



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
*Σχεδιασμός και Κατασκευή Υπογείων Έργων*

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΣΧΕΔΙΟΥ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ ΣΕ  
ΥΠΟΓΕΙΟ ΧΩΡΟ ΜΕ ΕΞΕΤΑΣΗ ΙΔΙΑΙΤΕΡΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ.  
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΟΝ ΥΠΟΓΕΙΟ ΧΩΡΟ ΤΟΥ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΛΑΥΡΙΟΥ.**



ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2010

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΚΑΛΙΑΜΠΑΚΟΣ

ΣΥΝΤΑΞΑΣ : ΦΙΛΙΠΠΟΣ ΚΥΡΙΤΣΗΣ

ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	σελ. 5
ABSTRACT.....	σελ.6
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ.7
2. ΓΕΝΙΚΑ	
2.1. ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΣΧΕΔΙΩΝ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ.....	σελ. 8
2.2. ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΣΧΕΔΙΩΝ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ...	σελ.9
3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΤΡΩΣΕΩΣ ΣΧΕΔΙΟΥ	
3.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ.....	σελ.10
3.2. ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ.....	σελ.11
4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ	
4.1. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΙΑΤΙΘΕΜΕΝΟΥ ΧΡΟΝΟΥ $t_{\delta}$ .....	σελ.12
4.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΧΡΟΝΟΥ $t_{απ}$ .....	σελ.14
4.2.1 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΧΡΟΝΩΝ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ.....	σελ.15
4.2.2. ΧΡΟΝΟΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ $t_{det}$ .....	σελ.16
4.2.3. ΧΡΟΝΟΣ ΣΥΝΑΓΕΡΜΟΥ $t_{al}$ .....	σελ.17
4.2.4. ΧΡΟΝΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ $t_{pre}$ .....	σελ.19
4.2.5. ΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΚΕΝΩΣΗ $t_e$ .....	σελ. 21
5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΧΡΟΝΟΥ $t_e$	
5.1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΒΑΔΙΣΜΑΤΟΣ.....	σελ.24
5.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΡΟΗΣ $F_s$ .....	σελ.27
5.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΡΟΗΣ – ΠΑΡΟΧΗΣ $Q$ .....	σελ.29
5.4. ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΟΥ ΚΑΠΝΟΥ ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ.....	σελ.32

5.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ $t_p$ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΥ ΚΙΝΗΣΗΣ $t_s$ .....σελ.33	
6. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΦΑΚΕΛΟΥ «ΣΧΕΔΙΟ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ»	
6.1. ΧΡΟΝΟΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ $t_{safety}$ .....σελ.34	
6.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ $t_{safety}$ ΜΕ ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΜΑΤΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ..... σελ.35	
6.2.1. ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ..... σελ.35	
6.2.2. ΜΟΝΤΕΛΑ ΒΑΣΙΣΜΕΝΑ ΣΤΗ ΡΟΗ ΚΑΙ ΚΙΝΗΣΗ..... σελ.36	
6.2.3. ΜΟΝΤΕΛΑ ΒΑΣΙΣΜΕΝΑ ΣΤΗΝ ΔΙΑΚΡΙΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ..σελ.37	
6.2.4. ΜΟΝΤΕΛΑ ΒΑΣΙΣΜΕΝΑ ΣΕ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΑΤΟΜΩΝ..... σελ.38	
6.2.5. ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΟΥ ΣΥΝΥΠΟΛΟΓΙΖΟΥΝ ΚΟΙΝΩΝΙΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ..... σελ.39	
6.2.6. ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ..... σελ.39	
6.3. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ PathFinder.....σελ.41	
6.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΧΩΡΩΝ.....σελ.42	
6.5. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΕΞΟΔΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ.....σελ. 44	
6.6. ΟΔΕΥΣΕΙΣ ΔΙΑΦΥΓΗΣ.....σελ.45	
6.7. ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΣΤΙΣ ΟΔΕΥΣΕΙΣ ΔΙΑΦΥΓΗΣ.....σελ.52	
7. ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ	
7.1 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΙΔΑΣ ΣΧΕΔΙΟΥ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ.....σελ.53	
7.2. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗΣ ΠΟΥ ΣΥΝΟΔΕΥΕΙ ΤΗΝ ΠΙΝΑΚΙΔΑ ΣΧΕΔΙΟΥ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ.....σελ.56	
7.3. ΑΛΛΗΛΟΥΧΙΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ.....σελ. 58	
8. ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΓΕΙΟ ΧΩΡΟ ΛΑΥΡΙΟΥ	
8.1. ΠΡΩΤΟ ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ (ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ – ΕΛΕΓΧΟΙ)	
8.1.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΡΟΝΩΝ $t_{det}$ , $t_{al}$ , $t_{pre}$ .....σελ. 62	
8.1.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΚΙΝΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΚΕΝΩΣΗ $t_e$ .....σελ. 65	
8.1.3. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ $t_{safety}$ .....σελ. 68	

8.1.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΓΙΣΤΟΥ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ.....σελ.71	
8.1.4.1. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΛΥΣΗ.....σελ.71	
8.1.4.2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ PathFinder.....σελ.72	
8.2. ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ.....σελ.77	
9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....σελ.80	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	
1. ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ PathFinder , ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΣΕΝΑΡΙΟ.....σελ.82	
2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟ.....σελ.86	
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....σελ.88	
ΠΙΝΑΚΙΔΕΣ ΣΧΕΔΙΩΝ .....σελ.90	

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία σκοπό έχει την παροχή οδηγιών για την κατάστρωση μιας μελέτης εκκένωσης σε περίπτωση εκτάκτου ανάγκης σε υπόγειο χώρο. Γίνεται χρήση στοιχείων προερχόμενα από έρευνες , κανονισμούς παθητικής πυροπροστασίας (ελληνικούς και ξένους) με σκοπό την εξαγωγή εκτιμήσεων για προσδιορισμό χρόνων που αφορούν το τμήμα της εκκένωσης το οποίο επηρεάζεται από ανθρώπινη συμπεριφορά και εξαρτάται από τα διατιθέμενα μέσα και εγκαταστάσεις του υπογείου χώρου. Για τον υπολογισμό του χρόνου που αφορά το τμήμα εκκένωσης που συνδέεται με κίνηση ανθρώπων γίνεται μία προσέγγιση κυκλοφοριακής ροής ανθρώπων συνδυασμένη με ανθρωπομετρικά δεδομένα ,από όπου εξάγονται οι βασικές σχέσεις εκτιμήσεων μεγεθών παροχής και χρόνου. Αυτή η αναλυτική προσέγγιση συγκρίνεται με την προσομοίωση υπολογιστών και γίνεται μία κατηγοριοποίηση των διατιθέμενων προγραμμάτων. Όλες οι οδηγίες και κανόνες που παρουσιάζονται , βρίσκουν εφαρμογή σε ένα παράδειγμα , στον υπόγειο χώρο του τεχνολογικού πάρκου Λαυρίου, όπου η ανάλυση καταλήγει στην σύνταξη του σχεδίου εκκένωσης αποτελούμενο από σχέδια και τεχνική έκθεση οδηγιών.

## ABSTRACT

The purpose of this paper is to give the necessary guidelines to complete an evacuation plan in case of emergency in an underground space. The data within this paper have been taken from research studies , standards for fire protection engineering (greek and foreigners) in order to extract estimates about the times concernig the section of evacuation refering to human behaviour and depends from installations in the underground space. To establish a pattern of computation time concerning the section of evacuation, refering to human movement an approach is used with similar elements from vehicle traffic flow. This combined with anthropometrical data leads to the basic relations between time and quantity of people per second through an emergency door exit. This analytical approach is compared with results from computer simulation among with a classifiacation of available software. All these instructions and guidelines are aplicable in an example of the underground space located in Technological Park of Lavrio, where the whole analysis has the result to produce an evacuation plan made from templates and technical reports.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αν ζητηθεί από έναν μηχανικό να συντάξει ένα σχέδιο εκκένωσης υπογείου χώρου τότε θα βρεθεί αντιμέτωπος με δύο βασικές διαπιστώσεις , ότι δεν υπάρχουν οδηγίες και κανονισμοί για τέτοιες κατηγορίες χώρων και ότι οι διατιθέμενες πληροφορίες και έρευνες για τις άλλες κατηγορίες χώρων είναι εκτεταμένες με πληθώρα αναφορών. Τελικά θα παραμείνει με τη δυσκολία να διαθέτει ένα ατελείωτο όγκο εργασιών που να μην αναφέρεται σε υπόγειο χώρο αλλά και να είναι δύσκολο να βάλει τάξη στο χάος ώστε να εκμεταλλευτεί τις πληροφορίες για την σύνταξη του σχεδίου εκκένωσης.

Όταν λέμε ότι ζητείται σχέδιο εκκένωσης υπογείου χώρου (evacuation plan) δεν αναφερόμαστε σε μία πινακίδα σχεδίου μόνο , αλλά και σε συνοδευτικές αναφορές και τεύχη που θα χρησιμοποιούνται όλα σε συνδυασμό. Όλα μαζί αποτελούν το σχέδιο εκκένωσης το οποίο σκοπό έχει τον πιο σημαντικό αντικειμενικό στόχο: την διάσωση ανθρώπινων ζωών.

## 2. ΓΕΝΙΚΑ

### 2.1. ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΣΧΕΔΙΩΝ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ

Πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση και συστηματοποίηση για την σύνταξη σχεδίων εκκένωσης σε υπόγειους χώρους ,πρέπει να αναρωτηθούμε αν κάτι τέτοιο είναι απαραίτητο να υπάρχει. Αυτή η αμφισβήτηση προκύπτει και από το γεγονός ότι στην ελληνική νομοθεσία δεν υπάρχει υποχρέωση υποβολής τέτοιων σχεδίων για καμία κατηγορία χώρου. Αυτό υποκαθίσταται από μία μελέτη παθητικής πυροπροστασίας βάση του Π.Δ. 71/1988 μαζί με τις τροποποιήσεις του, η οποία υποβάλλεται και ελέγχεται από την πυροσβεστική υπηρεσία και αποτελεί τις υποχρεωτικές προϋποθέσεις για κάθε κτίριο που πρέπει να προβλεφθούν για την εξασφάλιση ενός επιπέδου ασφαλείας. Η μόνη αναφορά σε υπόγειους χώρους είναι στα υπόγεια που χρησιμοποιούνται για στάθμευση αυτοκινήτων μέχρι τρία υπόγεια ,που αντιμετωπίζεται και αυτή η περίπτωση σαν κτίριο με αυξημένες απαιτήσεις και ιδιαίτερη επικινδυνότητα.. Εδώ πρέπει να ληφθεί υπ' όψη ο ιδιαίτερος χαρακτήρας ενός υπόγειου χώρου ,όχι με την έννοια ενός υπόγειου parking, στο οποίο άλλωστε ο περισσότερος κόσμος είναι εξοικειωμένος από την καθημερινότητά του, αλλά με την μορφή μίας εκμετάλλευσης σε λειτουργία σε βάθος άνω των 15 μέτρων. Εκεί δεν υπάρχουν ανοίγματα για φυσικό φως , ούτε φεγγίτες , ούτε και φωταγωγοί ,ο φωτισμός και αερισμός είναι τεχνητός και η αίσθηση του προσανατολισμού από μικρή έως καθόλου. Για τους ανθρώπους λοιπόν που θα επισκέπτονται ένα τέτοιο χώρο ή θα δουλεύουν εκεί , θα πρέπει σε περίπτωση ανάγκης για διάφορες αιτίες που θα χρειαστεί να τον εγκαταλείψουν, να είναι μελετημένο από πριν ένα συγκεκριμένο σχέδιο για το πώς θα γίνει κάτι τέτοιο. Δεν γίνεται να αφηθεί μία εκκένωση ατόμων



από υπόγειο χώρο σε μία απλή ύπαρξη απαραίτητου κλιμακοστασίου με προεξόφληση ότι όλα θα πάνε καλά , γιατί ο υπόγειος χώρος έχει όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά ώστε να μας προδιαθέτει ότι κάτι δεν θα πάει καλά. Έτσι λοιπόν συγκαταλέγουμε τον υπόγειο χώρο σε αυτήν την κατηγορία όπου θα πρέπει να εκπονείται σχέδιο εκκένωσης ανεξαρτήτως απαλλαγής από τέτοια υποχρέωση.

### 2.2. ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΣΧΕΔΙΩΝ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ

Από την πληθώρα ερευνών και εργασιών που έχουν γίνει καθώς και από τους ισχύοντες κανονισμούς μπορούμε να ομαδοποιήσουμε σε δύο μεθόδους.

Η μία μέθοδος έχει να κάνει με την περιγραφική άποψη που διαμορφώνει το μέγεθος και τον αριθμό των εξόδων κινδύνου παίρνοντας συγχρόνως υπ' όψη και τα μέγιστα μήκη οδεύσεων διαφυγής. Αναφέρεται δε σε τρία κύρια σημεία : στην πυκνότητα των ανθρώπων , τη ροή τους και στην γεωμετρία των οδεύσεων διαφυγής.

Η άλλη μέθοδος είναι πιο υπολογιστική και διαμορφώνεται ανάλογα με το μέγιστο χρονικό όριο για εκκένωση. Στην ουσία αποδεικνύει ότι ο διαθέσιμος χρόνος εκκένωσης είναι μεγαλύτερος από τον απαιτούμενο.

## 3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΤΡΩΣΕΩΣ ΣΧΕΔΙΟΥ

### 3.1.ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Η πλειοψηφία των οικοδομικών κανονισμών σε σχέση με την εκκένωση που ισχύουν σήμερα στο μεγαλύτερο μέρος τους , κατά τον σχεδιασμό και εφαρμογή ανήκουν στην περιγραφική μέθοδο. Καλύπτουν την ανάγκη να υπάρχουν συγκεκριμένες οικοδομικές διαστάσεις χωρίς να έχει γίνει αποτελεσματική

αξιολόγηση της επάρκειάς τους και έλεγχος αν έρχονται σε σύγκρουση με άλλες απαιτήσεις. Είναι βασισμένη σε εμπειρικά δεδομένα παρά σε επιστημονική και συστηματική έρευνα. Παρά το ότι έχουν γίνει πολλές και νεότερες θεωρήσεις σε θέματα ατυχημάτων και πυρκαγιών αυτά δεν έχουν ενσωματωθεί στις πρακτικές της μεθόδου. Ο ελληνικός κανονισμός πυροπροστασίας παρόλο ότι δεν καταλήγει σε σύνταξη σχεδίου εκκένωσης, αλλά σε ένα διάγραμμα ελέγχου αποστάσεων – χρόνου πάνω στην κάτοψη, μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι περιγραφική μέθοδος γιατί βασίζεται στα παρακάτω στοιχεία τα οποία συγκρινόμενα με την βιβλιογραφία είναι τα μέρη που αποτελούν όλες τις περιγραφικές μεθόδους:

- αριθμός εξόδων και μέγιστα πλάτη και μήκη οδεύσεων διαφυγής
- διατήρηση των οδεύσεων διαφυγής ελεύθερων
- ύπαρξη ενός, μέγιστου χρόνου εκκένωσης 30' ή 60' [1]

Οι απαιτήσεις που δίνει η μέθοδος αν εφαρμοστούν ανάλογα με τον επιλεγμένο κανονισμό, αντιστοιχούν σε ταχύτητες ανθρώπων του κτιρίου μεταξύ 0.3m/sec και 1.0m/sec (ελληνικός κανονισμός, ένας τρόπος υπολογισμού παρατίθεται στο 2<sup>ο</sup> μέρος του παραρτήματος) και χρόνους εκκένωσης απαιτούμενος από 2 έως 8 λεπτά (ελληνικός 2.5 με 7 λεπτά). Αυτές οι τιμές στην πλειοψηφία των περιπτώσεων είναι αρκετές αλλά σε υπόγειο έργο χρειάζεται διερεύνηση. Υπάρχει και το ενδεχόμενο να μην γίνεται να υλοποιηθεί κάτι τέτοιο σε μεγάλο βάθος π.χ. δεν είναι δυνατόν να τοποθετούνται ανά 35 μέτρα κλιμακοστάσια χωρίς έλεγχο μόνο από υποχρέωση από εμπειρική μέθοδο. Μπορεί να είναι πιο αραιή η τοποθέτησή τους, να προκύπτουν μεγαλύτεροι χρόνοι εκκένωσης ή άλλες ταχύτητες και να υπάρχει επάρκεια, αλλά για να βρεθεί χρειάζεται η προσέγγιση του μηχανικού.

### 3.2.ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ

Αυτή είναι και η μέθοδος που ταιριάζει σε μία ανάλυση μηχανικού καθώς αξιολογεί όλες τις συνθήκες με ποσοτικούς ελέγχους προσαρμοσμένη σε κάθε περίπτωση ανάλογα με το έργο που αντιμετωπίζει. Έτσι αν έχει να κάνει κατάστροφη σχεδίου εκκένωσης σε υπόγειο χώρο θα γίνουν τα εξής:

- λήψη εξόδων , διαστάσεων , κλιμακοστασίων ως δεδομένα (του έργου)
- προσδιορισμός πληθυσμών
- χάραξη διαδρομών
- προσδιορισμός διατιθέμενου χρόνου
- έλεγχος με χρήση απαιτούμενου χρόνου για κάθε πιθανή κατάσταση λειτουργίας.

## 4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ

### 4.1.ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΙΑΤΙΘΕΜΕΝΟΥ ΧΡΟΝΟΥ $t_{\delta}$

Ξεκινώντας από το πιο σημαντικό για την θεμελίωση της μεθόδου , τον προσδιορισμό των χρόνων. Ο διατιθέμενος χρόνος αναφέρεται από την στιγμή της έναρξης του συμβάντος μέχρι την στιγμή που οι συνθήκες θα είναι ανυπόφορες για τους ανθρώπους. Συμβολίζεται με  $t_{\delta}$  και ανάλογα με την αιτία εκκένωσης μπορεί να ληφθεί και διαφορετικός . Για το υπόγειο έργο έχουν ληφθεί υπ' όψη οι ιδιαίτερες συνθήκες και μπορεί να προκύψει ο παρακάτω πίνακας.

Είδος ατυχήματος	Διατιθέμενος χρόνος $t_δ$ σε λεπτά	
	ΦΩΤΙΑ	Χωρίς ιδιαίτερη πρόληψη
επιπλέον με σύστημα αερισμού ανάγκης		30
Με εσωτερικούς διαχωρισμούς		45
ΔΙΑΡΡΟΗ ΧΗΜΙΚΩΝ Κ.Λ.Π.	Ύπαρξη μόνο ανιχνευτών	15
	επιπλέον με σύστημα αερισμού ανάγκης	30
ΠΛΗΜΜΥΡΑ - ΕΙΣΡΟΗ ΝΕΡΟΥ	45	
ΔΙΑΚΟΠΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	60	
ΣΕΙΣΜΟΣ	30	
ΓΕΝΙΚΗ ΑΠΕΙΛΗ Π.Χ. ΒΟΜΒΑ	15 - 30	

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Διατιθέμενος χρόνος  $t_δ$  σε λεπτά, [1], [2], [3], [6], [19]

Όσον αφορά τον  $t_δ$  που αναφέρεται σε φωτιά, για ακριβέστερο προσδιορισμό απαιτείται υπολογισμός των καμπύλων χρόνων συγκέντρωσης για βασικά τοξικά προϊόντα, καπνό και θερμότητα σαν παράγωγα από τη φωτιά. Για την χάραξη των καμπύλων αυτών συνυπολογίζεται η συγκέντρωση και η φύση των προς καύση υλικών. Ένας τρόπος για την ακριβή χάραξη τέτοιων καμπυλών είναι η θεώρηση υποθετικών σεναρίων φωτιάς λαμβάνοντας υπ' όψη και τη γεωμετρία του χώρου (όγκος, ύψος οροφής), ή την θεώρηση μιας φωτιάς σχεδιασμού. Όλοι οι υπολογισμοί των σεναρίων και τη φωτιάς σχεδιασμού έχουν σκοπό τον προσδιορισμό της κίνησης της φωτιάς, των συγκεντρώσεων τοξικών παραγώγων – καπνού και θερμότητας. Αυτές οι παράμετροι συγκρίνονται με τα κριτήρια διαβίωσης μέσα στον

χώρο που έχουν τεθεί αρχικά και έτσι με το πάνω όριό τους προκύπτει ο  $t_8$ . Υπάρχουν γι' αυτούς τους σκοπούς λογισμικά προσομοίωσης που προβλέπουν τα αποτελέσματα εξάπλωσης φωτιάς σε περιορισμένο όγκο ανάλογα με την ύπαρξη υλικών προς καύση.

Παρακάτω συνοψίζονται οι ιδιαίτερες συνθήκες που λήφθηκαν υπ' όψη για την κατάρτιση του πίνακα 1 , μαζί με υπάρχουσα εμπειρία και κανονισμούς. Οι συνθήκες αυτές είναι οι ιδιαίτεροι χαρακτήρες του υπογείου χώρου που θα μας απασχολήσουν και στα επόμενα στάδια ανάλυσης και αποτελούν συγχρόνως και παραδοχές για τις θεωρήσεις της παρούσας εργασίας.

<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΟ ΣΕ ΥΠΟΓΕΙΑ ΕΡΓΑ</b>	<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΑ ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΚΤΙΡΙΑ</b>
Μόνο άνοδος σε κλιμακοστάσια	Μόνο κάθοδος σε κλιμακοστάσια
Καπνός κινείται προς τις εξόδους διαφυγής	Καπνός κινείται στο πλησιέστερο παράθυρο, άνοιγμα κλπ
Γρήγορη αύξηση θερμότητας για την ίδια καύσιμη ύλη	Μικρότερη αύξηση θερμότητας
Οι άνθρωποι έχουν μικρή αίσθηση προσανατολισμού	Υπάρχει εύκολος προσανατολισμός και πιθανόν φυσικό φως
Οι άνθρωποι τείνουν να βγουν από εκεί που μπήκαν	Οι άνθρωποι ακολουθούν τα σύμβολα - πινακίδες
Αργεί να ξεκινήσει η εκκένωση	Αργεί λιγότερο να ξεκινήσει η εκκένωση
Περισσότερη κόπωση λόγω ανόδου σε ράμπες σκάλες	Λιγότερη κόπωση των ανθρώπων

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Σύγκριση χαρακτηριστικών που λαμβάνονται υπ' όψη**

## 4.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΧΡΟΝΟΥ $t_{απ}$ .

### 4.2.1 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΧΡΟΝΩΝ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ

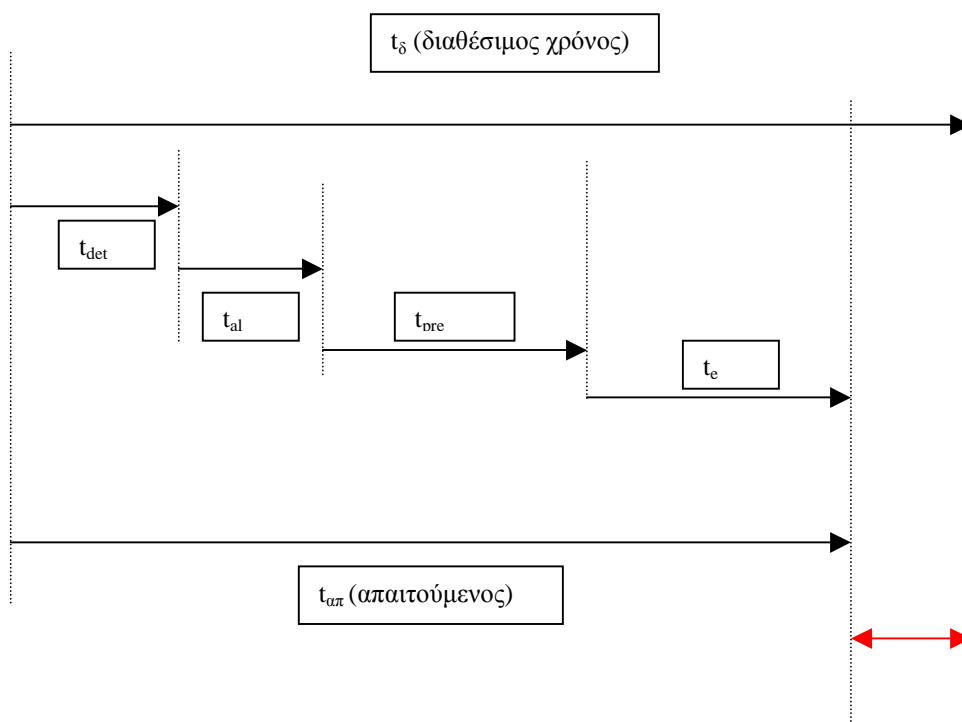
Ο απαιτούμενος χρόνος  $t_{απ}$  αναφέρεται στον χρόνο από την στιγμή του ατυχήματος, μέχρι την στιγμή όπου οι άνθρωποι θα φτάσουν (ο τελευταίος) σε ασφαλές μέρος. Συμβολίζεται με  $t_{απ}$ , αποτελείται από συγκεκριμένες συνιστώσες και παρακάτω θα αναλυθεί ο τρόπος υπολογισμού του.

Ο χρόνος  $t_{απ}$  μπορεί να διακριθεί σε τέσσερις ξεχωριστούς χρόνους οι οποίοι με τη σειρά τους εξαρτώνται από τα φυσικά χαρακτηριστικά των ανθρώπων και της συμπεριφοράς τους σε υπόγειο χώρο αλλά και από τις διατιθέμενες διατάξεις ασφαλείας.

Έτσι αρχικά έχουμε τον χρόνο εντοπισμού  $t_{det}$ , όπου είναι ο χρόνος όπου εκκινεί το συμβάν του ατυχήματος μέχρι την στιγμή που γίνεται αντιληπτό από κάποιον ή από αισθητήρα. Κατόπιν είναι ο χρόνος συναγερμού  $t_{al}$ , όπου είναι ο χρόνος που μεσολαβεί από τον εντοπισμό μέχρι την σήμανση του συναγερμού για εκκένωση. Άλλοι ερευνητές τον ενσωματώνουν στον  $t_{det}$  όμως εδώ λόγω της φύσης του υπογείου χώρου είναι διαφορετικός, καθώς εμπλέκεται και το στάδιο απόφασης για εκκένωση μέχρι τη σήμανση του αντίστοιχου συναγερμού. Στη συνέχεια είναι ο χρόνος πριν την μετακίνηση των ανθρώπων (pre – movement time)  $t_{pre}$ , ο οποίος είναι αποτελούμενος από δύο συνιστώσες: τον χρόνο αναγνώρισης και τον χρόνο ανταπόκρισης. Ο χρόνος  $t_{pre}$  αναφέρεται μέχρι την στιγμή που ξεκινάει ο πρώτος άνθρωπος να κινείται σε κάποια έξοδο.

Τέλος έχουμε τον χρόνο κίνησης για την επίτευξη εκκένωσης  $t_e$ , ο οποίος είναι και ο χρόνος που χρειάζεται και ο τελευταίος άνθρωπος για να εξέλθει από έξοδο κινδύνου σε ασφαλές μέρος.

Κάθε χρόνος επηρεάζεται από συγκεκριμένες παραμέτρους και συνοπτικά οι σχέσεις των χρόνων απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα ενώ οι επιρροές διαφόρων παραγόντων στον επόμενο πίνακα.



ΣΧΗΜΑ 1. Συνιστώσες χρόνων εκκένωσης, [6], [7], [4], [16]

Στο σχήμα 1 με κόκκινο χρώμα συμβολίζεται το περιθώριο ασφαλείας το οποίο θα σχολιαστεί παρακάτω και γενικά μπορεί να ονομάζεται  $t_{safety}$ . Η κλίμακα παρουσίασης των χρόνων είναι σχηματική και ισχύει γενικά  $t_{det} \sim t_{al}$  και  $t_e > t_{pre}$ .

