομιδή των προϊόντων εκσκαφών και την αποκατάσταση κάθε προσωρινής κατασκευής, καθώς και οι κάθε είδους έλεγχοι-μετρήσεις-δοκιμές, σύμφωνα με τις ΠΕΤΕΠ και τη Μελέτη.

Οι εργασίες κατασκευής των έργων υποστύλωσης, στήριξης ή ενίσχυσης καλύπτονται από άλλες ΠΕΤΕΠ, αλλά στην θεώρηση αυτής της προδιαγραφής περιλαμβάνονται και όλες οι έμμεσες επιπτώσεις (π.χ. καθυστερήσεις για την πραγματοποίηση απαραίτητων υποστηρίξεων) ή προϋποθέσεις (π.χ. αντλήσεις) για την έντεχνη και ασφαλή ολοκλήρωση της εκσκαφής. Στην κατηγορία αυτών των εκσκαφών δεν περιλαμβάνονται εκσκαφές που γίνονται αποκλειστικά με μηχανήματα κοπής του πετρώματος (ολομέτωπης ή σημειακής κοπής), οι οποίες καλύπτονται από άλλη ΠΕΤΕΠ.

### 1.1. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ ΚΟΠΗΣ Ή ΑΛΕΣΗΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΠΑΡΕΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΩΠΟΥ ΕΚΣΚΑΦΗΣ

Η ταξινόμηση που υιοθετείται στην παρούσα προδιαγραφή παρουσιάζεται στον Πίνακα 1. Η διάκριση των μηχανών σε ομάδες γίνεται αναλόγως της παρεχόμενης αρχικής υποστήριξης των, η οποία μπορεί:

- να μην υφίσταται,
- να υφίσταται μόνο στην περιφέρεια της εκσκαπόμενης διατομής,
- να υφίσταται στην περιφέρεια της διατομής και το μέτωπο εκσκαφής.

Η ταξινόμηση δίνει περαιτέρω λεπτομέρειες των διαφόρων τεχνικών με διάκριση κατηγοριών και τύπων.

#### 1.1.1. Μηχανές που δεν προσφέρουν αρχική υποστήριξη

Το πεδίο εφαρμογής τέτοιων μηχανών είναι σήραγγες σε γεωυλικά που δεν απαιτούν άμεση και συνεχή υποστήριξη.

### 1.1.1.1. Μηχανές διάνοιξης με διάταξη επί βραχίονα

Πρόκειται για μηχανές με έναν (ή περισσότερους) επιλεκτικό βραχίονα, επί του οποίου προσαρμόζεται ειδική κεφαλή με κατάλληλο εκσκαπτικό εργαλείο. Η εργασία της εκσκαφής γίνεται με μία σειρά διελεύσεων της κεφαλής, που καλύπτουν όλη την διατομή του μετώπου της σήραγγας αναλόγως σχήματος και θέσης. Χρησιμοποιούνται τα εξής εκσκαπτικά εργαλεία:

- Κλασσικό μηχανικό εκσκαφέα, ρίπερ ή υδραυλική σφύρα.
- Μηχανές σημειακής προσβολής (Roadheader) με διαμήκη κοπτική κεφαλή.
- Μηχανές σημειακής προσβολής (Roadheader) με εγκάρσια κοπτική κεφαλή.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ

ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ	ΟΜΑΔΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΤΥΠΟΣ
ΧΩΡΙΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ	ΜΗΧΑΝΕΣ ΜΕ ΒΡΑΧΙΟΝΑ	ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ ROADHEADER	
	ΤΒΜ ΚΥΡΙΑΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΔΟΚΟΥ	ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΕΚΣΚΑΦΕΙΣ	
	ΜΗΧΑΝΕΣ ΔΙΕΥΡΥΝΣΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ		
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚ Η ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ	ΤΒΜ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΜΕ ΑΣΠΙΔΑ	ΜΕ ΑΣΠΙΔΑ ΚΑΙ ΣΙΑΓΟΝΕΣ	Ολομέτωπης κοπής
		ΜΕ ΤΜΗΜΑΤΙΚΗ ΑΣΠΙΔΑ	Ολομέτωπης ή/ και τμηματικής κοπής
		ΔΙΠΛΗΣ ΑΣΠΙΔΑΣ	Ολομέτωπης κοπής
ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚ Η ΚΑΙ ΜΕΤΩΠΟΥ	Μηχανές Σημειακής Προσβολής Roadheader		
	ΤΒΜ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΜΕ ΑΣΠΙΔΑ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ	Ολομέτωπης ή/ και τμηματικής κοπής
		ΑΣΠΙΔΑ - ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟ ΑΕΡΑ	
		ΑΣΠΙΔΑ -ΑΙΩΡΗΜΑ (SLURRY)	Ολομέτωπης κοπής
		ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΡΒΜ	
	ΜΗΧΑΝΕΣ ΑΣΠΙΔΑΣ ΜΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ		
	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΚΑΙ ΕΡΒΜ	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΚΑΙ SLURRY	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΕΡΒΜ ΚΑΙ SLURRY

### **1.1.1.2. TBM Κύριας Κεντρικής Δοκού**

Η μηχανή αυτού του τύπου έχει μία κοπτική κεφαλή που εκσκάπτει ολομέτωπα την σήραγγα σε μία απλή διαδρομή.

Η ώθηση στην κοπτική κεφαλή μεταδίδεται δια των εδράνων προωθήσεως (ή τις σιαγώνες), που πιέζονται ακτινικά στην βραχώμαζα των παρειών της σήραγγας. Η μηχανή προωθείται με αλληλουχία δύο κυρίων φάσεων:

- Εκσκαφή (έδρανα ή σιαγώνες σταθερά).
- Τοποθέτηση εδράνων ή σιαγώνων σε νέο βήμα.

Τα προϊόντα εκσκαφής συγκεντρώνονται και μεταφέρονται προς τα πίσω με διάταξη της ίδιας της μηχανής.

### **1.1.1.3. Μηχανές διεύρυνσης σήραγγας**

Έχουν τις ίδιες βασικές λειτουργίες όπως αυτές της παρ.1.1.1.2. αλλά διανοίγουν την τελική διατομή της σήραγγας από μία κεντρική πιλοτική σήραγγα, από την οποία προωθούνται μέσω εδράνων ή σιαγώνων.

### **1.1.2. Μηχανές που προσφέρουν αρχική περιμετρική υποστήριξη (ασπίδες)**

Ανήκουν στην ομάδα των μηχανών ανοικτού τύπου, δηλαδή η πρόσβαση στο μέτωπο εκσκαφής είναι συνεχής χωρίς να απαιτείται η παρεμβολή ενδιάμεσου ειδικού θαλάμου. Κατά την διάρκεια της εκσκαφής υποστηρίζουν, μέσω ειδικής διάταξης ασπίδας, την περίμετρο της εκσκαφείσας διατομής, σε αντίθεση με το μέτωπο το οποίο δεν υποστηρίζεται. Η ασπίδα μπορεί να είναι είτε μονή είτε διπλή αρθρωτή.

#### **1.1.2.1. Μηχανές (TBM) ανοικτού τύπου με ασπίδα και σιαγώνες**

Είναι αντίστοιχες με αυτές της παρ. 1.1.1.2. και μετακινούνται μέσα σε κυλινδρική ασπίδα στην οποία περιλαμβάνονται τα έδρανα προωθήσεως ή οι σιαγώνες. Η ασπίδα προσφέρει άμεση περιμετρική παθητική υποστήριξη.

#### **1.1.2.2. Μηχανές (TBM) ανοικτού τύπου τμηματικής ασπίδας**

Οι μηχανές αυτού του τύπου εξοπλίζονται είτε με μία κοπτική κεφαλή ολομέτωπης κοπής, είτε με βραχίονα, όπως οι μηχανές της παρ. 1.1.1.1. Τα έμβολα προωθήσεως της μηχανής αντιδρούν με την επένδυση της σήραγγας, που τοποθετείται από ειδική διάταξη που συμπεριλαμβάνεται στην μηχανή.

#### **1.1.2.3. Μηχανές (TBM) ανοικτού τύπου διπλής ασπίδας**

Οι μηχανές αυτού του τύπου εξοπλίζονται με κοπτική κεφαλή ολομέτωπης κοπής και δύο σειρές προωθητικών εμβόλων που αντιδρούν είτε με το γεωυλικό είτε με την επένδυση της σήραγγας. Η μέθοδος προωθήσεως κάθε φορά εξαρτάται από τον τύπο του γεωυλικού. Η μηχανή έχει τρία ή περισσότερα τμήματα ασπίδας και μία τηλεσκοπική κεντρική μονάδα προώθησής της.

### **1.1.3. Μηχανές (TBM) με υποστήριξη της περιμέτρου και του μετώπου εκσκαφής**

Αυτές οι μηχανές ανήκουν στην ομάδα των μηχανών κλειστού τύπου, δηλαδή η εκσκαφή λαμβάνει χώρα στο μέτωπο με την κοπτική κεφαλή σε ειδικό κλειστό θάλαμο, μέσα στον οποίο η πίεση μπορεί να ελέγχεται συνεχώς αναλόγως των συνθηκών του μετώπου, ενώ για την πρόσβαση στον θάλαμο αυτό απαιτείται η παρεμβολή άλλου ενδιάμεσου ειδικού θαλάμου (εκτός από τις μηχανές με μηχανική υποστήριξη). Η υποστήριξη της περιμέτρου της εκσκαφής γίνεται και εδώ με χρήση ασπίδας. Η προώθηση γίνεται με έμβολα που πιέζουν την επένδυση.

### **1.1.3.1. Μηχανές (TBM) με μηχανική υποστήριξη**

Οι μηχανές αυτού του τύπου έχουν μια ολομέτωπη κοπτική κεφαλή ή οποία δίνει υποστήριξη του μετώπου εκσκαφής με σταθερή ώθηση του εκσκαπτόμενου υλικού μπροστά προς το γεωυλικό του μετώπου. Τα προϊόντα εκσκαφής απομακρύνονται μέσω ανοιγμάτων στην κοπτική κεφαλή και η ποσότητα ρυθμίζεται με ελεγχόμενες πόρτες.

### **1.1.3.2. Μηχανές (TBM) με πεπιεσμένο αέρα**

Οι μηχανές αυτού του τύπου εξοπλίζονται είτε με μία κοπτική κεφαλή ολομέτωπης κοπής, είτε με βραχίονα, όπως οι μηχανές της παρ. 1.1.1.1. Η υποστήριξη του μετώπου επιτυγχάνεται με πεπιεσμένο αέρα μέσα στον θάλαμο της κοπτικής κεφαλής.

### **1.1.3.3. Μηχανές (TBM) με αιώρημα (slurry)**

Οι μηχανές αυτού του τύπου έχουν μία ολομέτωπη κοπτική κεφαλή. Η υποστήριξη του μετώπου εκσκαφής επιτυγχάνεται με ελεγχόμενη εισπίεση μπεντονιτικού (συνήθως) ή άλλου αιωρήματος στον θάλαμο της κοπτικής κεφαλής. Η ροή και κυκλοφορία του αιωρήματος απομακρύνει τα υλικά εκσκαφής ελέγχοντας τους ρυθμούς αποκομιδής.

### **1.1.3.4. Μηχανές (TBM) εδαφικής εξισορροπιστικής πίεσης (EPBM)**

Οι μηχανές αυτού του τύπου έχουν μία ολομέτωπη κοπτική κεφαλή. Η υποστήριξη του μετώπου εκσκαφής επιτυγχάνεται με ελεγχόμενη εισπίεση στον θάλαμο της κοπτικής κεφαλής μίγματος εκσκαπτόμενου γεωυλικού και νερού.

### **1.1.3.5. Μηχανές (TBM) μικτού τύπου λειτουργίας**

Οι μηχανές αυτού του τύπου έχουν μία ολομέτωπη κοπτική κεφαλή και μπορούν να λειτουργήσουν ως ανοικτού ή κλειστού τύπου και με διάφορες τεχνικές υποστήριξης του μετώπου. Η εναλλαγή των τύπων λειτουργίας απαιτεί μηχανική παρέμβαση για την αλλαγή της διαμόρφωσης της μηχανής, ενώ χρησιμοποιούνται και διαφορετικές τεχνικές αποκομιδής των προϊόντων εκσκαφής.

**Αλλαγή του τρόπου λειτουργίας από κλειστό σε ανοικτό τύπο θα γίνεται με έγκριση της Υπηρεσίας.** Οι τρεις κύριες κατηγορίες αυτών των μηχανών είναι:

- Μηχανές που μπορούν να λειτουργούν ως ανοικτού τύπου, με μεταφορική ταινία απομάκρυνσης των προϊόντων εκσκαφής, και ως κλειστού τύπου, με υποστήριξη του μετώπου με εδαφική εξισορροπιστική πίεση (EPBM) και κοχλιωτό μεταφορέα.
- Μηχανές που μπορούν να λειτουργούν ως ανοικτού τύπου, με μεταφορική ταινία απομάκρυνσης των προϊόντων εκσκαφής, και ως κλειστού τύπου, με υποστήριξη του μετώπου με αιώρημα (slurry) και σύστημα υδραυλικής μεταφοράς των προϊόντων εκσκαφής, μετά την απενεργοποίηση της μεταφορικής ταινίας.
- Μηχανές που μπορούν να λειτουργούν με υποστήριξη του μετώπου είτε με αιώρημα (slurry) είτε με εδαφική εξισορροπιστική πίεση (EPBM).

## **1.2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΗΧΑΝΗΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ**

Η επιλογή της κατηγορίας και του τύπου της μηχανής διάνοιξης σήραγγας θα γίνεται στην βάση αξιολόγησης:

- των γεωλογικών, υδρογεωλογικών και γεωτεχνικών συνθηκών και παραμέτρων των γεωυλικών στην ζώνη διέλευσης της σήραγγας,
- των γεωμετρικών στοιχείων της διατομής της σήραγγας και της χάραξής της (π.χ. κλίση, μήκος),



- των περιορισμών και όρων που επιβάλλονται από τις περιβαλλοντικές ρυθμίσεις και τις σχετικές άδειες,
- των συνθηκών ευστάθειας στο μέτωπο εκσκαφής και στην διατομή της σήραγγας,
- των απαιτήσεων χρονισμού τοποθέτησης των μέτρων της αρχικής υποστήριξης,
- των απαιτήσεων επίτευξης αποδεκτών καθιζήσεων,
- των χρονικών περιορισμών για την διάνοιξη της σήραγγας.

Η λήψη απόφασης επιλογής θα υποστηρίζεται και θα συνοδεύεται από κατάλληλη ανάλυση επικινδυνότητας. Ο υποψήφιος Ανάδοχος θα παρουσιάσει τεκμηριωμένα αποδεικτικά της εμπειρίας που διαθέτει για την χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου που προτίθεται να χρησιμοποιήσει και να παρέχει τις σχετικές εγγυήσεις που του ζητούνται. Ο Ανάδοχος θα παρουσιάσει υποβάλλοντας στην Υπηρεσία πλήρη περιγραφή των μέσων που θα χρησιμοποιήσει, εναλλακτικούς τρόπους αντιμετώπισης διαφορετικών συνθηκών και θα δίνει πρόσθετες πλήρεις εγγυήσεις για την ολοκλήρωση του έργου. Ο Ανάδοχος θα δηλώσει τον υπεύθυνο μηχανικό και τους χειριστές της μηχανής με σαφή αποδεικτικά της εμπειρίας τους.

Η επιλογή της κατηγορίας και του τύπου της μηχανής διάνοιξης που θα χρησιμοποιηθεί γίνεται με αποκλειστική ευθύνη του Αναδόχου, εκτός αν διαφορετικά ορίζεται στα συμβατικά τεύχη. Ο Ανάδοχος θα υποβάλλει προς έγκριση πλήρη τροποποιημένη (ως προς την τυχόν υπάρχουσα) οριστική μελέτη εκσκαφής, αρχικής υποστήριξης και μόνιμης επένδυσης καθώς και αναλυτική μεθοδολογία κατασκευής της σήραγγας που θα είναι πλήρως συμβατή με την επιλεγείσα μηχανή. Επίσης θα υποβάλλει Τεχνική Προδιαγραφή για την μεθοδολογία κατασκευής της σήραγγας και του μηχανήματος με τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά. Η Τεχνική Προδιαγραφή θα συνταχθεί σύμφωνα προς τις οδηγίες και απαιτήσεις της παρούσης ΠΕΤΕΠ και των σχετιζόμενων με αυτήν και των ειδικών απαιτήσεων του έργου και της μελέτης.

Ο Ανάδοχος θα εκτελέσει (εάν κριθεί από αυτόν απαραίτητο) πρόσθετες γεωερευνητικές εργασίες κατά μήκος της χάραξης της σήραγγας, για να επιβεβαιώσει την καταλληλότητα της μεθόδου και του μηχανήματος εκσκαφής της σήραγγας που θα επιλέξει.

### **1.3. ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΕΣ**

Ο Ανάδοχος θα υποβάλει το συντομότερο δυνατό προς έγκριση από την Υπηρεσία, πρόγραμμα για την παροχή, επιθεώρηση, δοκιμή, μεταφορά, συναρμολόγηση, και λειτουργία κάθε μηχανήματος εκσκαφής ή ασπίδας.

Θα επιτρέπεται, η επιθεώρηση του εργοστασίου, στο οποίο γίνεται η παραγωγή ή τροποποίηση του μηχανήματος εκσκαφής και των συνοδών υλικών, από την Υπηρεσία. Η Υπηρεσία μπορεί να επιθεωρήσει, ελέγξει και δοκιμάσει, στο εργοστάσιο παραγωγής του μηχανήματος, όλα τα υλικά, την ικανότητα του εργατικού δυναμικού και γενικά όλον τον εξοπλισμό που προβλέπεται να χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια της σύμβασης κατασκευής. Οποιοσδήποτε έλεγχος, δοκιμή ή επιθεώρηση δεν απαλλάσσει τον Ανάδοχο από τις ευθύνες του και υποχρεώσεις του στα πλαίσια της σύμβασης κατασκευής.

