

**ΔΙΗΜΕΡΙΔΑ
«ΟΙ ΣΗΡΑΓΓΕΣ
ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ»**

**ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΛΟΙΠΑ Η/Μ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ**

Εισηγητής : Ν. Β. Καβουλάκος

**Ιωάννινα, 15-16/10/99
“ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε.”
& Ε.Ε.Σ.Υ.Ε.**

ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΛΟΙΠΑ Η/Μ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εισήγηση καλύπτει σε γενικές γραμμές τον αερισμό και όλες τις λοιπές ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις σηράγγων και παρουσιάζει τις διαμορφωμένες και εφαρμοζόμενες από την «ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟ ΑΕ» πρακτικές.

Η εισήγηση δεν αποτελεί οδηγό για την εκπόνηση μελετών, που θα ήταν έτσι κι' αλλιώς αδύνατον σε τόσο μικρή έκταση, αλλά αναφέρεται σε ορισμένα θέματα που αποτελούν κρίσιμα στοιχεία αποφάσεων και παραδοχών πάνω στις οποίες βασίζεται η εκπόνηση μελετών από τους μελετητές των έργων της ΕΟΑΕ.

Έτσι για τις εγκαταστάσεις αερισμού παρουσιάζονται οι επιλογές των κατάλληλων συστημάτων και ο τρόπος αντιμετώπισης των κινδύνων από πυρκαγιάς. Οι επιλογές αυτές της ΕΟΑΕ έχουν βασισθεί και στα συμπεράσματα μιας πολυεθνικής επιτροπής ειδικών που συγκρότησε η ΕΟΑΕ την άνοιξη του 1998.

Για τις άλλες εγκαταστάσεις γίνεται απλή αναφορά στα βασικά στοιχεία τους που αποτελούν επιλογή της ΕΟΑΕ και που εφαρμόζονται στις σχετικές μελέτες.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ακόλουθες αναφορές στην εγκατάσταση αερισμού και στις λοιπές ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις σηράγγων δεν αποτελεί οδηγό για την σύνταξη των σχετικών μελετών αλλά διατυπώνει μόνο μερικές βασικές απόψεις που έχουν διαμορφωθεί και αναδιαμορφώνονται συνεχώς ως προς τα θέματα και προβλήματα που αντιμετωπίζει ένας Μηχ/γος-Ηλ/γος κατά τον σχεδιασμό των εγκαταστάσεων σηράγγων όπου συντρέχουν τόσο πολλοί παράγοντες που επιδρούν στις επιλογές του, όπως :

- α. Έλλειψη πλήρων διεθνώς παγιωμένων παραδοχών και προτύπων γενικής αποδοχής.
- β. Ασφάλεια ατόμων, οχημάτων και κατασκευών
- γ. Αρχικό κόστος
- δ. Κόστος λειτουργίας
- ε. Επίπεδα ασφαλείας και άνεσης
- στ. Ανθρώπινο δυναμικό και ευχέρειες λειτουργίας και συντήρησης
- ζ. Περιβαλλοντικοί και αισθητικοί παράγοντες
- η. Έμμεση επίπτωση Η-Μ εγκαταστάσεων και μέτρων ασφαλείας στο κόστος των έργων Πολιτικού Μηχανικού
- θ. Πληθώρα άλλων μικρότερης σημασίας παραγόντων.

Δυστυχώς οι παραδοχές και οι επιλεγόμενες λύσεις για τις εγκαταστάσεις των σηράγγων που ενώ σαν αρχικό κόστος αντιπροσωπεύουν μόνο το 10÷20% του συνολικού κόστους κάθε σήραγγας, έχουν λειτουργικό κόστος και επίπτωση στα θέματα ασφαλείας τεράστια, είναι δε τόσο κρίσιμες και ίσως αμφιλεγόμενες που κανείς μελετητής δεν θα ήθελε ενδεχομένως να αναλάβει την πλήρη ευθύνη των επιλογών τους. Αυτές οι παραδοχές και επιλογές θα πρέπει να καθορίζονται με πρωταρχική μέριμνα την ασφάλεια των χρηστών της

σήραγγας και να είναι απαύγασμα συλλογικών απόψεων και αποφάσεων από τους μελετητές και τον κύριο του έργου.

Κατά κύριο λόγο για την μελέτη αερισμού και ασφαλείας λαμβάνονται υπόψη οι συστάσεις της Μόνιμης Διεθνούς Ένωσης Συνεδρίων για την Οδοποιία, της γνωστής PIARC.

Ευτυχώς ή δυστυχώς, πρόσφατα προστέθηκαν στην διεθνή εμπειρία δυο πολύνεκρες πυρκαγιές των σηράγγων Mont Blanc και Taeyern, από τις οποίες όμως ελπίζεται να προκύψουν σημαντικά στοιχεία για τη βελτίωση της ασφαλείας των οδικών σηράγγων και την εξέλιξη λειτουργικών διαδικασιών αντιμετώπισης τέτοιου είδους καταστροφών.

2. ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η προγραμματισμένη και υπό εκτέλεση κατασκευή Εθνικών Οδών στην Ελλάδα περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό οδοσηράγγων, μήκους από λίγων μέτρων μέχρι περίπου 6.000m, μιας ή δυο οπών.

Η αναγκαία για της κάποιας σημασίας σήραγγες, εγκατάσταση αερισμού απορροφά ένα σημαντικό ποσοστό του συνολικού κόστους κατασκευής των σηράγγων.

Ταυτόχρονα το ενεργειακό κόστος λειτουργίας του αερισμού μπορεί να φθάσει μέχρι και το 50% του συνόλου κόστους λειτουργίας τους.

Ως εκ τούτου ο οικονομικός σχεδιασμός και τρόπος διαχείρισης της εγκαταστάσεως είναι μέγιστης σημασίας. Με την πάροδο του χρόνου η βελτίωση της ποιότητας των μηχανών των οχημάτων αλλά, η αύξηση του όγκου κυκλοφορίας τους και η μεταβολή της σύνθεσής τους απαιτούν συνεχή προσαρμογή των δεδομένων σχεδιασμού στις καινούργιες συνθήκες και έλεγχο για επάρκειά τους στις μελλοντικές εξελίξεις.