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΧΡΟΝΟΥ	ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ
$t_{det} + t_{ai}$	Ανιχνευτές, αισθητήρες, πυκνότητα ενοίκων, θερμοκρασία ενεργοποίησης, χώρος επιρροής αισθητήρων - κάλυψη, είδος δραστηριότητας ενοίκων υπογείου, χαρακτηριστικά φωτιάς
$t_{pre}$	Εκπαίδευση ενοίκων, σύστημα συναγερμού, βαθμός εξοικείωσης
$t_e$	Θέση φωτιάς, αριθμός εξόδων, μήκη διαδρόμων, πληθυσμός, πλάτη εξόδων, συμπεριφορά ενοίκων, ταχύτητα ενοίκων, διατάξεις διάσωσης, βάθος υπερκειμένου υπογείου χώρου

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Παράγοντες που επηρεάζουν τους συντελεστές χρόνων εκκένωσης

4.2.2. ΧΡΟΝΟΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ  $t_{det}$ .

Σε ένα αυτόματο σύστημα ο χρόνος  $t_{det}$  εξαρτάται από την ευαισθησία του συστήματος. Οπότε ο χρόνος  $t_{det}$  μπορεί να προκύψει από τις προδιαγραφές σχεδίασης του συστήματος ανίχνευσης. Αν δεν υπάρχει αυτόματο σύστημα ανίχνευσης ο χρόνος  $t_{det}$  μπορεί να εξαχθεί από την φωτιά σχεδιασμού.

Για υπόγειους χώρους όπου λόγω της κατασκευής τους με την μέθοδο θαλάμων και στύλων υπάρχουν περιοχής μειωμένης αντίληψης, ο χρόνος  $t_{det}$ , όσον αφορά τον εντοπισμό από άνθρωπο αυξάνεται. Γενικά η ύπαρξη αυτόματου συστήματος ανίχνευσης δίνει  $t_{det} = 1\text{min}$ , ενώ αν αυτό δεν υπάρχει, για υπόγειο χώρο χωρίς άλλη εκτίμηση λαμβάνεται  $t_{det} = 2\text{min}$ .



4.2.3. ΧΡΟΝΟΣ ΣΥΝΑΓΕΡΜΟΥ  $t_{al}$ 

Ο χρόνος αυτός εξαρτάται από τον σχεδιασμό αντίδρασης του συστήματος και τον τρόπο που προβλέπει την εκπομπή σήματος εκκένωσης. Έτσι διακρίνουμε το σύστημα όπου οι αισθητήρες είναι ρυθμισμένοι να εντοπίζουν θερμότητα, τοξικές ενώσεις, καπνό και μεταφέρουν τα δεδομένα σε κεντρικό υπολογιστή όπου λαμβάνεται η απόφαση εκκένωσης βάση λογισμικού. Αυτή θεωρείται κατηγορία 1. Στην κατηγορία 2 δεχόμαστε την ύπαρξη αυτόματου συστήματος ανίχνευσης αλλά ο γενικός συναγερμός δεν ακολουθεί άμεσα καθώς μία ειδοποίηση κατευθύνεται πρώτα σε ένα κέντρο ελέγχου και ανάλογα με την διαχείριση και στρατηγική που έχει θεωρηθεί για τέτοιες περιπτώσεις, γίνεται αξιολόγηση και δίνεται ή όχι το σήμα γενικού συναγερμού εκκένωσης. Τέλος στην κατηγορία 3 το σύστημα συναγερμού δίνεται χειροκίνητα από τοπικό χειριστήριο κοντά στο συμβάν ατυχήματος από κάποιον άνθρωπο στον υπόγειο χώρο που το αντιλαμβάνεται.

Οι χρόνοι φαίνονται στον επόμενο πίνακα.

Κατηγορία συστήματος συναγερμού	Χρόνος $t_{al}$
Κατηγορία 1	μηδέν
Κατηγορία 2	2 με 5 λεπτά
Κατηγορία 3	πλειοψηφία μόνιμων ενοίκων → 5 λεπτά
	πλειοψηφία επισκεπτών → 6 λεπτά

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Χρόνοι  $t_{al}$  [4],[6], [16],[19]

Έχει αναφερθεί ότι υπάρχουν οι συνιστώσες αναγνώρισης και ανταπόκρισης. Κατά την διάρκεια αναγνώρισης του συναγερμού οι ένοικοι

συνεχίζουν τις δραστηριότητές τους με τις οποίες απασχολούνταν πριν την σήμανση συναγερμού. Υπάρχουν συγκεκριμένες δράσεις που μειώνουν τον χρόνο αναγνώρισης μέχρι ελαχιστοποίησης και είναι :

- το εγκατεστημένο σύστημα πρέπει να προσφέρει συγκεκριμένες οδηγίες ανάλογα με τον τύπο συναγερμού
- η σήμανση του συναγερμού πρέπει να ακολουθείται με φωνητικές οδηγίες για να αποσπάσουν την προσοχή των ενοίκων
- μαγνητοφωνημένα μηνύματα χρησιμοποιούνται ανάλογα με τον τύπο του συναγερμού
- σε ειδικούς χώρους που είναι οι υπόγειοι είναι δυνατή η σήμανση συναγερμού και η ειδοποίηση εκείνων των ενοίκων που είναι επιφορτισμένοι με την εκκένωση ώστε αυτοί να αναλάβουν δράση.

Κατά τη διάρκεια του χρόνου ανταπόκρισης οι ένοικοι αντιδρούν αλλά δεν έχουν ξεκινήσει για την εκκένωση. Υπάρχουν παραδείγματα συμπεριφορών των ενοίκων που κάνουν συγκεκριμένες πράξεις κατά την διάρκεια της συγκεκριμένης φάσης και είναι :

- διερεύνηση συμπεριφοράς , συμπεριλαμβάνοντας προσδιορισμό προέλευσης συναγερμού, αξιοπιστία και επίπεδο σημαντικότητας.
- σταμάτημα μηχανημάτων / οχημάτων φόρτωσης
- συγκέντρωση σε ομάδες
- αντίδραση και καταπολέμηση φωτιάς (κάποιοι από τους ενοίκους)
- προσπάθεια να προσδιοριστεί ο κατάλληλος δρόμος διαφυγής
- ενημερώνοντας και ειδοποιώντας άλλους

#### 4.2.4. ΧΡΟΝΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ $t_{pre}$

Ο χρόνος πριν την μετακίνηση  $t_{pre}$  είναι και αυτός που τυγχάνει σημαντικής διαφοροποίησης ανάλογα με την σύνθεση του πληθυσμού του υπογείου έργου. Έτσι εκτός από τον αριθμό των ανθρώπων που παίζει ρόλο για την αντίδρασή τους σημαντικό είναι το φύλο και η ηλικία. Από έρευνες που έχουν γίνει καταδεικνύεται ότι οι γυναίκες λαμβάνουν προστατευτικά μέτρα ξεκινώντας παράλληλα γρηγορότερα την εκκένωση, ενώ οι άντρες τείνουν να καθυστερούν προσπαθώντας να αντιμετωπίσουν τον κίνδυνο φωτιάς. Η ηλικία είναι άλλος παράγοντας όπως το προχωρημένο της ηλικίας που δυσκολεύει την αναγνώριση του συναγερμού ή οι πολύ νεότεροι οι οποίοι όταν όμως αποφασίσουν να μετακινηθούν το κάνουν γρηγορότερα και εντονότερα.

Οι παράγοντες έχουν διερευνηθεί και έχει ανοίξει ένα πεδίο συγγραφής πολλών εργασιών. Συνοπτικά μπορούμε να συγκεντρώσουμε στο έργο που μας ενδιαφέρει τους παρακάτω παράγοντες οι οποίοι είναι και οι παραδοχές μας για την συνέχιση της ανάλυσης:

- δραστηριότητες αποθήκευσης ή μετακίνησης οχήματος που πρέπει να σταματήσουν πριν την εκκένωση
- δεν είναι πιθανή η ύπαρξη ανθρώπων με κινητικά προβλήματα ή πνευματικά καθυστερημένοι
- όλοι θα βρίσκονται σε εγρήγορση καθώς είναι χώρος εργασίας (δεν θα κοιμούνται)
- θα υπάρχουν συγκεκριμένοι ρόλοι και υπευθυνότητες, κάτι που βοηθάει στην καλή ανταπόκριση σε συναγερμούς

- μικρή συχνότητα λανθασμένων συναγερμών
- εξοικείωση – εκπαίδευση

Για να μην πλατειάσουμε σε ένα τεράστιο θέμα ανάλυσης συμπεριφοράς , εδώ μας ενδιαφέρει η ποσοτικοποίηση του χρόνου  $t_{pre}$ . Συγκεντρώνοντας στοιχεία βιβλιογραφίας , χρησιμοποιούμε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το σύστημα συναγερμού και για να μην γίνει σύγχυση με τον χρόνο  $t_{al}$  όπου η κατηγοριοποίηση αφορούσε την λήψη απόφασης εδώ θα ονομαστούν  $A_1$ ,  $A_2$  και  $A_3$ . Αναλυτικά είναι οι εξής:

- κατηγορία  $A_1$  : παρέχονται σε πραγματικό χρόνο οδηγίες χρησιμοποιώντας φωνητικά μηνύματα από το κέντρο ελέγχου ή οδηγίες μαγνητοφωνημένες σε συνδυασμό με μέλη προσωπικού με διακριτικά που κατευθύνουν τον κόσμο.
- κατηγορία  $A_2$  : μόνο μαγνητοφωνημένα μηνύματα
- κατηγορία  $A_3$  : σύστημα συναγερμού και σειρήνες με προσωπικό χωρίς σχετική εκπαίδευση. Έτσι οι χρόνοι θα δίνονται από τον παρακάτω πίνακα:

ΤΥΠΟΣ ΧΡΗΣΗΣ ΧΩΡΟΥ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ $A_1$	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ $A_2$	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ $A_3$
ΓΡΑΦΕΙΑ ΣΕ ΥΠΟΓΕΙΟ	1	3	4 με 5
ΧΩΡΟΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΣΕ ΥΠΟΓΕΙΟ	2	3	5 με 6
ΧΩΡΟΣ ΚΟΙΝΟΥ ΕΠΙΣΚΕΠΤΩΝ (ΑΡΑΙΑ)	1	3	5
ΧΩΡΟΣ ΚΟΙΝΟΥ ΕΠΙΣΚΕΠΤΩΝ (ΠΥΚΝΑ)	1	3	4 με 5

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. Χρόνοι  $t_{pre}$  σε λεπτά [4],[6], [16],[19]

#### 4.2.5. ΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΚΕΝΩΣΗ $t_e$

Είναι ο κανονικός χρόνος εκκένωσης που παρατηρείται η κίνηση και ροή των ανθρώπων σε κάποια έξοδο για μετακίνηση σε ασφαλές μέρος. Έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι , προσομοιώσεις και εξειδικευμένα λογισμικά. Εδώ θα παρουσιάσουμε μια εύχρηστη μέθοδο η οποία παίρνει σαν παραδοχές τα εξής:

- όλοι οι άνθρωποι θα ξεκινήσουν την μετακίνηση εκκένωση την ίδια στιγμή
- η ροή των ανθρώπων δεν θα έχει παρεμβολές που προκαλούνται από ατομικές αποφάσεις (πισωγυρίσματα κ.λ.π.)
- όλοι οι εμπλεκόμενοι άνθρωποι είναι υγιείς και διατηρούν την γενική ταχύτητα της μεγάλης ομάδας

Γνωρίζουμε ακόμη από τις υπάρχουσες έρευνες ότι ο χρόνος  $t_e$  εξαρτάται από τρεις παράγοντες :

1. χρόνος κίνησης σαν τον μέσο χρόνο διάνυσης της όδευσης διαφυγής
2. χρόνος δαπανούμενος σε ουρά
3. χρόνος για κίνηση της ροής διαμέσου εξόδων

Η όλη σκέψη στη βάση της είναι απλή: για να προσδιοριστούν οι τρεις αυτοί παράγοντες , λαμβάνονται υπ' όψη τρία στοιχεία τα οποία είναι η ταχύτητα βαδίσματος, η ειδική ροή ανθρώπων και η παροχή ανθρώπων και δανειζόμαστε μία σχέση από τη συγκοινωνιακή τεχνική για αυτοκίνητα η οποία είναι ροή = ταχύτητα  $\chi$  πλάτος , όπου βέβαια η πυκνότητα είναι η ύπαρξη ανθρώπων σε μία δίοδο διαφυγής σε ανθρώπους ανά τ.μ.

Πριν ξεκινήσουμε την ανάλυση για τον προσδιορισμό των τριών στοιχείων που μας χρειάζονται θα γίνει παράθεση σημαντικών στοιχείων που έχουν

εντοπιστεί σε πολλαπλές έρευνες επικεντρώνοντας σε κινήσεις ανθρώπων σε καταστάσεις εκκένωσης. Οι παρατηρήσεις ισχύουν και σε υπόγειους χώρους και είναι η ομαδοποίηση συμπερασμάτων από ξεχωριστές έρευνες και είναι εργασίες που αφορούν συμπεριφορά πλήθους και ατόμων.

1. Ο πανικός είναι (όσο και αν έχει δαιμονοποιηθεί ) ένα σπάνιο γεγονός σε φωτιές. Κανονικές συμπεριφορές , επιλογές οδών διαφυγής τείνουν να επικρατούν σε έκτακτες καταστάσεις.
2. Η συμπεριφορά των ανθρώπων τείνει να γίνει αλτρουιστική και λογική.
3. Μετά την σήμανση συναγερμού ή την εμφάνιση καπνού ,οσμών κ.λ.π. οι άνθρωποι συχνά αγνοούν αυτά τα σημάδια και ερευνούν σπαταλώντας χρόνο για να εκτιμήσουν την σοβαρότητα της κατάστασης. Σε ένα υπόγειο χώρο θα σπαταλήσουν λιγότερο χρόνο για κάτι τέτοιο λόγω μεγαλύτερης ανασφάλειας που εμπνέει το περιβάλλον.
4. Όταν αντιμετωπίζουν έντονες καταστάσεις όπου ο χρόνος λήψης αποφάσεων είναι μικρός οι άνθρωποι πιθανότερα να κινηθούν επιλέγοντας την πιο οικία διαδρομή για έξοδο.
5. Η εκκένωση και γενικότερα η ανταπόκριση σε φωτιά (ή άλλο ατύχημα) , είναι και συχνά κοινωνική αντίδραση. Οι άνθρωποι τείνουν να δρουν ως ομάδα και να επιχειρούν να φύγουν με άλλου που σχετίζονται ή γνωρίζουν.
6. Προβλήματα που συναντώνται σε κανονική κατάσταση λειτουργίας του χώρου , σε φάση εκκένωσης θα μεγιστοποιούνται και θα προκαλούν έντονες καταστάσεις (χαλασμένες

επικοινωνίες, προβλήματα κυκλοφορίας, μπλοκαρισμένες εξοδοί κ.λ.π.)

Σε αυτά τα στοιχεία που δημιουργούν και τις παραδοχές για τους υπολογισμούς το κλειδί είναι ότι οι κινήσεις των ανθρώπων που παρατηρούνται σε κανονική λειτουργία και σε ασκήσεις ή περιπτώσεις αναγκαστικής εκκένωσης είναι μία καλή βάση για προβλέψεις.

Από προσωπική εμπειρία έχω παρατηρήσει εκκένωση σε δημόσια κτίρια μετά από απειλή βόμβας χωρίς ύπαρξη σχεδίου και οι άνθρωποι ανταποκρίθηκαν καλά με ολοένα και μεγαλύτερο χρόνο πριν την κίνηση. Στον πίνακα που ακολουθεί οι χρόνοι είναι για ολοκλήρωση εξόδου του πληθυσμού από μία έξοδο και πράγματι οι παραπάνω ομαδοποιήσεις ερευνών ήταν και οι δικές μου παρατηρήσεις.

ΚΤΙΡΙΟ	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	ΠΛΑΤΟΣ ΕΞΟΔΟΥ	ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ
ΥΠΕΠΘ 8 ΟΡΟΦΩΝ	ΜΗΤΡΟΠΟΛΕΩΣ 15	1200	2.20	~9 λεπτά	Φεβ-05
ΥΠΕΠΘ 8 ΟΡΟΦΩΝ	ΜΗΤΡΟΠΟΛΕΩΣ 15	1200	2.20	~10 λεπτά	Φεβ-05
ΥΠΕΠΘ 8 ΟΡΟΦΩΝ	ΜΗΤΡΟΠΟΛΕΩΣ 15	1200	2.20	~10 λεπτά	Μαρ-05
ΥΠΕΠΘ 8 ΟΡΟΦΩΝ	ΜΗΤΡΟΠΟΛΕΩΣ 15	1200	2.20	~10 λεπτά	Απρ-05
ΥΠΕΠΘ 8 ΟΡΟΦΩΝ	ΜΗΤΡΟΠΟΛΕΩΣ 15	1200	2.20	~12 λεπτά	Απρ-05
ΥΠΕΠΘ 8 ΟΡΟΦΩΝ	ΜΗΤΡΟΠΟΛΕΩΣ 15	1300	2.20	15 λεπτά	Μαί-05
ΥΠ.ΟΙΚ. 9 ΟΡΟΦΩΝ	ΚΑΡ. ΣΕΡΒΙΑΣ 10	1500	2.10	12 λεπτά	Απρ-05

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. Χρόνοι εκκένωση σε δημόσια κτίρια μετά από απειλή βόμβας

Πιθανόν η αύξηση του χρόνου εκκένωσης να οφείλεται σε αύξηση του  $t_{pre}$ .

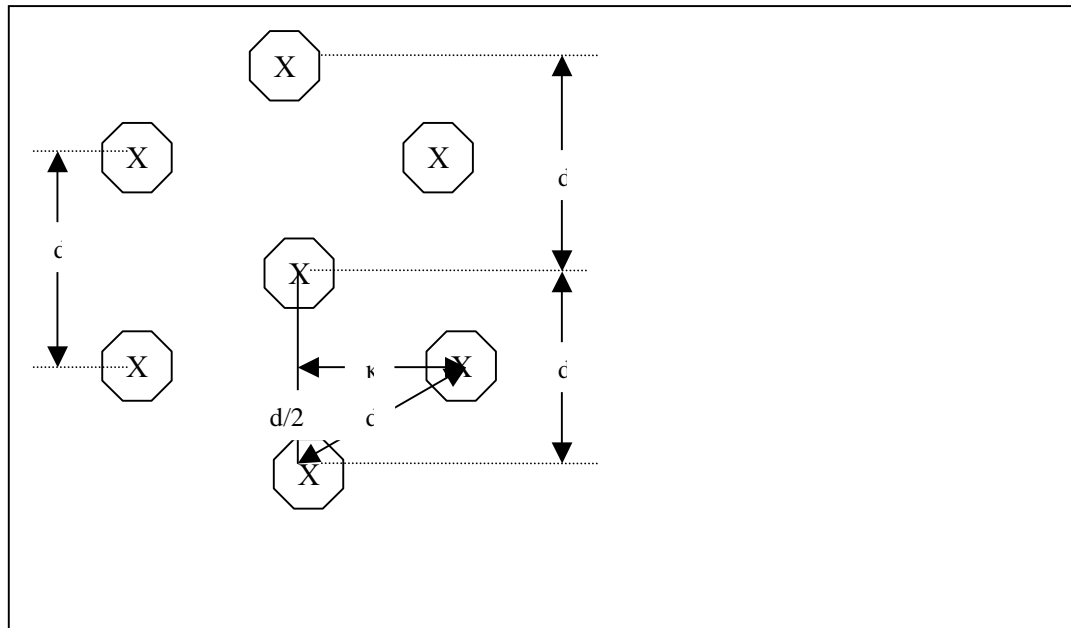
## 5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΧΡΟΝΟΥ $t_c$

### 5.1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΒΑΔΙΣΜΑΤΟΣ

Η ταχύτητα βαδίσματος θεωρείται μέση, αναφέρεται σε όλη την ομάδα εκκένωσης μέσω μία δεδομένης όδευσης διαφυγής , αναφέρεται σε οριζόντιο ή σχεδόν οριζόντιο δάπεδο και σε σκάλες , στις οποίες λόγω της φύσης του έργου έχουμε μόνο άνοδο. Σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία μία μέση τιμή βαδίσματος είναι 5.0km/h χωρίς εμπόδια με καμία επιρροή μεταξύ πεζών δηλαδή αρκετά μικρή πυκνότητα. Η τιμή 5.0km/h αντιστοιχεί σε 1.40m/sec ενώ τη τιμή για σκάλες είναι 1.00m/sec με πάτημα 22 με 25cm και ύψος σκαλοπατιού 17 με 19cm. Η τιμή 1.40m/sec είναι η ταχύτητα  $V_0$  που αναφέρεται για ομάδα με μικρή πυκνότητα.

Πριν προχωρήσουμε σε άλλα ανάλυση είναι αναγκαίο να βρεθούν πόσα άτομα χωράνε σε ένα τ.μ. υπό διάφορες συνθήκες τις οποίες θα θεωρήσουμε ως στάθμες εξυπηρέτησης. Με όλους του δυνατούς συνδυασμούς έχουμε για διάταξη ανθρώπων το παρακάτω σχήμα.





ΣΧΗΜΑ 2. Διάταξη ανθρώπων σε μονάδα επιφανείας

Σαν  $d$  ορίζεται η απόσταση μεταξύ ανθρώπων. Τότε η απόσταση  $\kappa$  θα προκύψει από τη σχέση :  $\kappa = \sqrt{[d^2 - (d/2)^2]} = 0.87d$ .

Εδώ θεωρούμε τρεις στάθμες εξυπηρέτησης ,τις Α, Β και Γ ως εξής:

Α: κίνηση πεζών χωρίς καμία επιρροή μεταξύ τους και καμία αλληλεπίδραση μεταξύ του προσωπικού χώρου του κάθε πεζού.

Β: κίνηση πεζών μέχρι το όριο όπου υπάρχει ανεκτικότητα μεταξύ τους και τα όρια των προσωπικών τους χώρων είναι ελάχιστα

Γ: υπάρχει στρίμωγμα ενδεχομένως να γίνεται κάποια κίνηση , αλλά εμείς την θεωρούμε μηδενική.

Για τον καθορισμό των επιπέδων εξυπηρέτησης χρειαζόμαστε ανθρωπομετρικά στοιχεία και θα θεωρήσουμε ότι το όριο που αρχίζει η στάθμη Γ θα συμβεί όταν  $d = 0.75m$  , δηλαδή το μέσο μήκος από τον ώμο έως την άκρη της παλάμης. Δηλαδή ο ένας πεζός να μπορεί να αγγίζει τον άλλο έχοντας και οι δύο τα χέρια τους σε χαλαρή έκταση. Τότε από το σχήμα έχουμε για 7 ανθρώπους που

αντιστοιχούν σε εμβαδόν  $(d + d) \times (0.87d + 0.87d) = 3.48d^2$  και για  $d = 0.75$  προκύπτει εμβαδόν  $1.96m^2$ . Η πυκνότητα  $D$  θα είναι τότε  $D = 7/1.96 = 3.58\text{rpl}/m^2$  (άνθρωποι ανά τ.μ.). Αυτή είναι και η μέγιστη πυκνότητα όπου θα θεωρήσουμε ότι υπάρχει κίνηση. Για τον καθορισμό της στάθμης  $A$  και  $B$  θα θεωρήσουμε τους πεζούς ότι αγγίζουν οριακά τα χέρια τους σε πλήρη έκταση με ένα περιθώριο ασφαλείας για την κλίση των σωμάτων τους. Τότε  $d = 0.75 + 1.15 \times 0.75 = 1.95m$ . Το εμβαδόν θα διαμορφωθεί σε  $3.48d^2 = 13.23m^2$  και αντίστοιχα η πυκνότητα σε  $D = 7/13.23 \Rightarrow D = 0.53\text{rpl}/m^2$ .

Αυτή είναι και η ελάχιστη πυκνότητα για την οποία μπορούμε να θεωρήσουμε ότι διατηρείται η ταχύτητα ανεπηρέαστη και σταθερή ίση με  $V_0$ .

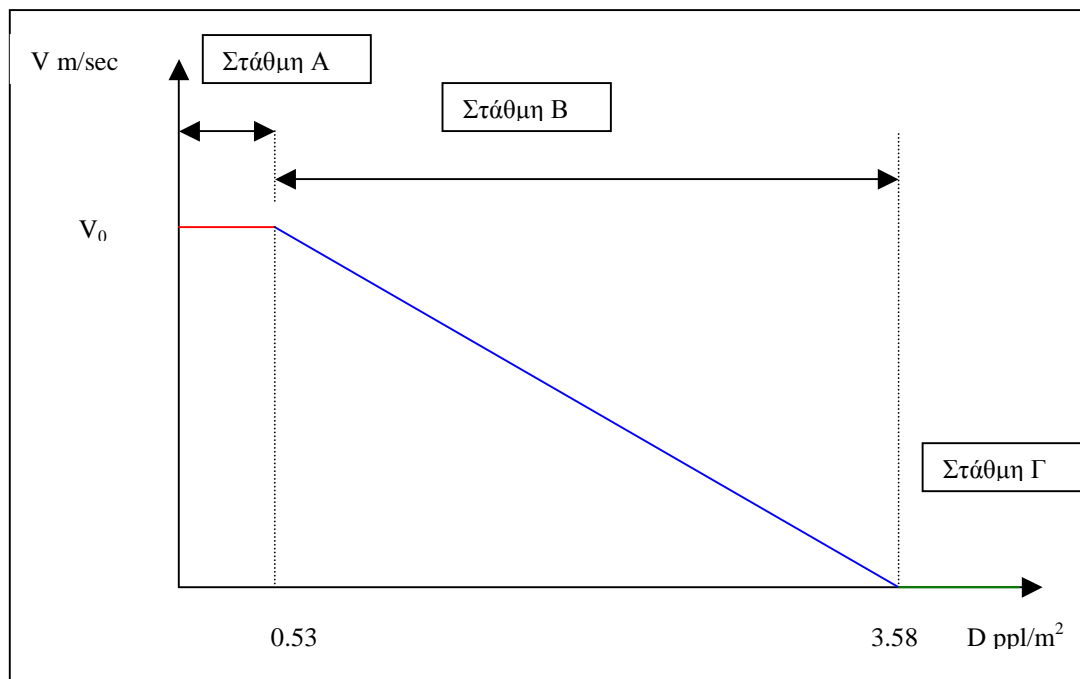
Συνοπτικά οι στάθμες εξυπηρέτησης θα είναι

A: ταχύτητα σταθερή ίση με  $V_0$  και πυκνότητα στάθμης  $0.53\text{rpl}/m^2$

B: ταχύτητα από  $V_0$  έως  $0$  και πυκνότητα από  $0.53\text{rpl}/m^2$  έως  $3.58\text{rpl}/m^2$

Γ: ταχύτητα  $0$  και πυκνότητα πάνω από το όριο του  $3.58\text{rpl}/m^2$

Όλα αυτά μπορούν να φανούν και στο διάγραμμα του επόμενου σχήματος.



ΣΧΗΜΑ 3. Στάθμες εξυπηρέτησης βαδίσματος κατά την εκκένωση

Το κεκλιμένο ευθύγραμμο τμήμα που αντιστοιχεί σε στάθμη Β έχει εξίσωση  $V = V_0 - a V_0 D$  και  $a = 1 / D_{max} = 1 / 3.58 = 0.28$ , με  $V_0$  να έχουμε επιλέξει 1.40m/sec. Τότε η εξίσωση που δίνει την ταχύτητα βαδίσματος για την στάθμη εξυπηρέτησης Β είναι  $V = 1.40 - 0.28 \times 1.40 \times D \Rightarrow V = 1.40 - 0.392 D$  (σχέση 1).

