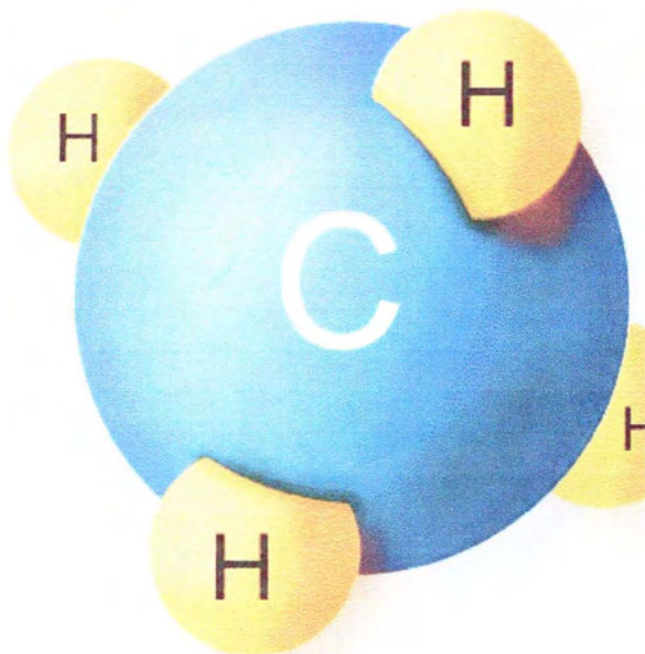


ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ
ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΟ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΒΟΛΟΥ



Υπό

Ονούρ Ορχάνογλου

Επιβλέπων

Αθανάσιος Ζηλιασκόπουλος

ΒΟΛΟΣ

8/7/2011



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 9671/1
Ημερ. Εισ.: 25-08-2011
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΜΜ
2011
ΟΡΧ

Πρώτα απ' όλα, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητή κ. Αθανάσιο Ζηλιασκόπουλο, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μου, τον Ευάγγελο Κατσαρό για την πολύτιμη βοήθεια του. Επίσης και την τριμελή εξεταστική επιτροπή. Καθηγητές κ. Δημήτρη Παντελή και τον κ. Γιώργο Κοζανίδη για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους.

Ευχαριστώ τη συζηγό μου Ελίφ Μουμίν ογλου, τον αδερφό μου Οσκάν Αμέτ Διπ. Μηχανολογίας Τ.Ε.Ι Καβάλας, τον φίλο μου Γιώργο Ζουλούμη, τον Καλεντζή Εντέρ και τον Πασά Μουσταφά για την ηθική υποστήριξη τους. Πάνω απ' όλα είμαι ευγνώμων στους γονείς μου, Ορχάν και Εμινέ Αμέτ για την ολόψυχη αγάπη και υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια. Αφιερώνω αυτή την εργασία στους γονείς μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
1.2 ΚΙΝΗΤΡΟ.....	7
1.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	8

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Εισαγωγή στο φυσικό αέριο.....	8
2.2 Σύστημα μεταφοράς φυσικού αερίου.....	11
2.3 Κίνδυνοι που απορρέουν από σεισμούς και οι επιπτώσεις τους στο Δίκτυο Διανομής Φυσικού αερίου.....	13
2.4 Σεισμοί που προκλήθηκαν κατά περιόδους	
2.4.1 Σεισμός στο Γουίτερ Νάροους (Whittier Narrows), Καλιφόρνια, 1η Οκτωβρίου 1987.....	19
2.4.2 Σεισμός στην Ινδία, 1989.....	21
2.4.3 Σεισμός στη Λόμα Πριέτα (Loma Prieta's), Καλιφόρνια, 17η Οκτωβρίου 1989.....	21
2.4.4 Σεισμός στο Νόρθρίτζ (Northridge), Καλιφόρνια, 17η Ιανουαρίου 1994.....	23
2.4.5 Σεισμός Κομπ (Kobe), Ιαπωνία, Ιανουάριος 1995.....	25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ-Ν. ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

3.1 Εισαγωγή.....	28
3.2 Σεισμικότητα – μελέτη σεισμικής επικινδυνότητας της Ν. Μαγνησίας.....	31
3.3 Μικροζωνική χαρτογράφηση Π.Σ. Βόλου – Ν. Ιωνίας.....	33
3.4 Παράμετροι σχεδιασμού για κάθε ζώνη.....	36
3.4.1 Ενεργός «ΔΡΩΣΑ» εδαφική επιτάχυνση.....	36
3.4.2 Φάσματα ελαστικής απόκρισης.....	38
3.4.3 Συντελεστές ενίσχυσης της ισχυρής εδαφικής κίνησης, A_{max}	38
3.4.4 Δεσπόζουσα περίοδος των εδαφικών σχηματισμών, T_0 (sec).....	38
3.4.5 Διατμητικές παραμορφώσεις εδάφους, γ	39

3.5 Ζώνη υψηλού κινδύνου ρευστοποίησης.....	39
---	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΤΩΝ ΑΙΩΓΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

4.1 HSE methodology for provision of LUP advice for developments in the vicinity of pipelines.....	47
4.2 M. Dziubinski, M. Fratzczak, A.S. Markowski Μοντέλο.....	49

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

5.1 Ορισμός τρωτότητας.....	50
5.2 Μεθοδολογία τρωτότητας των φυσικών κινδύνων.....	51

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

6.1 Εισαγωγή	52
6.2 Ανάλυση της τρωτότητας	53
6.3 Σεισμική τρωτότητα στο αστικό δίκτυο φυσικού αερίου.....	54
6.4 Σεισμική Τρωτότητα σε δίκτυο φυσικού αερίου στην ευρύτερη περιοχή της Λισσαβόνας.....	58
6.5 Εμπειρικά μοντέλα ανάλυσης ρυθμού βλάβης ή επιδιόρθωσης (αστοχίας) αγωγών φυσικού αερίου.....	61

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7.1 Παρουσία της νομαρχίας Μαγνησίας.....	63
7.2 Παρουσία της Ε.Π.Α Θεσσαλίας.....	65
7.3 Γενικά	70
7.4 Σχέδιο αντιμετώπισης σε περίπτωση σεισμού.....	70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	77
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	79
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	82

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ-ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 Επίπεδα Έκλυσης Ορυκτών Αερίων.....	10
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2. Κίνδυνοι Έκρηξης και Πυρκαγιάς του Φυσικού.....	10
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3 Κίνδυνοι για την Υγεία από το Φυσικό Αέριο.....	10
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4 Σύνοψη Ενεργειών Επιδιόρθωσης που πραγματοποιήθηκαν από την Εταιρία Αερίου της Νότιας Καλιφόρνιας μετά το Σεισμό στο Γουίτερ Νάροους.....	20
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5 Πυρκαγιές που προκλήθηκαν από το Σεισμό στη περιοχή Λόμα Πριέτα.....	22
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.6 Αιτίες έκρηξης στο Σαν Φρανσίσκο που προκλήθηκαν από το Σεισμό στο Λόμα Πριέτα.....	23
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.7 Στατιστικά Πυρκαγιών σε Υποδομές στο Σεισμό του Νόρθρινζ.....	25
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1. Μέτρηση σεισμικής έντασης.....	31
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2 Εντάσεις Mercalli στο Π.Σ. Βόλου – Ν. Ιωνίας από σειμούς της ευρύτερης περιοχής (1894-1985).....	33
Πίνακας. ΙΙΙ. Η σχέση ανάμεσα στη μέγιστη επιτάχυνση εδάφους (PGA) και της έντασης σεισμού που έχει καταχωρηθεί.....	83
Σχ.2.1 Μεταφορά Φυσικού Αερίου.....	13
Σχ.2.2 Σύστημα Διανομής Φυσικού Αερίου.....	14
Σχ.3.1 Χάρτης ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας της Ελλάδας σύμφωνα με ΕΑΚ2000.....	32
Σχ.3.2 Χωρισμός σε ζώνες ‘ίσης-ισοδυναμικής’ συμπεριφοράς.....	40
Σχ.3.3.Χωρισμός σε ζώνες με τις προτεινόμενες ενεργές (δρώσες) εδαφικές επιταχύνσεις.....	41
Σχ.3.4 Φάσματα ελαστικής απόκρισης σχεδιασμού (κοινωνικοποιημένες μορφές ως προς την τιμή εδαφικής επιταχύνσεις σχεδιασμού της κάθε ζώνης.....	42
Σχ.3.5 Συντελεστής ενίσχυσης της ισχυρής εδαφικής κίνησης.....	43
Σχ.3.6 Δεσπόζουσα περίοδος T_0 (sec), των εδαφικών σχηματισμών (μέση τιμή) σε κάθε ζώνη και υποζώνη.....	44
Σχ.3.7 Μέγιστες ενεργές διατμητικές παραμορφώσεις του εδάφους στα στρώματα 0.0 έως -7.0 m και -7.0 έως -30.0 m.....	45
Σχ.3.8 Ζώνη υψηλού κινδύνου ρευστοποίησης.....	46
Σχ.5.1 Σχέση επίδρασης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης- διάμετρος αγωγού.....	61
Σχ.7.1 Ποσοστό του ΑΕΠ ανά κάτοικο σε ΜΑΔ * Ε.Μ.Ο (ΕΥ27).2004.....	62

Σχ.7.2 Η εταιρεία ΕΠΑ Θεσσαλίας.....	65
Σχ. 7.3 Δομή της ΕΠΑ.....	67
Σχ.7.4 Ανάγκες στον ενεργειακό τομέα αερίου για την περίοδο 1990-2020.....	68
Σχ.7.5 δίκτυο Φ.Α σε (km) μέχρι το 2012.....	69
Σχ.7.6 Ενεργοί πελάτες ανά κατηγορία.....	70
Σχ.7.7 Σχέδιο αντιμετώπισης έκτακτων αναγκών.....	72
Σχ.7.8 Διαδικασία Αυτοψίας.....	73
Σχ.7.9 Cross Competencies.....	76
Διάγ.2.1 Σχέση σεισμικής έντασης, μεγέθους διαρροής και διαμέτρου του Αγωγού Βάση δεδομένων EGIC.....	15
Διαγ.4.1 Αποστάσεις σε 10^{-6} ανά έτος ατομικό ρίσκο για τυπικές σωληνώσεις φυσικού αερίου σε μη αστικές περιοχές.....	48
Διαγ.4.2 Δενδρική ανάλυση αστοχίας αγωγού.....	48
Διάγ.4.3 Υπολογισμού της επικινδυνότητας.....	49
Διαγ.7.1 Λογικό διάγραμμα αντιμετώπισης σεισμού.....	71

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στόχος της μελέτης είναι η παρουσίαση μεθόδων εκτίμησης της τρωτότητας αγωγών και δικτύων μεταφοράς φυσικού αερίου, καθώς και η καταγραφή πρακτικών πρόληψης και αντιμετώπισης τους σε περίπτωση σεισμού, οι οποίες εφαρμόζονται διεθνώς σε δίκτυα φυσικού αερίου όπως και των τεχνολογιών που συμβάλουν σε αυτό το στόχο. Τα στοιχεία που απαιτούνταν από την ΕΠΑ Θεσσαλίας για την ολοκληρωμένη προσέγγιση της σύγκρισης των διεθνών πρακτικών πρόληψης και αντιμετώπισης ατυχημάτων στο δίκτυο φυσικού αερίου, δεν ήταν διαθέσιμα τη στιγμή ολοκλήρωσης της μελέτης από πλευράς της εταιρείας.

Η εγκατάσταση και η λειτουργία ενός δικτύου αγωγών μεταφοράς μεγάλων ποσοτήτων φυσικού αερίου στη βιομηχανία, σε ιδιώτες και για εμπορική χρήση, αποτελεί μία ασφαλή μέθοδο μεταφοράς από πλευράς επιπτώσεων στο περιβάλλον καθώς και στη κοινωνική ζωή μιας περιοχής, όπου τα κτίρια, τα συστήματα και οι συσκευές φυσικού αερίου εγκαθίστανται και συντηρούνται με ορθό τρόπο. Ωστόσο η χρήση φυσικού αερίου, όπως ισχύει για όλα τα εύφλεκτα υλικά, εμπεριέχει τον κίνδυνο έκρηξης ή φωτιάς.

Το μεθάνιο, το οποίο είναι το βασικό συστατικό φυσικού αερίου, είναι άχρωμο, άοσμο και άγευστο. Δεν είναι τοξικό, αλλά ανήκει στη κατηγορία των απλών ασφίξυογόνων, που ενέχει μόνο το κίνδυνο εισπνοής. Όπως με όλα τα αέρια, εάν γίνει εισπνοή του σε αρκετά υψηλή συγκέντρωση, θα μπορούσε να προκαλέσει έλλειψη οξυγόνου και να οδηγήσει στην ασφυξία, όμως η πιθανότητα κάτι τέτοιο να προκληθεί από μια διαρροή είναι ελάχιστη.

Ο μεγαλύτερος κίνδυνος που εμπεριέχει ένα δίκτυο φυσικού αερίου είναι μια σημαντική διαρροή στο δίκτυο ή διάρρηξη αγωγού που μπορεί να προκαλέσει μια πυρκαγιά ή μια έκρηξη. Η θερμοκρασία αυτοανάφλεξης του μεθανίου είναι 1.000 βαθμοί fahrenheit και σε συγκεντρώσεις 5 έως 15% στον αέρα είναι εύφλεκτο. Τα μη περιορισμένα μίγματα μεθανίου στον αέρα δεν είναι εκρηκτικά. Εντούτοις, μια εύφλεκτη συγκέντρωση του αερίου σε ένα κλειστό χώρο και παρουσία μιας πηγής ανάφλεξης είναι πιθανό να δημιουργήσει κίνδυνο ατυχήματος. Η πυκνότητα του μεθανίου, που ομαλοποιείται στον αέρα σε τυποποιημένη θερμοκρασία και πίεση είναι 0,58, επομένως αφού το μεθάνιο είναι ελαφρύτερο από τον αέρα έχει την τάση να ανυψωθεί και να διαλυθεί στην ατμόσφαιρα.

1.2 ΚΙΝΗΤΡΟ

Η αύξηση της ζήτησης ενέργειας σε συνδυασμό με τη μείωση των αποθεμάτων πετρελαίου που έχει παρατηρηθεί τα τελευταία χρόνια, έχει οδηγήσει στην αναζήτηση εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Η πιο δημοφιλής πηγή ενέργειας σήμερα είναι το φυσικό αέριο, το οποίο καλύπτει το 23% της κατανάλωσης ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης και αναμένεται να ξεπεράσει το 28% το 2020. Ως αποτέλεσμα αυτού του γεγονότος, οι ιδιοκτήτες και οι διαχειριστές των δικτύων φυσικού αερίου θα βιώσουν σημαντική αύξηση της χρήσης των δικτύων τους τα επόμενα χρόνια.

Ακόμη και αν η μεταφορά φυσικού αερίου μέσω των αγωγών θεωρείται μια ασφαλής μέθοδος, ιστορικά δεδομένα έχουν δείξει ότι λόγω των επικίνδυνων εκλύσεων κατά τη μεταφορά του, μπορεί να προκληθούν σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον, την υποδομή, την κοινωνική και οικονομική ζωή μιας περιοχής. Ο προσδιορισμός των ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας και ο υπολογισμός των μέτρων αντιμετώπισης της τρωτότητας που δημιουργείται από την αστοχία του δικτύου φυσικού αερίου σε σεισμό μπορεί να επιτευχθεί όταν εφαρμοστούν μέθοδοι εκτίμησης επικινδυνότητας-τρωτότητας των αγωγών. Η αστοχία ενός αγωγού μεταφοράς φυσικού αερίου δύναται να προκληθεί από διάφορους παράγοντες όπως είναι η διάβρωση, η πρόκληση ζημιάς από τρίτους, η κίνηση του εδάφους, η αστοχία του υλικού. Για το λόγο αυτό, οι νομοθετικοί φορείς και οι διαχειριστές των δικτύων καταβάλουν προσπάθειες να βελτιστοποιήσουν το επίπεδο της ασφάλειας των δικτύων.

Οι προτεινόμενες μέθοδοι της ποσοτικής εκτίμησης επικινδυνότητας-τρωτότητας του δικτύου είναι χρήσιμες κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού και της κατασκευής ενός νέου δικτύου και στην διαχείριση των κινδύνων ενός ήδη υπάρχοντος δικτύου φυσικού αερίου.

1.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στη προκείμενη μελέτη, οι προτεινόμενες μέθοδοι εκτίμησης επικινδυνότητας-τρωτότητας μπορούν να εφαρμοστούν, με κάποιες διαφοροποιήσεις, στο δίκτυο του φυσικού αερίου που διέρχεται και διατρέχει την πόλη του Βόλου, με σκοπό να αποτυπωθεί η σεισμική επικινδυνότητα και η τρωτότητα της περιοχής. Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε αποσκοπούσε να εντοπίσει τους κινδύνους και την καλύτερη διαχείριση των «εν δυνάμει καταστροφών» που μπορούν να προκληθούν είτε σε

αγωγούς φυσικού αερίου, είτε σε σταθμούς μεταφοράς φυσικού αερίου. Οι σεισμοί μπορεί να αποτελέσουν ένα καθοριστικό παράγοντα της έκλυσης επικίνδυνης ουσίας λόγω ατυχήματος στο δίκτυο ή σε σταθμό φυσικού αερίου. Στη διεθνή βιβλιογραφία τα παραδοσιακά σχέδια έκτακτης ανάγκης και ανάληψης δράσεων μείωσης των επιπτώσεων, εξετάζουν ατυχήματα που προκύπτουν από μονάδες επεξεργασίας χημικών προϊόντων. Διαφορετικές διαδικασίες πρόληψης και σχεδιασμού εξετάζουν τις επιπτώσεις των φυσικών καταστροφών συμπεριλαμβανομένων των σεισμών.

Συγκεκριμένα στο Κεφάλαιο 2, γίνεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση σε ατυχήματα που έχουν καταγραφεί σε διάφορα δίκτυα φυσικού αερίου ανά τον κόσμο.

Στο Κεφάλαιο 3, παρουσιάζεται η σεισμικότητα της Ελλάδας και συγκεκριμένα της περιοχής Μαγνησίας. Γίνεται αναφορά σε υφιστάμενη μικροζωνική μελέτη για διαχωρισμό των ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας στο Π.Σ. Βόλου και Ν.Ιωνίας.

Το Κεφάλαιο 4, αναφέρεται στην έννοια της επικινδυνότητας για τον υπολογισμό των ζωνών επικινδυνότητας γύρω από τον αγωγό και της επικινδυνότητας επικίνδυνων φορτίων σε δίκτυα μεταφοράς μεγάλων αποστάσεων

Στο Κεφάλαιο 5, αναφερόμαστε στο θέμα της τρωτότητας των αγωγών φυσικού αερίου, στις μεθοδολογίες τρωτότητας των φυσικών καταστροφών.

Στο Κεφάλαιο 6, περιγράφεται οι μεθοδολογίες τρωτότητας των αγωγών μεταφοράς Φυσικού Αερίου, στα εμπειρικά μοντέλα για υπολογισμό ρυθμού βλάβης και επιδιόρθωσης βλαβών σε περίπτωση σεισμού.

Στο Κεφάλαιο 7, περιγράφεται η κοινωνική και οικονομική ζωή του Δήμου Βόλου καθώς και οι υπάρχουσες υποδομές. Επιπλέον γίνεται αναφορά στο δίκτυο φυσικού αερίου που διέρχεται από την πόλη και τον ρόλο της ΕΠΑ Θεσσαλίας. Η περιγραφή αυτή αποσκοπεί στον να δωθεί έμφαση στο γεγονός ότι η περιοχή Βόλου είναι μια ανεπτυγμένη οικονομικά πόλη και πυκνοκατοικημένη οπότε ένα ατύχημα σε αγωγό φυσικού αερίου μπορεί έχει σημαντικές οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις στη ζωή των κατοίκων της.

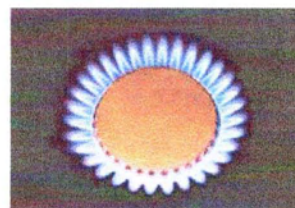
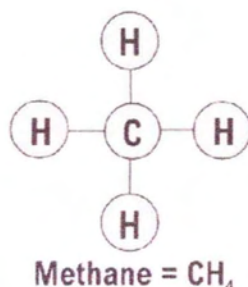
Τέλος στο κεφάλαιο 8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης και γίνονται διαπιστώσεις που αφορούν τη διαχείριση του κινδύνου στο δίκτυο φυσικού αερίου, τα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης καθώς και τις νέες τεχνολογίες που μπορούν να παίζουν σημαντικό ρόλο στον απαραίτητο έλεγχο όλων των διαδικασιών που ακολουθούνται για την πρόληψη ατυχημάτων στο δίκτυο φυσικού αερίου του Δήμου Βόλου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Εισαγωγή στο φυσικό αέριο

Το φυσικό αέριο είναι μια αρκετά σημαντική πηγή ενέργειας και με τη χρήση της μειώνονται οι ρυπογόνες εκλύσεις διατηρώντας έτσι ένα καθαρό και υγιές περιβάλλον. Επίσης ως μια θεωρητικά άφθονη σε ποσότητα και ασφαλή πηγή ενέργειας, η χρήση της προσφέρει πληθώρα περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων σε σχέση με άλλες πηγές ενέργειας.



Επιπλέον, το φυσικό αέριο είναι ορυκτό καύσιμο που εξάγεται από τα υπόγεια φρεάτια μεγάλου βάθους. Είναι ένα φυσικό μίγμα διάφορων αερίων, που περιέχει 85 - 95% μεθάνιο (CH₄), 7 - 12% αιθάνιο (C₂H₆) και μικρές ποσότητες προπανίου (C₃H₈), βουτανίου (C₄H₁₀), αζώτου, και διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Οι αναλογίες του μίγματος ποικίλλουν με την περιοχή εξόρυξης.

Επειδή το φυσικό αέριο είναι άοσμο και άχρωμο κατά την εξόρυξή του, ως μέτρο ασφαλείας στο δίκτυο, προστίθεται μια αρωματική ουσία, η οποία είναι μίγμα

οργανικών χημικών που περιέχει θείο (μερκαπτάνη), έτσι ώστε αν υπάρξει διαρροή αερίου να μπορεί να ανιχνευτεί. Σε αντίθεση με το προπάνιο, το φυσικό αέριο είναι ελαφρύτερο από τον αέρα τυπικά το φυσικό αέριο έχει ειδικό βάρος 0.6. Ο όρος ειδικός βάρος αναφέρεται στο βάρος του αερίου όταν συγκρίνεται με το αντίστοιχο του αέρα.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 Επίπεδα Έκλυσης Ορυκτών Αερίων –
(Pounds per Billion Btu of Energy Input)**

Ρυπαντική ουσία	Φυσικό Αέριο	Έλαιο	Κάρβουνο
Διοξείδιο του άνθρακα	117,000	164,000	208,000
Μονοξείδιο του άνθρακα	40	33	208
Οξείδια του αζώτου	92	448	457
Διοξείδιο του θείου	1	1,122	2,591
Σωματίδια	7	84	2,744
Υδράργυρος	0.000	0.007	0.016

Πηγή: EIA - Natural Gas Issues and Trends 1998

Δεν είναι δυνατή η καύση όλων των μιγμάτων αερίου και αέρα. Μερικά μίγματα έχουν πολύ μικρό ποσοστό αερίου ενώ άλλα έχουν τόσο υψηλό ποσοστό αερίου που η ποσότητα του αέρα δεν είναι αρκετή για να πραγματοποιηθεί η καύση. Αυτά τα δύο σημεία των εύφλεκτων και μη εύφλεκτων μιγμάτων ονομάζονται Όρια Έκρηξης (Explosive Limits)

- Το κάτω όριο έκρηξης (LEL) για το φυσικό αέριο είναι 5%. Σε συγκεντρώσεις μικρότερες του LEL η περιεκτικότητα σε αέριο δεν είναι αρκετή για να προκαλέσει φωτιά ή έκρηξη.
- Το άνω όριο έκρηξης (UEL) για το φυσικό αέριο είναι 15%. Σε συγκεντρώσεις πάνω από το UEL δεν υπάρχει αρκετή περιεκτικότητα σε αέρα για να προκαλέσει φωτιά ή έκρηξη.

Το ιδανικό μίγμα για καύση φυσικού αερίου είναι 10% και το σημείο ανάφλεξης είναι 1208°F.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2. Κίνδυνοι Έκρηξης και Πυρκαγιάς του Φυσικού

<i>Σημείο Ανάφλεξης</i>	-300 deg F
<i>Άνω όριο Έκρηξης</i>	15%
<i>Κάτω όριο Έκρηξης</i>	5%
<i>Θερμοκρασία αυτο – ανάφλεξης</i>	1208° F
Κατάσβεση	Ευφλεκτότητα του μεθανίου, ευρύ φάσμα ευφλεκτικότητας και πολύ χαμηλό σημείο ανάφλεξης σηματοδοτούν κινδύνους έναρξης πυρκαγιάς ή έκρηξης. Η πυρκαγιά που εμπειρεύει τη διαρροή και καύση μεθανίου θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως κατάσταση έκτακτης ανάγκης. Η κατάσβεση πυρκαγιών λόγω μεθανίου πραγματοποιείται σβήνοντας τη πηγή του αερίου. Να γίνεται χρήση ψεκαστήρων νερού για να μειωθεί η θερμοκρασία των εγκαταστάσεων που περιέχουν το αέριο και για προστασία του προσωπικού που επιχειρεί να σφραγίσει τη πηγή του αερίου που εκλύεται. Χημικά σε ξηρή μορφή, CO ₂ και αλογόνα χρησιμοποιούνται επίσης για την κατάσβεση της φωτιάς.
Ασυνήθιστοι Κίνδυνοι Έναρξης Πυρκαγιάς	Το μεθάνιο είναι πολύ εύλεκτο με σχετικά πλατιά όρια έκρηξης (5%-15%). Η καλύτερη τεχνική κατάσβεσης μερικές φορές είναι να επιτραπεί στο καιόμενο αέριο να διαφύγει από τον πεπιεσμένο κύλινδρο ή το δίκτυο. Σε καμία περίπτωση να μη γίνει κατάσβεση της πυρκαγιάς χωρίς πρώτα να εντοπιστεί και να σφραγιστεί η πηγή, αλλιώς το αέριο που εκλύεται μπορεί να γίνει πάλι ανάφλεξη χωρίς προειδοποίηση και να προκαλέσει μεγαλύτερη ζημιά από εκείνη που θα προκαλούσε αν έσβηνε καθώς δε καιγόταν από μόνο του.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3 Κίνδυνοι για την Υγεία από το Φυσικό Αέριο

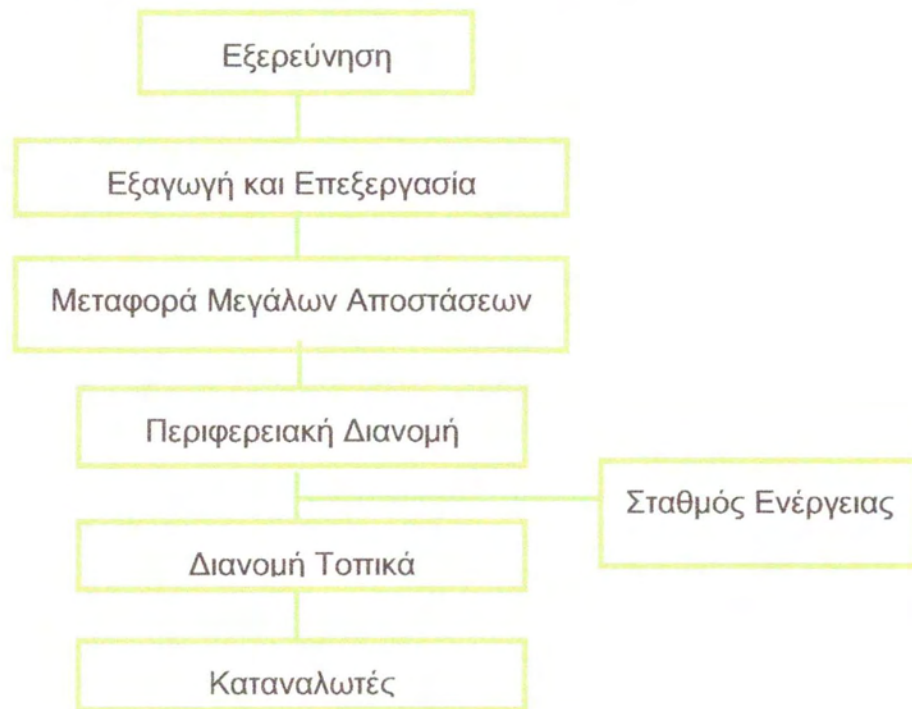
<i>Τρόπος Έκθεσης</i>	Εισπνοή
Πιθανές επιπτώσεις στην υγεία	Τα αρχικά συμπτώματα ενός απλού ασφυξιογόνου αερίου είναι γρήγορος ρυθμός αναπνοής και ανάγκη για αέρα, μειωμένη ικανότητα εγρήγορσης και εξασθενημένος μυϊκός συντονισμός. Στη συνέχεια η έλλειψη οξυγόνου προκαλεί κακή κρίση, μείωση όλων των αισθήσεων, ταχεία κούραση, συναισθηματική αστάθεια, ναυτία, τάση για εμετό, εξουθένωση, αναισθησία και τελικώς μυϊκοί σπασμοί, κώμα και θάνατος.
Σύνοψη των κινδύνων	Επειδή το μεθάνιο ανήκει στα απλά ασφυξιογόνα δεν προκαλεί σημαντικές επιπτώσεις στη φυσιολογία του οργανισμού, αλλά μπορεί να μετατοπίσει το ελάχιστο απαιτούμενο επίπεδο του απαιτούμενου ατμοσφαιρικού οξυγόνου. Η ασφυξία μπορεί να προκληθεί κυρίως σε περιορισμένο, ελάχιστο αεριζόμενο χώρο τον οποίο δεν επισκέπτονται συχνά. Η κρυογονική βλάβη μπορεί να προκληθεί από την επαφή με υγρή μεθάνη χαμηλής θερμοκρασίας.