2.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

Τα συστήματα αερισμού πρέπει να σχεδιάζονται ώστε να εξασφαλίζουν ότι :

- Σε συνήθη λειτουργία :
 - Δεν θα προκαλούνται βλάβες στους χρήστες της σήραγγας και το προσωπικό συντήρησης τους από τους ρυπαντές της ατμόσφαιρας στο εσωτερικό της, λαμβανομένου υπ' όψη του απαιτούμενου χρόνου παραμονής στη σήραγγα κάτω από όλες τις συνθήκες κυκλοφορίας
 - Θα διασφαλίζεται από την καλή ορατότητα η επίτευξη της απαιτούμενης απόστασης πέδησης.
 - Δεν θα προκαλείται μόλυνση του περιβάλλοντος στην περιοχή της σήραγγας
- Σε κατάσταση πυρκαγιάς πρέπει να διασφαλίζονται με σειρά προτεραιότητας :
 - Η διατήρηση σε καλή κατάσταση των οδών διαφυγής για διάσωση των ανθρώπων από τη σήραγγα, με διατήρηση των οδών διαφυγής απαλλαγμένων καπνού.
 - Η διατήρηση ασφαλών συνθηκών για το προσωπικό διασώσεως
 - Ο περιορισμός των ζημιών (σε πρόσωπα, σε οχήματα και στον φέροντα οργανισμό της σήραγγας)

2.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Τα συστήματα αερισμού μπορούν να διαχωριστούν στα ακόλουθα, βάσει των αρχών λειτουργίας τους και τους τρόπους εφαρμογής τους.

2.3.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΜΗΚΟΥΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Η αρχή λειτουργίας αυτού του συστήματος είναι η δημιουργία ρεύματος αέρα κατά μήκος της σήραγγας είτε από φυσικό ρεύμα αέρα είτε με χρήση ανεμιστήρων.

Το σύστημα πρέπει να ικανοποιεί τις ακόλουθες απαιτήσεις :

- Η μέγιστη διαμήκης ταχύτητα του αέρα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 10m/sec, λαμβανομένης υπ' όψη της συμβολής σε αυτή της κίνησης των οχημάτων και της επίδρασης μετεωρολογικών συνθηκών.
- Η μέγιστη απόσταση διαφυγής προσώπων από μια επικίνδυνη περιοχή θα πρέπει να είναι : 350÷450m.
- Οι ανεμιστήρες θα πρέπει να είναι αναστρέψιμης ροής, και στην περίπτωση φωτιάς θα πρέπει να μπορούν να εξασφαλίσουν ταχύτητα αέρα τουλάχιστον 3 m/s.
- Οι χρησιμοποιούμενοι αξονικοί ανεμιστήρες ωστικού τύπου (jet fans) θα πρέπει να βρίσκονται διανεμημένοι κατά μήκος της σήραγγας, έτσι ώστε να αυξάνεται η αξιοπιστία τους, να ελαχιστοποιούνται οι στροβιλισμοί του αέρα σε περίπτωση πυρκαγιάς και να μειώνεται η πιθανότητα απώλειας σημαντικού ποσοστού της ικανότητας αερισμού λόγω καταστροφής ανεμιστήρων από τη φωτιά.
- Για να μειωθούν οι εκροές από τα στόμια της σήραγγας, αν απαιτείται, μπορούν να προβλεφθούν κατάλληλοι βοηθητικοί αγωγοί με ανεμιστήρες.

2.3.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΜΙΕΓΚΑΡΣΙΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Στο σύστημα ημιεγκαρσίου αερισμού, νωπός αέρα εισάγεται κατά μήκος της σήραγγας και ο ακάθαρτος αέρας διαφεύγει προς τα έξω, είτε από τα στόμια είτε από κατακόρυφους αγωγούς. Για το σύστημα αυτό πρέπει να ικανοποιούνται οι ακόλουθες απαιτήσεις :

- Μέγιστη ταχύτητα του αέρα 10m/s μέσα στη σήραγγα.
- Το σύστημα αερισμού θα πρέπει να είναι αναστρέψιμης ροής για περίπτωση φωτιάς, και ικανό να εξάγει τουλάχιστον 150 m³/sec αέρα, από το δυσμενέστερο σημείο της σήραγγας.
- Προσαγωγή νωπού αέρα στη σήραγγα θα πρέπει να γίνεται αποκλειστικά μέσω στομιών πλήρους ρύθμισης.
- Σε περίπτωση πυρκαγιάς θα πρέπει να γίνεται άμεση μεταγωγή του συστήματος αερισμού στη λειτουργία απαγωγής. Τα στόμια νωπού αέρα στη περιοχή της φωτιάς θα πρέπει να ανοίγουν τελείως, για να εξάγουν αέρα από τη σήραγγα.

- Η μέγιστη απόσταση μεταξύ στομίων νωπού αέρα (στομίων απαγωγής) να είναι 50m.
- Η στεγανότητα των κλειστών στομίων νωπού αέρα και των αγωγών αερισμού θα πρέπει να επαρκής για να εξασφαλίζει την αποτελεσματική απαγωγή καπνού.

2.3.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΜΙΕΓΚΑΡΣΙΟΥ - ΕΓΚΑΡΣΙΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ (ΑΝΑΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟΥ)

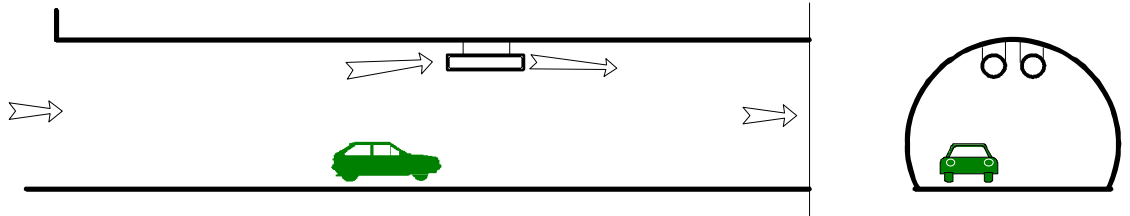
Σ' αυτό το σύστημα που αποτελεί εξέλιξη του ημιεγκαρσίου αερισμού προβλέπονται δυο αεραγωγοί χωριστά στην οροφή της σήραγγας μέσω των οποίων εισάγεται ο αέρας στο εσωτερικό της. Ο αέρας σε κανονική λειτουργία εξέρχεται από τα στόμια της σήραγγας. Σε περίπτωση όμως πυρκαγιάς αντιστρέφεται η ροή του αέρα στο ένα αγωγό ο οποίος μετατρέπεται σε αγωγό απαγωγής, ενώ από τον άλλο αγωγό συνεχίζεται η προσαγωγή αέρα.