Όσον αφορά την ταχύτητα βαδίσματος σε σκάλες θεωρούμε τυπικά σκαλοπάτια 17 εκ. ύψους και 22 εκ. με κλίση 20% ανόδου. Η ταχύτητα  $V_0$  λαμβάνεται ίση με 1.00m/sec όπως αναφέρθηκε πριν, οι στάθμες είναι πάλι Α, Β και Γ και για σκάλες πλάτους άνω του 1.0 μέτρου θα ισχύει  $V = (1.00 - 1.00 \times 0.20) - 0.28 \times (1.00 - 1.00 \times 0.20) D \Rightarrow V = 0.80 - 0.224 D$  (σχέση 2), όπου έχει γίνει και μείωση της ταχύτητας λόγω κλίσης ανόδου.

Οι δύο ταχύτητες θα δώσουν αντίστοιχα οριζόντιους και κατακόρυφους χρόνους των οποίων το άθροισμα δίνει τον χρόνο κίνησης εκκένωσης.

Εδώ θα πρέπει να γίνει μία σημείωση για την πυκνότητα που αναφέρθηκε και αφορά τον βαθμό πυκνότητας του πλήθους των ανθρώπων σε μία όδευση διαφυγής και εκφράζεται σε ανθρώπους ανά τ.μ. ( $\text{pp}/\text{m}^2$ ). Προσοχή η πυκνότητα πληθυσμού είναι για διαφορετική χρήση που αφορά τον υπολογισμό του θεωρητικού πληθυσμού φόρτισης.

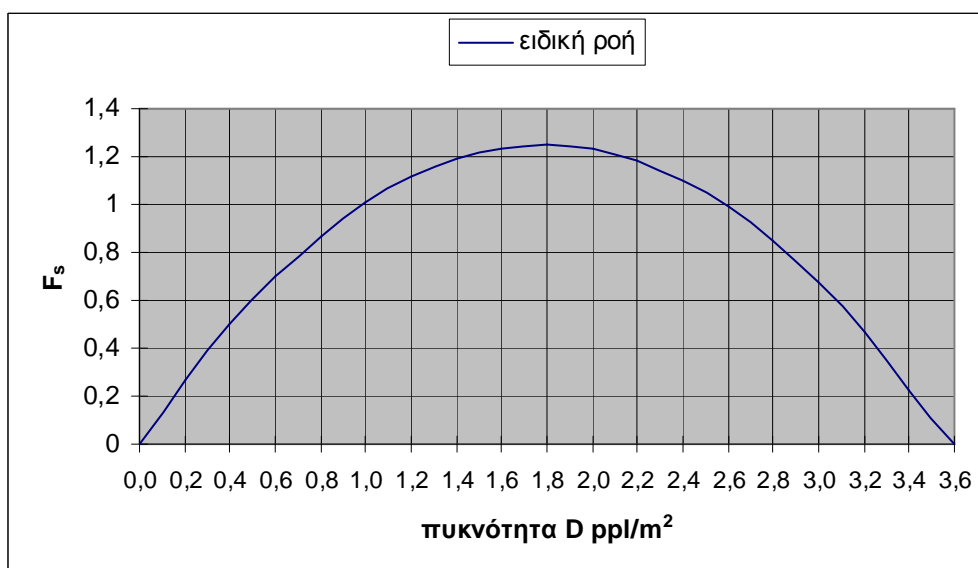
## 5.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΡΟΗΣ $F_s$

Η ειδική ροή ορίζεται σαν την ροή των ανθρώπων που εκκενώνουν, χρησιμοποιώντας μία όδευση διαφυγής, ανά μέτρο ενεργού πλάτους της όδευσης.

Υπολογίζεται σαν το γινόμενο ταχύτητας επί πυκνότητας, δηλαδή:  $F_s = V \times D \Rightarrow$

$F_s = 1.40 D - 0.392 D^2$  (σχέση 3) για οριζόντιες επιφάνειες και για άνοδο σε σκάλες θα ισχύει  $F_s = 0.80 D - 0.224 D^2$  (σχέση 4).

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η σχέση της ειδικής ροής με την πυκνότητα.



ΣΧΗΜΑ 4. Σχέση ειδικής ροής με πυκνότητα ανθρώπων, κίνηση σε επίπεδο

Η σχέση της ειδικής ροής με την πυκνότητα είναι παραβολικής μορφής με μέγιστο που αντιστοιχεί στον μηδενισμό της πρώτης παραγώγου. Για κίνηση σε επίπεδο θα έχουμε από τη σχέση 3,  $F_s' = 0 \Rightarrow 1.40 - 2 \times 0.392 D = 0 \Leftrightarrow D = 1.79 \text{ rpl/m}^2$  με την ειδική ροή  $F_s = 1.25 \text{ rpl/sec/m}$ , ενώ για κίνηση σε σκάλες από τη σχέση 4 βρίσκεται η πυκνότητα όπου παρατηρείται η μέγιστη ειδική ροή :  $F_s' = 0 \Rightarrow 0.80 - 2 \times 0.224 D = 0 \Leftrightarrow D = 1.79 \text{ rpl/m}^2$  με την ειδική ροή  $F_s = 0.71 \text{ rpl/sec/m}$ .

Τα αποτελέσματα αυτά ομαδοποιούνται στον παρακάτω πίνακα καθώς είναι σημαντικό να διαπιστώνεται η μέγιστη ικανότητα παροχής για κάθε τμήμα της όδευσης διαφυγής για να ελέγχονται τα προβληματικά σημεία σε ακραία φόρτιση.

Στοιχείο όδευσης διαφυγής	Μέγιστη ειδική ροή $F_s$ σε rpl/sec ανά μέτρο ενεργού πλάτους	Αντίστοιχη πυκνότητα σε rpl/m <sup>2</sup>
Διάδρομοι	1.25	1.79
Ανοδικές σκάλες	0.71	1.79

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. Μέγιστες τιμές ειδικής ροής  $F_s$

Εδώ πρέπει να γίνει μία σημείωση για την έννοια του ενεργού πλάτους. Από πειραματικές μετρήσεις έχει βρεθεί ότι οι πεζοί τείνουν να μην φτάνουν ακριβώς σε επαφή με τα τοιχώματα ή άλλα εμπόδια κατά μήκος μιας όδευσης διαφυγής κατά την κίνησή τους. Το πλάτος μείωσης από κάθε πλευρά εξαρτάται από τον τύπο του εμποδίου κατά μήκος της όδευσης. Εδώ θα χρησιμοποιείται η μέγιστη παρατηρούμενη τιμή 20εκ. για κάθε πλευρά καθώς όλοι οι τοίχοι των διαδρόμων διαθέτουν μεγάλη τραχύτητα (εκτοξευόμενο σκυρόδεμα) σε περίπτωση που η όδευση καταλαμβάνει όλο το πλάτος διαδρόμου. Αλλά ακόμη και σε διάδρομο όδευσης διαφυγής νοητό μέσα σε διάδρομο υπογείου χώρου, υπάρχει περίπτωση να έχουμε

σταθμευμένα μηχανήματα ή οχήματα μεταφοράς φορτίων. Έτσι το ενεργό πλάτος  $W_e$  θα είναι το πλάτος της όδευσης διαφυγής σχεδιασμού μείον το διπλάσιο του πλάτους μείωσης δηλαδή  $W_e = W - 2 \times 0.20 = W - 0.4$

### 5.3.ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΡΟΗΣ – ΠΑΡΟΧΗΣ Q

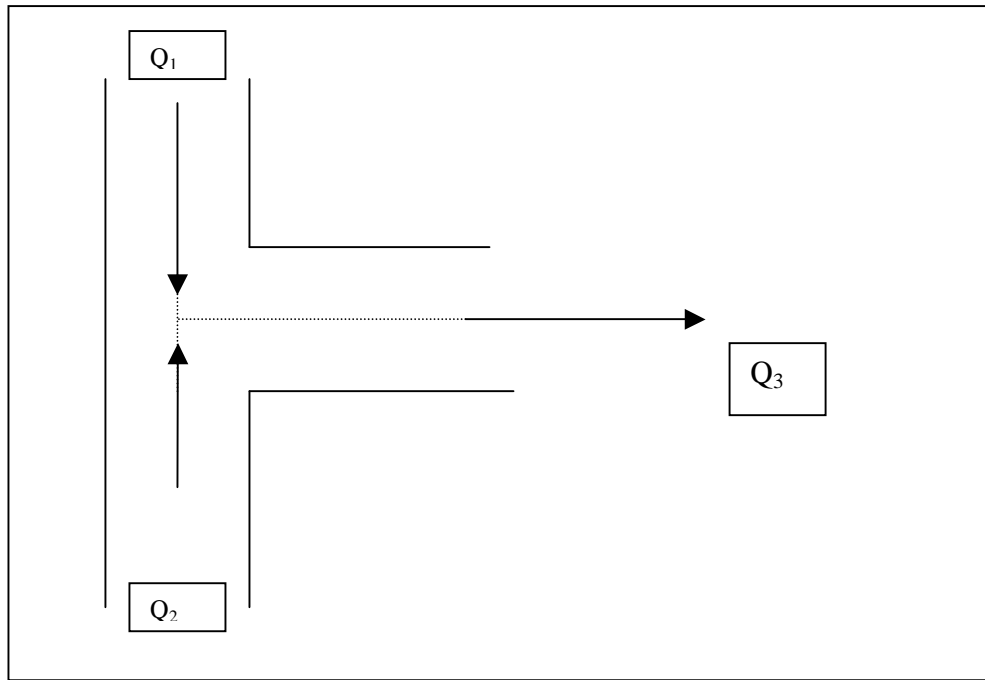
Ορίζεται σαν τον αριθμό των ανθρώπων που διέρχονται μέσα από μία διατομή όδευσης διαφυγής ανά δευτερόλεπτο. Προκύπτει πολλαπλασιάζοντας την ειδική ροή  $F_s$  με το ενεργό πλάτος  $W_e$  δηλαδή  $Q = F_s \times W_e$  και αντικαθιστώντας έχουμε ανάλογα με το μέρος κίνησης . 1. Διάδρομοι :  $Q = (1.40 D - 0.392 D^2) \times (W - 0.40)$  (σχέση 5) και 2. Άνοδος σε σκάλες :  $Q = (0.80 D - 0.224 D^2) \times (W - 0.40)$  (σχέση 6) ,όπου  $W$  το πλάτος της όδευσης διαφυγής ή της ελεγχόμενης εξόδου.

Για την παροχή ανάλογα με τον σχεδιασμό των οδεύσεων διαφυγής είναι δυνατόν να προκύψουν δύο ειδικές περιπτώσεις των οποίων η αντιμετώπιση παρουσιάζεται παρακάτω.

#### A) Συμβολή παροχών εκκένωσης

Σύμφωνα με το επόμενο σχήμα η συνδυασμένη παροχή ανθρώπων  $Q_1$  και  $Q_2$  που εισρέει σε διασταύρωση ρευμάτων (κόμβος) είναι ίση με την παροχή ανθρώπων που εξέρχεται  $Q_3$  , δηλαδή :  $Q_1 + Q_2 = Q_3 \Rightarrow F_{s1} W_{e1} + F_{s2} W_{e2} = F_{s3} W_{e3}$   
 $\Rightarrow$

$$F_{s3} = \frac{F_{s1} W_{e1} + F_{s2} W_{e2}}{W_{e3}} \quad (\text{σχέση 7})$$

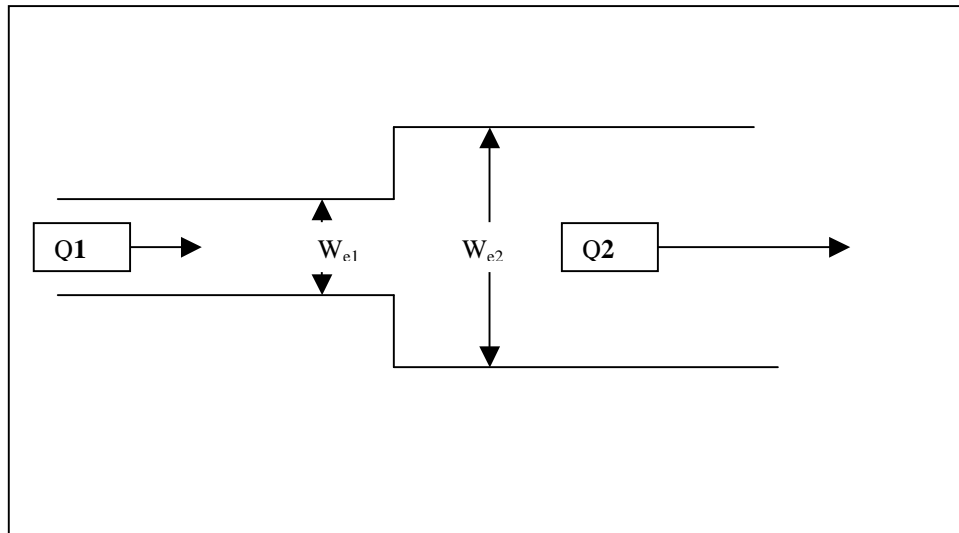


ΣΧΗΜΑ 5. Συμβολή παροχών σε κόμβο [4], [5], [6]

Αυτή η σχέση ισχύει για διαδρόμους, μπορεί στη φάση ελέγχου της σχεδίασης των οδών διαφυγής να χρησιμοποιηθεί για να υπολογιστεί η παροχή της κύριας οδού διαφυγής σαν το άθροισμα των τοπικών διαδρόμων που συγκλίνουν σε αυτήν. Ακόμη σε περίπτωση ελέγχου του χρόνου εκκένωσης για ύπαρξη εμποδίου ή ακύρωσης μίας εξόδου, η συνολική παροχή θα προκύψει σαν σύνολο διαφορετικών κλάδων οδεύσεων διαφυγής.

#### B) Μεταβολή πλάτους όδευσης διαφυγής

Όταν το πλάτος σε τμήμα όδευσης αλλάζει αναμένεται να αλλάζει και η ειδική ροή όπως στο παρακάτω σχήμα.



ΣΧΗΜΑ 6. Μεταβολή πλάτους σε όδευση διαφυγής [4], [5], [6]

$$\text{Ισχύει } Q_1 = Q_2 \Rightarrow F_{s1} W_{e1} = F_{s2} W_{e2} \Leftrightarrow F_{s2} = F_{s1} \frac{W_{e1}}{W_{e2}}, (\text{σχέση 8})$$

Για τις δύο περιπτώσεις δεν πρέπει να λησμονείται και η χρήση του διαγράμματος στο σχήμα 4 με τον πίνακα 7, όπου δίνονται οι μέγιστες ειδικές ροές. Αν ξεπεραστούν μετά από κόμβο τύπου Α ή τύπου Β, τότε αναμένεται να δημιουργηθεί ουρά στην μετάβαση του κόμβου. Για να συνεχιστεί η ανάλυση θα λαμβάνεται ειδική ροή μετά τον κόμβο ίση με την μέγιστη του πίνακα 7 και είναι και η πιθανότερη να πραγματοποιηθεί τελικά.

#### 5.4.ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΟΥ ΚΑΠΝΟΥ ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ

Όλη η προηγούμενη ανάλυση για τον υπολογισμό του χρόνου μετακίνησης  $t_e$  βασίστηκε σε κινήσεις πεζών σε καθαρό περιβάλλον χωρίς καπνό.



Έχει γίνει η παραδοχή ότι θα λειτουργήσει , μετά τη λήψη ειδοποίησης από τους αισθητήρες , το αυτόματο σύστημα εξαερισμού έκτακτης ανάγκης και με αυτό τον τρόπο θα επαληθευθεί η παραδοχή καθαρού περιβάλλοντος για χρόνους που προβλέπονται στον πίνακα 5. Σε περίπτωση που υπάρχει καπνός θα υπάρχει ψυχολογική και σωματική επιβάρυνση που εκκενώνουν. Η βασικότερη διαπίστωση από έρευνες είναι σε έναν διάδρομο γεμάτο με καπνό που εξαπλώνεται , οι άνθρωποι τείνουν να γυρνάνε πίσω παρά να μπουν μέσα στον καπνό. Αυτό θα το κάνουν μόνο αν πίσω τους βλέπουν φλόγες φωτιάς. Άλλη συνέπεια σε περίπτωση αραιού καπνού και κίνησης μέσα σε αυτόν είναι η μείωση ταχύτητας βαδίσματος λόγω πυκνότητας καπνού και μειωμένης ορατότητας. Από μελέτες και σχετικές έρευνες μπορεί να γίνει χρήση των τιμών ταχυτήτων  $V_0$  από τον παρακάτω πίνακα.

<b>Πυκνότητα καπνού</b>	<b>Μείωση ορατότητας</b>	<b>Μείωση στην ταχύτητα <math>V_0</math></b>
Καμία	Καμία	Καμία
Λίγος χωρίς ενόχληση	2 μέτρα	Κατά 0.30m/sec ( $V_0 = 1.10$ )
Ενοχλητική	μειωμένη	Κατά 0.90m/sec ( $V_0 = 0.50$ )
Πυκνός	Μεγάλη	30% ανθρώπων γυρνάνε πίσω

**ΠΙΝΑΚΑΣ 8. Επιρροή καπνού στην ορατότητα και στην ταχύτητα [4], [5], [6], [8]**

5.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ  $t_p$  ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΥ ΚΙΝΗΣΗΣ  $t_s$ 

Ο χρόνος διέλευσης αναφέρεται για δίοδο μέσα από πόρτες κα πλάτη διαδρόμων που είναι τμήματα οδεύσεων διαφυγής. Ο χρόνος που είναι απαραίτητος για διέλευση θα υπολογιστεί από τη σχέση  $t_p = P / Q$  (σχέση 9) , όπου P είναι ο πληθυσμός που χρησιμοποιεί την όδευση και Q η αντίστοιχη παροχή σε ppl/m<sup>2</sup>.

Ο χρόνος κίνησης μέχρι το σημείο διέλευσης υπολογίζεται ως η δυσμενέστερη μέση τιμή από τη σχέση  $t_s = S / V$  (σχέση 10) με S το μήκος της όδευσης σε μέτρα και V την ταχύτητα του πληθυσμού P που χρησιμοποιεί την όδευση ανάλογα με την στάθμη εξυπηρέτησης. Η θεώρηση που έχει ληφθεί υπ' όψη είναι για την ακραία περίπτωση (προς την πλευρά της ασφαλείας) ότι ολόκληρος ο πληθυσμός P βρίσκεται στην συγκεκριμένη άκρη της όδευσης και πρέπει να την διανύσει έως το άλλο άκρο μετά από μήκος S όπου βρίσκεται η έξοδος κινδύνου.

Οι χρόνοι που προκύπτουν προστίθενται ( $t_p + t_s$ ) και το ίδιο γίνεται για τυχόν άλλες οδούς διαφυγής που λειτουργούν παράλληλα για άλλες εξόδους. Το μέγιστο άθροισμα ( $t_p + t_s$ ) για κάθε όδευση είναι και ο χρόνος μετακίνησης  $t_e$ . Ο τελικός έλεγχος γίνεται με κλείσιμο κάποιας από τις εξόδους διαδοχικά και χρησιμοποίηση των υπολοίπων ,οπότε οι πληθυσμοί φορτίζουν τις υπόλοιπες διόδους και οδεύσεις διαφυγής και το άθροισμα ( $t_p + t_s$ ) αλλάζει. Πάλι λαμβάνεται το μεγαλύτερο και αυτός είναι ο χρόνος μετακίνησης  $t_e$ . Ο τελευταίος έλεγχος γίνεται για να προσομοιωθεί ατύχημα ή συμβάν κοντά ή πολύ κοντά σε κάποια επί πλέον έξοδο κινδύνου που μπορεί να την αποκλείσει από την χρησιμοποίησή της.

6. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΦΑΚΕΛΟΥ «ΣΧΕΔΙΟ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ»

6.1.ΧΡΟΝΟΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ  $t_{\text{safety}}$

Ο χρόνος ασφαλείας δίνει το περιθώριο ασφαλείας που υπάρχει μεταξύ διατιθέμενου και απαιτούμενου χρόνου εκκένωσης. Αφού υπολογιστεί ο  $t_{\text{απ}}$  σαν άθροισμα των επί μέρους χρόνων , βάση υπάρχουσας γεωμετρίας, διατάξεων και πληθυσμών και εντοπιστεί από σχετικό πίνακα ο διατιθέμενος χρόνος  $t_{\delta}$  (πίνακας 1) ή προκύψει από προσομοίωση , τότε η διαφορά  $t_{\delta} - t_{\text{απ}} > 0$  , δίνει τον χρόνο ασφαλείας.

Αν έχουν ληφθεί υπ' όψη και οι δυσμενέστερες συνθήκες (μπλοκάρισμα εξόδων, μέγιστοι πληθυσμοί, καπνός) τότε ο χρόνος  $t_{\text{safety}} > 0$  θα δίνει με πραγματική προσέγγιση το περιθώριο ασφαλείας για όλο το υπόγειο έργο σε περίπτωση ανάγκης εκκένωσης μετά από κάποιο έκτακτο συμβάν.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι δεν καταργούμε την περιγραφική μέθοδο , αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με την αναλυτική προσέγγιση του μηχανικού. Ακόμη καλύτερα μπορεί να χρησιμοποιούνται οι διαστάσεις που προβλέπει μια περιγραφική μέθοδος όπως ο ελληνικός κανονισμός και τα αποτελέσματά τη να ελέγχονται αναλυτικά αν επαρκούν. Για να δοθεί μια ξεκάθαρη αντιμετώπιση του σχεδιασμού μετά και την παρουσίαση του καθορισμού των γεωμετρικών στοιχείων και της φόρτισης με πληθυσμούς , θα παρατεθεί ένα εκτενές διάγραμμα για να δοθεί εποπτικά όλη η διαδικασία. Πρέπει να σημειωθεί τέλος ότι ο χρόνος  $t_{\text{safety}}$  αποτελεί και τον συντελεστή ασφαλείας της εγκατάστασης και υπολογίζεται στο τέλος αφού έχουν θεωρηθεί όλοι οι παράγοντες και τα στοιχεία σχεδιασμού. Ο χρόνος  $t_{\text{safety}}$  είναι δυνατόν να υπολογιστεί και με αναλυτικά

προσομοιώματα μέσω λογισμικού H/Y που θεωρούν τους ανθρώπους ατομικά κινούμενους σε πραγματικό χρόνο για εκκένωση από την όλη εγκατάσταση του έργου.

### 6.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ $t_{safety}$ ΜΕ ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΜΑΤΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

#### 6.2.1. ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ

Τα τελευταία 30 χρόνια έχουν γίνει πολλές έρευνες και έχουν γραφτεί εργασίες που αφορούν την εκκένωση χώρων. Οι περιγραφές που έχουν γίνει αφορούν:

- κίνηση ανθρώπων σαν κινήσεις πεζών και πολλές φορές συμπεριλαμβάνουν άτομα με κινητικά προβλήματα
- προσομοιώματα εκκένωσης από ανθρώπους
- προσομοιώματα εξάπλωσης πυρκαγιών ανάλογα με το υλικό καύσης , γεωμετρία χώρου.

Κάνοντας μια ανασκόπηση των εργασιών για κατασκευή προσομοιωμάτων οι οποίες καταλήγουν σε πληθώρα λογισμικών που είναι σήμερα σε χρήση ομαδοποιούνται ως εξής εξελικτικά :

- αρχική εμφάνιση προσομοιωμάτων με απλούς υπολογισμούς εφαρμόζοντας παραδοχές και περιγραφικό τρόπο
- προγράμματα βασισμένα σε υδραυλικά μοντέλα με χρήση H/Y
- εξελιγμένες εξισώσεις με χρήση H/Y που εφαρμόζονται σε άτομα για πραγματικό χρόνο
- τελευταίας τεχνολογίας μοντέλα με H/Y που λαμβάνουν υπ' όψη τους σε άτομα τους περισσότερους δυνατούς παράγοντες.

Οι δυνατοί παράγοντες που υπεισέρχονται σε ένα μοντέλο εκκένωσης είναι :

- γεωμετρία κτιρίου και κατόψεις δηλαδή πλάτος ,αριθμός εξόδων, οδεύσεις διαφυγής, μήκη κ.λ.π
- διαδικασίες που συνοδεύουν την εκκένωση (τρόπος συναγερμού , επίπεδο εκπαίδευσης , ρυθμίσεις αισθητήρων)
- περιβάλλον (καθαρό, ύπαρξη καπνού, ταξικά αέρια, σκοτάδι)
- στοιχεία συμπεριφοράς ατόμων (ανταπόκριση ταχύτητας, επιλογή διαδρομής , αναγνώριση κινδύνου)

Αν θέλει κανείς να τα λάβει όλα αυτά υπ' όψη χωρίς να κάνει απλοποιητικές παραδοχές, πρέπει να χρησιμοποιήσει προσομοίωση με υπολογιστή για να κάνει ρεαλιστική την διαδικασία εκκένωσης.

Η σημερινή τεχνολογία διαθέτει πληθώρα μοντέλων τα οποία μπορούν να κατηγοριοποιηθούν και έχουν την ανάλογη λογική λειτουργίας.

### 6.2.2. ΜΟΝΤΕΛΑ ΒΑΣΙΣΜΕΝΑ ΣΤΗ ΡΟΗ ΚΑΙ ΚΙΝΗΣΗ

Χρησιμοποιούν δίκτυο κόμβων οι οποίοι αντιπροσωπεύουν στοιχεία κτιρίου όπως δωμάτια, σκάλες, εισόδους τα οποία είναι όλα ενωμένα και αποτελούν μια δομή από την οποία εκτελείται μια εκκένωση. Ο χρήστης καθορίζει την φόρτιση κάθε κόμβου απλά με τη περιεκτικότητα σε ανθρώπους και καθορίζει τους κόμβους προορισμού δηλαδή τις εξόδους. Για κάθε κόμβο αντιστοιχεί μία ενεργά χρησιμοποιούμενη επιφάνεια αφού αφαιρεθούν εμπόδια. Υπάρχουν στάθμες εξυπηρέτησης A, B, C, D και F οι οποίες ορίζουν την κατάληψη χώρου από τους πεζούς. Καθορίζονται οι παροχές των κόμβων και γίνονται υπολογισμοί μεταξύ κόμβων για την δημιουργία ροής ή δημιουργία ουράς αναμονής. Το ζητούμενο είναι

η ελαχιστοποίηση του χρόνου καθώς με βάση αλγόριθμο πάνω στο δίκτυο υπολογίζονται παροχές, χρόνοι εκκένωσης, αριθμός ανθρώπων που εκκενώνουν κάθε χρονική στιγμή. Μειονέκτημα η απουσία χαρακτηριστικών συμπεριφοράς στα άτομα. Παράδειγμα τέτοιων προγραμμάτων είναι το EVACNET4 και το PathFinder που θα χρησιμοποιήσουμε παρακάτω.

### 6.2.3. ΜΟΝΤΕΛΑ ΒΑΣΙΣΜΕΝΑ ΣΤΗΝ ΔΙΑΚΡΙΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ

Τα μοντέλα αυτά χωρίζουν το χώρο σε κάρναβο που σχηματίζουν ανεξάρτητα κελιά και με αυτό τον τρόπο πετυχαίνουν την προσομοίωση των ανθρώπων σαν ανεξάρτητα άτομα πάνω σε τμήμα της επιφάνειας του χώρου. Η μοντελοποίηση επιτρέπει την κίνηση του κάθε ατόμου από κελί του καννάβου σε σειρά χρονικών βημάτων με κριτήριο κατεύθυνσης την βαρύνουσα κάθε φορά πιθανότητα. Τα άτομα θεωρούνται ότι διατηρούν μία απόσταση κελιών μεταξύ τους και με εμπόδια και μπορεί να γίνει υπολογισμός επιρροής καπνού, τοξικών αερίων με σύγχρονη πρόβλεψη εξάπλωσής τους στον ίδιο κάρναβο τετραγωνιδίων. Σε αυτά τα προγράμματα είναι δυνατή η απόδοση ικανοτήτων στα άτομα, δυνατότητας επιλογής διαδρομών (συντομότερη, υποδεικνυόμενη, ερευνούμενη), δυνατότητας ομαδοποίησης με άλλους που εκκενώνουν ή ατομική συμπεριφορά. Δυσκολία στην πράξη η γνώση τι παραμέτρων να βάλει ο χρήστης από τις τόσες επιλογές που διατίθενται για να πετύχει μία προσέγγιση της πραγματικότητας που αφορά εκκένωση σε κατάσταση κρίσης. Για να αποφύγει κανείς αυτό καταφεύγει σε ομαδοποιήσεις πληθυσμών οπότε πλησιάζει την προηγούμενη περίπτωση. Παράδειγμα τέτοιου προγράμματος είναι το EGRESS ενώ υπάρχει και ελληνικής κατασκευής από το

τμήμα Ναυπηγών του Ε.Μ.Π. το EVDEMON (EVacuation DEMonstration and MOdeliNG) που αφορά εκκενώσεις σε επιβατηγά πλοία.