Για τους παραπάνω ελέγχους, δοκιμές, επιθεωρήσεις, ο Ανάδοχος, εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά, θα παρέχει στην Υπηρεσία όλη την απαιτούμενη βοήθεια, μέσα, εργατικό δυναμικό, υλικά, εξοπλισμό, καύσιμα, ηλεκτρισμό, αποθήκες, όργανα, ή ότι άλλο απαιτείται. Το κόστος των παραπάνω δοκιμών, ελέγχων και επιθεωρήσεων είναι ανηγμένο στο κόστος εκσκαφής της σήραγγας.

Η μηχανή εκσκαφής θα συναρμολογείται στο εργοστάσιο παραγωγής και θα δοκιμάζεται διασφαλίζοντας ότι λειτουργεί σωστά και πλήρως. Μετά την συναρμολόγηση στον χώρο του έργου, θα γίνεται δοκιμή λειτουργίας και προχώρησης πριν την έναρξη κατασκευής της σήραγγας.

Ο Ανάδοχος θα διασφαλίσει ότι το εργατικό δυναμικό λειτουργίας, πλοήγησης, και ελέγχου της μηχανής εκσκαφής έχει λάβει την απαραίτητη εκπαίδευση για να εκτελέσει τις σχετικές εργασίες. Τέτοια εκπαίδευση θα περιλαμβάνει και διαδικασίες επείγοντος. Ο Ανάδοχος θα διατηρεί λίστα με τα ονόματα του προσωπικού ανά ειδικότητα και καθήκοντα, τα οποία έχουν λάβει επιτυχώς την σχετική εκπαίδευση.

#### **1.4. ΠΑΡΕΚΚΛΙΣΗ ΓΙΑ ΚΑΙΝΟΤΟΜΟΥΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ**

Για να επιτραπεί η χρήση καινοτόμου εξοπλισμού ή η χρήση υλικών που εξασφαλίζουν καλύτερη ικανοποίηση των απαιτήσεων επιτελεσματικότητας, από τις τρέχουσες τεχνολογίες, όπως περιγράφονται στην παρούσα, είναι δυνατή η παρέκκλιση από τις προβλέψεις τούτης της προδιαγραφής με βάση δεόντως τεκμηριωμένη αιτιολόγηση και έγκριση του αρμοδίου οργάνου. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

## **2. ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΧΗ ΤΟΥΣ**

Τα υλικά που είναι πιθανόν να χρησιμοποιηθούν κατά την διάνοιξη σηράγγων με μηχανικά μέσα, αναφέρονται κατά βάση σε ειδικά προϊόντα και εφαρμογές κατά την διάνοιξη σηράγγων σε μαλακά εδάφη, σχετίζονται δε με τις τεχνικές μηχανών τύπου με υποστήριξη του μετώπου με αιώρημα (slurry) και με εδαφική εξισορροπιστική πίεση (EPBM). Οι κύριες κατηγορίες αυτών των υλικών και προϊόντων είναι:

- Ρυθμιστές εδάφους ( soil conditioners).
- Υλικά αιωρήματος.
- Κονίες ενεμάτωσης δακτυλίου.
- Μίγμα σφράγισης ουράς.

Σημειώνεται ότι τα υλικά που αναφέρονται στην επένδυση των σηράγγων δεν αποτελούν αντικείμενο της παρούσας.

### **2.1. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΥΛΙΚΩΝ**

#### **2.1.1. Ρυθμιστές εδάφους (soil conditioners)**

Οι μηχανές των παραπάνω τεχνικών έχουν την δυνατότητα να αντιμετωπίσουν ένα συγκεκριμένο εύρος γεωτεχνικών συνθηκών και παραμέτρων, ενώ οι πραγματικές επί τόπου απαντώμενες πολλές φορές παρουσιάζουν μεταβαλλόμενες και αποκλίνουσες τιμές. Σε πολλές από αυτές τις περιπτώσεις είναι προτιμότερο να προσαρμόζονται και να τροποποιούνται οι ιδιότητες του εδάφους ώστε αυτό να καταστεί διαχειρίσιμο από την μηχανή, έναντι δαπανηρών μετατροπών και αλλαγών στην ίδια την μηχανή.

##### **2.1.1.1. Υλικά Αιωρήματος**

Αυτή η τεχνική είναι εφαρμόσιμη σε ένα ευρύ φάσμα εδαφών, από αργίλους μέχρι χάλικες, με υδραυλικές αγωγιμότητες (K) μεταξύ  $10^{-8}$  έως  $10^{-2}$  m/s και με διάφορες παροχές νερού. Τα όρια εφαρμογής της τεχνικής αυτής συνδέονται με τον σχηματισμό Πλακούντα Λάσπης (Mud Cake) και με την κοκκομετρία του γεωυλικού.

Ο Πλακούντας Λάσπης (Mud Cake) είναι λεπτή μεμβράνη αφυδατωμένου αιωρήματος μέσα στο γεωυλικό ή επί της επιφάνειας εκσκαφής για την σταθεροποίησή της. Η αποτελεσματικότητά του εξαρτάται από της ιδιότητες του αιωρήματος και το πορώδες του εδάφους. Ο ρόλος του είναι να εξασφαλίζει την ευστάθεια του μετώπου και γι' αυτό πρέπει να έχει επαρκώς χαμηλή διαπερατότητα για την διατήρηση της πίεσης. Γενικά η αφυδάτωση του αιωρήματος και η δημιουργία του πλακούντα γίνονται με την απομάκρυνση του νερού από το αιώρημα υπό την εφαρμογή πίεσης.

Το αιώρημα βοηθά στην εφαρμογή και διατήρηση της πίεσης στο μέτωπο για την ευστάθειά του και την ελαχιστοποίηση των καθιζήσεων, στην αποκομιδή των προϊόντων εκσκαφής, ενώ παράλληλα ψύχει και λειώνει τα κοπτικά άκρα. Το αιώρημα ανακυκλώνεται μετά την απομάκρυνση των προϊόντων εκσκαφής και ελέγχονται οι βασικές του ιδιότητες όπως πυκνότητα, pH, απώλεια νερού, ιξώδες, περιεκτικότητα στερεών, διαρροή (yield value). Η επίτευξη των ιδιοτήτων αυτών επιτυγχάνεται με την προσθήκη μπεντονίτη και πρόσθετων όπως πολυμερή, σταθεροποιητές PH, διασπορικοί παράγοντες (dispersants).

Τα αιωρήματα αποτελούνται συνήθως από νερό, μπεντονίτη και πρόσθετα. Οι απαιτήσεις επιτελεσματικότητας όπως καθορίστηκαν παραπάνω είναι: η διατήρηση της πίεσης για την απόληψη υποστηρικτικής δράσης, η αιώρηση και απομάκρυνση των προϊόντων εκσκαφής, η ψύξη και λίπανση των κοπτικών άκρων για την μείωση των φθορών τους.

Ο μπεντονίτης θα συμμορφώνεται και θα ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του EN ISO 13500, ενώ η περιεκτικότητά του στο αιώρημα συνήθως είναι 3 - 5 % κατά βάρος.

Οι τεχνικές προδιαγραφές του αιωρήματος θα εξειδικεύονται κάθε φορά από τον Ανάδοχο για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα υποστήριξης. Θα εξαρτώνται από τις ιδιότητες της μηχανής και τις γεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες και παραμέτρους. Θα καθορίζουν όλες τις βασικές ιδιότητες (συγκέντρωση, ιξώδες κ.λπ.) και θα περιγράφουν λεπτομερώς τα απαραίτητα χημικά πρόσθετα και τις μεθόδους μηχανικής επεξεργασίας (κοσκίνισμα, υδροκυκλώνες) του προς ανακύκλωση αιωρήματος. Στον εργαστηριακό έλεγχο του αιωρήματος θα προβλεφθούν τουλάχιστον οι παρακάτω δοκιμές βασικών παραμέτρων:

Ιδιότητα	Μονάδες	Μέθοδος Δοκιμής	Τύπος Δοκιμής
Πυκνότητα - ρ	Kg/m <sup>3</sup>	Δοκ. Σωλήνας +Ζυγός	Εργαστήριο ή επί τόπου
Περιεκτικότητα στερεών	%	Φούρνος ξήρανσης	Εργαστήριο
PH	-	Πεχαμετρικός χάρτης	Επί τόπου
Marsh fluidity - t <sub>M</sub>	s	EN ISO 13500	Επί τόπου
Πλαστικό ιξώδες - η	Pa.s	EN ISO 13500	Εργαστήριο
Yield value - τ	Pa	EN ISO 13500	Επί τόπου
Διήθηση νερού	m <sup>3</sup>	EN ISO 13500	Εργαστήριο ή επί τόπου

Επίσης ο Ανάδοχος θα υποβάλει και μεθοδολογία εκτίμησης των αποτελεσμάτων από την χρήση του αιωρήματος.

### 2.1.1.2. Υλικά για μηχανές με εδαφική εξισορροπιστική πίεση (EPB)

#### α) Σκοπός - λειτουργία

Στις μηχανές αυτής της κατηγορίας η υποστήριξη του μετώπου εκσκαφής είναι μία βασική προς ικανοποίηση απαίτηση, η οποία επιτυγχάνεται από το ίδιο το εκσκαπτόμενο γεωυλικό που

γεμίζει τον θάλαμο της κοπτικής κεφαλής. Η απαιτούμενη υποστήριξη του μετώπου επιτυγχάνεται:

- με την ώθηση της ασπίδας προς το γεωυλικό,
- με ρύθμιση της ταχύτητας απαγωγής του εσκαπτόμενου υλικού π.χ. με ρύθμιση της περιστροφής του κοχλιωτού μεταφορέα.

Η ασκούμενη πίεση υποστήριξης συνολικά πρέπει να εξισορροπεί την πίεση από το γεωυλικό και την πίεση του νερού.

Η τεχνική με εδαφική εξισορροπιστική πίεση γενικά μπορεί να απαιτεί και την χρήση πρόσθετων που επιτρέπουν ή διευκολύνουν την υλοποίηση με οικονομικούς όρους της εκσκαφής, υποστήριξης και μεταφοράς των προϊόντων εκσκαφής. Στην τεχνική αυτή, όταν απαιτείται, η ρύθμιση του γεωυλικού γίνεται κύρια με την προσθήκη αφρού και πιθανόν και άλλων πρόσθετων. Με την προσθήκη του αφρού υποβοηθείται η άσκηση και διατήρηση της υποστηρικτικής πίεσης, η ρευστότητα του εσκαπτόμενου γεωυλικού, η δημιουργία ομογενούς εδαφικής μάζας, η μείωση της διαπερατότητας, η μείωση της ροπής στρέψης της κοπτικής κεφαλής και η μείωση της λείανσης και φθοράς των κοπτικών άκρων. Η επιλογή του τύπου του αφρού εξαρτάται κύρια από τον τύπο του γεωυλικού αλλά και από τα χαρακτηριστικά της μηχανής. Άλλα πρόσθετα είναι διασπορικοί παράγοντες για την αποφυγή συσσωρεύσεων και εμπλοκών κυρίως σε αργιλικά εδάφη, αντιλειαντικά πρόσθετα για την κοπτική κεφαλή και τον κοχλιωτό μεταφορέα, μπεντονίτης για την αποφυγή διαχωρισμών και την μείωση της διαπερατότητας και νερό σε ορισμένες περιπτώσεις.

#### β) Χαρακτηριστικά χρησιμοποιούμενων ρευστών

Οι χρησιμοποιούμενοι αφροί χαρακτηρίζονται από τις εξής παραμέτρους:

- $C_F$  : η συγκέντρωση του αφριστικού παράγοντα στο νερό (αφριστικό διάλυμα)

$$C_F = 100 \times m_s / m_F \text{ όπου}$$

$m_s$  : η μάζα του αφριστικού παράγοντα στο αφριστικό διάλυμα

$m_F$  : η μάζα του αφριστικού διαλύματος

- FER : Λόγος διαστολής του αφρού

$$FER = V_{CA} / V_F \text{ όπου:}$$

$V_{CA}$  : ο όγκος του αφρού

$V_F$  : ο όγκος του αφριστικού διαλύματος

- FIR : Λόγος εισπίεσης του αφρού, δηλαδή ο λόγος του όγκου του εισπνευσμένου αφρού σε ατμοσφαιρική πίεση προς τον όγκο του επί τόπου γεωυλικού που θα εκσκαφεί.

Γενικά οι τιμές των παραμέτρων αυτών έχουν τα εξής εύρη:

- Η συγκέντρωση  $C_F$  του αφριστικού διαλύματος τυπικά είναι 0,5 – 5,0% και συνήθως κοντά στο 3%, αλλά πάντα πρέπει να ακολουθεί τις υποδείξεις του κατασκευαστή. Η συγκέντρωση αυτή εξαρτάται κυρίως από την ποσότητα του εισπνευζόμενου νερού ή αυτού που ήδη υπάρχει στο έδαφος και επί πλέον από την ενεργότητα του χρησιμοποιούμενου αφρού.
- Ο λόγος FER είναι 5 – 30 με συνήθεστερες τιμές κοντά στο 10. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή αυτή, τόσο ξηρότερος είναι ο δημιουργούμενος αφρός. Όσο πιο υγρό είναι το έδαφος, τόσο ξηρότερος πρέπει να είναι ο δημιουργούμενος αφρός και το αντίθετο.

- Ο λόγος FIR μπορεί να είναι 10 – 80%, συνήθως βρίσκεται στο 30 – 60%. Ιδιαίτερης σημασίας είναι ή ποσότητα του συνολικού νερού (εισπνεζόμενο και εδαφικό), η δε βέλτιστη τιμή πρέπει να καθορίζεται με εργαστηριακές δοκιμές.
- Πολυμερικά πρόσθετα μπορούν να χρησιμοποιούνται σε ορισμένες περιπτώσεις, για να βελτιώνουν την ευστάθεια του αφρού ή να ρυθμίζουν την συνεκτικότητα του εδαφικού μίγματος στον θάλαμο και στον κοχλιωτό μεταφορέα. Τυπικό παράδειγμα χρήσης είναι σε υγρά αμμώδη εδάφη με μικρή συνοχή. Η συγκέντρωσή τους είναι συνήθως 0,1 – 5 % του αφριστικού διαλύματος. Τα χρησιμοποιούμενα φυσικά πολυμερή είναι άμυλα, σάκχαρα, κυτταρίνες και πρωτεΐνες. Τα συνθετικά πολυμερή που τυγχάνουν εφαρμογής είναι πολυακρυλαμίδια και τα παράγωγά τους, όπως μερικώς υδρολυθέντα πολυακρυλαμίδια (PHPA), ενώ τα ημισυνθετικά περιλαμβάνουν ανθρακομεθυλική κυτταρίνη (CMC) και πολυανιονική κυτταρίνη (PAC).
- Σταθεροποιητικά πρόσθετα βοηθούν στην αποφυγή διαχωρισμού και στα σχετιζόμενα αποτελέσματα στον θάλαμο (μείωση ευστάθειας μετώπου, εμφράξεις κ.λπ.). Η συγκέντρωσή τους είναι συνήθως 0,1 – 5 % του αφριστικού διαλύματος.

Στις πρακτικές εφαρμογές ο όγκος του αφρού θα συναρτάται με το επίπεδο της πίεσης των υπερκειμένων.

Όλοι οι αφροί είναι μετα-σταθερά υλικά και τελικά μετά από κάποια χρονική περίοδο καταρρέουν. Για την χρήση τους στις σήραγγες είναι ιδιαίτερα σημαντικό να είναι καθορισμένος ο χρόνος κατά τον οποίο το μίγμα αφρού – γεωυλικού μπορεί να είναι σταθερό στον θάλαμο της κοπτικής κεφαλής και στον κοχλιωτό μεταφορέα. Πέρα από τον χρόνο αυτό η πιθανότητα κατάρρευσης του αφρού είναι αυξημένη, γεγονός που μπορεί να έχει ανεπιθύμητα έως καταστροφικά αποτελέσματα. Η σταθερότητα του αφρού είναι συνάρτηση του μεγέθους και της ομοιομορφίας των φυσαλίδων και της αντοχής του υμένα (όσο μικρότερες και πλέον ομοιόμορφες είναι οι φυσαλίδες, τόσο σταθερότερος είναι ο αφρός).

Προς το παρόν δεν υπάρχουν τυποποιημένες δοκιμές που να επιτρέπουν την πλήρη προσομοίωση του εδάφους και του αφρού υπό τις συνθήκες που αυτά τα υλικά θα βρεθούν στον θάλαμο της κοπτικής κεφαλής για να προσεγγιστεί το αποτέλεσμα στην υποστήριξη, ανάμιξη και μεταφορά. Οι όποιες δοκιμές προτείνονται, θα θεωρούνται συγκριτικά και όχι με απόλυτες τιμές. Συστήνεται η υιοθέτηση των δοκιμών που προδιαγράφονται στο τεύχος “Specifications and Guidelines for the use of specialist products for Soft Ground Tunnelling” της EFNARC, έκδοση Σεπτέμβριος 2003. Ειδικότερα οι δοκιμές αυτές είναι:

- Δοκιμή για την ευστάθεια του αφριστικού μίγματος (stability of a foam mixture).
- Δοκιμή για την ευστάθεια του μίγματος αφρού/άμμου (stability (half-life) of a foam/sand mixture).
- Δοκιμή για τον καθορισμό του πλαστοποιητικού αποτελέσματος αφρού που αποτελείται από αφριστικό παράγοντα και πολυμερή (Plasticising effect of foam made of foaming agent or polymer).

Ο Ανάδοχος θα εξειδικεύει κάθε φορά τις τεχνικές προδιαγραφές των υλικών που προτίθεται να χρησιμοποιεί και τις μεθόδους των εργαστηριακών ή επί τόπου δοκιμών για την λήψη συγκριτικών στοιχείων, αναλόγως του απαιτούμενου αποτελέσματος υποστήριξης των γεωυλικών

### **2.1.2. Στεγανωτικές διατάξεις ουράς**

Το στεγανωτικό μίγμα και η στεγανωτική διάταξη της ουράς της μηχανής στοχεύουν να σφραγίσουν το ουριαίο τμήμα της έναντι εισροών νερού, ενεμάτων και αιωρήματος (όταν χρησιμοποιείται). Για την ικανοποίηση αυτών των απαιτήσεων πρέπει να έχουν:

- Πολύ καλή αντίσταση έναντι: απόπλυσης, φθοράς τριβής, εκροής, εξώθησης και μηχανικής πίεσης.
- Καλές ιδιότητες άντλησης - εισπίεσης σε διάφορες θερμοκρασίες.
- Καλή πρόσφυση και επικόλληση.
- Καλή ευστάθεια υπό το αναμενόμενο επίπεδο πίεσης.
- Χαμηλή και περιβαλλοντικά αποδεκτή τοξικότητα.