2.3.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΡΩΣ ΕΓΚΑΡΣΙΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

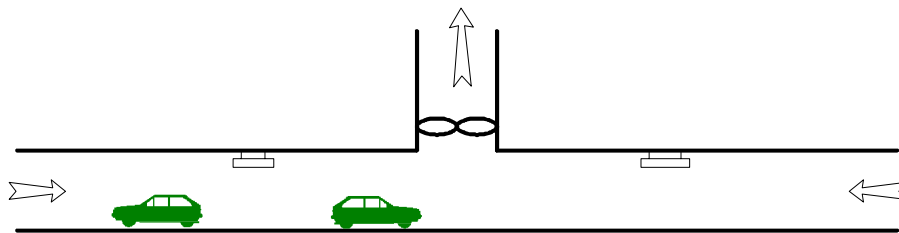
Σε αυτό το σύστημα γίνεται ταυτόχρονη εισαγωγή νωπού αέρα και απαγωγή ακάθαρτου αέρα κατά μήκος της σήραγγας. Οι ακόλουθες απαιτήσεις πρέπει να ικανοποιούνται :

- Μέγιστη ταχύτητα του αέρα 10 m/s μέσα στη σήραγγα.
- Το σύστημα αερισμού θα πρέπει να είναι αναστρέψιμης ροής για την περίπτωση πυρκαγιάς και ικανό να εξάγει τουλάχιστον 150 m³/sec αέρα, από το δυσμενέστερο σημείο της σήραγγας.
- Ρυθμιζόμενα στόμια εισόδου νωπού αέρα και ελεγχόμενα στόμια εξόδου ακάθαρτου αέρα πρέπει να προβλέπονται συνδεδεμένα με τους αντίστοιχους αγωγούς εισαγωγής και απαγωγής αέρα. Αυτά θα πρέπει να ρυθμιστούν έτσι ώστε για τις συνθήκες σχεδιασμού, να εξασφαλίζεται ομοιόμορφη διανομή του αέρα κατά μήκος της σήραγγας.
- Σε περίπτωση πυρκαγιάς η παροχή νωπού αέρα θα πρέπει να μειώνεται στο ένα τρίτο της μέγιστης δυνατής. Τα στόμια απαγωγής στην περιοχή της θα πρέπει να είναι τελείως ανοικτά, και κλειστά σε όλο το υπόλοιπο μήκος της σήραγγας.
- Η μέγιστη απόσταση μεταξύ στομίων απαγωγής αέρα θα είναι 100m, ενώ η μέγιστη απόσταση μεταξύ στομίων εισαγωγής θα είναι 50m.
- Η στεγανότητα των κλειστών στομίων νωπού αέρα και των στομίων απαγωγής είναι αναγκαία για να εξασφαλίζεται αποτελεσματική απαγωγή καπνού.

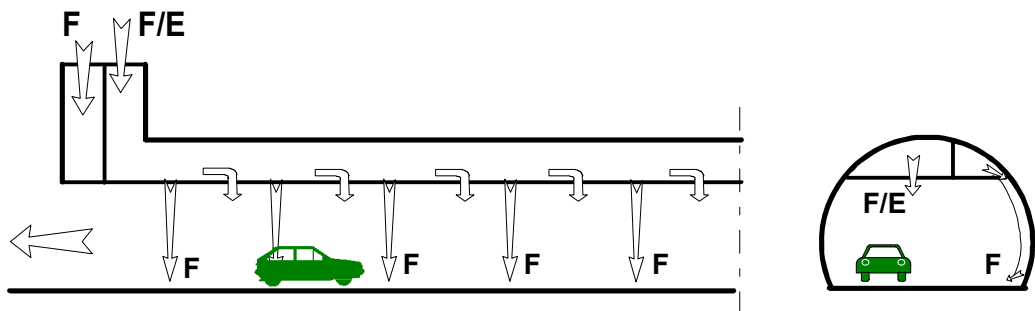
Σχήμα 1
ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΩΣΤΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ



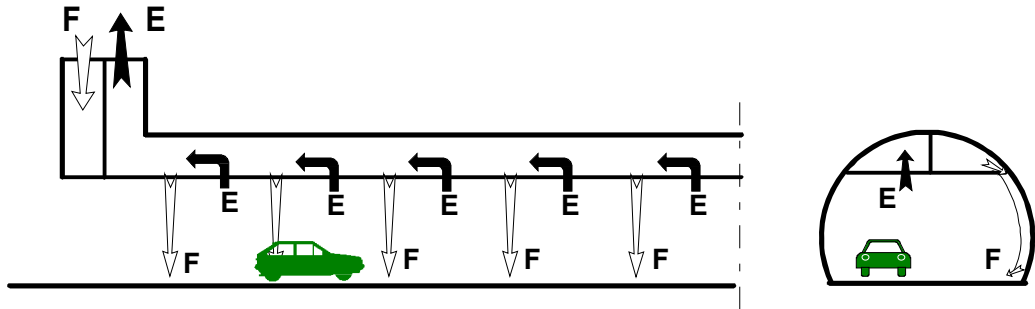
Σχήμα 2 ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΒΟΗΘΗΤΙΚΟ ΑΓΩΓΟ (SHAFT)



Σχήμα 3 ΗΜΙΕΓΚΑΡΣΙΟΣ-ΕΓΚΑΡΣΙΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΑΓΩΓΟΥΣ ΣΤΗΝ ΟΡΟΦΗ



Σχήμα 4 ΕΓΚΑΡΣΙΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΑΓΩΓΟΥΣ ΣΤΗΝ ΟΡΟΦΗ



2.3.5 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Σε δυσχερείς περιπτώσεις (π.χ. μακρές σήραγγες, κλπ.) μπορούν να εφαρμοσθούν συνδυασμοί των διαφόρων συστημάτων που να αποτελούν τη βέλτιστη λύση.