#### 6.2.4. ΜΟΝΤΕΛΑ ΒΑΣΙΣΜΕΝΑ ΣΕ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΑΤΟΜΩΝ

Αυτή η κατηγορία προγραμμάτων πάνε ένα βήμα πιο πέρα γιατί εξατομικεύουν την κίνηση ομάδων. Αυτό γίνεται απονέμοντας ένα σύνολο ιδιοτήτων σε κάθε άτομο έτσι ώστε η ταχύτητα βαδίσματος για κάθε έναν καθορίζεται ξεχωριστά από την μέση πυκνότητα μιας ομάδας σε μία προκαθορισμένη περιοχή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κάθε άτομο να επιτρέπεται να αποφασίσει μόνο του την ταχύτητά του. Συγχρόνως λαμβάνει υπ' όψη του και άλλους παράγοντες , όπως γειννίαση άλλων ανθρώπων , κινήσεις χεριών – σωμάτων, σχήματα εμποδίων, επιρροή φύλου, ηλικίας , επίπεδο μόρφωσης και αλληλεπίδραση με ομάδα. Η όλη διαδικασία προσομοίωσης αποτελείται από μια σειρά επαναλαμβανόμενων βρόγχων σε κάθε χρονικό βήμα όπου η θέση και τα χαρακτηριστικά του ατόμου μεταβάλλονται και η επεξεργασία για ολόκληρο τον πληθυσμό γίνεται σειριακά. Η αρχή θεωρείται το κοντινότερο σε έξοδο κινδύνου άτομο , μέχρι αυτόν που είναι ο πιο μακρινός από την έξοδο.

Ακόμη και με τέτοια λογισμικά και την πληθώρα των παραμέτρων τους δεν έχει εξακριβωθεί ότι μπορούν να αντιμετωπίσουν την πραγματική συμπεριφορά του συνόλου του πληθυσμού σε κρίση αν και συγκρινόμενα με αποτελέσματα ασκήσεων δίνουν καλές προσεγγίσεις. Παραδείγματα τέτοιων προγραμμάτων είναι το SIMULEX και το EXIT89.

#### 6.2.5. ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΟΥ ΣΥΝΥΠΟΛΟΓΙΖΟΥΝ ΚΟΙΝΩΝΙΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Αυτά τα προγράμματα περιλαμβάνουν ένα προκαθορισμένο σύνολο κανόνων κίνησης και συνολικά έχουν πέντε αλληλεπιδράσεις σε υποπρογράμματα: κίνηση, συμπεριφορά, εξατομίκευση, κίνδυνος και καπνός ή τοξικότητα. Αυτά μεταξύ τους αλληλεπιδρούν και προκύπτουν τιμές που ανταποκρίνονται σε συγκεκριμένες διαμορφώσεις στο προσομοιωμένο περιβάλλον. Παράδειγμα τέτοιου προγράμματος είναι το EXODUS.

#### 6.2.6. ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Τα μοντέλα προσομοίωσης που κυκλοφορούν στην αγορά και η επιλογή του καταλληλότερου είναι πολύπλοκη υπόθεση, καθώς από ότι φαίνεται το καλύτερο πρόγραμμα για κάθε κατάσταση δεν υπάρχει. Γενικά, λεπτομερέστερα και πιο ρεαλιστικά αποτελέσματα ανταποκρίνονται σε πιο πολύπλοκα σύνολα στοιχείων εισόδου και μεγαλύτερο χρόνο υπολογισμών από υπολογιστή. Τα προγράμματα έχουν πολλές εσωτερικές παραμέτρους προκαθορισμένες και όλες οι εξωτερικές πρέπει να εισαχθούν από το χρήστη. Σε κάθε περίπτωση πριν επιλεγθεί ένα πρόγραμμα πρέπει να ληφθούν υπ' όψη τα παρακάτω :

- πληροφορίες και οδηγίες που το συνοδεύουν
- εφαρμογή σε ποικιλία χώρων
- μέθοδος προσομοίωσης : χωρίς συμπεριφορά, συμπεριφορά με συνθήκες, αναλογικά με εξισώσεις, τεχνητή νοημοσύνη, πιθανοτικά



- στοιχεία προσομοίωσης φωτιάς
- οπτικοποίηση αποτελεσμάτων 2D – 3D
- επικύρωση , έλεγχος από άλλους και άλλες εφαρμογές

και συγχρόνως να εντρυφήσει κανείς στην εσωτερική λειτουργία του προγράμματος που θα χρησιμοποιήσει. Πιθανόν λοιπόν είναι καλύτερο αν δεν αξίζει χρονικά τέτοια επένδυση απασχόλησης όπως και οικονομικά , να γίνει μία απλοποιημένη ανάλυση όπως έχει παρουσιαστεί και να συγκριθεί κάποια στιγμή με μία άσκηση. Άλλωστε ο χρόνος που υπολογίζεται με την προσομοίωση είναι ο χρόνος μετακίνησης  $t_c$  και είναι τμήμα του χρόνου εκκένωσης οπότε ακόμη και σε περίπτωση λάθους με απλοποιημένη ανάλυση , αυτό περιορίζεται σε τμήμα του χρόνου εκκένωσης. Τέλος ακόμη και σε ακραίες καταστάσεις όπως η μεγάλη πληθυσμιακή φόρτιση του υπογείου έργου π.χ. εγκαίνια σαν μια μοναδική περίπτωση , τα μειονεκτήματα της προσεγγιστικής μεθόδου ξεπερνώνται με σωστή σχεδίαση οδεύσεων , απαλλαγμένων από εμπόδια , σύγχρονες διατάξεις συναγερμών, αυτοματοποιημένα μέσα και μεγάλη πυκνότητα σημάτων , ύπαρξη καθοδηγητικού υπευθύνου προσωπικού ανάγκης, ώστε και στην ακραία περίπτωση να υπάρχει σίγουρα αποτελεσματική λειτουργία.

Στον παρακάτω πίνακα έχουν κατηγοριοποιηθεί τα προγράμματα που εξετάστηκε η παρουσίασή τους σε διάφορες εργασίες για την συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΜΟΝΤΕΛΑ ΒΑΣΙΣΜΕΝΑ ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΟΥ ΛΑΜΒΑΝΟΥΝ ΜΕΡΙΚΩΣ ΤΗΝ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ	ΜΟΝΤΕΛΑ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
EVACNET4	EXIT8	EXITT
PathFinder	Simulex	E-SCAPE
TIMTEX	ALLSAFE	Evacsim
EESCAPE	EVDEMON	EGRESS
WAYOUT		

ΠΙΝΑΚΑΣ 9. Κατηγοριοποίηση μοντέλων υπολογισμού χρόνων εκκένωσης [11],[4]

Θεωρήθηκε ότι τα μοντέλα που διακριτοποιούν το χώρο λαμβάνουν μερικώς υπ' όψη τους την συμπεριφορά , αλλιώς πρέπει να συνοδεύονται και από ειδικούς αλγορίθμους.

### 6.3.ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ PathFinder

Για το υπολογισμό του χρόνου κίνησης για εκκένωση  $t_e$  , με προγράμματα προσομοίωσης αλλά και για τον σκοπό ελέγχου και σύγκριση αποτελεσμάτων με την περιγραφείσα ανάλυση θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα PathFinder. Είναι το μόνο που υπήρχε διαθέσιμο στα πλαίσια συγγραφής της παρούσας διπλωματικής εργασίας και ανήκει στην κατηγορία μοντέλων βασισμένα στην κίνηση.

Για την χρησιμοποίησή του εισάγεται το σχέδιο κάτοψης του χώρου που μας ενδιαφέρει και περιγράφονται οι έξοδοι , οι πληθυσμού ατόμων και οι χώροι κίνησης. Κατά την προσομοίωση το πρόγραμμα παίρνει κάθε άτομο ξεχωριστά το οποίο κινεί πάνω σε μια όδευση αποτελούμενη από κόμβους και κλάδους έως την έξοδο. Δημιουργείται ένας κάνναβος τριγώνων και η λογική είναι ότι κάθε άτομο

ακολουθεί μία διαδρομή που κάμπτεται στις γωνίες πιθανών εμποδίων , παραμένοντας συγχρόνως μακριά από αυτά και σε πραγματικό χρόνο , δηλαδή επανυπολογισμό για την κατάσταση κάθε ατόμου ανά 1 sec ή 0.5sec και παρουσιάζεται η τρέχουσα κατάσταση. Διαθέτει δύο βασικές ρυθμίσεις : ρύθμιση SFPE όπου η επιθυμητή κίνηση ατόμου βάση ευθειών και ρύθμιση steering όπου χρησιμοποιούνται καμπύλες. Μια δυνατότητα του προγράμματος είναι ζωντανή παρουσίαση των κινήσεων των ατόμων με ανθρώπινη μορφή μέσα από κάτοψη του ελεγχόμενου χώρου.

Στο παράδειγμα που θα παρουσιαστεί και αφορά τον υπόγειο χώρο στο τεχνολογικό πάρκο του Λαυρίου , θα γίνει δοκιμή και με τις δύο ρυθμίσεις και σύγκριση με τους απλούς υπολογισμούς βάσει της προαναφερόμενης ανάλυσης.

#### 6.4.ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΧΩΡΩΝ

Με τον όρο πληθυσμό εννοείται προφανώς τα άτομα που θα βρίσκονται σε κάποιο ή σε κάποια τμήματα που απαρτίζουν τον υπόγειο χώρο όταν αρχίζει η εκκένωση. Είναι οι αριθμοί που λαμβάνουμε υπ' όψη μας για τον σχεδιασμό της εκκένωσης και ουσιαστικά αποτελούν την φόρτιση του συστήματος χώρων που ελέγχουμε. Έτσι όπως κάθε φόρτιση έχει και τις αβεβαιότητές της , τα πληθυσμιακά δεδομένα χαρακτηρίζονται προσεγγιστικά και λαμβάνεται ένα πάνω όριο. Ο πληθυσμός ενός υπόγειου χώρου αναφέρεται στους ανθρώπους που εργάζονται εκεί , καθώς και τους επισκέπτες που εξυπηρετούνται. Ένας τρόπος εκτίμησης του πληθυσμού είναι να γίνεται ανάλογα με τη χρήση του. Αν ο υπόγειος χώρος έχει μικτή χρήση τότε ο διαχωρισμός που θα γίνει σε ξεχωριστή κατηγορία χώρου δίνει

για κάθε τμήμα τον αντίστοιχο πληθυσμό και όλα μαζί τα τμήματα δίνουν τον συνολικό πληθυσμό του υπογείου χώρου.

Για τον υπολογισμό του πληθυσμού μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον ελληνικό κανονισμό πυροπροστασίας που δίνει για κάθε κατηγορία χώρου την πυκνότητα σε τετραγωνικά μέτρα που αντιστοιχούν σε ένα άτομο. Στον παρακάτω πίνακα γίνεται μια σύνοψη των στοιχείων.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΧΩΡΟΥ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΠΟΥ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΕΙ ΑΝΑ ΑΤΟΜΟ ΣΕ Τ.Μ.	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ ΑΤΟΜΑ/Τ.Μ	ΆΛΛΟΣ ΤΡΟΠΟΣ
Κατοικία	18.00	0.06	
Ξενοδοχεία	15.00	0.07	κλίνες + προσωπικό
Εκπαιδευτήρια αίθουσες α) αίθουσες	2.00	0.50	καθίσματα
β) εργαστήρια	4.50	0.22	θέσεις εργασίας
β) υπόλοιπος χώρος	6.00	0.17	
Γραφεία	9.00/5.00(ενιαία αίθουσα	0.11/0.20	
Καταστήματα α) αποθήκες	30.00	0.03	
β) πωλήσεις	6.00	0.17	
Χώροι συνάθροισης κοινού	0.50	2.00	καθίσματα
Βιομηχανίες / βιοτεχνίες	10.00	0.10	

ΠΙΝΑΚΑΣ 10. Θεωρητικός πληθυσμός ανά κατηγορία χώρου [1],[2],[3]

Για να μην γίνει παρανόηση η πυκνότητα που αναφέρεται αφορά τους διάφορους χώρους και όχι τους διαδρόμους που θα χρησιμοποιηθούν για οδεύσεις

διαφυγής. Όταν ξεκινήσει η εκκένωση στην φάση μετακίνησης του πληθυσμού τότε όλοι θα έχουν εξέλθει από τους διάφορους χώρους στους διαδρόμους και εκεί θα θεωρείται η πυκνότητα πληθυσμού για εκτίμηση παραμέτρων κίνησης.

#### 6.5.ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΕΞΟΔΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Για κάθε υπόγειο χώρο εννοούμε έξοδο κινδύνου το άνοιγμα εισόδου σε ασφαλή υπαίθριο χώρο. Λόγω της φύσης του υπόγειου χώρου όμως, δεν πρέπει στην φάση ελέγχου εκκένωσης να θεωρήσουμε μια έξοδο κινδύνου. Το ρόλο εξόδου κινδύνου θα παίζει μία ράμπα πρόσβασης ή ένα φρεάτιο κλιμακοστασίου καθώς θεωρείται ότι οι χώροι αυτοί αν και δεν αποτελούν υπαίθριο χώρο έχουν τα χαρακτηριστικά προστατευόμενου χώρου σε περίπτωση ατυχήματος. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι: πυραντίσταση, αυτονομία φωτισμού, αερισμός εκτάκτου ανάγκης. Είναι πιο εύκολο να υπάρχει πολύ καλός αερισμός στους χώρους των εξόδων κινδύνων παρά σε όλη την υπόγεια εγκατάσταση. Άλλη θεώρηση λοιπόν που εμφανίζεται είναι ότι η εκκένωση μπορεί να θεωρηθεί επιτυχής όταν υπάρχουν χαρακτηριστικά ασφαλείας στις ράμπες πρόσβασης και στα φρέατα κλιμακοστασίων και όλος ο πληθυσμός φτάσει μέχρι εκεί. Βέβαια όσον αφορά την πυραντίσταση αυτών των χώρων αυτή θα θεωρηθεί 60 λεπτά για αποθήκες με μικτούς χώρους άλλων χρήσεων. Για τον υπολογισμό της εκκένωσης μπορεί να δίνεται ένας χρόνος μέχρι τον υπαίθριο χώρο και ένας χρόνος μέχρι τον προστατευόμενο χώρο που οδηγεί η έξοδος από τον υπόγειο.

Άλλη παράμετρος σχεδιασμού είναι η θεώρηση ύπαρξης εμποδίου σε μία από τις εξόδους κινδύνου. Καθώς θεωρούμε ότι κατ' ελάχιστο θα υπάρχουν δύο εξοδοί για υπόγειο χώρο η ανάλυση θα γίνεται για υπολογισμό του μέγιστου χρόνου

από θεώρηση σεναρίων όπου κάθε φορά θα αποκλείεται μια έξοδος. Έτσι αν υπάρχουν δύο εξοδοί τότε ο χρόνος ασφαλείας θα υπολογιστεί με θεώρηση δύο σεναρίων όπου κάθε φορά θα αποκλειστεί άλλη έξοδος και ο χρόνος  $t_{\text{safety}}$  θα ληφθεί ο μικρότερος των δύο σεναρίων. Τώρα για παραπάνω από δύο εξόδους μια λύση είναι ο κάθε φορά αποκλεισμός μίας εξόδου και ακραία αλλά μόνο ενδεικτικά να υπάρξει σενάριο για να απομείνει μόνο μία από τις εξόδους κινδύνου διαθέσιμη.

### 6.6.ΟΔΕΥΣΕΙΣ ΔΙΑΦΥΓΗΣ

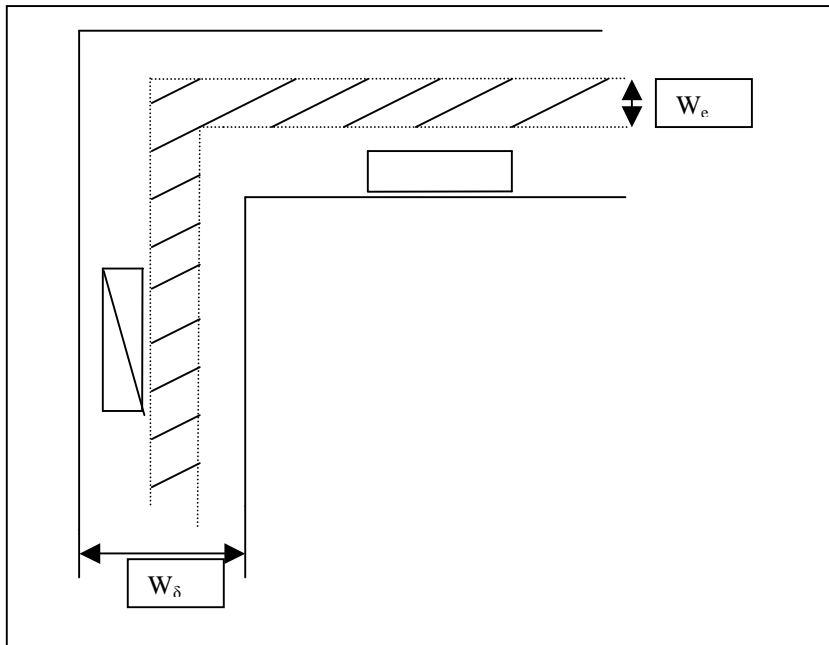
Κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την προστασία που παρέχεται σε απροστάτευτες και προστατευόμενες και ορίζουν τις κύριες γραμμές κίνησης του προς εκκένωσης πληθυσμού. Οι οδεύσεις που αναφέρονται ως απροστάτευτες και είναι το πρώτο τμήμα μιας όδευσης διαφυγής που περιβάλλεται από στοιχεία χωρίς ειδικές απαιτήσεις, καταλήγουν σε προστατευόμενες. Στους υπόγειους χώρους όλες οι οδεύσεις διαφυγής είναι προστατευόμενες και χρησιμοποιούνται στην ανάλυση. Τα τμήματα που οδηγούν σε αυτές είτε αναφέρονται σε γραφεία είτε σε αποθήκες αν και δεν λαμβάνονται ως τμήματα όδευσης είναι πάλι προστατευόμενοι ως χώροι.

Οι οδεύσεις διαφυγής είναι τα βασικά στοιχεία σχεδιασμού της εκκένωσης και χαρακτηρίζονται από τα παρακάτω στοιχεία :

- ενεργό πλάτος σε κάθε σημείο
- παροχή για κάθε σημείο
- συνολική πραγματική απόσταση ως την έξοδο
- αυξημένη σήμανση και φωτισμός ανάγκης

Το πλάτος μιας όδευσης διαφυγής  $W$  είναι μεγαλύτερο από το ενεργό πλάτος  $W_e$  κατά τη σχέση  $W_e = W - 2B$  όπου  $B$  είναι η ελάχιστη απόσταση λόγω των

ορίων της όδευσης. Αν αναφερόμαστε σε ένα διάδρομο με όριο κατακόρυφα τότε το  $B$  είναι 0.15m. Στα υπόγεια έργα τα κατακόρυφα όρια είναι συνήθως τραχιές επιφάνειες από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα όχι πάντα επίπεδες σαν τους τοίχους των κατοικιών γι' αυτό και λαμβάνεται  $B = 0.20m$ . Το πλάτος μίας όδευσης μπορεί να μην περιλαμβάνει όλο το πλάτος ενός διαδρόμου. Σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα σε ένα διάδρομο πλάτους  $W_{\delta}$  στους υπόγειους χώρους τμήματα του διαδρόμου αξιοποιούνται για στάθμευση μηχανήματος ή προσωρινή αποθήκευση .

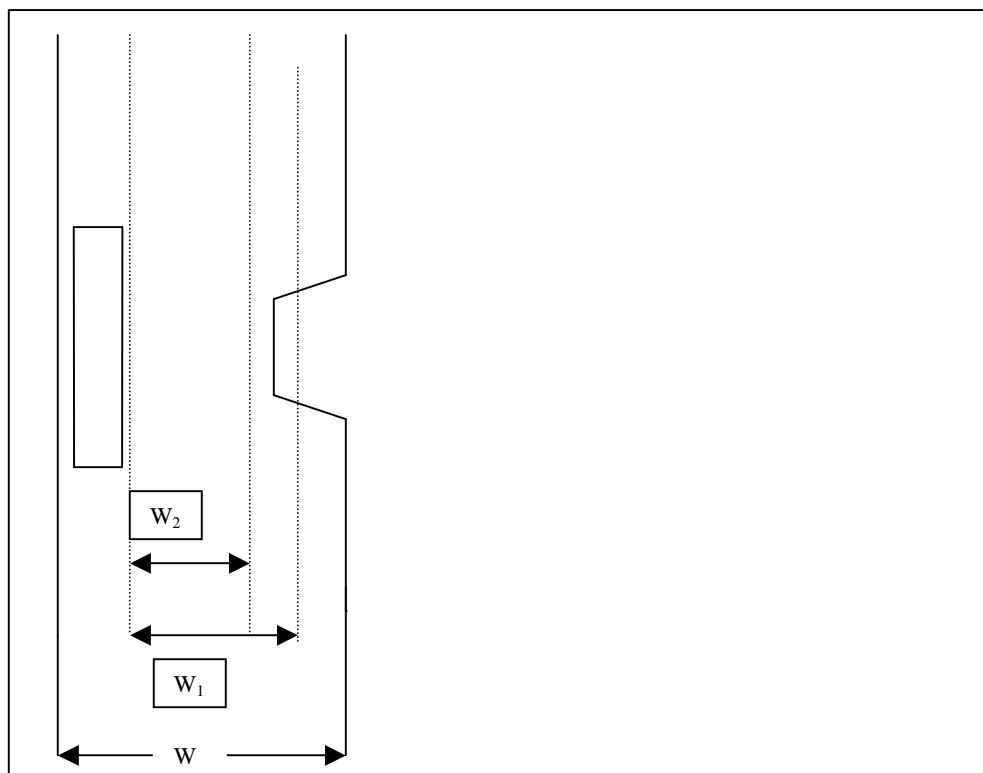


ΣΧΗΜΑ 7. Ενεργό πλάτος σε σχέση με πλάτος διαδρόμου λόγω εμποδίων [4] ,[6]

Πάντα λαμβάνεται πρόνοια να υπάρχει ιδεατός χώρος εσωτερικός του διαδρόμου πλάτους  $W$  , όπου θα γίνεται η κίνηση ανθρώπων – οχημάτων αλλά και η εκκένωση. Ομοίως σε αυτή τη περίπτωση  $W_{\delta} > W_e = W - 2B$  όπου το  $B$  λαμβάνεται 0.20m. Άλλη περίπτωση που μπορεί να συναντηθεί σε υπόγειο χώρο είναι η τοπική μείωση του διαδρόμου όπου έχουμε επιλέξει την οριοθέτηση όδευσης διαφυγής. Αυτή

η περίπτωση μας δίνει και ένα κριτήριο όπως θα συζητηθεί παρακάτω για την καλλίτερη επιλογή και σήμανση οδεύσεων.

Σαν πλάτος  $W$  της οδευσης θα ληφθεί  $W_2$  παντού και όχι  $W_1$  για ένα τμήμα ώστε να ισχύει  $W_e = W_2 - 2B$ . Αυτό θα χρησιμοποιηθεί στους προσεγγιστικούς υπολογισμούς και δε σημαίνει ότι θα υπάρχει κάποιο όριο που θα καθοδηγεί τα άτομα στο πλάτος  $W_2$ , όμως από τη συμπεριφορά των πεζών το πλάτος  $W_2$  είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα. (ΣΧΗΜΑ 8)



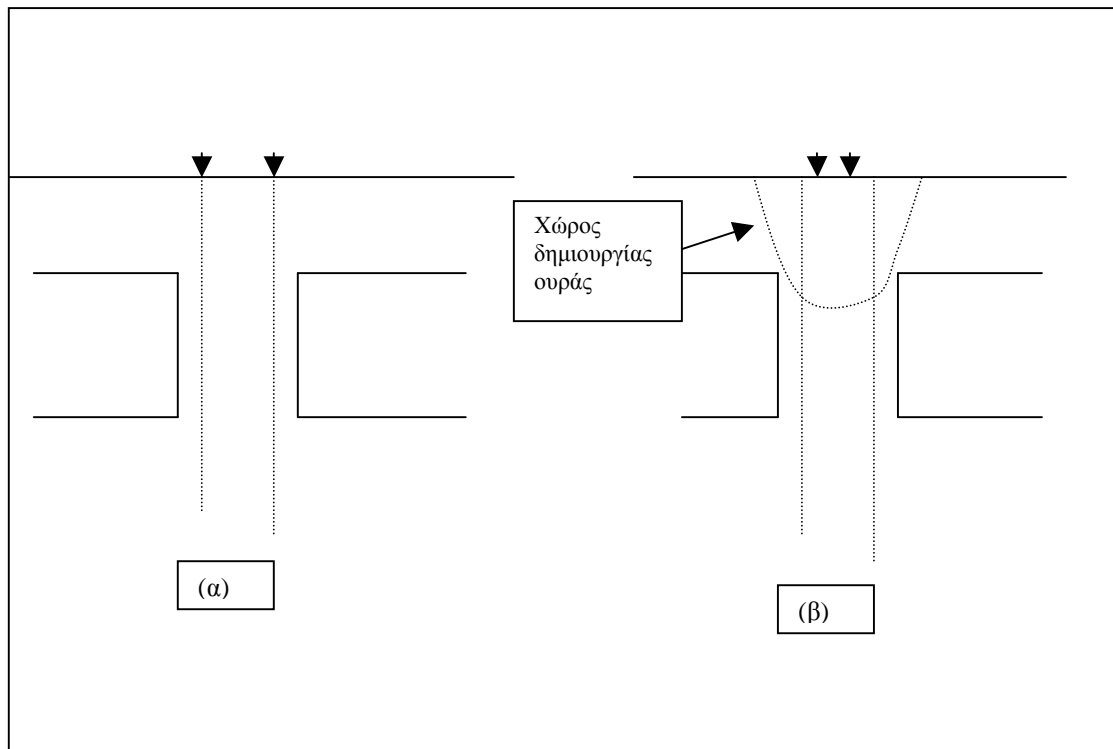
ΣΧΗΜΑ 8. Επιλογή κατάλληλου ενεργού πλάτους σε οδευση διαφυγής [4],[6]

Αναφορικά με την παροχή για κάποιο σημείο οδευσης αφού έχουμε κάνει όλες τις παραδοχές που έχουν ληφθεί έως τώρα, αυτή υπολογίζεται με βάση προαναφερθείσες σχέσεις ή την λαμβάνει υπ' όψη του πρόγραμμα προσομοίωσης για υπολογισμό χρόνων. Η παροχή σε περιγραφικούς κανονισμούς όπως ο ελληνικός



είναι προκαθορισμένη για την χρήση του χώρου και τον θεωρητικό πληθυσμό του. Λέμε π.χ. για χώρους συνάθροισης κοινού η παροχή όδευσης διαφυγής για πόρτα 1.20m. είναι 200 άτομα. Έτσι απλά εμπειρικά σημαίνει ότι αν για ένα χώρο συνάθροισης κοινού διαθέτουμε μια πόρτα 1.20m πλάτους τότε εκκενώνονται με επιτυχία 200 άτομα.