Συστήνεται η υιοθέτηση των δοκιμών που προδιαγράφονται στο τεύχος "Specifications and Guidelines for the use of specialist products for Soft Ground Tunnelling" της EFNARC, έκδοση Σεπτέμβριος 2003. Ειδικότερα οι δοκιμές αυτές είναι:

- Δοκιμή κάθισης (Slump test).
- Δοκιμή πίεσης νερού (Water pressure test).

## **3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ**

### **3.1. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ**

#### **3.1.1. Γενικά**

Ο Ανάδοχος θα έχει εξασφαλίσει την υποστήριξη του κατασκευαστή της μηχανής για όλες τις αναγκαίες δράσεις λειτουργίας, συντήρησης και επισκευής, ώστε να είναι εξασφαλισμένη η κανονική και αποτελεσματική λειτουργία της μηχανής.

Ο Ανάδοχος θα επιβεβαιώσει με λεπτομερέστερη ανάλυση, παρέχοντας τις κατάλληλες σχετικές εγγυήσεις, τον ρυθμό κατασκευής, παρέχοντας τεκμηριωμένη εκτίμηση για την απόδοση και τον χρόνο εργασίας, συντήρησης και επισκευής του εξοπλισμού.

Όλες οι μηχανές εκσκαφής θα είναι ανθεκτικές ώστε να εξασφαλιστεί η συνεχής και ασφαλής λειτουργία τους. Όπου είναι εφικτό οι υδραυλικές σωληνώσεις θα είναι μεταλλικές υψηλής αντοχής. Η χρήση εύκαμπτων σωληνώσεων θα περιορίζεται στο ελάχιστο. Τα υγρά του υδραυλικού εξοπλισμού θα είναι μη τοξικά και με ελάχιστη ευφλεκτικότητα.

Όλες οι μηχανές εκσκαφής και οι ασπίδες θα πρέπει να είναι αυτοκινούμενες. Η επιφάνεια έδρασης των εμβόλων προώθησης ή των αντίστοιχων σιαγώνων θα είναι σχεδιασμένη ανάλογα με την φέρουσα ικανότητα της βραχώμαζας και της επένδυσης για να αποφεύγονται αστοχίες ή διεισδύσεις αυτών. Τα έμβολα προώθησης ή οι σιαγόνες θα πρέπει να λειτουργούν είτε μεμονωμένα είτε όλα μαζί σε οποιονδήποτε συνδυασμό. Θα πρέπει να επιτρέπουν την τοποθέτηση του προκατασκευασμένου στοιχείου ολοκλήρωσης του δακτυλίου της επένδυσης (key closing segment), σε οποιαδήποτε θέση, εάν αυτό προβλέπεται.

Τα έμβολα για την υποστήριξη των εκσκαφών, σε ασπίδες ανοικτού τύπου, θα πρέπει να λειτουργούν είτε μεμονωμένα είτε όλα μαζί ή σε οποιονδήποτε συνδυασμό. Η λειτουργία των εμβόλων αυτών θα πρέπει να συνδέεται με την λειτουργία των εμβόλων προώθησης της μηχανής. Πρέπει να είναι εφικτή η μεμονωμένη αντικατάσταση των εμβόλων.

Θα προβλέπεται επαρκής πρόσβαση σε όλες τις περιοχές εργασίας ή συντήρησης της μηχανής εκσκαφής. Θα πρέπει να προβλέπονται ασφαλείς χώροι για την είσοδο και διαφυγή του προσωπικού σε επείγουσες περιστάσεις. Οι διαστάσεις τους θα είναι οι προβλεπόμενες από τα ευρωπαϊκά πρότυπα.

Ο Ανάδοχος θα σχεδιάσει τις διαδικασίες εκσκαφής, συμπεριλαμβανομένων της έναρξης και τέρματος των εκσκαφών έτσι ώστε να αποτραπεί οποιαδήποτε χαλάρωση στο γεωυλικό που θα επηρεάσει δυσμενώς υφιστάμενα έργα και κατασκευές. Η μεθοδολογία εκσκαφής που θα υποβάλει στην Υπηρεσία ο Ανάδοχος θα περιλαμβάνει κατ' ελάχιστον τα παρακάτω:

- Την προτεινόμενη μέθοδο μεταφοράς και συναρμολόγησης της μηχανής εκσκαφής ή και της ασπίδας.
- Την προτεινόμενη μέθοδο έναρξης της υπόγειας εκσκαφής, λαμβάνοντας υπόψη και τον χρόνο εγκατάστασης όλου του βοηθητικού εξοπλισμού, συμπεριλαμβάνοντας τυχόν απαιτούμενες βελτιώσεις των εδαφών ή και αποστραγγίσεις/ αποχετεύσεις. Θα πρέπει επίσης να περιγραφούν λεπτομερώς οι προσωρινές διατάξεις ώθησης.
- Την μέθοδο προσδιορισμού των συνθηκών του εδάφους (όπως π.χ. γεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες, τυχόν κρυμμένες υποδομές – δίκτυα - ή άλλες μη καταγεγραμμένες υπόγειες κατασκευές). Ανάλυση επικινδυνότητας από την μεταβολή των εδαφικών συνθηκών.
- Την προτεινόμενη μέθοδο παρακολούθησης τυχόν απωλειών εδάφους από το μέτωπο εκσκαφής και κατά την διάρκεια της εκσκαφής, συμπεριλαμβανομένης της ενόργανης παρακολούθησης των καθιζήσεων.
- Την προτεινόμενη μέθοδο εργασιών σε διασταυρώσεις συμπεριλαμβανομένης της αποσυναρμολόγησης των μηχανών εκσκαφής ή των ασπίδων.

Πριν από την έναρξη της εκσκαφής ο Ανάδοχος θα εξασφαλίσει ότι όλα τα μηχανικά συστήματα λειτουργούν καλώς συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων εφαρμογής της άμεσης υποστήριξης ή και της μόνιμης επένδυσης.

Η εκσκαφή θα είναι συμβατή με την ΠΕΤΕΠ 12-02-01-01.

Η κίνηση της μηχανής εκσκαφής θα γίνεται όταν έχει ολοκληρωθεί ο προηγούμενος κύκλος κατασκευής της υποστήριξης, έτσι ώστε κάθε φορά να ολοκληρώνεται ένας κύκλος εκσκαφής και κατασκευής της υποστήριξης. Η προτεινόμενη μέθοδος θα εξασφαλίζει την σωστή κατεύθυνση της εκσκαφής κάθε φορά χωρίς να επιβάλλονται παραπάνω από τα προβλεπόμενα φορτία επί της υποστήριξης της σήραγγας, της επένδυσης ή του περιβάλλοντος γεωυλικού. Η εκσκαφή θα γίνεται έτσι ώστε να αποτρέπονται υπερεκσκαφές και απώλεια εδάφους.

Η τυχόν απαιτούμενη υπέρβαση των ορίων της εκσκαφής για λόγους πρακτικούς, θα είναι η ελάχιστη δυνατή προκειμένου να διατηρείται η απαιτούμενη γεωμετρία εκσκαφής περιμετρικά της μηχανής εκσκαφής ή της ασπίδος.

Όταν η επένδυση της σήραγγας κατασκευάζεται πίσω από ασπίδα χωρίς διατάξεις «ουράς», η εκσκαφή δεν θα πραγματοποιείται μέχρις ότου το σύνολο της επένδυσης είναι τοποθετημένο στις ανυψωτικές διατάξεις. Η έναρξη της ανύψωσης του δακτυλίου της επένδυσης θα αρχίζει αμέσως μετά την ολοκλήρωση της προώθησης της ασπίδας.

Όταν η εκσκαφή γίνεται πλησίον υπαρχόντων κατασκευών θα υποβάλλεται στην υπηρεσία προς έγκριση ειδική μεθοδολογία που θα λαμβάνει υπόψη τις υπάρχουσες ιδιαιτερότητες.

Όταν στο μέτωπο εκσκαφής ή οπουδήποτε αλλού, η παρουσία νερού μπορεί να δημιουργήσει επικίνδυνες συνθήκες εργασίας ή κίνδυνο βλαβών στην υποστήριξη, τότε ο Ανάδοχος θα προβεί στις απαραίτητες ενέργειες (π.χ. κατασκευή αποστραγγιστικών οπών, ανακουφιστικών οπών,

βελτίωση εδαφών κ.λ.π) αποσόβησης των κινδύνων πριν την έναρξη των εργασιών. Σε περίπτωση παύσης των εργασιών θα εξασφαλίζεται η ευστάθεια όλων των υπογείων εκσκαφών σύμφωνα με τους κανόνες της επιστήμης και της τεχνικής. Κατά την διάρκεια της παύσης των εργασιών όλα τα μέτωπα και οι χώροι εργασίας θα επιθεωρούνται σε διαστήματα συμφωνημένα με την Υπηρεσία.

Οποιαδήποτε βλάβη λόγω της εκσκαφής ή άλλων εργασιών του Αναδόχου θα αποκαθίστανται αμέσως από τον Ανάδοχο. Οι σχετικές διαδικασίες θα συμφωνούνται με την Υπηρεσία.

Οι μηχανές διάνοιξης σιράγγων θα συμμορφώνονται με τους κανονισμούς της Οδηγίας 98/37/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 22-6-1998, για την προσέγγιση της νομοθεσίας των κρατών - μελών σχετικά με τις μηχανές, όπως τροποποιήθηκε με την Οδηγία 98/79/ΕΚ. Τα εναρμονισμένα πρότυπα βάσει της ανωτέρω Οδηγίας κατά τον χρόνο σύνταξης της παρούσας είναι:

- EN 815:1996 «Ασφάλεια μηχανημάτων άνευ ασπίδας προστασίας για διάνοιξη σιράγγων και μηχανήματα άνευ διατρητικών στελεχών για διάνοιξη φρεάτων σε πετρώματα» (δημοσίευση 22.3.1997)
- EN 12110:2002 «Μηχανήματα κατασκευής σήραγγος – Αεροθυλάκια - Απαιτήσεις ασφάλειας» (δημοσίευση Αύγουστος 2003)
- EN 12111:2002 «Μηχανήματα κατασκευής σήραγγος - Μηχανήματα σημειακής κοπής, συνεχούς κοπής και κρουστικές σφύρες - Απαιτήσεις ασφάλειας» (δημοσίευση Αύγουστος 2003)
- PrEN 12336 «Tunnelling machines - Shield machines, horizontal thrust boring machines, lining erection equipment - Safety requirements»

Οι διατάξεις των ανωτέρω χρησιμεύουν κατ' αρχάς στους μελετητές και κατασκευαστές των μηχανών, αλλά και στους χρήστες αυτών. Επιπρόσθετα των ανωτέρω διατάξεων και προβλέψεων θα ισχύουν και τα παρακάτω:

### **3.1.2. Απαιτήσεις σχεδιασμού για μηχανές ολομέτωπης κοπής χωρίς αρχική υποστήριξη**

Οι μηχανές αυτού του τύπου είναι κατάλληλες για την διάνοιξη σιράγγων σε βραχύδεις σχηματισμούς. Η κοπτική κεφαλή της μηχανής θα είναι ικανή να περιστρέφεται τόσο σύμφωνα, όσο και αντίθετα με την κίνηση των δεικτών του ωρολογίου, να σκάβει μόνον όταν τα υδραυλικά έμβολα προώθησης είναι ενεργοποιημένα, και αν απαιτείται, να κάνει και επιστροφή σε κάποιο περιορισμένο μήκος.

Οι κοπτήρες, οι κυκλικοί δίσκοι, τα δόντια και τα ελάσματα εκσκαφής θα μπορούν να τοποθετούνται από το πίσω μέρος της κοπτικής κεφαλής με απόλυτη ασφάλεια.

Η επιφάνεια έδρασης των εμβόλων προώθησης ή των αντίστοιχων σιαγώνων θα είναι σχεδιασμένη ανάλογα με την φέρουσα ικανότητα της βραχώμαζας για να αποφεύγονται αστοχίες ή διεισδύσεις αυτών. Αντίστοιχη θεώρηση θα γίνεται και για την έδραση στον πυθμένα της ίδιας της μηχανής και της υποστηρικτικής διάταξης (back up).

Η μηχανή πρέπει να είναι σχεδιασμένη να λειτουργεί έτσι, ώστε να επιτρέπει την εκτέλεση δειγματοληπτικών διατρήσεων και διατρήσεων προ-πορείας μέσω της κοπτικής κεφαλής για την διερεύνηση των γεωλογικών-γεωτεχνικών συνθηκών μπροστά από το μέτωπο εκσκαφής, και την εκτέλεση εργασιών τσιμεντενέσεων για την βελτίωση του γεωυλικού μπροστά από το μέτωπο εκσκαφής, ή τοποθέτησης ελαφρών δοκών προπορείας (spiles) αν αυτό απαιτηθεί, ή στραγγιστηρίων οπών.



Η διάταξη της κεφαλής να προβλέπεται να μπορεί να δημιουργεί υπερεκσκαφή για ανοχή των συγκλίσεων σε περιπτώσεις συθλιβόντων γεωυλικών.

Η διάταξη εφαρμογής υποστήριξης του ανυποστήρικτου ανοίγματος του θόλου μεταξύ τέλους μηχανής και θέσης ή θέσεων τοποθέτησης μέτρων αρχικής υποστήριξης θα επιτρέπει την άμεση και γρήγορη εφαρμογή τους σύμφωνα με την μελέτη και οπωσδήποτε θα είναι συμβατή με την διαμόρφωση και τις λειτουργικές απαιτήσεις της μηχανής, όπως αυτές έχουν επιβληθεί από την αναμενόμενη ποιότητα της βραχώμαζας. Αυτή η διάταξη θα είναι έτσι σχεδιασμένη, ώστε να μπορεί να εφαρμόζει τα μέτρα υποστήριξης στο θόλο, σε όλα τα στάδια εργασίας, τόσο κατά την διάρκεια προώθησης της μηχανής, όσο και στον χρόνο κατά τον οποίο δεν γίνονται εργασίες εκσκαφής.

Για τον περιορισμό της σκόνης στο μέτωπο, η μηχανή θα είναι εφοδιασμένη με σύστημα περιορισμού και συλλογής της (π.χ. σύστημα ψεκασμού νερού στο μέτωπο, κονιοσυλλέκτες, φίλτρα).

### **3.1.3. Απαιτήσεις σχεδιασμού για μηχανές ολομέτωπης κοπής με αρχική περιφερειακή υποστήριξη**

Η μηχανή ολομέτωπης κοπής με ασπίδα ανοικτού τύπου θα είναι εφοδιασμένη με διάταξη εφαρμογής υποστήριξης του ανυποστήρικτου ανοίγματος του θόλου μεταξύ άκρου ασπίδας και μετώπου εκσκαφής. Αυτή η διάταξη θα είναι έτσι σχεδιασμένη, ώστε να μπορεί να εφαρμόζει πίεση στον θόλο σε όλα τα στάδια εργασίας, τόσο κατά την διάρκεια προώθησης της μηχανής, όσο και στον χρόνο κατά τον οποίο δεν γίνονται εργασίες εκσκαφής.

Η κοπτική κεφαλή της μηχανής θα είναι ικανή να περιστρέφεται τόσο σύμφωνα, όσο και αντίθετα με την κίνηση των δεικτών του ωρολογίου, να σκάβει μόνον όταν τα υδραυλικά έμβολα προώθησης είναι ενεργοποιημένα, και αν απαιτείται να είναι ικανή να κάνει και επιστροφή σε κάποιο περιορισμένο μήκος.

Οι κοπτήρες, οι κυκλικοί δίσκοι, τα δόντια και τα ελάσματα εκσκαφής θα μπορούν να τοποθετούνται από το πίσω μέρος της κοπτικής κεφαλής με απόλυτη ασφάλεια.

Η μηχανή πρέπει να είναι σχεδιασμένη να λειτουργεί έτσι, ώστε να επιτρέπει την εκτέλεση δειγματοληπτικών διατρήσεων και διατρήσεων προ-πορείας μέσω της κοπτικής κεφαλής, για την διερεύνηση των γεωλογικών-γεωτεχνικών συνθηκών μπροστά από το μέτωπο εκσκαφής και την εκτέλεση εργασιών τσιμεντενέσεων για την βελτίωση του γεωυλικού μπροστά από το μέτωπο εκσκαφής ή τοποθέτησης ελαφρών δοκών προπορείας (spiles), αν αυτό απαιτηθεί, ή στραγγιστηρίων οπών.

Η διάταξη της κεφαλής θα προβλέπεται να μπορεί να δημιουργεί υπερεκσκαφή για ανοχή των συγκλίσεων σε περιπτώσεις συθλιβόντων γεωυλικών.

### **3.1.4. Απαιτήσεις σχεδιασμού για μηχανές ολομέτωπης κοπής με αρχική περιφερειακή υποστήριξη και υποστήριξη μετώπου.**

Για σήραγγες διαμέτρου μέχρι 12 μ, ο τύπος και τα χαρακτηριστικά του γεωυλικού είναι ο καθοριστικός παράγοντας για την επιλογή και τον σχεδιασμό της τεχνικής υποστήριξης του μετώπου. Για την περίπτωση μεγαλύτερων διατομών απαιτείται περαιτέρω εξέταση και άλλων παραμέτρων, όπως είναι η μεταβίβαση της ροπής στρέψης από την κοπτική κεφαλή στο γεωυλικό (στις EPB μηχανές είναι 2,5 φορές μεγαλύτερη από τις μηχανές με αιώρημα και παρουσιάζεται ο κίνδυνος να ρολάρει η κεφαλή) και η οικονομική απόδοση.

Ιδιαίτερης θεώρησης αντικείμενο είναι και η επιλογή του είδους της ενέργειας τροφοδοσίας της κεφαλής της μηχανής. Με ηλεκτρική ενέργεια επιτυγχάνεται μεγαλύτερος συντελεστής απόδοσης αλλά απαιτείται πιο εξελιγμένο και ακριβές σύστημα διεύθυνσης, ενώ τα συστήματα με υδραυλική ενέργεια είναι πιο ευέλικτα.