2.2 Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου

Το σύστημα μεταφοράς του φυσικού αερίου από την εξαγωγή του μέχρι την παράδοσή του στον τελικό αποδέκτη (πελάτης) είναι αρκετά πολύπλοκο. Το φυσικό αέριο αντλείται σε αγωγούς μεγάλων διαστάσεων και μεταφέρεται υπό υψηλή πίεση 70 – 100 bar (69 – 98,7 atm) στους περιφερειακούς σταθμούς διανομής. Το δίκτυο λειτουργεί σε διάφορες πιέσεις κατά μήκος του δικτύου. Όταν το αέριο εισέρχεται στο δίκτυο με υψηλή πίεση και ρυθμίζεται σε μέση και χαμηλή πίεση όταν εισέρχεται στο δίκτυο διανομής των πελατών. Υπό πίεση που κυμαίνεται από 20mbar (0,0197atm) σε 5 bar (4,93atm), το φυσικό αέριο στο τελικό στάδιο διανέμεται σε εργοστάσια, ιδιώτες και επαγγελματίες. Ανάλογα με τη πίεση λειτουργίας, το μέγεθος του σωλήνα, το έτος εγκατάστασης, το υλικό του αγωγού μπορεί να είναι από ατσάλι, πλαστικό, χαλκό ή χυτοσίδηρο.

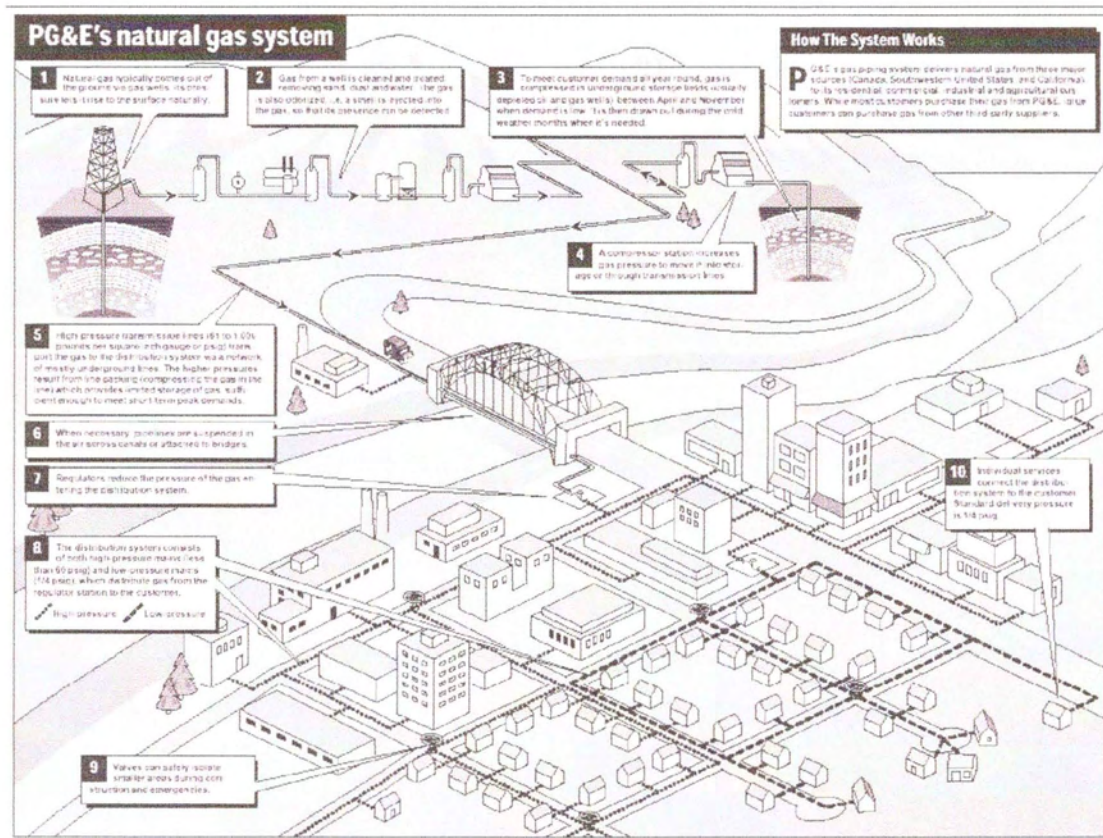
Το φυσικό αέριο μεταφέρεται στο σταθμό διανομής του αερίου της περιοχής μέσω μετρητικών και/ή ρυθμιστικών πίεσης σταθμών κατά μήκος του δικτύου. Στη συνέχεια διανέμεται στους καταναλωτές μέσω ενός δικτύου αγωγών διανομής, βαλβίδων και συνδέσεων, που τοποθετούνται κυρίως κάτω από την επιφάνεια της γης όπου ήδη είναι εγκαταστημένα δίκτυα επικοινωνίας, ηλεκτρισμού, νερού, υπονόμων, και άλλων μονάδων.

Η μεταφορά του φυσικού αερίου απεικονίζεται στο Σχ.2.1:



Σχ. 2.1 Μεταφορά Φυσικού Αερίου

Οι γραμμές φυσικού αερίου μικρής διαμέτρου συνδέουν τον αγωγό διανομής με έναν ή περισσότερους καταναλωτές με ένα μετρητή αερίου που είναι εγκατεστημένος κοντά στις εγκαταστάσεις του πελάτη. Ο μετρητής αερίου διαθέτει μια χειροκίνητη βαλβίδα διακοπής αερίου, έναν ρυθμιστή πίεσης ο οποίος μειώνει την πίεση του αερίου το οποίο διέρχεται από τον κύριο αγωγό διανομής, ένα μετρητή όγκου, και μια συσκευή εξυπηρέτησης σε σχήμα «T» που έχει τη δυνατότητα να παρακάμπτει άλλους μετρητές χωρίς να περνά μέσα από όλη την εγκατάσταση. Οι μετρητές των πελατών είναι πιθανό να μη διαθέτουν ρυθμιστή πίεσης εάν τροφοδοτούνται από σύστημα διανομής χαμηλής πίεσεως. Η εγκατάσταση φυσικού αερίου στο οικιακό δίκτυο του καταναλωτή συνδέεται με τη συσκευή εξυπηρέτησης σε σχήμα «T», που τυπικά θεωρείται σημείο παράδοσης του αερίου και καθορίζει τα φυσικά όρια μεταξύ της μονάδας και των εγκαταστάσεων του πελάτη.



Σχ. 2.2 Σύστημα Διανομής Φυσικού Αερίου

Σε τακτικά διαστήματα πραγματοποιούνται επιθεωρήσεις στις εγκαταστάσεις του αερίου με σκοπό την ανίχνευση τυχόν διαρροής του, οι οποίες χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες. Η διαρροή Επιπέδου 1 αντιπροσωπεύει έναν υφιστάμενο ή πιθανό κίνδυνο και απαιτεί άμεση επέμβαση. Η διαρροή Επιπέδου 2 δεν είναι επικίνδυνη για την υγεία ή την οικοδομή κατά την στιγμή της ανίχνευσης αλλά απαιτεί προγραμματισμένη επιδιόρθωση. Η διαρροή Επιπέδου 3 δεν είναι επικίνδυνη κατά τη στιγμή της ανίχνευσης και αναμένεται να διατηρηθεί σε αυτή την κατάσταση. Για μεγάλο δίκτυο διανομής του φυσικού αερίου οι διαρροές Επιπέδου 2 ή 3 μπορεί να ανιχνευτούν σε ανύποπτη στιγμή.

2.3 Κίνδυνοι που απορρέουν από σεισμούς και οι επιπτώσεις τους στο Δίκτυο Διανομής Φυσικού αερίου

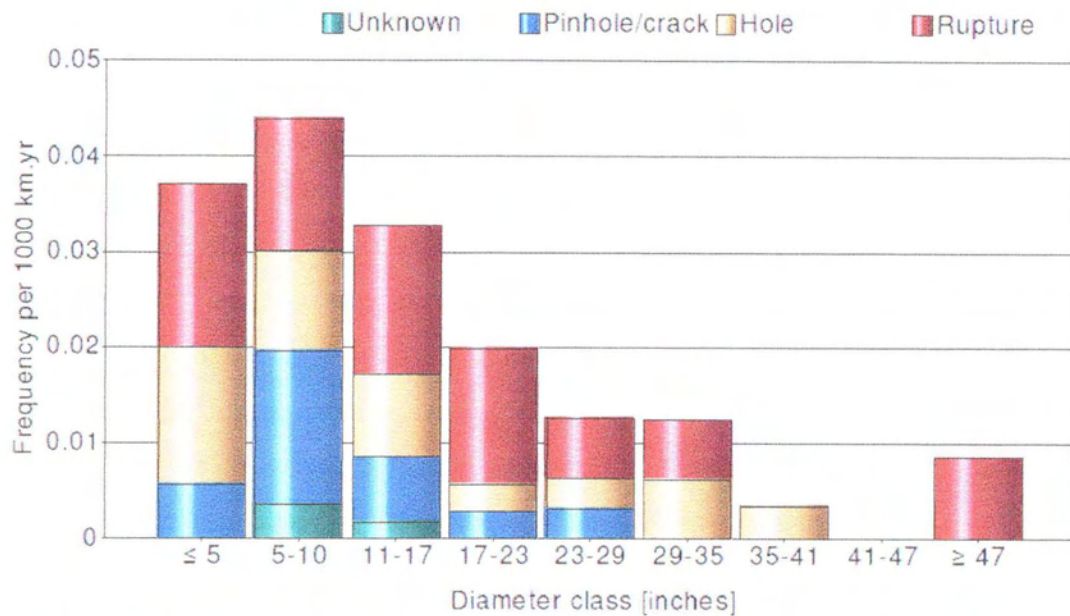
Οι σεισμοί παράγουν κίνηση των πλακών της γης και σε πολλές περιπτώσεις μόνιμη μετακίνησή τους. Η επικινδυνότητα ενός σεισμού σε συγκεκριμένες περιοχές εξαρτάται από το μέγεθος του σεισμού, την απόσταση από το επίκεντρο του σεισμού και τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

Το μέγεθος του σεισμού συνήθως εκφράζεται με τον όρο ένταση (*magnitude*). Από τις διάφορες κλίμακες έντασης, η στιγμιαία ένταση (*moment magnitude*) είναι το τρέχον πρότυπο που χρησιμοποιείται για να μετρήσουν οι ειδικοί το μέγεθος του σεισμούς για σκοπούς μηχανικής αποτύπωσης και διαχείρισης του κινδύνου.

Για τις ανάγκες της ανάλυσης που γίνεται σε επίπεδο μηχανικής και ασφάλειας, το επίπεδο της κίνησης του εδάφους συνήθως εκφράζεται σε όρους επιτάχυνσης στην οποία υπόκειται ένα αντικείμενο στην επιφάνεια της γης. Η επιτάχυνση συνήθως εκφράζεται ως ποσοστό της βαρύτητας, *g*. Η μέγιστη οριζόντια επιτάχυνση των 0.4*g* σε ένα αντικείμενο ανταποκρίνεται σε μια μέγιστη οριζόντια δύναμη που ισούται με το 40% του βάρους του αντικειμένου. Η δόνηση του εδάφους που παράγεται από το σεισμό είναι σε οριζόντια και κάθετη κατεύθυνση.

Οι σεισμοί μπορούν επίσης να προκαλέσουν μετατόπιση του εδάφους – απότομη κίνηση του φλοιού της γης κατά μήκος του ρήγματος είναι ίσως το πιο εντυπωσιακό σχετικό παράδειγμα. Η αστάθεια που προκαλείται από το σεισμό προκαλεί και άλλους τύπους μόνιμης μετατόπισης τους εδάφους. Καθίζηση του εδάφους, κατολισθήσεις και αποβολή χώματος ή βράχων από απότομες βουνοκορφές είναι οι πλέον συνηθισμένοι τύποι μόνιμης εδαφικής μετατόπισης. Οι ζημιές που προκαλούνται από τη ρωγμή του εδάφους θεωρητικά περιορίζονται σε μια ζώνη μερικών δεκάδων μέτρων από το ρήγμα.

Σύμφωνα με τη βάση δεδομένων EGiC όπου καταγράφονται τεχνολογικά ατυχήματα, ο σεισμός ευθύνεται σε ποσοστό 7% των συνολικών ατυχημάτων. Στο Διάγραμμα 2.1 παρουσιάζεται η σχέση ανάμεσα στην ένταση του σεισμού, το μέγεθος της διαρροής και τη διάμετρο. Ωστόσο ένας σεισμός μπορεί να προκαλέσει διαρροή και σε αγωγούς μικρότερης διαμέτρου οι οποίοι είναι περισσότερο ευάλωτοι στη κίνηση του εδάφους σε σχέσης με τους αγωγούς μεγάλης διαμέτρου.



Διάγρ.2.1 Σχέση σεισμικής έντασης, μεγέθους διαρροής και διαμέτρου του Αγωγού Βάση δεδομένων EGIC

Η πιο συχνή βλάβη που προκαλεί ο σεισμός στα συστήματα φυσικού αερίου είναι η ζημιά σε κτίρια στα οποία τοποθετούνται οι εγκαταστάσεις καθώς και οι οικιακές συσκευές με τις οποίες συνδέεται το δίκτυο. Επίσης η κίνηση των πλακών μπορεί να προκαλέσει και άμεση ζημιά στο δίκτυο του φυσικού αερίου.

Επιπρόσθετα, ο σημαντικότερος παράγοντας που συνδράμει στη βλάβη που προκαλεί ο σεισμός στο σύστημα αερίου του πελάτη είναι η κακή κατασκευή των κτιρίων και άλλων υποδομών καθώς και ο εξοπλισμός που λειτουργεί με αέριο. Όπως παρατηρήθηκε σε πρόσφατα σεισμικά φαινόμενα, η μετακίνηση και η πτώση των συσκευών αερίου όπως είναι οι θερμοσίφωνες, βραστήρες, φούρνοι, ξηραντήρια και θερμάστρες είναι η κύρια αιτία για τις πυρκαγιές λόγω έκρηξης αερίου που σημειώνονται μετά τον σεισμό (π.χ. 71% στο σεισμό του Νορθριτζ).

Η μετρητές αερίου είναι επίσης ευάλωτοι έμμεσα σε βλάβη λόγω του σεισμού που προκαλούνται από τα συντρίμια που πέφτουν από τις εγκαταστάσεις του καταναλωτή. Πιθανές πηγές επιπτώσεων περιλαμβάνουν μη ενισχυμένες καπνοδόχοι ή προσόψεις, πτώση σοβάδων από τοίχους και άλλα αρχιτεκτονικά μέρη καθώς και στηρίγματα που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή φρακτών. Αυτές οι κατηγορίες βλάβης εμφανίζονται λιγότερο συχνά και αποτελούν μικρότερο κίνδυνο γιατί προκαλούν διαρροή και διασπορά του αερίου στην ατμόσφαιρα.

Η κίνηση του εδάφους είναι επικίνδυνη για τα υπέργεια μέρη του συστήματος διανομής φυσικού αερίου, το οποίο περιλαμβάνει συνήθως μετρητές αερίου και ρυθμιστικά πίεσης. Ωστόσο βλάβες στα υπέργεια εξαρτήματα του δικτύου, λόγω σεισμικής δόνησης, δεν είναι συχνό φαινόμενο εξαιτίας Χαρακτηριστικών τραχειάς επιφάνειας που έχουν ενσωματωθεί στη κατασκευή τους.

Επίσης, η σεισμική δόνηση έχει συνδεθεί με ζημιές που έχει υποστεί το θαμμένο δίκτυο. Εάν και ο ακριβής μηχανισμός των βλαβών δεν έχει κατανοηθεί πλήρως, γενικά θεωρείται ότι η αντίσταση που ασκεί το έδαφος στον υπόγειο αγωγό προκαλεί την παραμόρφωση του. Η περίπτωση αυτή είναι πιο έντονη σε δίκτυα παλιάς κατασκευής, όπου η αντοχή των αγωγών μπορεί να έχει μειωθεί λόγω διάβρωσης, προηγούμενης ζημιάς, μηχανικής αστοχίας ή η κατασκευή τους έγινε σύμφωνα με ξεπερασμένες μεθόδους ή υλικά.

Σύμφωνα με μια ανασκόπηση που έχει διεξαχθεί αναφορικά με τα συμβάντα πυρκαγιών που έχουν προκληθεί από ανάφλεξη μετά από σεισμό διεθνώς, οι παρακάτω επισημάνσεις συνοψίζουν τα σενάρια πυρκαγιών λόγω ανάφλεξης και συνδέονται με την παροχή αερίου ή ηλεκτρισμού. Τα σενάρια αυτά περιλαμβάνουν την παρουσία πηγής καυσίμου και ανάφλεξης.

1. Κατά τη διάρκεια του σεισμού η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας διακόπτεται και μια ηλεκτρική οικουσκευή μετακινείται ή παθαίνει ζημιά και έρχεται σε επαφή με ποσότητα του καυσίμου. Όταν η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας αποκατασταθεί στο κτίριο η συσκευή λειτουργεί ξανά με αποτέλεσμα να προκαλέσει την ανάφλεξη του εύφλεκτου καυσίμου (φυσικό αέριο).
2. Βραστήρες ή άλλες οικιακές συσκευές αναποδογυρίζουν ή μετακινούνται με αποτέλεσμα να αποφέρουν ρήξη στην οικιακή γραμμή της παροχής φυσικού αερίου ή στη σύνδεση της συσκευής ώστε το αέριο που εκλύεται να αναφλευχτεί από μια φλόγα ή σπίθα.
3. Ο αγωγός αερίου που είναι τοποθετημένος στο κτίριο σπάει εξαιτίας της δομικής ζημιάς και το αέριο που εκλύεται αναφλέγεται.
4. Ο αγωγός αερίου που είναι τοποθετημένος στο κτίριο σπάει και ηλεκτρική σπίθα από ηλεκτρική σύνδεση που υπάρχει στο χώρο και έχει υποστεί βλάβη, έχει ως αποτέλεσμα την ανάφλεξη του εκλυόμενου αερίου.
5. Φιάλες ή άλλα δοχεία που περιέχουν εύφλεκτα υγρά από τη σεισμική δόνηση πέφτουν στο πάτωμα και η φλόγα του αερίου που δημιουργείται ή ένας ηλεκτρικός σπινθήρας αναφλέγει τους ατμούς του υγρού που έχουν διαφύγει.

Κατά τη διάρκεια ενός σεισμού τα χαρακτηριστικά της δόνησης σε σχέση με τις επιπτώσεις στο δίκτυο του φυσικού αερίου έχουν κοινά σημεία και είναι τα εξής:

1. Ο σεισμός είναι πιο πιθανό να προκαλέσει βλάβες στη κατασκευή παρά να προκαλέσει ανάφλεξη στο σύστημα του φυσικού αερίου
2. Το μέγεθος του σεισμού που είναι ικανό να έχει προκαλέσει ζημιές στα κτίρια, είναι πιθανό να έχει σοβαρές επιπτώσεις στις εγκαταστάσεις του φυσικού αερίου του καταναλωτή και κατ'επέκταση το φυσικό αέριο να αναφλεγεί.
3. Οι αριθμός των συμβάντων πυρκαγιάς από έκρηξη που σημειώνονται μετά από ένα σεισμό εξαιτίας αστοχίας του δικτύου φυσικού αερίου μεταφράζεται σε ποσοστό 20-50% των συνολικών πυρκαγιών μετά από έκρηξη που ακολουθεί το σεισμό.
4. Οι επιπτώσεις των πυρκαγιών που σημειώνονται μετά το σεισμό έχουν υψηλό κόστος για τους καταναλωτές φυσικού αερίου. Μια έκρηξη αποτελεί απειλή για την ασφάλεια των πολιτών όταν εκείνοι δεν είναι σε θέση να εγκαταλείψουν το κτίριο μετά το σεισμό.
5. Οι πιθανοί κίνδυνοι για τη ζωή των πολιτών λόγω των πυρκαγιών μετά από ένα σεισμό είναι μεγαλύτεροι στα κτίρια που έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να υποστούν ζημιές από τις σεισμικές δονήσεις και κατ'επέκταση να παγιδέψουν τους ενοίκους.
6. Τα μαγειρικά λάδια και άλλα μαγειρικά εύφλεκτα υλικά χύνονται κατά τη διάρκεια ενός σεισμού και μια οικοσυσσκευή που λειτουργεί με ηλεκτρισμό ή αέριο προκαλεί την ανάφλεξή τους.
7. Μια φλόγα από κερί ή γκαζάκι έρχεται σε επαφή με ποσότητα καυσίμου.

Γενικά, οι ακόλουθες συνθήκες όταν συνδυαστούν αποτελούν το μεγαλύτερο κίνδυνο για σημαντικές ζημιές που προκαλούνται από φωτιά μετά το σεισμό:

1. Τα κτίρια δεν κατοικούνται και οι ένοικοι δεν είναι παρόντες για να μειώσουν τη ζημιά που μπορεί να υποστεί το σύστημα φυσικού αερίου ή να ελέγξουν μικρές εστίες φωτιάς.
2. Ψηλά κτίρια με πολλούς ενοίκους και βλάβη που είναι ευάλωτη στη φωτιά
3. Μεγάλη ένταση του αέρα και χαμηλή υγρασία
4. Βλάβες στο σύστημα παροχής νερού περιορίζει σε μεγάλο βαθμό την ικανότητα πυρόσβεσης.

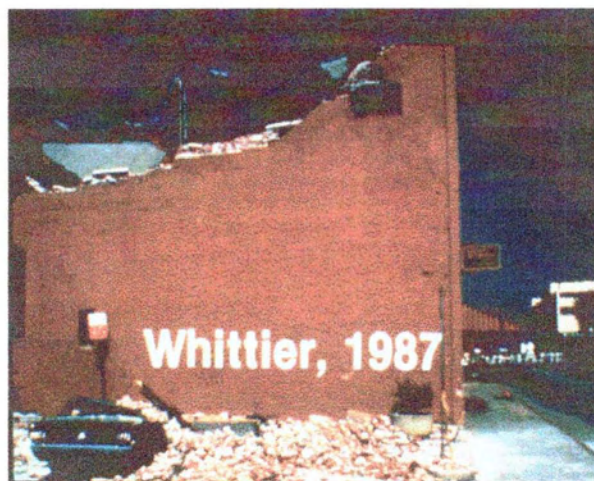
5. Συστήματα επικοινωνίας που υπολειτουργούν, πολυάριθμες κλήσεις για βοήθεια, καταστροφές στους πυροσβεστικούς σταθμούς, περιορισμένη πρόσβαση στις πληγείσες περιοχές λόγω κυκλοφοριακού κομφούζιου, καταστραμένοι δρόμοι και καθυστερημένοι αποστολή βοήθειας από γύρω περιοχές είναι ικανές συνθήκες για να μειώσουν την ικανότητα αντιμετώπισης των πυρκαγιών.

Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι η πιθανότητα να επικρατούν περισσότερες από μια ή δύο από τις παραπάνω συνθήκες όταν χτυπήσει ο Εγκέλαδος, είναι ελάχιστη.

2.4 Σεισμοί που προκλήθηκαν κατά περιόδους.

2.4.1 Σεισμός στο Γουίτερ Νάρουους (Whittier Narrows), Καλιφόρνια, 1η Οκτωβρίου 1987

Ο σεισμός στο Γουίτερ Νάρουους (Whittier Narrows) σημειώθηκε το πρωί της 1^{ης} Οκτωβρίου 1987, με μέγεθος 5.9R και ακολούθησε μετασεισμός 5.3 R στις 4 Οκτωβρίου. Συγκεκριμένα, 10,000 κάτοικοι και εμπορικές επιχειρήσεις υπέστησαν ζημιές, συμπεριλαμβανομένου 123 μονοκατοικίες που δεν ήταν δυνατόν να αποκατασταθούν και 513 που υπέστησαν μεγάλες ζημιές. Η Εταιρία Αερίου της Νότιας Καλιφόρνια (Southern California Gas Company), η οποία διαχειρίζεται το σύστημα διανομής φυσικού αερίου στην περιοχή, έλαβε 20,600 κλήσεις από καταναλωτές για αποκατάσταση παροχής του δικτύου, από τις οποίες οι 16,500 παροχές διακόπηκαν από τους ιδιώτες μετά από ανακοινώσεις του Τύπου που έγιναν μετά το σεισμό για προληπτικούς λόγους. Η Υπηρεσία αποκατέστησε το δίκτυο σε 10 μέρες και το προσωπικό της εργαζόταν 10 ώρες τη μέρα.



Εικόνα 2.1 Καταστροφές που προκάλεσε ο σεισμός το 1987 στο Whittier Narrows earthquake.

Source: www.johnmartin.com/.../eqshow/cah_0249.htm

Το δίκτυο υψηλής πίεσης δεν υπέστη ζημιές. Στο σύστημα διανομής φυσικού αερίου εντοπίστηκαν 22 διαρροές όπου η διάβρωση ήταν ο κύριος υπαίτιος εκτός από μία περίπτωση. Ακριβώς 5,900 διαρροές εντοπίστηκαν μετά το σεισμό, όπου οι 2,000 προκλήθηκαν από το σεισμό. Σε ποσοστό 75% η βλάβη οφειλόταν σε συνδέσεις με συσκευές αερίου που είχαν μετακινηθεί λόγω της δόνησης. Επίσης σε δίκτυα χαμηλής πίεσης, στους κύριο δίκτυο διανομής και στους μετρητές εντοπίστηκαν 300 διαρροές.

Οι έρευνες που διενεργήθηκαν μετά το σεισμό αποκάλυψαν σημαντικές πληροφορίες για τις επιπτώσεις ενός μεσαίου μεγέθους σεισμού σε μια αστική περιοχή. Η πληγείσα περιοχή του σεισμού ανήκει στη δικαιοδοσία του Πυροσβεστικού Τμήματος του Λος Άντζελες. Τη μέρα του σεισμού, το συγκεκριμένο τμήμα ανταποκρίθηκε σε 1,185 περιστατικά, ενώ ο μέσος αριθμός περιστατικών σε μία συνηθισμένη μέρα είναι 750. Ωστόσο, από τα περιστατικά αυτά τα 475 καταγράφηκαν μεταξύ 7:42π.μ. και 11:00π.μ. το πρωινό του σεισμού. Από τα 1,185 περιστατικά, τα 155 αναφερόταν σε φωτιά και τα 61 σε δομική πυρκαγιά. Έξι (6) αναφλέξεις αποδόθηκαν στο σεισμό, από τις οποίες οι τρεις (3) οφειλόταν σε φυσικό αέριο και τρεις (3) σε ηλεκτρικές συσκευές.

<i>Βλάβες</i>	<i>Αριθμός</i>	<i>% του Συνόλου</i>
Συσκευή: Άνοιγμα	40	2
Συσκευή: Ποικίλες βλάβες	134	7
Σύνδεση Συσκευής: Βεληνεκές	90	5
Σύνδεση Συσκευής: Θερμοσίφωνα	385	20
Σύνδεση Συσκευής: Καμίσι	127	7
Σύνδεση Συσκευής: Ξηραντήριο	46	2
Σύνδεση Συσκευής: Ποικίλες	97	5
Σωλήνωση: Μετρητές	376	20
Σωλήνωση: Οικιακό Δίκτυο	505	26
Σωλήνωση: Προαύλιο Δίκτυο	120	6
ΣΥΝΟΛΟ	1,920	

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4 Σύνοψη Ενεργειών Επιδιόρθωσης που πραγματοποιήθηκαν από την Εταιρία Αερίου της Νότιας Καλιφόρνιας μετά το Σεισμό στο Γουίτερ Νάροους

2.4.2 Σεισμός στην Ινδία, 1989

Στις 18 Απριλίου 1989 ένα ατύχημα σημειώθηκε σε αγωγό μεταφοράς φυσικού αερίου (14in) που ήταν ιδιοκτησία εταιρίας αερίου της Ινδία. Το δίκτυο μετέφερε συμπιεσμένο φυσικό αέριο, πίεσης 295-298 psig από το σταθμό συμπίεσης σε διάφορους καταναλωτές. Το ατύχημα έγινε σε 730ft απο τον σταθμό συμπίεσης. Το προσωπικό ασφαλείας άκουσε ένα δυνατό θόρυβο στις 9:50 και είδε ένα τεράστιο σύννεφο μαύρου καπνού που έβγαινε από τον διαρηγμένο σωλήνα που έπιασε φωτιά αμέσως. Η φωτιά αρχικά ανυψώθηκε στα 150ft και προκάλεσε ζημιές σε κτίρια όπου υπήρχαν καταστήματα και αποθήκη υλικών. Δύο (2) υπάλληλοι σκοτώθηκαν και άλλοι έξι (6) έπαθαν εγκαύματα. Οι έρευνες έδειξαν ότι το κομμάτι του αγωγού όπου σημειώθηκε η έκρηξη ήταν εκτεταμένα σκουριασμένο σε σύγκριση με άλλα κομμάτια του αγωγού. Ο υπόγειος αγωγός ήταν κοντά στην αποθήκη υλικών όπου παλιά κελιά από μόλυβδο είχαν αποθηκευτεί. Η διάβρωση μπορεί να οφείλεται στη διαρροή αναλώσιμου ασθενές οξέος το οποίο διαπέρασε το έδαφος και διάβρωσε τον θαμμένο αγωγό.