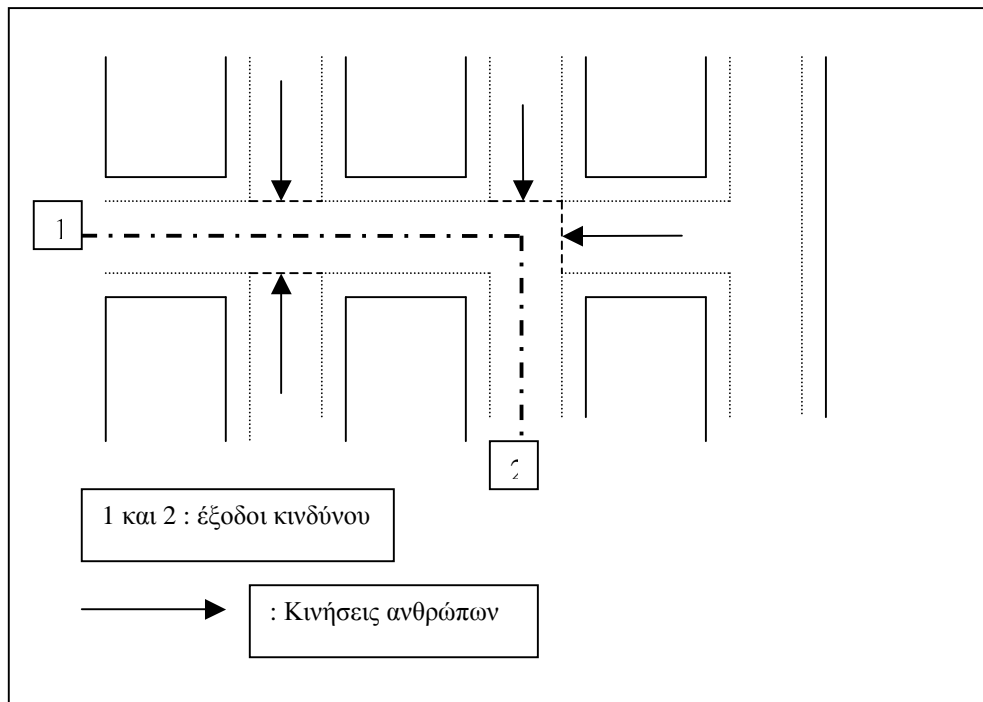
Στην περίπτωση όπως γίνεται η παρούσα ανάλυση, κάνουμε προσέγγιση μηχανικού και μπορούμε σε κάθε σημείο να υπολογίσουμε την ροή , κατά συνέπεια την παροχή και τελικά το χρόνο για την δίοδο συγκεκριμένου πληθυσμού. Καθώς η παροχή εξαρτάται από το ενεργό πλάτος της όδευσης , κατά τον καθορισμό της όδευσης καλό είναι να κρατάμε το ίδιο ενεργό πλάτος  $We$  από την αρχή της μέχρι το τέλος όπου υπάρχει έξοδος διαφυγής – κινδύνου. Στο θέμα της εξόδου επειδή θεωρείται διατομή που συμπεριλαμβάνεται στην όδευση διαφυγής συνιστάται να λαμβάνουμε το πλάτος της πόρτας (για πλάτη γύρω στα δύο μέτρα) ίσο με το  $We$  της όδευσης. Έτσι δεν χρειάζεται υπολογισμός για δημιουργία ουράς ,δηλαδή αν επαρκεί ο χώρος για την ανάπτυξή της. Αν το πλάτος της εξόδου κινδύνου είναι μικρότερο του πλάτους όδευσης διαφυγής έχουμε δημιουργία ουράς από μία παροχή και πάνω (την παροχή πλάτους θύρας στην έξοδο κινδύνου) , όπως φαίνεται στο σχήμα 9.



ΣΧΗΜΑ 9.     **α) πλάτος όδευσης = πλάτος εξόδου κινδύνου**  
                  **β) πλάτος όδευσης > πλάτος εξόδου κινδύνου**

Για τον υπολογισμό στην περίπτωση β) θα γίνει χρήση των γνωστών τύπων παροχής για εκτίμηση με  $We$  αυτό της πόρτας ανεξάρτητα αν εμείς προβλέπουμε άλλοι πλάτους όδευση διαφυγής. Βέβαια με τις πραγματικές διαστάσεις της όδευσης θα υπολογίζουμε την πυκνότητα των ατόμων.

Ο σχεδιασμός μίας προστατευόμενης όδευσης διαφυγής εκτός από τα παραπάνω χαρακτηριστικά διακρίνεται και για όσο το δυνατό μεγαλύτερη κατάληξη σε αυτήν εξόδων από άλλους αυτόνομους χώρους. Λειτουργεί σαν το ανάλογο του κυρίως ρεύματος ποταμού που το τροφοδοτούν ρυάκια. Το ολικό μήκος μιας όδευσης ξεκινάει από το πιο απομακρυσμένο άκρο της μέχρι την έξοδο κινδύνου. Ένας επιτυχής σχεδιασμός φαίνεται αν το μήκος της όδευσης είναι από την μια έξοδο κινδύνου στην άλλη. Στο σχήμα 10 οι μικροί διάδρομοι με τα βέλη αποτελούν εισόδους ατόμων στην όδευση διαφυγής.

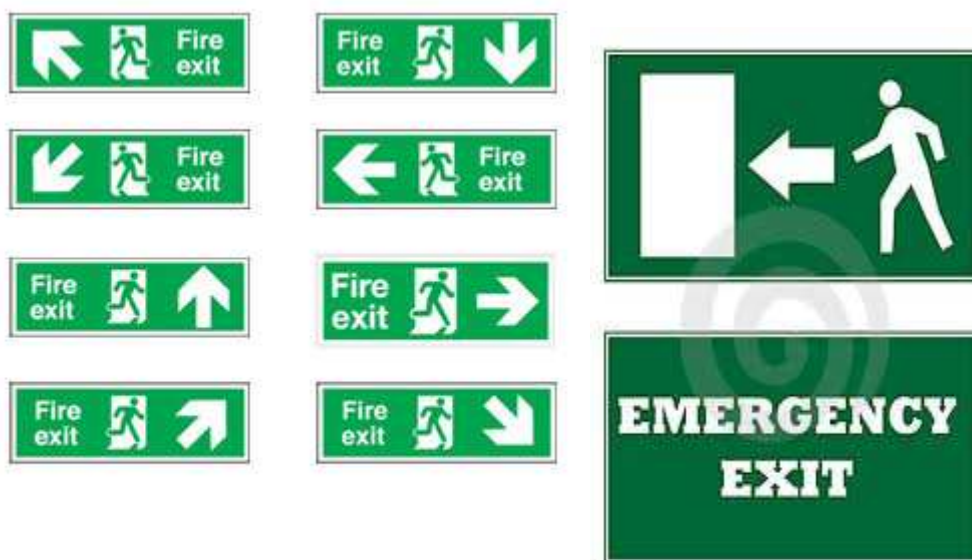


ΣΧΗΜΑ 10. Περίπτωση όδευσης διαφυγής

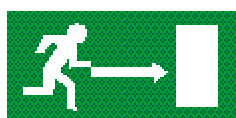
Τότε το συνολικό μήκος της όδευσης διαφυγής είναι η απόσταση 1 – 2 και είναι εύκολη η θεώρηση εναλλακτικών σεναρίων μπλοκαρίσματος μίας εξόδου κινδύνου καθώς το μήκος παραμένει ίδιο. Η άποψη αυτή της εισόδου κλάδων σαν είσοδο στο ρεύμα της διαφυγής από ξεχωριστά τμήματα επιτυγχάνεται με κατάλληλη σήμανση και θεώρηση μιας μικρής αύξησης του χρόνου ( $t_{pre}$ ) πριν την κίνηση για τον υπολογισμό.

Ο φωτισμός των οδούσεων διαφυγής (τεχνητός για υπόγειο χώρο) πρέπει να είναι συνεχής στο χρονικό διάστημα που ο χώρος είναι σε λειτουργία με ελάχιστη ένταση φωτισμού 15lux στο δάπεδο, συμπεριλαμβανομένων των γωνιών, διασταυρώσεων και κάθε πόρτας εισόδου διαφυγής. Η τροφοδοσία θα είναι το δίκτυο της ΔΕΗ και θα υπάρχει και φωτισμός εφεδρείας επαρκούς διάρκειας που θα προκύπτει από τις ανάγκες εκκένωσης.

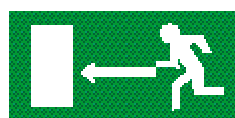
Η σήμανση είναι απαραίτητη για την όδευση διαφυγής και τις εξόδους κινδύνου. Τα ενδεικνύμενα σήματα φαίνονται στα παρακάτω σχήματα.



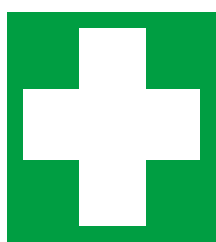
### Σήματα διάσωσης ή βοήθειας



Οδός/ Έξοδος κινδύνου



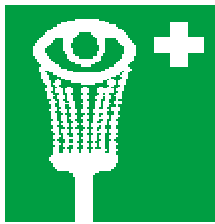
Οδός/ Έξοδος κινδύνου



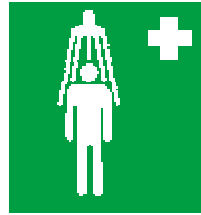
Πρώτες βοήθειες



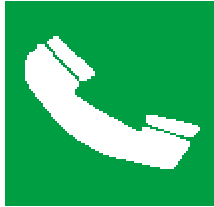
Φορείο



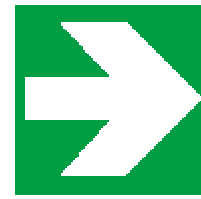
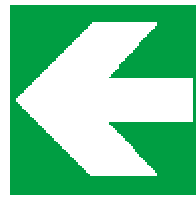
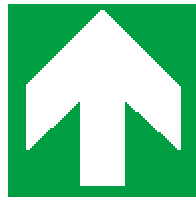
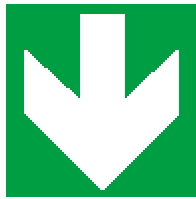
Πλύση ματιών



Θάλαμος  
καταιωνισμού  
ασφαλείας



Τηλέφωνο για  
διάσωση και πρώτες  
βοήθειες



#### ΣΧΗΜΑ 11. Διάφοροι τύποι σημάτων για σχέδια εκκένωσης

Είναι πράσινου χρώματος , μπαίνουν σε θέσεις ώστε να είναι άμεσα ορατά λόγω υπογείου έργου έχουν και αυτόνομο φως. Στην πινακίδα σχεδίου που συνοδεύει το σχέδιο εκκένωσης συμβολίζονται οι θέσεις τους και όλη η κύρια όδευση διαφυγής με πράσινο χρώμα και η δευτερεύουσα με διακεκομμένη γραμμή.

#### 6.7. ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΣΤΙΣ ΟΔΕΥΣΕΙΣ ΔΙΑΦΥΓΗΣ

Έχουμε θεωρήσει την βασική παραδοχή ότι οι άνθρωποι θα ξεκινήσουν να εκκενώνουν όλοι μαζί αφού θα έχουν προηγηθεί οι χρόνοι του κεφ. 3. έτσι θα βρίσκονται την στιγμή έναρξης του χρόνου για εκκένωση  $t_e$  όλοι μαζί σε κάποιο σημείο της όδευσης διαφυγής ανάλογα από ποια πόρτα ή χώρο εισήλθαν σε αυτήν. Ο συνολικός πληθυσμός του υπογείου χώρου P θα βρίσκεται σε μία όδευση η οποία θα

έχει επιφάνεια  $E$ . Αν έχει δε και σταθερό πλάτος λόγω σχεδιασμού τότε η επιφάνειά της θα είναι  $E = S \times W$ , όπου  $S$  το συνολικό της μήκος. Οπότε η πυκνότητα που μας ενδιαφέρει θα είναι  $D = P / (S \times W)$  σε  $\text{pp}/\text{m}^2$ . Αυτή είναι και η πυκνότητα που καθορίζει την παροχή και τους εκτιμώμενους χρόνους. Η πυκνότητα αυτή υπολογίζεται για κάθε οδευση ξεχωριστά και αφορά τον πληθυσμό που καταλήγει σε αυτήν ανάλογα με τους χώρους που εξυπηρετεί για εκκένωση.

## 7. ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ

### 7.1 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΙΔΑΣ ΣΧΕΔΙΟΥ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ

Η πινακίδα του σχεδίου εκκένωσης είναι αυτή που δείχνει με εποπτικό τρόπο τις διαδρομές στις οδεύσεις διαφυγής και τις εξόδους μαζί με άλλες συνοδευτικές πληροφορίες. Είναι βασικό στοιχείο του σχεδίου εκκένωσης και σε υπόγειο χώρο λόγω της δυσκολίας προσανατολισμού θα πρέπει εκτός της σήμανσης να υπάρχει σε επιλεγμένα σημεία αναρτημένη και φωτισμένη με τον ανάλογο προσδιορισμό στην κάτοψη της επισήμανσης «είστε εδώ» για την κάθε θέση, δίνοντας την πορεία ή τις πορείες που πρέπει να ακολουθηθούν για την πλησιέστερη έξοδο. Απευθύνεται στο κοινό και σκοπός είναι να έχει την μεγαλύτερη εποπτεία αποφεύγοντας περιττές πληροφορίες που θα προκαλέσουν σύγχυση. Με την έννοια πινακίδα σχεδίου γίνεται αναφορά σε μία ομάδα πινακίδων που διαφοροποιούνται μόνο ως προς τη θέση τοποθέτησης μέσα στην κάτοψη. Η διαφοροποίηση βέβαια του σημείου τοποθέτησης διαφοροποιεί και τις επιλογές σε κύριες και δευτερεύουσες διαδρομές διαφυγής. Γι' αυτό είναι αναγκαστικό για όσες θέσεις τοποθέτησης προβλέπονται να δίνονται και ισάριθμες πινακίδες εκκένωσης γιατί έχουν διαφορές μεταξύ τους.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι βάση της ελληνικής νομοθεσίας ανάλογη πινακίδα απλούστερης μορφής , χωρίς στοιχεία εκκένωσης, δεν είναι υποχρεωτικό να είναι αναρτημένη παρά μόνο να υπάρχει στο φάκελο του έργου. Όμως στα επιβατηγά πλοία βάση νομοθεσίας προβλέπεται η σύνταξη πινακίδας σχεδίου εκκένωσης θεωρημένη από την διεύθυνση επιθεώρησης πλοίων του πρώην Υ.Ε.Ν. και ανάρτησή της σε τρία σημεία ανά κατάστρωμα (μπροστά , πίσω και κάπου ενδιάμεσα) . Κάτι τέτοιο πρέπει να ακολουθηθεί στα υπόγεια έργα λόγω των ιδιαίτερων συνθηκών που επικρατούν.

Η πινακίδα σχεδίου εκκένωσης αποτελείται από τέσσερα βασικά μέρη όπως φαίνεται και στο σχήμα 12.

<b>ΣΧΕΔΙΟ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ</b> Κάτοψη με οδεύσεις – εξόδους – θέσεις πυροσβεστικών μέσων Πρωτεύουσα και δευτερεύουσα διαδρομή		
ΥΠΟΜΝΗΜΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ	ΟΔΗΓΙΕΣ

ΣΧΗΜΑ 12 . Γενική μορφή πινακίδας σχεδίου εκκένωσης

Το σημαντικότερο και μεγαλύτερο τμήμα έχει επικεφαλίδα «ΣΧΕΔΙΟ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ» και περιλαμβάνει τα εξής:

- κάτοψη του υπόγειου χώρου

- εμφάνιση των εξόδων κινδύνου με πράσινο χρώμα σημειωμένες με ΈΞΟΔΟΣ/ EXIT
- εμφάνιση οδούσεων διαφυγής με πράσινο χρώμα και σημείωση με πράσινη γραμμή ή και βέλη κατευθύνσεων της βασικής διαδρομής για εκκένωση πληθυσμού
- εμφάνιση μίας δευτερεύουσας εναλλακτικής διαδρομής για εκκένωση με διακεκομμένη γραμμή και βέλη
- σημείωση των θέσεων με κουκίδες ή σύμβολα που επεξηγούνται στο υπόμνημα , όπου υπάρχουν πυροσβεστικά μέσα και ότι άλλο είναι χρήσιμο (θέση χειριστηρίων , επικοινωνίας κ.λ.π)
- επισήμανση ένδειξης «ΕΙΣΤΕ ΕΔΩ»/ «YOU ARE HERE» ανάλογα με τη θέση ανάρτησης της πινακίδας.

Στο επόμενο τμήμα της πινακίδας υπάρχει το υπόμνημα που θα εξηγήει λεπτομερώς όλα τα σύμβολα στο κυρίως τμήμα. Το τρίτο τμήμα αναφέρει με μεγάλα γράμματα την περιγραφή χώρου συγκέντρωσης μετά το πέρας της εκκένωσης για καταμέτρηση και έλεγχο των εξερχόμενων ατόμων, π.χ. έξοδος ράμπας πρόσβασης – κύρια πύλη, χώρος κτιρίου φρεατίου κλιμακοστασίου. Συνήθως αναφέρονται σαν χώροι συγκέντρωσης εκείνες οι υπαίθριες περιοχές ή στεγασμένες όπου καταλήγουν οι σκάλες και οι ράμπες πρόσβασης.

Στο τέταρτο τμήμα των οδηγιών αναφέρονται δύο ομάδες οδηγιών προς τους αναγνώστες της πινακίδας. Η μία ομάδα σχετίζεται με την καθεαυτή διαδικασία της εκκένωσης και η άλλη ομάδα δίνει οδηγίες για το τι πρέπει να κάνει κάποιος που έχει αντιληφθεί συμβάν οφειλόμενο σε κατάσταση ανάγκης. Παράδειγμα τέτοιας ολοκληρωμένης πινακίδας δίνεται για τον υπόγειο χώρο του τεχνολογικού πάρκου Λαυρίου.



Για την εφαρμογή όλων των παραπάνω και την υλοποίησή τους στην φάση προετοιμασίας του υπογείου χώρου , καταρτίζεται κατασκευαστικό σχέδιο που απευθύνεται στον μηχανικό που εφαρμόζει τη μελέτη όπου δείχνονται τα εξής:

1. Θέσεις τοποθέτησης σημάτων εξόδων διαφυγής
2. Θέσεις τοποθέτησης σημάτων οδών διαφυγής
3. Θέσεις τοποθέτησης πινακίδων ενημέρωσης κοινού

### 7.2. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗΣ ΠΟΥ ΣΥΝΟΔΕΥΕΙ ΤΗΝ ΠΙΝΑΚΙΔΑ ΣΧΕΔΙΟΥ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ

Στην συνοδευτική τεχνική έκθεση πρέπει όχι μόνο να δίνονται γενικά περιγραφικά στοιχεία του υπόγειου χώρου και τρόπος ελέγχου υπολογισμού του σχεδίου εκκένωσης, αλλά και να προβλέπεται μια διαδικασία μελλοντικής συμπλήρωσης και διόρθωσης.

Το πρώτο τμήμα της τεχνικής έκθεσης είναι τα ποσοτικά στοιχεία και η τεκμηρίωσή της με βάση την ανάλυση που έχει παρατεθεί μέχρι εδώ.

Το δεύτερο μέρος της τεχνικής έκθεσης αφορά τον μελλοντικό σχεδιασμό που ορίζεται ως εξής:

- διαδικασίες διόρθωσης του σχεδίου στο μέλλον
- εκπαίδευση προσωπικού και ασκήσεις – δοκιμές
- επαναπροσδιορισμός προβλημάτων
- ανάθεση ευθυνών

Έτσι αυτό το μέρος της έκθεσης πρέπει να έχει την έννοια των οδηγιών, για την από την εφαρμογή των μέτρων και πέρα χωρίς όμως να γίνει κατάχρηση με

παροχή ενός ορυμαγδού πληροφοριών (π.χ. AS 3745 – Αυστραλία) που τελικά καταλήγουν να είναι δύσχρηστες.

Απευθυνόμενος λοιπόν σε μηχανικούς που έχουν σχέση με τα υπόγεια έργα για κάθε μια από τις παραπάνω κατευθυντήριες γραμμές πρέπει να υπάρχουν τα παρακάτω στοιχεία.

1) Διαδικασίες διόρθωσης του σχεδίου στο μέλλον δηλαδή:

- αλλαγές εξοπλισμού ανίχνευσης – προειδοποίησης – αερισμού – πυρόσβεσης
- αλλαγές χρήσης σε κάποιο χώρο
- αλλαγή σε μηχανήματα που λειτουργούν
- επέκταση αποθηκευτικού χώρου
- δυσμενή αποτελέσματα άσκησης που προκαλούν βελτίωση οδών διαφυγής ή πλάτους εξόδων
- αύξηση προσωπικού
- αύξηση επισκεπτών και συχνότητα εμφάνισής τους

2) Εκπαίδευση προσωπικού και ασκήσεις – δοκιμές δηλαδή:

- μέριμνα για τουλάχιστον μία άσκηση και κατάστρωση σχεδίου άσκησης με φόρμα ελέγχου για εκτίμηση των αποτελεσμάτων στην πράξη
- το προσωπικό να ενημερωθεί εγγράφως με ένα συνοπτικό φύλλο οδηγιών για την προειδοποίηση και εκκένωση.

3) Επαναπροσδιορισμός προβλημάτων δηλαδή:

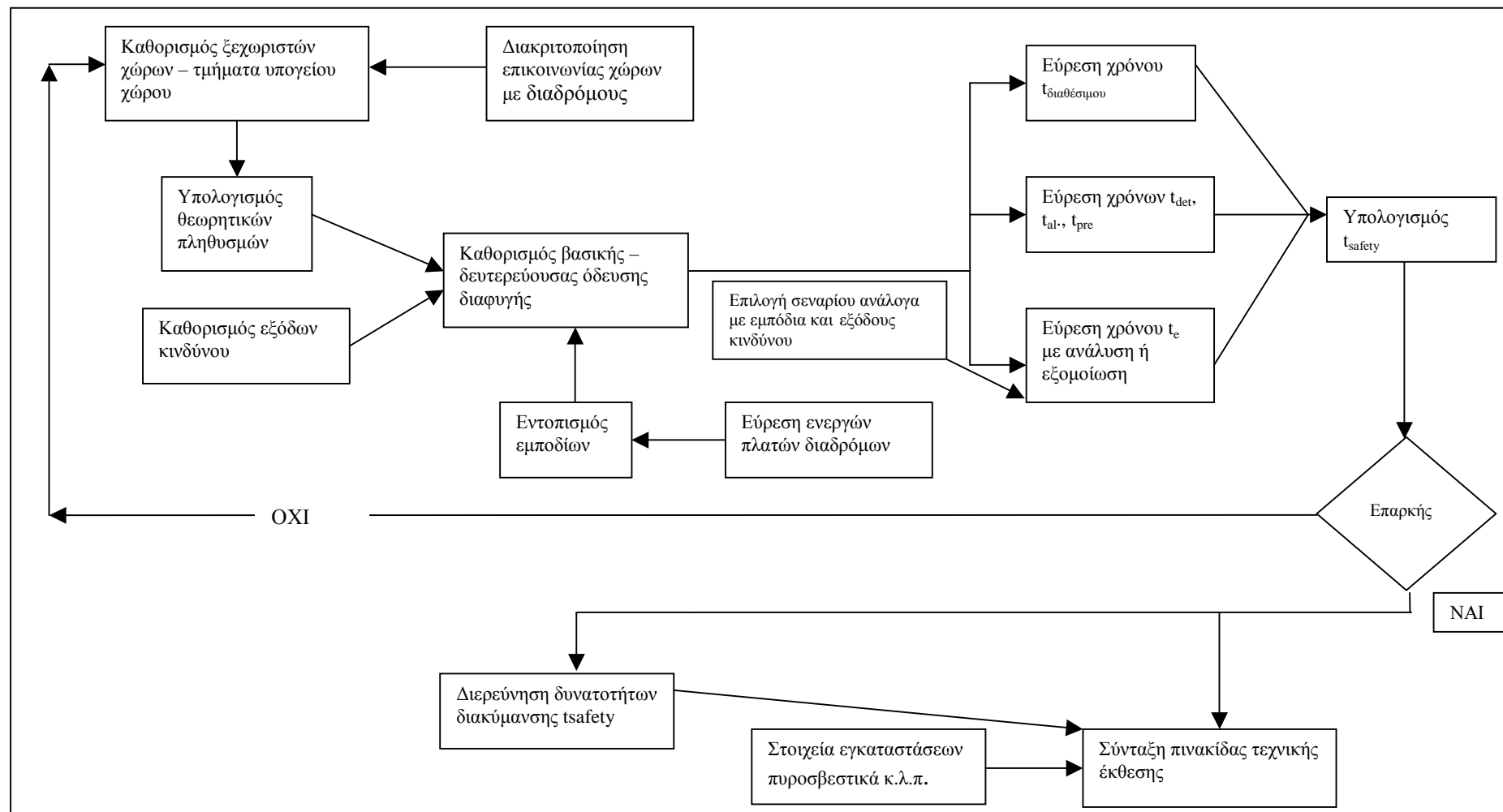
- κατά την άσκηση ή σε αναγκαστική εκκένωση το πρώτο που θα μετρηθεί θα είναι ο χρόνος. Αν δεν είναι επαρκής τότε αλλαγή σε κάποιες από τις παραμέτρους ή λήψη άλλων μέτρων

- εποπτεία αν τηρούνται οι παραδοχές και τα στοιχεία της μελέτης (πλάτη οδεύσεων , εμπόδια κλπ)
- 4) Ανάθεση ευθυνών
- πρόβλεψη για ύπαρξη υπεύθυνου εκκένωσης παρών κατά τη διάρκεια λειτουργίας του υπογείου χώρου
- πότε γίνεται η εκκένωση και ποιος θα την αποφασίσει εκτός αν υπάρχει το αυτόματο σύστημα για ορισμένα συμβάντα
- στην φάση εκκένωσης ο υπεύθυνος θα φοράει διακριτικό γιλέκο και θα προβλέπεται αντικαταστάτης ή βοηθός σε περίπτωση μεγάλου αριθμού επισκεπτών

Για όλα τα παραπάνω γίνεται μια αναφορά με οδηγίες βασισμένα στα στοιχεία του υπογείου χώρου. Η πινακίδα μαζί με την τεχνική έκθεση των δύο συστατικών μερών αποτελεί το σχέδιο εκκένωσης το οποίο σε ένα τμήμα του έχει συστατικό αλληλεπίδρασης με τον χώρο για τον οποίο σχεδιάστηκε και αυτό για την μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητάς του στην διάσωση ανθρώπινων ζώων.