Το ύψος των υπερκειμένων γενικά δεν θα είναι μικρότερο από την διάμετρο  $D$  της σήραγγας, ενώ σε ευνοϊκές συνθήκες μπορεί να μειωθεί μέχρι  $0,8 D$ , αν και υπάρχουν περιστατικά με EPBM κάτω από  $0,5 D$  και κατάλληλο έλεγχο της πίεσης στο μέτωπο. Για μικρότερα πάχη υπερκειμένων οι πιέσεις υποστήριξης θα περιοριστούν σε ένα μικρό εύρος τιμών, ώστε να εξασφαλίσουν αφ' ενός την ευστάθεια του μετώπου και αφ' ετέρου να αποφευχθούν απώλειες υγρού ή αέρα. Αντίστοιχα σε όλα τα στάδια της κατασκευής θα εξασφαλίζεται η ασφάλεια του μετώπου και η ασφάλεια έναντι ανύψωσης του εδάφους.

Για τις EPB μηχανές, εφ' όσον αναμένονται σημαντικές υδροστατικές πιέσεις και παροχές, θα εξασφαλίζεται η στεγανότητα του κοχλιωτού μεταφορέα ή η αντιμετώπιση πιθανών εισροών σε αυτόν. Επίσης στις μηχανές αυτές θα ενσωματώνονται στην κοπτική κεφαλή ακροθυρίδες εισαγωγής των πρόσθετων. Η διαμόρφωση και διάταξη των ακροθυρίδων θα συμβάλει στην γρηγορότερη και αμεσότερη εισαγωγή του πρόσθετου (κοντά στην επιφάνεια προσβολής) και στην ομοιόμορφη κατανομή του στο εκσκαπτόμενο υλικό. Κάθε ακροθυρίδα θα έχει την δική της ξεχωριστή γραμμή τροφοδοσίας.

Η κοπτική κεφαλή της μηχανής ολομέτωπης κοπής με ασπίδα κλειστού τύπου θα είναι ικανή να περιστρέφεται και να εκσκάπτει, τόσο σύμφωνα, όσο και αντίθετα με την κίνηση των δεικτών του ωρολογίου (με κατάλληλη διαρρύθμιση και τοποθέτηση των κοπτικών εργαλείων), να εκσκάπτει μόνον όταν τα υδραυλικά έμβολα προώθησης είναι ενεργοποιημένα και αν απαιτείται να είναι ικανή να κάνει και επιστροφή. Τα υδραυλικά έμβολα προώθησης θα πρέπει να μπορούν να αναλάβουν όλες τις απαιτούμενες πιέσεις προώθησης και μετώπου χωρίς να επισυμβεί βλάβη στην επένδυση της σήραγγας.

Τα κοπτικά εργαλεία συνήθως είναι κυκλικοί δίσκοι, ελάσματα και δόντια. Γενικά οι δίσκοι εφαρμόζονται σε εκσκαφή βραχομαζών, τα ελάσματα σε άμμους και τα αποξεστικά δόντια σε συνεκτικά εδάφη. Στις περιπτώσεις γεωυλικού με μικτά χαρακτηριστικά η κοπτική κεφαλή θα εξοπλίζεται με συνδυασμούς των παραπάνω εργαλείων, αφού θα εξετάζεται η αλληλεπίδραση αυτών και η προκύπτουσα φθορά τους. Τα κοπτικά εργαλεία θα μπορούν να αλλάζουν από το πίσω μέρος της κοπτικής κεφαλής. Η αλλαγή θα γίνεται με τρόπο που δεν θα επηρεάζει την πίεση υποστήριξης στο μέτωπο της εκσκαφής. Σε αντίθετη περίπτωση η όποια διαφοροποίηση αυτής της πίεσης δεν θα επιφέρει οποιοδήποτε βλαπτικό αποτέλεσμα στην σήραγγα, στις υπερκείμενες ή παρακείμενες (υπόγειες) κατασκευές, στο γεωυλικό και στην ίδια την μηχανή.

Όταν αναμένεται να συναντηθούν βραχώδη τεμάχια στο μέτωπο εκσκαφής, η κοπτική κεφαλή θα μπορεί να επιτρέπει σε τεμάχια κατά μέγιστον 300 χλστ. να περνούν μέσα από την κοπτική κεφαλή και τον κοχλιωτό μεταφορέα χωρίς ειδική διαδικασία. Η μηχανή θα έχει επίσης την ικανότητα να αντιμετωπίζει και να σπάζει ή να μετακινεί βραχώδη τεμάχια μεγαλύτερα από τα παραπάνω αναφερθέντα.

Για τις μηχανές με αιωρήματα ο σχεδιασμός της κοπτικής κεφαλής θα περιλαμβάνει μέτρα και διατάξεις που ελαχιστοποιούν την πιθανότητα εμφράξεων. Τέτοια μέτρα είναι:

- Υψηλές παροχές και πιέσεις απόπλυσης (flushing).
- Παρακαμπτήριοι αγωγοί απόπλυσης.
- Ευρεία κατανομή των ακροφυσίων απόπλυσης στον θάλαμο εκσκαφής.
- Διαμόρφωση του κεντρικού τμήματος της κοπτικής κεφαλής με κατάλληλη διάταξη κοπτικών εργαλείων.
- Ενσωμάτωση διάταξης θραύσης βραχωδών τεμαχίων.
- Διατάξεις εισαγωγής πρόσθετων.

- Ανάμιξη του αιωρήματος με ενσωμάτωση κατάλληλης διάταξης.
- Γεωμετρικός και υδραυλικός σχεδιασμός του θαλάμου εκσκαφής.

Η μηχανή θα πρέπει να είναι σχεδιασμένη και να λειτουργεί έτσι ώστε να επιτρέπει την διενέργεια εκτέλεσης εργασιών όπως π.χ. δειγματοληπτικών διατρήσεων προπορείας μέσω της κοπτικής κεφαλής για την διερεύνηση των γεωλογικών - γεωτεχνικών συνθηκών μπροστά από το μέτωπο εκσκαφής και την εκτέλεση εργασιών τσιμεντενέσεων για την βελτίωση του γεωυλικού μπροστά από το μέτωπο εκσκαφής αν αυτό απαιτηθεί. Οι δυνατότητες και προδιαγραφές αυτού του εξοπλισμού εξαρτώνται από τις ειδικές απαιτήσεις κάθε επί μέρους περίπτωσης. Ο αριθμός και οι θέσεις των σημείων εφαρμογής τσιμεντενέσεων θα είναι επαρκείς για την άμεση υλοποίηση των εργασιών σταθεροποίησης στο μέτωπο για όλες τις γεωλογικές - γεωτεχνικές συνθήκες.

Η μηχανή θα είναι εφοδιασμένη με διάταξη ή με σύστημα εφαρμογής υποστήριξης του ανυποστήρικτου ανοίγματος του θόλου μεταξύ άκρου ασπίδας και μετώπου εκσκαφής, όπως επίσης υποστήριξης και του ίδιου του μετώπου εκσκαφής. Αυτή η διάταξη θα είναι έτσι σχεδιασμένη, ώστε να μπορεί να εφαρμόζει με επαρκή ασφάλεια την απαιτούμενη πίεση στον θόλο και στο μέτωπο εκσκαφής, σε όλα τα στάδια εργασίας, τόσο κατά την διάρκεια προώθησης της μηχανής, όσο και στον χρόνο κατά τον οποίο δεν γίνονται εργασίες εκσκαφής. Το σύστημα ελέγχου της πίεσης θα πρέπει να μπορεί αυτόματα να διατηρεί την απαιτούμενη πίεση στο μέτωπο σε όλα τα στάδια λειτουργίας της μηχανής συμπεριλαμβανομένης και της στάσης αυτής. Η πίεση θα πρέπει να μπορεί να προσαρμόζεται με επάρκεια και ασφάλεια στις αλλαγές των συνθηκών στο μέτωπο. Η μηχανή θα πρέπει να είναι εφοδιασμένη με μετρητές της πίεσης στα κατάλληλα κάθε φορά σημεία.

Η ουρά της μηχανής θα είναι εφοδιασμένη με ειδική «στεγανωτική διάταξη ουράς», για να αποκόπτεται εισροή υπογείου νερού ή τσιμεντενέματος εντός της ασπίδας ή της μηχανής. Η ειδική στεγανωτική διάταξη της ουράς της μηχανής θα μπορεί να αντικαθίσταται γρήγορα μέσα από την σήραγγα. Διάταξη αποκοπής ροής τσιμεντενέματος στο τέλος της ασπίδας θα πρέπει να προβλεφθεί και για την αποκοπή της ροής του τσιμεντενέματος έξω από την ασπίδα προς την κοπτική κεφαλή. Οι στεγανωτικές διατάξεις θα σχεδιάζονται με επαρκή ασφάλεια έναντι των μέγιστων ασκούμενων πιέσεων συν τις λειτουργικές πιέσεις προώθησης και ενεμάτωσης. Θα προβλέπεται εφεδρική στεγανωτική διάταξη για την περίπτωση διαρροών από το κύριο σύστημα στεγάνωσης.

Η μηχανή θα σχεδιασθεί έτσι, ώστε να επιτρέπει την συνεχή πλήρωση του κενού μεταξύ εξωρραχίου δακτυλίου επένδυσης (από προκατασκευασμένα στοιχεία από σκυρόδεμα) και γεωυλικού με τσιμεντένεμα μέσα από την ασπίδα, καθώς αυτή προωθείται προς τα μπροστά, εφόσον αυτό προβλέπεται από την Μελέτη. Η σχεδίαση θα είναι τέτοια, ώστε οι αγωγοί του τσιμεντενέματος να μπορούν να καθαριστούν ή να αντικατασταθούν στην περίπτωση μπλοκαρίσματος.

Πρόβλεψη για διάταξη κατάλληλης οπτικής και ηχητικής προειδοποίησης και αυτόματης κατάσβεσης πυρκαϊάς θα υπάρχει στην μηχανή, θα συντηρείται και θα βρίσκεται συνεχώς σε καλή κατάσταση λειτουργίας για όλη την διάρκεια των εργασιών διάνοιξης της σήραγγας.

### **3.1.5. Όλες οι μηχανές κλειστού τύπου θα είναι εφοδιασμένες με αεροφυλάκιο (air-lock) δύο θαλάμων, για να επιτρέπουν την πρόσβαση των εργαζομένων στην κοπτική κεφαλή και στο μέτωπο εκσκαφής της σήραγγας. Αποκομιδή προϊόντων εκσκαφής**

Η μέθοδος αποκομιδής των προϊόντων εκσκαφής σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την κατηγορία και τον τύπο της μηχανής, ενώ και αντίστροφα οι τυχόν περιορισμοί αποκομιδής των προϊόντων μπορούν να επηρεάσουν την επιλογή της μηχανής.

Οι μέθοδοι και τεχνικές αποκομιδής μπορούν να είναι π.χ.:

- με ανατρεπόμενα οχήματα,
- με τραίνο,
- με σύστημα υδραυλικής μεταφοράς,
- με απ' ευθείας άντληση,
- με μεταφορικές ταινίες.

Τα προβλήματα που είναι δυνατόν να παρουσιαστούν, αναφέρονται στις ιδιότητες των προϊόντων εκσκαφής να επικολλώνται (stickiness) στο μεταφορικό μέσο ή να δημιουργούν συσσωματώματα και κατά βάση συνδέονται με μηχανές αιωρημάτων και EPB. Στις μηχανές EPB θα εξασφαλίζεται η δυνατότητα ρύθμισης των θυρίδων αποκομιδής των προϊόντων εκσκαφής.

Στις μηχανές αιωρημάτων τα προϊόντα εκσκαφής αναμιγνύονται με το αιώρημα σε μία ογκομετρική αναλογία κατάλληλη και το μίγμα αυτό μεταφέρεται, με κατάλληλης δυναμικότητας αντλίες και σωληνώσεις, στην διάταξη διαχωρισμού, όπου τα προϊόντα εκσκαφής διαχωρίζονται και απορρίπτονται ενώ το αιώρημα ανακυκλώνεται για επαναχρησιμοποίηση. Η διάταξη διαχωρισμού απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό, ο οποίος θα ενσωματώνει τα χαρακτηριστικά κάθε ιδιαίτερης περίπτωσης και τις απαιτήσεις απόρριψης των προϊόντων εκσκαφής. Η τροφοδοσία της μηχανής με αιώρημα θα σχεδιάζεται και για περιπτώσεις διαχείρισης έκτακτης κατάστασης όπου απαιτείται η αναπλήρωση απώλειας αιωρήματος.

Στις μηχανές EPB η προσθήκη μπεντονιτικού αιωρήματος είναι δυνατόν να οδηγήσει σε προβλήματα επικόλλησης των υλικών, ενώ η προσθήκη αφρών μπορεί να εισάγει προβλήματα απόρριψης υλικών με μη επιτρεπτές συγκεντρώσεις υδρογονανθράκων.

Το σύστημα μεταφοράς θα σχεδιάζεται έτσι, ώστε να καλύπτει τουλάχιστον την αιχμή ωριαίας παραγωγής, την αιχμή της βάρδιας και την αιχμή της ημερήσιας παραγωγής που ο Ανάδοχος έχει θεωρήσει για την υλοποίηση του χρονοδιαγράμματος του έργου. Ο Κύριος του Έργου θα καθορίζει την απαίτηση για ύπαρξη εφεδρικού μεταφορικού συστήματος και την δυναμικότητά του.

### **3.1.6. Απαιτήσεις κυκλοφορίας σιδηροδρομικών συρμών στις υπόγειες εργασίες**

Ενδεικτικά και όχι περιοριστικά θα τηρούνται τα ακόλουθα:

Οι μηχανές έλξης θα κινούνται από προσωπικό κατάλληλα εκπαιδευμένο, έμπειρο και υγιές με ικανότητα να αντιδράσει και να αποφασίσει σωστά γρήγορα. Οι τροχιές, οι διασταυρώσεις, κ.λ.π. θα είναι ανθεκτικές για να παραλαμβάνουν με ασφάλεια τα προβλεπόμενα φορτία και θα έχουν τις απαιτούμενες διαστάσεις για την κίνηση των προβλεπόμενων βαγονέτων.

Το σύστημα των σιδηροτροχιών θα διατηρείται σε καλή κατάσταση και θα δίνεται ιδιαίτερη προσοχή για την αποφυγή συγκρούσεων, εκτροχιασμών ή άλλων ατυχημάτων. Οι διασυνδέσεις θα είναι εφοδιασμένες με ανθεκτικούς και ισχυρούς μοχλούς. Στο τέλος των τροχιών θα είναι τοποθετημένες αποτελεσματικές διατάξεις απορρόφησης της ενέργειας σε περίπτωση σύγκρουσης.

Οι μηχανές έλξης θα είναι εφοδιασμένες με αποτελεσματικά φρένα. Εάν τα φρένα της μηχανής έλξης δεν είναι αποτελεσματικά, τότε φρένα θα τοποθετούνται και στα βαγονέτα. Η ταχύτητα κίνησης θα είναι συμβατή με την πραγματική κατάσταση της τροχιάς, του φορτίου και της ορατότητας, προκειμένου να είναι εφικτή η αποτελεσματική ακινητοποίηση του συρμού.

Η καμπίνα του οδηγού θα έχει προστατευτικό κάλυμμα, χωρίς όμως να εμποδίζεται η ορατότητά του. Τα τρένα θα είναι εφοδιασμένα με οπτικά και ηχητικά σήματα μεγαλύτερης έντασης αυτής των εργασιών. Ο Ανάδοχος θα εγκαθιστά φωτισμό σε όλα τα σημεία των τροχιών και στα στόμια των σηράγγων.

### **3.1.7. Καύσεις και ηλεκτροσυγκολλήσεις**

Τυχόν καύσεις και ηλεκτροσυγκολλήσεις θα γίνονται εκτός υπογείου όπου αυτό είναι εφικτό. Τέτοιες εργασίες εντός του υπογείου θα γίνονται με την έγκριση της υπηρεσίας. Οι σχετικοί απαιτούμενοι μηχανισμοί θα είναι συμβατοί με τις απαιτούμενες εγκεκριμένες διατάξεις.

### **3.1.8. Αντλήσεις**

Ισχύει η ΠΕΤΕΠ 12-02-02-00. Ο Ανάδοχος θα εγκαθιστά, λειτουργεί και συντηρεί το σύνολο του αντλητικού εξοπλισμού και αποστράγγισης/αποχέτευσης για την απομάκρυνση των συγκεντρωμένων νερών και της λάσπης για την σωστή εκτέλεση και ολοκλήρωση των εργασιών.

Η ικανότητα άντλησης του εγκατεστημένου συγκροτήματος θα είναι τουλάχιστον 1+1/2 φορές αυτή που απαιτείται για την άντληση του εκτιμώμενου όγκου υδάτων.

### **3.1.9. Ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις και εξοπλισμός**

Ο Ανάδοχος θα υποβάλει προς έγκριση λεπτομερή σχεδιασμό των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού.

### **3.1.10. Λοιπές απαιτήσεις μηχανών διάνοιξης σηράγγων**

Ανεξαρτήτως του επιπέδου και την πληρότητας των διατιθέμενων κατά την υποβολή της προσφοράς μελετών, ο Ανάδοχος θα υποβάλλει Μελέτη όπου θα περιγράφονται λεπτομερώς οι διαδικασίες, τα υλικά και οι τρόποι εφαρμογής για την πραγματοποίηση της διάνοιξης, της προσωρινής υποστήριξης ή/και της μόνιμης επένδυσης της σήραγγας κατά τρόπο τέτοιο ώστε να είναι συμβιβασμένες οι επί μέρους τεχνολογικές ιδιαιτερότητες χρησιμοποιήσιμων μέσων. Η ασπίδα της μηχανής διάνοιξης της σήραγγας θα είναι κυκλική (χωρίς να αποκλείεται κάποιο άλλο σχήμα αν κάτι τέτοιο προβλέπεται στην Μελέτη), επαρκώς ανθεκτική για να αποφευχθούν παραμορφώσεις της κατά την διάρκεια των εργασιών διάνοιξης της σήραγγας και κατάλληλη για τις εργασίες τοποθέτησης του δακτυλίου επένδυσης από προκατασκευασμένα στοιχεία εκ σκυροδέματος ή όλων των άλλων μέτρων άμεσης υποστήριξης όπως φαίνονται στα συμβατικά Σχέδια. Η σχεδίαση της ασπίδας θα προνοεί για την ασφάλεια των εργαζομένων και την ασφαλή εκτέλεση όλων των εργασιών διάνοιξης της σήραγγας.