2.4.3 Σεισμός στη Λόμα Πριέτα (Loma Prieta's), Καλιφόρνια, 17^η Οκτωβρίου 1989

Ο σεισμός στη περιοχή της Λόμα Πριέτα (Loma Prieta, California) σημειώθηκε στις 17 Οκτωβρίου 1989 στις 5:04 μ.μ., περίπου 97 χιλιόμετρα νότια του Σαν Φρανσίσκο με ένταση 7,2R. Ο σεισμός προκάλεσε σοβαρές ζημιές σε περίπου 900 σπίτια κοντά στο επίκεντρο του σεισμού και στην περιοχή του Σαν Φρανσίσκο. Οι καταστροφές στη περιοχή αυτή προκλήθηκαν από την ενίσχυση των επιφανειακών δονήσεων από το αμμόδες έδαφος και τη ρευστοποίηση του εδάφους που συνδέθηκε με τα προγράμματα αποκατάστασης εδάφους, μερικά από τα οποία χρονολογούνται από το 1800.

Τα θύματα ξεπέρασαν τους 60 και η παροχή ηλεκτρικού διακόπηκε στο μεγαλύτερο μέρος της βόρειας χερσονήσου του Σαν Φρανσίσκο. Η Εταιρία Αερίου Πασίφικ (Pacific Gas) και η Εταιρία Ηλεκτρισμού (Electric Company) είναι υπεύθυνες για τη διανομή φυσικού αερίου και ηλεκτρικού ρεύματος στις πληγείσες περιοχές. Τρεις περιοχές εξυπηρέτησης απομονώθηκαν από το υπόλοιπο σύστημα λόγω της μεγάλης καταστροφής που προκάλεσε ο σεισμός. Η εδαφολογική αστοχία στη Περιφέρεια Μαρίνα (Marina District) του Σαν Φρανσίσκο είχε επιπτώσεις στο παλιό δίκτυο χαμηλής πίεσης διανομής φυσικού αερίου που ήταν κατασκευασμένο

από χυτοσίδηρο και ασάλι. Το δίκτυο παροχής στη περιοχή διακόπηκε, επηρεάζοντας 5,100 πελάτες. Κοντά στο επίκεντρο του σεισμού, το δίκτυο χαμηλής πίεσης στις πόλεις Λος Γάτος (Los Gatos) και Γατσονβίλε (Watsonville) διακόπηκε η παροχή επηρεάζοντας 306 καταναλωτές.

Σχεδόν σε 160,000 καταναλωτές φυσικού αερίου διακόπηκε η παροχή μετά το σεισμό κυρίως από τους ίδιους μετά από έκκληση των μέσων μαζικής ενημέρωσης. Μετά τη πάροδο εννέα ημερών (9) το προσωπικό της Εταιρίας Αερίου Πασίφικ (Pacific Gas) και της Εταιρία Ηλεκτρισμού (Electric Company) και άλλων έξι (6) γειτονικών οργανισμών και συμβασιούχων υδραυλικών αποκατέστησαν την παροχή σε περισσότερους από 156,000 ιδιώτες. Από αυτές τις ομάδες ένας μέσος όρος 1,000 ατόμων δούλεψε για 5 μέρες αυτή τη περίοδο.

Κατά τη διάρκεια των δύο (2) εβδομάδων μετά το σεισμό ανιχνεύτηκαν 1,094 διαρροές στο σύστημα διανομής αερίου και 601 χαρακτηρίστηκαν διαρροές Επιπέδου 1 ή πιθανώς επικίνδυνες για την υγεία ή το κτίριο. Το 85% (510 διαρροές) που ταξινομήθηκαν στο Επίπεδο 1 σημειώθηκαν στους αγωγούς εξυπηρέτησης των κτιρίων. Το 1/3 των παραγόντων έκθεσης (δραστηριότητες τρίτων, διάβρωση, αστοχία υλικού) συνδυάστηκαν με τις επιπτώσεις του σεισμού και επιτάχυναν τις διαρροές. Δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι οι περιοχές όπου πραγματοποιήθηκαν οι περισσότερες ενέργειες αποκατάστασης του δικτύου διανομής αερίου συνέπιπταν με τις περιοχές όπου πολυόροφα και ψηλά κτίρια υπέστησαν δομικές ζημιές.

Ωστόσο, ο σεισμός προκάλεσε εκρήξεις κοντά στο επίκεντρό του και στο Σαν Φρανσίσκο σημειώθηκε ο μεγαλύτερος αριθμός αναφλέξεων μετά το σεισμό.

<i>Περιοχή</i>	<i>Εκρήξεις λόγω Σεισμού</i>
Σαν Φρανσίσκο (San Fransisco, October 17-19)	31
Μπερκέλεϋ (Berkeley)	1
Κομητεία Σάντα Κρουζ (Santa Cruz County)	20
Γατσονβιλ (Watsonville)	3
Κομητεία Σάντα Κλάρα (Santa Clara County)	1
Κρατικό Πάρκο Νισένε Μαρκς (Nisene Marks State Park)	1

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5 Πυρκαγιές που προκλήθηκαν από το Σεισμό στη περιοχή Λόμα

Πριέτα

Οι αιτίες που προκάλεσαν τις εκρήξεις στο Σαν Φρανσίσκο, σύμφωνα με τις αναφορές της πυροσβεστικής, συνοψίζονται στον Πίνακα 2.9. Θεωρώντας ότι η πιθανότητες να είναι αιτία της φωτιάς το φυσικό αέριο ή ο ηλεκτρισμός, είναι ίσες, τότε το φυσικό αέριο θα μπορούσε να αποτελεί παράγοντα ανάφλεξης κατά 34% ενώ ο ηλεκτρισμός κατά 56%.

<i>Αιτία</i>	<i>Αριθμός</i>	<i>% επί του συνόλου</i>
Καλώδια ηλεκτρισμού	6	19
Ηλεκτρικές Συσκευές	8	26
Φούρνος (Αερίου ή Ηλεκτρικός)	9	29
Θερμοσίφωνα	1	3
Άλλες συσκευές αερίου	2	6
Έκρηξη αερίου	1	3
Διάφορα	4	13
Άγνωστα	1	3

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.6 Αιτίες έκρηξης στο Σαν Φρανσίσκο που προκλήθηκαν από το Σεισμό στο Λόμα Πιρέτα

2.4.4 Σεισμός στο Νόρθριτζ (Northridge), Καλιφόρνια, 17^η Ιανουαρίου 1994

Στις 17 Ιανουαρίου του 1994, στις 4:31π.μ., η περιοχή Νόρθριτζ της Καλιφόρνια, χτυπήθηκε από σεισμό μεγέθους 6,7R. Το επίκεντρο εντοπίστηκε στην πόλη Ρεσέντα (Reseda), κοντά στο κέντρο της κοιλάδας Άγιος Φερνάντος (SAN Fernando). Ο σεισμός προκάλεσε ολοκληρωτική απόλεια ηλεκτρικής ενέργειας στην πόλη του Λος Αντζελες και των παρακείμενων περιοχών.

Η πληγείσα περιοχή περιλάμβανε διαφορετικούς τύπους και έτος δόμησης. Οι κατοικίες αποτελούσαν περίπου το 93% της δόμησης της κομητείας του Λος Αντζελες. Στις έρευνες καταγραφής των ζημιών που προκάλεσε ο σεισμός έγινε συσχετισμός της θέσης των κτιρίων και το υψηλό ποσοστό καταστροφής και ζημιών στις υποδομές με τη θέση των υποδομών που είχαν κατασκευαστεί πριν το 1920 οι οποίες δεν ικανοποιούσαν τις απαιτήσεις των σύγχρονων αντισεισμικών μεθόδων κατασκευής και σχεδιασμού.

Η Εταιρία Παροχής Αερίου της νότιας Καλιφόρνια επηρεάστηκε σε μεγάλο βαθμό από το σεισμό. Στην σχετική έκθεσή που εκδόθηκε μετά από ένα μήνα από το σεισμό ανέφερε ότι είχε λάβει περισσότερο από 276,000 κλήσεις μετά το σεισμό. Η βλάβη

στο δίκτυο του φυσικού αερίου περιλάμβανε 35 αστοχίες στις παλαιότερες γραμμές παροχής, 123 αστοχίες στους κεντρικούς χαλύβδινους αγωγούς διανομής και 117 αστοχίες στις γραμμές σύνδεσης. Επιπλέον 394 διαρροές λόγω διάβρωσης προσδιορίστηκαν κατά τη διάρκεια των επιθεωρήσεων μετά το σεισμό.



Εικόνα 2.2 Μία από τις λίγες περιοχές ρευστοποίησης του εδάφους στη Παραλία του Ρεντόντον (Kings Harbour Marina in Redondo Beach), 27 μίλια από το επίκεντρο

Πηγή: www.eeri.org/lfe/usa_northridge_photo_gallery.html

Ο συνολικός αριθμός πελατών στους οποίους διακόπηκε η παροχή αερίου αμέσως μετά από τον κύριο σεισμό και τις μετασεισμικές δονήσεις που ακολούθησαν, υπερέβη τις 150,000, και περίπου 133,000 πελάτες διέκοψαν την παροχή για προληπτικούς λόγους. Περίπου 15,000 από τις παροχές που διακόπηκαν, ανιχνεύθηκαν διαρροές απροσδιόριστης δριμύτητας όταν αποκαταστάθηκε η βλάβη.

Περισσότεροι από 3,400 υπάλληλοι απασχολήθηκαν στο δίκτυο μετά το σεισμό, από τους οποίους οι 420 εργάζονταν σε άλλες εταιρίες παροχής αερίου της Καλιφόρνιας για την αποκατάσταση του δικτύου. Η υπηρεσία αποκαταστάθηκε σε περίπου 120,000 πελάτες μέσα σε 12 ημέρες. Περίπου 9,000 πελάτες παρέμειναν χωρίς φυσικό αέριο για έναν μήνα μετά από το σεισμό λόγω στατικής βλάβης ή αδυναμίας προσέγγισης του κτιρίου.

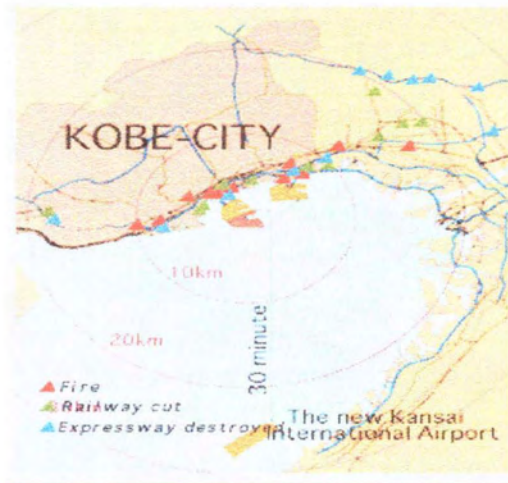
<i>Πυροσβεστικό Τμήμα</i>	<i>Εκρήξεις λόγω Σεισμού</i>	<i>Εκρήξεις που σημειώθηκαν στο δίκτυο φυσικού αερίου λόγω του σεισμού</i>
Μπεβερλυ Χιλς (Beverly Hills)	0	0
Μπαρμπανκ (Burbank)	0	0
Πόλη του Λος Αντζελες (City of Los Angeles)	77	38
Κόντα Μέσα (Costa Mesa)	0	0
Κοβίνα (Covina)	1	0
Γκλεντάλε (Glendale)	0	0
Ελ Μοντε (El Monte)	1	0
Φιλμορ (Fillmore)	2	1
Ινγκλεγουντ (Inglewood)	1	0
Λονγκ Μπιτς (Long Beach)	1	0
Newport Beach	0	0
Pasadena	1	?
Santa Monica	10	6
Santa Paula	0	0
South Pasadena	0	0
Los Angeles County	15	6
Ventura County	10	3
ΣΥΝΟΛΟ	110	54

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.7 Στατιστικά Πυρκαγιών σε Υποδομές στο Σεισμό του Νόρθρινζ (17 Ιανουαρίου 1994)

Μετά το σεισμό θα μπορούσαν να έχουν υποβληθεί πολλές αιτήσεις αποζημίωσης από ιδιώτες για τις βλάβες που υπέστησαν οι οικιακές συσκευές. Υποθέτοντας ότι μόνο 125,000 (25%) των αιτήσεων αποζημίωσης αντιπροσωπεύουν τις ζημιές που θα μπορούσαν αν επέλθουν από εκρήξεις λόγω του φυσικού αερίου, το ποσοστό των αναφλέξεων δεδομένων των καταστροφών στις εγκαταστάσεις του φυσικού αερίου, ήταν λιγότερο από 1 στις 3,000.

2.4.5 Σεισμός Κομπ (Kobe), Ιαπωνία, Ιανουάριος 1995

Το Ιανουάριο του 2005, στις 4:31 π.μ. σημειώθηκε σεισμός μεγέθους 7.2 της κλίμακας Ρίχτερ στην πόλη Κόμπ της Ιαπωνίας. Ο σεισμός προκάλεσε σοβαρές ζημιές στην υποδομή, τα συστήματα μεταφοράς και τα δίκτυα φυσικού αερίου, περισσότερα από 60,000 άτομα σκοτώθηκαν και 40,000 τραυματίστηκαν. Το εκτιμώμενος κόστος καταστροφής ανέρχεται στα 200 εκατομμύρια δολάρια.



Εικόνα 2.3 Το επίκεντρο του σεισμού στη πόλη Κομπ

Οι πιο σημαντικές καταστροφές που σημειώθηκαν στη πόλη Κομπ είναι οι εξής:

- Περισσότερα από 240,000 κτίρια καταστράφηκαν
- 1.3 εκατομμύρια σπίτια δεν είχαν νερό
- 2.6 εκατομμύρια νοικοκυριά έμειναν χωρίς ηλεκτρικό
- Η παροχή αερίου διακόπηκε σε 860,000 πελάτες
- Η τηλεφωνική σύνδεση διακόπηκε σε 300,000
- Δρόμοι και σιδηροδρομικές γραμμές καταστράφηκαν

Συγκεκριμένα οι ζημιές που υπέστη το δίκτυο φυσικού αερίου συνοψίζονται ως εξής:

- 106 κεντρικοί αγωγοί μέσης πίεσης υπέστησαν ζημιές
- 26,459 γραμμές παροχής χαμηλής πίεσης υπέστησαν ζημιές
- Χρειάστηκαν 15 ώρες για να κλείσουν το σύστημα που ξεκίνησε τις φωτιές
- Χρειάστηκαν 85 μέρες για αποκατάσταση του δικτύου διανομής φυσικού αερίου

brings home
ror of quake

The earthquake struck the city at 5:46 a.m. on Jan. 17, 1995, and caused a major disaster. The quake was felt in a wide area, and many people were injured and property was damaged. The quake was the most powerful ever recorded in Japan.



We had a severe earthquake.



Kobe's Earthquake News²⁸





Εικόνα 2.4 Η περιοχή που έπληξε η φωτιά που προκλήθηκε από εκρήξεις στο δίκτυο φυσικού αερίου (Κομπ)

Πηγή: www.mines.utha.edu



Εικόνα 2.5 Πάνω από 300 πυρκαγιές ξεκίνησαν από διαρροή φυσικού αερίου σε αγωγούς που υπέστησαν ρήξη

Πηγή: www.mines.utha.edu

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Ελληνικός χώρος βρίσκεται στα όρια επαφής και σύγκλισης της **Ευρασιατικής** πλάκας με την **Αφρικανική**, γι' αυτό και είναι χώρος μεγάλης σεισμικότητας. Πρέπει στο σημείο αυτό να αναφερθεί ότι η σεισμικότητα ενός τόπου καθορίζεται από τη συχνότητα εμφάνισης των σεισμών και από τα μεγέθη τους. Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία η Ελλάδα, από άποψη σεισμικότητας, κατέχει την πρώτη θέση στη Μεσόγειο και στην Ευρώπη καθώς και την έκτη θέση σε παγκόσμιο επίπεδο, μετά την Ιαπωνία, Vanuatu (Νέες Εβρίδες), Περού, νησιά Σολομώντος και Χιλή.



Εικόνα 3.1 Ο σεισμικός χάρτης της Ελλάδας

Βασικό τεκτονικό γνώρισμα του Ελληνικού χώρου είναι το **Ελληνικό τόξο**. Το Ελληνικό τόξο (τόξο του Αιγαίου) αποτελεί το όριο επαφής της Ευρασιατικής λιθοσφαιρικής πλάκας, τμήμα της οποίας είναι το Αιγαίο, και της Αφρικανικής πλάκας. Οι δύο λιθοσφαιρικές πλάκες συγκλίνουν στην περιοχή αυτή με σχετική ταχύτητα 2,5 εκατοστά το χρόνο, με συνέπεια την καταβύθιση της ωκεάνιας πλάκας της Ανάτ. Μεσογείου (Αφρικανικής), λόγω μεγαλύτερης πυκνότητας, κάτω από την

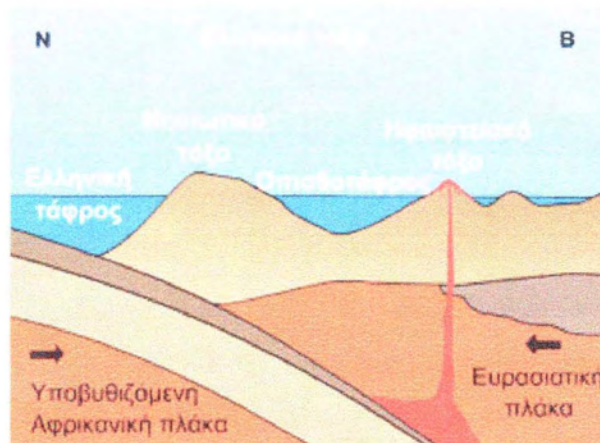
ηπειρωτική πλάκα του Αιγαίου. Το τόξο που δημιουργείται στη περίπτωση αυτή αποτελείται από: την ελληνική τάφρο, το νησιωτικό τόξο, την οπισθοτάφρο και το ηφαιστειακό τόξο.

Η **τάφρος** δημιουργείται κατά μήκος της επαφής των δύο πλακών. Πρόκειται για ένα σύστημα τάφρων, μία σειρά από βαθιές θαλάσσιες λεκάνες, από τη Ρόδο έως και την Κεφαλονιά (γνωστή και ως ελληνική διάυλος). Το μέγιστο βάθος της εντοπίστηκε νοτιοδυτικά της Πελοποννήσου στο Ιόνιο πέλαγος (βάθος περίπου 4.500m). Αυτό είναι το βαθύτερο σημείο της Μεσογείου.

Το **νησιωτικό τόξο** αποτελείται από μία σειρά διαδοχικών νησιών (Ρόδος, Κρήτη, Κύθηρα κ.ά.) και από την Πελοπόννησο. Τοποθετείται παράλληλα ως προς την τάφρο και σε μικρή απόσταση από αυτήν. Το τόξο αυτό δημιουργείται από την παραμόρφωση και την ανύψωση πετρωμάτων (κυρίως ιζηματογενών) του περιθωρίου της Ευρασιατικής πλάκας και περιλαμβάνει πολύ παραμορφωμένα πετρώματα της Αλπικής πτύχωσης.

Η **οπισθοτάφρος** είναι μία θαλάσσια λεκάνη (Κρητικό πέλαγος), μικρότερου βάθους από την τάφρο. Το μέγιστο βάθος της φτάνει τα 2.000m περίπου. Η λεκάνη αυτή βρίσκεται μπροστά από το νησιωτικό τόξο και πάνω στην Ευρασιατική πλάκα.

Τέλος, το **ηφαιστειακό τόξο** αποτελείται από διαδοχικά, ενεργά και ανενεργά ηφαίστεια (Σουσάκι, Μέθανα, Μήλος, Σαντορίνη, Νίσυρος). Η δημιουργία τους οφείλεται σε ανάτηξη υλικού της υποβυθιζόμενης Αφρικανικής πλάκας. Κατά την άνοδό του το υλικό αυτό διαπερνά την Ευρασιατική πλάκα και σχηματίζει τα ηφαίστεια.



Εικόνα 3.2 Οι κινήσεις των τεκτονικών πλακών

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα τελευταία χρόνια έχει δρομολογηθεί, μέσω ερευνητικών προγραμμάτων, μία σειρά βαθιών γεωτρήσεων και μία σειρά σεισμικών τομών με

υποθαλάσσιους σειсмоγράφους στην περιοχή του Ν. Αιγαίου και έτσι οι επιστήμονες ελπίζουν ότι σύντομα θα έχουν στη διάθεσή τους νέα, πληρέστερα στοιχεία σχετικά με την κίνηση των πλακών αλλά και τη δομή και την εξέλιξη του ελληνικού τόξου γενικότερα. Όσον αφορά την περιοχή του Β. Αιγαίου, βασικό της μορφολογικό χαρακτηριστικό είναι η τάφρος του Βορείου Αιγαίου, με βάθος 1.500m περίπου.

Μία γεωγραφική κατανομή των **επικέντρων των σεισμών** στον ελληνικό χώρο οδηγεί στις εξής παρατηρήσεις: τα επίκεντρα των **επιφανειακών σεισμών** στον Ελληνικό χώρο και τις γύρω περιοχές (ε/κ. 1.35), εμφανίζουν σημαντική διασπορά. Παρόλα αυτά όμως, τα περισσότερα διατάσσονται κατά μήκος μίας τοξοειδούς ζώνης στην περιοχή του ελληνικού τόξου (Δ. Αλβανία - νησιά Ιονίου πελάγους - Κρήτη - Κάρπαθος - Ρόδος - Ν.Δ. Τουρκία). Σημαντική σεισμική δραστηριότητα παρατηρείται επίσης και στην περιοχή του Β. Αιγαίου και της Β.Δ. Ανατολίας οι σεισμοί **ενδιάμεσου βάθους** εκδηλώνονται στην περιοχή του Ν. Αιγαίου. Τα επίκεντρα διατάσσονται σε μία ζώνη παράλληλη με το ελληνικό τόξο, ενώ οι εστίες βρίσκονται πάνω στη ζώνη Benioff η οποία κλίνει με γωνία περίπου 350 από το κυρτό προς το κοίλο μέρος του τόξου, από την Ανάτ. Μεσόγειο προς το Αιγαίο πέλαγος. Τα εστιακά τους βάθη φτάνουν έως τα 160 km περίπου. Το θέμα της σεισμικής δραστηριότητας στο Αιγαίο και των αιτιών της είναι αρκετά πολύπλοκο.

Τα διαθέσιμα στοιχεία δείχνουν ότι η **σεισμική δραστηριότητα στο Αιγαίο είναι αυξημένη εξαιτίας** της ύπαρξης συμπιεστικής δύναμης που οφείλεται στη σύγκλιση της Αφρικανικής - Ανάτ. Μεσογείου λιθοσφαιρικής πλάκας με την αντίστοιχη Ευρασιατική - Αιγαίο. Η σύγκλιση αυτή προκαλεί τους επιφανειακούς σεισμούς κατά μήκος του Ελληνικού τόξου καθώς και τους σεισμούς ενδιάμεσου βάθους στο Ν. Αιγαίο της συμπιεστικής δύναμης που οφείλεται στην άριστερόστροφη περιστροφή της Αδριατικής - Απούλιας πλάκας. Η περιστροφή προκαλεί τη γένεση επιφανειακών σεισμών κατά μήκος των δυτικών ακτών της Κεντρικής Ελλάδας, της Αλβανίας κ.ά. της συμπιεστικής δύναμης που οφείλεται κυρίως στην κίνηση της Τουρκικής - Ανατολίας λιθοσφαιρικής πλάκας προς τα δυτικά. Η κίνηση αυτή δημιούργησε το δεξιόστροφο ρήγμα της Β. Ανατολίας και τους δύο κλάδους του (ένα σύνολο παράλληλων ρηγμάτων) που φτάνουν μέχρι το Βόρειο Αιγαίο των οριζόντιων εφελκυστικών δυνάμεων που έχουν διεύθυνση βορρά - νότου και αναπτύσσονται στην κάτω επιφάνεια της πλάκας του Αιγαίου εξαιτίας της οριζόντιας κίνησης των ρευμάτων μεταφοράς.

Κλίμακα MM (Mercalli)	Χαρακτηριστικά Σεισμών	Κλίμακα MI (Richter)
I	Δε γίνεται αισθητός.	2
II	Αισθητός από μερικούς ανθρώπους που βρίσκονται σε ανάπαυση στους ψηλότερους ορόφους κτιρίων	3
III	Αισθητός μέσα στα σπίτια. Μπορεί να μην αναγνωριστεί ως σεισμός. Δονήσεις σαν να περνάει ελαφρύ φορτηγό.	4
IV	Τίθενται σε κίνηση αντικείμενα που κρέμονται πχ φωτιστικά. Τζάμια τρίζουν. Σταματημένα αυτοκίνητα κλυδωνίζονται. Δονήσεις σαν να περνάει βαρύ φορτηγό. Κρότος παραθύρων, χτύπος στις πόρτες.	4
V	Αισθητός στην ύπαιθρο. Αυτοί που κοιμούνται ξυπνούν. Αιώρηση αντικειμένων που κρέμονται. Ανατροπή μερικών μικρών αντικειμένων.	5
VI	Αισθητός από όλους. Πολλοί τρομοκρατούνται και τρέχουν έξω από τα κτίρια. Οι άνθρωποι περπατούν με αστάθεια. Μικρές καμπάνες ηχούν. Μετακίνηση ή ανατροπή πολυάριθμων μεγάλων αντικειμένων και επίπλων. Βλάβες σε σοβάδες, κεραμίδια, καπνοδόχους. Βλάβες λίγες, ελαφρές.	6
VII	Μεγάλες καμπάνες ηχούν. Πτώση πολυάριθμων κεραμιδιών, καπνοδόχων. Σοβάδες και τοιχοποιία ρηγματώνονται στις συνηθισμένες κατασκευές. Στις κακές κατασκευές πέφτουν σοβάδες, αποκολλούνται τούβλα και πέτρες. Γίνεται αισθητός από οδηγούς αυτοκινήτων. Κυματισμός στις λίμνες, θόλωμα νερού από λάσπη	6
VIII	Επιηρεάζεται η οδήγηση των αυτοκινήτων. Αρκετές ζημιές και μερική κατάρρευση στις συνηθισμένες κατασκευές. Λίγες βλάβες στην τοιχοποιία των καλών κατασκευών, και μεγάλες στις κακές κατασκευές. Κλαδιά σπάνε από τα δένδρα. Αλλαγές στη ροή και στη θερμοκρασία του νερού σε πηγές και σε πηγάδια.	7
IX	Γενική καταστροφή στις κακές κατασκευές. Σοβαρές βλάβες στην τοιχοποιία των καλών κατασκευών. Υπόγειοι αγωγοί σπάζουν. Σε περιοχές με αλλούβια αναβλύζει από το έδαφος λεπτή άμμος, ιλύς και νερό.	7
X	Καταστροφή μερικών καλών κατασκευασμένων ξύλινων κτιρίων και γεφυρών. Οι περισσότερες κατασκευές τοιχοποιίας και τα προκατασκευασμένα κτίσματα καταστρέφονται μαζί με τα θεμέλια. Σοβαρές ζημιές σε φράγματα, υδροφράχτες και αναχώματα. Μεγάλες κατολισθήσεις. Οι σιδηροτροχιές κάμπτονται.	8
XI	Μεγάλες ρωγμές στο έδαφος. Οι σιδηροτροχιές κάμπτονται έντονα. Υπόγειοι αγωγοί καταστρέφονται εντελώς.	8
XII	Ολική καταστροφή. Αντικείμενα εκτινάσσονται στον αέρα. Μεταβάλλεται η επιφάνεια του εδάφους και η γραμμή του ορίζοντα.	9

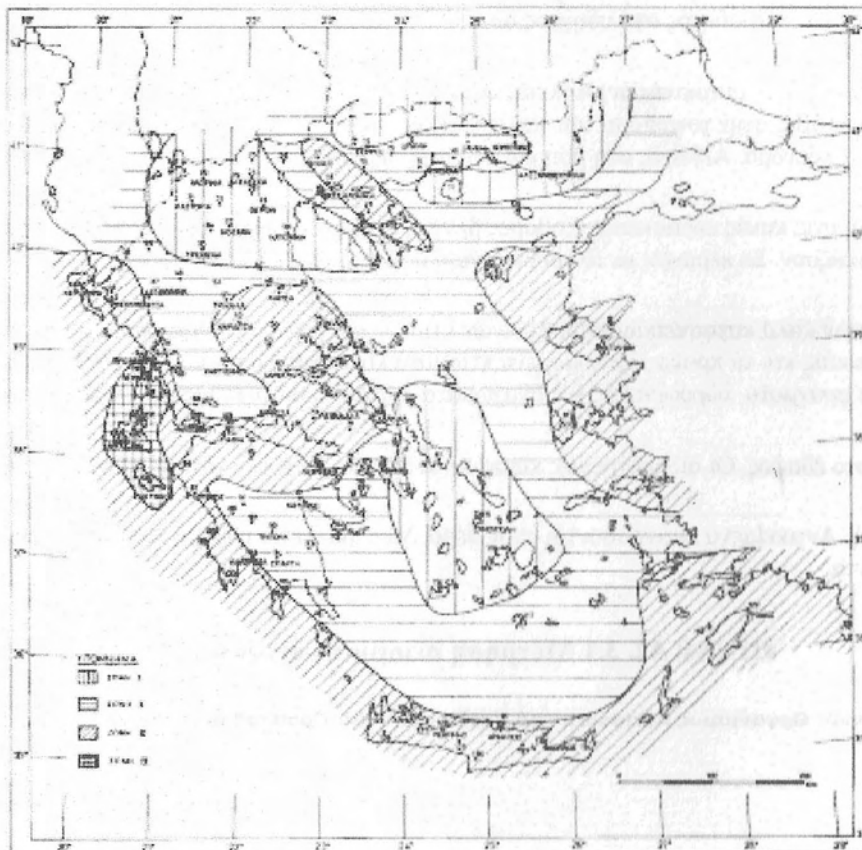
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 Μέτρηση σεισμικής έντασης

Πηγή: Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (ΟΑΣΠ)

3.2 ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ – ΜΕΛΕΤΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

Ο Ν. Μαγνησίας και η ευρύτερη περιοχή χαρακτηρίζονται από υψηλή σεισμικότητα. Ισχυροί σεισμοί έχουν πλήξει επανειλημμένα την περιοχή και ειδικά την πόλη του Βόλου. Τον τελευταίο αιώνα 12 ισχυροί σεισμοί μεγέθους 5.8 έως 7.0 έπληξαν τον Βόλο με εντάσεις μακροσεισμικής κλίμακα Mercalli μεταξύ V και VIII. Η ισχυρότερη σεισμική ακολουθία 1955-1957 με

επίκεντρα πολύ κοντά στον Βόλο (Λεχώνια, Βελεστίνο) προκάλεσε σημαντικές καταστροφές, οι μνήμες των οποίων είναι ακόμη νωπές στην περιοχή. Ταυτοχρόνως, όμως, ευαισθητοποίησε την κοινωνία, την πολιτεία και τον τεχνικό κόσμο στα θέματα των σεισμών και της αντισεισμικής προστασίας. Ο Βόλος εντάσσεται στην κατηγορία - ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας III του ΕΑΚ2000 (Σχ. 3.1). Στόχος της μελέτης σεισμικής επικινδυνότητας είναι η πρόταση του «σεισμού σχεδιασμού» με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 χρόνια, όπως ορίζει ο ΕΑΚ2000, καθώς επίσης και των κατάλληλων προσομοιώσεων της ισχυρής εδαφικής κίνησης σχεδιασμού στο βραχύδες υπόβαθρο για τη μελέτη της εδαφικής απόκρισης.