Για την επιλογή του συστήματος είναι πρωταρχικό να δίνεται μεγάλη σημασία στη χρησιμοποίηση του φυσικού διαμήκους αερισμού που εμφανίζεται και λόγω της κυκλοφορίας των οχημάτων.

Ο πίνακας 2.3.5 καθοδηγεί προς τις περιοχές εφαρμογής των κύριων συστημάτων αερισμού

Από τα προηγουμένως εκτεθέντα και από τον Πίνακα 2.3.5 προκύπτει σχεδόν ότι όλες οι γνωστές μέχρι σήμερα στην Ελλάδα περιπτώσεις αερισμού οδοσήραγγων μπορούν να αντιμετωπισθούν με διαμήκη αερισμό και εν ανάγκη και με βοηθητικούς αγωγούς (SHAFTS) αερισμού με αξονικούς ανεμιστήρες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3.5

Περιοχές εφαρμογής των συστημάτων αερισμού		
	Μήκος σήραγγας σε km	
	Σήραγγα μιας οπής δύο κατευθύνσεων κυκλοφορίας	Σήραγγα 2 οπών μονής κατεύθυνσης κυκλοφορίας
<u>Φυσικός αερισμός</u> (με σήμανση κινδύνου για CO)	μέχρι 0,4	μέχρι 0,7
<u>Διαμήκης αερισμός :</u>		
- με ωστικούς ανεμιστήρες	μέχρι 2	μέχρι 4
- με ωστικούς ανεμιστήρες και αγωγό αναρρόφησης	μέχρι 4	μέχρι 6
<u>Ημιεγκάρσιος αερισμός</u>		
- αναστρεφόμενος	από 0,7	από 2
- ημιεγκάρσιος-εγκάρσιος	από 1	
<u>Εγκάρσιος αερισμός</u>	από 2	από 6

2.4 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΗΡΕΑΖΟΝΤΕΣ ΤΙΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

2.4.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

ά) Κυκλοφοριακός φόρτος

Ο μέσος κυκλοφοριακός ωριαίος φόρτος (ΜΚΩΦ) εκφρασμένος σαν Q_{50} , που είναι η τιμή την οποία ο φόρτος φθάνει ή υπερβαίνει για 50 ώρες το έτος, λαμβάνεται σαν βάση για την εκτίμηση των αναγκών σε νωπό αέρα.

Η προεκτίμηση της κυκλοφορίας θα γίνεται για τις κυκλοφοριακές συνθήκες τουλάχιστον 20 χρόνων μετά τη διάνοιξη της σήραγγας. Επί πλέον ο μέγιστος κυκλοφοριακός φόρτος πρέπει να ελέγχεται σαν οριακή τιμή για σύγκριση, δεδομένης της μακράς ζωής της σήραγγας που καθιστά προτιμητέο να προβλέπονται πιο ευέλικτες εγκαταστάσεις αερισμού.

Σαν μέγιστος κυκλοφοριακός φόρτος για τη σήραγγα θα ορίζεται ο φόρτος σύμφωνα με τα παρακάτω καθοριζόμενα. Είναι όμως αναγκαίο πάντοτε να καθορίζεται αν πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη σε σχέση με την διάρθρωση του οδικού δικτύου, κάποιος συντελεστής απομείωσης.

â) Σύνθεση κυκλοφορίας

Τα ακόλουθα είδη οχημάτων θα λαμβάνονται υπ' όψη στον υπολογισμό των εκπομπών καυσαερίων και οι εκπομπές τους θα πρέπει να υπολογίζονται χωριστά για κάθε τύπο οχήματος :

- Επιβατικά οχήματα με βενζινοκινητήρα με ή χωρίς καταλύτη
- Επιβατικά οχήματα με μηχανή Diesel
- Βαριά μεταφορικά μέσα (BMM)

Η σύνθεση του στόλου των οχημάτων και ο κυκλοφοριακός φόρτος θα καθορίζονται από τις αντίστοιχες κυκλοφοριακές μελέτες.

ã) Κατανομή του κυκλοφοριακού φόρτου στις λωρίδες κυκλοφορίας

Γενικά μπορεί να λαμβάνεται ομοιόμορφη κατανομή του κυκλοφοριακού φόρτου στις λωρίδες κυκλοφορίας εκτός εάν υπάρχουν ακριβέστερα στατιστικά στοιχεία από κυκλοφοριακές μελέτες.

Η συνολική σχέση των BMM μπορεί να λαμβάνεται ίση προς τα 2/3 (δεξιά λωρίδα) προς 1/3 (άλλες λωρίδες) εάν περισσότερες από μια λωρίδες αντιστοιχούν ανά κατεύθυνση.

ä) Συνθήκες κυκλοφορίας

Σαν συνθήκη κυκλοφορίας για τους υπολογισμούς μπορεί να λαμβάνεται αυτή της «Κανονικής Κίνησης» ($\geq 30\text{km/h}$). Κυκλοφορία με σταμάτημα/ξεκίνημα ($< 30\text{km/h}$) πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη μόνο αν αναμένεται συχνή ή και σπάνια συμφόρηση.

2.4.2 ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

Το περιεχόμενο των βλαβερών ουσιών στον αέρα των σηράγγων επί του παρόντος κρίνεται ότι αρκεί να αντιμετωπίζεται με το περιεχόμενο μονοξειδίου του άνθρακα και θολότητας από τον καπνό των δηζελοκίνητων αυτοκινήτων.