Η μηχανή διάνοιξης της σήραγγας θα αποτελείται από τμήματα κατάλληλου μεγέθους για την μεταφορά - εισκόμιση στην θέση του έργου, την συναρμολόγηση - εγκατάσταση, την τελική αποσυναρμολόγηση και την οριστική αποκόμισή της από το έργο.

Η μηχανή διάνοιξης της σήραγγας θα είναι εφοδιασμένη με σύστημα προώθησης ικανοποιητικής επάρκειας για να μπορεί να διέλθει απρόσκοπτα η μηχανή μέσα από όλα τα γεωυλικά που θα συναντηθούν, στις γραμμές και στις κλίσεις που δείχνονται στα σχέδια. Οι υδραυλικοί κύλινδροι θα είναι ικανοί για ταυτόχρονη ή επί μέρους ενεργοποίηση, ελεγχόμενης πίεσης και μεταβλητού μήκους προχώρησης. Επιπλέον θα είναι εφοδιασμένοι με κατάλληλες πλάκες στήριξης και αντίστοιχης θέσης, έτσι ώστε η τάση από τα έμβολα να κατανέμεται με ασφάλεια στους δακτυλίους της επένδυσης με τα προκατασκευασμένα στοιχεία από σκυρόδεμα ή στην επιφάνεια της βραχώδους εκσκαφής.

Η μηχανή διάνοιξης της σήραγγας θα είναι εφοδιασμένη με σύστημα εγκατάστασης προκατασκευασμένων στοιχείων (εφ' όσον αυτά προβλέπονται από την Μελέτη), ικανό να

τοποθετήσει κάθε προκατασκευασμένο στοιχείο με ασφάλεια στην ακριβή τελική του θέση, στην περιφέρεια του υπό εγκατάσταση δακτυλίου. Τα τοποθετημένα στοιχεία δεν θα πρέπει να επηρεάζονται κατά την προώθηση της μηχανής από άλλα στοιχεία της πέραν των ειδικών διατάξεων προώθησης (έμβολα).

Πρόβλεψη για ηλεκτρική σύνδεση όλων των συστημάτων στην ασπίδα θα γίνει στο στόμιο της σήραγγας και σε διαστήματα που δεν θα υπερβαίνουν τα 500 μ. σε όλο το μήκος της σήραγγας, επιπρόσθετα των προβλέψεων που θα υπάρχουν στην ασπίδα.

Πρόβλεψη για διάταξη κατάλληλης οπτικής και ηχητικής προειδοποίησης και αυτόματης κατάσβεσης πυρκαγιάς θα υπάρχει στην μηχανή, θα συντηρείται και θα βρίσκεται συνεχώς σε καλή κατάσταση λειτουργίας για όλη την διάρκεια των εργασιών διάνοιξης της σήραγγας.

Η μηχανή θα συνοδεύεται από διάταξη πλήρους υποστήριξης (back up), για την αποκομιδή των προϊόντων εκσκαφής από το μέτωπο εκσκαφής, την σήραγγα, τους δρόμους μεταφοράς μέχρι τον χώρο απόθεσης. Η διάταξη υποστήριξης θα πρέπει να οργανώνει τις παρακάτω λειτουργίες:

- Τον διαχωρισμό των γραμμικών ροών μεταφοράς του εκσκαπτόμενου υλικού.
- Τον διαχωρισμό των περιοχών εργασίας από την διαδικασία μεταφοράς.
- Τον διαχωρισμό των συστημάτων υποστήριξης της μηχανής από τις περιοχές εργασίας και την διαδικασία μεταφοράς.

Η διάταξη υποστήριξης λειτουργεί σαν:

- Φορείο των συστημάτων υποστήριξης της μηχανής, όπως κινητήρων, αντλιών, ηλεκτρικών και υδραυλικών συστημάτων, καμπίνας ελέγχου, μεταφορικών ταινιών, σωληνώσεων νερού, αγωγών αερισμού, αποθήκης εξαρτημάτων, εγκατάστασης υγιεινής.
- Γεφύρωμα του χώρου εργασίας με τον περαιωμένο ανάστροφο πυθμένα.

### **3.1.11. Σύστημα διεύθυνσης – πλοήγησης**

Το σύστημα διεύθυνσης και πλοήγησης θα είναι συμβατό με την κατηγορία και τον τύπο της μηχανής, την μόνιμη επένδυση της σήραγγας και την χρήση της (οδική, υδραυλική κ.λπ.). Ανεξάρτητα από την πολυπλοκότητα του συστήματος πρέπει κατ' ελάχιστον:

- Να εξασφαλίζεται η μεταφορά όδευσης μέσα στην σήραγγα και να κλείνει όσο το δυνατόν σε κοντινές αποστάσεις.
- Να εξασφαλίζεται η εκτέλεση κανονικών και ακριβών τοπογραφικών ελέγχων της θέσης της μηχανής και της επένδυσης.
- Να καθορίζεται πόσο γρήγορα (ταχύτητα, χρόνος, απόσταση) η μηχανή μπορεί να αντιδράσει σε τροποποίηση της διαδρομής της.

Το σύστημα ελέγχου διεύθυνσης και πλοήγησης στις μηχανές ολομέτωπης κοπής θα είναι πλήρως αυτόματο ή ημιαυτόματο. Ο συνολικός σχεδιασμός της μηχανής και της υποστηρικτικής διάταξης θα εξασφαλίζει την συνέχεια ενός ανοικτού παραθύρου διαδρομής ακτίνας laser, ενώ θα περιλαμβάνει και όλα τα εξαρτήματα έντεχνης λειτουργίας σε θέση εύκολα προσπελάσιμη.

Στις μηχανές ολομέτωπης κοπής με ασπίδα και επένδυση από προκατασκευασμένα στοιχεία θα εξασφαλίζεται η ακριβής τοποθέτηση αυτών ως προς τον άξονα της Μελέτης (κεντράρισμα της επένδυσης). Οι μέγιστες αποδεκτές ανοχές στο κεντράρισμα της επένδυσης καθορίζονται ως η περιβάλλουσα που σχηματίζει κύκλο διαμέτρου κατά 20 εκ. μεγαλύτερης από την θεωρητική διάμετρο της σήραγγας ή όπως αλλιώς προδιαγράφεται στα συμβατικά τεύχη. Η περιβάλλουσα αυτή εμπεριέχει και τις ανοχές πιθανών παραμορφώσεων της επένδυσης. Κατά την διάρκεια της διάνοιξης θα καταγράφονται και θα ελέγχονται:

- Η δύναμη προώθησης.
- Η πίεση του εμβόλου προώθησης.
- Η δύναμη προώθησης στην κοπτική κεφαλή.
- Οι στροφές της κοπτικής κεφαλής.
- Η πίεση ροής και η θερμοκρασία λαδιού και γράσου του κυρίου τριβέα.
- Το αζιμούθιο της μηχανής και η θέση όπου βρίσκεται.
- Η σχετική θέση της μηχανής και της επένδυσης σε σχέση με αυτή της Μελέτης.
- Τα χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού φορτίου.

Ανάλογα με τον τύπο της μηχανής που θα επιλεγεί, τα παρακάτω στοιχεία θα πρέπει να ελέγχονται:

- Η πίεση θαλάμου της κοπτικής κεφαλής.
- Η πίεση, η παροχή και η πυκνότητα του μπεντονιτικού αιωρήματος.
- Το επίπεδο του αιωρήματος.
- Η πληρότητα του θαλάμου της κοπτικής κεφαλής και η πυκνότητα του υλικού στις μηχανές EPB.
- Η ταχύτητα του κοχλιωτού μεταφορέα αποκομιδής.
- Η πίεση στον κοχλιωτό μεταφορέα αποκομιδής.
- Η πίεση του πεπιεσμένου αέρα στον θαλαμίσκο.
- Ο όγκος του αποκομισθέντος εδάφους και αντίστοιχης προχώρησης.

Η μηχανή και το σύστημα εγκατάστασης της μόνιμης επένδυσης θα είναι τέτοια, ώστε να επιτρέπουν την κατασκευή σήραγγας σε καμπύλο άξονα με ακτίνα καμπυλότητας μέχρι 70 φορές την εσωτερική ακτίνα της μόνιμης επένδυσης σε οριζοντιογραφία ή/ και μηκοτομή.

### **3.2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ**

Ο Ανάδοχος θα προμηθεύσει, θα εγκαταστήσει, θα συντηρήσει, θα προωθήσει και στο τέλος των εργασιών διάνοιξης θα αποσυναρμολογήσει και θα μετακινήσει από το έργο την μηχανή διάνοιξης της σήραγγας.

Πριν εισκομισθεί η μηχανή στην περιοχή του έργου, θα συναρμολογηθεί πλήρως στις εγκαταστάσεις του Αναδόχου ή του Κατασκευαστή με όλα τα υδραυλικά συστήματα πλήρως ενσωματωμένα για επιθεώρηση ετοιμότητας και πληρότητας για εργασία. Προκατασκευασμένα στοιχεία από σκυρόδεμα για τον δακτύλιο υποστήριξης θα πρέπει να βρίσκονται για επίδειξη της εγκατάστασής τους.

Ο Ανάδοχος θα προμηθεύσει στην Υπηρεσία όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που θα τον βοηθήσουν στην παρακολούθηση του ελέγχου λειτουργίας της, για να διασφαλισθεί ότι η σχεδίαση και η κατασκευή της μηχανής έγινε σύμφωνα με τις απαιτούμενες προδιαγραφές.

Η μηχανή για την εγκατάσταση της στο έργο θα συναρμολογηθεί στον προβλεφθέντα χώρο εγκατάστασης, στην απαιτούμενη θέση και υψόμετρο, με μέγιστη ανοχή 6 χλστ. στην εξωτερική διάμετρο εκκαφής και 20 mm στην εσωτερική περιφέρεια ή όπως αλλιώς καθορισθεί στην Μελέτη.

Ο Ανάδοχος θα λειτουργήσει και θα συντηρεί την μηχανή σύμφωνα με τις οδηγίες λειτουργίας και συντήρησης του Κατασκευαστή της μηχανής. Η διαθεσιμότητα (availability) της μηχανής δεν θα είναι μικρότερη από 85%.

Ο Ανάδοχος θα διαθέτει στο εργοτάξιο πλήρεις, λεπτομερείς οδηγίες λειτουργίας της μηχανής, συντεταγμένες και υπογεγραμμένες από τον Κατασκευαστή ενώ θα παραδώσει και δύο σειρές και στην υπηρεσία.

Ο Ανάδοχος θα διαθέτει στο εργοτάξιο πλήρεις οδηγίες συντήρησης της μηχανής, συντεταγμένες και υπογεγραμμένες από τον Κατασκευαστή, ενώ θα παραδώσει δύο σειρές και στην Υπηρεσία. Σε αυτές θα καθορίζεται η φύση των επισκευών και τα συνιστώμενα χρονικά ή λειτουργικά διαστήματα εκτέλεσής τους. Ειδικότερα, τα κοπτικά εργαλεία θα επιθεωρούνται και αντικαθίστανται πριν η φθορά επηρεάσει τους αντιτριβικούς δακτυλίους (κουζινέτα, bushes). Στις μηχανές όπου η επιθεώρηση και ο έλεγχος είναι δύσκολος ή/και χρονοβόρος, θα καθορίζονται οι ενδείξεις (π.χ. αύξηση της ροπής στρέψης, της δύναμης προώθησης) που πρέπει να αξιολογούνται για την επιλογή του βέλτιστου χρόνου αντικατάστασης των κοπτικών εργαλείων. Όλες οι εργασίες συντήρησης θα επιβλέπονται από εντεταλμένο Μηχανικό και θα καταχωρούνται σε ειδικά λεπτομερή έντυπα.

Ο Ανάδοχος θα εξασφαλίσει, μετά από πρόταση του Κατασκευαστή, επί τόπου του έργου επαρκείς ποσότητες ανταλλακτικών και υλικών συντήρησης, που, χωρίς να περιορίζονται, θα περιλαμβάνουν τα εξής:

- Μία πλήρη σειρά κυκλικών δίσκων, κοπτήρων και δοντιών.
- Ειδικά υδραυλικά έμβολα, υδραυλικούς σωλήνες και συναφή.
- Ράουλα του συστήματος αποκομιδής προϊόντων εκσκαφής.

Οι χειριστές και οι μηχανικοί συντήρησης της μηχανής του Αναδόχου θα εκπαιδευτούν από τον Κατασκευαστή πριν την έναρξη των εργασιών. Τεχνικός αντιπρόσωπος του Κατασκευαστή της μηχανής με τις απαραίτητες γνώσεις σχετικά με την εγκατάσταση - συναρμολόγηση, την λειτουργία, την συντήρηση και την επιδιόρθωση σε περίπτωση βλάβης της μηχανής θα ενσωματωθεί στο προσωπικό του Αναδόχου επί τόπου του έργου καθ' όλη την διάρκεια των εργασιών διάνοιξης της σήραγγας.

Με την περάτωση της διάνοιξης της σήραγγας, η μηχανή θα αποσυναρμολογηθεί και θα μετακινηθεί έξω από την σήραγγα.

Αν απαιτηθεί να μετακινηθεί η μηχανή για την διάνοιξη άλλης σήραγγας στο Έργο, αυτή θα καθαρισθεί, θα επανεπισκευασθεί και θα δοκιμασθεί πριν αρχίσουν οι εργασίες διάνοιξης στην επόμενη σήραγγα.

Στις περιπτώσεις των μηχανών χωρίς υποστήριξη στο μέτωπο εκσκαφής, όταν για κάποιο λόγο δεν γίνονται εργασίες εκσκαφής, θα διασφαλίζονται με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ή με οποιοδήποτε άλλο μέσο εγκριθεί από τον Μελετητή και την Υπηρεσία, για την αποφυγή οποιωνδήποτε μετακινήσεων ή απώλειας εδάφους στην ευρύτερη περιοχή της σήραγγας.

Η υπερκοπή θα διατηρηθεί στο ελάχιστο δυνατό. Πιθανά κενά μεταξύ μόνιμης επένδυσης και αρχικής υποστήριξης ή γεωυλικού θα πληρωθούν με ένεμα το γρηγορότερο δυνατό.

Όλες οι εργασίες υπόγειας εκσκαφής σήραγγας θα γίνονται για μήκος ενός δακτυλίου επένδυσης με προκατασκευασμένα στοιχεία από σκυρόδεμα την φορά (αν αυτή η μέθοδος άμεσης υποστήριξης τελικά υιοθετηθεί). Όταν αρχίσουν οι εργασίες υπόγειας εκσκαφής για μήκος ενός δακτυλίου επένδυσης (προσωρινής ή τελικής), η εργασία θα συνεχίσει χωρίς διακοπή μέχρι την πλήρη εγκατάσταση και τσιμεντένεση επαφής του δακτυλίου.

Εάν οι συνθήκες ευστάθειας της σήραγγας σε σχέση με την λειτουργία του μηχανήματος το επιβάλλουν, η εκσκαφή θα γίνεται συνεχώς, χωρίς διακοπή, μέρα και νύχτα.



### 3.2.1. Εργασίες εκσκαφής σήραγγας με χρήση πεπιεσμένου αέρα

Οι εργασίες σε συνθήκες πεπιεσμένου αέρα, οι εγκαταστάσεις πεπιεσμένου αέρα, οι θάλαμοι μετάβασης (air lock) και οι λοιπές συναφείς εγκαταστάσεις θα είναι συμβατές με τις απαιτήσεις του Κώδικα Καλής Πρακτικής για την ασφάλεια σε σήραγγες, BS 6164:1990.

Ο Ανάδοχος θα υποβάλλει στην Υπηρεσία σε εβδομαδιαία βάση ενημερωμένα στοιχεία με τον αριθμό των αποσυμπιέσεων και επανασυμπιέσεων και τον αριθμό των περιστατικών υγείας σχετικά με τις αποσυμπιέσεις.

Ο Ανάδοχος θα τηρεί πλήρη και συνεχή στοιχεία ποσοτήτων αέρα χαμηλής πίεσης στα διάφορα μέτωπα εργασίας και θα υποβάλλει αντίγραφο στην Υπηρεσία κάθε ημέρα. Η πίεση αέρα σε κάθε μέτωπο εργασίας θα καταγράφεται συνεχώς σε εικοσιτετράωρη βάση και αντίγραφο των στοιχείων αυτών θα υποβάλλεται στην Υπηρεσία κάθε ημέρα.

Όλη η ξυλεία που χρησιμοποιείται ή υπάρχει στην περιοχή όπου χρησιμοποιείται πεπιεσμένος αέρας θα πρέπει να μην αναφλέγεται.