Σχ. 3.1 Χάρτης ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας της Ελλάδας σύμφωνα με ΕΑΚ2000

Η Μαγνησία και η ευρύτερη περιοχή ανήκει σε μια ζώνη υψηλής σεισμικότητας. Στη Θεσσαλία, η μέση περίοδος επανάλιψης ενός σεισμού $M_s=6.3$ είναι 15 χρόνια. Οι ζώνες διάρρηξης είναι κανονικά ρήγματα με διεύθυνση εφελκυσμού κυρίως Βορρά-Νότου. Στον τελευταίο αιώνα, η πόλη του Βόλου έχει πληγεί επανειλημμένα από ισχυρούς σεισμούς οι οποίοι προκάλεσαν σημαντικές καταστροφές. Στα σχήματα 3.2 φαίνονται οι ισόσειστες των

μακροσεισμικών εντάσεων Mercalli των σημαντικότερων σεισμών της περιόδου 1894-1985 οι οποίοι έγιναν αισθητοί στον Βόλο με ένταση $IMM > 5$ (Papazachos et al., 1997). Οι εντάσεις που καταγράφηκαν στο Π.Σ. Βόλου – Ν. Ιωνίας δίδονται στον Πίνακα 3.1.

ΕΤΟΣ	ΜΕΓΕΘΟΣ	ΕΠΙΚΕΝΤΡΟ	I_{MM} στο ΒΟΛΟ
1894	7.2	Αγ. Κωνσταντίνος	VII
1905	6.2	Κεραμίδι	VII ⁻
1916	5.8	Σκιάθος	V
1930	6.1	Πουρί	VII ⁻
1941	6.3	Λάρισα	V ⁻
1954	7.0	Σοφάδες	VI ⁻
1955	6.2	Λεχώνια	VII ⁻ - VIII
1955	5.8	Μαγνησία	VI
1957	6.8	Βελεστίνο	VIII ⁻
1957	5.6	Κανάλια	VII
1965	6.1	Αλόνησος	V
1980	6.5	Αλυρός	V ⁻
1985	5.8	Μαγνησία	V

Πίνακας 3.2 Εντάσεις Mercalli στο Π.Σ. Βόλου – Ν. Ιωνίας από σεισμούς της ευρύτερης περιοχής (1894-1985).

Οι ισχυρότεροι από αυτούς τους σεισμούς (Λεχώνια 1995 $M=6.2$ και Βελεστίνο 1957 $M=6.8$) προκάλεσαν τις περισσότερες ζημιές. Ο σεισμός των Λεχωνίων (19.04.1955) είχε ως αποτέλεσμα την καταστροφή 459 σπιτιών, επί συνόλου 10.047 ενώ άλλα 6.068 σπίτια υπέστησαν σοβαρές ζημιές. Ένα άτομο έχασε τη ζωή του και 41 τραυματίστηκαν. Οι περισσότερες ζημιές παρατηρήθηκαν στην Αγριά και Άνω και Κάτω Λεχώνια (VIII+) ενώ στο Βόλο και στον Άνω Βόλο η μέγιστη ένταση ήταν VIII. Ο σεισμός του Βελεστίνου (08.03.1957) ήταν ισχυρότερος ($M=6.8$) και έγινε αισθητός σε ολόκληρη τη Θεσσαλία. Στην περιοχή του Βόλου προκάλεσε σημαντικές ζημιές κυρίως στις βορειότερες συνοικίες και στον Άνω Βόλο.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΜΙΚΡΟΖΩΝΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ Π.Σ. ΒΟΛΟΥ-Ν.ΙΩΝΙΑΣ

3.3 Μικροζωνική χαρτογράφηση Π.Σ. Βόλου – Ν. Ιωνίας

Χωρισμός σε ζώνες ισοδύναμης – όμοιας – σεισμικής συμπεριφοράς για τους «σεισμούς σχεδιασμού» με πιθανότητα υπέρβασης 10% σε 50 χρόνια.

- Μέσες τιμές «δρώσας – ενεργού» εδαφικής επιτάχυνσης σχεδιασμού σε κάθε ζώνη.
- Ελαστικά φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης (κανονικοποιημένες τιμές) σε κάθε ζώνη και ποσοστό απόσβεσης $\zeta = 5\%$ ($PSA/PGA = \beta(T)$ κατά ΕΑΚ-2000).
- Μέσες τιμές συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης A_{max} ανά ζώνη.
- Δεσπόζουσες περίοδοι εδαφικών αποθέσεων, T_0 (sec), ανά ζώνη.
- Μέσες τιμές μέγιστων διατμητικών παραμορφώσεων του εδάφους γ .
- Χάρτης των περιοχών όπου διαπιστώθηκε υψηλός κίνδυνος ρευστοποίησης για τους «σεισμούς σχεδιασμού», όπου δηλαδή απαιτείται συστηματικός έλεγχος και ενδεχομένως λήψη μέτρων αντιμετώπισης σε κάθε μελέτη και κατασκευή κτιριακών και άλλων τεχνικών έργων.
- Οι μέγιστες (κορυφαίες) τιμές της εδαφικής επιτάχυνσης σε όλες τις αντιπροσωπευτικές εδαφικές τομές και για τα εννέα (9) σεισμικά σενάρια κυμαίνονται από 0,15g έως και 0,52g (τοπικά). Οι αντίστοιχες μέσες «δρώσες» τιμές της εδαφικής επιτάχυνσης ανά ζώνη μεταβάλλονται από 0,18g έως 0,28g. Γενικά στην παραλιακή ζώνη οι εδαφικές επιταχύνσεις στη στάθμη 0,00m είναι χαμηλότερες απ' ότι στις βορειότερες περιοχές.
- Οι δεσπόζουσες περίοδοι, T_0 , των εδαφικών σχηματισμών κυμαίνονται από 0,30 sec περίπου στις βόρειες περιοχές έως και 1,5 sec σε ορισμένες θέσεις της παραλιακής ζώνης.
- Οι μέγιστες διατμητικές παραμορφώσεις του εδάφους στους επιφανειακούς σχηματισμούς κυμαίνονται, για τα σεισμικά σενάρια που μελετήθηκαν, από 10^{-4} έως $2 \cdot 10^{-3}$ κατά μέσο όρο. Τοπικά (ανά θέση και βάθος) μπορεί να είναι σχετικά μικρότερες ή μεγαλύτερες από τις τιμές αυτές.

Τα κανονικοποιημένα φάσματα ελαστικής απόκρισης παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις, τόσο από θέση σε θέση, όσο και με βάση το σεισμό σχεδιασμού, για τον οποίο έγινε η εκτίμηση της σεισμικής απόκρισης. Ο σεισμός σχεδιασμού, σύμφωνα με την καταγραφή «Αλμυρός 1980», δίνει συστηματικά πολύ υψηλές φασματικές τιμές, σε σχέση με άλλους σεισμούς, στην περιοχή 0,8 – 1,2 sec. Αντίστοιχα ο σεισμός «Αργοστόλι Χ, Υ» δίνει υψηλές φασματικές τιμές στην περιοχή 0,4 – 0,6 sec. Αντίθετα, ο σεισμός «Κυπαρισσία Χ, Υ» δίνει συστηματικά πολύ χαμηλές μέσες φασματικές τιμές σ' ένα στενό εύρος περιόδων (0,1 – 0,2 sec).

Το εύρος τιμών των κανονικοποιημένων ελαστικών φασμάτων σε κάθε περίοδο κυμαίνεται μεταξύ ευρύτατων ορίων. Για παράδειγμα, στην παραλιακή ζώνη (Α) η άνω περιβάλλουσα των φασμάτων ξεπερνά το 4,0 [= $\beta(T)$], στην περιοχή 0,4 – 0,6 sec και πλησιάζει το 4,0 στην περιοχή 0,8 – 1,2 sec. Στην περιοχή 0,1 – 0,4 sec κυμαίνεται από 1,5 έως 3,5. Ανάλογες παρατηρήσεις μπορούν να γίνουν και στις υπόλοιπες ζώνες (Β, Γ, Δ).

Διαπιστώθηκε επίσης ότι ορισμένες περιοχές της ζώνης Β και συγκεκριμένα η Β2 «συμπεριφέρεται», από απόψεως φασματικής απόκρισης, όπως οι περιοχές που ανήκουν στη ζώνη Α. Ο αρχικός δηλαδή χωρισμός σε ζώνες και υποζώνες, δεν είχε με συστηματικό τρόπο, ως αποτέλεσμα αναλόγως διαφοροποιημένα φάσματα απόκρισης. Το ίδιο ισχύει σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό και για όλες τις άλλες παραμέτρους της ισχυρής εδαφικής κίνησης.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να επισημανθεί, ακόμη μία φορά, ότι τα όρια των ζωνών – υποζωνών δεν είναι δυνατόν να προσδιορισθούν με ακρίβεια. Η γεωμετρική οριοθέτηση στον πολεοδομικό χάρτη της πόλης έχει ένα χαρακτήρα υποκείμενης εκτίμησης και βέβαια εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την πυκνότητα των διαθέσιμων πληροφοριών.

Συνοψίζοντας τις παραπάνω γενικές παρατηρήσεις και λαμβάνοντας υπόψη την αναγκαιότητα διαμόρφωσης προτάσεων, οι οποίες να είναι εφαρμόσιμες στην πράξη και να βρίσκονται υπό το πνεύμα του ΕΑΚ-2000, προχωρήσαμε στην εξής γενική πρόταση :

- Σε ότι αφορά τις τιμές σχεδιασμού της δρώσας εδαφικής επιτάχυνσης και των αντίστοιχων φασμάτων ελαστικής απόκρισης, η υπό μελέτη περιοχή χωρίσθηκε σε τρεις (3) ζώνες (I, II και III), ανάλογης σεισμικής απόκρισης (σχήμα 3.2).

- Σε ότι αφορά τις υπόλοιπες παραμέτρους της ισχυρής εδαφικής κίνησης, προτείνονται μέσες τιμές των T_0 και A_{max} , για κάθε ζώνη και υποζώνη.
- Για τις μέγιστες τιμές της διατμητικής παραμόρφωσης του εδάφους ακολουθείται σε γενικές γραμμές ο χωρισμός σε τρεις (3) ζώνες, που προτάθηκαν για τα φάσματα σχεδιασμού.

Τα όρια των ζωνών είναι προσεγγιστικά. Στην πραγματικότητα θα πρέπει να υπάρχει μία μεταβατικότητα από ζώνη σε ζώνη, πράγμα το οποίο όμως καθιστά εξαιρετικά δύσκολη την εφαρμογή στην πράξη των προτεινόμενων τιμών. Οι μελετητές μπορούν να χρησιμοποιούν την προτεινόμενη ζωνοποίηση και να την προσαρμόζουν κατάλληλα, με δική τους ευθύνη, ενδεχομένως και με σχετική σύμφωνη γνώμη της επιβλέπουσας Υπηρεσίας, σύμφωνα με την ακριβή θέση του οικοπέδου. Σε κάθε περίπτωση μπορούν ακόμη να ανατρέξουν στις επιμέρους αναλύσεις ανά ζώνη και υποζώνη, καθώς και σεισμικό σενάριο και να χρησιμοποιούν τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης ανάλυσης.

Η ζωνοποίηση που τελικά προτείνεται, ομογενοποιεί και συνθέτει όλα τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, ακολουθώντας το πνεύμα του κανονισμού και έχοντας ως γνώμονα την όσο το δυνατόν πιο εύχρηστη εφαρμογή των πορισμάτων της μελέτης.

3.4 Παράμετροι σχεδιασμού για κάθε ζώνη

3.4.1 Ενεργός «ΔΡΩΣΑ» εδαφική επιτάχυνση

Στο Σχήμα 3.3. δίδονται οι προτεινόμενες τιμές της δρώσας εδαφικής επιτάχυνσης σχεδιασμού για τις τρεις (3) ζώνες :

- ✓ Ζώνη I : Παραλιακή ζώνη $a_{max} = 0,20g$
- ✓ Ζώνη II : Ενδιάμεση μεταβατική ζώνη $a_{max} = 0,24g$ (τοπικά $0,28g$)
- ✓ Ζώνη III: Βόρεια – βορειοανατολική ζώνη $a_{max} = 0,28g$

Ως τελική τιμή σχεδιασμού στην παραλιακή ζώνη προτείνεται μία ενιαία τιμή $0,20g$, η οποία είναι μεγαλύτερη από τη μέση τιμή σε ολόκληρη τη ζώνη, απ' όλους τους σεισμούς σχεδιασμού (περίπου $0,18g$).

Υπενθυμίζεται ότι ειδικά στο νότιο και δυτικό τμήμα της ζώνης A (υποζώνες A4 και A5), οι υπολογισθείσες μέγιστες εδαφικές επιταχύνσεις στην επιφάνεια ήταν σημαντικά μικρότερες της τιμής $0,20g$ (περίπου $0,14g$), λόγω της ύπαρξης των πολύ μαλακών εδαφών και της εμφάνισης έντονων μη-γραμμικών φαινομένων.

Η τελικώς προτεινόμενη τιμή 0,20g προέκυψε μετά από πολύ σκέψη και αφού θεωρήθηκε ότι απ' όλα τα σεισμικά σενάρια, για τη συγκεκριμένη ζώνη, ο πλέον αντιπροσωπευτικός και εν δυνάμει καταστροφικότερος σεισμός, θα ήταν ένας σεισμός με τα χαρακτηριστικά της καταγραφής του σεισμού του 1980 στον Αλμυρό, για $PGA = 0,27g$ (outcrop). Διαπιστώνεται ότι ειδικά για το σεισμό αυτό, όπως εν μέρει και για το δεύτερο συνθετικό σεισμό, οι κορυφαίες τιμές των εδαφικών επιταχύνσεων ήταν της τάξης του 0,20g έως 0,22g. Ακόμη και στη ζώνη A5, υπολογίστηκαν τιμές λίγο χαμηλότερες από 0,20g.

Με βάση λοιπόν τις διαπιστώσεις αυτές και τα φασματικά χαρακτηριστικά της εδαφικής κίνησης, θεωρήθηκε ότι μία τιμή $a_{max} = 0,20g$, ενιαία για όλη τη ζώνη, προσφέρει τα περισσότερα εχέγγυα αξιοπιστίας, όντας «λογικά» συντηρητική σε ορισμένες περιοχές της ζώνης.

Η μεταβατική – ενδιάμεση ζώνη III έχει μία μέση δρώσα επιτάχυνση 0,24g. Η τιμή είναι απολύτως λογική και συμφωνεί με τον ΕΑΚ-2000, που προτείνει για όλη την περιοχή του Βόλου επιτάχυνση σχεδιασμού 0,24g. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι κατά μέσο όρο, τα εδάφη της ζώνης III μπορούν να χαρακτηρισθούν ως «εδάφη ενδιάμεσης σκληρότητας» και ότι οι υπολογισμοί που έγιναν για την πρόταση της τιμής του ΕΑΚ-2000, έγιναν εκ των πραγμάτων για «ενδιάμεσες εδαφικές συνθήκες», η σύμπτωση των τιμών είναι λογική και εν μέρει αναμενόμενη.

Στη ζώνη II (με τιμή $a_{max} = 0,24g$) εντάχθηκαν και δύο θέσεις – περιοχές της αρχικής ζωνοποίησης και συγκεκριμένα οι ζώνες B1, B3 και B4. Στις ζώνες αυτές υπολογίστηκαν δρώσες επιταχύνσεις της τάξεως του 0,28g (βλ. κεφάλαιο 7, πίνακες 7.9). Τα κανονικοποιημένα όμως φάσματα ελαστικής απόκρισης είναι παρόμοια των υπολοίπων περιοχών της ενδιάμεσης αρχικής ζώνης C. Οι υψηλότερες τιμές των εδαφικών επιταχύνσεων στη μεταβατική αυτή περιοχή οφείλονται στο δυσμενή συνδυασμό πάχους αλλουβιακών αποθέσεων και δυναμικών χαρακτηριστικών των εδαφών.

Προτείνεται λοιπόν η ένταση των ζωνών αυτών στην τελική ζώνη II, με υψηλότερες όμως τιμές δρώσας εδαφικής επιτάχυνσης (0,28g αντί 0,24g).

Τέλος η ζώνη III με δρώσα επιτάχυνση «σχεδιασμού» $a_{max} = 0,28g$ αναπτύσσεται στα βόρεια και ανατολικά του πολεοδομικού συγκροτήματος Βόλου – Ν.Ιωνίας μέχρι τους πρόποδες του Πηλίου.

3.4.2 Φάσματα ελαστικής απόκρισης

Στο σχήμα 3.4. δίδονται τα τελικώς προτεινόμενα φάσματα ελαστικής απόκρισης σε κανονικοποιημένη μορφή (αδιάστατα ως προς την τιμή της a_{max} της κάθε ζώνης) για τις τρεις (3) ζώνες I, II και III.

Ζώνη I – Παραλιακή ζώνη :

Οριζόντιος κλάδος : $\beta(T) = 2,75$

Στο διάστημα περιόδων 0,1 – 1,0 sec

Ζώνη II – Ενδιάμεση ζώνη :

Οριζόντιος κλάδος : $\beta(T) = 2,75$

Στο διάστημα περιόδων 0,1 – 0,6 sec

Ζώνη III – Βόρεια / ανατολική ζώνη :

Οριζόντιος κλάδος : $\beta(T) = 3,0$

Στο διάστημα περιόδων 0,1 – 0,4 sec

Σε σύγκριση με τον ΕΑΚ-2000 οι αδιάστατες τιμές των φασμάτων ελαστικής απόκρισης είναι αυξημένες κατά 0,25 στον οριζόντιο κλάδο.

Κατά τα λοιπά, τα εδάφη της ζώνης I θα μπορούσαν να καταταγούν στην κατηγορία «Γ» του ΕΑΚ-2000, ή σε μία ενδιάμεση κατηγορία μεταξύ «Γ» και «Δ», που θα αφορούσε εδάφη συνεκτικά μικρής αντοχής και μέσης πλαστικότητας ($20 \leq IP \leq 40$). Αντιστοίχως τα εδάφη της ζώνης II θα μπορούσαν να καταταγούν στην κατηγορία «B» του ΕΑΚ-2000 και αυτά της ζώνης III σε μία ενδιάμεση κατηγορία μεταξύ «A» και «B».

3.4.3 Συντελεστές ενίσχυσης της ισχυρής εδαφικής κίνησης,

A_{max} Οι μέσες τιμές των συντελεστών ενίσχυσης της ισχυρής εδαφικής κίνησης δίδονται στο σχήμα 3.5. Με εξαίρεση μία στενή περιοχή στη γειτονία της επιφανειακής εμφάνισης του βραχώδους υπόβαθρου στην ανατολική περιοχή της πόλης, οι υπόλοιποι συντελεστές κυμαίνονται από 4,0 έως 7,0.

3.4.4 Δεσπόζουσα περίοδος των εδαφικών σχηματισμών, T_0 (sec)

Η δεσπόζουσα περίοδος, T_0 (sec), των εδαφικών σχηματισμών κυμαίνεται από 1,4 sec σε ορισμένες περιοχές στην παραλιακή ζώνη μέχρι 0,30 sec στην περιμετρική βόρεια ζώνη III (Σχήμα 3.6)

3.4.5 Διατμητικές παραμορφώσεις εδάφους, γ

Οι μέσες τιμές των μέγιστων διατμητικών παραμορφώσεων του εδάφους στα επιφανειακά στρώματα, εκτός από τη μεγάλη σημασία που έχουν στην εδαφική απόκριση (εμφάνιση μη-γραμμικών φαινομένων σε ισχυρούς κραδασμούς), έχουν εξίσου καθοριστική σημασία στον αντισεισμικό σχεδιασμό αγωγών και τη διαστασιολόγηση των πασσαλο-θεμελιώσεων. Στο Σχήμα 3.7 δίδονται οι μέσες τιμές των παραμορφώσεων, γ .

Στις ζώνες II και III η μέση μέγιστη τιμή των διατμητικών παραμορφώσεων του εδάφους για τα σεισμικά σενάρια που εξετάστηκαν στην παρούσα μελέτη, είναι της τάξης του $0,5 \cdot 10^{-4}$. Αναφέρεται στα πρώτα 7,0m από την ελεύθερη επιφάνεια του εδάφους. Σε μεγαλύτερα βάθη οι διατμητικές παραμορφώσεις είναι συστηματικά μικρότερες. Ούτως ή άλλως βέβαια, το θέμα αυτό δεν ενδιαφέρει πλέον ιδιαίτερα το μελετητή – μηχανικό, διότι στις ζώνες αυτές, λόγω της φύσης των εδαφών, δεν προβλέπονται βαθειές θεμελιώσεις με πασσάλους.

Στην παραλιακή ζώνη I παρατηρείται μία σαφής διαφοροποίηση. Στις περιοχές ανατολικά του κεντρικού λιμένα, η μέση τιμή της μέγιστης διατμητικής παραμόρφωσης είναι $6 \cdot 10^{-4}$ σε βάθη έως 7,0m, ενώ βαθύτερα έως τα -30,0m οι παραμορφώσεις είναι της τάξης του $2 \cdot 10^{-3}$. Στη δυτική περιοχή οι μέσες διατμητικές παραμορφώσεις, γ , κυμαίνονται από 10^{-3} έως και $3 \cdot 10^{-3}$ σε ολόκληρο το βάθος από 0,00 έως 30,0 m.

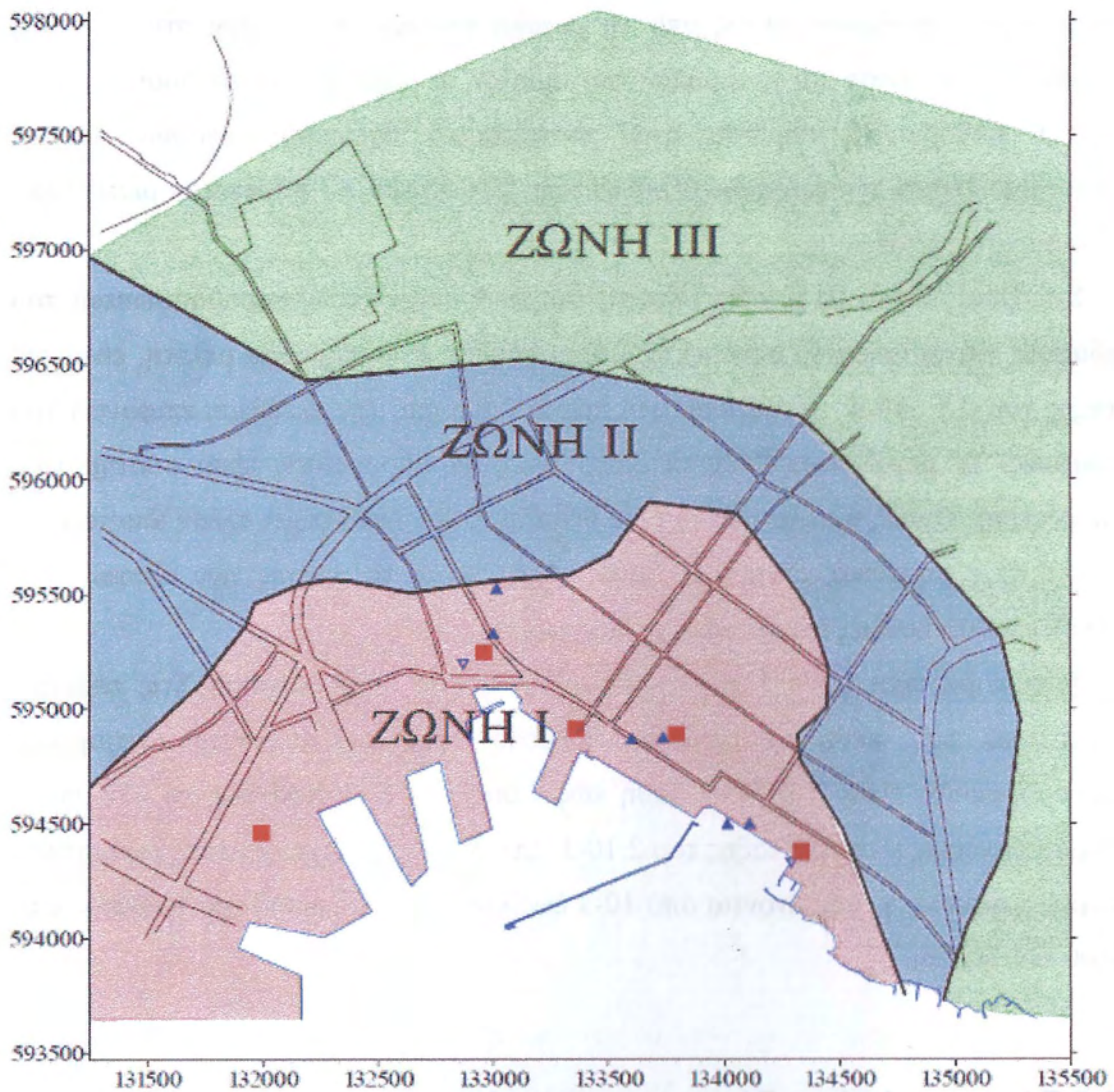
3.5 Ζώνη υψηλού κινδύνου ρευστοποίησης

Στο σχήμα 3.8 παρουσιάζεται η περιοχή, που σύμφωνα με τη συστηματική μελέτη που προηγήθηκε παρουσιάζει υψηλό κίνδυνο ρευστοποίησης για τα σεισμικά σενάρια που μελετήθηκαν.

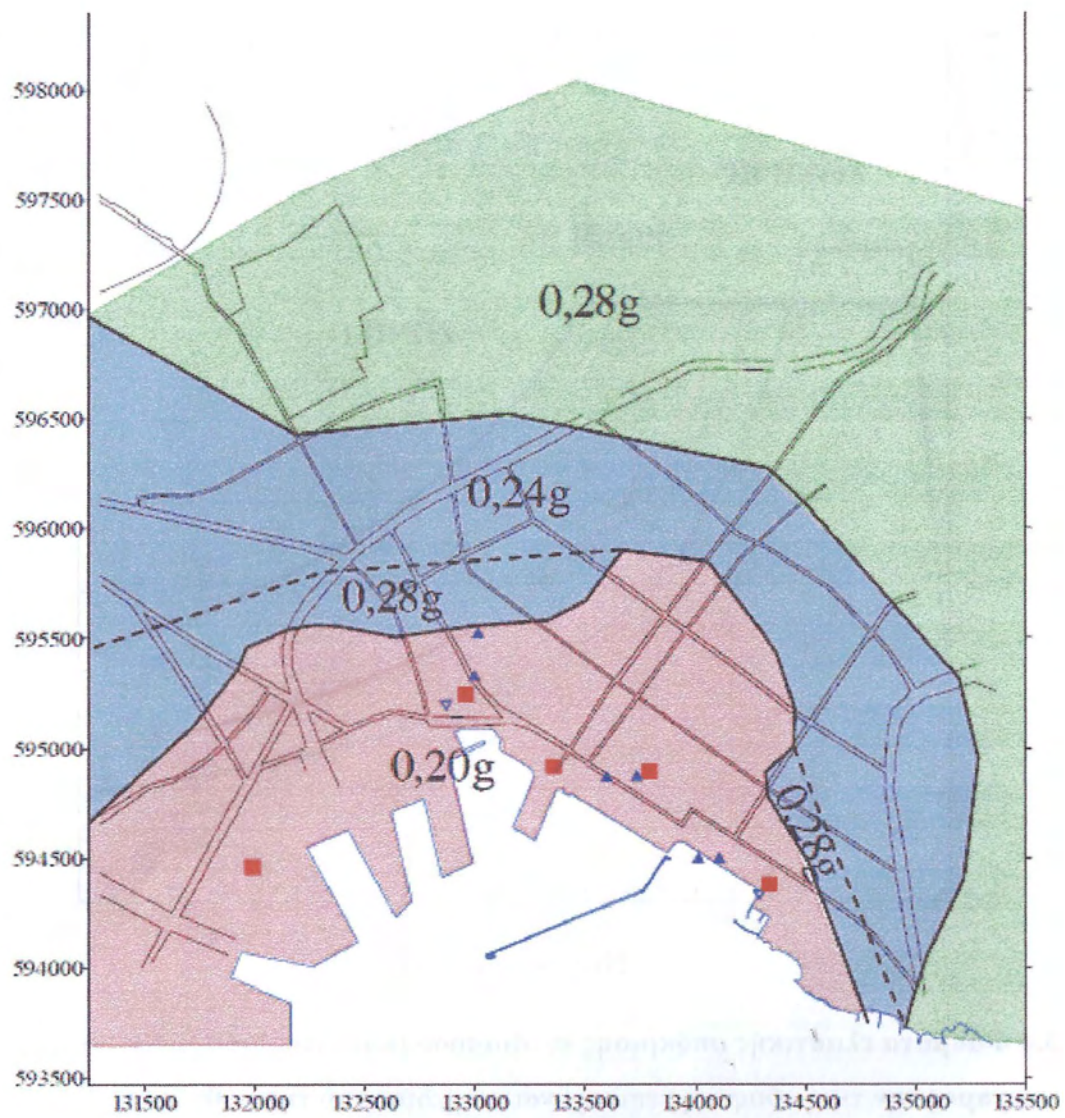
Τα όρια της ζώνης είναι ενδεικτικά, διότι η πυκνότητα της πληροφορίας δεν είναι απολύτως επαρκής. Επίσης δεν είναι δυνατόν να καθορισθεί με ακρίβεια και η ζώνη (με το βάθος), που ενδέχεται να ρευστοποιηθεί στον ισχυρό σεισμό. Είναι πιθανόν να παρουσιασθεί μερική ρευστοποίηση σ' ένα βάθος από 10,0 έως 15,0 μέτρα, χωρίς να έχει οπωσδήποτε εμφανείς επιπτώσεις στις κατασκευές στην επιφάνεια.