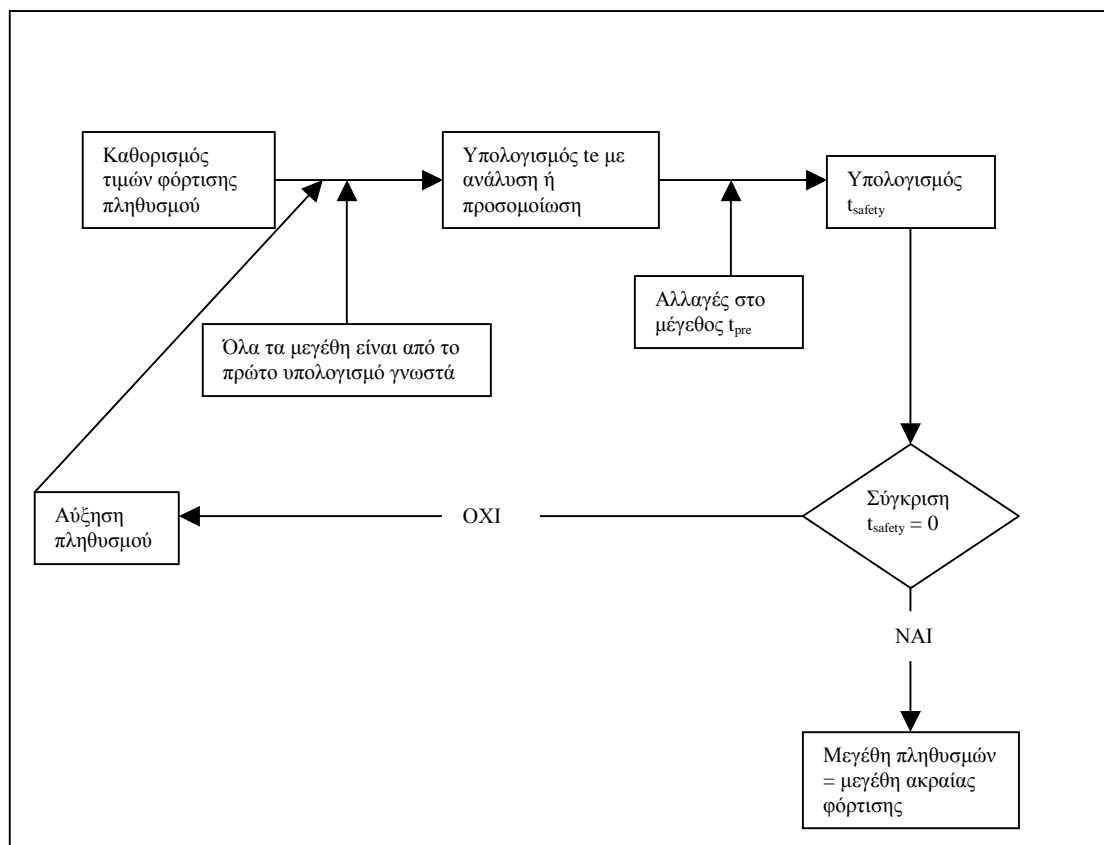
### 7.3. ΑΛΛΗΛΟΥΧΙΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ

Για την καλλίτερη εποπτεία στην εκπόνηση τέτοιου είδους μελετών, τα βασικότερα σημεία της ανάλυσης ομαδοποιήθηκαν και παρουσιάζονται συνοπτικά στο σχήμα 13.



ΣΧΗΜΑ 13. Διαδικασία ελέγχου επάρκειας χρόνου  $t_{safety}$

Για όλη την παραπάνω διαδικασία πρέπει να σημειωθεί κάτι που έχει αναφερθεί, ότι επαναλαμβάνεται δύο φορές: μια για τον υπολογισμό βάση του καθορισμένου θεωρητικού πληθυσμού και μία διερευνητικά για την εκτίμηση του μέγιστου πληθυσμού σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα.



ΣΧΗΜΑ 14. Διαδικασία υπολογισμού μέγιστου πληθυσμού υπογείου χώρου

Ένα τελευταίο σημείο που επιτρέπει σχολιασμό είναι η διερεύνηση των δυνατοτήτων διακύμανσης του χρόνου  $t_{safety}$  ειδικά σε περιπτώσεις που αυτός είναι μικρός. Άλλος λόγος που αυτό πρέπει να γίνει είναι ότι στα υπόγεια έργα ο διαθέσιμος χρόνος υπολογίζεται εμπειρικά με μεγάλη αβεβαιότητα ειδικά αν δεν υπάρχει κάποια σχετική προσομοίωση.

Ένας τρόπος για εξέταση του χρόνου  $t_{\text{safety}}$  είναι η πιθανοτική εκτίμηση με θεώρηση στατιστικής κατανομής κάποιων παραμέτρων. Έτσι αν θεωρήσουμε σταθερό τον σχεδιασμό που αφορά το μήκος των ελεγχόμενων οδούσεων διαφυγής, τα πλάτη και τα ενεργά πλάτη και θεωρήσουμε ότι ο πληθυσμός έχει μια τριγωνική κατανομή με πιθανότερη την τιμή που ελέγχουμε και αντιστοιχεί στον θεωρητικό πληθυσμό τότε χρησιμοποιώντας την μέθοδο monte carlo βρίσκουμε την κατανομή του χρόνου  $t_{\text{safety}}$ . Από εκεί εξάγεται μια τιμή ασφαλείας για τον χρόνο  $t_{\text{safety}}$  με επίπεδο βεβαιότητας 95%. Μπορούμε λοιπόν να εξετάσουμε την ευαισθησία της διακύμανσης αυτού του χρόνου και να αποφασίσουμε αν θα τον αυξήσουμε βάση ενός διαγράμματος αθροιστικής κατανομής.

Άλλος τρόπος είναι η χρήση ενός συντελεστή ασφαλείας για να ληφθούν υπ' όψη αβεβαιότητες όπως η σύνθεση του πληθυσμού (ανάπηροι , παιδιά) , το μέγεθός του και προβλήματα στις παραδοχές. Γενικά οι παραδοχές που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι συντηρητικές προς την πλευρά της ασφαλείας καθώς λαμβάνονται μικρότερα πλάτη οδούσεων και θεώρηση κίνησης πληθυσμού για όλο το μήκος οδούσης. Για να καλυφθεί και η αβεβαιότητα του πληθυσμού ή της έγκαιρης προειδοποίησης αλλά κυρίως της κίνησης μέσα σε ελαφρά ή μέτρια ενοχλητικό καπνό , αν δεν είχε αρχικά ληφθεί υπ' όψη κάτι τέτοιο με μείωση ταχύτητας κίνησης, μπορεί να αυξηθεί ο  $t_{\text{ap}}$  (απαιτούμενος χρόνος) κατά 30% και να μειωθεί ο  $t_{\text{διαθέσιμος}}$  κατά 10% (κυρίως για κάλυψη αβεβαιοτήτων εξοπλισμού).

8. ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΓΕΙΟ ΧΩΡΟ  
ΛΑΥΡΙΟΥ

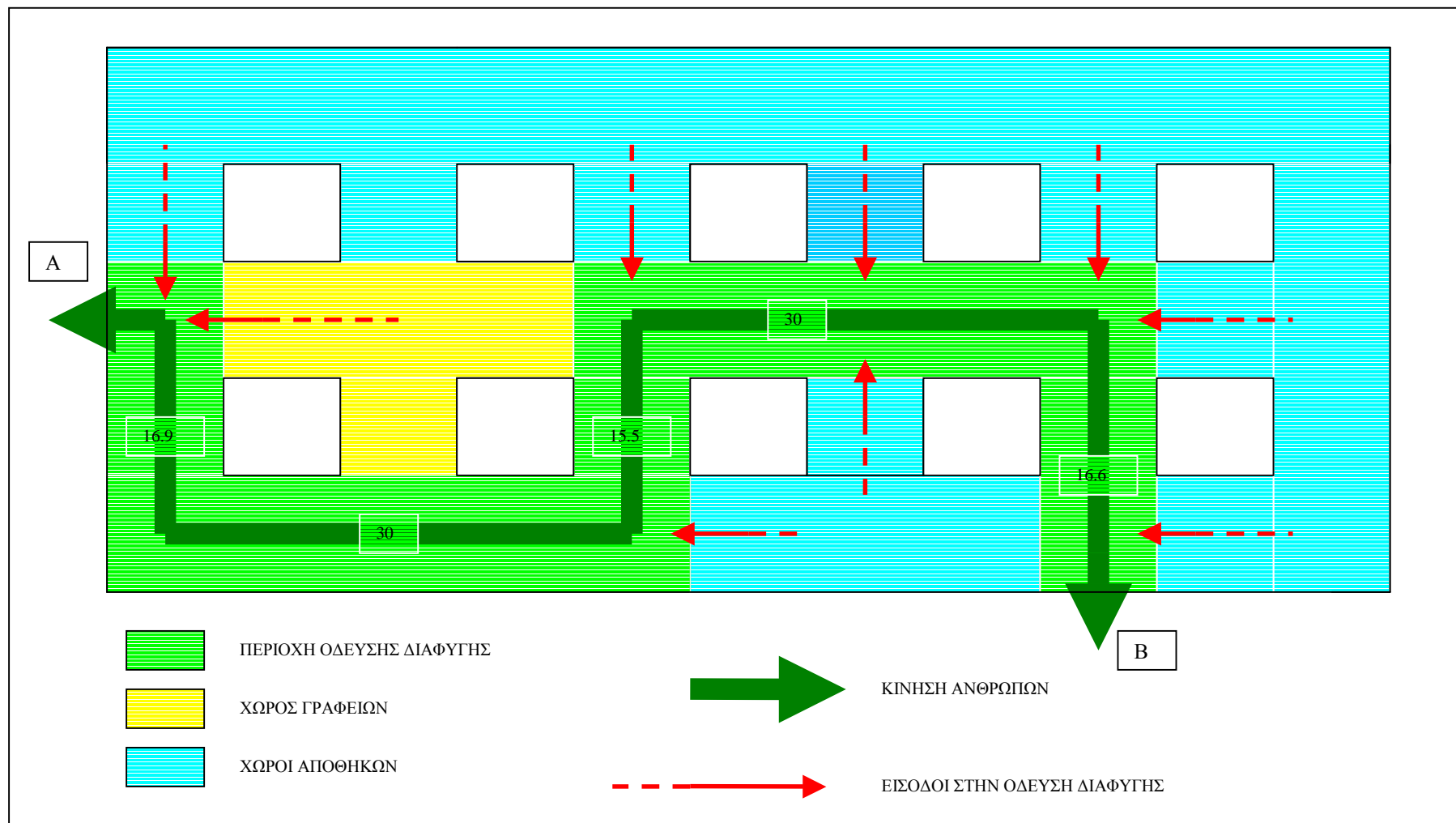
8.1.ΠΡΩΤΟ ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ (ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ –  
ΕΛΕΓΧΟΙ)

8.1.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΡΟΝΩΝ  $t_{det}$ ,  $t_{al}$ ,  $t_{pre}$

Ο υπόγειος χώρος του τεχνολογικού πάρκου Λαυρίου έχει κατασκευαστεί με τη μέθοδο θαλάμων και στύλων και προβλέπει χώρους αποθήκευσης τοξικών και χώρων γραφείων και εξυπηρέτησης.

Σύμφωνα με την κάτοψη του χώρου διαχωρίζονται και διακριτοποιούνται οι χώροι. Το αποθηκευτικό τμήμα διαχωρίζεται από τον διάδρομο με πόρτες, το ίδιο ισχύει και για τους γραφειακούς χώρους. Οι έξοδοι κινδύνου είναι δύο: το κλιμακοστάσιο με πόρτα πλάτους 1.20μ. και η ράμπα πρόσβασης με πόρτα πλάτους 3.00μ. Όλοι οι χώροι μέσω θυρών καταλήγουν στον κεντρικό διάδρομο. Η χωροθέτηση της όδευσης διαφυγής γίνεται μέσα στον κεντρικό διάδρομο από έξοδο κινδύνου σε έξοδο κινδύνου και κατάληξη σε αυτόν όλων των ανθρώπων από τους υπόλοιπους χώρους. Για τους υπολογισμούς θα θεωρηθεί πλάτος  $W = 2.00m$  για να ληφθούν υπ' όψη και οι μειώσεις πλάτους λόγω σταθμευμένων και φορτωτικών οχημάτων.

Στον ίδιο διάδρομο θα θεωρηθούν η βασική και εναλλακτική δευτερεύουσα διαδρομή εκκένωσης. Όλα αυτά φαίνονται συνοπτικά στο επόμενο σχήμα.



ΣΧΗΜΑ 15. Υπολογιστικό σχεδιάγραμμα υπογείου χώρου Λαυρίου



Το μήκος όδευσης διαφυγής από έξοδο κινδύνου Α σε έξοδο κινδύνου Β είναι :  $S = 16.9 + 30 + 15.5 + 30 + 16.6 = 109$  μέτρα.

Το πλάτος της όδευσης διαφυγής επιλέγεται  $W = 2.0$  m.

Τα βέλη με κόκκινο χρώμα υποδηλώνουν την έξοδο των ανθρώπων από τους διάφορους χώρους στον κεντρικό διάδρομο όπου θεωρείται η όδευση διαφυγής πλάτους  $W = 2.0$  m.

Ο χώρος με χρώμα κυανό θεωρείται αποθηκευτικός και έχει πυκνότητα θεωρητικού πληθυσμού  $0.17$  ppl/m<sup>2</sup>. Η επιφάνεια των αποθηκευτικών χώρων μετρημένη από το σχέδιο κάτοψης του υπογείου χώρου είναι  $438$  m<sup>2</sup>. Τότε ο θεωρητικός πληθυσμός για την συγκεκριμένη κατηγορία χώρου θα προκύψει :  $0.17 \times 438 = 75$  άτομα.

Ο χώρος με χρώμα κίτρινο λαμβάνεται ως γραφειακός και έχει πυκνότητα θεωρητικού πληθυσμού  $0.20$  ppl/m<sup>2</sup> και η επιφάνειά του προκύπτει από το σχέδιο  $192$  τ.μ. Τότε ο θεωρητικός πληθυσμός του γραφειακού χώρου θα είναι  $0.20 \times 192 = 38$  άτομα.

Ο συνολικός θεωρητικός προκύπτει :  $75 + 38 = 113$  άτομα που θεωρούνται ότι στην όδευση διαφυγής του κεντρικού διαδρόμου με πλάτος  $W = 2.0$  m.

Τα πιθανότερα επικίνδυνα ατυχήματα θεωρούνται η φωτιά ή διαρροή από τα βαρέλια τοξικών που θα είναι αποθηκευμένα. Από τον πίνακα 1 ο διαθέσιμος χρόνος  $t_d$  εκτιμάται σε  $30$  λεπτά για να γίνει η εκκένωση μέχρι το τέλος των εξόδων κινδύνου. Στη συνέχεια ο χρόνος εντοπισμού  $t_{det}$  τίθεται ίσος με  $1$  λεπτό και από τον πίνακα 4 για κατηγορία 2 συστήματος συναγερμού (ύπαρξη κέντρου ελέγχου για σήμανση εκκένωσης μετά από ανίχνευση) ο χρόνος  $t_{al}$  εκτιμάται ίσος με  $3$  λεπτά.

Ο χρόνος πριν την μετακίνηση  $t_{pre}$  εκτιμάται από τον πίνακα 5 για κατηγορία  $A_3$  και χώρους αποθήκευσης σε υπόγειο στα 5 λεπτά.

### 8.1.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΚΙΝΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΚΕΝΩΣΗ $t_e$

Σενάριο 1<sup>ο</sup> : θεωρείται η έξοδος A μπλοκαρισμένη και οι άνθρωποι θα εξέλθουν από την ράμπα πρόσβασης. Υπολογίζεται η πυκνότητα  $D$  των ατόμων στην όδευση διαφυγής ως  $D = P / E$ , όπου  $P = 113$  άτομα και  $E$  το εμβαδόν της όδευσης από τη σχέση  $E = S \times W = 109 \times 2 \Rightarrow E = 218\text{τ.μ.}$ . Τότε η πυκνότητα θα προκύψει  $D = 113 / 218 = 0.52\text{pppl/m}^2$ . Από το διάγραμμα του σχήματος 3 παρατηρούμε ότι είμαστε σε στάθμη εξυπηρέτησης A και η ταχύτητα βαδίσματος είναι σταθερή ίση με  $V_o = 1.40\text{m/sec}$ . Η κρίσιμη διατομή δεν θα ληφθεί στην πόρτα της ράμπας πρόσβασης που είναι 3.0μέτρα καθώς είναι μεγαλύτερη από το πλάτος  $W$  της όδευσης διαφυγής. Η παροχή σε μία διατομή σε μία διατομή στην έξοδο θα είναι από τη σχέση  $Q = V_o \times D \times W_e$ , όπου:

$$V_o = 1.40\text{m/sec}$$

$$D = 0.52\text{pppl/m}^2$$

$$W_e = W - 2B \text{ με } B = 0.20\text{m} \Rightarrow W_e = 1.60\text{m}$$

$$\text{Τότε } Q = 1.40 \times 0.52 \times 1.60 \Rightarrow Q = 1.16\text{pppl/sec}$$

Ο χρόνος διέλευσης του πληθυσμού στην ράμπα εξόδου είναι  $t_p = P / Q \Rightarrow$

$$t_p = 113 / 1.16 \Rightarrow t_p = 97\text{sec}$$

Για την ταχύτητα που έχουμε στην στάθμη A ο χρόνος κίνησης μέχρι την ράμπα πρόσβασης για όλο τον πληθυσμό είναι  $t_s = S / V_o = 109/1.40 \Rightarrow t_s = 78\text{sec}$

Έτσι ο χρόνος κίνησης για εκκένωση  $t_e$  είναι  $t_e = t_p + t_s = 97 + 78 \Rightarrow t_e = 175\text{sec}$  ή 2.92λεπτά.

Ο χρόνος κίνησης μόνο στη ράμπα είναι :  $170/1.40 = 121\text{sec}$ .

Έτσι ο απαιτούμενος χρόνος για την εκκένωση προκύπτει από τη σχέση :

$$t_{\alpha\pi} = t_{de}t + t_{al} + t_{pre} + t_e = 1\text{min} + 3 + 5 + 2.9 \Rightarrow t_{\alpha\pi} = 8.9\text{min}$$

και μέχρι την εξωτερική πύλη του υπογείου χώρου ο απαιτούμενος χρόνος

$$\text{διαμορφώνεται } t_{\alpha\pi} = 8.9 + 121/60 \Rightarrow t_{\alpha\pi} = \mathbf{10.9\text{min}}$$

Σενάριο 2<sup>ο</sup> : θεωρείται η έξοδος Β μπλοκαρισμένη και οι άνθρωποι θα εξέλθουν από το κλιμακοστάσιο στο φρεάτιο.

Αυτή τη φορά θα θεωρήσουμε δύο πυκνότητες μία για τον γραφειακό πληθυσμό ο οποίος θα κάνει χρήση σαν όδευση διαφυγής τον χώρο εμβαδού 6.75 x 6.75 μπροστά από την έξοδο Α και τον πληθυσμό αποθήκης ο οποίος θα κάνει χρήση όλη την υπόλοιπη όδευση διαφυγής . Έτσι πυκνότητα γραφειακού πληθυσμού  $D_1 = 38 / (6.75 \times 6.75) \Rightarrow D_1 = 0.98\text{rpl/m}^2$ . Η πυκνότητα αυτή αντιστοιχεί σε στάθμη Β και η παροχή θα προκύψει από τη σχέση 5 :  $Q_1 = (1.40 D - 0.392 D^2) \times W_e$  , όπου :  $W_e$  θα χρησιμοποιηθεί το πλάτος της εξόδου κινδύνου καθώς αυτό είναι μικρότερο από το πλάτος όδευσης διαφυγής και θα καθορίσει το χρόνο διέλευσης. Έτσι

$$W_e = 1.20\text{m. και η παροχή υπολογίζεται } Q_1 = (1.40 \times 0.98 - 0.392 \times 0.98^2) \times 1.20 \Rightarrow Q = 1.19 \text{ rpl/sec. Ο χρόνος διέλευσης για τον γραφειακό πληθυσμό θα είναι } t_p^1 = 38/1.19 \Rightarrow t_p^1 = 32\text{sec.}$$

Όσον αφορά τον πληθυσμό αποθηκών θα έχει πυκνότητα  $D_2 = 75/218 \Rightarrow D_2 = 0.34\text{rpl/m}^2$ . Είμαστε στη στάθμη Α και κατά συνέπεια  $V = V_0 = 1.40\text{m/sec}$  και η παροχή  $Q_2 = 1.40 \times 0.34 \times 1.20 \Rightarrow Q_2 = 0.58\text{rpl/sec}$ . Τότε ο χρόνος διέλευσης θα γίνει  $t_p^2 = 75/0.58 \Rightarrow t_p^2 = 129\text{sec}$ .

Ο χρόνος κίνησης μέχρι την έξοδο Α παραμένει ίδιος και ίσος με 78sec.

$$\text{Τότε ο χρόνος κίνησης για εκκένωση προκύπτει } t_e = t_p^1 + t_p^2 + t_s \Rightarrow$$

$$t_e = 32 + 129 + 78 \Rightarrow t_e = 239\text{sec ή } 3.98\text{λεπτά.}$$

Ο χρόνος κίνησης στη σκάλα θα αφορά την ομαλή κατανομή των ανθρώπων όπου αυτή διέρχεται από την έξοδο Α και θα υπολογιστεί με ταχύτητα 0.80m/sec για ανοδική σκάλα. Το ανάπτυγμα της σκάλας έχει μήκος  $5 \times 11.5 = 57.5\text{m}$  και ο χρόνος ανόδου:  $t_s = 57.5/0.80 \Rightarrow t_s = 72\text{sec}$ .

Τότε ο απαιτούμενος χρόνος για χρήση της εξόδου Α προκύπτει από το άθροισμα :  $t_{\alpha\pi} = t_{\text{det}} + t_{\text{al}} + t_{\text{pre}} + t_e = 1 + 3 + 5 + (32+129+78+72) / 60 \Rightarrow$

$$t_{\alpha\pi} = 14.2\text{min}$$

Είναι προφανές ότι το σενάριο 2 καθορίζει το περιθώριο ασφαλείας ως εξής:  $t_{\text{safety}} = 30 - 14.2 = 15.8 > 0$  και κατά συνέπεια έχουμε επάρκεια ως προς τον σχεδιασμό και τις εξόδους.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να γίνει σχολιασμός για μία παραδοχή που έχει ληφθεί υπ' όψη για να μην τεθεί σιωπηλά η αύξηση του χρόνου εκκένωσης. Αν θεωρήσουμε τον πληθυσμό του υπογείου χωρίς διάκριση ότι φορτίζει όλη την όδευση όπως στο 1<sup>ο</sup> σενάριο η παροχή θα δίνεται από τη σχέση  $Q = V_o \times D \times W_e$ ,

$$\text{όπου: } V_o = 1.40\text{m/sec}$$

$$D = 0.52\text{pp/m}^2$$

$$W_e = 1.20\text{m λόγω}$$

$$\text{Τότε } Q = 1.40 \times 0.52 \times 1.60 \Rightarrow Q = 0.87\text{pp/sec}$$

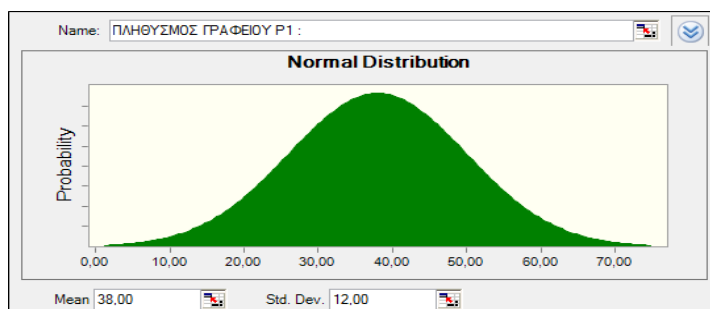
$$\text{Και ο χρόνος διέλευσης θα προκύψει : } t_p = 113 / 0.87 = 129\text{sec.}$$

Εναλλακτικά με την ίδια λογική του 2<sup>ου</sup> σεναρίου η σχέση υπολογισμού για τον χρόνο διέλευσης θα είναι  $t_p = \max \{ t_p^1, t_p^2 \}$  και όχι  $t_p = t_p^1 + t_p^2$  καθώς η κίνηση των ανθρώπων γίνεται παράλληλα. Τότε θα προκύψει  $t_p = \max \{ t_p^1, t_p^2 \} = \max \{ 32, 129 \} \Rightarrow t_p = 129\text{sec}$ . Όμως εδώ έχω λάβει την παραδοχή ότι κατά την εκκένωση σε περίπτωση εμπλοκής της ράμπας και χρήσης αναγκαστικά μόνο από το κλιμακοστάσιο θα υπάρχει διαδικασία, λόγω αυξημένης επικινδυνότητας και ο

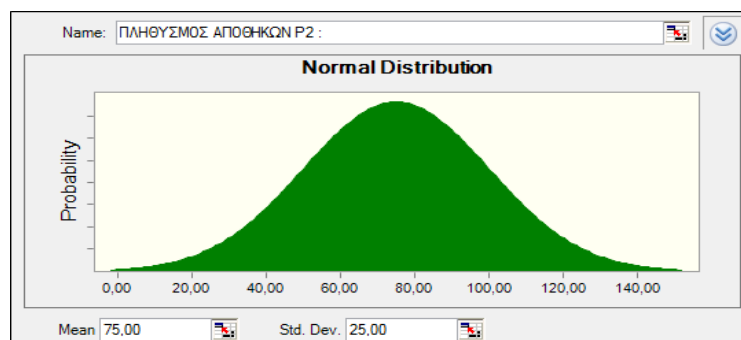
γραφειακός πληθυσμός δεν θα φύγει πρώτος ή συγχρόνως ,αλλά τελευταίος. Ο γραφειακός πληθυσμός θα παίζει τον ρόλο συντονιστή κατά αναλογία πληρώματος κατά την εκκένωση. Έτσι ο χρόνος διέλευσής του προστίθεται για να έχουμε χρόνος εκκένωσης αυξημένης επικινδυνότητας, καθώς η κίνηση στην σκάλα απαιτεί μεγαλύτερη προσοχή κατά την κίνηση ιδιαίτερα σε μεγάλους αριθμούς ανθρώπων. Τότε ο χρόνος διέλευσης θα είναι  $t_p^1 + t_p^2 = 32 + 129 = 161\text{sec}$ .