Όπου πρόκειται να χρησιμοποιηθεί πεπιεσμένος αέρας, θα γίνουν οι παρακάτω προβλέψεις:

- α) Ο Ανάδοχος θα προμηθεύσει, θα εγκαταστήσει και θα συντηρεί επί τόπου του έργου πλήρη εγκατάσταση πεπιεσμένου αέρα χαμηλής πίεσης, αποτελούμενου από τους απαραίτητους συμπιεστές, κινητήρες, ψύκτες, σωληνώσεις στους θαλάμους μετάβασης, βάνες, εξοπλισμό πυρόσβεσης, μετασχηματιστές, ηλεκτρικές καλωδιώσεις, όλες τις ηλεκτρικές συσκευές και τις θεμελιώσεις.
- β) Η βασική εγκατάσταση χαμηλής πίεσης θα είναι ικανή να παρέχει αέρα στον θάλαμο εργασίας στην μέγιστη απαιτούμενη πίεση. Η εγκατάσταση δεν θα περιλαμβάνει λιγότερες από τρεις μονάδες της ίδιας περίπτωσης δυναμικότητας. Εναλλακτική εφεδρική μονάδα θα πρέπει να είναι διαθέσιμη για την τροφοδοσία των θαλάμων μετάβασης.
- γ) Ο Ανάδοχος θα υπολογίσει την απαιτούμενη δυναμικότητα της εγκατάστασης για να αντιμετωπισθούν οι επί τόπου συνθήκες και την περατότητα σε αέρα της επένδυσης. Θα προμηθεύσει την εγκατάσταση για παροχή του απαιτούμενου όγκου αέρα με επαρκή εφεδρική ικανότητα για απρόβλεπτες καταστάσεις.
- δ) Οι αεροσυμπιεστές θα είναι ηλεκτρικοί και θα έχουν πετρελαιοκινητήρες σε εφεδρεία που θα μπαίνουν αυτόματα σε λειτουργία σε περίπτωση διακοπών ηλεκτρικής ενέργειας.
- ε) Οι προδιαγραφές της ελαχίστης δυναμικότητας δεν αίρουν την ευθύνη του Αναδόχου για την προμήθεια συμπληρωματικής εγκατάστασης αν αυτή απαιτηθεί χωρίς πρόσθετη δαπάνη στην Υπηρεσία.
- στ) Οι διατάξεις ελέγχου της πίεσης θα είναι τέτοιες, ώστε να μπορούν να ανταποκρίνονται στις συνθήκες μετώπου και σε κάθε περίπτωση θα παραμένουν  $\pm 7$  kPa της επιθυμητής πίεσης.
- ζ) Μέγιστη προσοχή θα δοθεί στην μελέτη και στην κατασκευή του κτιρίου των συμπιεστών για να διατηρηθεί το επίπεδο του θορύβου στο χαμηλότερο δυνατό. Επαρκής ηχομόνωση θα προβλεφθεί στην οροφή και στους τοίχους.
- η) Ο Ανάδοχος θα υποβάλλει για έγκριση στην Υπηρεσία την πλήρη και λεπτομερειακή του πρόταση για την εγκατάσταση της χαμηλής πίεσης πριν την έναρξη λειτουργίας της.

Στον χώρο του έργου σήραγγας που διανοίγεται με χρήση πεπιεσμένου αέρα θα υπάρχει συνεχής παρουσία ιατρού σε όλες τις ώρες εργασίας.

Ο Ανάδοχος θα προμηθεύσει, θα εγκαταστήσει και θα συντηρεί όλες τις απαραίτητες κεφαλές μετάβασης (bulkheads) και τους θαλάμους μετάβασης που μπορεί να απαιτηθούν στην κατασκευή.

Για την αποφυγή απωλειών πεπιεσμένου αέρα στο διανοιχθέν τμήμα της σήραγγας, θα κατασκευασθεί και η τελική επένδυση από σκυρόδεμα πριν την εφαρμογή πεπιεσμένου αέρα. Μήκος 10 μ. σήραγγας στην πλευρά ατμοσφαιρικής πίεσης από την κεφαλή μετάβασης επίσης θα προστατεύεται από απώλεια πεπιεσμένου αέρα.

Ο Ανάδοχος θα υποβάλλει προς έγκριση στην Υπηρεσία πλήρεις λεπτομέρειες των προτάσεων του για την προμήθεια κεφαλών μετάβασης και θαλάμων μετάβασης για εργαζομένους και υλικά.

Δίκτυο τηλεφωνικής επικοινωνίας θα εγκατασταθεί και θα συντηρείται μεταξύ του τμήματος όπου γίνονται οι εργασίες κάτω από πεπιεσμένο αέρα και αυτού όπου δεν γίνονται, και οι υπεύθυνοι των θαλάμων μετάβασης θα βρίσκονται σε τηλεφωνική επικοινωνία με το προσωπικό του ελέγχου της χαμηλής πίεσης στις εγκαταστάσεις πεπιεσμένου αέρα. Ο Ανάδοχος θα προμηθεύσει, θα εγκαταστήσει και θα συντηρεί τις απαραίτητες τηλεφωνικές συσκευές για τον παραπάνω σκοπό έχοντας πάντοτε εφεδρική διαθεσιμότητα.

Όλες οι θύρες του θαλάμου μετάβασης θα είναι κατασκευασμένες από χάλυβα. Χρήση χυτοσιδήρου για την κατασκευή των θυρών του θαλάμου μετάβασης δεν επιτρέπεται.

Οι θάλαμοι μετάβασης θα κατασκευασθούν σε περιοχές που θα συμφωνηθούν με την Υπηρεσία και θα είναι άμεσα έτοιμοι, έτσι ώστε να μπορούν να τεθούν σε λειτουργία χωρίς καθυστερήσεις όταν απαιτηθεί η χρήση πεπιεσμένου αέρα.

### **3.3. ΤΗΡΟΥΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ**

Ο Ανάδοχος θα τηρεί ακριβή στοιχεία για όλες τις υπόγειες εκσκαφές που θα εκτελεστούν στα πλαίσια αυτής της σύμβασης. Τα στοιχεία θα είναι πλήρη ώστε να επιτρέπουν την ακριβή απεικόνισή τους σε κάτοψη και τομή στο γενικό δελτίο καταγραφής των στοιχείων εκσκαφής των θέσεων και των ορίων της προχώρησης.

Στο τέλος κάθε βάρδιας, ο Ανάδοχος θα παραδίδει στην Υπηρεσία δύο (2) αντίγραφα των στοιχείων εκσκαφής που καταγράφηκαν στην βάρδια αυτή. Τα στοιχεία θα καταγράφονται σε εγκεκριμένα έντυπα και θα φέρουν τις υπογραφές του εκπροσώπου του Αναδόχου και της Υπηρεσίας, οι οποίοι θα ελέγχουν και θα πιστοποιούν τα στοιχεία των σχετικών εντύπων στο τέλος κάθε βάρδιας.

Χωρίς να περιορίζεται η γενικότητα των προαναφερθέντων, οι εκθέσεις κάθε βάρδιας θα περιλαμβάνουν τα ακόλουθα στοιχεία τόσο της εκσκαφής όσο και της λειτουργίας της μηχανής όπως παρακάτω:

- α) Την χιλιομετρική θέση του μετώπου κατά την έναρξη και το τέλος κάθε κύκλου προχώρησης.
- β) Τα τοπογραφικά στοιχεία της προχώρησης όπως άξονα, αζιμούθιο κ.λπ. και την διάμετρο εκσκαφής (στην περίπτωση που η μηχανή είναι εφοδιασμένη με εξοπλισμό δημιουργίας υπερεκσκαφής).
- γ) Την κατηγορία της βραχομάζας και τον τύπο της αρχικής υποστήριξης.
- δ) Τον χρόνο λειτουργίας της μηχανής (τόσο διάτρησης όσο και μη διάτρησης) με τον τελικό αριθμό των τοποθετηθέντων προκατασκευασμένων στοιχείων άμεσης ή/και τελικής επένδυσης.
- ε) Λεπτομέρειες βλαβών της μηχανής.
- στ) Λεπτομέρειες εκτελεσθεισών συντηρήσεων της μηχανής.
- ζ) Κατάλογο αλλαγών δίσκων και κοπτήρων της κοπτικής κεφαλής της μηχανής.
- η) Αριθμό, μήκος, θέση και τύπο χαλύβδινων πλαισίων ή ημιπλαισίων, αγκυρίων βράχου, μεταλλικού πλέγματος κ.λπ. που έχουν τοποθετηθεί σαν άμεση υποστήριξη. Επίσης όλα τα

στοιχεία του εκτοξευομένου σκυροδέματος, των ενσωματωμένων χαλυβδίνων ινών, των προκατασκευασμένων στοιχείων της επένδυσης (μετά των στοιχείων δαπέδου) κ.λπ. που χρησιμοποιήθηκαν.

- θ) Τον αριθμό και τις ειδικότητες των εργαζομένων και τον αριθμό και τις κατηγορίες εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε.
- ι) Ασυνήθη περιστατικά που θα περιλαμβάνουν, ενδεικτικά αλλά όχι περιοριστικά, καταπτώσεις τεμαχίων βράχου, εισροές υπόγειου νερού ή αερίων κ.λπ.

#### 4. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΠΕΡΑΙΩΜΕΝΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ

- Έλεγχος συμμόρφωσης και αποδοχής χρησιμοποιούμενων υλικών.
- Έλεγχος των καθιζήσεων που επιτεύχθηκαν (ικανοποίηση απαιτήσεων της Μελέτης), εάν περιλαμβάνεται τέτοιο θέμα στις απαιτήσεις επιτελεστικότητας.
- Έλεγχος υπερεκσκαφών και διερεύνηση του βαθμού πλήρωσής τους με ένεμα συμβατό με τον τύπο της κατασκευής.
- Έλεγχος των γεωμετρικών στοιχείων της σήραγγας. Οι γραμμές Α και Β, όπως έχουν οριστεί στην προδιαγραφή 12-02-01-01, ισχύουν και για την εκσκαφή σηράγγων με μηχανικά μέσα, με την παρατήρηση ότι οι γραμμές συμπίπτουν (η απόσταση γραμμών Α-Β είναι μηδενική με μετατόπιση της γραμμής Β προς το εσωτερικό). Η ανωτέρω παρατήρηση μπορεί να μην ισχύει για τις μηχανές με βραχίονα χωρίς υποστήριξη (παρ. 1.1.1.1), για τις οποίες μπορεί να καθορίζεται απόσταση Α-Β μεγαλύτερη της μηδενικής.

Εκτός από τις ανοχές που έχουν ενσωματωθεί στην διατομή της σήραγγας από την Μελέτη, θα εξετάζονται και οι τυχόν αποκλίσεις του άξονα της πραγματικής εκσκαφής της σήραγγας σε σχέση με τον θεωρητικό άξονα της σήραγγας, έτσι ώστε να εξασφαλισθεί η απαιτούμενη, σύμφωνα με την Μελέτη, γεωμετρία του θεωρητικού άξονα της σήραγγας (οριζοντιογραφικά και υψομετρικά). Αν στην Μελέτη δεν ορίζεται διαφορετικά, οι μέγιστες αποκλίσεις είναι οι ακόλουθες:

	Οδικές	Σιδηροδρομικές ή Metro	Υδραυλικές
- <u>Για σήραγγες μήκους <math>L \leq 500</math> m</u>			
Μέγιστη οριζοντιογραφική απόκλιση άξονα	$\pm 0,05m$	$\pm 0,03m$	$\pm 0,10m$
Μέγιστη υψομετρική απόκλιση άξονα	$\pm 0,03m$	$\pm 0,02m$	$\pm 0,06m$
- <u>Για σήραγγες μήκους <math>L \geq 1.000</math> m</u>			
Μέγιστη οριζοντιογραφική απόκλιση άξονα	$\pm 0,10m$	$\pm 0,03m$	$\pm 0,15m$
Μέγιστη υψομετρική απόκλιση άξονα	$\pm 0,05m$	$\pm 0,02m$	$\pm 0,08m$
- Για ενδιάμεσα μήκη θα ισχύει γραμμική παρεμβολή.			

Ός προς την εσωτερική και εξωτερική ακτίνα της μόνιμης επένδυσης της σήραγγας, αν στην Μελέτη δεν ορίζεται διαφορετικά, οι μέγιστες αποκλίσεις είναι οι ακόλουθες:

	Οδικές	Σιδηροδρομικές ή Metro	Υδραυλικές
Μέγιστη απόκλιση ως ποσοστό της ακτίνας	1,0%	0,5%	1,0%

## 5. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΥΓΙΕΙΝΗΣ - ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Η ανάλυση επικινδυνότητας που θα συντάξει ο Ανάδοχος και θα ελέγξει και θα διορθώσει η Υπηρεσία, όπως τελικώς θα είναι εγκεκριμένη, θα καθορίζει τους πιθανούς κινδύνους και τις σχετιζόμενες επικινδυνότητες και θα προτείνει μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης των επιπτώσεων. Σε γενική προσέγγιση οι πιθανοί κίνδυνοι και τα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης είναι αυτά που φαίνονται ενδεικτικά και όχι περιοριστικά παρακάτω και για τα οποία θα πρέπει να υπάρχει ειδική ανάλυση στο σχετικό ΣΑΥ.

### 5.1. ΠΙΘΑΝΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Ενδεικτικά αναφέρονται:

- Τεχνολογική αστοχία επιλογής μηχανής και τρόπος εργασίας ως προς την ικανότητα αντιμετώπισης των συνθηκών σε μέρος ή σε όλο το μήκος του έργου ή και ανάγκη προσαρμογής για αντιμετώπιση εκτάκτων ειδικών συνθηκών.
- Καταπτώσεις γεωυλικών ή στοιχείων της άμεσης υποστήριξης.
- Καθιζήσεις μεγαλύτερες από τις αναμενόμενες. Βλάβες σε δημόσια ή ιδιωτική περιουσία.
- Εργασία παρουσία σκόνης, καπνού και επιβλαβών αερίων και υπό συνθήκες θορύβου, ο οποίος αυξάνεται με την ανάκλαση στις παρειές της σήραγγας. Οι μεγαλύτερες πηγές θορύβου είναι η κοπτική κεφαλή (κυρίως στις ανοικτού τύπου μηχανές), τα οχήματα σιδηροδρομικής μεταφοράς, οι σωληνώσεις μεταφοράς του αιωρήματος και τα μηχανήματα συμπληρωματικών εργασιών στο υπόγειο εργοτάξιο.
- Επέκταση των σωληνώσεων εισκόμισης αιωρήματος και αποκομιδής μίγματος αιωρήματος – προϊόντων εκσκαφής. Καθώς η μηχανή προωθείται με συνεχή τρόπο και οι εύκαμπτοι σύνδεσμοι επιτρέπουν μόνο περιορισμένες μετακινήσεις, οι σωληνώσεις πρέπει να επεκτείνονται σε ορισμένα διαστήματα. Η δυσκολία είναι σημαντική καθώς οι σωληνώσεις μπορεί να έχουν σημαντικό βάρος και πρέπει να τοποθετηθούν σε συνθήκες περιορισμένου χώρου, με γερανούς, ανυψωτικά βίντσια και μυϊκή δύναμη.
- Εργασία σε χώρο περιορισμένο, παρουσία εμποδίων και με την υποχρέωση εξασφάλισης ασφαλών συνθηκών διακίνησης στην σήραγγα κατά την διάρκεια κατασκευής της. Διακίνηση στην διανοιγείσα σήραγγα κατά την διάρκεια κατασκευής - διάδρομοι πεζών. Δεδομένου ότι οι μεγαλύτεροι κίνδυνοι οφείλονται σε κακές συνθήκες ή σε εμπόδια στους διαδρόμους κίνησης πεζών, θα εξασφαλίζονται επαρκώς ασφαλείς συνθήκες διακίνησης, λαμβάνοντας υπόψη τον περιορισμένο διατιθέμενο χώρο και την ολισθηρότητα.
- Εργασία σε περιορισμένο χώρο.
- Ηλεκτροπληξία.
- Βραχυκύκλωμα και πυρκαϊά ή επέκταση της πυρκαϊάς σε υδραυλικά λάδια.
- Εργασία με πεπιεσμένο αέρα.
- Μεταφορά και ανύψωση βαρέων αντικειμένων.
- Κίνηση συρμών και διασταύρωση με άλλα οχήματα και πεζούς σε υπόγειο χώρο.
- Κίνδυνοι από χρήση ουσιών. Οι κίνδυνοι αυτοί για τις κυριότερες ουσίες φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΥΛΙΚΑ	ΠΙΘΑΝΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ
Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα	Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα σε συνδυασμό με το είδος του τσιμέντου ή/και των χρησιμοποιημένων προσμίκτων δημιουργεί προσβολές στο αναπνευστικό και στην επιδερμίδα των γυμνών επιφανειών των χειριστών. Ισχύουν οι σχετικές αναφορές σε άλλες προδιαγραφές χρήσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος στα υπόγεια έργα. Γενικώς πρέπει να ληφθεί υπόψη η υποχρέωση τήρησης κανόνων για χρήση ειδικών τσιμέντων και/ή αλκαλικών προσμίκτων.
Μπεντονίτης	Σε ξηρή κατάσταση δημιουργεί αναπνεύσιμη σκόνη. Σε υγρή κατάσταση δημιουργεί ολισθηρές επιφάνειες.
Πολυμερή	Γενικά χαμηλού κινδύνου για την υγεία.
Αφροί και Αφριστικοί Παράγοντες	Βλαβερά. Δημιουργούν ερεθισμούς.

Τα ακρυλαμίδια κατηγοριοποιούνται ως καρκινογενείς παράγοντες κατηγορίας 2. Τα πολυακρυλαμίδια με υπολειπόμενη περιεκτικότητα μονομερούς μικρότερη από 0,1% δεν κατατάσσονται στην κατηγορία 2.

Επίσης τα υλικά θα κατηγοριοποιούνται ως μη εύφλεκτα και μη διαδίδοντα την φωτιά.

## 5.2. ΜΕΤΡΑ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Ποσοστό 10% τουλάχιστον του κυρίου προσωπικού (ειδικοί τεχνίτες, χειριστές, εργοδηγοί, μηχανικοί) για την εκτέλεση της εργασίας θα έχουν αποδεδειγμένη προϋπηρεσία σε ανάλογη εργασία. Η συμμόρφωση προς τα παρακάτω νομικά κείμενα ή και άλλα σχετικά ισχύοντα, που είναι σχετικά με την ασφάλεια και υγιεινή των εργαζομένων σε υπόγεια τεχνικά έργα είναι υποχρεωτική.