Στη ζώνη αυτή κρίνεται απαραίτητος ο έλεγχος του κινδύνου ρευστοποίησης σε κάθε νέα κατασκευή και η λήψη των κατάλληλων μέτρων για την αντιμετώπιση του

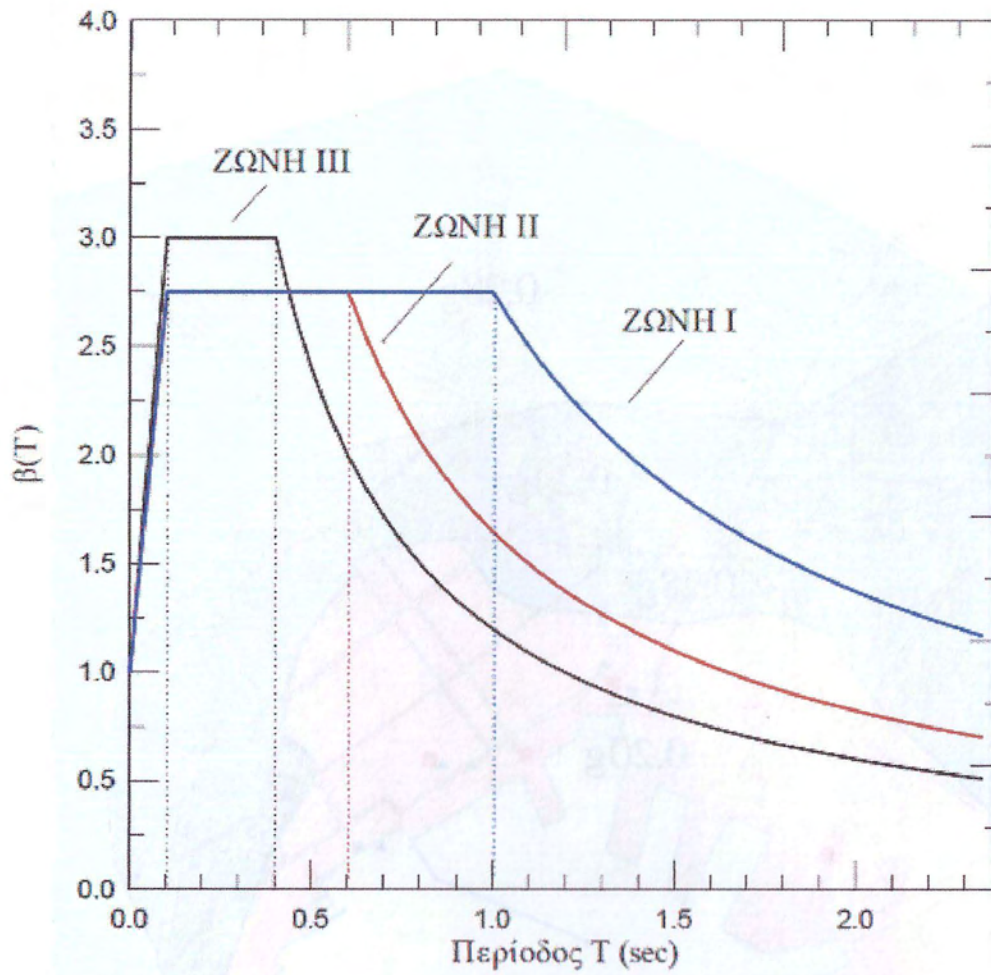
αυξημένου κινδύνου, εφόσον η μελέτη αποδείξει την ύπαρξη του συγκεκριμένου προβλήματος.



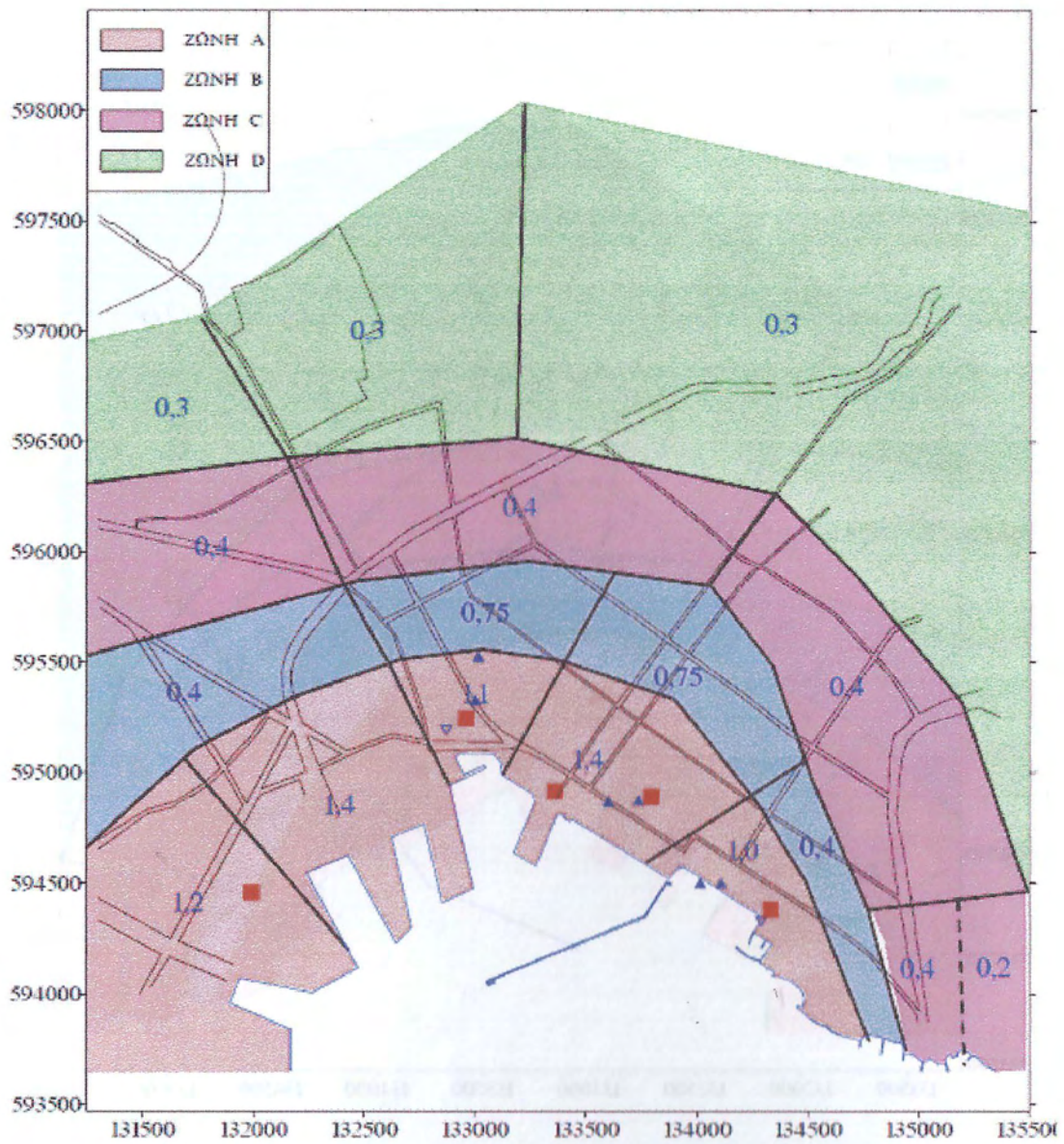
Σχ. 3.2 Χωρισμός σε ζώνες 'ίσης-ισοδυναμικής' συμπεριφοράς



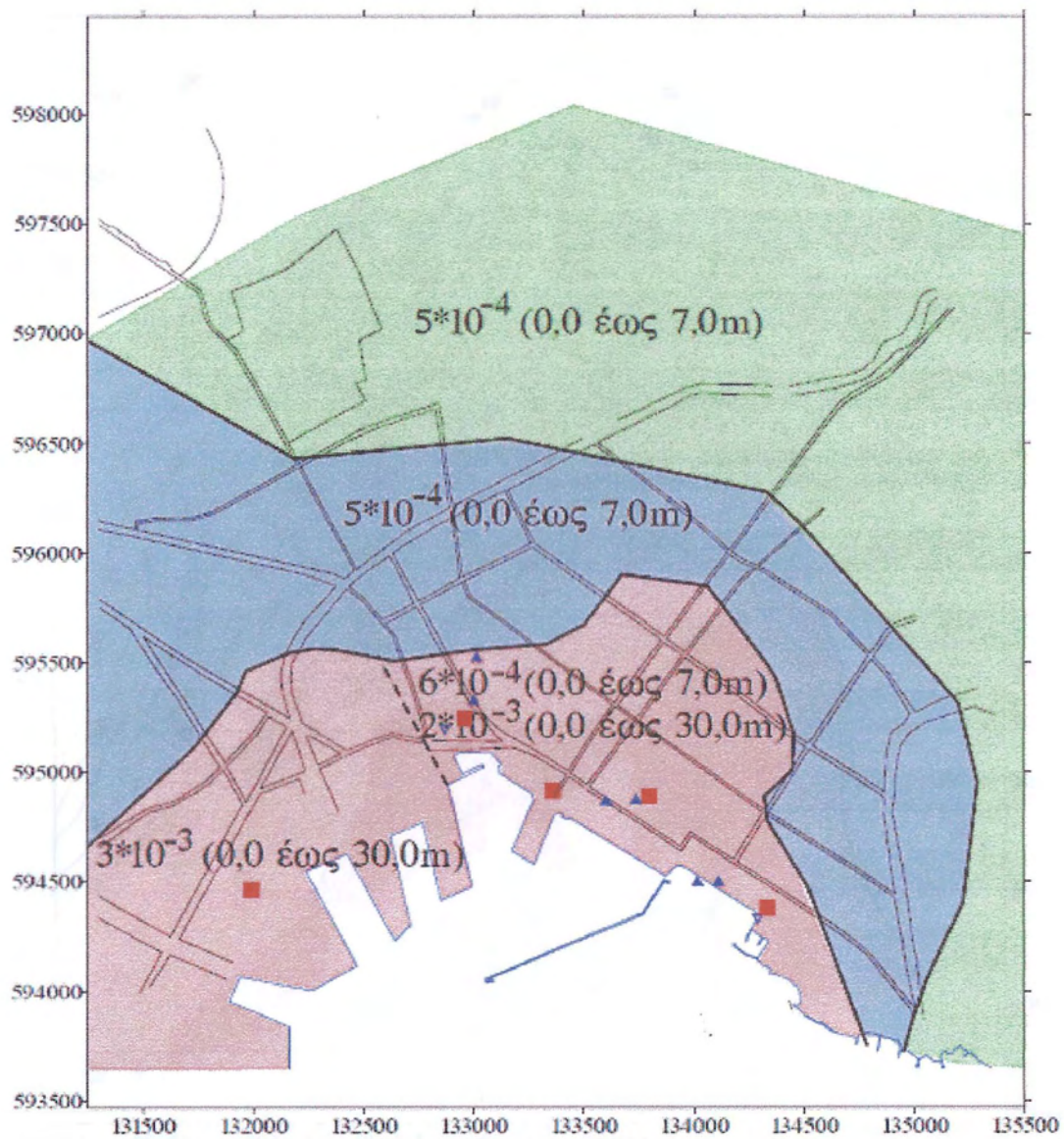
Σχ. 3.3 Χωρισμός σε ζώνες με τις προτεινόμενες ενεργές (δρώσες) εδαφικές επιταχύνσεις



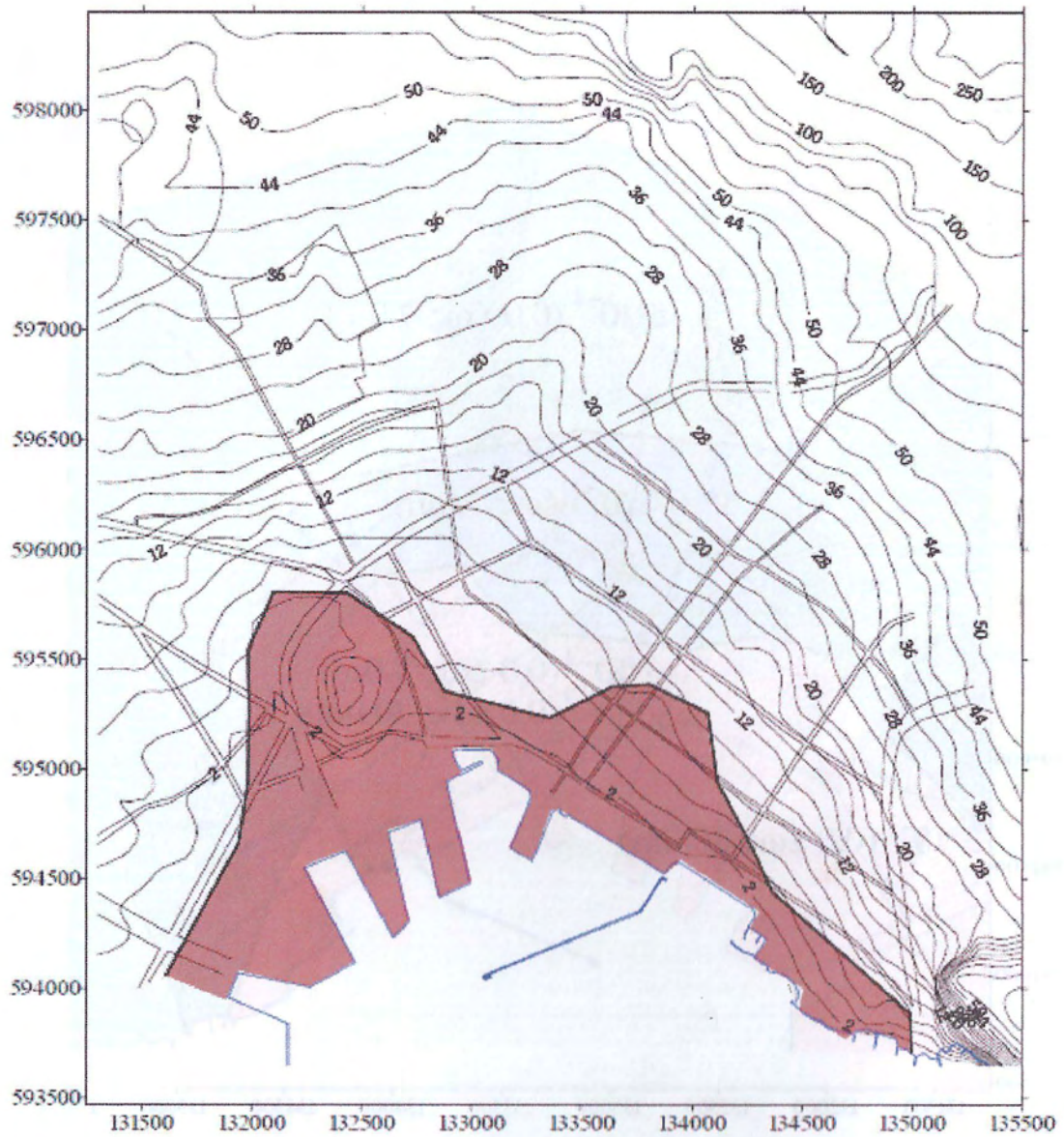
Σχ. 3.4 Φάσματα ελαστικής απόκρισης σχεδιασμού (κοινωνικοποιημένες μορφές ως προς την τιμή εδαφικής επιταχύνσεις σχεδιασμού της κάθε ζώνης.



Σχ. 3.6 Δεσπόζουσα περίοδος T_0 (sec), των εδαφικών σχηματισμών (μέση τιμή) σε κάθε ζώνη και υποζώνη



Σχ. 3.7 Μέγιστες ενεργές διατμητικές παραμορφώσεις του εδάφους στα στρώματα 0.0 έως -7.0 m και -7.0 έως -30.0 m



Σχ. 3.8 Ζώνη υψηλού κινδύνου ρευστοποίησης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

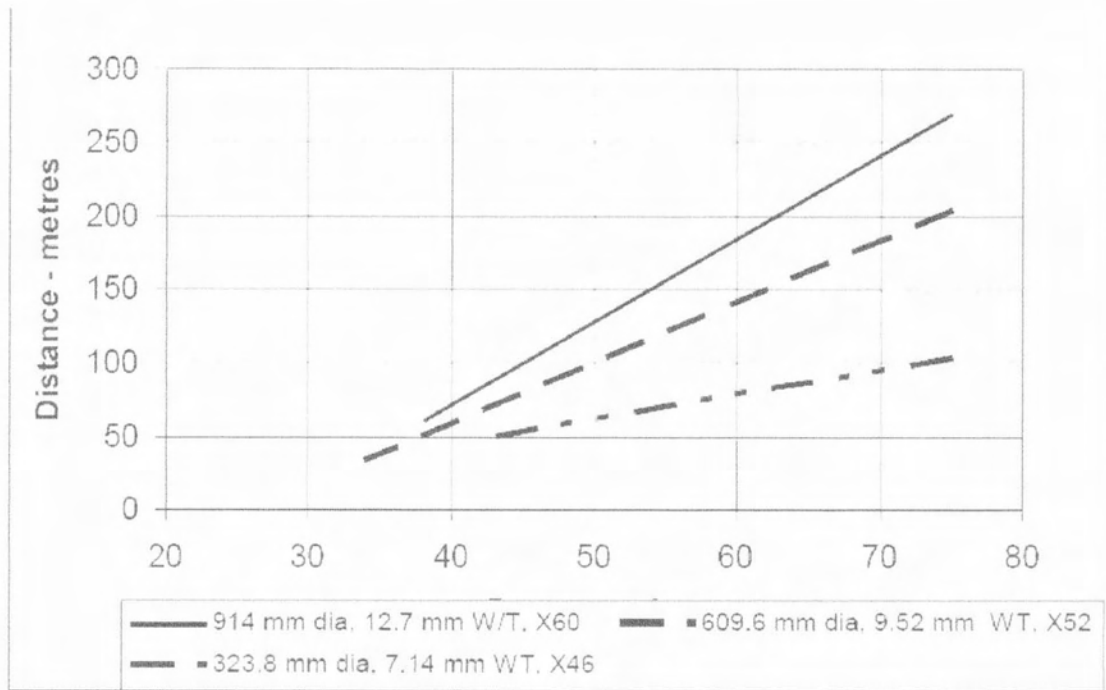
ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

4.1 Μεθοδολογία HSE για την παροχή LUP συμβουλευτικών κατεθύνσεων για ανάπτυξη έργων που γειτνιάζουν με αγωγούς μεταφοράς φυσικού αερίου

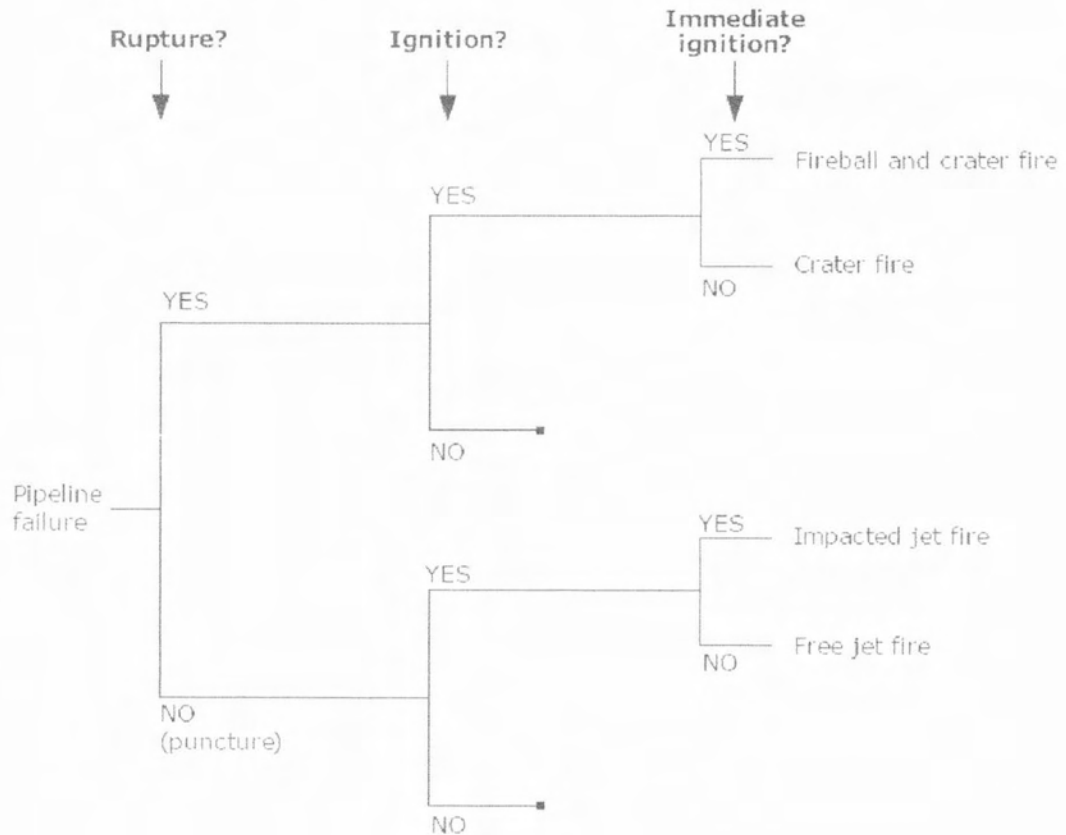
Η HSE έχει υιοθετήσει μια προσέγγιση που βασίζεται στην επικινδυνότητα για τον υπολογισμό των ζωνών επικινδυνότητας από τον αγωγό.

Γενικά η ποσοτική εκτίμηση επικινδυνότητας δικτύου διανομής φυσικού αερίου θα πρέπει να περιλαμβάνει 4 στάδια:

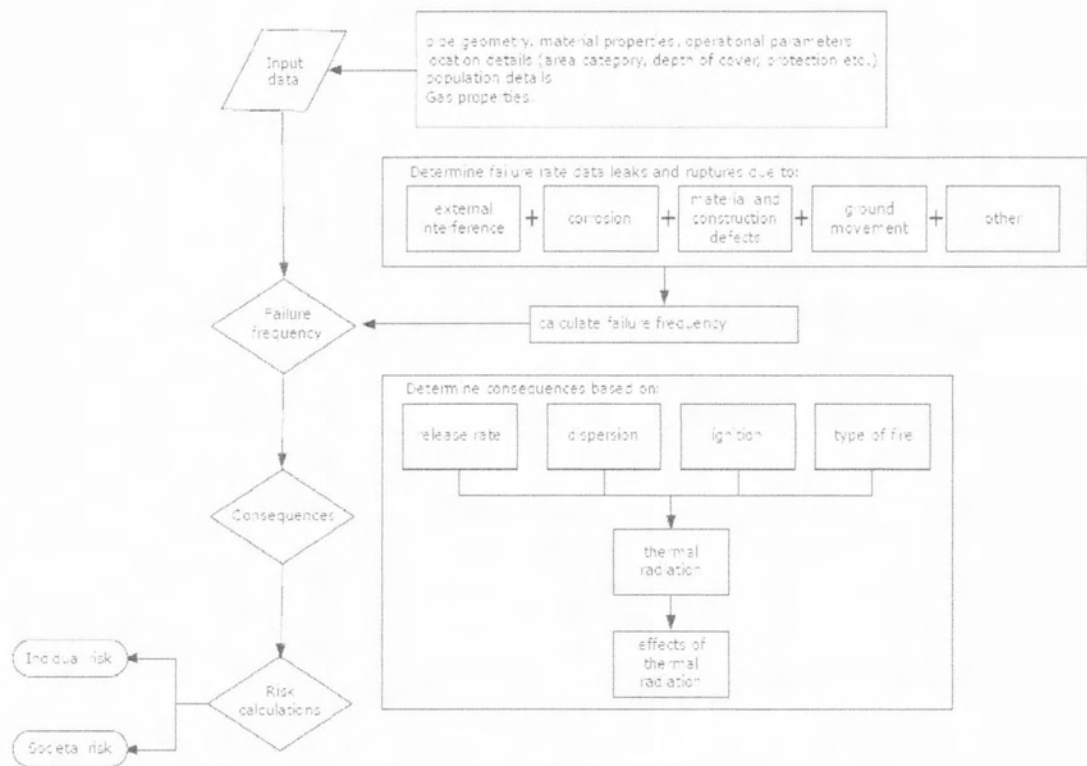
- εισαγωγή δεδομένων (αγωγός και η θέση του, μετεωρολογικές συνθήκες, φυσικές ιδιότητες του αερίου, πληθυσμός)
 - εκτίμηση της συχνότητας αστοχίας
 - εκτίμηση των συνεπειών
 - υπολογισμός του ποσοστού διαρροής
 - προσδιορισμός της πιθανότητας ανάφλεξης
 - υπολογισμός της θερμικής ακτινοβολίας από τη φωτιά
 - ποσοτικοποίηση των επιδράσεων της θερμικής ακτινοβολίας στον πληθυσμό
 - υπολογισμός επικινδυνότητας
- Τα αρχικά δεδομένα πρέπει να περιλαμβάνουν:
- γεωμετρία αγωγού
 - ιδιότητες υλικού
 - Ηλικία δικτύου
 - παράμετροι λειτουργίας
 - λεπτομέρειες θέσης
 - Ιδιότητες του φυσικού αερίου



Διαγρ. 4.1 Αποστάσεις σε 10^{-6} ανά έτος ατομικό ρίσκο για τοπικές σωληνώσεις φυσικού αερίου σε μη αστικές περιοχές



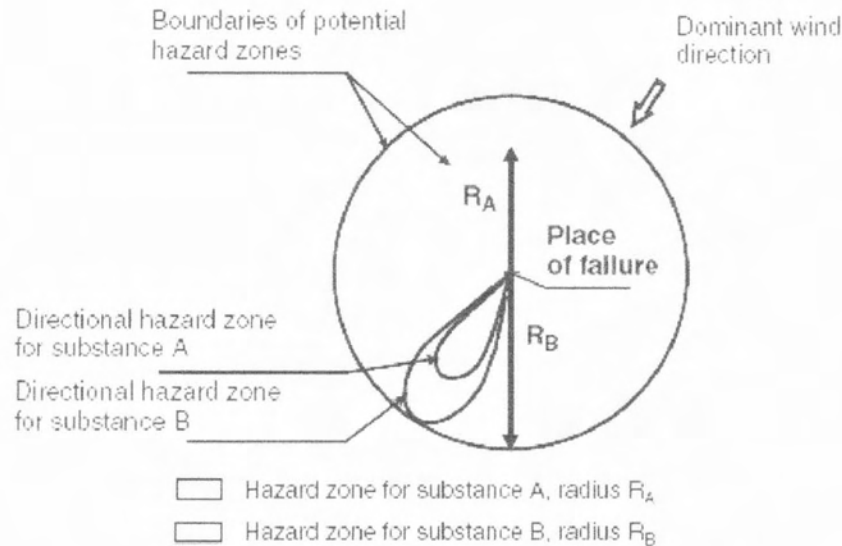
Διαγρ. 4.2 Δένδρική ανάλυση αστοχίας αγωγού



Διάγρ.4.3 Υπολογισμού της επικινδυνότητας

4.2 M. Dziubinski, M. Fraczkak, A.S. Markowski Μοντέλο εκτίμησης επικινδυνότητας

Εδώ παρουσιάζεται η μεθοδολογία εκτίμησης επικινδυνότητας επικίνδυνων φορτίων σε δίκτυα μεγάλων αποστάσεων. Η προτεινόμενη μεθοδολογία περιλαμβάνει ανάλυση των επιπτώσεων και υπολογισμούς των βασικών αιτιών που προκαλούν τις αστοχίες του δικτύου και τις πιθανές επιπτώσεις τους, λαμβάνοντας υπόψιν το ατομικό και κοινωνικό ρίσκο. Ένα βασικό χαρακτηριστικό αυτής της μεθοδολογίας είναι ο συνδυασμός ποιοτικών και ποσοτικών τεχνικών που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση επικινδυνότητας σε δίκτυα. Με αυτό τον τρόπο διενεργείται μια λεπτομερής ανάλυση του ρίσκου που σχετίζεται με τις επιλεγμένες παραμέτρους επικινδυνότητας με τη χρήση ποσοτικών τεχνικών.