### 8.1.3. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ $t_{\text{safety}}$

Θα αναφερθούμε στο σενάριο 2 και θα κάνουμε χρήση της μεθόδου MONTE CARLO με θεώρηση τριγωνικής κατανομής για κάθε μια πυκνότητα πληθυσμού. Έτσι για τον γραφειακό πληθυσμό επιλέγουμε κανονική κατανομή με μέση τιμή 38 και τυπική απόκλιση 12 , ενώ για τον πληθυσμό αποθηκών εφαρμόζεται κανονική κατανομή με μέση τιμή 75 και τυπική απόκλιση 25. Στις μέσες τιμές των πληθυσμών για τις εφαρμοζόμενες τιμές θεωρούμε τις τιμές που προέκυψαν από υπολογισμό θεωρητικών πληθυσμών. (Πρόγραμμα Crystal Ball)



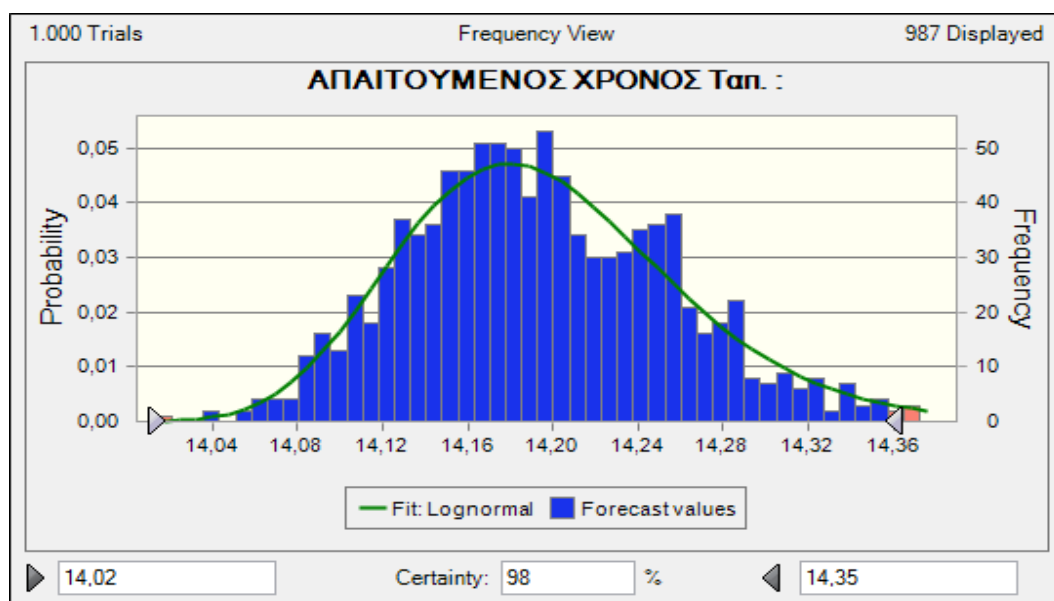
ΣΧΗΜΑ 16: Κατανομή γραφειακού πληθυσμού

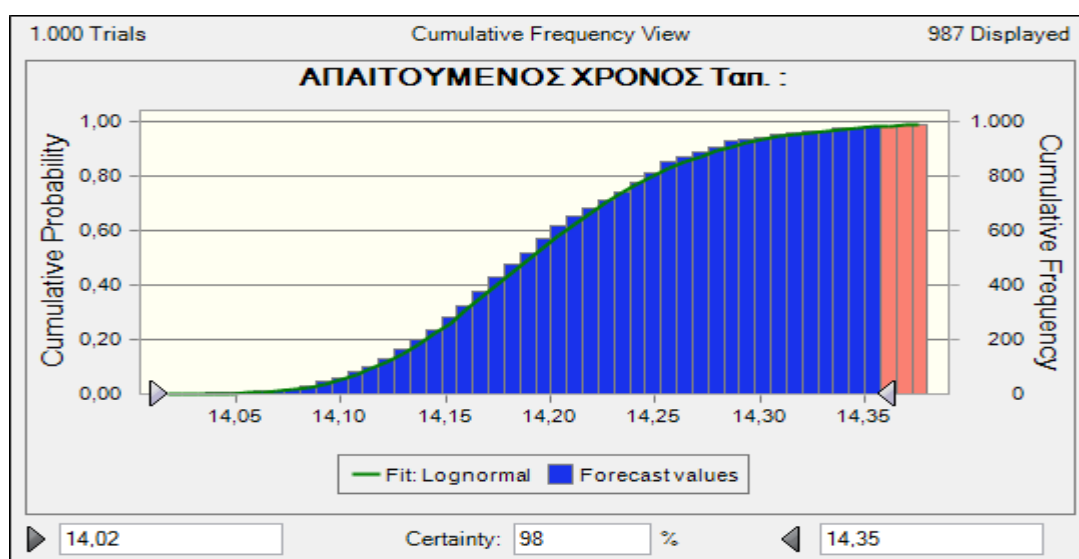


ΣΧΗΜΑ 17: Κατανομή πληθυσμού αποθηκών

Για τον χρόνο κίνησης σε σκάλα των ανθρώπων που εκκενώνουν έχει υπολογιστεί χρόνος 72sec και για να ληφθεί υπ' όψη η πιθανοτική διάσταση που εμπεριέχεται, θα θεωρηθεί πιθανότερη αυτή σαν πιθανότερη τιμή και εύρος διακύμανσης από 70 έως 100sec . Το ίδιο κάνουμε και με το χρόνο κίνησης των ανθρώπων στην όδευση διαφυγής , όπου θα τεθεί ως πιθανότερη τιμή 78sec και διακύμανση από 70 έως 100sec.

Εκτελείται η προσομοίωση Monte carlo και προκύπτει η πρόβλεψη κατανομής για τον απαιτούμενο χρόνο  $t_{απ}$  , καθώς και η αθροιστική κατανομή που φαίνονται στα επόμενα σχήματα.

ΣΧΗΜΑ 18. Κατανομή απαιτούμενου χρόνου  $t_{απ}$



ΣΧΗΜΑ 19. Αθροιστική κατανομή χρόνου  $t_{ap}$

Για εκτίμηση με ασφάλεια του χρόνου  $t_{ap}$  θεωρούμε επίπεδο βεβαιότητας 98% και προκύπτει  $t_{ap} = 14.35 \text{ min}$ .

Άλλος τρόπος διερεύνησης για την διακύμανση απαιτούμενου χρόνου  $t_{ap}$  είναι με χρήση συντελεστού ασφαλείας ως εξής: ο χρόνος  $t_{ap}$  αυξάνεται κατά 30% και έτσι θα είναι  $t_{ap} = 14.2 \chi 1.30 \Rightarrow t_{ap} = 18.46 \text{ λεπτά}$ , ενώ ο διαθέσιμος χρόνος  $t_{\delta}$  μειώνεται κατά 10% και γίνεται  $t_{\delta} = 0.90 \chi 30 \Rightarrow t_{\delta} = 27 \text{ min}$ . Τότε το περιθώριο ασφαλείας θα γίνει  $t_{\text{safety}} = 27 - 18.46 \Rightarrow t_{\text{safety}} = 8.54 > 0$  και πάλι έχουμε επάρκεια του σχεδιασμού αλλά με μικρότερο περιθώριο ασφαλείας.

Με βάση τις διάφορες θεωρήσεις και παραδοχές και τους προηγούμενους υπολογισμούς σχεδιάζονται τα απαραίτητα σχέδια πινακίδων εκκένωσης τα οποία είναι τα εξής:

- κατασκευαστικό σχέδιο όπου φαίνονται οι θέσεις πινακίδων ενημέρωσης κοινού και οι θέσεις τοποθέτησης σημάτων (παράρτημα)
- 3 πινακίδες ενημέρωσης κοινού σε διαφορετικές θέσεις (παράρτημα).

#### 8.1.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΓΙΣΤΟΥ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ

##### 8.1.4.1. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΛΥΣΗ

Για τον σκοπό αυτό θα χρησιμοποιηθεί το σενάριο 2 με διατήρηση των δύο ομάδων πληθυσμού. Έτσι θα ισχύει για το υπόγειο του Λαυρίου ότι θα υπάρχει ο πληθυσμός  $P_1 = 38$  άτομα για τους γραφειακούς χώρους,  $P_2 = 75$  άτομα για τους αποθηκευτικούς χώρους και  $P_3$  ένας πληθυσμός επισκεπτών που θα θεωρηθεί στον κεντρικό διάδρομο. Για τον χρόνο εντοπισμού θα ισχύει  $t_{det} = 1$  λεπτό, για τον χρόνο συναγερμού αυτή τη φορά λαμβάνεται  $t_{al} = 2$  λεπτά και ο χρόνος  $t_{pre}$  από τον πίνακα 5 λαμβάνεται ίσος με 4 λεπτά.

Έτσι θα ισχύει:  $t_{safety} = t_{\delta} - t_{\alpha\pi} = t_{\delta} - t_{det} - t_{al} - t_{pre} - t_e$  και με χρήση των συντελεστών ασφαλείας η σχέση θα γίνει

$$0.90 t_{\delta} > 1.30 (1 + 2 + 4 + t_e) \Leftrightarrow 0.90 \times 30 > 1.30 \times 7 + t_e \times 1.30 \Leftrightarrow$$

$t_e < 13.77 \text{ min}$ , χρόνος κίνησης για εκκένωση. Αυτός ο χρόνος αποτελείται από τον χρόνο διέλευσης του πληθυσμού  $P_1$ , συν το χρόνο διέλευσης του πληθυσμού  $P_2 + P_3$  προς την έξοδο Α συν την κίνηση στη σκάλα. Πάλι εδώ χρησιμοποιούμε την παραδοχή ότι ο γραφειακός πληθυσμός θα λειτουργήσει βοηθητικά στην εκκένωση γι' αυτό και χρόνος προστίθεται, ιδιαίτερα τώρα που υπάρχουν πολλοί άνθρωποι, γι' αυτό και το πρόσημο συν.

$$\text{Ο χρόνος } t_e \text{ θα είναι: } t_e = t_{p1} + (t_{p2} + t_{p3}) + t_s + t_e \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t_e = 3.03 + (P_2 + P_3)/Q, \text{ Αν θέσουμε } t_e = 13.77 \text{ min τότε έχουμε την}$$

μέγιστη τιμή του  $P_3$  που προκύπτει από τη σχέση:  $13.77 = 3.03 + (P_2 + P_3)/Q \Leftrightarrow$

$$P_3 = 644 Q - 75 \text{ (σχέση } \alpha)$$

$$\text{Η παροχή δίνεται από τη γνωστή σχέση } Q = (1.40 D - 0.392 D^2) \times 1.20 \Rightarrow$$

$$Q = 1.68 D - 0.4704 D^2$$


---



Η πυκνότητα στην όδευση διαφυγής είναι :  $D = (P_2 + P_3) / 218$  και αντικαθιστώντας αυτήν την τιμή στην παροχή προκύπτει :

$Q = 1.68 (75 + P_3) / 218 - 0.4704 (75 + P_3)^2/218$  και μετά από αντικατάσταση της παροχής στη σχέση (α) και τις ανάλογες πράξεις καταλήγουμε στην δευτεροβάθμια εξίσωση :  $6.38 \times 10^{-3} P_3^2 - 3.01 P_3 - 261.53 = 0$  , αυτή η εξίσωση έχει θετική ρίζα  $P_3 = 545$  άτομα (επισκεπτών)

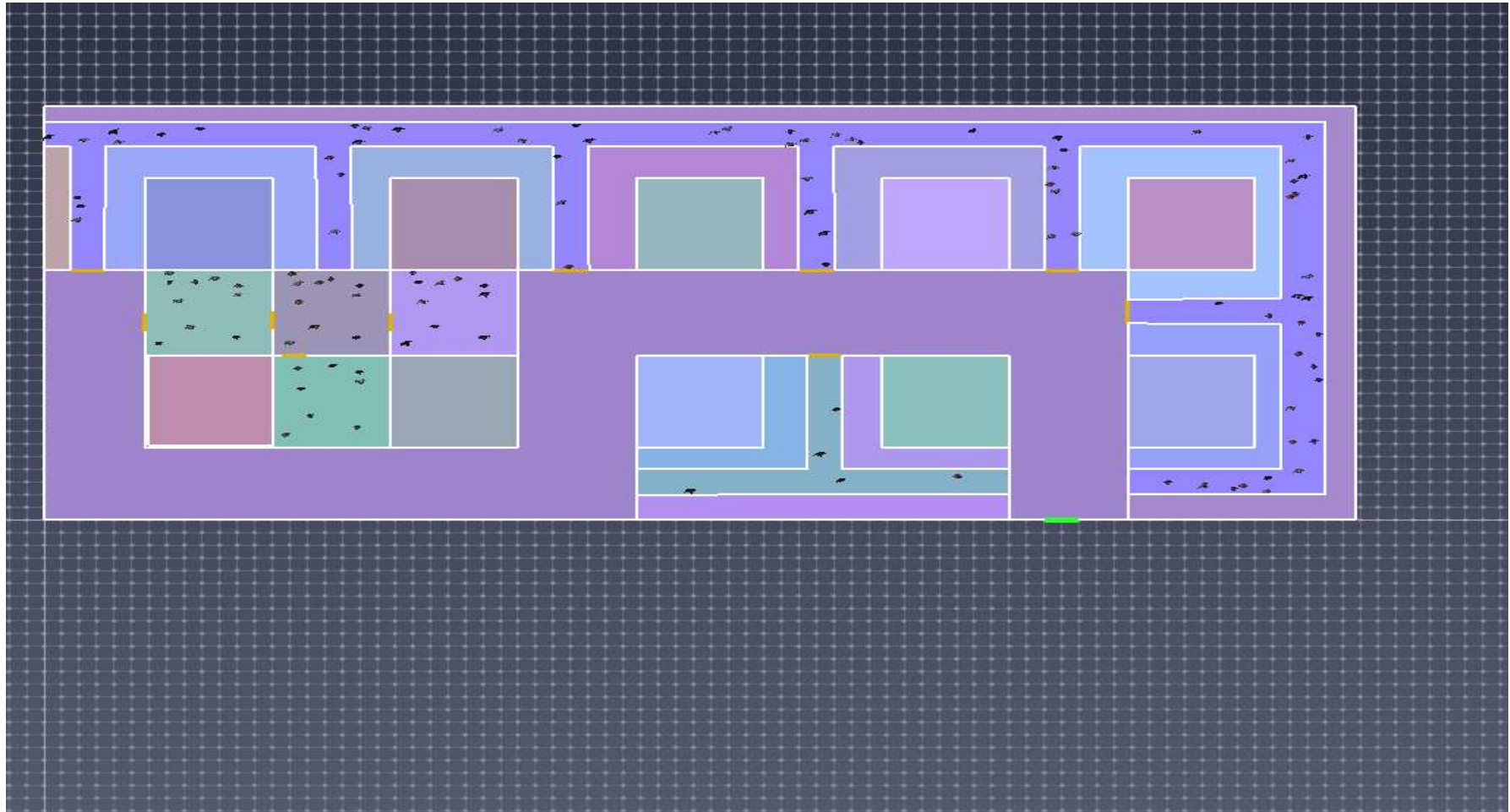
Αυτή είναι και η μέγιστη τιμή επισκεπτών οπότε ο συνολικός μέγιστος πληθυσμός που μπορεί να εκκενωθεί από τον υπόγειο χώρο σε περίπτωση ανάγκης με παράλληλη λειτουργία έκτακτου συστήματος αερισμού είναι :

$$75 + 38 + 545 = 685 \text{ άτομα μέσα σε 30 λεπτά.}$$

Σε ποιο μεγάλες και πολύπλοκες κατόψεις υπογείων χώρων μπορεί να αποφευχθεί η αναλυτική λύση και να ακολουθηθεί η προσεγγιστική πορεία που περιγράφεται στο σχήμα 14.

#### 8.1.4.2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ PathFinder

Για την εκτίμηση και συγχρόνως τον έλεγχο του χρόνου κίνησης  $t_e$  για εκκένωση γίνεται χρήση του προγράμματος προσομοίωσης PathFinder. Αρχικά γίνεται η εισαγωγή της κάτοψης του υπόγειου χώρου με χαρακτηρισμό των χώρων και ορισμό πληθυσμών για κάθε περίπτωση. Χρησιμοποιούνται οι ίδιο πληθυσμοί χώρων που θεωρήθηκαν και στον αναλυτικό υπολογισμό. Γίνεται η προσομοίωση σε κατάσταση SFPE και steering για τα ίδια σενάρια και ίδιους πληθυσμούς. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν περιγράφονται κάθε φορά με εκτύπωση ενός δελτίου του προγράμματος και επί πλέον δημιουργείται και ένα αρχείο προβολής της εκκένωσης σε πραγματικό χρόνο. Παρακάτω στο σχήμα 20 φαίνεται η εισαγωγή των στοιχείων στο πρόγραμμα PathFinder μαζί με την απεικόνιση των πληθυσμών σε



ΣΧΗΜΑ 20. Γεωμετρικά στοιχεία και πληθυσμοί για υπολογισμό εξομοίωσης με το πρόγραμμα PathFinder

ανθρώπους. Η λογική που ακολουθείται είναι ίδια με την απλοποιημένη ανάλυση, δηλαδή με χρήση των χρόνων πριν την έναρξη κίνησης για εκκένωση οι πληθυσμοί θεωρούνται μόνο στους χώρους απασχόλησής τους. Μετά την έναρξη κίνησης των ανθρώπων αυτοί εισέρχονται στην όδευση διαφυγής και κατόπιν κινούνται προς την αντίστοιχη έξοδο ανάλογα με το επιλεγμένο σενάριο. Για την σύγκριση των αποτελεσμάτων συντάσσεται συγκεντρωτικός πίνακας για τους υπολογισμένους χρόνους.

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	ΕΠΙΛΟΓΗ SFPE	ΕΠΙΛΟΓΗ Steering	ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΧΩΡΙΣ ΧΡΟΝΟ $t_s$
ΣΕΝΑΡΙΟ 1	175 sec	89 sec	88 sec	97 sec
ΣΕΝΑΡΙΟ 2 με απαιτήσεις επικινδυνότητας	239 sec	110 sec	106 sec	161 sec
ΣΕΝΑΡΙΟ 2 χωρίς απαιτήσεις επικινδυνότητας	207 sec	110 sec	106 sec	129 sec

ΠΙΝΑΚΑΣ11: Υπολογισμένοι χρόνοι εκκένωσης  $t_e$  για συνολικό πληθυσμό 113άτομα

Παρατηρούμε εύκολα από τον πίνακα ότι με τον αναλυτικό υπολογισμό οι χρόνοι δίνονται πιο συντηρητικά από αυτούς με υπολογισμό από το πρόγραμμα PathFinder. Η αναλογία υπολογισμού είναι περίπου διπλάσιοι χρόνοι με τον αναλυτικό τρόπο, αν λαμβάνεται υπ' όψη και ο χρόνος κίνησης  $t_s$ . Αυτό για να εξηγηθεί πρέπει να αναζητηθούν οι λόγοι στις παραδοχές υπολογισμού και στον τρόπο λειτουργίας του προγράμματος σε πραγματικό χρόνο. Το πρόγραμμα παρακολουθεί την κίνηση κάθε ατόμου ξεχωριστά εξοικονομώντας χρόνο σε σχέση

με την αναλυτική μέθοδο, όπου γίνεται αναφορά σε ομάδες με παρακολούθηση των μέσων τιμών τους. Αυτό φαίνεται και με μία ματιά στις αναφορές του προγράμματος στα παράρτημα όπου επιτυγχάνεται η μέγιστη εξοικονόμηση χρόνου με την ατομική κίνηση κάθε ανθρώπου. Ένας άλλος λόγος που υπάρχει διαφορά είναι η θεώρηση στην αναλυτική λύση μιας ποσότητας χρόνου που προστίθεται ( $t_s$ , χρόνος κίνησης) και αναφέρεται στην κίνηση του πληθυσμού σαν ομάδα από την αρχή της όδευσης διαφυγής. Η θεώρηση αυτή δεν είναι ρεαλιστική για μικρούς αριθμούς ανθρώπων και μικρές πυκνότητες γιατί οι άνθρωποι δεν ξεκινάνε από την αρχή της όδευσης. Το πρόγραμμα ορθώς κάνει για κάθε άνθρωπο εκκίνηση και είσοδο στην όδευση διαφυγής από το σημείο που δουλεύει ή από το σημείο που βρίσκεται. Όμως θεωρώ ότι προς την πλευρά της ασφαλείας είναι καλύτερο να προστίθεται μία συνιστώσα χρόνου, η οποία εκφράζει την ακραία περίπτωση κάθε ομάδα ανθρώπων για εκκένωση να βρίσκεται στο ένα πιο απομακρυσμένο άκρο της όδευσης διαφυγής και να πρέπει να διανύσει όλη το μήκος της μέχρι την έξοδο. Σε μεγαλύτερους πληθυσμούς η προσθήκη αυτού του χρόνου, καθώς δεν μεταβάλλεται πολύ το μέγεθος επειδή εξαρτάται μόνο από το μήκος και μία στάθμη εξυπηρέτησης για την ταχύτητα, λειτουργεί συντηρητικά μειώνοντας κυρίως τον ακραίο πληθυσμό φόρτισης. Η προσθήκη κάθε φορά ενός χρόνου που αναφέρεται σαν χρόνος κίνησης, όταν ο πληθυσμός είναι μικρός προκαλεί μία αρκετή αύξηση στον χρόνο εκκένωσης, ενώ όσο ο πληθυσμός μεγαλώνει προκαλεί ρεαλιστικότερη αντιμετώπιση.

Κάτι ακόμη που πρέπει να σχολιαστεί είναι η ύπαρξη αυξημένης επικινδυνότητας στο σενάριο 2, όπως έχει αναφερθεί στους αντίστοιχους υπολογισμούς. Αν παραλειφθεί και αυτό τότε οι χρόνοι αναλυτικού υπολογισμού προσεγγίζουν τους χρόνους από την εξομοίωση με κάποια αυξημένη τιμή πάντα, όπως φαίνεται στον πίνακα 11.

Για την εκτίμηση της ακραίας τιμής πληθυσμού θέτουμε στο πρόγραμμα μία τρίτη ομάδα ενοίκων με την οποία ελέγχουμε τον χρόνο κίνησης για εκκένωση  $t_e$  πότε θα πλησιάσει την μέγιστη τιμή που δεχόμαστε για το σενάριο 2. Ο χρόνος  $t_e$  είναι ίσος με  $13.77 \times 60 - 72 = 754$  sec. Γίνονται διαδοχικές δοκιμές με αυξανόμενο κάθε φορά πληθυσμό επισκεπτών και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συνοπτικά στον επόμενο πίνακα.

ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΕΠΙΣΚΕΠΤΩΝ $P_3$	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ (άτομα)	SFPE mode Χρόνος κίνησης $t_e$ (sec)	Steering mode χρόνος $t_e$ (sec)
200	313	265	186
300	413	348	246
400	513	433	305
500	613	516	371
600	713	600	430
750	863	740	515

ΠΙΝΑΚΑΣ 12. Χρόνοι διαδοχικών δοκιμών στο πρόγραμμα PathFinder

Ο συνολικός πληθυσμός που προκύπτει για οριακή ασφάλεια έναντι εκκένωσης είναι 863 άτομα συνολικά όπου αναλογούν 750 άτομα επισκεπτών.

Παρατηρούμε ότι ο αριθμός επισκεπτών σε ακραία φόρτιση του χώρου προκύπτει μεγαλύτερος ( $750 > 545$  άτομα) από αυτούς που προκύπτει από την αναλυτική λύση. Εδώ φαίνεται η συντηρητικότερη προσέγγιση της αναλυτικής λύσης η οποία αφ' ενός οφείλεται στην αύξηση του χρόνου εκκένωσης με την προσθήκη του χρόνου κίνησης και αφ' ετέρου στην επιλογή από το πρόγραμμα της συντομότερης

διαδρομής για κάθε άνθρωπο και όχι της πιθανότερης , κάτι το οποίο δίνει μικρότερους χρόνους κίνησης για εκκένωση. Αυτοί οι δύο λόγοι τελικά προκαλούν εκτίμηση μεγαλύτερου πληθυσμού επισκεπτών ακόμη και στην περίπτωση , όπως εδώ που έχουν ληφθεί υπ' όψη και οι συντελεστές ασφαλείας.

Με τη χρήση των στοιχείων από την ανάλυση και τον έλεγχο επάρκειας σχεδιάζονται τρεις πινακίδες ενημέρωσης κοινού και μία πινακίδα με τις θέσεις σημάτων. Η λογική που επιλέχθηκε στον σχεδιασμό υλοποιείται με τα κατάλληλα σήματα. Έτσι από τους χώρους των αποθηκών γίνεται κατάλληλη οπτική καθοδήγηση για να βγουν όλοι στον κεντρικό διάδρομο που θεωρείται προστατευόμενη οδευση διαφυγής και από εκεί με κατάλληλα σήματα γίνεται η κατεύθυνση των ανθρώπων στις δύο εξόδους κινδύνου. Λόγω της αδυναμίας εποπτείας σε υπόγειο χώρο ενδείκνυται στα βέλη κατεύθυνσης να αναγράφεται και η απόσταση στην έξοδο κινδύνου που υποδεικνύουν.

### 8.2.ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ

Για την εξασφάλιση στην πράξη της επάρκειας του περιθωρίου του χρόνου ασφαλείας  $t_{\text{safety}}$  δεν απαιτείται μόνο η εφαρμογή του σχεδίου με τις θέσεις των διαφόρων σημάτων, αλλά και κάποια άλλα συνοδευτικά μέτρα. Έτσι καθώς σε ότι αφορά τον υπόγειο χώρο κάτι μπορεί να μεταβληθεί στο μέλλον είναι υποχρεωτική η επανεξέταση του συγκεκριμένο σχεδίου και ελέγχου εκκένωσης στις εξής περιπτώσεις:

- κλείσιμο κάποιας πόρτας χώρου αποθηκών
- μηχανήματα φόρτωσης πλάτους μεγαλύτερου από 2.20 μέτρα
- μείωση πλάτους εξωτερικής θύρας ράμπας πρόσβασης

- αύξηση γραφειακού χώρου ή αύξηση του προσωπικού που εργάζεται
- αύξηση επισκεπτών και συχνότητα επισκέψεων

Εκτός από γεωμετρικά στοιχεία βασική παράμετρος παραμένει και η εκπαίδευση του προσωπικού καθώς και η δοκιμές. Όσον αφορά την εκπαίδευση θα μοιραστεί ο παρακάτω κατάλογος ενημέρωσης σε κάθε μέλος του προσωπικού (checklist) και ενυπόγραφα θα λάβουν γνώση .

<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ</b>
--

Γνώση θέσης πλησιέστερης εξόδου κινδύνου
Γνώση θέσης δεύτερης εξόδου κινδύνου
Έχω κατανοήσει τις πινακίδες ενημέρωσης κοινού
Αντιλαμβάνομαι πλήρως τα σήματα εκκένωσης εκτάκτου ανάγκης
Έχω ενημερωθεί για το ηχητικό σήμα εκκένωσης εκτάκτου ανάγκης
Γνωρίζω τι θα κάνω σε περίπτωση που δοθεί εντολή για εκκένωση

<b>ΥΠΟΓΡΑΦΗ :</b>
-------------------

Κάποια στιγμή καλό είναι να γίνει μία δοκιμή η οποία θα έχει καλλίτερα αποτελέσματα αν μέσα στον υπόγειο χώρο υπάρχει αρκετός κόσμος παραπάνω από τους μόνιμα εργαζόμενους που μάλλον θα είναι λίγοι. Για να είναι εφικτή και εύκολη μία δοκιμή μπορεί να προγραμματιστεί όταν κάποια ομάδα επίσκεψης έρθει στον υπόγειο χώρο. Τότε κατά την αποχώρησή τους θα μετρηθεί ο χρόνος αποχώρησης και δεδομένου του γνωστού αριθμού ατόμων και από ποια έξοδο θα κατευθυνθούν

(καλύτερα από το κλιμακοστάσιο) θα γίνει μία σύγκριση με τον εκτιμώμενο χρόνο εκκένωσης για κίνηση  $t_e$ . Όσον αφορά του άλλους χρόνους  $t_{det}$ ,  $t_{al}$  και  $t_{pre}$  είναι δυνατόν να εκτιμηθούν από μία προγραμματισμένη άσκηση του προσωπικού.

Μετά την σύγκριση του χρόνου για το περιθώριο ασφαλείας που δίνει ο  $t_{safety}$  με το μετρούμενο είναι δυνατός ο επαναπροσδιορισμός προβλημάτων. Τέτοια μπορεί να είναι η σύγκυση κατά την έναρξη εκκένωσης δηλαδή ο μεγάλος χρόνος  $t_{pre}$  και  $t_{al}$ . Γι' αυτό προτείνεται η ύπαρξη υπεύθυνου κάθε φορά στον οποίο θα έχουν ανατεθεί ευθύνες. Ο υπεύθυνος αυτός θα έχει τη αρμοδιότητα να σημάνει τον συναγερμό εκκένωσης μετά από σχετική σήμανση περιστατικού ή ειδοποίηση από κάποιον άνθρωπο και κατόπιν να εποπτεύσει την διαδικασία εκκένωσης. Σε περίπτωση επισκεπτών ο υπεύθυνος θα βρίσκεται σε ετοιμότητα και καλό είναι να διαθέτει και βοηθό αν οι επισκέπτες υπερβαίνουν τους 100 ανθρώπους.

Τέλος ο,τιδήποτε έχει ληφθεί σαν παραδοχή στην παρούσα μελέτη πρέπει να υφίσταται. Γι' αυτό είναι σημαντικό να τηρούνται συνεχώς τα παρακάτω:

- οι έξοδοι κινδύνου να παραμένουν χωρίς εμπόδια
- οι φωτεινές σημάσεις να παραμένουν φωτεινές και σε περίπτωση διακοπής ρεύματος να έχουν αυτόνομη παροχή ενέργειας για τουλάχιστον 30 λεπτά
- η περιοχή του κεντρικού διαδρόμου όπου υφίστανται οι δύο οδεύσεις διαφυγής (πρωτεύουσα – δευτερεύουσα) πρέπει να λειτουργεί ως προστατευόμενη όδευση. Να υπάρχει καλός εξαερισμός, φωτισμός ασφαλείας για 30 λεπτά τουλάχιστον με αυτόνομη πηγή τροφοδοσίας.
- Ο κεντρικός διάδρομος όπου μπορούν να υπάρχουν μηχανήματα μεταφοράς πρέπει να έχει ανά πάσα στιγμή ελεύθερο πλάτος τουλάχιστον 2.0 μέτρα.