- Π.Δ.1073/16-9-81 “Περί μέτρων ασφαλείας κατά την εκτέλεση εργασιών εις εργοτάξια οικοδομικών και πάσης φύσεως έργων αρμοδιότητας Πολιτικού Μηχανικού”
- Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (ΦΕΚ 931Β/ 31.12.84)
- Υπουργική Απόφαση Δ7/Α/Φ114080/732/96 “Ενσωμάτωση των διατάξεων της οδηγίας 92/104/ΕΟΚ “περί των ελάχιστων προδιαγραφών για την βελτίωση της προστασίας της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων στις υπαίθριες ή υπόγειες εξορυκτικές βιομηχανίες” στον Κανονισμό Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών” (ΦΕΚ 771/Β)
- Π.Δ.252/89 “Περί υγιεινής και ασφαλείας στα υπόγεια τεχνικά έργα” (ΦΕΚ 106Β/ /2.5.89)
- Κανονισμός Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων (ΦΕΚ 59Β/11.5.65 και ΦΕΚ 293Β/ 11.5.63)
- Π.Δ. 305/96 “Ελάχιστες προδιαγραφές ασφαλείας και υγείας που πρέπει να εφαρμόζονται στα προσωρινά ή κινητά εργοτάξια, σε συμμόρφωση προς την οδηγία 92/57/ΕΟΚ” (ΦΕΚ 212Α/29-8-96), σε συνδυασμό με την υπ’ αριθμ. 130159/7-5-97 Εγκύκλιο του Υπουργείου Εργασίας και την Εγκύκλιο 11 (Αρ. Πρωτ. Δ16α/165/10/258/ΑΦ/19-5-97) του ΥΠΕΧΩΔΕ, σχετικά με το εν λόγω Π.Δ.
- Π.Δ. 396/94 (ΦΕΚ:221/Α/94) “Ελάχιστες προδιαγραφές ασφαλείας και υγείας για την χρήση από τους εργαζόμενους εξοπλισμών ατομικής προστασίας κατά την εργασία σε συμμόρφωση προς την οδηγία του Συμβουλίου 89/656/ΕΟΚ “

Οι ελάχιστες απαιτήσεις των μέσων ατομικής προστασίας είναι οι εξής:

- Προστατευτική ενδυμασία: EN 863:1995: Protective clothing - Mechanical properties - Test method: Puncture resistance - Προστατευτική ενδυμασία. Μηχανικές ιδιότητες. Δοκιμή αντοχής σε διάτρηση.
- Προστασία χεριών και βραχιόνων: EN 388:2003: Protective gloves against mechanical risks -- Γάντια προστασίας έναντι μηχανικών κινδύνων.
- Προστασία κεφαλιού: EN 397:1995: Industrial safety helmets (Amendment A1:2000) -- Κράνη προστασίας.
- Προστασία ποδιών: EN 345-2:1996: Safety Footwear for Professional Use - Part 2. Additional Specifications Superseded by EN ISO 20345:2004 - Υποδήματα ασφαλείας για επαγγελματική χρήση (αντικαταστάθηκε από το πρότυπο EN ISO 20345:2004).

Σε περίπτωση που το Σχέδιο Υγιεινής και Ασφάλειας (Σ.Α.Υ.) και ο Φάκελος Υγιεινής και Ασφάλειας (Φ.Α.Υ.) δεν προβλέπουν διαφορετικά, θα προβλέπονται ότι απαιτείται για το έργο και τον εξοπλισμό και τουλάχιστον τα παρακάτω:

#### A. Ομάδα Έκτακτης Επέμβασης

Θα οργανώνεται ομάδα έκτακτης ανάγκης από το προσωπικό διάνοιξης της σήραγγας. Η ομάδα αυτή θα είναι κατάλληλα οργανωμένη, ώστε επαρκής αριθμός μελών της να είναι διαθέσιμος για δράση και βοήθεια, οποτεδήποτε κατά την διάρκεια των εργασιών.

Η υπ' όψη ομάδα θα εκπαιδευτεί από ειδικευμένο πρόσωπο. Κάθε μέλος της ομάδας θα είναι ικανό να δώσει πρώτες βοήθειες και να λειτουργήσει τον εξοπλισμό υποβοήθησης της αναπνοής και τον εξοπλισμό πυρόσβεσης και θα έχει γνώση των τοπικών συνθηκών. Στην διάθεση της ομάδας θα είναι εξοπλισμός και μηχανήματα για την προσπέλαση και του πιο απομακρυσμένου χώρου εργασίας.

#### B. Τηλεπικοινωνιακές Συνδέσεις

Τα μέτωπα εκσκαφής σήραγγας και οι άλλες θέσεις εκτέλεσης εργασιών θα συνδέονται τηλεπικοινωνιακά με τα μέτωπα (στόμια) αυτών. Οι αναγκαίες συσκευές θα είναι αναρτημένες στα τοιχώματα των σηράγγων, κοντά στο μέτωπο εκσκαφής και τις άλλες θέσεις εργασίας, πάνω σε ανθεκτικά κιβώτια, κατάλληλα σημασμένα για χρήση σε περίπτωση ανάγκης. Οι συσκευές στα στόμια των σηράγγων θα είναι εφοδιασμένες με σειρήνα. Επί πλέον θα εξασφαλίζεται η δυνατότητα επικοινωνίας των εργαζομένων στο μέτωπο της σήραγγας και τις άλλες θέσεις εργασίας με τα γραφεία του εργοταξίου, είτε μέσω εγκατάστασης τηλεφώνου, είτε με οποιονδήποτε άλλο τρόπο τηλεπικοινωνίας.

#### Γ. Μέτρα Πυρασφάλειας

Θα λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για την πρόληψη και την καταστολή πυρκαϊών στις θέσεις εργασίας, σε κατασκευές, αποθήκες, μηχανήματα κ.λπ. και θα λαμβάνεται μέριμνα για την διασφάλιση της διάθεσης όλου του απαιτούμενου για τον σκοπό αυτό εξοπλισμού.

Ο εξοπλισμός πυρόσβεσης θα αποτελείται από συστήματα ψεκασμού, φορητούς πυροσβεστήρες τύπου αερίου, σκόνης ή άλλων κατάλληλων χημικών καθώς και από αυτόνομες αντλίες νερού, ανάλογης παροχής και μανομετρικού ύψους, συνοδευόμενες από τους απαραίτητους σωλήνες. Ο εξοπλισμός πυρόσβεσης θα συντηρείται και θα βρίσκεται πάντοτε σε ετοιμότητα.

Θα προβλέπεται ηχητικό και οπτικό σύστημα προειδοποίησης.

#### Δ. Εξοπλισμός Παροχής Πρώτων Βοηθειών

Ενδεικτικά αλλά όχι περιοριστικά, για την αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών και για την παροχή πρώτων βοηθειών θα διατίθενται τα παρακάτω υλικά:

- α. Φορεία τραυματιών.
- β. Μάλλινες κουβέρτες.
- γ. Συσσκευές υποβοήθησης της αναπνοής.
- δ. Φιάλες οξυγόνου.
- ε. Υλικά για επίδεση τραυμάτων, απολύμανση, νάρθηκες κ.λπ.
- στ. Ενέσεις αναλγητικές.
- ζ. Αναπνευστικές συσκευές με φίλτρα για την παρακράτηση σκόνης.
- η. Λαμπτήρες ανθεκτικοί σε έκρηξη.

#### **5.2.1. Αντιμετώπιση αερίων**

##### Έλεγχος Σκόνης και Πυριτίου

Για τον περιορισμό της σκόνης μέσα στις σήραγγες θα πρέπει, παράλληλα με την εγκατάσταση ικανοποιητικού συστήματος αερισμού, όπου απαιτείται οι διατρήσεις να εκτελούνται με νερό και οι μηχανές ανοικτού τύπου να διαθέτουν σύστημα διαβροχής του γεωύλικού στο μέτωπο εκσκαφής.

Η συγκέντρωση λεπτής σκόνης και η περιεκτικότητα αυτής σε διοξείδιο του πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ) θα μετρώνται σε όλες τις δραστηριότητες (μέσα στις σήραγγες) που προκαλούν δημιουργία σκόνης, με μέθοδο της έγκρισης της Υπηρεσίας.

Δείγματα αέρα θα λαμβάνονται 10 ημέρες μετά την έναρξη των υπογείων εκσκαφών, κατόπιν ανά διαστήματα 90 ημερών (ή 30 ημερών τουλάχιστον μετά από σημαντικές αλλαγές στην μέθοδο εκσκαφής) ή όταν απαιτηθεί από την Υπηρεσία. Τα δείγματα θα λαμβάνονται από πραγματικούς χώρους εργασίας. Η δειγματοληψία και οι δοκιμές θα εκτελούνται από ειδικευμένο άτομο ή εργαστήριο. Αντίγραφο των αποτελεσμάτων των δοκιμών θα υποβάλλεται στην Υπηρεσία μέσα σε 2 εβδομάδες από την ημερομηνία δειγματοληψίας.

Η συγκέντρωση λεπτής σκόνης (διαμέτρου μικρότερης από 0,005 mm) δεν θα πρέπει να είναι γενικά μεγαλύτερη από 3 mg/m<sup>3</sup> αέρα και σε σχέση με την περιεκτικότητα διοξειδίου του πυριτίου, αυτή η τιμή μεταβάλλεται ως εξής:

Ποσοστό $\text{SiO}_2$ στην λεπτή σκόνη κατά βάρος	Συγκέντρωση λεπτής σκόνης στον αέρα σε mg/m <sup>3</sup> αέρα
1 - 15%	8,0
20%	6,0
30%	4,0
60%	2,0
80%	1,5
100%	1,3

Εάν η συγκέντρωση λεπτής σκόνης υπερβεί τα παραπάνω όρια, ο Ανάδοχος θα λάβει όλα τα απαραίτητα μέτρα και θα εγκαταστήσει πρόσθετο εξοπλισμό, με τον σκοπό να εξασφαλισθεί ότι η συγκέντρωση σκόνης θα είναι μέσα στα προδιαγραφόμενα ασφαλή όρια.

### Δηλητηριώδη και Εύφλεκτα Αέρια

Η χρήση μηχανών εσωτερικής καύσης, που χρησιμοποιούν ως καύσιμο βενζίνη ή υγραέρια, όπως προπάνιο, βουτάνιο, προπυλένιο ή βουτυλένιο, δεν θα επιτρέπεται στους υπόγειους χώρους εργασίας.

Ο Ανάδοχος θα προμηθεύσει και να συντηρεί εξοπλισμό για την μέτρηση της περιεκτικότητας του αέρα σε δηλητηριώδη αέρια και οξυγόνο σε κάθε μέτωπο εκσκαφής. Δοκιμές για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης μονοξειδίου του άνθρακα, διοξειδίου του άνθρακα, μεθανίου, άλλων ευφλέκτων αερίων και οξυγόνου θα γίνονται στην αρχή κάθε βάρδιας από πεπειραμένο προσωπικό. Θα τηρείται αρχείο των μετρήσεων, που θα είναι διαθέσιμο στην Υπηρεσία ανά πάσα στιγμή.

Οι συγκεντρώσεις αερίων στους υπόγειους χώρους εργασίας δεν θα υπερβαίνουν τα παρακάτω όρια:

- Μονοξείδιο του άνθρακα	:	0,005%	(50 ppm)
- Διοξείδιο του άνθρακα	:	0,5%	(5000 ppm)
- Υδροθείο	:	0,0005%	(5 ppm)
- Μεθάνιο	:	1,0%	(10000 ppm)
- Νιτρικό οξείδιο	:	0,01%	(mg/l)

Η συγκέντρωση άλλων εύφλεκτων αερίων δεν θα υπερβαίνει το 20% του LEL (Lower Explosive Limit) στην ατμόσφαιρα γενικά των σηράγγων.

Θα χρησιμοποιούνται τουλάχιστον δύο όργανα σε κάθε σήραγγα, που θα δείχνουν συνεχώς σε βαθμονομημένη κλίμακα την συγκέντρωση υδροθείου σε θέσεις σε απόσταση 15 cm από το δάπεδο των σηράγγων.

Τα όργανα αυτά αυτόματα θα θέτουν σε λειτουργία σειρήνα που θα είναι δυνατόν να ακουστεί από όλο το προσωπικό στις σήραγγες, όταν η συγκέντρωση υδροθείου υπερβαίνει τα 5 mg/l.

Ο Ανάδοχος θα προμηθεύσει και θα εγκαταστήσει άλλα όργανα για την παρακολούθηση του LEL αερίων σε απόσταση μικρότερη από 30 cm από την κλειδα της σήραγγας. Επίσης θα προμηθεύσει και θα εγκαταστήσει τουλάχιστον δύο όργανα που θα δείχνουν συνεχώς σε βαθμονομημένη κλίμακα το ποσοστό του LEL που επικρατεί σε δύο τουλάχιστον θέσεις σε κάθε σήραγγα, όπως θα εγκριθεί από την Υπηρεσία.

Σύστημα σειρήνας και φωτισμού συναγερμού θα είναι εγκατεστημένο, ώστε να πειδοποιείται το προσωπικό σε θέσεις εργασίας στις σήραγγες, όταν το ποσοστό 5% του LEL καταγράφεται.

Όλα τα παραπάνω όργανα για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης αερίων θα εγκρίνονται και θα βαθμονομούνται από ειδικευμένο εργαστήριο της έγκρισης της Υπηρεσίας.

Όταν η συγκέντρωση δηλητηριωδών ή άλλων εύφλεκτων αερίων υπερβεί τα επιτρεπόμενα όρια που προδιαγράφονται παραπάνω, όλες οι δραστηριότητες θα διακόπτονται αμέσως και το προσωπικό θα μετακινείται άμεσα σε ασφαλείς περιοχές. Όλες οι πηγές σπινθήρων ή φλογών θα απομακρύνονται ή θα διακόπτονται. Η λειτουργία όλου το εξοπλισμού, με εξαίρεση τον εξοπλισμό αερισμού, θα διακόπτεται.

Τα απαιτούμενα μέτρα θα καθορισθούν αμοιβαία από τον Ανάδοχο και την Υπηρεσία. Σε περίπτωση ανάγκης, ο Ανάδοχος θα απασχολήσει ανεξάρτητο σύμβουλο, πεπειραμένο σε εργασίες σε σήραγγες με αέρια. Η επανείσοδος του προσωπικού και η επανέναρξη της εργασίας απαγορεύονται μέχρις ότου η Υπηρεσία δώσει γραπτή άδεια. Θα εξετασθεί και θα συμφωνηθεί η χρήση μηχανών με αντικρηκτική προστασία.



### **5.2.2. Ετοιμότητα μηχανημάτων και επάρκεια επί τόπου υλικών**

Ο Ανάδοχος οφείλει να διαθέτει και να διατηρεί σε ετοιμότητα εξοπλισμό και επαρκείς ποσότητες υλικών, ώστε να καταστεί δυνατό να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά και χωρίς σοβαρές καθυστερήσεις, έκτακτες ή απρόβλεπτες καταστάσεις και προβλήματα κατά την διάνοξη και την κατασκευή της σήραγγας.

Για την έγκαιρη εφαρμογή των επιβαλλομένων, από τις εκάστοτε αποκαλυπτόμενες και συναντώμενες συνθήκες, μέτρων σταθεροποίησης και υποστήριξης των επιφανειών εκσκαφής των σηράγγων και των μετώπων αυτών, θα διατίθενται επί τόπου των έργων εφεδρικές ποσότητες αγκυρίων και ήλων διαφόρων τύπων, χαλύβδινων πλαισίων, μεταλλικών δικτυωτών υποστηριγμάτων, μεταλλικών πλεγμάτων, υλικών παραγωγής εκτοξευόμενου σκυροδέματος κ.λπ.

### **5.2.3. Μέτρα αντιμετώπισης διακριτών κινδύνων**

Για την μείωση του θορύβου από τα σιδηροδρομικά οχήματα μεταφοράς, οι σιδηροτροχιές θα έχουν το ίδιο ύψος, ενώ κοντά στην περιοχή εργασίας, αν απαιτείται, οι στρωτήρες θα είναι ξύλινοι (μη αναφλέξιμοι). Γενικά θα ισχύουν οι προβλέψεις του Π.Δ. 85/91 (ΦΕΚ 38/A91) σχετικά με την προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους που διατρέχουν λόγω της έκθεσής τους στον θόρυβο κατά την εργασία σε συμμόρφωση προς την οδηγία 86/188/ΕΟΚ.

Αν άλλοι λόγοι δεν επιβάλλουν διαφορετικά, για την διευκόλυνση των αλλαγών των κοπτήρων δίσκων, το μέγεθός τους θα κυμαίνεται μέχρι 17". Η επέκταση των σωληνώσεων των μηχανών με αιωρήματα θα γίνεται με γεραμούς, ανυψωτικά βίντσια και μυϊκή δύναμη. Γενικά θα ισχύουν οι προβλέψεις του Π.Δ 397/94 (ΦΕΚ 221/A/94): "Ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγείας κατά την χειρωνακτική διακίνηση φορτίων που συνεπάγεται κίνδυνο ιδίως για την ράχη και την οσφυϊκή χώρα των εργαζομένων σε συμμόρφωση προς την οδηγία του Συμβουλίου 90/269/ΕΟΚ".

Για την διακίνηση των πεζών θα κατασκευάζεται διάδρομος διέλευσης πεζών με αντιολισθηρή επιφάνεια σε όλο το μήκος της σήραγγας όπου γίνονται εργασίες διάνοιξης ή άλλες συνοδές εργασίες. Οι διάδρομοι θα προστατεύονται από εναπόθεση διαρροών, κυρίως μπεντονίτη, που δημιουργούν ολισθηρή επιφάνεια.

Για την διαρρύθμιση των μηχανών και των λοιπών εγκαταστάσεων, στην περίπτωση που πιθανολογείται η ύπαρξη εκρήξιμης ατμόσφαιρας, θα ισχύουν οι προβλέψεις της Οδηγίας 94/9/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23<sup>ης</sup> Μαρτίου 1994 σχετικά με την προσέγγιση των νομοθεσιών των κρατών - μελών για τις συσκευές και τα συστήματα προστασίας που προορίζονται για χρήση σε εκρήξιμες ατμόσφαιρες (*Επίσημη Εφημερίδα αριθ. L 100 της 19/04/1994 σ. 0001 – 0029*), αλλά και αυτές του Π.Δ. 42/2003 (ΦΕΚ44/A/21-02-2003) "Σχετικά με τις ελάχιστες απαιτήσεις για την βελτίωση της προστασίας και της ασφάλειας των εργαζομένων οι οποίοι είναι δυνατόν να εκτεθούν σε κίνδυνο από εκρηκτικές ατμόσφαιρες σε συμμόρφωση με την οδηγία 1999/92/ΕΚ της 16-12-1999 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου".

Όλες οι επί μέρους μηχανικές διατάξεις θα συμμορφώνονται προς τα Πρότυπα για την Ασφάλεια των Μηχανών (Κατάλογος ΕΛΟΤ όπως κάθε φορά ισχύει).