Μέσες τιμές CO και θολότητας για τα οχήματα στον διεθνή χώρο και για την περίοδο μέχρι το 2025 προτείνονται σε σχετικούς πίνακες που δημοσιεύτηκαν στις συστάσεις της PIARC.

Η επίδραση, προς το πλησίον της σήραγγας περιβάλλον, από τους προερχόμενους από τις εκροές του αέρα από τη σήραγγα ελέγχονται επί του παρόντος και εφ' όσον απαιτείται από την περιεκτικότητά τους σε διοξείδιο του αζώτου (NO₂).

Καθώς όμως βελτιώνεται ο σχεδιασμός των κινητήρων και μειώνονται οι μέσες συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα στις εκπομπές καυσαερίων, αναμένονται οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου να παίξουν μελλοντικά σημαντικότερο ρόλο στη διαστασιολόγηση συστημάτων αερισμού.

2.4.3 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Ο Πίνακας 4.3. εμφανίζει τις μέγιστες δυνατές πυκνότητες κυκλοφορίας για τις εξεταζόμενες συνθήκες κυκλοφορίας σε υπεραστικές ή αστικές σήραγγες.

Κατά την μετατροπή του κυκλοφοριακού φόρτου σε μονάδες επιβατικών οχημάτων προτείνεται να εφαρμόζεται η σχέση 1 βαρύ όχημα = 3 επιβατικά.

Σε σήραγγες με περιορισμένη κυκλοφορία δεν πρέπει να αναμένονται κατά την ομαλή ροή της κυκλοφορίας οι αιχμές κυκλοφοριακής πυκνότητας που εμφανίζονται στον πίνακα :

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4.3

Μέγιστες κυκλοφοριακές πυκνότητες για υπεραστικές και αστικές σήραγγες

		Μέγιστη κυκλοφοριακή πυκνότητα ανά λωρίδα (Μονάδες επιβατικών οχημ. /km. Λωρίδα)	
		Υπεραστική Σήραγγα	
	V(km/h)	Κυκλοφορία μιας κατεύθυνσης	Κυκλοφορία με αντίθετη κατεύθυνση
Ομαλή κυκλοφορία	60	30	23
Συμφόρηση	10	70	60
Στασιμότητα	0	150	150
		Αστική Σήραγγα	
Ομαλή κυκλοφορία	60	33	25
Συμφόρηση	10	100	85
Στασιμότητα	0	165	165

2.4.4 ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΣΤΙΣ ΣΗΡΑΓΓΕΣ

Για τον υπολογισμό των απαιτήσεων αερισμού πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη τα δεδομένα του Πίνακα 4.4 για τις διάφορες συνθήκες κυκλοφορίας και για το CO και τη θολότητα.

Κατά την εκτίμηση των απαιτήσεων του αερισμού για εργασίες συντηρήσεως καθορίζεται ότι αυτές εκτελούνται κατά περιόδους ελάχιστης κυκλοφορίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4.4**Επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις για τον υπολογισμό του αερισμού σε διάφορες συνθήκες κυκλοφορίας**

Κατάσταση κυκλοφορίας	Πυκνότητα CO	Θολότητα
	PPM	Συντελεστής απόσβεσης Κ $10^{-3} \cdot \text{m}^{-1}$
Ομαλή ροή αιχμής $V \geq 50 \div 200 \text{ km/h}$	100	5
Καθημερινή συμφόρηση σταμάτημα σε όλες τις λωρίδες	100	7
Σπάνια συμφόρηση σταμάτημα σε όλες τις λωρίδες	150	9
Μακροχρόνιες επισκευές συντήρησης σε σήραγγα με κυκλοφορία	30	3
Κλείσιμο σήραγγας	250	12

2.4.5 ΠΥΡΚΑΓΙΑ ΣΕ ΣΗΡΑΓΓΑ

α) Προϋποθέσεις

Στις σήραγγες τα διαφεύγοντα άτομα πρέπει να προστατευθούν μέσω της εγκατάστασης αερισμού ή/και μέσω οικοδομικών προβλέψεων πριν από την επίδραση του καπνού (θερμοκρασία και δηλητηριώδη αέρια).

α) Παραδεκτά μεγέθη πυρκαγιάς

Κατά κανόνα για τη διαστασιολόγηση της απαγωγής καπνού και για τον καθορισμό των αποστάσεων οδεύσεων διαφυγής λαμβάνεται υπ' όψη η φωτιά ενός φορτηγού αυτοκινήτου. Τα αποτελέσματα της φωτιάς ενός επιβατικού αυτοκινήτου είναι συγκριτικά περιορισμένα, ενώ η προστασία από φωτιά ενός βυτιοφόρου βενζίνης είναι δυνατή μόνο με πολύ μεγάλη δαπάνη και βέβαια όχι απόλυτη ασφάλεια.

Η τελευταία, σε σχέδιο, έκδοση της PIARC για τον έλεγχο της φωτιάς και του καπνού στις σήραγγες συνιστά διασφάλιση ταχύτητας αέρα στη σήραγγα σε περίπτωση φωτιάς 3m/s που αντιστοιχεί για τα συνήθη μεγέθη σήραγγων σε παροχή περίπου 200m³/hr.

α) Έλεγχος αερισμού σε περίπτωση πυρκαγιάς

Ο άριστος έλεγχος του αερισμού κατά τα πρώτα λεπτά μετά την έναρξη της πυρκαγιάς είναι αυτό που απαιτείται για την ασφάλεια των ανθρώπων.

Πιο κάτω αναφερόμαστε στις περιπτώσεις φωτιάς σε σήραγγες με διαμήκη αερισμό μόνο.