Σχ. 4.4 Πιθανές ζώνες επικινδυνότητας όταν υπάρχει διαρροή επικίνδυνου φορτίου στο αέριο εξαιτίας ατυχήματος στο δίκτυο μεταφοράς

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

5.1 Ορισμός τρωτότητας

Η τρωτότητα (vulnerability) μπορεί να καθοριστεί πολλαπλώς σε διαφορετικά πλαίσια. Εντούτοις, αφορά πρώτιστα το βαθμό στον οποίο ο πληθυσμός, το δομημένο περιβάλλον και οι κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες είναι ευαίσθητες και ευπαθείς σε βλάβες από ένα φυσικό καταστροφικό γεγονός. Γενικότερα ως **Τρωτότητα (T_σ)** θεωρούνται οι συνθήκες που διαμορφώνουν την πιθανότητα επιπτώσεων σε τέσσερις κατηγορίες κοινωνικο-οικονομικών παραμέτρων οργανισμών ή κυβερνήσεων:

- ανθρώπινο παράγοντα (θάνατοι, τραυματισμοί),
- περιβάλλον (ανά στρέμμα για το έδαφος, ανά κυβικό μέτρο για τους υδάτινους πόρους και την ατμόσφαιρα)
- υποδομές/ εγκαταστάσεις (ανά οικοδομικό τετράγωνο ή ανά εγκατάσταση)
- οικονομική δραστηριότητα (ποσοστό μείωσης της οικονομικής δραστηριότητας του κράτους ή του οργανισμού) δεδομένου ότι έχει σημειωθεί συμβάν (φυσική καταστροφή ή τεχνολογικό ατύχημα)

καταστροφή).

Κατά την ανάλυση της τρωτότητας είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη και τα υπάρχοντα αντίμετρα και μέτρα πρόληψης (π.χ. συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης) που εφαρμόζονται στην περιοχή για την αντιμετώπιση των φυσικών κινδύνων διότι μειώνουν την τρωτότητα της περιοχής και κατ' επέκταση την επικινδυνότητά της.

5.2 Μεθοδολογία τρωτότητας των φυσικών κινδύνων

Η μεθοδολογία εκτίμησης της τρωτότητας από φυσικές καταστροφές περιλαμβάνει τα

εξής στάδια:

- Εφαρμογή μεθόδων χωρικής ανάλυσης για τον υπολογισμό της Τρωτότητας
- Οπτικοποίηση – χαρτογραφική απόδοση της Τρωτότητας
- Σχεδιασμός και δημιουργία Βάσης Γεωγραφικών Δεδομένων (G.I.S)
- Ομογενοποίηση γεωγραφικών δεδομένων

Παράμετροι τρωτότητας

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης τρωτότητας πρέπει να περιλαμβάνουν όλα τα πιθανά εφικτά γεγονότα. από απόσταση ισχύος (ακτίνα).

Στο πλαίσιο των δικτύων αγωγών που μεταφέρουν το φυσικό αέριο ο σημαντικότερος κίνδυνος είναι η ανάφλεξη που είναι πραγματική ανησυχία. Σε μια ανάλυση ευαισθησίας για τον υπολογισμό των επιπτώσεων θα πρέπει το μοντέλο να προβλέψει το ποσοστό απελευθέρωσης του αερίου, τα χαρακτηριστικά του με αποτέλεσμα πρόκληση πυρκαγιάς, το πεδίο ακτινοβολίας που παράγεται και τις επιπτώσεις της ακτινοβολίας στους ανθρώπους και τα κτίρια γύρω από την περιοχή. Πυρκαγιές, οι οποίες ενδέχεται να προκύψουν ως αποτέλεσμα της ανάφλεξης μιας μεγάλης αποδέσμευσης φυσικού αερίου που προκλήθηκε από ρήξη ορίζονται ως εξής: βολίδα, η οποία συμβαίνει σε περίπτωση άμεσης ανάφλεξης μιας μεγάλης αποδέσμευσης φυσικού αερίου—φωτιά κρατήρα, που εμφανίζεται σε περίπτωση καθυστερημένης ανάφλεξης του αερίου που απελευθερώνεται όταν αυτό κλείνει μέσα στον κρατήρα που σχηματίζεται από την άμεση απελευθέρωση, ή μετά την άμεση βολίδα ανάφλεξης φωτιά jet, η οποία συμβαίνει σε περίπτωση καθυστερημένης ανάφλεξης του αερίου που απελευθερώνεται όταν αυτό είναι απρόσκοπτη στον κρατήρα που σχηματίζεται από την άμεση απελευθέρωση. Η

πιθανότητα εμφάνισης πυρκαγιάς κρατήρα ή εκτόξευση εξαρτάται από παραδοχές σχετικά με τις πηγές καθυστέρησης της ανάφλεξης κοντά στο σημείο απελευθέρωσης. Τυπικό αποτέλεσμα παραδοχές στις πιθανότητες πυρκαγιάς κρατήρα του φυσικού αερίου είναι μεταξύ 0,15 και 0,3. Σε γενικές γραμμές, το φυσικό αέριο είναι ελαφρύτερο από τον αέρα, ακόμη και σε χαμηλές θερμοκρασίες που θα ισχύει μετά από πίεση απελευθέρωση, έτσι διείσδυση του φυσικού αερίου σε κτίρια δεν αναμένεται να συμβεί. Τα θανατηφόρα αποτελέσματα της ζημιάς υποτίθεται για τις περιπτώσεις όπου οι άνθρωποι είναι στην ύπαιθρο ή σε κτίρια που βρίσκονται εντός του κονδυλίου φλόγα από μια πύρινη σφαίρα, φωτιά κρατήρας ή φωτιά τζετ. Έξω από το φάκελο της φλόγας, τα αποτελέσματα εξαρτώνται από την άμεση θερμική ακτινοβολία από τη φλόγα με το εκτιθέμενο σε ανθρώπους ή τα κτίρια.

Η πιθανότητα εμφάνισης βλάβης που καθορίζονται με βάση τα μοντέλα που χρησιμοποιούν την αξιοπιστία βλάβης και την δένδροειδή ανάπτυξη. Απαιτεί μεγάλο αριθμό στοιχείων συχνότητας για την κίνηση που είναι πολύ δύσκολο να καθοριστεί για τις σωληνώσεις. Κάθε σενάριο αποτυχίας πρέπει να λαμβάνει υπόψη στρώματα προστασίας και προϋποθέσεις που καθορίζονται, κυρίως περιβαλλοντικούς αυτοί που θα καθορίσουν την περαιτέρω ανάπτυξη του σεναρίου. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι πραγματικές ζώνες κινδύνου που προκαλείται από υπερπίεση (έκρηξη) και τη θερμική ακτινοβολία (φωτιά) είναι κυκλικές περιοχές της ακτίνας ίση με την αναμενόμενη τιμή κατωφλίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

6.1 Εισαγωγή

Συνοψίζοντας με τους σεισμούς που έχουν προκληθεί μέχρι τώρα όπως είδαμε στο Έχει καταγραφεί οι μεγαλύτερες ζημιές

- Στο παλιό δίκτυο φυσικού αερίου, Που μπορεί να έχει υποστεί επιφανειακές ζημιές λόγω ηλικίας και διαβρώσεις στους χάλκινους σωλήνες.
- Στους σωλήνες χαμηλής πίεσης <5 bar και μικρής διαμέτρου (σύμφωνα με τα αποτελέσματα E.G.I.G .
- Στους συνδέσμους (γραμμές σύνδεσης) σωλήνων λόγω τη μόνιμη παραμόρφωση εδάφους (P.G.D.).
- Στο εσωτερικό δίκτυο εγκατάστασης κτιρίων λόγω δομικών ζημιών κτιρίων.

- Στις συνδέσεις οικιακών συσκευών.

6.2 Ανάλυση της τρωτότητας

Αυτό το βήμα εξετάζει τέτοια σημεία όπως τις συγκεντρώσεις πληθυσμών, ανάλογα με την ηλικία πληθυσμού, τύποι κατοικιών (παλαιότερα σπίτια, κινητά σπίτια), παρουσία γεωργίας, κατάκλιση, περισσότερα τρωτά σημεία στους συγκεκριμένους κινδύνους.

Τα βασικά κριτήρια :

- **Υψηλή ευπάθεια:** Το γεγονός που έχει συμβεί, έχει επίδραση πέρα από μεγάλη γεωγραφική κάλυψη ή πυκνές κατοικημένες περιοχές έχει και σοβαρή οικονομική επίδραση στους κατοίκους και στις επιχειρήσεις των νομών
- **Μέση ευπάθεια:** Το γεγονός που έχει συμβεί, θα είχε επίδραση στην ασφάλεια και στην οικονομική κατάσταση των κατοίκων, οικονομική επίδραση στις επιχειρήσεις των νομών.
- **Χαμηλή ευπάθεια:** Το γεγονός που έχει συμβεί θα ασκούσε πολύ ελάχιστη επίδραση στην ασφάλεια κατοίκων των νομών και ελάχιστη οικονομική επίδραση στους κατοίκους και τις επιχειρήσεις των νομών.

Αυτή η αξιολόγηση της ευπάθειας διευθύνθηκε χρησιμοποιώντας δύο μεθοδολογίες:

- (1) χρησιμοποίηση συστημάτων των γεωγραφικών πληροφοριών (GIS)-βασισμένη ανάλυση και
- (2) εφαρμόζοντας μια στατιστική μεθοδολογία αξιολόγησης του κινδύνου.

Κάθε προσέγγιση παρέχει τις εκτιμήσεις για τον πιθανό αντίκτυπο των κινδύνων με τη χρησιμοποίηση έναν κοινού, συστηματικό πλαίσιο για την αξιολόγηση, συμπεριλαμβανομένων των ιστορικών πληροφοριών περιστατικού παρεχόμενων μέσα το τμήμα σχεδιαγραμμάτων κινδύνου. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης της ευπάθειας παρέχονται για κάθε κίνδυνο αμέσως όπως απαριθμούνται ανωτέρω μετά από την περίληψη των πληροφοριών που παρέχεται μέσω του προσδιορισμού και την ανάλυση κινδύνου. Μέχρι τώρα υπάρχουν μεθοδολογίες που ανήκουν στη ποσοτική και ημι-ποσοτική ανάλυση της αξιοπιστίας του δικτύου φυσικού αερίου στα αστικά κέντρα

6.3 Ανάλυση σεισμικής τρωτότητας στο αστικό δίκτυο φυσικού αερίου

- **Ο δείκτης ζημιάς**

Ο δείκτης ζημιάς ορίζεται ως αριθμός ζημιών ανά χιλιόμετρο για τα αστικά δίκτυα φυσικού αερίου και εξετάζει τους παράγοντες αξιοπιστίας του δικτύου.

Στους πρόσφατους σεισμούς διερευνήθηκε ο μηχανισμός του δικτύου κοινής ωφέλειας, ειδικά στους υπόγειους αγωγούς. Στο σεισμό Λος Άντζελες έχουν καταγραφεί τα εξής: 856 βλάβες στο σύστημα υδροδότησης. Η μέση αναλογία ζημιών σωλήνων από χυτοσίδηρο είναι 0,95/χιλιόμετρο. Υπάρχουν 450 ζημιές και ο δείκτης ζημιών είναι 0,12. Για αγωγούς φυσικού αερίου (ως επί το πλείστον συγκολλημένων σωλήνων από χάλυβα με διάμετρο 5 cm έως 10 cm)

- **Μοντέλα αστοχίας υπόγειους αγωγούς**

(1) Connector Destroy: Αστοχία της σύνδεσης, εξαρτάται από τον τρόπο σύνδεσης των διακλαδώσεων του δικτύου στους καταναλωτές, όπως η χαλάρωση των πειρών σύνδεσης μεταξύ αγωγών, αστοχία της φλάντζας μεταξύ αγωγών.

(2) Pipe Shaft Destroy: Αστοχία που οφείλεται στις καμπτικές ροπές στον άξονα αγωγού. Στη θραύση κατά μήκος αγωγού από ακτινική και αξονική διεύθυνση και στους σωλήνες που υπόκεινται σε μεγάλη διάβρωση της επιφάνειά τους.

(3) Fitting Destroy and Joint Destroy in Pipeline and Buildings or Structures:

Αστοχία που οφείλεται στις δομές των κτηρίων, στους ρυθμιστές, βαλβίδες, μετρητές και στις συνδέσεις T, στα γωνιακά σημεία των αγωγών και στις αρθρώσεις των αγωγών.

- **Παράγοντες που επηρεάζουν το δείκτη ζημιάς**

(1) Σεισμική Ένταση:

Όσο περισσότερο το μέγεθος του σεισμού, τόσο μεγαλύτερη είναι η σεισμική ένταση. Έτσι, οι καταστρέφονται πιο πολύ.

(2) Κατάσταση τοποθεσίας του εδάφους:

Γενικά, η αστοχία του αγωγού συσχετίζεται με την παραμόρφωση του εδάφους κοντά στον αγωγό. Οι υπόγειοι αγωγοί που βρίσκονται σε χοντρόκοκκο έδαφος καταστρέφονται πιο δύσκολα από τους υπόγειους αγωγούς σε λεπτόκοκκο έδαφος.

(3) Τρόπος σύνδεσης αγωγού:

Η σύνδεση του αγωγού με λαστιχένιο δακτύλιο αυξάνει την αντισεισμική ικανότητα του, απ' ότι με μηχανική σύνδεση και την συγκόλληση τους.

Μορφή Ευέλικτες κοινές με ελαστικό δακτύλιο είναι καλύτερης αντισεισμικού ικανότητα.

(4) Το υλικό αγωγού:

Οι χαλύβδινοι σωλήνες και του πολυαιθυλενίου με θερμική συγκόλληση έχουν αντισεισμική ικανότητα.

(5) Τα χαρακτηριστικά του αγωγού:

Όπως η διάμετρος, το πάχος τοιχώματος, οι αγωγοί χαμηλής πίεσης και διαμέτρου παραμορφώνονται πιο εύκολα απ' ότι οι αγωγοί μέσης και υψηλής πίεσης και μικρής διαμέτρου.

(6) Ηλικία του αγωγού:

Όσο μεγάλης ηλικίας είναι ο αγωγός τόσο χάνει την αντισεισμική του ικανότητα.

(7) Κατάσταση διάβρωσης:

Όταν διαβρωθεί σε μεγάλο βαθμό, οι σωλήνες είναι εύκολο να αστοχήσουν.

(8) Η αξιοπιστία κατασκευής και σχεδιασμού:

• **Μεθοδολογία**

Ένα δίκτυο αποτελείται από σειρά γωνίες και κόμβους. Ο σεισμικός δείκτης αξιοπιστίας περιλαμβάνει τρία μέρη:

- (1) Δομή
- (2) Συνδεσιμότητα
- (3) Λειτουργικότητα

Η απόδοση λειτουργίας του αγωγού περιγράφεται από τη παρακάτω εξίσωση:

$$Z = f(R, S) = R - S \quad (1)$$

Η οριακή κατάσταση λειτουργίας του αγωγού είναι:

$$Z_u = R_1 - S_u \quad (2)$$

Όπου:

Η R_1 είναι το όριο δημιουργίας διαρροής στην άρθρωση, S_u είναι η παραμόρφωση άρθρωσης, όταν $Z_u < 0$, ο αγωγός είναι σε διαρροή, όταν $Z_u > 0$, ο αγωγός είναι εκτός διαρροής. Αυτό ονομάζεται το κριτήριο αποτυχίας 2 καταστάσεων.

Ας υποθέσουμε ότι R και S που και οι δύο ακολουθούν την κανονική κατανομή, τότε Z ακολουθεί την κανονική κατανομή. Και η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας είναι:

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(z-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

Όταν, μ και σ είναι η αναμενόμενη τιμή και η τυπική απόκλιση της τυχαίας μεταβλητής Z.

$$\begin{aligned} \mu &= \mu_R - \mu_S \\ \sigma &= \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2} \end{aligned} \quad (4)$$

Όταν, μ_R και σ_R είναι η μέση τιμή και τυπική απόκλιση της R_1 και μ_S και σ_S είναι η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση του αγωγού μέγιστη παραμόρφωση άρθρωσης.

Η πιθανότητα αποτυχίας αγωγού είναι:

$$P_f = P(Z_u < 0) = \int_{-\infty}^0 \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(z-\mu)^2}{2\sigma^2}} dz = \Phi\left(-\frac{\mu}{\sigma}\right) = \Phi(-\beta) \quad (5)$$

Όταν, $\Phi(\dots)$ είναι τυπική κανονική λειτουργία της διανομής και β είναι δείκτης της αξιοπιστίας.

Η πιθανότητα σε λειτουργίας είναι:

$$P_s = 1 - P_f = \Phi\left(\frac{\mu}{\sigma}\right) \quad (6)$$

Αυτή είναι η σεισμική αξιοπιστία για άρθρωση του αγωγού. Στην πραγματικότητα ο αγωγός αποτελείται πολλές αρθρώσεις. Υποθέτουμε ότι όλες οι αρθρώσεις έχουν την ίδια τεχνολογία κατασκευής, την αποτυχία εξαρτημένη από άρθρωση αγωγού εξαρτάται από το πεδίο σεισμικής μετατόπισης. Χωρίς βλάβη, ας υποθέσουμε ότι ένας αγωγός με n αρθρώσεις, τότε η αποτυχία στον αγωγό ορίζεται ως E που περιγράφεται ως ποσό εκδήλωσης αποτυχίας κάθε άρθρωσης:

$$E = \bigcup_{i=1}^n E_i \quad (7)$$

Ότι το $P_f(\bullet)$ εκφράζουν την πιθανότητα εκδήλωσης βλάβης, σύμφωνα με τη θεωρία των πιθανοτήτων:

$$\max P_f(E_i) \leq P_f(E) \leq \sum_{i=1}^n P_f(E_i) \quad (8)$$

Στην παραπάνω εκφράζεται η ανεξάρτητη κατάσταση της κάθε άρθρωσης, ενώ το αριστερό εκφράζει την κατάσταση για όλες τις αρθρώσεις.

Γενικά με τον αριθμό n μονάδων αύξησης, στην περιοχή μεταξύ του ανώτερου και κατώτερου οριακή τιμή αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς, ακόμη και σε ακραία φαινόμενα η ανώτατη οριακή τιμή είναι πλήρες αναξιόπιστο και η κατώτερη οριακή τιμή είναι πολύ αξιόπιστο.

Συνεπώς η εκτίμηση του ορίου Ditlevsen θα πρέπει να ληφθεί για προσδιορισμό μιας συγκεκριμένης περιοχής. Αυτό είναι:

$$P_{fL} \leq P_f(E) \leq P_{fU} \quad (9)$$

Όπου:

$$P_{fL} = P(E_1) + \max \left\{ \sum_{i=2}^n \left[P(E_i) - \sum_{j=1}^{i-1} P_L(E_i, E_j) \right], 0 \right\} \quad (10)$$

$$P_{fU} = \sum_{i=1}^n P(E_i) - \sum_{i=2}^n \max \sum_{j < i} P_R(E_i, E_j) \quad (11)$$

$$P_L(E_i, E_j) = q_i + q_j \quad (12)$$

$$P_R(E_i, E_j) = \max(q_i, q_j) \quad (13)$$

$$q_i = \Phi(-\beta_i) \Phi \left(-\frac{\beta_j - \rho_{ij} \beta_i}{\sqrt{1 - \rho_{ij}^2}} \right) \quad (14)$$

$$q_j = \Phi(-\beta_j) \Phi \left(-\frac{\beta_i - \rho_{ij} \beta_j}{\sqrt{1 - \rho_{ij}^2}} \right) \quad (15)$$

Όταν, β_i είναι ο δείκτης αξιοπιστίας για τους αγωγούς από άρθρωση i , το ρ_{ij} είναι ο συντελεστής συσχέτισης των αρθρώσεων i και j . Από τα παραπάνω μπορούμε να

συμπεράνουμε ότι ρ_{ij} ισούται με το συντελεστή συσχέτισης των σεισμικών εκπομπών για i και j . Μετά την εκτίμηση ορίου λειτουργίας, η πιθανότητα αποτυχίας των αγωγών μπορεί να περιγραφεί:

$$P_f(E) = \frac{1}{2} (P_{fL} + P_{fi}) \quad (16)$$

Παραπάνω ανάλυση βασίζεται στην κατάσταση αποτυχίας στη παραμόρφωση άρθρωσης. Είναι κατάλληλο για τους αγωγούς με ελαστική και άκαμπτη άρθρωση. Για τους αγωγούς που είναι ενωμένα με συγκόλληση, ο τρόπος αποτυχίας μπορεί να είναι από την ασκούμενη πίεση της έντασης. Η αρχή της ανάλυσης είναι το ίδιο με το παραπάνω.

6.4 Σεισμική Τρωτότητα σε δίκτυο φυσικού αερίου στην ευρύτερη περιοχή της Λισσαβώνας

Για την εκτίμηση του σεισμικής τρωτότητας του δικτύου φυσικού αερίου εφαρμόστηκε με τη μεθοδολογία που προτείνει η Hazus99, με μικρές τροποποιήσεις (Falcão Silva 2002).

Αυτή η μεθοδολογία εξετάζει για όλες τις καταστάσεις του δικτύου, τις συνέπειες διάδοσης σεισμικών κυμάτων (ποσοτικά για την εδαφική ταχύτητα, PGV, ή τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση, PGA) και την μόνιμη εδαφική παραμόρφωση (PGD). Για τα κατασκευαστικά στοιχεία, εκτός από την κατάσταση των υπογείων αγωγών, τις καταστάσεις λειτουργίας ή τις καμπύλες αστάθειας αξιοποιήθηκε και το πρότυπο μέσω της καταγραφής για τις συνήθειες λειτουργίες της διαδικασίας διανομής φυσικού αερίου.

- **Ορισμός καταστάσεων ζημιάς**

ds_1 : μηδενική

ds_2 : μικρή

ds_3 : μέτρια

ds_4 : εκτεταμένη

ds_5 : ολική καταστροφή

• **Καμπύλες αστάθειας**

Κάθε μία από τις καμπύλες αστάθειας ορίζεται από την μέση τιμή της εδαφικής κίνησης (X_i), ή την παραμόρφωση του εδάφους, και τον συντελεστή διασποράς (β_i), σύμφωνα με τα Εξ. 1,

$$P[Ds \geq ds] = \Phi\{[\ln(\text{Median}) - \ln(X)]/\beta\} \quad (1)$$

Όπου

Φ : λογαριθμική κανονική κατανομή.

X : μεταβλητές εισόδου.

Ds : μέγεθος ζημιάς.

ds : η ζημιά που ορίζεται όπως παραπάνω.

β : συντελεστής διασποράς που ορίζεται για κάθε μέγεθος ζημιάς χωριστά από το HAZUS

Για την ευθραυστότητα με βάση τις καμπύλες ορισμού, είναι σημαντικό να χαρακτηρίσει κάποιος τα εξαρτήματα ως αγκυρωμένα ή μη σταθεροποιημένα. Με βάση αυτή την κατάταξη Hazus99 ορίζει, για κάθε περιοχή ζημιών, οι τιμές για τη μέση τιμή του λόγου κίνησης X_i προκαλεί αυτή την κατάσταση βλάβης και τη συντελεστή διασποράς β_i .

Στα συστήματα φυσικού αερίου μη υπόγεια μέρη αποτελούν σταθμούς συμπίεσης και είχαν ταξινομηθεί ως αγκυρωμένα. Οι μόνιμες εδαφικές παραμορφώσεις (PGD) μπορεί να οφείλεται σε φαινόμενα ρευστοποίησης, κατολισθήσεων και των μετακινήσεων. Παρ' όλα αυτά, η ρευστοποίηση προκαλεί περισσότερο ζημιές στα εξαρτήματα των δικτύων φυσικού αερίου. Σχετικά με την ρευστοποίηση του εδάφους υπάρχουν δύο διαφορετικά φαινόμενα: πλευρική εδαφική μετατόπιση και εδαφική ταλάντωση.

Για την αξιολόγηση των πιθανοτήτων ζημιών για κάθε στοιχείο πρέπει να ληφθεί υπόψη οι πιθανότητες που σχετίζονται με την εμφάνιση των πιθανών φαινομένων (πλευρική εδαφική μετατόπιση ή εδαφικής ταλάντωσης).

Οι μεταβλητές που εισάγονται είναι οι σεισμικοί παράμετροι και η ταξινόμηση των καταστάσεων. Για τον προσδιορισμό της σεισμικής δράσης, είναι αναγκαίο να υπολογιστεί η πιθανότητα εμφάνισης εδαφικής ρευστοποίησης (P_{LIQ}) και την πιθανότητα πλευρική εδαφική μετατόπιση (PGD_{LAT}) ή εδαφικής ταλάντωσης (PGD_{SETT}) λόγω της ρευστοποίησης. Με βάση την κατάταξη του συστατικού, με το μέσο αξίας (X_{RF_i}), καθώς και σχετικά με την τυπική απόκλιση της μεταβλητής $\ln(x)$ (β_{RF_i}) που συνδέονται σε κάθε κατάσταση ζημιάς και που αντιστοιχεί στην αστοχία του θεμελίου (RF), οι καμπύλες αστάθειας ορίζονται ως εξής:

Ζημιά λόγω πλευρικής εδαφικής μετακίνησης

$$P[D_s \geq ds_i]_{LAT} = \Phi \left(\frac{\ln |PGD_{LAT}| - \ln [X_{RF_i}^c]}{\beta_{RF_i}} \right) P_{LIQ} \quad i = 2, 3, 4 \text{ and } 5 \quad (2)$$

Βλάβες που οφείλονται σε ρευστοποίηση

$$P[D_s \geq ds_i]_{SETT} = \Phi \left(\frac{\ln |PGD_{SETT}| - \ln [X_{RF_i}^c]}{\beta_{RF_i}} \right) P_{LIQ} \quad i = 2, 3, 4 \text{ and } 5 \quad (3)$$

Οι πιθανότητες των ζημιών που συνδέονται με ρευστοποίηση του εδάφους μπορεί να υπολογίζεται με την ακόλουθη εξίσωση:

$$P[D_s \geq ds_i]_{LIQ} = \text{MAX}\{P[D_s \geq ds_i]_{LAT}; P[D_s \geq ds_i]_{SETT}\} \quad (4)$$

Η ζημιά από την εξέταση υπογείων αγωγών του φυσικού αερίου ορίζονται σύμφωνα με Εξ. 5 για τη δυναμική επίδραση του εδάφους, συνάρτηση της PGV (σε cm / s), και ποσοτικά τις επισκευές ανά μονάδα μήκους(επισκευές /km-RR). Για την επίδραση των διαφόρων διαμέτρων, προτάθηκε ο συντελεστής K_ϕ από τον Azevedo.

$$RR_{PGV} [\text{repairs/km}] = 0.00003 K_\phi PGV^{2.25} \quad (5)$$

Όπου K_ϕ :ο συντελεστής που συσχετίζεται με την διάμετρο και τον τύπο του αγωγού.

Οι ζημιές που οφείλονται σε μόνιμες παραμορφώσεις του εδάφους (PGD καθορίζεται σε cm) ορίζονται σύμφωνα με Εξ. 6, όπου PROB αντιπροσωπεύει την

πιθανότητα εμφάνισης διαφόρων φαινομένων (ρευστοποίηση, $PROB_{LIQ}$; κατολίσθησ η, $PROB_{LANDS}$ και μόνιμη αστοχία εδάφους $PROB_{FAL}$).

$$RR_{PGD}[\text{repairs/km}] = 0.18 \text{ } PROB_{LIQ, LANDS \text{ or } FAL} \text{ } PGD^{0.56} \quad (6)$$

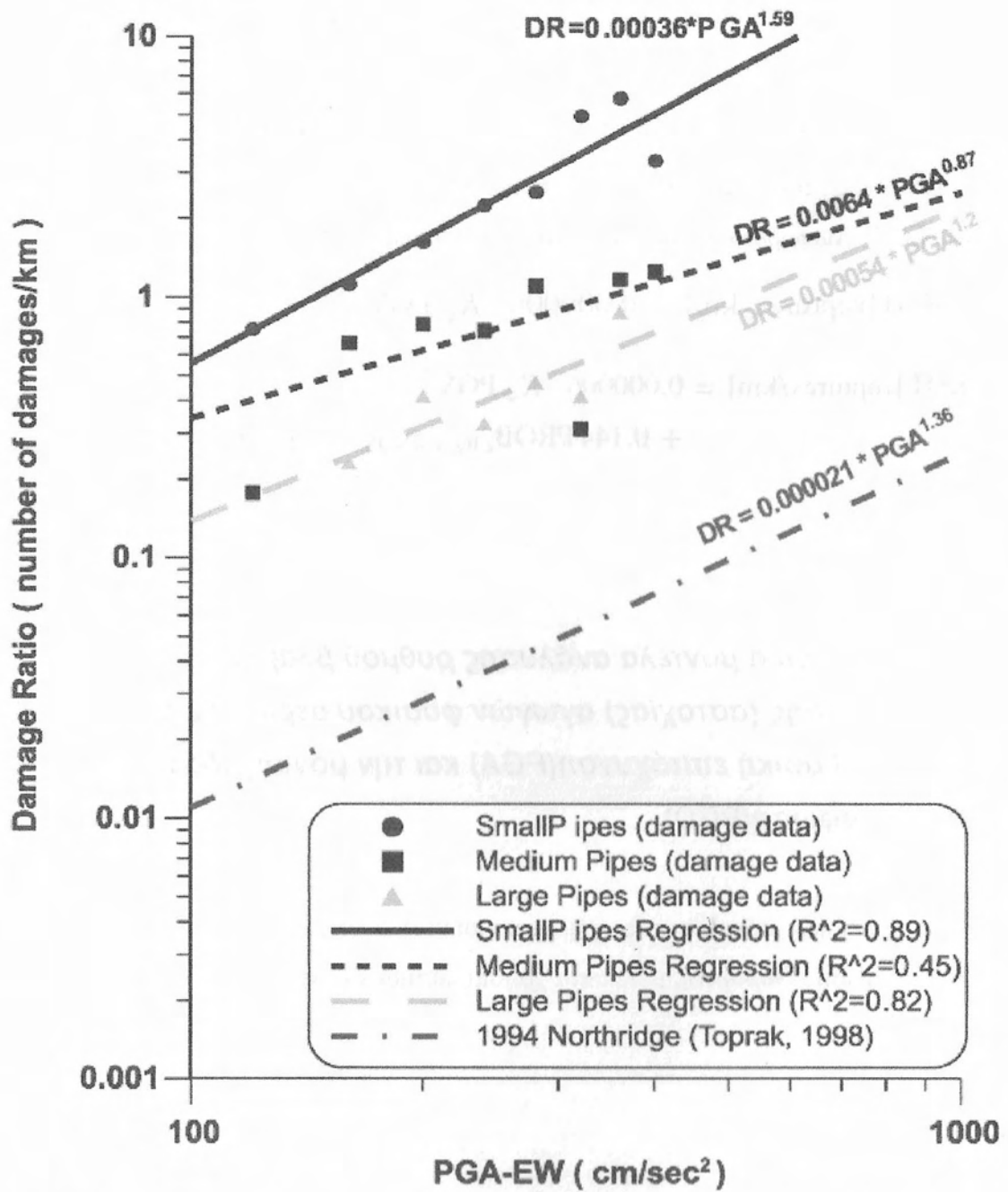
Ο αριθμός των αστοχιών (ROT-ρήγματα/km) προέρχεται από Εξ. 7. Διαφορετικά, θα πρέπει να χρησιμοποιείται. Εξ. 8

$$ROT[\text{ruptures/km}] = 0.000006 \text{ } K_{\phi} \text{ } PGV^{2.25} \quad (7)$$

$$ROT[\text{ruptures/km}] = 0.000006 \text{ } K_{\phi} \text{ } PGV^{2.25} \\ + 0.144 \text{ } PROB_{LIQ, LANDS \text{ or } FAL} \text{ } PGD^{0.56} \quad (8)$$

6.5 Εμπειρικά μοντέλα ανάλυσης ρυθμού βλάβης ή επιδιόρθωσης (αστοχίας) αγωγών φυσικού αερίου σε σχέση με την μέγιστη εδαφική επιτάχυνση(PGA) και την μόνιμη εδαφική παραμόρφωση(PGD)

Τα εμπειρικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται αναπτύχθηκαν από τον O'Rourke κατά το σεισμό *Νόρθρινζ*, μετέπειτα χρησιμοποιήθηκαν και από το HAZUS.



Σχ. 6.1 Σχέση επίδρασης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης- διάμετρος αγωγού

• Ρυθμός βλάβης/ km

Για τις τρεις μεγέθους διαμέτρων αγωγού οι εμπειρικές σχέσεις ρυθμού βλάβης (αστοχίας) σε σχέση με PGA είναι τα εξής:

$$DR = 0.00036 \times PGA^{1.59} \quad \text{for } \Phi \leq 65 \text{ mm} \quad (1)$$

$$DR = 0.0064 \times PGA^{0.87} \quad \text{for } 65 \text{ mm} < \Phi < 150 \text{ mm} \quad (2)$$

$$DR = 0.00054 \times PGA^{1.2} \quad \text{for } \Phi \geq 150 \text{ mm} \quad (3)$$

όπου Φ (mm) είναι η διάμετρος του αγωγού, PGA η μέγιστη εδαφική επιτάχυνση (cm/s^2).

Ρυθμός επιδιόρθωσης (Ανεξαρτήτως διαμέτρου αγωγών.)

Είναι η σε σχέση που προτάθηκε από τον O'Rourke (1998).

$$RR/km = 10^{1.25 \ln(PGA - 0.63)}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ-ΕΠΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

7.1 Παρουσία της νομαρχίας Μαγνησίας

Ο νομός Μαγνησίας καλύπτει έκταση 2.600 τετραγωνικά χιλιόμετρα, και ο συνολικός πληθυσμός του ανέρχεται σε 206.995 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του 2001. Στα ανατολικά - βορειοανατολικά όρια του νομού Μαγνησίας υψώνεται η οροσειρά του Πηλίου με υψόμετρο 1.445 μέτρα, νότια βρίσκεται το όρος Όθρυς με υψόμετρο 1.645 μέτρα και δυτικά το όρος Χαλκοδόνιο με υψόμετρο 725 μέτρα.



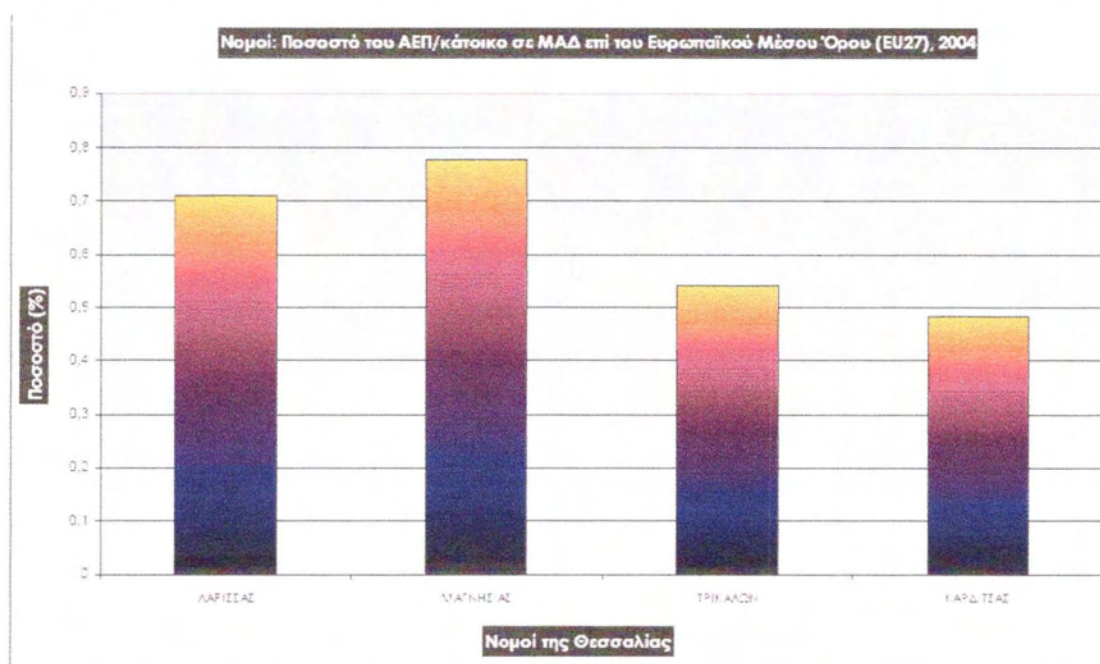
Εικόνα 7.1 Χάρτης του Ν.Μαγνησίας

Ο νομός συνορεύει με τους νομούς Λάρισας στα βόρεια - βορειοδυτικά και με το νομό Φθιώτιδας στα δυτικά - νοτιοδυτικά, ενώ το ανατολικό τμήμα του διαβρέχεται από τον Παγασητικό Κόλπο και εν γένει από το Αιγαίο Πέλαγος. Οι οδοί επικοινωνίας του νομού με την Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη περιλαμβάνουν τον οδικό άξονα της Εθνικής Οδού Αθηνών - Θεσσαλονίκης, το επαρχιακό δίκτυο Βόλου - Πηλίου και Βόλου - Αλμυρού και το σιδηροδρομικό δίκτυο Αθηνών - Βόλου - Λάρισας - Κατερίνης - Θεσσαλονίκης.

Στο νομό Μαγνησίας βρίσκεται ένας σημαντικός αριθμός μικρών, μεσαίων και μεγάλων επιχειρήσεων που προσφέρουν απασχόληση σε περισσότερους από 30.000 εργαζομένους.

Στις δραστηριότητες του δευτερογενούς τομέα περιλαμβάνονται: βιομηχανίες μετάλλου, ποτών και τροφίμων, ξύλου, χημικών, πλαστικών, δομικών υλικών, ηλεκτρικών ειδών, ειδών υψηλής τεχνολογίας και κλωστοϋφαντουργία. Η Βιομηχανία μετάλλου είναι ο δυναμικότερος τομέας βιομηχανικής δραστηριότητας του νομού, ο οποίος απασχολεί περίπου 6.000 εργαζομένους και καταλαμβάνει

μεγάλο τμήμα της ΒΙ. ΠΕ. Στις επιχειρήσεις του τομέα αυτού περιλαμβάνονται χυτήρια, εργοστάσια παραγωγής καλωδίων, κραμάτων και μεταλλικών εξαρτημάτων μηχανών, καθώς και επιχειρήσεις που απασχολούνται αποκλειστικά με την εμπορία μηχανών και μηχανικών εξαρτημάτων. Η Βιομηχανία ποτών και τροφίμων περιλαμβάνει περίπου 100 επιχειρήσεις σχετικές με την συσκευασία προϊόντων του πρωτογενούς τομέα και την εμφιάλωση ποτών. Λειτουργούν επίσης επιχειρήσεις σχετικές με την παραγωγή ελαίων και ελαιολάδου, αλεύρου και ειδών ζαχαροπλαστικής, με την παραγωγή, διαχωρισμό και συσκευασία φρούτων- λαχανικών, αλίπαστων ειδών, γαλακτοκομικών ειδών, αναψυκτικών και χυμών, οίνου και οινοπνευματωδών ποτών και εμφιάλωση νερού. Η Βιομηχανία ξύλου με την κατεργασία ξύλου για κατασκευή ειδών επίπλωσης αποτελεί τον τρίτο κατά σειρά βασικό τομέα βιομηχανικής δραστηριότητας της περιοχής



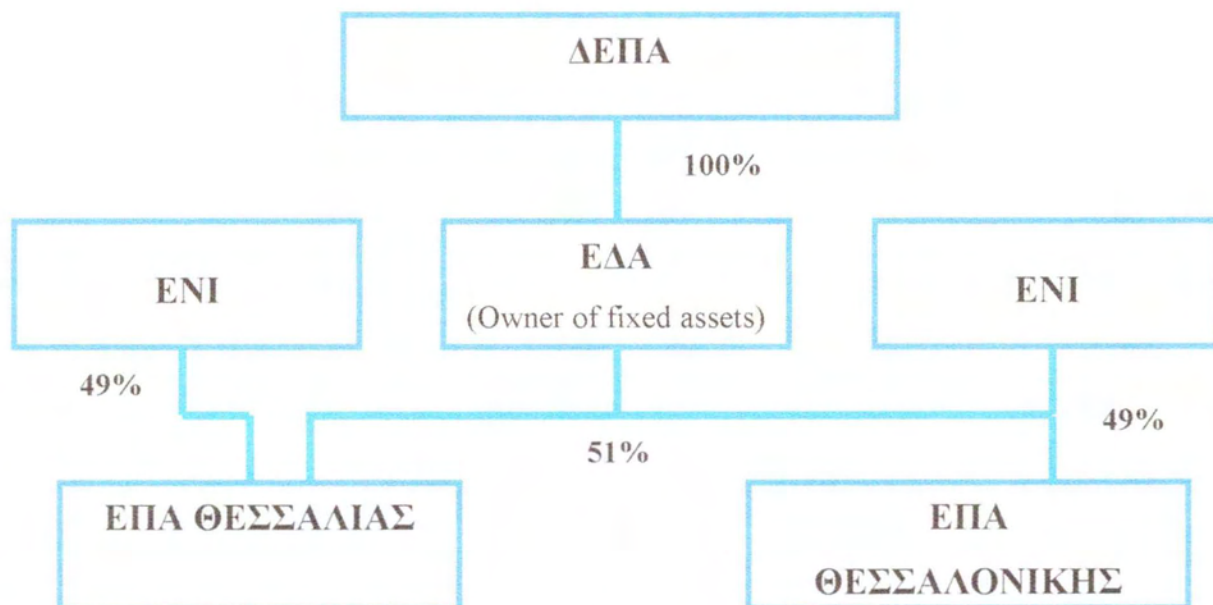
Σχ.7.1 Ποσοστό του ΑΕΠ ανα κάτοικο σε ΜΑΔ * Ε.Μ.Ο (EU27). 2004

7.2 Παρουσία της ΕΠΑ Θεσσαλίας

Η Ελλάδα παρέχει αμελητέες ποσότητες φυσικού αερίου αλλά η ανάπτυξη της αγοράς αερίου απέκτησε ενδιαφέρον για την ελληνική κυβέρνηση μετά το 1980. Η εισαγωγή φυσικού αερίου αποτελεί μια μέθοδο αναβάθμισης της ελληνικής διαφοροποίησης στην παροχή ενέργειας με στόχο την μείωση της ρύπανσης.

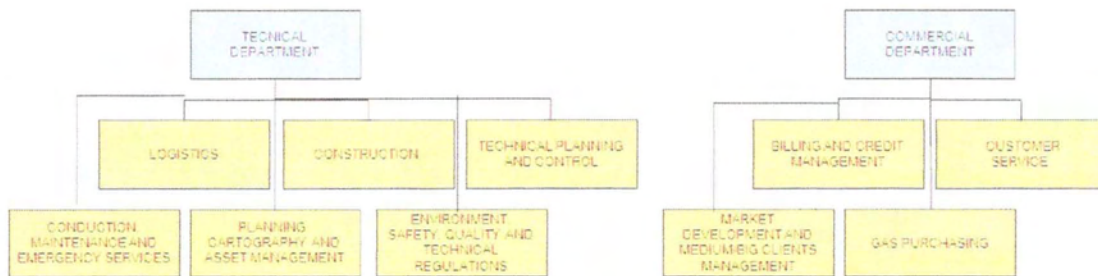
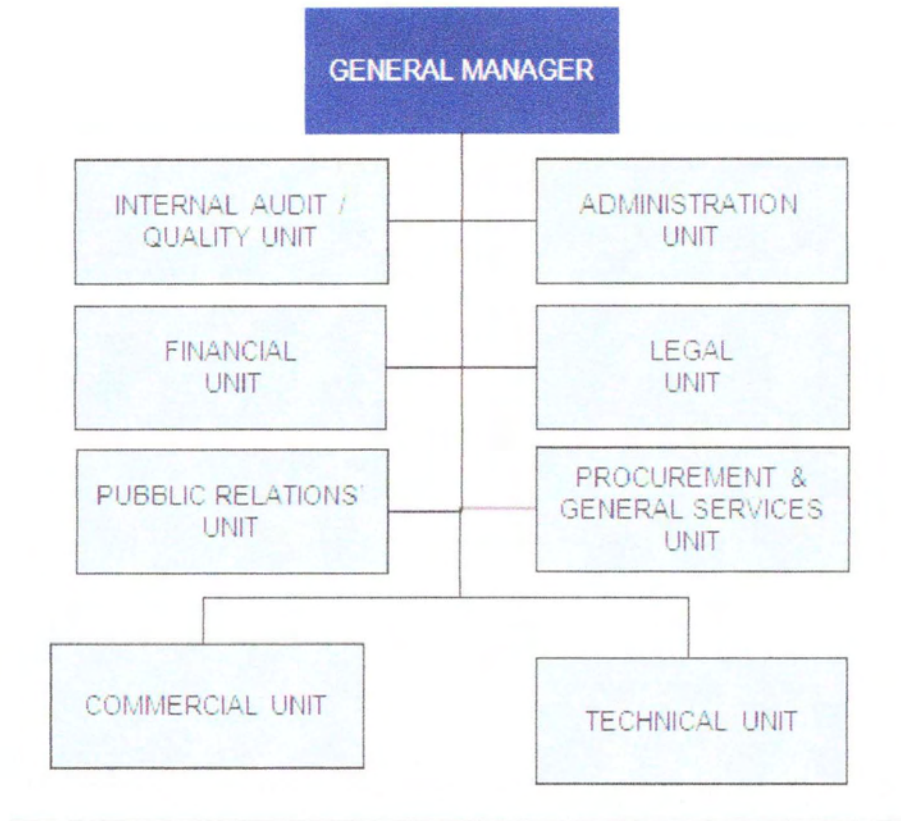
Η ΔΕΠΑ είναι υπεύθυνη για την εισαγωγή, διανομή και αποθήκευση του φυσικού αερίου, την κατασκευή και λειτουργία του δικτύου διανομής και την εμπορική

εκμετάλλευσή του σε καταναλωτές (περισσότερο από 10 Mcm pa) και στις τρεις ΕΠΑ.

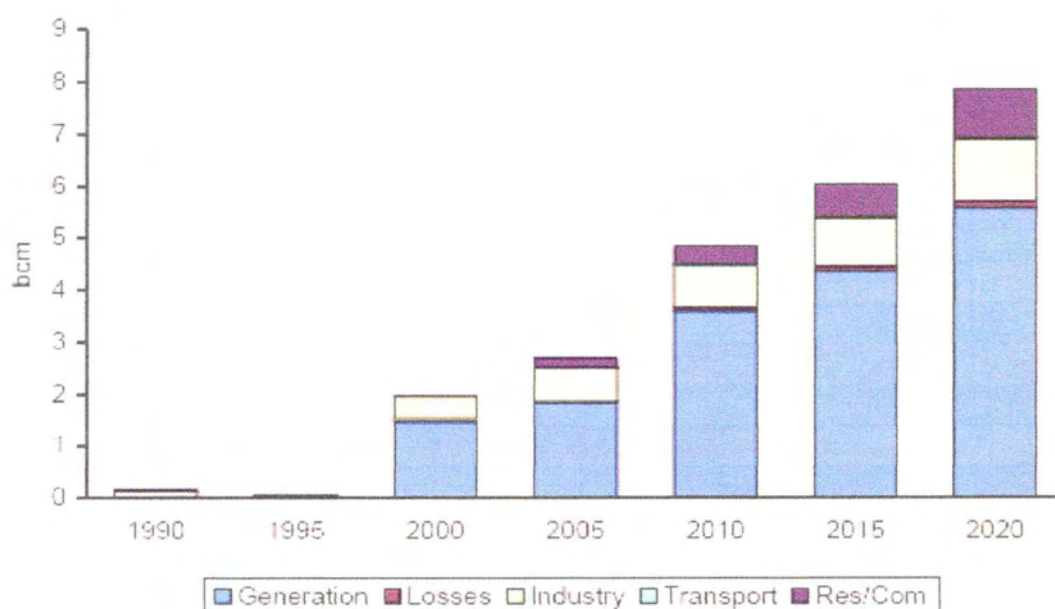


Σχ.7.2 Η εταιρεία ΕΠΑ Θεσσαλίας

Κατά τη διάρκεια του έτους 2006 η οργανωτική δομή της ΕΠΑ άλλαξε ώστε να συμβαδίζει με τις απαιτήσεις της αγοράς και με τις καλές πρακτικές που εφαρμόζονται στην Ευρώπη. Η νέα οργανωτική δομή αποτελείται από έξι τμήματα προσωπικού και δύο τμήματα αγοράς υπό τον Γενικό Διευθυντή.



Σχ. 7.3 Δομή της ΕΠΑ



Σχ. 7.4 Ανάγκες στον ενεργειακό τομέα αερίου για την περίοδο 1990-2020

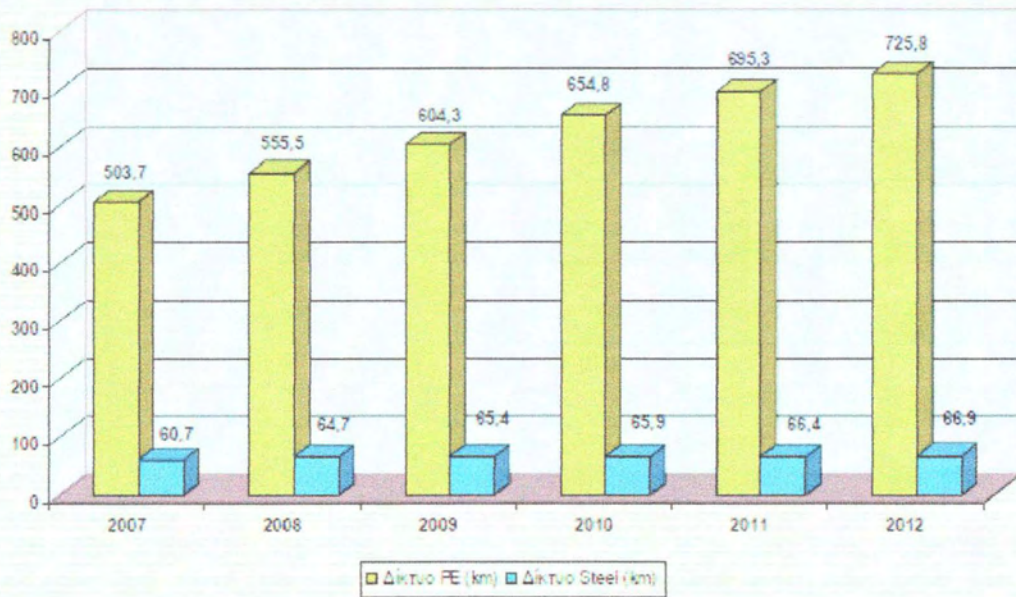
Μεγάλη πρόοδο σημειώθηκε στο τομέα της επέκτασης του δικτύου. Κατά τη διάρκεια του έτους 2007 οι επενδύσεις του προγράμματος κατασκευής για την επέκταση των δικτύων έφτασε τα 6.000.000 € όπου τα 50χλμ του δικτύου λειτουργεί υπό πίεση 4bar.

Ακολουθώντας τις δεσμεύσεις της σε θέματα πολιτικής όσο αφορά την ασφάλεια, η ΕΠΑ Θεσσαλίας έχει λάβει τα απαραίτητα μέτρα για την σωστή λειτουργία του δικτύου και των εσωτερικών εγκαταστάσεων.

	ΛΑΡΙΣΑ	ΒΟΛΟΣ	ΚΑΡΔΙΤΣΑ	ΤΡΙΚΑΛΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΔΙΚΤΥΟ 4 bar (m) (ΧΑΜΗΛΗ ΠΙΕΣΗ)	311.473	236.836	30.151	25.914	604.374
ΔΙΚΤΥΟ 19 bar (m) (ΜΕΣΗ ΠΙΕΣΗ)	31.265	26.545	3.457	4.203	65.470
ΣΥΝΟΛΟ (m)	342.738	263.381	33.608	30.117	669.844

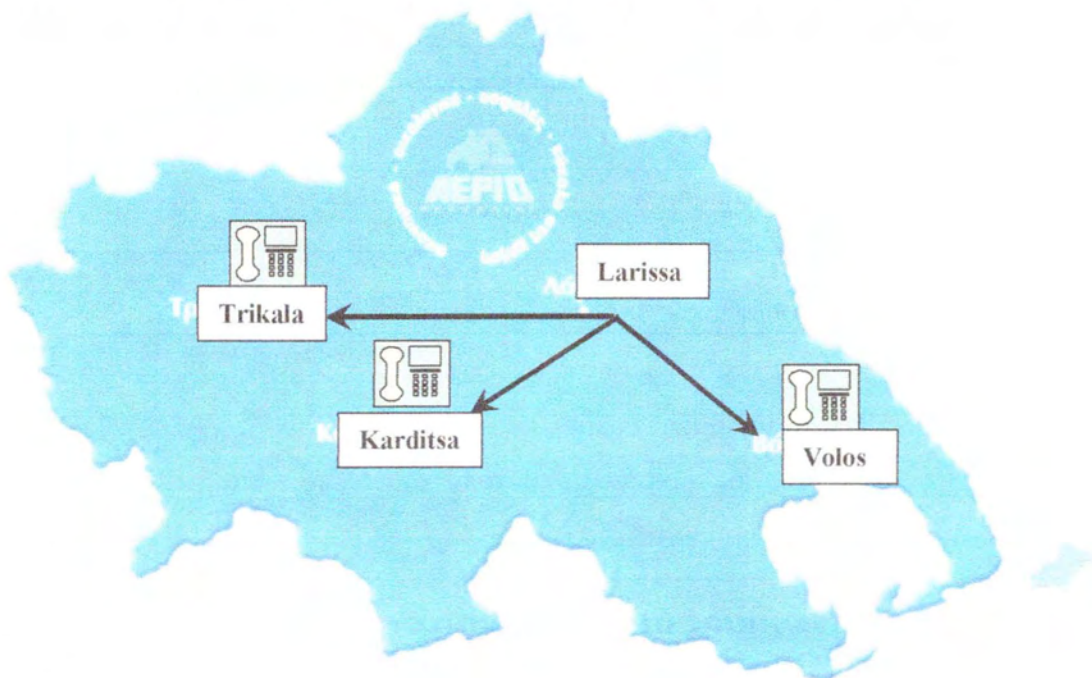
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1 Κατασκευασμένο δίκτυο το 2009

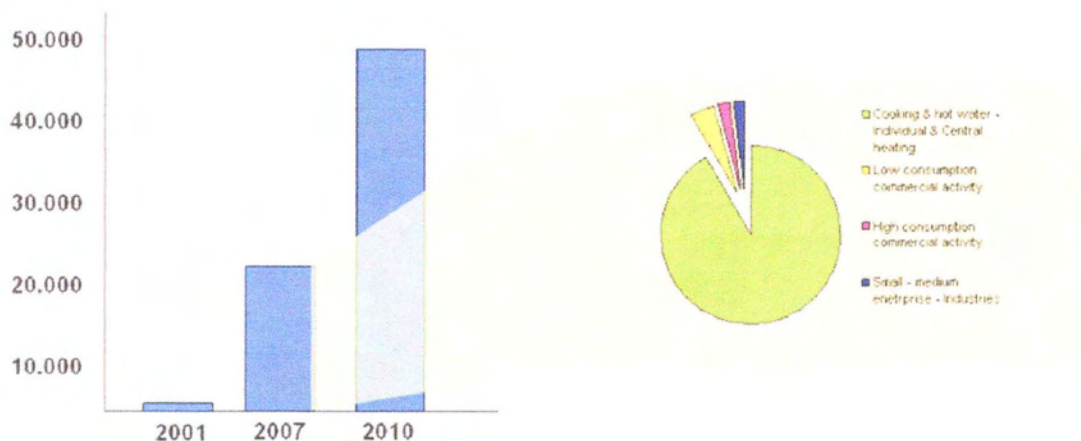
ΕΠΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ - ΔΙΚΤΥΟ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ (km)



Σχ. 7.5 δίκτυο Φ.Α. σε (km) μέχρι το 2012

Στη Θεσσαλία το 2001 η ενεργοί καταναλωτές έφτασαν τους 34, το 2003 τους 2.254 ενώ το 2007 ο αριθμός αυτός αυξήθηκε σε 22000 και το 2009 σε 36243





Σχ. 7.6 Ενεργοί πελάτες ανά κατηγορία

7.3 Γενικά

Σύμφωνα με την Άδεια Διανομής Φυσικού Αερίου, η ΕΠΑ Θεσσαλίας θα πρέπει να εγγυηθεί για τα ακόλουθα:

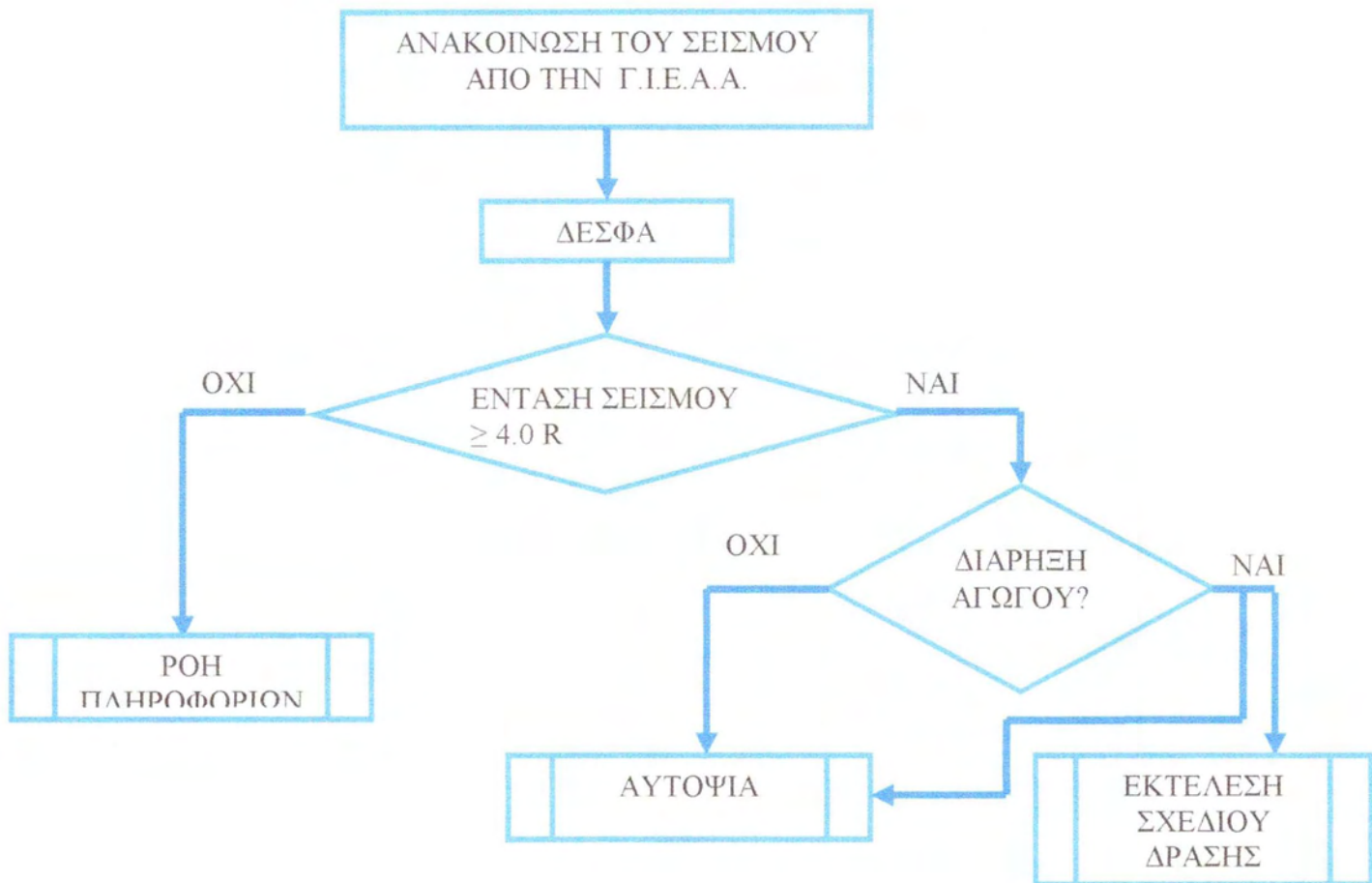
- Λειτουργία και συντήρηση όλου του δικτύου
- Διαχείριση ετοιμότητας
- Διαχείριση κρίσεων

Οι ενέργειες που ακολουθεί η ΕΠΑ Θεσσαλίας είναι σύμφωνα με τον Κώδικα Νο.11 και Νο.12. Βάση αυτών των προτύπων οι απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούνται είναι οι εξής:

- Ασφάλεια του πληθυσμού
- Ασφάλεια των εμπλεκόμενων εργαζομένων
- Ασφαλή λειτουργία της υπηρεσίας παροχής φυσικού αερίου
- Συμμόρφωση με τους νόμους που διέπουν:
 - Η άδεια παροχής αερίου
 - Εθνικές νομοθεσίες και πρότυπα που αναφέρονται στην λειτουργία και συντήρηση του δικτύου

7.4 Σχέδιο αντιμετώπισης σε περίπτωση σεισμού

Όταν σεισμός πλήξει την περιοχή του Βόλου, η ΕΠΑ Θεσσαλίας είναι υπεύθυνη για τις πιθανές αστοχίες, διαρροές αερίου που θα παρουσιαστούν το δίκτυο χαμηλής πίεσης φυσικού αερίου. Το λογικό διάγραμμα που περιγράφει συνοπτικά τις ενέργειες που εκτελούνται αμέσως μετά το σεισμό είναι το ακόλουθο



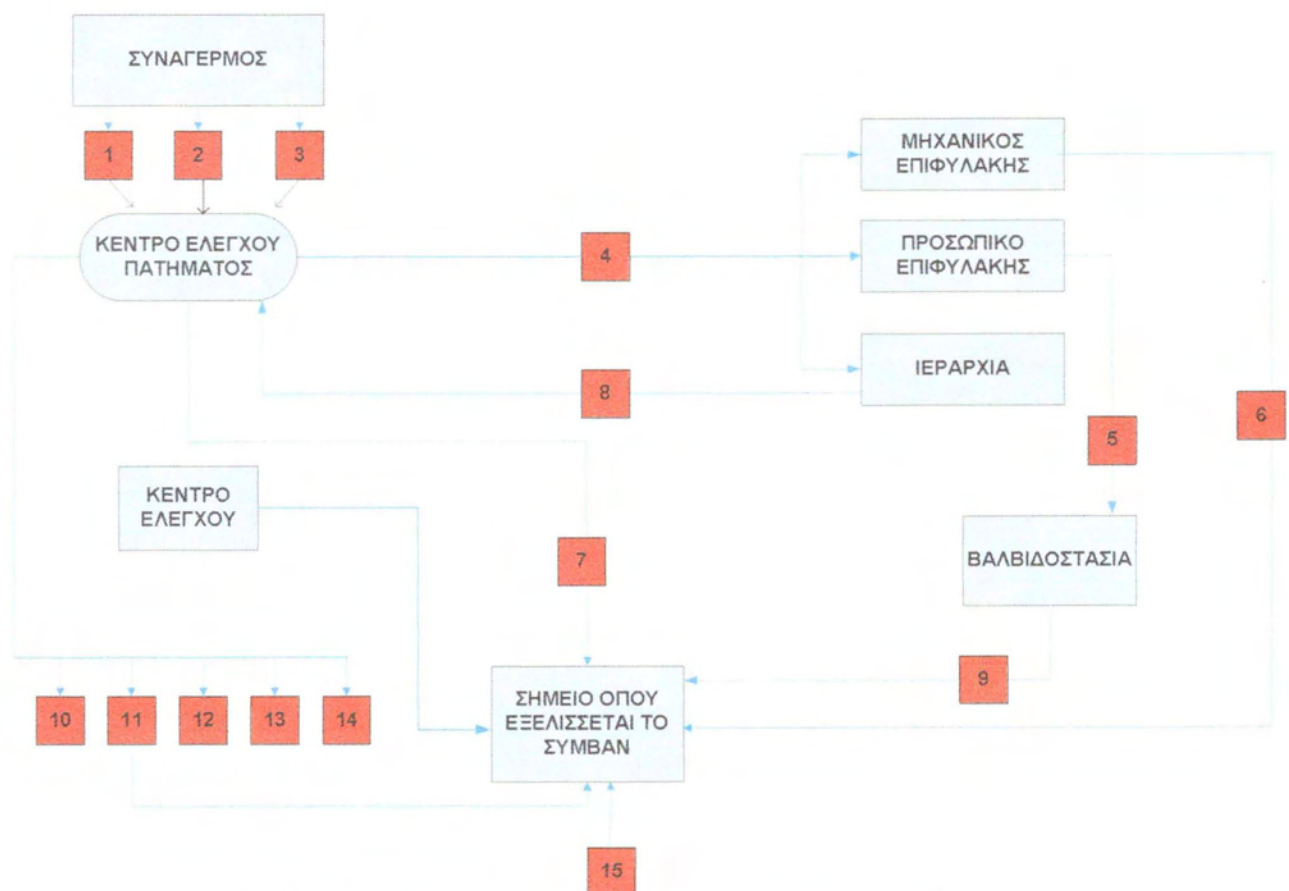
Διαγρ.7.1 Λογικό διάγραμμα αντιμετώπισης σεισμού

Η κατάσταση λειτουργίας του δικτύου διανομής φυσικού αερίου ταξινομείται ως εξής:

- Κατάσταση 1 (κανονική λειτουργία): Το σύστημα λειτουργεί υπό κανονική εποπτεία
- Κατάσταση 2:(ελάχιστη ζημία) Εμφανίζονται καταστάσεις που έχουν άμεση σχέση με την ασφάλεια του συστήματος και εάν δεν υπάρξει άμεσος έλεγχος και επέμβαση μπορεί να επιδεινωθούν
- Κατάσταση 3: (μέτρια ζημία) Εμφανίζονται καταστάσεις που έχουν σχέση με την ασφάλεια του συστήματος και που εάν δεν αντιμετωπισθούν άμεσα μπορεί να επιδεινωθούν. Οι καταστάσεις αυτές χρειάζονται άμεση επέμβαση από κάθε

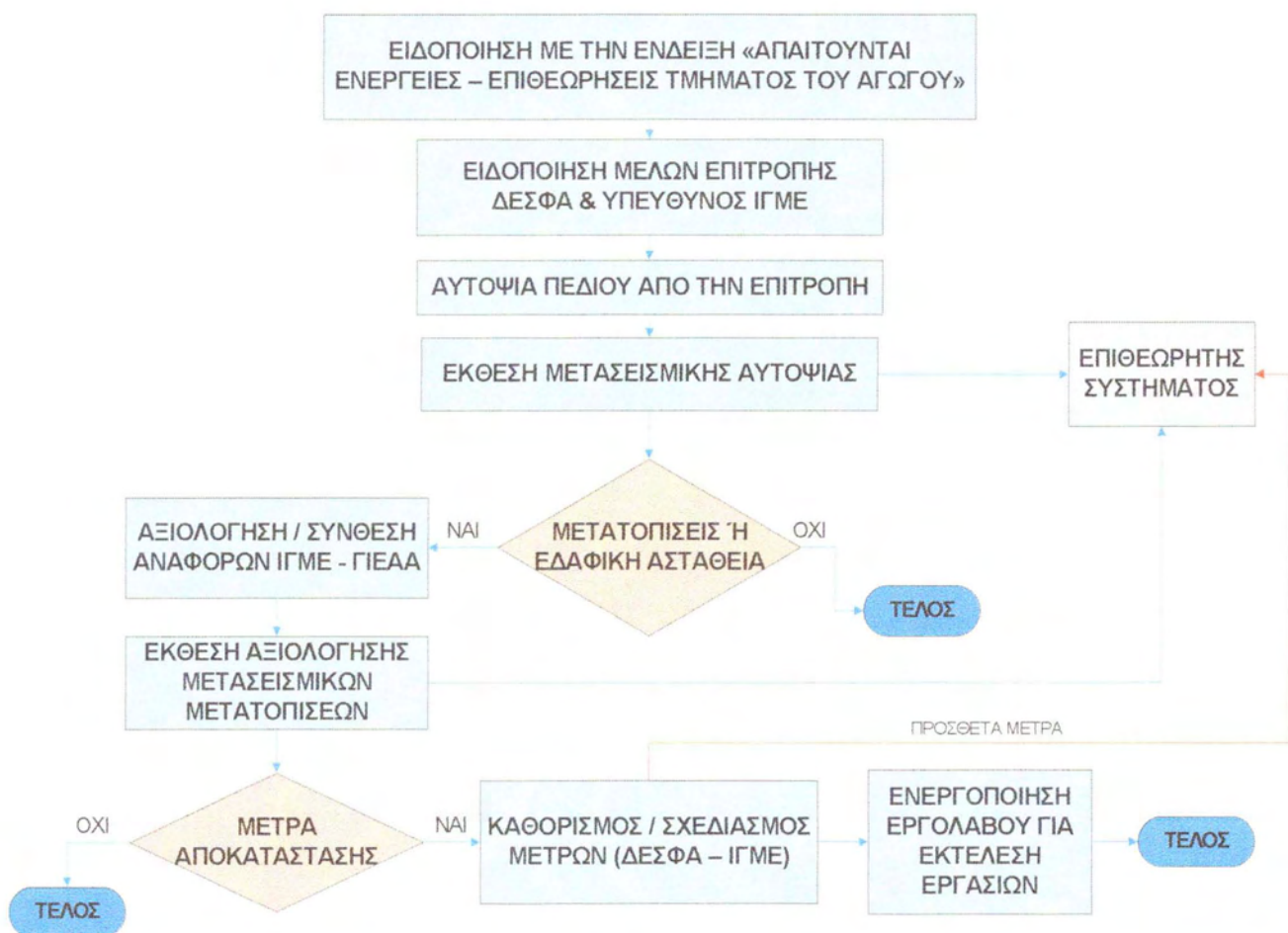
κτίριο Λ&Σ (π.χ. Ζημιά στους αγωγούς μεταφοράς χωρίς να προκληθεί διαρροή αερίου)

- Κατάσταση 4: (ολική καταστροφή) Η κατάσταση είναι εκτός ελέγχου και υπάρχει πιθανότητα να τραυματιστούν περίοικοι ή χειριστές της ΔΕΣΦΑ, να προκληθούν ζημιές στην γύρω από το δίκτυο αγωγού και από τις εγκαταστάσεις περιοχή ή στις εγκαταστάσεις του ΔΕΣΦΑ (π.χ. θραύση του αγωγού, μη ελεγχόμενη πυρκαγιά στις εγκαταστάσεις του Φ.Α. ή στα τμήματα των κατοικιών ή πλησίον αυτών)



Σχ. 7.7 Σχέδιο αντιμετώπισης έκτακτων αναγκών

Το Κέντρο Ελέγχου έχει την ευθύνη για τον συντονισμό των δράσεων αμέσως μετά το σεισμό, την ενημέρωση των εμπλεκόμενων φορέων, τη συλλογή των δεδομένων. Η ΕΠΑ Θεσσαλίας θα πρέπει να ενισχύσει την συνεργασία τους με τα τμήματα Πυροσβεστικής, Αστυνομίας και άλλων φορέων πολιτικής προστασίας διοργανώνοντας την διενέργεια κοινών ασκήσεων. Μετά την ολοκλήρωσή τους θα πρέπει να διενεργείται εκτίμηση των αποτελεσμάτων και προτάσεις για βελτιστοποίηση των ενεργειών δράσης



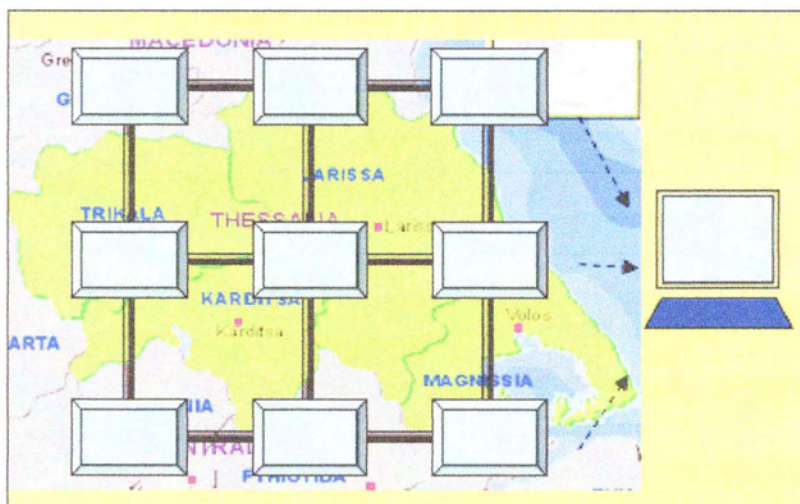
Σχ. 7.8 Διαδικασία Αυτοψίας

Υπάρχουσα Τεχνολογία Παρακολούθησης

Η διαχείριση κρίσης απαιτεί εκπαιδευμένο προσωπικό καθώς και εγκατάσταση σύγχρονων τεχνολογικών εργαλείων. Στη κατεύθυνση αυτού του στόχου η ΕΠΑ Θεσσαλίας σχεδιάζει να προχωρήσει στην εγκατάσταση τηλεχειριζόμενων συστημάτων ελέγχου:

- SCADA: Σύστημα εποπτικού ελέγχου και συλλογή δεδομένων
- GIS: Γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών

Το σύστημα SCADA επιτρέπει την συνεχή ροή πληροφοριών στα δίκτυα διανομή όλο το εικοσιτετράωρο, όπου μετράει την πίεση λειτουργίας του δικτύου σε κάθε σημείο. Με αυτό τον τρόπο κατευθύνει όλες τις ενέργειες αποκατάστασης που πρέπει να εφαρμοστούν ώστε να διασφαλιστεί η αδιάκοπη παροχή φυσικού αερίου σε όλους τους πελάτες.



Εικόνα 7.2 SCADA

Το σύστημα GIS περιλαμβάνει ηλεκτρονικούς χάρτες που θα παρέχει τη δυνατότητα στην ΕΠΑ Θεσσαλίας να έχει εποπτεία της θέσης του δικτύου, των τεχνικών χαρακτηριστικών των αγωγών (π.χ. διάμετρος αγωγού), την ακριβή θέση των βαλβίδων και πολλά περισσότερα.

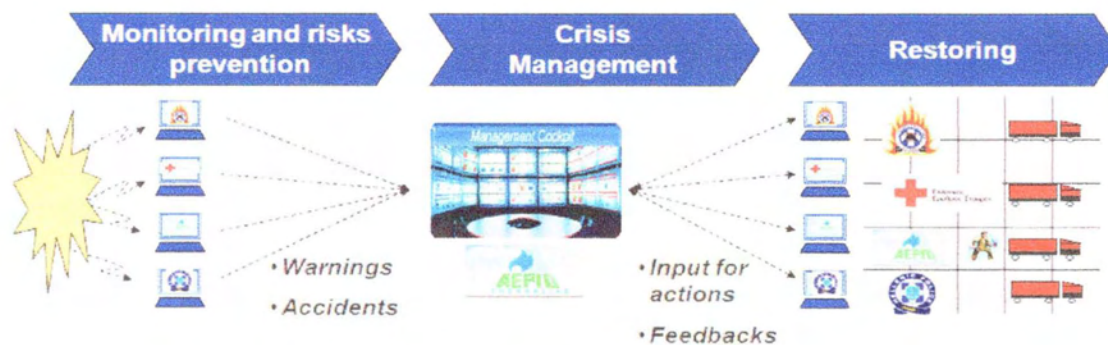


Εικόνα73 GIS

Η εγκατάσταση αυτών των συστημάτων θα συμβάλλει στην άμεση διαχείριση των πληροφοριών αλλά και των κινδύνων που απειλούν την ακεραιότητα του δικτύου ώστε να διασφαλίσει την αποδοτική λειτουργία του δικτύου χωρίς παρεμβολές και με μικρό κόστος.

Οι εγκαταστάσεις της ΕΠΑ είναι τοποθετημένες σε μία πόλη που αποτελείται από δρόμους, κτίρια, δίκτυα παροχής νερού και ηλεκτρισμού. Σε περίπτωση ατυχήματος η εταιρία θα ενεργήσει ως κομμάτι του δικτύου και θα συνεργαστεί με τους εμπλεκόμενους φορείς, όπως η αστυνομία, πυροσβεστική, ώστε να δράσουν βάση κοινού σχεδίου αντιμετώπισης της κρίσης.

Όλοι οι χειριστές του δικτύου είναι χρήσιμο να ελέγχονται ως τμήμα του ίδιου δικτύου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ειδικών συσκευών όπως είναι το GPS, που θα είναι εγκαταστημένα στα οχήματά τους. Με τον τρόπο αυτό θα έχουν μια ολοκληρωμένη εικόνα της θέσης των οχημάτων διάσωσης κάθε στιγμή κατά τη διάρκεια των επιχειρήσεων αντιμετώπισης του συμβάντος.



Σχ. 7.9 Cross Competencies

Το μοντέλο λειτουργίας χρησιμοποιείται ευρέως στην Ευρώπη με μεγάλη επιτυχία. Επιπλέον είναι πολύ σημαντικό για τη διαχείριση του κινδύνου η εκπόνηση συνεχούς εκπαίδευσης και ενημέρωσης όχι μόνο του προσωπικού της εταιρίας αλλά και των πολιτών, οι οποίοι μπορούν να συνεισφέρουν δυναμικά στην γρήγορη αντιμετώπιση της κατάστασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι οι καταστροφές θα συνεχίσουν να συμβαίνουν σε όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση. Κάποιες από αυτές οφείλονται σε τεχνολογικά αίτια, και άλλες σε φυσικά φαινόμενα όπως είναι τα σεισμικά φαινόμενα ή συνδυασμός και των δύο αιτιών. Αναπόφευκτα, αν συμβεί καταστροφή θα έχει ως συνέπεια θύματα, περιβαλλοντική, οικονομική και κοινωνική επίπτωση. Έντούτοις, υπάρχουν μέθοδοι που η εφαρμογή τους έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν τους κινδύνους. Ακόμη και για συγκεκριμένους τύπους καταστροφών υπάρχει η δυνατότητα να προβλεφθούν ως προς τη τοποθεσία, τη χρονική στιγμή (παραδείγματος χάριν, η κύκλος ζωής μιας εγκατάστασης) και να υπάρχει ένα κατάλληλο σχέδιο αντιμετώπισης και πρόληψης αυτών των εν δυνάμει κινδύνων ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις τους με το μικρότερο δυνατό κόστος.

Ειδικότερα, οι συνέπειες μιας αστοχίας αγωγών διανομής φυσικού αερίου θα μπορούσαν να είναι σημαντικές, δεδομένου ότι ένα σημαντικό ποσοστό του φορτίου μπορεί να διαφύγει. Με ένα συνεχώς αυξανόμενο δίκτυο αγωγών φυσικού αερίου σε όλη την Ευρώπη, υπάρχει μια αυξανόμενη πιθανότητα τέτοιων γεγονότων εάν ο κίνδυνος δεν αντιμετωπίζεται επαρκώς.

Συνοψίζοντας, σύμφωνα με τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν και αναλύθηκαν στη συγκεκριμένη μελέτη, για να μειωθεί ο κίνδυνος στο δίκτυο διανομής φυσικού αερίου η ΕΠΑ Θεσσαλίας θα πρέπει να επικεντρωθεί στα ακόλουθα:

- Εκτίμηση και αξιολόγηση των σχεδιαστικών και δομικών παραμέτρων του δικτύου που επηρεάζει την ακεραιότητα των αγωγών μεταφοράς του φυσικού αερίου
- Συνθήκες λειτουργία του δικτύου χαμηλής πίεσης
- Διάβρωση των αγωγών
- Ασφάλεια των πολιτών
- Προστασία από ζημιές που μπορεί να προκαλέσουν εξωγενείς δυνάμεις

- Αξιολόγηση των ήδη υπάρχουσων σχεδίων αντιμετώπισης έκτακτων αναγκών και ανανέωσή του τουλάχιστον κάθε 2 χρόνια
- Εγκατάσταση και επέκταση σε μη υπάρχουσες περιοχές σύγχρονης τεχνολογίας παρακολούθησης της ακεραιότητας του δικτύου (GIS, SCADA, ανίχνευση διαρροών)
- Έμφαση στην εκπαίδευση του κοινού σχετικά με τη λειτουργία του δικτύου και τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνουν σε περίπτωση διαρροής ή αστοχίας που σημειώνεται στον αγωγό
- Διενέργεια ασκήσεων ετοιμότητας εφαρμόζοντας διάφορα σενάρια ατυχημάτων στο δίκτυο φυσικού αερίου τουλάχιστον μία φορά το χρόνο

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. <http://volos.eedsa.gr/Contents.aspx?lang=gr&CatId=28&View=18>
2. Εκτίμηση Επικινδυνότητας Αγωγών Μεταφοράς Φυσικού Αερίου και Μεταφορά Επικίνδυνων Φορτίων Δικτύου Φυσικού Αερίου στη πόλη της Λάρισσας – Ε.Π.Α. Θεσσαλίας (2008)
3. Aspects of risk analysis associated with major failures of fuel pipelines”, M. Dziubinski, M. Fraczak, A.S. Markowski, Journal of Loss Prevention in the Prevention in the Process Industries 19 (2006) 399-403
4. Gas pipeline accidents: 7th EGIC report 1970 – 2008”, 7th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group, December 2009
5. Seismic vulnerability of lifelines in the greater Lisbon area João Azevedo · Luís Guerreiro · Rita Bento Mário Lopes · Jorge Proença (2009) 164, 167-8
6. Development of a Decision Support System for Technological Risk Management with the combined use of Remote Sensing and GIS”, by Nektarios Chrysoulakis and Poulicos Prastacos
7. Ανάπτυξη Συστήματος Υποστήριξης της Διαχείρισης Βιομηχανικού κινδύνου με χρήση Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών”, Χρυσουλάκης Νεκτάριος
8. ΜΙΚΡΟΖΩΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ Π.Σ. ΒΟΛΟΥ – Ν. ΙΟΝΙΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ-ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Α.Π.Θ. (2009)
9. Seismic response of natural gas and water pipelines in the Ji-Ji earthquake (2002) 1211-12
10. Διατριβή Συμβολή στην ανάλυση της σεισμικής τρωτότητας δικτύων κοινής ωφέλειας σε αστικό περιβάλλον_ Ανάπτυξη ολοκληρωμένης μεθοδολογίας διαχείρισης της σεισμικής διακινδύνευσης - Κωδικός 18992('file://localhost/E:/Διατριβή%20Συμβολή%20στην%20ανάλυση%20της%20σεισμικής%20τρωτότητας%20δικτύων%20κοινής%20ωφέλειας%20σε%20αστικό%20περιβάλλον_%20Ανάπτυξη%20ολοκληρωμένης%20μεθοδολογίας%20διαχείρισης%20της%20σεισμικής%20διακινδύνευσης%20-%20Κωδικός%2018992.mht')
11. Toprak S. Earthquake effects on buried lifeline systems. PhD Dissertation, Cornell University; 1998.

12. O'Rourke MJ, Ayala G. Pipeline damage due to wave propagation. *J Geotech Engng* 1993;119(9):1490-8
13. Li Jie. *Lifeline Earthquake Engineering: Basic Theory and Application*. Beijing: Science Press, 2005: 51~53(in Chinese)
14. Wang Dongwei. A Preliminary Research on the Damage Prediction of the Buried Line. *Journal ofZhengzhou Institute of Technology*, 3(1991), p65~68(in Chinese)
15. Lifelines earthquake vulnerability assessment: a systemic approach S. Menonia,*, F. Pergalanib, M.P. Bonib, V. Petrinib (2002) 1199-1208
16. **VULNERABILITY AND RISK ASSESSMENT OF LIFELINES**
K.Pitilakis, M. Alexoudi1, S. Argyroudis, O. Monge and C. Martin *Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece*
17. Μελέτη Προδιαγραφών για την Χαρτογράφηση του Κινδύνου και την Εκτίμηση της Επικινδυνότητας {ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΚΤΑΚΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ (ΕΣΔΕΑ)}
18. <http://www.diktyoseismos.gr/about-earthquakes/earthquakes-in-greece.php>
19. http://en.wikipedia.org/wiki/Peak_ground_acceleration
20. http://cvsoft.civil.auth.gr/index.php/downloads/doc_download/10-liq-notes

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ (Vulnerability): Γενικότερα ως *Τρωτότητα (T|σ)* θεωρούνται οι συνθήκες που διαμορφώνουν την πιθανότητα επιπτώσεων σε τέσσερις κατηγορίες κοινωνικο-οικονομικών παραμέτρων οργανισμών ή κυβερνήσεων

PEAK GROUND ACCELARATION (PGA): η εδαφική επιτάχυνση είναι το ποσό επιτάχυνσης της κίνησης γης, ως ποσοστό της επιτάχυνσης της βαρύτητας (9.80655 m / s^2).

PEAK GROUND VELOCITY (PGV): η εδαφική ταχύτητα (cm / s) είναι η κίνηση της επιφάνειας γης από τους σεισμούς ή εκρήξεις. Εδαφική κίνηση παράγεται από τα κύματα που δημιουργούνται από την ξαφνική ολίσθηση εδάφους ή ξαφνική πίεση από εκρηκτική πηγή και μεταφέρεται μέσα από το έδαφος και κατά μήκος της επιφάνειάς του.

PEAK GROUND DISPLACEMENT (PGD): η εδαφική παραμόρφωση (cm) είναι η μόνιμη μετατόπιση επιφάνειας η εδάφους από μια ισχυρή σεισμική ένταση.



Εικόνα 1: Η μόνιμη εδαφική παραμόρφωση.

ΦΑΣΜΑΤΑ ΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ (PSA / PGA): Σε ένα ελαστικό φάσμα απόκρισης, για μια δεδομένη εδαφική σεισμική κίνηση, αποτυπώνεται η εξάρτηση της μέγιστης επιτάχυνσης (ή ταχύτητας ή μετακίνησης) που αναπτύσσει η μάζα ενός ελαστικού μονοβάθμιου ταλαντωτή με δεδομένη απόσβεση (π.χ. 5%) από την ιδιοπεριόδου του, δηλ. μία ιδιότητα που εξαρτάται από τη μάζα και τη δυσκαμψία τ.

ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ (Liquefaction): Ορίζεται ως ο “μετασχηματισμός” ενός κοκκώδους εδαφικού υλικού από μία στέρεη κατάσταση σε μία ρευστή κατάσταση, ως αποτέλεσμα της σημαντικής ανάπτυξης υδατικής υπερπίεσης του νερού των πόρων και κατ’ επέκταση μείωσης των ενεργών τάσεων. Η ανάπτυξη υδατικής υπερπίεσης οφείλεται στην τάση που παρουσιάζουν τα κοκκώδη εδάφη να συμπυκνώνονται όταν επιβάλλονται σε αυτά διατμητικές παραμορφώσεις. Κατά τη διάρκεια ενός σεισμού, λόγω της πολύ γρήγορης φόρτισης (μέσω της επιβολής διατμητικών παραμορφώσεων) του εδάφους επικρατούν αστράγγιστες συνθήκες, με αποτέλεσμα τη μη μεταβολή του όγκου του εδάφους και κατά συνέπεια την ανάπτυξη υδατικής υπερπίεσης του νερού των πόρων. Ρευστοποίηση μπορεί να εμφανιστεί σε κορεσμένα εδάφη, κυρίως σε ιλυώδους άμμους, καθαρές μέσες προς λεπτές άμμους και σε ορισμένες περιπτώσεις σε αμμοχαλικώδη εδάφη, τα οποία βρίσκονται αρχικά σε κατάσταση χαλαρή έως μέτριας σχετικής πυκνότητας.

PGA μόνο κατεύθυνση (max καταγραφεί)	Ένταση	Βάθος	Θάνατοι	Σεισμός
2.7g	9.0	30 km	> 15000	<u>2011 Τοχόκυ της σεισμό και το τσουνάμι</u>
1.7g	6.7	19 km	57	<u>1994 Καλιφόρνια σεισμό</u>
0.8g	6.8	16 km	6434	<u>1995 Kobe σεισμό</u>
1.01g	7.3	8 km	2415	<u>1999 Jiji σεισμό</u>

Πίνακας. Π1. Η σχέση ανάμεσα στη μέγιστη επιτάχυνση εδάφους (**PGA**) και της έντασης σεισμού που έχει καταχωρηθεί.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ (ΙΤΥΣΣΕ)



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000106345