Για την διαχείριση των παντός είδους χρησιμοποιούμενων υλικών θα εφαρμόζονται οι εκάστοτε ισχύουσες διατάξεις όπως τροποποιούνται και προσαρμόζονται στην τεχνική πρόοδο. Ενδεικτικά ισχύουν και θα εφαρμόζονται:

- Π.Δ. 77/93 (ΦΕΚ 34/A/93): "Για την προστασία των εργαζομένων από φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς παράγοντες και τροποποίηση και συμπλήρωση του Π.Δ. 307/86 (135/A) σε συμμόρφωση προς την οδηγία του Συμβουλίου 88/642/ΕΟΚ"

- Π.Δ. 399/94 (ΦΕΚ 221/Α/94) “Προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους που συνδέονται με την έκθεση σε καρκινογόνους παράγοντες κατά την εργασία σε συμμόρφωση με την οδηγία του Συμβουλίου 90/394/ΕΟΚ” και οι τροποποιήσεις του με τα Π.Δ.127/2000 (ΦΕΚ 111/Α/2000) και Π.Δ. 43/2003 (ΦΕΚ 44/Α/21-2-2003)
- Π.Δ.90/1999 (ΦΕΚ 94/Α/99) “Καθορισμός οριακών τιμών έκθεσης και ανωτάτων οριακών τιμών έκθεσης των εργαζομένων σε ορισμένους χημικούς παράγοντες κατά την διάρκεια της εργασίας τους σε συμμόρφωση με τις οδηγίες 91/322/ΕΟΚ και 96/94/ΕΚ της Επιτροπής και τροποποίηση και συμπλήρωση του Π.Δ. 307/86 (135/Α) όπως τροποποιήθηκε με το Π.Δ. 77/93 (ΦΕΚ 34/Α/93)”
- Π.Δ.338/2001 (ΦΕΚ 227/Α/2001) “Προστασία της υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων κατά την εργασία από κινδύνους οφειλόμενους σε χημικούς παράγοντες”
- Π.Δ.339/2001 (ΦΕΚ 227/Α/2001) Τροποποίηση του Π.Δ. 307/86 (135/Α) “Προστασία της υγείας των εργαζομένων που εκτίθενται σε ορισμένους χημικούς παράγοντες κατά την διάρκεια της εργασίας τους”
- Π.Δ. 186/95 (ΦΕΚ 97/Α/95): “Προστασία των εργαζομένων από κινδύνους που διατρέχουν λόγω της έκθεσής τους σε βιολογικούς παράγοντες κατά την εργασία σε συμμόρφωση με τις οδηγίες του Συμβουλίου 90/679/ΕΟΚ και 93/88/ΕΟΚ” και οι τροποποιήσεις του με τα Π.Δ. 174/1997 (ΦΕΚ 150/Α/1997) και Π.Δ. 15/1999 (ΦΕΚ 9/Α/99)

### **5.3. ΠΙΘΑΝΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

Ενδεικτικά αναφέρονται:

#### **5.3.1. Καθιζήσεις**

Παρ’ ότι η έντεχνη διάνοιξη σηράγγων με μηχανές ολομέτωπης κοπής με υποστήριξη της περιμέτρου και του μετώπου εργασίας παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα, ακόμη και σε μαλακά εδάφη με παρουσία νερού, ο κίνδυνος εμφάνισης μη αποδεκτών καθιζήσεων είναι υπαρκτός και πολλές φορές η αντίστοιχη επικινδυνότητα είναι πολύ μεγάλη και απαιτεί μέτρα πρόληψης και αποκατάστασης εάν κάτι τέτοιο συμβεί. Οι αποδεκτές καθιζήσεις καθορίζονται στην Μελέτη της σήραγγας και αποτελούν πολλές φορές τον κύριο προς υλοποίηση στόχο. Παρεκκλίσεις από τα όρια της Μελέτης επιτρέπονται μόνο με έγκριση του Κυρίου του Έργου.

#### **5.3.2. Επηρεασμός του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα**

Οι διατιθέμενες μηχανές διάνοιξης σηράγγων έχουν την δυνατότητα να ελαχιστοποιούν τον επηρεασμό του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα κατά την διάνοιξη της σήραγγας (εφ’ όσον κάτι τέτοιο επιβάλλεται από τους εγκεκριμένους περιβαλλοντικούς όρους ή/και την Μελέτη της σήραγγας). Παρ’ όλα αυτά ο κίνδυνος εξακολουθεί να είναι υπαρκτός.

#### **5.3.3. Επηρεασμός από χρησιμοποιούμενα υλικά**

Γενικά οι πληροφορίες που υπάρχουν για τα χρησιμοποιούμενα υλικά είναι μάλλον περιορισμένες.

Τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται στα αιωρήματα σε μεγάλο βαθμό θα παραμένουν μέσα σε ένα κλειστό κύκλωμα (μέχρι το τέλος του έργου), εφόσον η ανάκτησή τους από το απορριπτόμενο υλικό είναι τεχνικά και οικονομικά εφικτή. Αντίθετα τα πρόσθετα στην εγκατάσταση διαχωρισμού που τον υποβοηθούν σε μεγάλο βαθμό παραμένουν στο προς απόθεση υλικό.

Τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται στις μηχανές EPB κατά βάση παραμένουν στο προς απόθεση υλικό, συνεπώς κατά γενική αρχή πρέπει να είναι βιοδιασπώμενα και μη-τοξικά. Η βιοδιάσπαση πρέπει να είναι ελεγχόμενη καθώς μία πολύ γρήγορα εξελισσόμενη μπορεί να προκαλέσει

περιβαλλοντικά προβλήματα, π.χ. αν τα αντίστοιχα πρόσθετα παρασυρθούν προς υδάτινους αποδέκτες μπορούν να προκαλέσουν δέσμευση του οξυγόνου της υδατικής μάζας.

Τα συνθετικά πολυαμίδια είναι μη-τοξικά αλλά διασπώνται πολύ αργά. Τα ημισυνθετικά υλικά όπως τα CMC και PAC διασπώνται γρηγορότερα και είναι μη-τοξικά. Τα φυσικά πολυμερή είναι βιοδιασπώμενα. Γενικά τα πλέον ασφαλή περιβαλλοντικά υλικά είναι αυτά που βασίζονται σε φυσικώς απαντώμενα υλικά.

Οι αφροί γενικά είναι χαμηλής τοξικότητας αν και οι αφριστικοί παράγοντες που βασίζονται στην γλυκόλη απαιτούν εξαιρετική προσοχή στους κανόνες υγιεινής και ασφάλειας και αυστηρούς περιορισμούς στην εναπόθεσή τους. Οι πρωτεϊνικοί αφροί είναι οι λιγότερο τοξικοί και πιο γρήγορα διασπάσιμοι από τους συνθετικούς.

#### **5.4. ΜΕΤΡΑ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

Απαιτείται η συμμόρφωση τουλάχιστον προς τα παρακάτω μέτρα:

##### **5.4.1. Μέτρα μείωσης των καθιζήσεων**

Τα μέτρα μείωσης των καθιζήσεων και περιορισμού τους στα αποδεκτά όρια είναι:

- Η ορθολογική επιλογή της τεχνικής διάνοιξης και της μηχανής.
- Η εφαρμογή συνολικού συστήματος διασφάλισης ποιότητας, μέσα από το οποίο θα διασφαλίζεται και η ορθή λειτουργία και προώθηση της μηχανής.
- Στην περίπτωση ύπαρξης μαλακού εδαφικού υλικού με παρουσία νερού, η μηχανή θα πρέπει να μπορεί να λειτουργεί εφαρμόζοντας πίεση υποστήριξης στο μέτωπο και στην περίμετρο της εκσκαφής. Η λύση του καταβιβασμού της στάθμης του υπόγειου ορίζοντα με άντληση απαγορεύεται, εκτός και αν κατάλληλη ανάλυση επικινδυνότητας αποδείξει ότι η πιθανότητα εμφάνισης μη αποδεκτών καθιζήσεων είναι επαρκώς μικρή.
- Η προβελτίωση /προενίσχυση του εδαφικού υλικού μπροστά από την κοπτική κεφαλή.
- Η μέτρηση και ο έλεγχος του εκσκαπτόμενου υλικού. Η μηχανή θα είναι εφοδιασμένη με διάταξη μέτρησης (άμεσα ή έμμεσα) του όγκου του εκσκαπτόμενου υλικού. Η μέτρηση θα γίνεται χωρίς καθυστερήσεις και θα αντιστοιχεί σε συγκεκριμένες θέσεις εκσκαφής.
- Η ρύθμιση της ταχύτητας εκσκαφής σε συνδυασμό με την εφαρμογή των μέσων προσωρινής ή/και μόνιμης επένδυσης της σήραγγας.
- Η επιλογή, η συνεχής παρακολούθηση και η ρύθμιση της πίεσης υποστήριξης που η μηχανή εφαρμόζει στο μέτωπο και στην περίμετρο της εκσκαφής.
- Το σύστημα τροφοδοσίας του μετώπου με αιώρημα θα σχεδιάζεται έτσι ώστε να μπορεί να αντιμετωπίσει απώλειες μέχρι κάποιο μέγεθος που προκύπτει από την ανάλυση επικινδυνότητας.
- Η πίεση στον θάλαμο της κοπτικής κεφαλής θα διατηρείται σε κατάλληλο επίπεδο σε όλες τις κατασκευαστικές και λειτουργικές φάσεις. Ιδιαίτερη μέριμνα θα λαμβάνεται κατά την αλλαγή των κοπτικών άκρων.
- Εφ' όσον απαιτείται η είσοδος στον θάλαμο της κοπτικής κεφαλής μηχανής αιωρημάτων, ο θάλαμος θα εκκενώνεται από το αιώρημα με παράλληλη εισπνοή αέρα υπό κατάλληλη πίεση. Αν ο πλακούντας λάσπης ξηραίνεται και υπάρχει κίνδυνος αστοχίας του και διαφυγής του αέρα, τότε είτε θα σφραγίζεται το μέτωπο με πρόσθετα μέτρα είτε κατά διαστήματα θα προστίθεται αιώρημα για την επαναδημιουργία του πλακούντα.

- Η ενεμάτωση του ουριαίου δακτυλίου θα είναι συνεχής και προσεκτική, μέσα από σωλήνες που κατανέμονται ομοιόμορφα στην περίμετρο. Το όλο σύστημα θα παρέχει συνεχείς μετρήσεις και καταγραφές των κριτηρίων επιτυχούς εκτέλεσης της εισπίεσης, δηλαδή της πίεσης, του όγκου ενέματος και τυχόν ασυνήθιστων γεγονότων και φαινομένων. Δεδομένου ότι το σύστημα ενεμάτωσης είναι τυφλό, μη δυνάμενο να ελέγξει άμεσα, με τις παραπάνω καταγραφές τον βαθμό πλήρωσης, θα εκτελούνται μη καταστροφικοί έλαγχοι με σεισμικές μεθόδους ή υπερήχους.
- Η υπερκοπή που πραγματοποιείται κατά την προώθηση της μηχανής θα διατηρείται όσο το δυνατόν μικρότερη.
- Το σύστημα πλοήγησης θα αποφεύγει απότομες διορθώσεις της διαδρομής της μηχανής.

#### **5.4.2. Μέτρα μείωσης του επηρεασμού του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα**

Τα μέτρα και οι λειτουργικές διαδικασίες που περιγράφονται στην ανωτέρω παρ. 5.4.1. μπορούν να ελαχιστοποιήσουν τις επιπτώσεις από την διάνοιξη της σήραγγας στον υπόγειο υδροφόρο όταν αυτό προβλέπεται από περιβαλλοντικούς όρους ή επιβάλλεται από τις προβλέψεις της Μελέτης. Για τις περιπτώσεις των μηχανών EPB θα προβλέπεται διάταξη ελαχιστοποίησης των εισροών στον κοχλιωτό μεταφορέα.

Επιπρόσθετα σε ό,τι αφορά στα ποιοτικά χαρακτηριστικά, τα όρια επηρεασμού του υπόγειου νερού θα συμμορφώνονται με τις προβλέψεις της Μελέτης και εάν απαιτείται θα λαμβάνονται ειδικά μέτρα στεγάνωσης του εδάφους γύρω από την σήραγγα με τρόπους που επιλέγονται και με την σύμφωνη γνώμη του Κυρίου του Έργου.

#### **5.4.3. Μέτρα μείωσης του επηρεασμού του περιβάλλοντος από χρησιμοποιούμενα υλικά**

Η ενσωμάτωση στο έργο των διαφόρων χρησιμοποιούμενων υλικών θα γίνει με τους περιορισμούς των περιβαλλοντικών όρων και των διατάξεων της παρ.5.2.3.

## **6. ΤΡΟΠΟΣ ΕΠΙΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

1. Η επιμέτρηση της εκσκαφή σήραγγας με μηχανήματα χωρίς ασπίδες (shields), με έναν ή περισσότερους βραχίονες με εκσκαπτικά εργαλεία θα γίνεται σε κυβικά μέτρα με βάση την γραμμή Β. Ισχύουν οι αντίστοιχες προβλέψεις της προδιαγραφής 12-02-01-01. Η τιμή θα είναι συνάρτηση της κατηγορίας του πετρώματος και της διαμέτρου της διατομής εκσκαφής.

Στη μονάδα μέτρησης ανάγεται η διάθεση και χρήση του μηχανήματος, τα καύσιμα και λιπαντικά, τα απαιτούμενα ανταλλακτικά και κάθε είδους υλικά-μικροϋλικά για τη συνεχή και ασφαλή λειτουργία του, η φόρτωση της αντίστοιχης ποσότητας των προϊόντων στο σύστημα μεταφοράς, η μεταφορά και απόθεση των προϊόντων εκσκαφής σε απόσταση 50 μ. από το στόμιο της σήραγγας μετά των φορτοεκφορτώσεων, η διάθεση του κατάλληλου τεχνικού και εργατικού δυναμικού, η εκτέλεση μετρήσεων-δοκιμών-ελέγχων κλπ για την πλήρη εκτέλεση της εργασίας, όπως προδιαγράφεται στην παρούσα ΠΕΤΕΠ και τη Μελέτη

Εναλλακτικά η πληρωμή για την διάνοιξη μπορεί να γίνεται με ενιαία τιμή (κατ' αποκοπήν) ανά μέτρο ή για το συνολικό μήκος διατομής σήραγγας, ανεξαρτήτως των συνθηκών του πετρώματος

2. Η επιμέτρηση της εκσκαφής σήραγγας με μηχανήματα όλων των άλλων κατηγοριών και τύπων θα γίνεται σε μέτρα μήκους, συναρτήσει της διαμέτρου της διατομής της σήραγγας, του είδους του πετρώματος και του τρόπου λειτουργίας του εξοπλισμού (π.χ. με χρήση αιωρήματος, με χρήση εξισοροπιστικής πίεσης κ.λπ.).

Στη μονάδα μέτρησης ανάγεται η διάθεση και χρήση του μηχανήματος, τα καύσιμα και λιπαντικά, τα απαιτούμενα ανταλλακτικά και κάθε είδους υλικά-μικροϋλικά για τη συνεχή και ασφαλή λειτουργία του, η φόρτωση της αντίστοιχης ποσότητας των προϊόντων στο σύστημα μεταφοράς, η μεταφορά και απόθεση των προϊόντων εκσκαφής σε απόσταση 50 μ. από το στόμιο της σήραγγας μετά των φορτοεκφορτώσεων, η διάθεση του κατάλληλου τεχνικού και εργατικού δυναμικού, η εκτέλεση μετρήσεων-δοκιμών-ελέγχων κλπ για την πλήρη εκτέλεση της εργασίας, όπως προδιαγράφεται στην παρούσα ΠΕΤΕΠ και τη Μελέτη

Εναλλακτικά η πληρωμή για την διάνοιξη μπορεί να γίνεται με ενιαία τιμή (κατ' αποκοπήν) ανά μέτρο ή για το συνολικό μήκος διατομής σήραγγας, ανεξαρτήτως των συνθηκών του πετρώματος

3. Οι διακοπές προώθησης του εκσκαπτικού μηχανήματος λόγω εκτέλεσης δειγματοληπτικών γεωτρήσεων, διατρήσεων προπορείας, τσιμεντενέσεων βελτίωσης του εδάφους, τοποθέτησης ελαφρών δοκών προπορείας ή αναγνωρισμένων γεωλογικών καταπτώσεων που οδηγούν σε διακοπή προώθησης ή κατ' εντολή του Κυρίου του Έργου επιμετρώνται σε ώρες.
4. Η προσκόμιση, συναρμολόγηση, αποσυναρμολόγηση και απομάκρυνση του εκσκαπτικού εξοπλισμού στην θέση έναρξης της εργασίας διάνοιξης, επιμετράται κατ' αποκοπή.
5. Η μεταφορά των προϊόντων εκσκαφών εντός και εκτός της σήραγγας επιμετράται σε κυβοχιλιόμετρα.

Εναλλακτικά

Η μεταφορά των προϊόντων εκσκαφής σε απόσταση μεγαλύτερη των 50 m από το στόμιο της σήραγγας, για την οποία απαιτείται σύμφωνη γνώμη ή εντολή της Υπηρεσίας, αποζημιώνεται με την οριζόμενη τιμή κυβοχιλιομέτρου, για την επιπλέον απόσταση της νέας θέσης από τη συμβατική (50μ από το στόμιο της σήραγγας)

6. Η επιμέτρηση των αποδεκτών από την Υπηρεσία γεωλογικών καταπτώσεων (σύμφωνα με τα καθοριζόμενα στην ΠΕΤΕΠ 12-02-01-01) θα γίνεται σε κυβικά μέτρα.

Στην επιμέτρηση διεύρυνσης σήραγγας με μηχανικό εξοπλισμό δεν περιλαμβάνεται η πιλοτική σήραγγα η οποία επιμετράται ξεχωριστά.

Στην περίπτωση χρησιμοποίησης εξοπλισμού μικτού τύπου λειτουργίας η επιμέτρηση θα γίνεται σε διακριτά μήκη ανά διαφορετικό τύπο λειτουργίας.

Η επιμέτρηση της εκσκαφής για την ίδια μηχανή θα διαφοροποιείται ανά διατομή και κατηγορία πετρώματος.