I. Σήραγγες δυο οπών μιας κατεύθυνσης κυκλοφορίας με διαμήκη αερισμό

Όταν υπάρξει φωτιά κατά την κανονική λειτουργία της σήραγγας τα οχήματα που βρίσκονται μπροστά από τη φωτιά θα συνεχίσουν το ταξίδι τους και θα βγουν από τη σήραγγα με ασφάλεια. Τα οχήματα πίσω από τη φωτιά θα παγιδευτούν στη σήραγγα και ότι μπορεί να γίνει θα πρέπει να γίνει άμεσα για την προστασία τους. Γι' αυτή την κατάσταση το σύστημα του αερισμού πρέπει να μπορεί να εξασφαλίσει μια διαμήκη ροή αέρα κατά την ίδια κατεύθυνση όπως κατά την κανονική κυκλοφορία για να εμποδίσει τη ροή του καπνού προς τα παγιδευμένα οχήματα.

II. Σήραγγες μιας οπής δυο κατευθύνσεων κυκλοφορίας και με διαμήκη αερισμό

Σε περίπτωση φωτιάς τα αυτοκίνητα που οδεύουν προς τη φωτιά και από τις δυο κατευθύνσεις θα παγιδευτούν, ενώ αυτά που θα βρίσκονται μπροστά από τη φωτιά θα φύγουν.

Η πρώτη ενέργεια όταν εκδηλωθεί η φωτιά είναι να σταματήσουν οι ανεμιστήρες για να εμποδισθεί η γρήγορη εξάπλωση του καπνού. Θα μπορούσε με

κατάλληλους χειρισμούς να αναστραφεί η ροή του συστήματος αερισμού ώστε να μηδενισθεί η ροή του αλλά αυτό είναι επικίνδυνο και έτσι δεν συνιστάται.

Ο καπνός από τη φωτιά θα εξαπλωθεί σε στρώμα πάνω από τα αυτοκίνητα κατά μεγάλη πιθανότητα προς την φορά της κίνησης του αέρα. Δεν πρέπει να διαταραχθεί η φυσική ανάπτυξη του καπνού και προς τις δυο κατευθύνσεις από το σημείο της φωτιάς όπως και η υπάρχουσα καθαρή περιοχή κάτω από το στρώμα του δεν πρέπει να διαταραχθεί. Αυτό θα δώσει την ευκαιρία στους ευρισκόμενους στη σήραγγα να διαφύγουν πριν κατακλισθεί η σήραγγα από καπνό.

Όταν θα έχουν διαφύγει οι ευρισκόμενοι μέσα στη σήραγγα, θα πρέπει να αποφασισθεί προς ποια κατεύθυνση θα λειτουργήσει ο αερισμός για να καθαρίσει τον καπνό και να επιτρέψει στα σωστικά συνεργεία να μπουν.

Το προσωπικό ασφαλείας θα μπορεί να μπει στη σήραγγα όταν έχουν απομακρυνθεί όλα τα οχήματα (μπροστά από τη φωτιά) και ο αερισμός έχει οδηγήσει τον καπνό προς τη μια κατεύθυνση.

ä) Μέτρα ασφαλείας

Ο θερμός καπνός σε περίπτωση φωτιάς απλώνεται με μεγάλη ταχύτητα σαν στρώμα πάχους μερικών μέτρων κατά μήκος της σήραγγας κατά τη μια ή και τις δυο διευθύνσεις από το σημείο της φωτιάς. Πάνω από τη ζώνη κυκλοφορίας μπορεί να διατηρηθεί ένα στρώμα καθαρού αέρα ύψους 2m για 5 έως 10 λεπτά από την έναρξη της φωτιάς.

I. Απαγωγή καπνού

Αυτή είναι δυνατή μόνο σε περιπτώσεις συστημάτων αερισμού με απαγωγή από την οροφή της σήραγγας.

II. Οδοί διαφυγής

Οι οδοί διαφυγής σε περίπτωση φωτιάς πρέπει να βρίσκονται σε υπερπίεση για εξουδετέρωση της δράσεως του καπνού. Οι οδεύσεις διαφυγής πρέπει να είναι σημασμένες έντονα για να διακρίνονται.

III. Μέτρα για σήραγγα μιας οπής με κυκλοφορία δυο κατευθύνσεων

Πρόβλεψη διαφυγών ανά 350-450m και για μεγάλα μήκη απαγωγή καπνού μέσω κατακόρυφων αγωγών (SHAFTS) και ανεμιστήρων.

Για συστήματα διαμήκους αερισμού με ωστικούς ανεμιστήρες ο αριθμός των ανεμιστήρων προσδιορίζεται για συνθήκη όπου το μισό της σήραγγας είναι γεμάτο από στάσιμα αυτοκίνητα σε μήκος 700m και εξασφαλίζεται ταχύτητα 3 m/s.

IV. Μέτρα για σήραγγες δυο οπών με κυκλοφορία μονής κατεύθυνσης

Σε περιπτώσεις σηράγγων δυο γειτονικών οπών πρέπει να προβλέπονται διαφυγές τουλάχιστον ανά 350÷450m διασυνδεδεμένες τις δυο οπές. Ο διαμήκης αερισμός υπολογίζεται έτσι ώστε με το μισό της σήραγγας γεμάτο με στάσιμα οχήματα σε μήκος 700m να εξασφαλίζει ταχύτητα αέρα 3m/s.

Οι δίοδοι διαφυγής πρέπει να διατηρούνται απαλλαγμένες καπνού με υπερπίεση στη γειτονική σήραγγα.

α) Αντοχή σε θερμοκρασία των εγκαταστάσεων αερισμού

Οι ανεμιστήρες απαγωγής (φτερωτές, οδηγοί, κελύφη και κινητήρες) που έρχονται σε επαφή απ' ευθείας με τον καπνό που απάγεται από τη σήραγγα πρέπει να είναι ανθεκτικοί σε θερμοκρασία τουλάχιστον 400°C για 90 λεπτά.

Ανεμιστήρες εγκατεστημένοι σε αγωγό απαγωγής καπνού δεν χρειάζεται να αντέχουν σε περισσότερο από 250°C επί 90 λεπτά (ισχυρή ψυκτική δράση των τοιχωμάτων του αγωγού).

Ωστικοί ανεμιστήρες μέσα στη σήραγγα πρέπει να αντέχουν σε 250°C επί 90 λεπτά.

Επειδή οι αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες στην άμεση περιοχή της πυρκαγιάς είναι τέτοιου μεγέθους (στην πρόσφατη πυρκαγιά της σήραγγας του Mont Blanc αναπτύχθηκαν θερμοκρασίες 1100°C), θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το ενδεχόμενο απώλειας ανεμιστήρων και να προβλέπεται ικανή εφεδρεία.

οδ) Εκροές απαγόμενου αέρα από τη σήραγγα

Ο εξερχόμενος αέρας από τα στόμια της σήραγγας ή από τα στόμια αγωγών εξόδου αυξάνει την φόρτιση του περιβάλλοντος στην περιοχή των εξόδων με ρυπαντές.

Η νομοθεσία προβλέπει τα επιτρεπόμενα όρια μόλυνσης του αέρα ανάλογα με τις εξεταζόμενες τοποθεσίες και τα λαμβανόμενα μέτρα πρέπει να καθοδηγούνται από σχετικές περιβαλλοντικές μελέτες που μπορεί να επηρεάζουν το σχεδιασμό της εγκαταστάσεως αερισμού.

2.4.6 ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Για τη λειτουργία και τη ρύθμιση των εγκαταστάσεων αερισμού που προβλέπεται είτε χειροκίνητη είτε αυτόματη απαιτούνται οι ακόλουθες βοηθητικές εγκαταστάσεις :

- α. Ανεμόμετρα για τη μέτρηση της ταχύτητας και της φοράς του αέρα, ένα σε κάθε στόμιο σήραγγας και ένα στο μέσο της.
- â. Σύνθετοι αισθητήρες μέτρησης της θολότητας του αέρα (καπνό), του οξειδίου του αζώτου (NO) και του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) ανά 350m περίπου.

Αερισμός και λοιπά Η/Μ συστήματα οδικών σηράγγων Εγνατίας οδού

- ã. Μονάδες αξιολόγησης των πιο πάνω μετρήσεων και μετάδοσης πληροφοριών προς το Σύστημα Κεντρικού Ελέγχου SCADA το οποίο ελέγχει τη λειτουργία των ανεμιστήρων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1
Η-Μ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Μήκος Σήραγγας	Εγκατάσταση			
	<350	350÷700	700÷1050	>1050
<u>Ημερήσιος φωτισμός*</u>
<u>Επικοινωνίες</u> Τηλέφωνα ανάγκης
Μεγαφωνική	-	-	-	-
Κλειστό σύστημα τηλεόρασης
Ραδιοεπικοινωνίες	-	0	-	-
<u>Εγκαταστάσεις αναγγελίας πυρκαγιάς</u> Χειροκίνητη
Αυτόματη
<u>Εγκαταστάσεις πυρόσβεσης</u> Πυροσβεστήρες
Πυροσβεστικό δίκτυο & φωλιές
<u>Έλεγχος κυκλοφορίας</u> Φωτεινή σηματοδότηση
Φωτεινές πινακίδες σταθερών μηνυμάτων
Φωτεινές πινακίδες κινητών μηνυμάτων
Επιτήρηση κυκλοφορίας
Έλεγχος ύψους οχημάτων
<u>Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου SCADA</u>	•	•	•	•

Σημείωση :

- Αναγκαία εγκατάσταση
- Μη αναγκαία εγκατάσταση
- 0 Προαιρετική εγκατάσταση
- * Κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις δεν απαιτείται ημερήσιος φωτισμός ή απαιτείται μειωμένος φωτισμός για σήραγγες μήκους μέχρι 125m.

3. ΑΛΛΕΣ Η-Μ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

3.1 Άλλες εκτός αερισμού Η-Μ εγκαταστάσεις που προτείνονται για τις οδοσήραγγες ανάλογα του μήκους τους είναι οι εμφανιζόμενες στον πίνακα 3.1.

3.2 Στις εγκαταστάσεις αυτές θα αναφερθούμε σε συντομία πιο κάτω :

3.2.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

- α. Η εγκατάσταση φωτισμού σηράγγων πρέπει να αντιμετωπίζεται σύμφωνα με τις υποδείξεις της C.I.E. 88-1990.

Τα φωτιστικά σώματα και οι λαμπτήρες τους (γενικά Νατρίου ΥΠ) που χρησιμοποιούνται είναι καλό να είναι περιορισμένων τύπων ώστε να διευκολύνουν τη συντήρηση.

Η εγκατάστασή τους επίσης καλό είναι να γίνεται σε μια σειρά ελαφρώς έκκεντρα ως προς τον άξονα της σήραγγας επίσης για διευκόλυνση της συντήρησής τους.

Τα φωτιστικά στις περισσότερες περιπτώσεις ορεινών σηράγγων ενδείκνυται να είναι ασύμμετρης δέσμης για τις ζώνες εισόδου ενώ για την εσωτερική ζώνη συμμετρικής δέσμης. Ο φωτισμός νύκτας καλό είναι να αποτελεί μέρος του φωτισμού ημέρας.

- β. Ο φωτισμός ασφαλείας της σήραγγας καλό είναι να είναι ο ίδιος με το φωτισμό νύκτας υπό την προϋπόθεση τροφοδοτήσεώς του από σύστημα αδιάλειπτης λειτουργίας (UPS).
- γ. Οι πιο πάνω επιλογές τύπων φωτιστικών σωμάτων, λαμπτήρων και διάταξης τους αφορούν σήραγγες δυο λωρίδων που είναι η συνήθης περίπτωση για τις σήραγγες της ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ και οδηγούν σε μικρότερο αρχικό κόστος και κόστος συντήρησης εξοπλισμού ενώ ίσως έχουν κάπως ψηλότερη κατανάλωση ενέργειας.
- δ. Οι στάθμες ρύθμισης της εγκατάστασης φωτισμού ημέρας μπορεί να είναι 5 έως 6.
- ε. Για τη μελέτη του φωτισμού πολύ κρίσιμα στοιχεία είναι ο καθορισμός της ταχύτητας των οχημάτων σε συνδυασμό με την κλίση του οδικού τμήματος πρόσβασης στη σήραγγα, για τον προσδιορισμό της απόστασης ασφαλούς πέδησης, η ακρίβεια προσδιορισμού του κωνικού πεδίου 20° και της μέσης λαμπρότητάς του, στα στόμια εισόδου των σηράγγων, που επηρεάζουν τα μέγιστα την επιλεχθείσα λύση.

3.2.2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

α. Τηλέφωνα ανάγκης

Στις σήραγγες μονής κατεύθυνσης προβλέπονται τηλέφωνα ανάγκης στη μια πλευρά τους ανά 50m και στις σήραγγες διπλής κατεύθυνσης και στις δυο πλευρές τους, συνδεδεμένα προς τα κέντρα επιτήρησης.

â. Μεγαφωνική εγκατάσταση

Δεν συνιστάται τέτοια εγκατάσταση λόγω αδυναμίας λειτουργίας της σε περίπτωση ανάγκης οπότε η στάθμη θορύβου στη σήραγγα την καθιστά άχρηστη.

ã. Κλειστό σύστημα τηλεόρασης

Σε όλες τις σήραγγες προβλέπεται εγκατάσταση κλειστού συστήματος τηλεόρασης για επιτήρησή τους. Οι εικόνες μεταφέρονται προς τα κέντρα επιτήρησης και ελέγχου.

ä. Ραδιοεπικοινωνίες

Μετάδοση ραδιοφωνικών σημάτων με ακτινοβολούν καλώδιο προβλέπεται για τις σήραγγες μήκους άνω των 700m ή και μικρότερου, ανάλογα με τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά και μεταδίδουν 6 προγράμματα ραδιοφώνου ή εξυπηρετούν τις υπηρεσιακές επικοινωνίες (αστυνομία, ΕΚΑΒ, πυροσβεστική, προσωπικό συντήρησης).

Μικρότερες σήραγγες εξοπλίζονται μόνο με συστήματα κεραιών στις εισόδους τους. Το θέμα των επικοινωνιών (δηλ. τρόποι και συχνότητες επικοινωνίας) βρίσκεται σε εξέλιξη, λόγω των μεγάλων αλλαγών στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα.

3.2.3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΝΑΓΓΕΛΙΑΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

á. Χειροκίνητη αναγγελία πυρκαγιάς προβλέπεται μέσω μπουτόν ενσωματωμένων στα τηλέφωνα ανάγκης.

â. Αυτόματο σύστημα με γραμμικό (αναλογικό ή ψηφιακό διευθυνσιοδοτούμενο) αισθητήρα θερμοκρασίας και ηλεκτρονική μονάδα συνδέσεως προς πίνακα πυρανίχνευσης και από τον πίνακα αυτόν προς το σύστημα επιτήρησης και ελέγχου λειτουργίας της σήραγγας (SCADA).

Το σύστημα αυτό εμφανίζεται ως το πιο σύγχρονο σήμερα αλλά και εδώ οι εξελίξεις της τεχνολογίας είναι ταχείες και πρέπει να παρακολουθούνται.

3.2.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ

Προβλέπονται εγκαταστάσεις πυρόσβεσης για όλες τις σήραγγες αποτελούμενες από:

á. Φορητούς πυροσβεστήρες χημικής σκόνης 6 & 9 kg.

â. Δεξαμενή τουλάχιστον 150m³, αντλίες, δίκτυα, δίδυμοι κρουνοί και υδροστόμια ανά 50m με αυλούς και αφρογεννήτριες
Η πίεση στις βάνες των φωλιών θα είναι 6÷7 bar.
Υδροστόμια προβλέπονται κατά κανόνα στη μια πλευρά της μονής κατεύθυνσης σήραγγων και στις δυο πλευρές των διπλής κατεύθυνσης.

3.2.5 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Προβλέπονται :

- Σύστημα ελέγχου ύψους οχημάτων
- Σύστημα φωτεινής σηματοδότησης
- Σταθερές πινακίδες
- Φωτεινές πινακίδες σταθερού μηνύματος
- Φωτεινές πινακίδες μεταβλητού μηνύματος

3.2.6 ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ

Για την επιτήρηση και τον έλεγχο λειτουργίας των σηράγγων προβλέπεται εγκατάσταση σχετικών συστημάτων, SCADA.

Τέτοια συστήματα προβλέπονται κοντά σε κάθε σήραγγα και γενικά λειτουργούν μη επανδρωμένα που όμως συνδέονται με τοπικά επανδρωμένα κέντρα της Εγνατίας Οδού εγκατεστημένα σε καίρια σημεία του δικτύου που και αυτά θα συνδέονται προς το κεντρικό σύστημα επιτήρησης της Εγνατίας Οδού.

Η διάρθρωση του συστήματος αυτού βρίσκεται σε εξέλιξη.

3.2.7 ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΙΣΧΥΡΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις Ι.Ρ. σηράγγων καλύπτουν την ηλεκτροδότηση όλων των μηχανημάτων και συσκευών που τις εξυπηρετούν.

Αποτελούνται από υποσταθμούς συνδεδεμένους προς το δίκτυο της ΔΕΗ, πίνακες μέσης και χαμηλής τάσεως, εφεδρικά ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη UPS, γειώσεις, καλωδιώσεις κλπ.

Σημαντικό είναι να τονίσουμε ότι τόσο ο εξοπλισμός των εγκαταστάσεων όσο και η κατασκευή των δικτύων πρέπει να είναι ανθεκτικά στις συνθήκες λειτουργίας των σηράγγων και όπου τροφοδοτούν κρίσιμες εγκαταστάσεις να προστατεύονται ιδιαίτερα.

Έτσι οι καλωδιώσεις είναι επιθυμητό να οδεύουν υπογείως ή εντοιχισμένες σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη έκταση. Όπου προβλέπονται εκτεθειμένες καλωδιώσεις κρίσιμων εγκαταστάσεων (π.χ. φωτισμού ασφαλείας, αερισμού, πυρανίχνευσης, φωτεινής σηματοδότησης, επικοινωνιών κλπ) πρέπει αυτές να είναι από πυράντοχα καλώδια απαλλαγμένα αλογόνων και χαμηλής εκπομπής καπνού.