Κάθε μεταβολή που μπορεί να έχει επίδραση στο σχέδιο εκκένωσης πρέπει να τοποθετείται ενημερωτικά στον φάκελο που θα τηρείται και μέσα εκεί θα



υπάρχει η παρούσα μελέτη, αποτελέσματα μετρήσεων, αλλαγές καθώς και στοιχεία ενεργητικής πυροπροστασίας. Επί πλέον θα ενημερώνεται για οποιοδήποτε περιστατικό έχει συμβεί με την έκβασή του και τις σχετικές παρατηρήσεις υπό τύπον ημερολογίου.

## 9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η όλη αντιμετώπιση του θέματος έγινε λαμβάνοντας υπ' όψη τις ιδιαιτερότητες του υπογείου χώρου. Για το λόγο αυτό δεν συνιστάται η χρήση εμπειρικών κανονισμών όπως είναι και ο ελληνικός κανονισμός που χρησιμοποιείται για όσον αφορά την παθητική πυροπροστασία. Βασικό στοιχείο όπως δείχθηκε για τον σχεδιασμό των σχεδίων εκκένωσης είναι τα γεωμετρικά στοιχεία που προκύπτουν από την εύστοχη επιλογή οδεύσεων διαφυγής. Η επιλογή οδεύσεων ιδιαίτερα σε μεγάλους χώρους είναι κρίσιμης σημασίας και υπαγορεύονται από τις χρήσεις τμημάτων του υπογείου χώρου και χαρακτηριστικά των ανθρώπων που θα τον χρησιμοποιήσουν (μόνιμοι, περιστασιακοί, επισκέπτες). Οι έλεγχοι της επάρκειας των στοιχείων του σχεδίου εκκένωσης γίνεται μέσω των διαθέσιμων και απαιτούμενων χρόνων. Οι αναλυτικές και προσεγγιστικές λύσεις δεν απέχουν πολύ από τις προσομοιώσεις μέσω προγραμμάτων H/Y, ενώ όσον αφορά τους χρόνους πριν την κίνηση των ανθρώπων για εκκένωση αυτοί δεν μπορούν να προσεγγιστούν παρά μόνο εμπειρικά με δοκιμές και συσχετισμό στοιχείων από παρόμοιους χώρους και κτίρια, εστιάζοντας κάθε φορά στη διατιθέμενη υποδομή εγκαταστάσεων. Δεν πρέπει να λησμονείται ότι όλη η διαδικασία εκπόνησης τέτοιων σχεδίων πρέπει να καταλήγει σε πληροφορίες που απευθύνονται σε κοινό του οποίου πρέπει να σωθεί η

ζωή κάτω από έκτακτες συνθήκες. Έτσι το τελικό προϊόν είναι ένα κατανοητό σχέδιο ενημέρωσης , αντιληπτή σήμανση σε ευδιάκριτα σημεία και εύκολες οδηγίες στην εφαρμογής τους. Ο ακριβής υπολογισμός του χρόνου εκκένωσης πάντα θα παραμένει προσεγγιστικός καθώς το πρώτο τμήμα του αφορά ανθρώπινη συμπεριφορά και μια προσέγγιση που μπορεί να αποτελέσει βάση, θα προκύπτει με την πρώτη ανάγκη εκκένωσης, προγραμματισμένη ή μη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

## 1. ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ PathFinder , ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΣΕΝΑΡΙΟ

\*\*\*SUMMARY\*\*\*SUMMARY\*\*\*SUMMARY\*\*\*SUMMARY\*\*\*SUMMARY\*\*\*

Simulation: SENAPIO1Mode: SFPE (Basic)

[Components] All: 39

[Components] Doors: 11

Triangles: 194

Occupants: 113

CPU Time: 3,2s

ROOM/DOOR	FIRST IN (s)	LAST OUT (s)	TOTAL USE (pers)	FLOW AVG. (pers/s)
Floor 0,0 m->Room06	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room11	0,00	5,88	8	
Floor 0,0 m->Room13	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room21	0,00	24,90	38	
Floor 0,0 m->Room22	0,00	6,98	10	
Floor 0,0 m->Room23	0,00	18,48	28	
Floor 0,0 m->Room28	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room33	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room20	0,45	89,30	113	
Floor 0,0 m->Room40	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room41	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room49	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room50	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room53	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room57	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room4811	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room4811	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	35,60	70	
Floor 0,0 m->Room681	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room681	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room68	0,00	13,93	5	
Floor 0,0 m->Room681	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Door02	1,23	24,90	38	1,61
Floor 0,0 m->Door03	1,40	18,48	28	1,64
Floor 0,0 m->Door04	1,25	6,98	10	1,75
Floor 0,0 m->Door11	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Door13	0,48	35,60	20	0,57
Floor 0,0 m->Door14	0,43	22,03	15	0,69
Floor 0,0 m->Door15	2,23	14,35	9	0,74
Floor 0,0 m->Door16	4,58	23,30	26	1,39
Floor 0,0 m->Door18	18,13	89,30	113	1,59
Floor 0,0 m->Door20	3,58	13,93	5	0,48
Floor 0,0 m->Door23	0,95	5,88	8	1,62
SUMMARY	0,00	89,30	113	

# ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

\*\*\*SUMMARY\*\*\*SUMMARY\*\*\*SUMMARY\*\*\*SUMMARY\*\*\*SUMMARY\*\*\*

Simulation: SENARIO1

Mode: Steering

[Components] All: 39

[Components] Doors: 11

Triangles: 194

Occupants: 113

CPU Time: 6,8s

ROOM/DOOR	FIRST IN (s)	LAST OUT (s)	TOTAL USE (pers)	FLOW AVG. (pers/s)
Floor 0,0 m->Room06	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room11	0,00	5,83	8	
Floor 0,0 m->Room13	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room21	0,00	21,13	38	
Floor 0,0 m->Room22	0,00	6,45	10	
Floor 0,0 m->Room23	0,00	15,00	28	
Floor 0,0 m->Room28	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room33	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room20	0,63	88,23	113	
Floor 0,0 m->Room40	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room41	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room49	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room50	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room53	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room57	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room4811	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room4811	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	35,90	70	
Floor 0,0 m->Room681	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room681	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room68	0,00	14,48	5	
Floor 0,0 m->Room681	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Door02	1,75	21,13	38	1,96
Floor 0,0 m->Door03	1,80	15,00	28	2,12
Floor 0,0 m->Door04	1,60	6,45	10	2,06
Floor 0,0 m->Door11	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Door13	0,68	35,90	20	0,57
Floor 0,0 m->Door14	0,63	22,33	15	0,69
Floor 0,0 m->Door15	2,45	14,60	9	0,74
Floor 0,0 m->Door16	4,80	23,78	26	1,37
Floor 0,0 m->Door18	18,48	88,23	113	1,62
Floor 0,0 m->Door20	3,85	14,48	5	0,47
Floor 0,0 m->Door23	1,18	5,83	8	1,72
SUMMARY	0,00	88,23	113	

# ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

\*\*\*SUMMARY\*\*\*SUMMARY\*\*\*SUMMARY\*\*\*SUMMARY\*\*\*SUMMARY\*\*\*

Simulation: SENARIO2  
 Mode: SFPE (Basic)  
 [Components] All: 39  
 [Components] Doors: 11  
 Triangles: 194  
 Occupants: 113  
 CPU Time: 2,9s

ROOM/DOOR	FIRST IN (s)	LAST OUT (s)	TOTAL USE (pers)	FLOW AVG. (pers/s)
Floor 0,0 m->Room06	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room11	0,00	5,88	8	
Floor 0,0 m->Room13	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room21	0,00	24,65	38	
Floor 0,0 m->Room22	0,00	6,98	10	
Floor 0,0 m->Room23	0,00	18,48	28	
Floor 0,0 m->Room28	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room33	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room20	1,28	109,83	113	
Floor 0,0 m->Room40	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room41	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room49	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room50	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room53	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room57	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room4811	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room4811	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	88,70	75	
Floor 0,0 m->Room681	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room681	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room68	0,00	14,03	5	
Floor 0,0 m->Room681	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Door02	1,25	24,65	38	1,62
Floor 0,0 m->Door03	1,40	18,48	28	1,64
Floor 0,0 m->Door04	1,25	6,98	10	1,75
Floor 0,0 m->Door11	3,38	88,70	75	0,88
Floor 0,0 m->Door13	16,18	26,45	5	0,49
Floor 0,0 m->Door14	18,98	37,93	19	1,00
Floor 0,0 m->Door15	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Door16	4,45	23,38	19	1,00
Floor 0,0 m->Door20	3,75	14,03	5	0,49
Floor 0,0 m->Door23	0,95	5,88	8	1,62
Floor 0,0 m->Door29	5,45	109,83	113	1,20
SUMMARY	0,00	109,83	113	

# ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

\*\*\*SUMMARY\*\*\*SUMMARY\*\*\*SUMMARY\*\*\*SUMMARY\*\*\*SUMMARY\*\*\*

Simulation: SENARIO2

Mode: Steering

[Components] All: 39

[Components] Doors: 11

Triangles: 194

Occupants: 113

CPU Time: 6,1s

ROOM/DOOR	FIRST IN (s)	LAST OUT (s)	TOTAL USE (pers)	FLOW AVG. (pers/s)
Floor 0,0 m->Room06	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room11	0,00	5,80	8	
Floor 0,0 m->Room13	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room21	0,00	22,55	38	
Floor 0,0 m->Room22	0,00	6,00	10	
Floor 0,0 m->Room23	0,00	15,58	28	
Floor 0,0 m->Room28	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room33	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room20	1,75	106,48	113	
Floor 0,0 m->Room40	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room41	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room49	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room50	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room53	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room57	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room4811	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room4811	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room481	0,00	89,35	75	
Floor 0,0 m->Room681	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room681	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Room68	0,00	14,48	5	
Floor 0,0 m->Room681	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Door02	1,75	22,55	38	1,83
Floor 0,0 m->Door03	1,78	15,58	28	2,03
Floor 0,0 m->Door04	1,60	6,00	10	2,27
Floor 0,0 m->Door11	3,63	89,35	75	0,87
Floor 0,0 m->Door13	16,58	27,03	5	0,48
Floor 0,0 m->Door14	19,30	38,60	19	0,98
Floor 0,0 m->Door15	0,00	0,00	0	
Floor 0,0 m->Door16	4,68	23,98	19	0,98
Floor 0,0 m->Door20	4,00	14,48	5	0,48
Floor 0,0 m->Door23	1,18	5,80	8	1,73
Floor 0,0 m->Door29	5,73	106,48	113	1,32
SUMMARY	0,00	106,48	113	

## 2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟ

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται αφορούν μία χρήση χώρου , μόνο για να γίνει εκτίμηση της ταχύτητας που αντιστοιχεί στις εμπειρικές εκτιμήσεις. Το ίδιο μπορεί να γίνει για κάθε κατηγορία χώρου.

Επιλέγεται κατηγορία χώρου οι χώροι συνάθροισης κοινού, όπου προκύπτουν τα μεγέθη : μέγιστο μήκος προστατευόμενης όδευσης διαφυγής 60μέτρα, πλάτος εξόδου κινδύνου 1.20μέτρα, παροχή 200 άτομα και ελάχιστες θύρες 2.

$$\text{Τότε προκύπτει εμβαδόν όδευσης } E = 1.20 \times 60 = 72\text{τ.μ.},$$

$$\text{Πυκνότητα ανθρώπων } D = 200 / 72 = 2.78 \text{ ppl/m}^2$$

Τώρα αν θεωρήσουμε τη μία φορά ότι λειτουργεί μία έξοδος κινδύνου ( $D_1 = D$ ) και την άλλη ότι λειτουργούν και οι δύο ( $D_2 = D/2$ ), από τη σχέση 1 που έχει παρουσιαστεί στο κείμενο  $V = V_0 - 0.392 D$  θα έχουμε :

$$\alpha) V = 1.40 - 0.392 D_1 = 1.40 - 0.392 \times 2.78 \Rightarrow V = 0.31\text{m/sec}$$

$$\beta) V = 1.40 - 0.392 D_2 = 1.40 - 0.392 \times 2.78 / 2 \Rightarrow V = 0.86\text{m/sec}$$

Έτσι λοιπόν προκύπτει ότι για τη συγκεκριμένη περίπτωση οι ταχύτητες που αντιστοιχούν είναι μεταξύ 0.31m/sec και 0.86m/sec.

Όσον αφορά τους χρόνους θα προκύψουν από τη σχέση  $t_e = t_p + t_s = P/Q + S/V$  , όπου Q η παροχή από τη σχέση 5,  $Q = (1.40 D - 0.392 D^2) \times W_e$ .

$$Q_1 = (1.40 D_1 - 0.392 D_1^2) \times W_e = (1.40 \times 2.78 - 0.392 \times 2.78^2) \times 1.00 \Rightarrow$$

$$Q_1 = 0.86\text{ppl/sec}$$

$$Q_2 = (1.40 D_2 - 0.392 D_2^2) \times W_e = (1.40 \times 1.39 - 0.392 \times 1.39^2) \times 1.00 \Rightarrow$$

$$Q_2 = 1.19\text{ppl/sec}$$

Οι χρόνοι εκκένωσης είναι:

$$t_e^1 = 200 / 0.86 + 65 / 0.31 = 442\text{sec ή } 7.3\text{min}$$

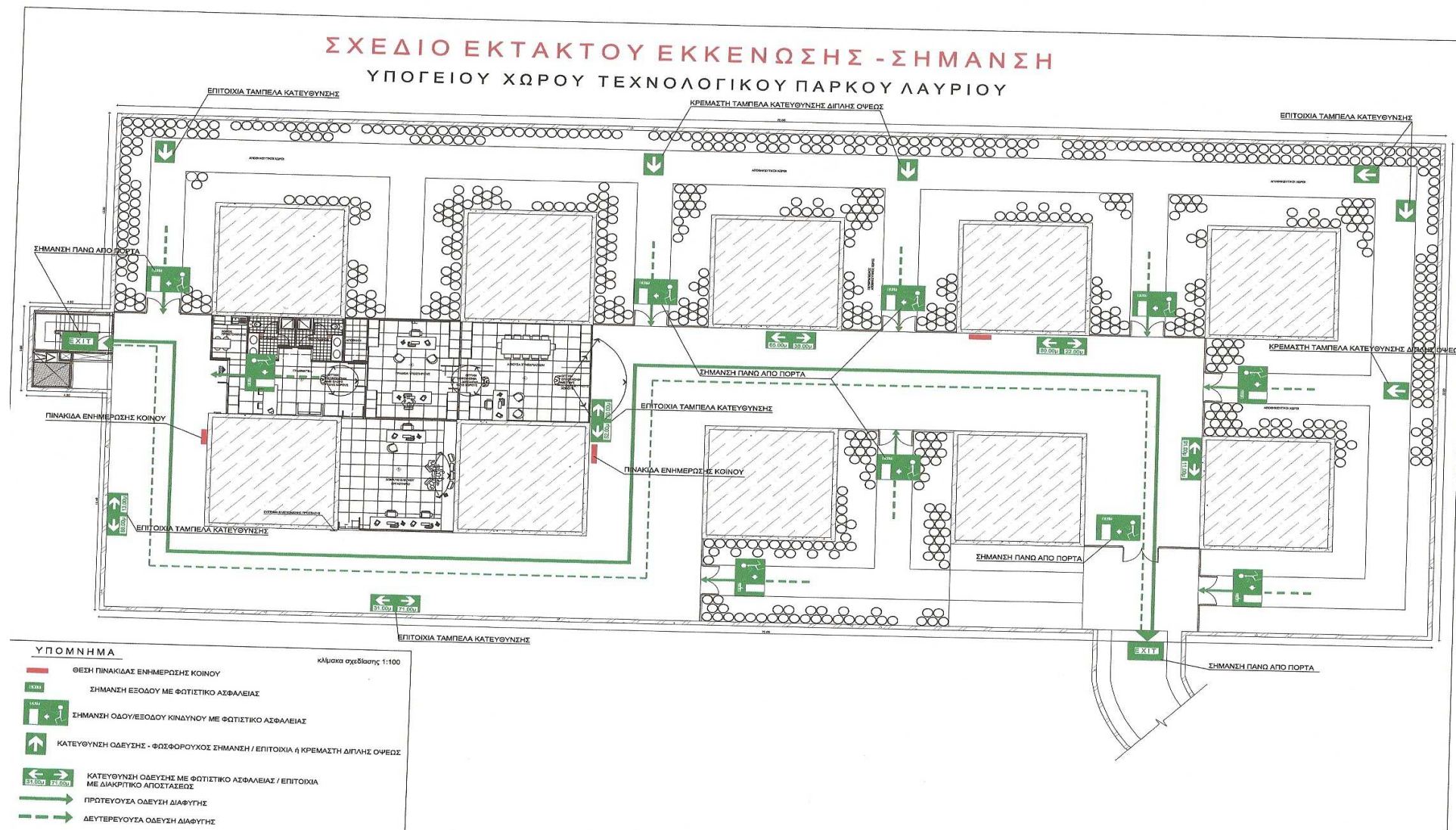
$$t_e^2 = 100 / 1.19 + 65 / 0.86 = 159\text{sec ή } 2.7\text{min}$$



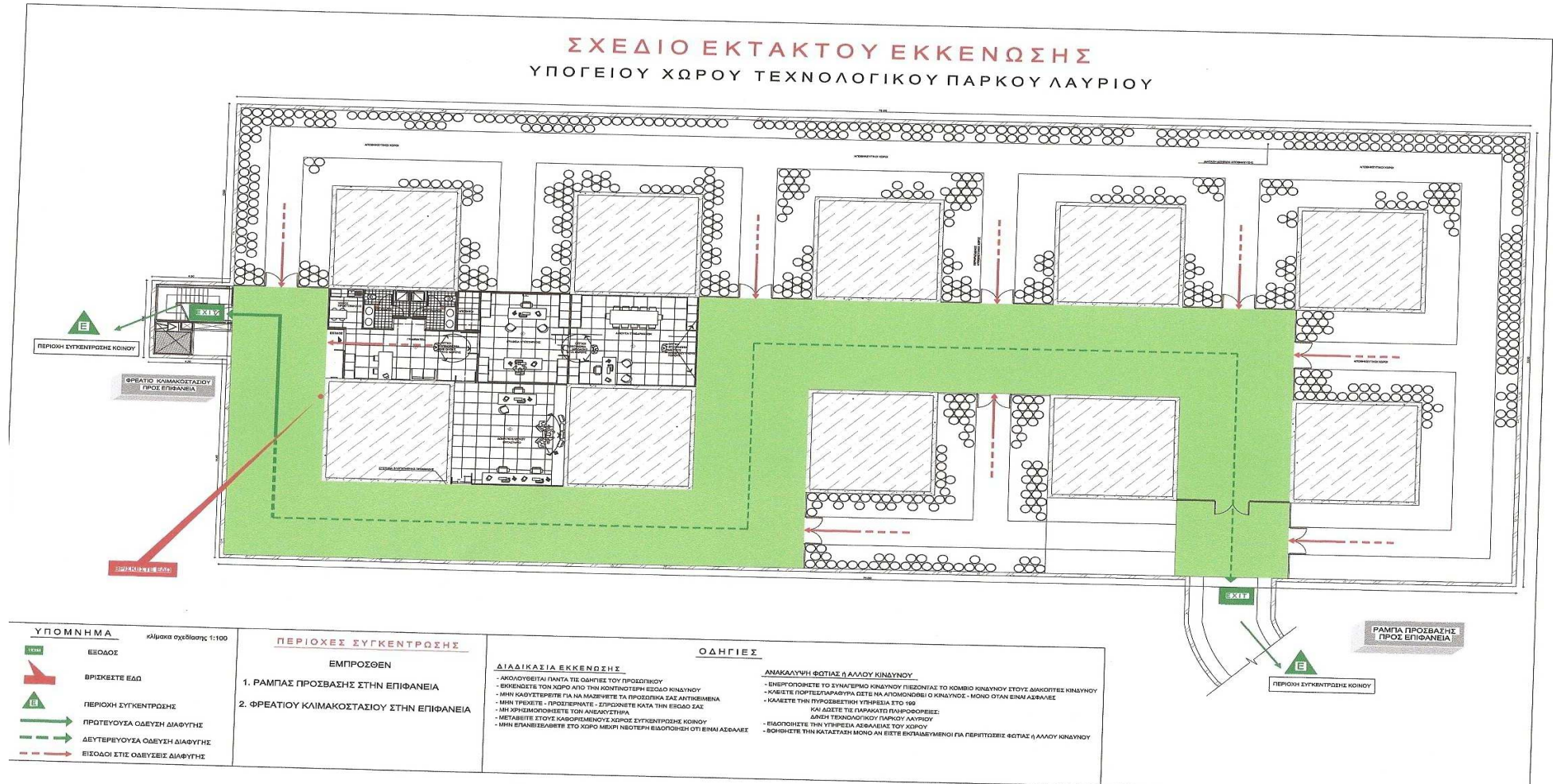
**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

- [1] Π.Δ. 71/88 Κανονισμός πυροπροστασίας κτιρίων , ΦΕΚ 32/Α/17-2-88
- [2] Πυροσβεστική διάταξη 3γ 31/7/1995 ΦΕΚ 717/18-8-1995
- [3] Υπουργική απόφαση 81813/5428/93 ΥΠΕΧΩΔΕ τροποποίηση Π.Δ.71/88 ΦΕΚ 647/Β/30-8-93
- [4] European guideline CFPA – E No 19:2009 , fire safety engineering concerning evacuation from buildings
- [5] Proulx, G , 2001 , Occupant behaviour and evacuation , National research council Canada
- [6] SFPE Handbook of fire protection engineering 1995, 2<sup>nd</sup> edition, Society of fire protection engineers, National fire protection association , Quincy ,MA, USA, Section three , Chapters 13,14 and 15
- [7] D. A. Purser, M. Bensilum, Quantification of behaviour for engineering design standards and escape time calculations , 2001 , Garston , Watford UK
- [8] Klote John, 2008, Smoke control and fire evacuation
- [9] Pengfei Huang , Jinsheng Kang, University of Pennsylvania, Real – time evacuation simulation in mine interior, model of smoke and action
- [10] Stefopoulos E. K. , D. G. Damigos ,NTUA, 2006, Design of emergency ventilation system for an underground storage facility
- [11] Hulbert Klupfer, Michal Schreckenber , Tim Meyer – Konigr, Models for crowd movement and egress simulation

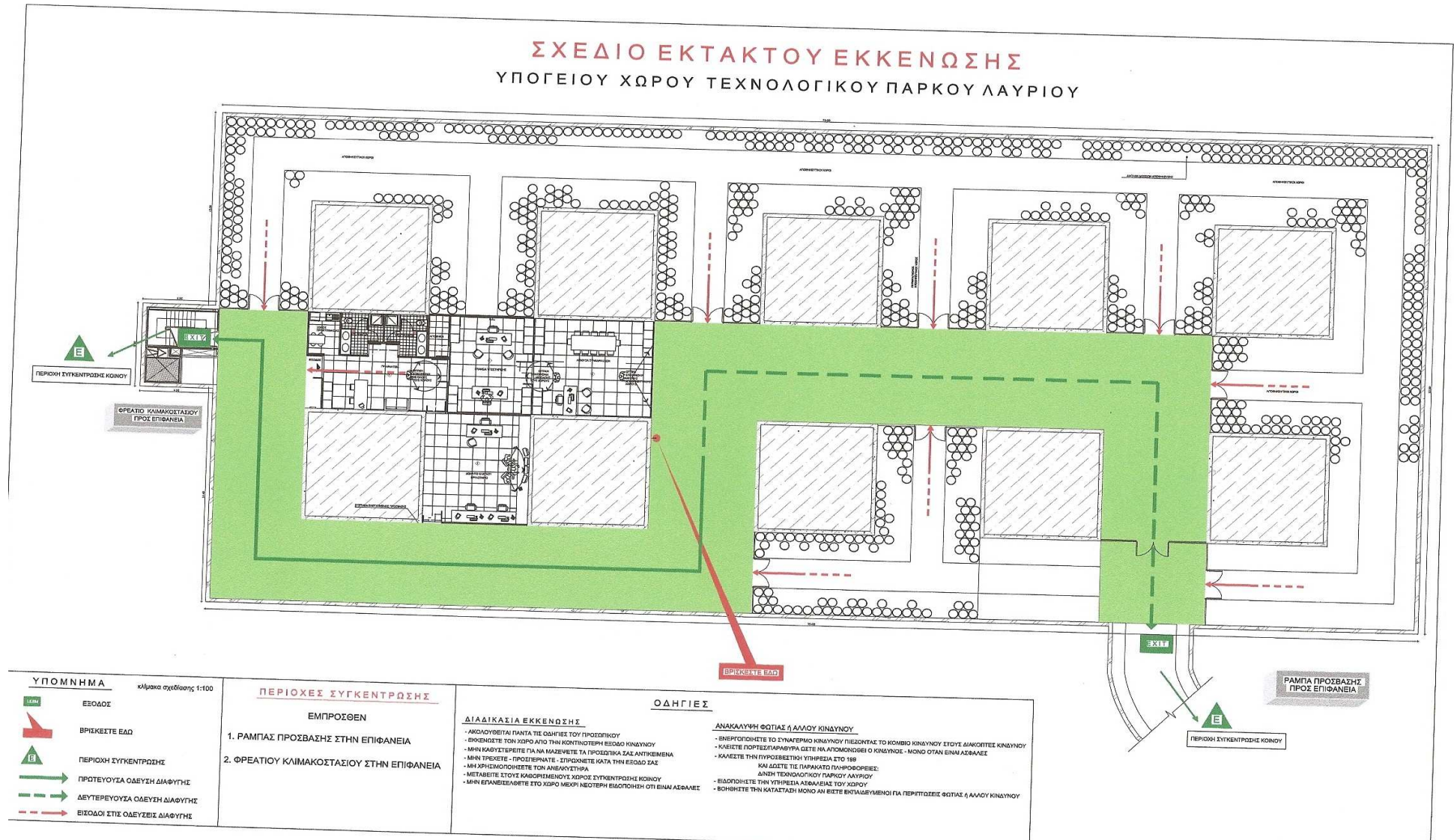
- [12] Hulbert Klupfer, Michal Schreckenberg , Tim Meyer – Konigr, Microscopic simulation of evacuation processes on passenger ships
- [13] Dr Peter Thomson , Intergrated Enviromental Solutions Ltd, Glasgow, UK, “Simulex : Simulated people have needs too”
- [14] Gabriel Santos and Benigno E. Aguirre , University of Delaware , 2004, A critical review of emergency evacuation simulation model
- [15] E. K. Boulougouris , A. Papanikolaou, NTUA, 1999 , Modeling and simulation of the evacuation process of passenger ships
- [16] Australian Standards , AS – 3745 , emergency control on organizations and procedures for buildings structures and workplaces
- [18] New South Wales State emergency management Commitee, on site emergency planning
- [19] British Standards , DD – 240 fire safety engineering in buildings , 1997
- [20] Shi Pu and Sisi Zlatanova , Delft University of Technology , the Nederlands, Evacuation route calculation of inner buildings
- [21] Rio Tinto Standard, HSE, D1 underground , December 2008.



ΣΧΕΔΙΟ ΕΚΤΑΚΤΟΥ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ  
ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΧΩΡΟΥ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΛΑΥΡΙΟΥ



ΣΧΕΔΙΟ ΕΚΤΑΚΤΟΥ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ  
ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΧΩΡΟΥ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΛΑΥΡΙΟΥ



ΣΧΕΔΙΟ ΕΚΤΑΚΤΟΥ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ  
ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΧΩΡΟΥ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΛΑΥΡΙΟΥ

