



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟ-
ΡΙΚΗΣ**

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΓΕΩΧΩΡΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΑΠΩ-
ΛΕΙΩΝ ΣΕ ΑΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ
ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ. ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ
ΚΟΡΙΝΘΙΩΝ.**

ΣΟΦΙΑ ΒΟΥΛΑΔΑΚΗ

Μηχανικός Γεωτεχνολογίας και Περιβάλλοντος

Επιβλέπων Καθηγητής

Ανδρέας Τσάτσαρης

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2024



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟ-
ΡΙΚΗΣ**

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΓΕΩΧΩΡΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΑΠΩ-
ΛΕΙΩΝ ΣΕ ΑΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ
ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ. ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ
ΚΟΡΙΝΘΙΩΝ.**

ΣΟΦΙΑ ΒΟΥΛΑΔΑΚΗ

Μηχανικός Γεωτεχνολογίας και Περιβάλλοντος

Επιβλέπων Καθηγητής

Ανδρέας Τσάτσαρης

Επιτροπή αξιολόγησης

Ιωάννης Κάτσιος

Γεώργιος Χλούπης

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2024

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Σοφία Βουλαδάκη του Χρήστου, με αριθμό μητρώου 1803 φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Γεωχωρικές Τεχνολογίες» του Τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα



Ευχαριστίες

Θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να αποδώσω πρώτα από όλα στον επιβλέποντα καθηγητή μου Δρ. Ανδρέα Τσάτσαρη που με καθοδηγούσε σε όλη την διάρκεια της έρευνάς μου, στον καθηγητή Δρ. Νικόλαο Πνευματικό για την πολύτιμη βοήθεια του πάνω στην λειτουργία του λογισμικού Eler καθώς και για το υλικό που μου εμπιστεύτηκε σε ένα κρίσιμο σημείο της διπλωματικής μου. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υπομονή και την στήριξη της στο εγχείρημα αυτό. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καλό μου φίλο και συμφοιτητή Σταύρο Τζαναβάρη MSc για τα στοιχεία που μου έδωσε καθώς και τον καλό μου φίλο και συνάδελφο Σπύρο Νεοκοσμίδη MSc για τις πολύτιμες συμβουλές του. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω το πιο σημαντικό πρόσωπο στην ζωή μου που στο πιο κρίσιμο σημείο της έρευνας μου η βοήθεια του ήταν κομβικής σημασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε η εκτίμηση σεισμικών απωλειών για διάφορα σεισμικά σενάρια για την Δημοτική Ενότητα Κορίνθου. Η επιλογή της περιοχής αυτής έγινε με σκοπό να εκτιμηθεί η σεισμική τρωτότητα των κτηρίων όσο πιο κοντά γίνεται στην πραγματική συμπεριφορά των κτηρίων της εξεταζόμενης περιοχής, καθώς πρόκειται για μια σειсмоγενή περιοχή η οποία έχει υποστεί ζημιές στο παρελθόν από σεισμικά γεγονότα. Η μέθοδος εκτίμησης βασίζεται στο ότι η σεισμική διακινδύνευση εξαρτάται από τον σεισμικό κίνδυνο και την τρωτότητα. Με δεδομένο τον σεισμικό κίνδυνο έγινε μια προσπάθεια να εκτιμηθεί η συμπεριφορά των κτηρίων ως προς τις ζημιές που θα προκαλέσει το εκάστοτε σεισμικό γεγονός Συγκεκριμένα, έγινε μια προσπάθεια να εκτιμηθούν οι σεισμικές απώλειες στην κτηριακή υποδομή της Δημοτικής Ενότητας Κορίνθου η οποία περιλαμβάνει την Δημοτική Κοινότητα Κορίνθου, την Δημοτική Κοινότητα Αρχαίας Κορίνθου, την Δημοτική Κοινότητα Εξαμιλίων, την Τοπική Κοινότητα Ξυλοκερίζης και την Τοπική Κοινότητα Σολομού, για τέσσερα σενάρια για σεισμούς μεγέθους 6,0 R, 6.5 R, 6.8 R και 7.0 R . Για τους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό εκτίμησης σεισμικών απωλειών Eler (Earthquake Loss Estimation) που αναπτύχθηκε από ερευνητές του πανεπιστημίου του Βοσπόρου (Bosphorus University) στην Κωνσταντινούπολη από το τμήμα σεισμολόγων μηχανικών (2009-2010). Το λογισμικό αυτό μας δίνει την δυνατότητα να εισάγουμε τον σεισμικό κίνδυνο σε ρεαλιστική βάση (με βάση τα ρήγματα της περιοχής). Στην παρούσα εργασία τα δεδομένα βασίστηκαν στο ρήγμα των Αλκυονίδων, καθώς το Φεβρουάριο του 1981 είχε γίνει σεισμός έντασης 6.8 R, προκαλώντας ζημιές στην περιοχή μελέτης μας. Οι απαραίτητες πληροφορίες, για τον υπολογισμό της εκτίμησης των σεισμικών απωλειών, όπως πληθυσμός, αριθμός κτιρίων, έτος κατασκευής, υλικό κατασκευής κτιρίων, συνολικό εμβαδόν κτιρίων και όροφος, βασίζονται στα στοιχεία της απογραφής του 2011 από την ΕΛΣΤΑΤ. Τα αποτελέσματα των σεισμικών απωλειών (κτηριακών ζημιών) χαρτογραφήθηκαν και παρουσιάζονται σε χάρτες με την χρήση του λογισμικού ArcGis (Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών), καθώς το λογισμικό Eler βασίζεται στο ArcGis και εξάγει τα δεδομένα σε μορφή που μπορούν να επεξεργαστούν από το λογισμικό ArcGis, έτσι ώστε να γνωρίζουμε όχι μόνο πόσες είναι οι σεισμικές απώλειες αλλά και σε ποιες περιοχές εμφανίζονται. Το λογισμικό Eler έχει την δυνατότητα να εξάγει πέρα από της κτηριακές απώλειες για την εκάστοτε περιοχή μελέτης τις οικονομικές απώλειες καθώς επίσης και τις ανθρώπινες απώλειες (τραυματισμοί – θάνατοι).

Σκοπός της παρούσας εργασίας δεν είναι να γίνει ακριβής πρόβλεψη των σεισμικών απωλειών από ένα μελλοντικό συμβάν, κάτι που προφανώς δεν μπορεί να γίνει. Άλλωστε, έχουμε να κάνουμε πάντα με μοντέλα, πιθανότητες και σενάρια τα οποία προσεγγίζουν τη μελλοντική πραγματικότητα, αλλά δεν την προβλέπουν. Με τεκμηριωμένα όμως τα δεδομένα που εισέρχονται στους υπολογισμούς είναι εφικτό να χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα της εκτίμησης των σεισμικών απωλειών από ομάδες λήψης αποφάσεων όπως η πολιτική προστασία, δήμοι, ομάδες διαχείρισης κρίσεων, μηχανικοί κ.α.

Λέξεις κλειδιά: σεισμικές απώλειες , σεισμική διακινδύνευση, τρωτότητα, καμπύλες τρωτότητας

ABSTRACT

In this paper, an assessment of seismic losses was carried out for various seismic scenarios for the Municipal Unit of Corinth. Or in this dissertation, I carried out an assessment of seismic losses for various seismic scenarios for the Municipal Unit of Corinth. The selection of this area was made as it is a seismic area that has suffered damage in the past from seismic events, and therefore is it valuable to assess the seismic vulnerability of the buildings as close as possible to the actual behaviour of the buildings in the area under consideration.

The assessment method assumes that seismic risk depends on seismic hazard and vulnerability. Given the seismic hazard, an attempt was made to assess the behaviour of the buildings in terms of the damage caused by each seismic event. Specifically, an attempt was made to estimate the seismic losses in the building infrastructure of the Municipal Unit of Corinth which includes the Municipal Community of Corinth, the Municipal Community of Ancient Corinth, the Municipal Community of Examilia, the Local Community of Xylokeriza and the Local Community of Solomon, for four scenarios for earthquakes of magnitude 6.0 R, 6.5 R, 6.8 R and 7.0 R. The Earthquake Loss Estimation software Eler (Earthquake Loss Estimation), used for the calculations, was developed by researchers at Bosphorus University (Bosphorus University) in Istanbul from the earthquake engineering department (2009-2010). This software allows us to introduce the seismic risk on a realistic basis (based on the faults in the area). In the present study, data were based on the Alkyonides fault, as in February 1981 an earthquake of intensity 6.8 R had occurred, causing damage in the study area. The necessary information to calculate the seismic loss estimate, such as population, number of buildings, year of construction, building material, total area of buildings and floor, is based on the 2011 census data from Hellenic Statistical Authority (EL-STAT-EΛΣΤΑΤ) The results of seismic losses (building damage) were mapped and presented on maps using ArcGis (Geographic Information Systems) software, as Eler software is based on ArcGis and outputs the data in a format that can be processed by ArcGis software, so that we know not only how much the seismic losses are, but also in which areas they occur. The Eler software has the ability to calculate building losses as well as financial and human losses (injuries - deaths) for each study area.

The purpose of this paper is not to predict the seismic losses for a future event, which obviously cannot be done. We always have to do with models, probabilities and scenarios which only approximate reality but cannot predicted. However, it is possible with the support of the documented data, and by entering the respective calculations, the results of the seismic loss assessment be used by decision-making groups such as civil protection, municipalities, crisis management groups, engineers, etc.

Key words: seismic losses, seismic risk, vulnerability, vulnerability curves

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
Αντικείμενο διπλωματικής εργασίας	10
Δομή της διπλωματικής εργασίας.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο	12
1.1 Γενικά περί σεισμών.....	12
1.2 Σεισμική ακολουθία	12
1.3 Είδη σεισμών.....	13
1.4 Είδη σεισμικών κυμάτων.....	13
1.5 Είδη σεισμικών ρηγμάτων.....	15
1.6 Κλίμακες μέτρησης έντασης σεισμού και μεγέθους σεισμού	16
1.7 Σεισμική Διακινδύνευση	19
1.8 Σεισμική επικινδυνότητα στον Ελλαδικό Χώρο	23
1.8.1 Κατάταξη εδαφών	24
1.9 Καμπύλες τρωτότητας.....	24
1.10 Φάσματα απόκρισης	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	28
2. ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	28
2.1 Δημογραφικά και γεωγραφικά στοιχεία της περιοχής μελέτης.....	28
2.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης -Γεωλογικές - τεκτονικές συνθήκες	29
2.3 Ηφαιστειακή δράση στην Κορινθία	31
2.4 Σεισμική ιστορικότητα στην περιοχή μελέτης	32
2.5 Αποτελέσματα των σεισμών στην Κορινθία	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο	38
3.1 Το λογισμικό Eler.....	38
3.2 Ενότητα Hazard Module	40
3.2.1 Event Data (Σεισμικό γεγονός)	41
3.2.2 Source Type (Τύπος Πηγής).....	42
3.2.3 Site Correction (Διόρθωση Εδαφικής Κίνησης).....	43
3.2.4 Site Condition- Vs30 Grid (Γεωγραφικό υπόβαθρο Vs30)	45
3.2.5 Ground Motion Prediction Equations (GMPEs)-Πρόβλεψη εδαφικής κίνησης	46

3.2.6 Instrumental Intensity-Ισόσειστες Καμπύλες	48
3.3 Ενότητα Level 0 Module	48
3.4 Ενότητα Level 1 Module	50
3.4.1 Απώλειες κτηριακής υποδομής.....	51
3.4.2 Μέθοδοι αποτίμησης ανθρώπινων απωλειών	55
3.4.3 Economic Loss – Οικονομικές Απώλειες	58
3.5 Ενότητα Level 2 Module	59
3.6 Κτηριακές ζημιές – Building Damage	63
3.7 Καμπύλες Τρωτότητας	65
3.8 Ταξινόμηση κτηρίων.....	66
3.9 Ατυχήματα- Casualty	67
3.10 Οικονομικές Απώλειες – Economic Loss	71
3.11 Ενότητα Pipeline Damage.....	71
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο	73
4.1 Περιοχή Μελέτης	73
4.2 Κατανομή Πληθυσμού	75
4.3 Κατανομή κτηρίων - πληθυσμού	75
4.3.1 Ταξινόμηση Κτηρίων	76
4.4 Επίπεδο 1 (Level 1).....	81
4.4.1 Κτηριακές Απώλειες	83
4.4.2 Ανθρώπινες απώλειες	85
4.4.3 Οικονομικές Απώλειες	86
4.5 Επίπεδο 2 (Level 2).....	87
4.5.1 Σεισμικός Κίνδυνος (Hazard)	87
4.5.2 Συμπεριφορά κτηρίων.....	88
4.5.3 Καμπύλες τρωτότητας μοντέλου	89
4.5.4 Στοχευμένη μετακίνηση	91
4.5.5 Υπολογισμός κτηριακών απωλειών	92
4.5.6 Ανθρώπινες απώλειες	94
4.5.7 Οικονομικές απώλειες.....	95
4.6 Ανάλυση αποτελεσμάτων	96
4.6.1 Αποτελέσματα επιπέδου 1 (Level 1).....	96
4.6.2 Αποτελέσματα επιπέδου 2 (Level 2).....	100
4.7 Συμπεράσματα	111

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	115
Χαρτογράφηση Δεδομένων και Αποτελεσμάτων	115
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	123

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αντικείμενο διπλωματικής εργασίας

Η εργασία αυτή θα ασχοληθεί με την εκτίμηση σεισμικού κινδύνου, για την Δημοτική Ενότητα Κορίνθου. για διάφορα σεισμικά σενάρια, με βάση το επίκεντρο του σεισμού των Αλκυονίδων του 1981, ο οποίο έπληξε την περιοχή μελέτης μας. Η περιοχή μελέτης μας περιλαμβάνει την Δημοτική Κοινότητα Κορίνθου, την Δημοτική Κοινότητα Αρχαίας Κορίνθου, την Δημοτική Κοινότητα Εξαμιλίων, την Τοπική Κοινότητα Ξυλοκερίζης και την Τοπική Κοινότητα Σολομού. Η εκτίμηση αυτή θα γίνει με την χρήση του λογισμικού ELER (ανάπτυξη λογισμικού από το Bogazici University) ενώ τις απαραίτητες πληροφορίες για τον πληθυσμό και τις κτηριακές υποδομές της περιοχής θα παρθούν από τα στοιχεία της απογραφής του 2011 από την ΕΛΣΤΑΤ. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών, για την εκτίμηση των σεισμικών απωλειών (κτηριακών ζημιών) για την Δημοτική Ενότητα Κορίνθου. θα εισαχθούν στο λογισμικό ArcGIS (Geographic Information System), όπου θα επεξεργαστούν και θα δημιουργηθούν οι κατάλληλοι χάρτες, στους οποίους θα αποτυπώνονται οι κτηριακές ζημιές, που θα έχουν προσκαλεστεί από το εκάστοτε σεισμικό σενάριο, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση που μας δίνει το λογισμικό Eler.

Δομή της διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα εργασία δομείται σε τέσσερα (4) κεφάλαια. Παρακάτω παρατίθεται μία σύντομη περιγραφή των κεφαλαίων.

Στο Κεφάλαιο 1 περιγράφονται οι έννοιες και τα χαρακτηριστικά του σεισμού και των ρηγμάτων, στη γενεσιουργό αιτία των σεισμών στον Ελλαδικό χώρο, στην σεισμική διακινδύνευση, στην κατάταξη των εδαφών, στις καμπύλες τρωτότητας καθώς επίσης και στα φάσματα απόκρισης.

Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται η περιγραφή της περιοχής μελέτης, η οποία περιλαμβάνει τα μορφολογικά χαρακτηριστικά, την ηφαιστειακή δράση που εντοπίζεται στην Κορινθία γενικά και τέλος την σεισμική ιστορικότητα και τι αποτελέσματα θα έχει ένα σεισμικό γεγονός στην περιοχή μελέτης μας.

Στο Κεφάλαιο 3 γίνεται η περιγραφή των δυνατοτήτων του λογισμικού Eler, το οποίο θα χρησιμοποιήσουμε για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων των κτηριακών απωλειών της περιοχής μελέτης μας.

Στο Κεφάλαιο 4 γίνεται η ανάλυση και η επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων. Καθώς επίσης πραγματοποιείτε και η ανάλυση των δεδομένων που θα εξαχθούν μέσω του λογισμικού Eler, σύμφωνα με τα σεισμικά σενάρια που θα πραγματοποιηθούν. Στο Παράρτημα Α θα υπάρχουν οι χάρτες οι οποίοι θα αποτυπώνουν την περιοχή μελέτης μας, την κατανομή του πληθυσμού και των κτηρίων με βάση τον αντισεισμικό κανονισμό για την περιοχή μελέτης μας καθώς επίσης και τα αποτελέσματα των κτηριακών απωλειών σύμφωνα με τα σεισμικά σενάρια που έχουν πραγματοποιηθεί μέσω του λογισμικού Eler.

Στο παράρτημα Β αποτυπώνονται οι πίνακες που έχουν χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία του αρχείου .mat, το οποίο είναι βασικό στοιχείο για τα αποτελέσματα που

θα εξαχθούν από το λογισμικό Eler. Το αρχείο αυτό θα περιλαμβάνει τις παραμέτρους των καμπυλών τρωτότητας, ικανότητας και στοχευμένης μετακίνησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

1.1 Γενικά περί σεισμών

Σεισμός είναι η εδαφική δόνηση που δημιουργείται κατά την διατάραξη της μηχανικής ισορροπίας των πετρωμάτων στο εσωτερικό της γης από φυσικά αίτια. Ο χώρος που εκδηλώνεται αρχικά η διάρρηξη των πετρωμάτων (σεισμογόνος χώρος) μπορεί να θεωρηθεί ως σημείο όπου ονομάζεται εστία ή υπόκεντρο του σεισμού. Ως επίκεντρο θεωρείται το ίχνος της κατακόρυφης προβολής της εστίας πάνω στην επιφάνεια της γης, η απόσταση από την εστία λέγεται εστιακό βάθος. Οι σεισμοί δημιουργούνται μέσα στην λιθόσφαιρα όπου συνήθως εντοπίζονται στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών. Οι εστίες των σεισμών μπορεί να βρεθούν είτε κοντά στην επιφάνεια της γης είτε σε βάθος πολλών χιλιομέτρων. Μπορεί να εντοπιστούν σε βάθος έως και 720km περίπου, βάθος το οποίο μπορεί να φτάσει η καταδυόμενη λιθόσφαιρα διατηρώντας τις ελαστικές της ιδιότητες. Ανάλογα με το εστιακό βάθος οι σεισμοί χαρακτηρίζονται σε επιφανειακούς, όταν το εστιακό βάθος είναι μικρότερο από τα 60km, σε ενδιάμεσου βάθους όταν το εστιακό βάθος διακυμαίνεται μεταξύ των 60km και 300km. Οι ενδιάμεσοι και μεγάλου βάθους σεισμοί χαρακτηρίζονται ως πλουτώνιοι. Οι επιφανειακοί σεισμοί είναι από τους σεισμούς που συνήθως προκαλούν τις μεγαλύτερες καταστροφές. [3]

1.2 Σεισμική ακολουθία

Σεισμική ακολουθία χαρακτηρίζεται το σύνολο των σεισμικών δονήσεων όπου εκδηλώνονται μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα σε μια περιοχή. Ως κύριο σεισμό χαρακτηρίζεται ο σεισμός της ακολουθίας με το μεγαλύτερο μέγεθος. Οι σεισμοί οι οποίοι προηγούνται χρονικά από τον κύριο σεισμό είναι οι προσεισμοί, ενώ οι σεισμοί που είναι μεταγενέστεροι του κυρίου σεισμού είναι οι μετασεισμοί. Οι μετασεισμοί μίας σεισμικής ακολουθίας συνήθως είναι περισσότεροι από τους προσεισμούς. Σε ορισμένες περιπτώσεις η συχνότητα των προσεισμών αυξάνεται όσο πλησιάζει η γένεση του κύριου σεισμού, αντιθέτως η συχνότητα εμφάνισης των μετασεισμών μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Οι εστίες των προσεισμών και των μετασεισμών εντοπίζονται πάνω ή κοντά στην επιφάνεια του σεισμικού ρήγματος το οποίο σχετίζεται με το κύριο σεισμό.

Οι σεισμικές ακολουθίες μπορούν να καταταχθούν σε τρεις συγκεκριμένες κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία όπου ο κύριος σεισμός γεννιέται ξαφνικά χωρίς να έχουν υπάρξει προσεισμοί ενώ υπάρχουν μετασεισμοί όπου η συχνότητα εμφάνισης τους ελαττώνεται συνεχώς. Στην δεύτερη κατηγορία υπάρχει ολοκληρωμένη σεισμική ακολουθία με προσεισμούς, κύριο σεισμό και μετασεισμούς. Τέλος στην τρίτη κατηγορία

γορία δεν υπάρχει σεισμός με μεγαλύτερος μέγεθος ώστε να μπορέσει να χαρακτηριστεί ως κύριο σεισμός, με αποτέλεσμα να έχουμε σμήνος σεισμών (σημνοσειρά). [3]

1.3 Είδη σεισμών

Ο τρόπος γένεσης των σεισμών έχει αποτελέσει και συνεχίζει να αποτελεί αντικείμενο συζήτησης μεταξύ της επιστημονικής κοινότητας, κάτι που οφείλεται στις πειραματικές και θεωρητικές δυσκολίες για τον καθορισμό του. Ο μεγαλύτερος αριθμός των σεισμών προέρχεται, όπως έχει ήδη αναφερθεί, από την καταπόνηση της λιθόσφαιρας όπου χαρακτηρίζονται ως τεκτονικοί. Το 90% των επιφανειακών σεισμών και το σύνολο των πλουτώνιων σεισμών είναι τεκτονικοί και εξαιτίας της μεγάλης συχνότητάς τους, είναι αυτοί που αποτελούν τον μεγαλύτερο κίνδυνο.

Οι σεισμοί που προκαλούνται από εκρήξεις ηφαιστειών είναι ηφαιστιογενείς. Οι σεισμοί αυτοί είναι επιφανειακοί οι οποίοι είτε προηγούνται είτε συνοδεύουν τις ηφαιστειακές εκρήξεις, οι οποίοι αποτελούν το 7% του συνόλου των επιφανειακών σεισμών.

Όταν τα αίτια που προκαλούν τον σεισμό είναι τοπικά, πρόκειται δηλαδή για περιπτώσεις κατακρήμνισης ορόφων φυσικών εγκοίλων-σπηλαίων, ονομάζονται εγκρακρημνισιογενείς, οι οποίοι αποτελούν το 3% των επιφανειακών σεισμών. Συνήθως τα μεγέθη τους είναι μικρά και εκδηλώνονται σε μη ενεργές περιοχές της γης (μακριά από τα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών). [3]

1.4 Είδη σεισμικών κυμάτων

Από τη διάρρηξη των σεισμικών κυμάτων εκλύεται σεισμική ενέργεια η οποία διαδίδεται υπό μορφή κυμάτων. Τα κύματα αυτά χωρίζονται ως εξής:

- Τα πρωτεύοντα (primary) κύματα P, όπου είναι διαμήκη κύματα τα οποία ταξιδεύουν με την μεγαλύτερη ταχύτητα (έως 6km/sec εντός του βραχώδους υποβάθρου) το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα να είναι τα πρώτα που γίνονται αντιληπτά ή καταγράφονται ενόργανα. Κατά την τελική του άφιξη στην επιφάνεια του εδάφους συνήθως διαδίδονται σε κατακόρυφη διεύθυνση και για αυτό γίνονται αντιληπτά ως κίνηση πάνω-κάτω.
- Τα δευτερεύοντα (secondary) κύματα S, όπου η ιδιαιτερότητα που έχουν είναι ότι δεν διαδίδονται μέσα στο νερό ή σε υγρά σώματα (π.χ. στον εξωτερικό πυρήνα της Γης) όπως επίσης ταξιδεύουν με σχετικά μικρότερη ταχύτητα. Αντίθετα όμως φέρουν μεγάλη ποσότητα ενέργειας το οποίο έχει ως αποτέλεσμα να είναι πιο ισχυρά και πιο καταστρεπτικά από τα πρωτεύοντα κύματα P.

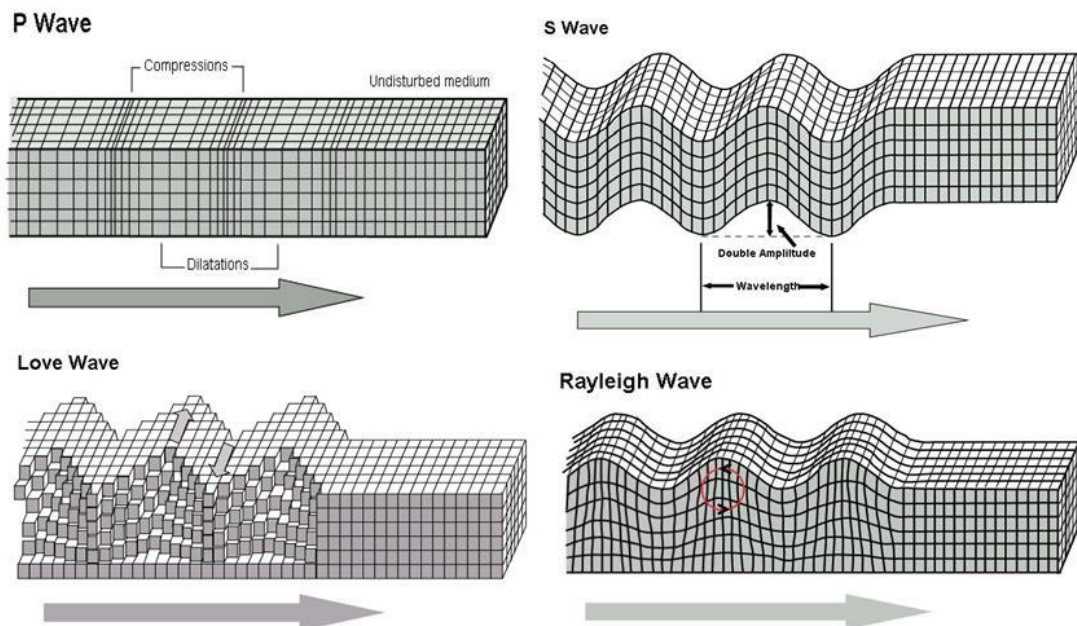
Για αυτόν τον λόγο τα κύματα S χρησιμοποιούνται ώστε να αποτιμηθεί το μέγεθος του σεισμού.

Σημειώνεται ότι τα δύο άνω κύματα διέπονται από όλες τις αρχές διάδοσης των κυμάτων (ανάκλαση, διάθλαση, αρχή του Fermat και Huygens).

Επίσης κατά την άφιξη των σεισμικών κυμάτων P (πρωτεύοντα) και S (δευτερεύοντα) στην επιφάνεια του εδάφους δημιουργούνται δύο τύποι επιφανειακών σεισμικών κυμάτων όπου χρονικά ακολουθούν τα άλλα δύο. Συγκεκριμένα είναι :

- Τα κύματα Love τα οποία ονομάστηκαν από τον επιστήμονα, ο οποίος έκανε την θεωρητική τεκμηρίωση τους, τα οποία προκαλούν την ταλάντωση των σημείων του εδαφικού μέσου με έναν πιο σύνθετο (γραμμικώς πολωμένο) τρόπο.
- Τα κύματα Rayleigh τα οποία ονομάστηκαν από τον επιστήμονα που τα ανακάλυψε, τα οποία προκαλούν ταυτόχρονη ταλάντωση των σημείων του εδάφους σε ελλειπτικές τροχιές περί κατακόρυφων και παράλληλων προς την διεύθυνση διάδοσης άξονες.

Σημειώνεται ότι τα άνω κύματα κινούνται πιο αργά από τα πρωτεύοντα (P) και δευτερεύοντα (S) κύματα αλλά είναι πιο καταστρεπτικά, ιδιαίτερα τα κύματα Love. [3]



Εικ. 1: Κατηγορίες σεισμικών κυμάτων (Πηγή:<https://repository.kallipos.gr/retrieve/77c345e4-092c-4814-9ce9-a1776bda8d95>)

1.5 Είδη σεισμικών ρηγμάτων

Με την έννοια ρήγμα ορίζεται η απότομη διακοπή της συνέχειας μιας ομάδας στρωμάτων πετρωμάτων (γεωλογικών πετρωμάτων), λόγω θραύσης κατά μήκος μίας επιφάνειας διάρρηξης και η οποία συνοδεύεται από σχετική μετακίνηση των δύο πλευρών εκατέρωθεν της επιφάνειας αυτής. Η μετακίνηση αυτή πραγματοποιείται πάνω στην επιφάνεια διάρρηξης, ενώ οι δύο 'πλευρές' ονομάζονται ρηξιτεμάχη (fault blocks) ή απλά τεμάχη (blocks). Σε έναν γεωλογικό χάρτη, η ύπαρξη ρήγματος αναγνωρίζεται από τη διακοπή και μετάθεση των επαφών των σχηματισμών, δηλαδή το ίχνος του ρήγματος είναι μια γραμμή πάνω στην οποία διακόπτονται και μετατοπίζονται τα ίχνη των επαφών των στρωμάτων. Σε εργασία υπαίθρου ένα ρήγμα μπορεί να εντοπιστεί είτε άμεσα (π.χ. αν έχει προκληθεί μορφολογική ανωμαλία ή αν είναι ορατό το κάτοπτρό του) ή έμμεσα (π.χ. μέσα από την επανάληψη της εμφάνισης γεωλογικών σχηματισμών ή την απουσία σχηματισμών. Σημειώσεις Εισαγωγής Στη Γεωλογία Ε.Κ.ΠΑ, διαθέσιμες στον ακόλουθο σύνδεσμο http://labtect.geol.uoa.gr/pages/pdfs/GeolMaps/6_Faults.pdf).

Το είδος του ρήγματος μπορεί να καθοριστεί από τη διεύθυνση και τη φορά της σχετικής μετατόπισης των δύο τμημάτων του. Τα βασικά είδη ρηγμάτων είναι: [3]

- Κανονικό ρήγμα χαρακτηρίζεται ένα ρήγμα όταν το πάνω του τμήμα μετακινείται προς τα κάτω
- Ανάστροφο ρήγμα χαρακτηρίζεται ένα ρήγμα όταν το πάνω τμήμα μετακινείται προς τα πάνω

Οριζόντιας μετατόπισης χαρακτηρίζεται ένα ρήγμα όταν τα δύο τμήματα του περιορίζονται σε πλευρικές μετακινήσεις όπου μπορεί να είναι δεξιόστροφο ή αριστερόστροφο.

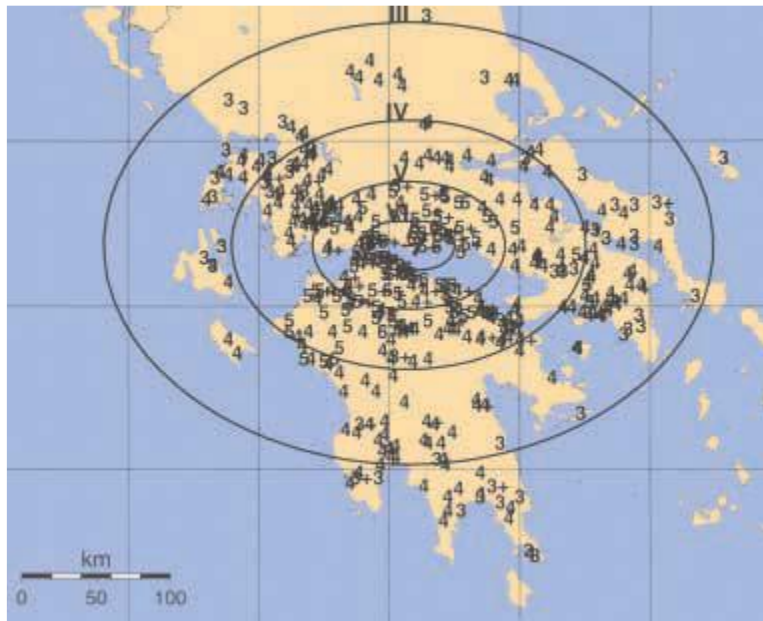
- Δεξιόστροφο ρήγμα είναι το οριζόντιας μετατόπισης ρήγμα όπου το ένα τμήμα κινείται αριστερά προς τα δεξιά όταν παρατηρείται από το άλλο τμήμα.
- Αριστερόστροφο ρήγμα είναι το οριζόντιας μετατόπισης ρήγμα όπου το ένα τμήμα κινείται δεξιά προς τα αριστερά όταν παρατηρείται από το άλλο τμήμα.



Εικ. 2:Είδη ρηγμάτων (Πηγή: Ο.Α.Σ.Π. ΣΕΙΣΜΟΣ- Η γνώση είναι προστασία)

1.6 Κλίμακες μέτρησης έντασης σεισμού και μεγέθους σεισμού

Για τον υπολογισμό της έντασης του σεισμού χρησιμοποιείται η κλίμακα Mercalli (M), όπου μετριέται με βάση τις καταστροφές της σεισμικής δόνησης στο φυσικό περιβάλλον (κατολισθήσεις βράχων-πρανών, υδάτινοι πόροι, ρωγμές) όσο και στις τεχνικές κατασκευές (οικίες, γέφυρες, οδόστρωμα). Ο προσδιορισμός της έντασης της σεισμικής δόνησης σε διάφορες περιοχές επιτρέπει τη χάραξη ισόσειστων καμπυλών το οποίο έχει ως αποτέλεσμα να εντοπιστούν οι περιοχές στις οποίες η σεισμική δόνηση προκάλεσε βλάβες, δηλαδή είχε την ίδια ένταση.



Εικ. 3:Ισόσειστες καμπύλες για τον σεισμό που έπληξε το Αίγιο 1995 (Papazachos B.C. et al, 1997)

Πίνακας 1: Συνοπτική περιγραφή της κλίμακας Mercalli (M) (Πηγή δεδομένων: Ο.Α.Σ.Π)

I	Δεν γίνεται αισθητός
II	Αισθητός από μερικούς ανθρώπους που βρίσκονται σε ανάπαυση στους ψηλότερους ορόφους κτιρίων
III	Αισθητός μέσα στα σπίτια. Μπορεί να μην αναγνωριστεί ως σεισμός. Δονήσεις σαν να περνάει ελαφρύ φορτηγό.
IV	Τίθενται σε κίνηση αντικείμενα που κρέμονται π.χ. φωτιστικά. Τζάμια τρίζουν. Σταματημένα αυτοκίνητα κλυδωνίζονται. Δονήσεις σαν να περνάει βαρύ φορτηγό. Κρότος παραθύρων, χτύπος στις πόρτες.
V	Αισθητός στην ύπαιθρο. Αυτοί που κοιμούνται ξυπνούν. Αιώρηση αντικειμένων που κρέμονται. Ανατροπή μερικών μικρών αντικειμένων.
VI	Αισθητός από όλους. Πολλοί τρομοκρατούνται και τρέχουν έξω από τα κτίρια. Οι άνθρωποι περπατούν με αστάθεια. Μικρές καμπάνες ηχούν. Μετακίνηση ή ανατροπή πολυαριθμών μεγάλων αντικειμένων και επίπλων. Βλάβες σε σοβάδες, κεραμίδια, καπνοδόχους. Βλάβες λίγες, ελαφρές.
VII	Μεγάλες καμπάνες ηχούν. Πτώση πολυαριθμών κεραμιδιών, καπνοδόχων. Σοβάδες και τοιχοποιία ρηγματώνονται στις συνηθισμένες κατασκευές. Στις κακές κατασκευές πέφτουν σοβάδες, αποκολλώνται τούβλα και πέτρες. Γίνεται αισθητός από οδηγούς αυτοκινήτων. Κυματισμός στις λίμνες, θόλωμα νερού από λάσπη.
VIII	Επηρεάζεται 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 δένδρα. Αλλαγές στη ροή και στη θερμοκρασία του νερού σε πηγές και πηγάδια.
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.
X	Καταστροφή μερικών καλά κατασκευασμένων ξύλινων κτηρίων και γεφυρών. Οι περισσότερες κατασκευές τοιχοποιίας και τα προκατασκευασμένα κτίσματα καταστρέφονται μαζί με τα θεμέλια. Σοβαρές ζημιές σε φράγματα, υδροφράκτες και αναχώματα. Μεγάλες κατολισθήσεις. Οι σιδηροτροχιές κάμπτονται.
XI	Μεγάλες ρωγμές στο έδαφος. Οι σιδηροτροχιές κάμπτονται έντονα. Υπόγειοι αγωγοί καταστρέφονται εντελώς.
XII	Ολική καταστροφή. Αντικείμενα εκτινάσσονται στον αέρα. Μεταβάλλεται η επιφάνεια εδάφους και η γραμμή του ορίζοντα.

Η κλίμακα μέτρησης και καταγραφής του μεγέθους του σεισμού είναι η κλίμακα Richter (R), όπου ονομάστηκε προς τιμή του σεισμολόγου Charles Richter. Το μέγεθος των σεισμών καταγράφεται με ειδικά μηχανήματα τα οποία ονομάζονται σειсмоγράφοι. Σύμφωνα με το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών το σεισμολογικό δίκτυο αποτελείται από 56 σειсмоγράφους από τους οποίους οι 8 είναι φορητοί, οι οποίοι είναι κατανεμημένοι σε όλο τον ελλαδικό χώρο. [3]



Εικ. 4 Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών-Κατανομή σειсмоγράφων

Πίνακας 2: Συνοπτική περιγραφή της κλίμακας Richter (R) (Πηγή δεδομένων <https://www.sms-tsunami-warning.com> ,<https://www.seismos.gr/klimaka-richter>)

ΜΕΓΕΘΟΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ
0-1,9 R Μικροσεισμός	Δεν γίνεται αισθητός -μόνο από σειсмоγράφο	Κάθε λεπτό
2-2,9 R Μικροσεισμός	Πιθανώς αισθητός μόνο αν το επίκεντρο είναι κοντά	Κάθε ώρα
3-3,9 R Ασήμαντος	Αισθητός μόνο εάν το επίκεντρο είναι κοντά, χωρίς σημαντικές ζημιές	Κάθε μέρα
4-4,9 R Ασθενής	Αισθητός σε μεγαλύτερη έκταση από το επίκεντρο, μικρές ζημιές κυρίως στο εσωτερικό των κτηρίων (υαλικά, παράθυρα)	Κάθε εβδομάδα
5-5,9 R Μέτριος	Αισθητός σε ακτίνα 10km από το επίκεντρο. Ζημιές σε παλαιά κτήρια, μετακίνηση επίπλων, πτώση αντικειμένων, πιθανές ανθρώπινες απώλειες	Κάθε 10 χρόνια
6-6,9 R Ισχυρός	Σοβαρές ζημιές σε ακτίνα 100 χιλιομέτρων από το επίκεντρο, ισχυρές έως βίαιες δονήσεις κοντά στο επίκεντρο. Μέτριες έως σοβαρές ζημιές στα κτίρια ανεπαρκούς σχεδίασης, ελάχιστες ζημιές στα ανθεκτικά και αντισεισμικά κτίρια. Ο ανθρώπινος απολογισμός κυμαίνεται συνήθως από μηδέν έως 25.000 θανάτους	Κάθε 30 με 50 χρόνια
7-7,9 R Καταστροφικός	Μεγάλες καταστροφές και ανθρώπινες απώλειες, σε ακτίνα άνω των 100 χιλιομέτρων μακριά από το επίκεντρο. Σοβαρές ζημιές ή μερική κατάρρευση αρκετών κτιρίων, ολική κατάρρευση ορισμένων κτιρίων ανεπαρκούς σχεδίασης. Πιθανές ζημιές στα ανθεκτικά και αντισεισμικά κτίρια. Επίσης, αν το επίκεντρο είναι στη θάλασσα, πιθανότητα δημιουργίας τσουνάμι. Ο ανθρώπινος απολογισμός κυμαίνεται συνήθως από μηδέν έως 250.000 θανάτους	Κάθε 100 χρόνια
8-8,9 R Εξαιρετικά καταστροφικός	Εξαιρετικά μεγάλες καταστροφές και ανθρώπινες απώλειες, πολλές εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά από το επίκεντρο. Μέτριες έως βαρύτερες ζημιές στα ανθεκτικά και αντισεισμικά	Κάθε 300 χρόνια

	κτίρια, ολική κατάρρευση στα κτίρια ανεπαρκούς σχεδίασης. Πιθανώς ολική καταστροφή κοντά στο επίκεντρο. Εναλλακτικά, αν το επίκεντρο είναι στη θάλασσα, δημιουργία ισχυρών τσουνάμι. Ο ανθρώπινος απολογισμός κυμαίνεται συνήθως από 100 έως πολλές εκατοντάδες χιλιάδες θανάτους. Ωστόσο, ορισμένοι σεισμοί αυτού του μεγέθους δεν έχουν προκαλέσει θύματα	
>9 R Ασύλληπτα Καταστροφικός	Τεράστιες καταστροφές και τεράστιες ανθρώπινες απώλειες, πολλές χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά από το επίκεντρο. Πιθανώς ακόμη και ολοκληρωτική καταστροφή της ζωής σε τοπικό επίπεδο, όλα τα κτίρια κοντά στο επίκεντρο καταρρέουν εντελώς. Εναλλακτικά, αν το επίκεντρο είναι στη θάλασσα, τεράστια τσουνάμι που θα πλήξουν όλες τις γύρω ηπείρους. Μεγάλη μετατόπιση στις τοπικές τεκτονικές πλάκες, αλλαγές στο τοπικό ανάγλυφο και στο σχήμα των ακτογραμμών και πιθανή μετατόπιση νησιών. Αλλαγή στην ταχύτητα περιστροφής και στην κλίση του άξονα της Γης. Ο ανθρώπινος απολογισμός κυμαίνεται συνήθως από 1.000 έως, δυνητικά, 1 εκατομμύριο θανάτους.	Κάθε 1000 χρόνια

1.7 Σεισμική Διακινδύνευση

Η χρήση της έννοιας σεισμική διακινδύνευση R (Seismic Risk) αφορά τις σεισμικές απώλειες που θα υπάρξουν σε ένα σεισμικό γεγονός. Συγκεκριμένα αφορά τις βλάβες που θα υποστεί μια τεχνική κατασκευή, καθώς και τις ανθρώπινες και οικονομικές απώλειες από ένα σεισμικό γεγονός. Επίσης εξαρτάται από την εδαφική κίνηση που προκαλείτε από το σεισμικό γεγονός Η (σεισμικός κίνδυνος-seismic hazard) καθώς και από τον τρόπο απόκρισης της κατασκευής στις εδαφικές κινήσεις που θα προκληθούν V (τρωτότητα-vulnerability), σύμφωνα με την παρακάτω σχέση (Παπαζάχος 1997) :

$$R= H \times V \text{ (1.1)}$$

Ως σεισμικός κίνδυνος (Seismic Hazard) ορίζεται το φυσικό γεγονός το οποίο έχει μετρούμενα μεγέθη τα οποία ανάλογα την περίπτωση μας ενδιαφέρουν, όπως το μέγεθος του σεισμού, η ένταση του σεισμού, η επιτάχυνση του σεισμού, η ταχύτητα του σεισμού στο υπέδαφος της εξεταζόμενης περιοχής. [5]

Ως τρωτότητα (Vulnerability) ορίζεται ο βαθμός απωλειών που θα υπάρξει από τον σεισμό στα εκτεθειμένα στοιχεία τα οποία εντοπίζονται στην εξεταζόμενη περιοχή. Συγκεκριμένα η τρωτότητα μπορεί να αφορά τις έμμεσες απώλειες από τις βλάβες που θα υποστούν οι τεχνικές κατασκευές, οι οποίες είναι οι οικονομικές απώλειες, η διατάραξη που θα υποστεί η κοινωνική ζωή. [5]

Οι παραπάνω τρεις έννοιες συνδέονται μεταξύ τους με τον παρακάτω τύπο :

$$R=H \times V \times E \quad (1.2)$$

όπου:

R: σεισμική διακινδύνευση

H: σεισμικός κίνδυνος

V: τρωτότητα

E: το στοιχείο που εκτίθεται στον σεισμικό κίνδυνο

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι για να προκύψει μείωση της σεισμικής διακινδύνευσης (R) θα πρέπει να υπάρξει μείωση της τρωτότητας (V) των κατασκευών, δηλαδή θα πρέπει να βελτιωθεί ο σχεδιασμός, η κατασκευή και η συντήρηση των τεχνικών έργων κάτι το οποίο ο άνθρωπος μπορεί να επέμβει και να ελέγξει. Το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της σεισμικής διακινδύνευσης της εξεταζόμενης περιοχής. Σημειώνουμε ότι ο σεισμικός κίνδυνος δεν μπορεί να επηρεαστεί από τον ανθρώπινο παράγοντα διότι καθορίζεται από φυσικούς παράγοντες.

Οι πιο βασικές μέθοδοι υπολογισμού της τρωτότητας είναι :

Εμπειρική μέθοδος: Η μέθοδος αυτή βασίζεται στον στατιστικό συσχετισμό των βλαβών και στην σεισμική συμπεριφορά των δομικών χαρακτηριστικών των κατασκευών σε προηγούμενους σεισμούς.

Αναλυτική μέθοδος: Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην ανάλυση της κατασκευής για την εκτίμηση της αναμενόμενης αντοχής κατά την διάρκεια του σεισμού από όπου μπορούν να προκύψουν οι καμπύλες τρωτότητας. Τα κυριότερα στάδια για την υλοποίηση της μεθόδου είναι:

- Καθορισμός της έντασης του σεισμού
- Πληροφορίες για την κατασκευή όσο αφορά τα κρίσιμα, για την σεισμική συμπεριφορά χαρακτηριστικά της
- Πληροφορίες σχετικά με τον καθορισμό της ποσότητας της συμπεριφοράς της κατασκευής.

Για να υπολογιστεί η απόκριση των κατασκευών σε ένα σεισμικό γεγονός είναι πολύ σημαντικό η γνώση της έντασης του και των παραμέτρων του. Θεωρείται απαραίτητο η γνώση των χαρακτηριστικών της εδαφικής κίνησης, που αναπτύσσονται κατά την διάρκεια του σεισμικού γεγονότος, ήτοι η μέγιστη εδαφική επιτάχυνση PGA και η μέγιστη εδαφική ταχύτητα PGV. Η μέγιστη εδαφική επιτάχυνση (PGA) στην ιστορία των επιταχύνσεων, χρησιμοποιείται για τον καθορισμό των καμπυλών τρωτότητας. Διαφορετικά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την μέγιστη φασματική επιτάχυνση (SA) του μονοβάθμιου ταλαντωτή σε εδαφική διέγερση.

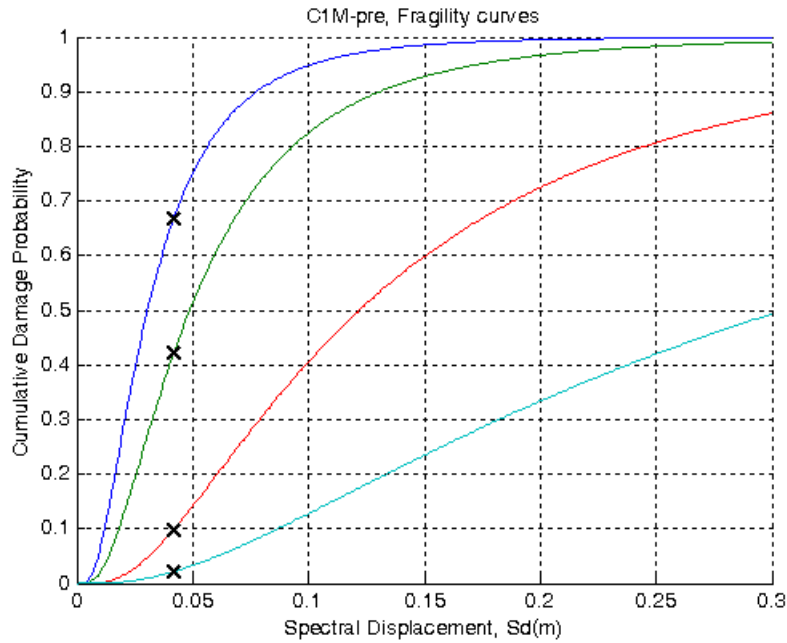
Καθώς υπάρχουν κρίσιμα χαρακτηριστικά της κατασκευής για την σεισμική συμπεριφορά της, τα οποία παρουσιάζουν ένα τυχαίο χαρακτήρα, θα πρέπει για την σωστή εκτίμηση ως προς το πώς συμβάλουν στην τρωτότητα της κατασκευής να έχει καθοριστεί ο βαθμός σπουδαιότητάς τους. Άρα ιδιότητες όπως το μέτρο ελαστικότητας και οι ιδιότητες του εδάφους θεμελίωσης, όπου ο βαθμός σπουδαιότητάς τους έχει τυχαίο χαρακτήρα και αβεβαιότητες, για να είναι αποδοτική η επεξεργασία τους θα πρέπει να υπάρξει πιθανολογική προσέγγιση.

Βασιζόμενοι στην σεισμική επίδραση και τα χαρακτηριστικά της κατασκευής έχουμε την σεισμική απόκριση της. Η παράμετρος αυτή είναι πολύ σημαντική διότι με την ποσοτικοποίηση της μπορούμε να εξάγουμε σημαντικές πληροφορίες όσο αφορά την σεισμική συμπεριφορά κατασκευών τα οποία έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά σε τυχαία σεισμικά γεγονότα. Ο ποσοτικός καθορισμός της παραμέτρου γίνεται από ένα δείκτη όπου καθορίζει τον βαθμό βλάβης της κατασκευής. Ο δείκτης βλάβης της κατασκευής αντιστοιχεί σε μια ποιοτική εκτίμηση του επιπέδου βλάβης της κατασκευής. Οπότε έχουμε μια κατάταξη των κατασκευών ανάλογα με το βαθμό βλάβης που υπέστησαν. [4]

Πίνακας 3: Επίπεδα βλάβης κατά Γ. Παναγόπουλο και Α. Κάππο

Στάθμη βλάβης	Ορισμός	Περιοχή διακύμανσης του δείκτη απωλειών	Κεντρική τιμή του δείκτη απωλειών %
0	καμία βλάβη	0	0
1	ελαφριά βλάβη	>0-1	0.5
2	μέτρια βλάβη	>1-10	5
3	σημαντική ως βαρεια βλάβη	>10-30	20
4	πολύ βαρεια βλάβη	>30-60	45
5	Κατάρρευση	>60-100	80

Εκτός από την μεγάλη ποσότητα τους οι πληροφορίες αυτές χαρακτηρίζονται και από παράγοντες που ο χαρακτήρας τους είναι τυχαίος και έχουν αρκετές αβεβαιότητες. Η τελική τους επεξεργασία η οποία γίνεται σύμφωνα με πιθανολογικές αναλύσεις έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία των καμπυλών τρωτότητας.



Εικ. 5 Καμπύλες Τρωτότητας

Πίνακας 4: Χρωματική επεξήγηση καμπυλών Τρωτότητας

Sli	Dark Blue
Mod	Green
Ext	Red
Com	Light Blue

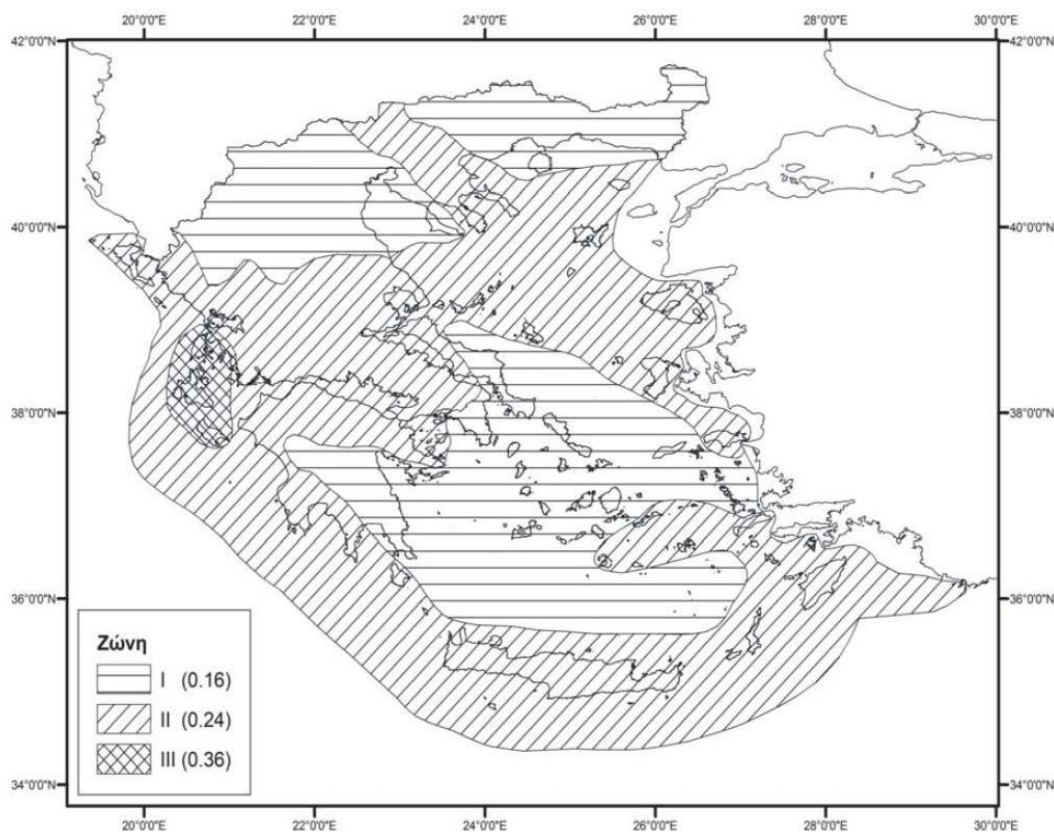
Πίνακας 5: Επίπεδα βλάβης

No	No Damage
Sli	Slight Damage
Mod	Moderate Damage
Ext	Extensive Damage
Com	Complete

- **Υβριδική Μέθοδος:** Η μέθοδος αυτή αποτελεί τον συνδυασμό των δύο άλλων μεθόδων (εμπειρική και αναλυτική μέθοδος). Η μέθοδος αυτή συνδυάζει τα αναλυτικά αποτελέσματα ανελαστικών δυναμικών αναλύσεων προσομοιωμάτων τυπικών φορέων για κατάλληλα επιλεγμένες σεισμικές διεγέρσεις με τα πραγματικά στατιστικά δεδομένα βλαβών. Για τα κτίρια του Ελλαδικού χώρου και συγκεκριμένα της Θεσσαλονίκης έχουν παραχθεί καμπύλες τρωτότητας βασισμένοι στην υβριδική μέθοδο η επιστημονική ομάδα του Γ. Παναγόπουλου και Α.Ι. Κάππου του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου. [4]

1.8 Σεισμική επικινδυνότητα στον Ελλαδικό Χώρο

Σύμφωνα με τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό ο Ελληνικός χώρος κατανέμεται σε τρεις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας με τις αντίστοιχες τιμές εδαφικών επιταχύνσεων. [4]



Εικ. 6 Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδας (Πηγή: ΕΑΚ 2000)

Εδαφική επιτάχυνση

Οι αναμενόμενες τιμές της εδαφικής επιτάχυνσης και ταχύτητας (η εδαφική μετακίνηση χρησιμοποιείται σπανίως) προκύπτουν από μελέτες σεισμικής επικινδυνότητας, μετά από την στατιστική επεξεργασία των σεισμικών γεγονότων που έχουν συμβεί στην ευρύτερη περιοχή του έργου. Τέτοιες μελέτες εκπονούνται για σημαντικά και μεγάλα έργα, ενώ για συνήθεις κατασκευές εφαρμόζονται οι τιμές που δίνονται στους κανονισμούς, ανάλογα με την περιοχή στην οποία πρόκειται να γίνει η κατασκευή. Σημειώνεται ότι στον Ευρωκώδικα 8 (ΕΚ8) έχουν υιοθετηθεί οι σεισμικές ζώνες του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΕΑΚ), όπου προβλέπονται τρεις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας με τις τιμές εδαφικής επιτάχυνσης αναφοράς a . [5]

Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας	I	II	III
a	0.16	0.24	0,36

Πίνακας 6: Ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας (Πηγή: ΕΑΚ 2000)

Όπου, η σεισμική επιτάχυνση εδάφους (A) αποτυπώνεται στον παρακάτω τύπο,

$$A = a * g$$

g: επιτάχυνση βαρύτητας

Σύμφωνα με τα σεισμολογικά δεδομένα οι τιμές των σεισμικών επιταχύνσεων εδάφους (A) εκτιμάται ότι έχουν πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 χρόνια.

1.8.1 Κατάταξη εδαφών

Σύμφωνα με τον ΕΑΚ 2000 τα εδάφη κατατάσσονται σε πέντε κατηγορίες Α,Β,Γ,Δ και Χ όπως περιγράφονται παρακάτω. [4]

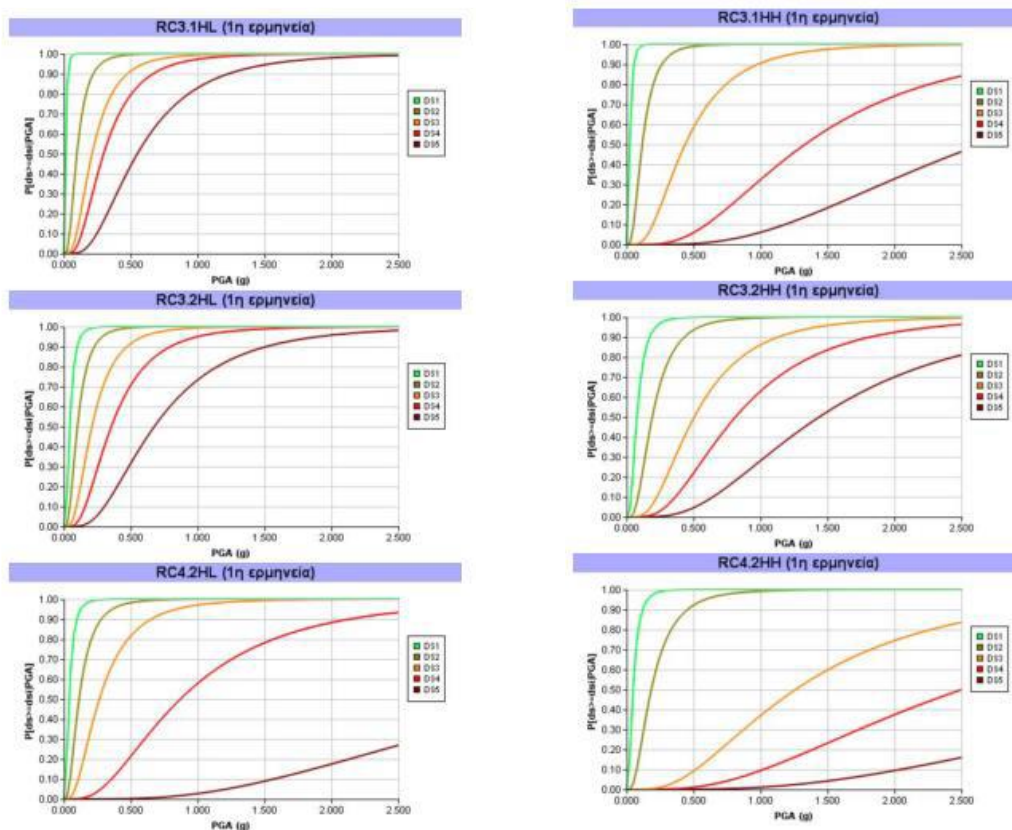
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
A	Βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμενοι σε μεγάλη έκταση και βάθος, με την προϋπόθεση ότι δεν παρουσιάζουν έντονη αποσάθρωση. Στρώσεις πυκνού κοκκώδους υλικού με μικρό ποσοστό ιλλοαργιλικών προσμίξεων, πάχους < 70 μ. Στρώσεις πολύ σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους < 70 μ.
B	Έντονα αποσθρωμένα βραχώδη εδάφη ή εδάφη που από μηχανική άποψη μπορούν να εξομοιωθούν με κοκκώδη. Στρώσεις κοκκώδους υλικού μέσης πυκνότητας πάχους > 5 μ. ή μεγαλύτερης πυκνότητας πάχους > 70 μ. Στρώσεις σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους > 70 μ.
Γ	Στρώσεις κοκκώδους υλικού μικρής σχετικής πυκνότητας πάχους > 5 μ. ή μέσης πυκνότητας πάχους > 70 μ. Ιλλοαργιλικά εδάφη μικρής αντοχής σε πάχος > 5μ.
Δ	Έδαφος με μαλακές αργίλους υψηλού δείκτη πλασιμότητας ($I_p > 50$) συνολικού πάχους > 10 μ.
X	Χαλαρά λεπτόκοκκα αμοιλιώδη εδάφη υπό τον υδάτινο ορίζοντα όπου ενδέχεται να ρευστοποιηθούν (εκτός αν αποκλειστεί τέτοιος κίνδυνος από ειδική μελέτη ή γίνει βελτίωση των μηχανικών τους ιδιοτήτων) Εδάφη τα οποία βρίσκονται δίπλα σε εμφανή τεκτονικά ρήγματα. Απότομες κλιτείς καλυπτόμενες με προϊόντα χαλαρών πλευρικών κορημάτων. Χαλαρά κοκκώδη ή μαλακά ιλλοαργιλικά εδάφη, από την στιγμή που έχει αποδειχθεί ότι είναι επικίνδυνα από άποψη δυναμικής συμπεκνώσεως ή απώλειας αντοχής. Πρόσφατες χαλαρές επιχωματώσεις (μπάζα). Οργανικά εδάφη. Εδάφη κατηγορίας Γ με επικίνδυνη μεγάλη κλίση.

Πίνακας 7:Κατηγορίες Εδάφους (Πηγή:ΕΑΚ 2000)

1.9 Καμπύλες τρωτότητας

Οι καμπύλες τρωτότητας τα τελευταία χρόνια έχουν αναδειχθεί ως ένα από τα απαραίτητα εργαλεία για την αποτίμηση της σεισμικής διακινδύνευσης κτιρίων, δικτύων κοινής ωφέλειας και υποδομών (Calvi et al. 2006, Pitilakis et. Al. 2014). Οι οποίες

δίνουν την πιθανότητα το στοιχείο που εξετάζεται να βρίσκεται ή να έχει υπερβεί μια δεδομένη στάθμη βλάβης, όπως μικρές, μέτριες, εκτενείς και πλήρεις βλάβες, σε συγκεκριμένη σεισμική διέγερση (PGA,PGV,PGD). Οι καμπύλες τρωτότητας δίνουν μια πιο σαφή απεικόνιση της απόκρισης των κατασκευών στον σεισμικό κίνδυνο καθώς όπως αναφέρθηκε και παραπάνω με αυτές μπορούμε να υπολογίσουμε την πιθανότητα εμφάνισης ενός επιπέδου βλάβης. [11]



Εικ. 7 Καμπύλες τρωτότητας κατά Kappos, A. J., & Panagoulous, G. 2010

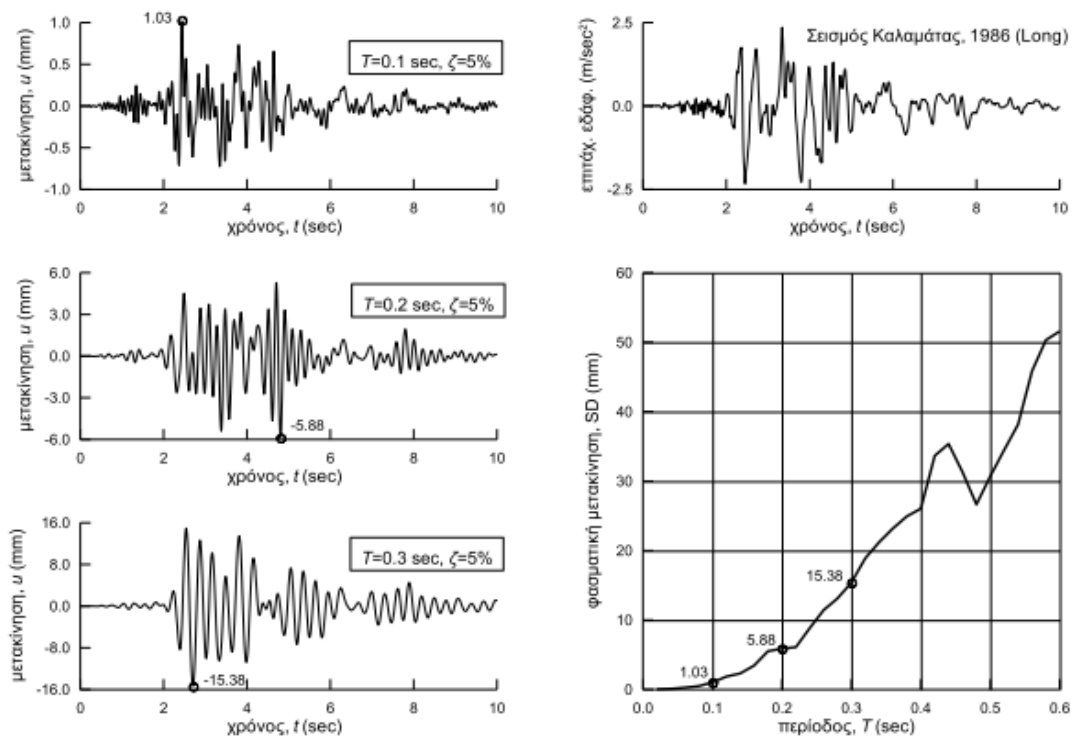
1.10 Φάσματα απόκρισης

Κατά την διαδικασία του αντισεισμικού σχεδιασμού του φέροντα οργανισμού της κατασκευής είναι σημαντικό να προσδιοριστεί η απόκριση (επίδραση) που θα έχει το σεισμικό γεγονός στην κατασκευή. Για να προσδιοριστεί η απόκριση μιας κατασκευής σε ένα συγκεκριμένο σεισμικό γεγονός χρησιμοποιούμε τα φάσματα απόκρισης. Υπάρχουν δύο είδη φασμάτων απόκρισης :

- Ελαστικά φάσματα απόκρισης: βασίζονται στην υπόθεση ότι η παραμόρφωση είναι ελαστική στις κατασκευές κατά την επίδραση των σεισμικών δυνάμεων σε αυτές.

- Ανελαστικά φάσματα απόκρισης: βασίζονται στην υπόθεση ότι η παραμόρφωση είναι ανελαστική στις κατασκευές κατά την επίδραση των σεισμικών δυνάμεων σε αυτές.

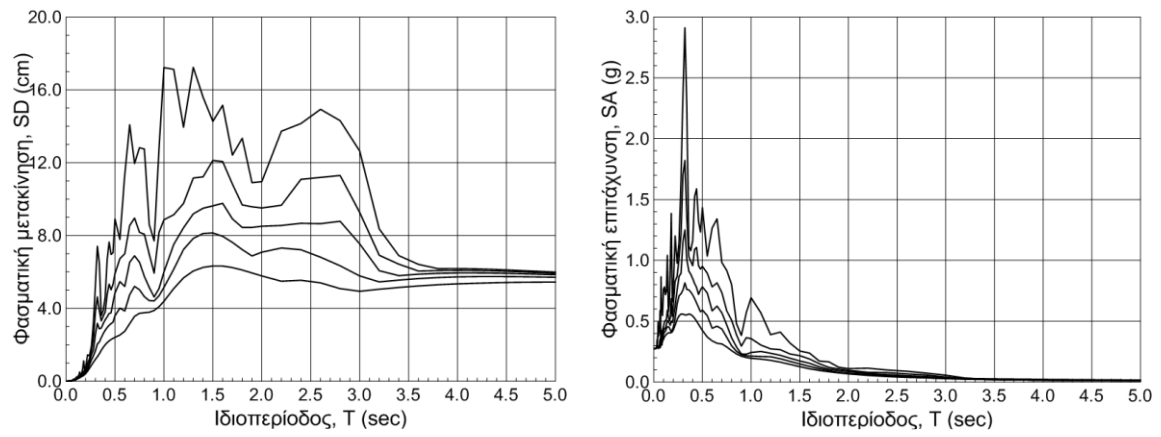
Αν θέλουμε να κατασκευάσουμε το φάσμα απόκρισης σχετικών μετακινήσεων για μία τιμή απόσβεσης, π.χ. $\zeta=5\%$ ενός δεδομένου σεισμικού γεγονότος. Η διαδικασία που θα ακολουθηθεί αποτυπώνεται παρακάτω:



Εικ. 8 Μέθοδος κατασκευής φάσματος απόκρισης για τον σεισμό της Καλαμάτας 1986

Θεωρώντας τις κατασκευές μας ως μονοβάθμιους ταλαντωτές το φάσμα απόκρισης του σεισμικού γεγονότος είναι η καμπύλη που δίνει την μέγιστη μετατόπιση S_d ή την μέγιστη επιτάχυνση S_a μιας κατασκευής εφόσον υφίστανται την επίδραση μιας εδαφικής κίνησης συγκεκριμένου σεισμικού γεγονότος, με συγκεκριμένη απόσβεση ζ ανάλογα με την ιδιοπερίοδο τους T .

Από την καμπύλη που προκύπτει από αυτήν την διαδικασία μπορεί να υπολογιστεί η μέγιστη μετακίνηση οποιασδήποτε κατασκευής με απόσβεση ίση με αυτή του φάσματος στην δεδομένη σεισμική διέγερση. Το οποίο επιτυγχάνεται προβάλλοντας το σημείο της καμπύλης όπου αντιστοιχεί στην ιδιοπερίοδο της κατασκευής στον άξονα των μετακινήσεων. Οπότε αν ο παράγοντας απόσβεσης αλλάζει θα έχουμε διαφορετική καμπύλη φάσματος απόκρισης για κάθε τιμή απόσβεσης της κατασκευής για το συγκεκριμένο σεισμικό γεγονός. Παρακάτω αποτυπώνονται τα φάσματα απόκρισης (S_d , S_a) για τον σεισμό της Καλαμάτας (1986), για $\zeta=0,2,5,10$ και 20% .[5]



Εικ. 9 Φάσματα απόκρισης για διαφορετικές τιμές απόσβεσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

2. ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 Δημογραφικά και γεωγραφικά στοιχεία της περιοχής μελέτης

Η Περιφερειακή Ενότητα Κορινθίας (Π.Ε. Κορινθίας) αποτελείται από έξι (6) δήμους, τον Δήμο Κορινθίων, των Δήμο Βέλου-Βόχας, τον Δήμο Λουτρακίου-Αγίων Θεοδώρων, τον δήμο Νεμέας, τον Δήμο Ξυλοκάστρου-Ευρωστίνης και των Δήμο Σικυωνίων. Η Π.Ε. Κορινθίας βρίσκεται στην βόρειο – ανατολική πλευρά της Πελοποννήσου και έχει πρωτεύουσα την πόλη της Κορίνθου (με πληθυσμό 58.192, σύμφωνα με την απογραφή του 2011), όπου και θα επικεντρωθεί η σχετική μελέτη. Η μεγαλύτερη έκταση της Π.Ε. Κορινθίας γεωγραφικά βρίσκεται εντός της Πελοποννήσου ενώ η υπόλοιπη έκταση βρίσκεται στην Στερεά Ελλάδα όπου περιλαμβάνει τον Δήμο Λουτρακίου – Περαιχώρας-Αγίων Θεοδώρων. Ο πληθυσμός της ανέρχεται σύμφωνα με την απογραφή του 2011 ανέρχεται στους 145.082 και η συνολική της έκτασης είναι 2810 τετρ. χλμ. Στο βόρειο τμήμα της συνορεύει εν μέρει από τον Κορινθιακό κόλπο και εν μέρει από τον Σαρωνικό Κόλπο.



Η κύρια ασχολία των κατοίκων είναι στον αγροτικό τομέα, η οποία είναι γνωστή για την παραγωγή της κορινθιακής σταφίδας σε μεγάλο βαθμό, ενώ για την καλλιέργεια εσπεριδοειδών σε μικρότερο βαθμό. Η Αρχαία Κόρινθος και ο Ισθμός είναι πόλος έλξης τουριστών, το οποίο έχει μεγάλη βαρύτητα για την τοπική οικονομία. Επίσης η ορεινή Κορινθία είναι σημείο για λάτρης των χειμερινών σπορ καθώς υπάρχει το χιονοδρομικό κέντρο Ζήρειας το οποίο βρίσκεται στα Τρίκαλα Κορινθίας.

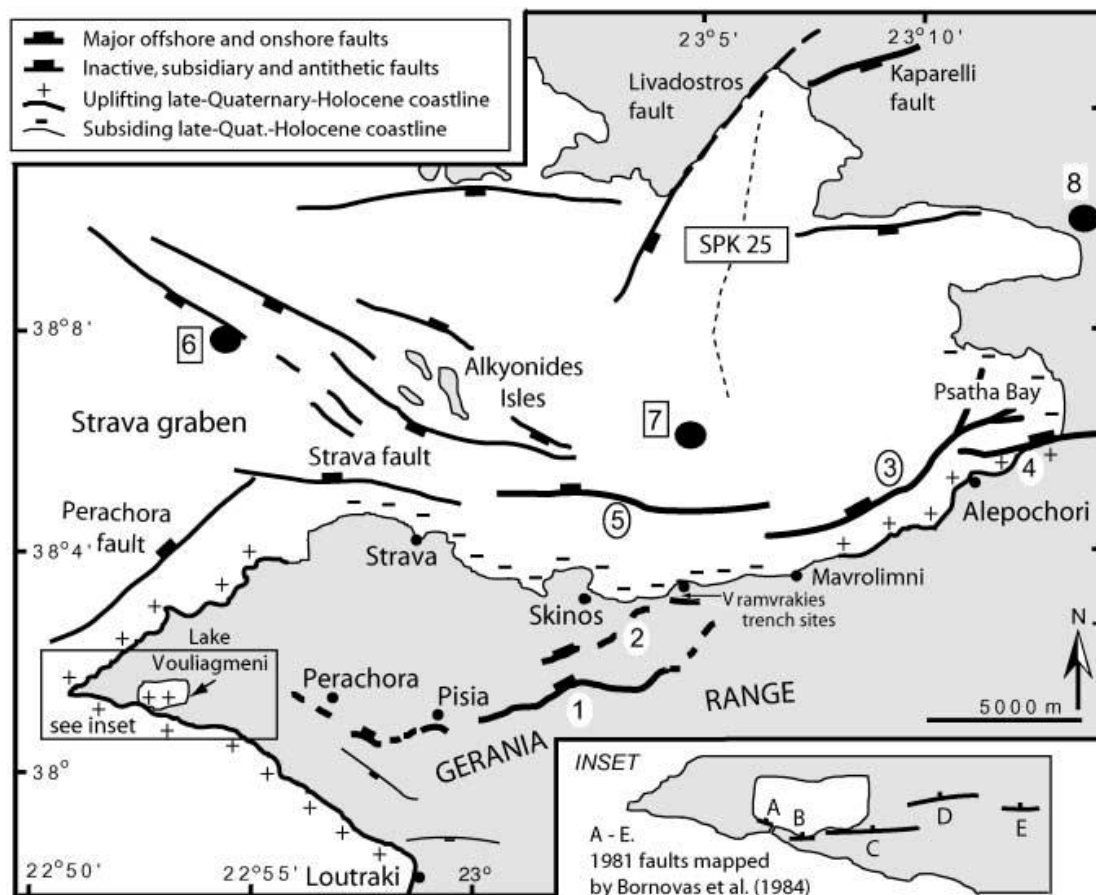
Η βιομηχανική ζώνη περιορίζεται στο βόρειο τμήμα της Π.Ε. Κορινθίας και συγκεκριμένα στην δημοτική ενότητα των Αγίων Θεοδώρων, όπου υπάρχουν τα διυλιστήρια της Motor Oil καθώς και το εργοστάσιο της Fulcor Ελληνικά Καλώδια όπου είναι ένας από τους μεγαλύτερους παραγωγούς καλωδίων στην Ευρώπη. Τέλος υπάρχει και έντονη δραστηριότητα της επεξεργασίας και παραγωγής προϊόντων ελαίου.

2.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης - Γεωλογικές - τεκτονικές συνθήκες

Ο Κορινθιακός κόλπος έχει μήκος 120 χλμ και πλάτος 30 χλμ και εκτείνεται στα δυτικά από τον πορθμό του Ρίου μέχρι τον κόλπο Αλκυονίδων στα ανατολικά και χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα υψηλούς ρυθμούς εφελκυσμού με διεύθυνση BBA-NNΔ (π.χ. Mariolakos & Stiros 1987).

Ο κόλπος είναι ασύμμετρη ρηξιγενής τάφρος στην συνέχεια του δεξιόστροφου ρήγματος της Βόρειου Ανατολίας. Η νότια ακτή του Κορινθιακού κόλπου διαμορφώνεται από κλιμακωτά ρήγματα με κλίση προς βορρά, ενώ η βόρεια ακτή αντιστοιχεί σε ζώνη κάμψης του φλοιού. Επίσης τα ρήγματα της νότιας ακτής ανυψώνουν τεμάχη που καλύπτονται από διακριτές θαλάσσιες αναβαθμίδες οι οποίες αποτέθηκαν στην διάρκεια σύντομων ευστατικών κινήσεων τα τελευταία 500.000 χρόνια..

Λόγω του μεγάλου βάθους, ξεπερνά τα 900 μ., του κόλπου και των ρευμάτων έχει ως αποτέλεσμα την εξασφάλιση της καλής ανανέωσης των υδάτων με αποτέλεσμα ο Κορινθιακός κόλπος να έχει ωκεανογραφικό χαρακτήρα ανοικτής θάλασσας και όχι χαρακτήρα κλειστού κόλπου. (Παπαφωτίου 2002, σελ. 99)



Εικ. 10. Κατανομή των κυριότερων ρηγμάτων στη χερσόνησο της Περαχώρας και σε γειτονικές περιοχές (από Leeder et al. 2005). Οι αριθμοί αντιστοιχούν στα παρακάτω ρήγματα:

1. ρήγμα Πισσίων,
2. ρήγμα Σχίνου,
3. ρήγμα Ανατολικών Αλκυονίδων,
4. ρήγμα Ψάθας
5. ρήγμα Δυτικών Αλκυονίδων. [1]

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης είναι τεκτονικά ενεργή. Μετά τους σεισμούς του 1981 μελετήθηκαν συστηματικά η ενεργός παραμόρφωση και η παρουσία κανονικών ρηγμάτων στο ανατολικό τμήμα του Κορινθιακού κόλπου (Jackson et al. 1982). Τα ρήγματα αυτά εκτείνονται κατά κανόνα en echelon με δεξιόστροφη πλευρική μετατόπιση και μέγιστο μήκος κάθε τμήματος 15-25 χλμ (Roberts & Jackson 1991, Roberts & Koukouvelas 1996). Δύο κύρια, παράλληλα ρήγματα, εντόπισαν οι Jackson et al. (1982), τα οποία είναι τα ρήγματα Πισσίων και Σχίνου όπου ενεργοποιήθηκαν κατά τους σεισμούς, οι οποίοι βασίστηκαν σε διαρρήξεις της επιφάνειας στην νότια όχθη του κόλπου των Αλκυονίδων. Επίσης οι Μπορνόβας κ.α. (1984) χαρτογράφησαν ακόμη πέντε επιφανειακές διαρρήξεις λίγο δυτικότερα όπου σχετίζονται με τους σεισμούς του 1981. Ακόμα αναγνωρίστηκαν και μελετήθηκαν εκτενέστερα ακόμη μερικές ρηξιγενής δομές, οι οποίες είναι :

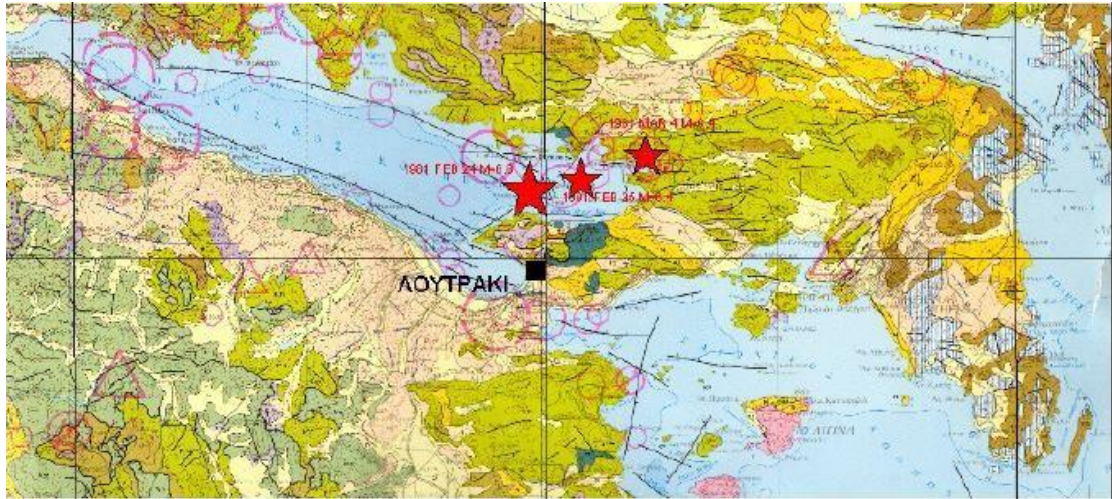
- το ρήγμα της Ψάθας, διεύθυνσης ΔΝΔ-ΑΒΑ (Morewood et al. 2001, Leeder et al. 2002),
- το ρήγμα Ανατολικών Αλκυονίδων, μια ενεργή δομή μήκους 10 χλμ. (Leeder et al. 2002),
- το ρήγμα των Δυτικών Αλκυονίδων, διεύθυνσης Α-Δ (Leeder et al. 2002),
- το ρήγμα Στράβας, που εντοπίζεται στα βόρεια της χερσονήσου της Περαχώρας (Papatheodorou & Ferentinos 1993, Stefatos et al. 2002),
- το ρήγμα Περαχώρας, διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ (Papatheodorou & Ferentinos 1993, Stefatos et al. 2002), και τέλος
- τα ρήγματα Λουτρακίου, που διατέμνουν στην επιφάνεια Μεσοζωικούς ασβεστολίθους (Armijo et al. 1996).

Από τα ρήγματα που έχουν αναφερθεί υπάρχουν άμεσες ενδείξεις ότι παραμένουν ενεργά κατά το Ολόκαινο είναι τα ρήγματα της Ψάθας, των Ανατολικών Αλκυονίδων, του Σχίνου και της Πισσίας (Leeder et al. 2005 και σχετική βιβλιογραφία).

Τέλος, στον Κορινθιακό κόλπο εκτείνονται μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες και προκαλούν διάρρηξη σχεδόν σε ολόκληρο το ανώτερο τμήμα (7-12 χλμ) του σεισμογόνου χώρου Doutsos & Roulimenos 1992, Koukouvelas & Doutsos 1996, Rigo et al. 1996, Tsodoulos et al. 2008). Η σύνδεση μεταξύ του μήκους ρήγματος σε συνάρτηση με τη μετάθεση (Zygouri et al. 2008) υποδηλώνει παραμόρφωση σε επίπεδο κορεσμού. (Ιγμε)

Η ευρύτερη περιοχή του Κορινθιακού κόλπου χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα υψηλή Σεισμικότητα καθώς έχουν καταγραφεί 5 σεισμικές δονήσεις μεγέθους, M_L , μεγαλύτερου του 5.8 κατά τη διάρκεια των τελευταίων 35 χρόνων, συχνή είναι η εμφάνιση σμηνοσεισμών, καθώς υπάρχουν και μαρτυρίες ιστορικών καταστροφικών σεισμών (Jackson et al. 1982, Makropoulos et al. 1989, Abercrombie et al. 1995, Hatzfeld et al. 2000, Papazachos et al. 2000, Bernard et al. 2006). Σύμφωνα με τους Papazachos & Papaioannou (1997) στο ανατολικό τμήμα του Κορινθιακού η μέση περίοδος επανάληψης επιφανειακών σεισμών με $M=6,3$ είναι 16 έτη, ενώ για την περίπτωση σεισμών ενδιάμεσου βάθους με $M=7,0$ είναι 44 έτη (Papazachos & Papaioannou 1993). Θα πρέπει να αναφέρουμε και την παρουσία, κυρίως στο κεντρικό τμήμα του Κορινθιακού κόλπου, αλλά και σε μικρότερο βαθμό (ένταση II έως III) στα βόρεια της χερσονήσου της Περαχώρας, πηγών θαλασσίων κυμάτων, των γνωστών tsounamis (Papazachos & Papazachou 1997, Papadopoulos 2000).

Η διεύρυνση του Κορινθιακού, η απομάκρυνση δηλαδή της Πελοποννήσου από την Στερεά Ελλάδα γίνεται ιδιαίτερα υψηλούς ρυθμούς. [1]

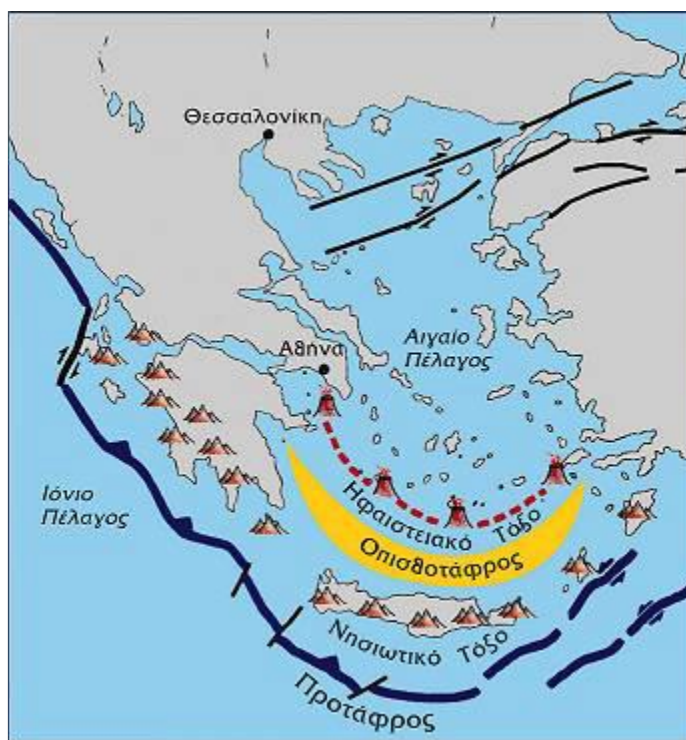


Εικ 11. Σεισμοτεκτονικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής στον οποίο αποτυπώθηκαν και τα επίκεντρα των μεγαλύτερων σεισμών της σεισμικής ακολουθίας Φεβρουαρίου-Μαρτίου 1981. (Λέκκας και συνεργάτες 2010).

2.3 Ηφαιστειακή δράση στην Κορινθία

Στην περιοχή μελέτης εκτός από την έντονη τεκτονική δραστηριότητα, η οποία σηματοδοτεί μεγάλη και συχνή σεισμικότητα, παρατηρείται και ηφαιστειακή δραστηριότητα. Συγκεκριμένα, το Σουσάκι καθορίζει το βορειοδυτικό τέλος του ηφαιστειακού τόξου του νότιου Αιγαίου. Το τόξο αυτό ορίζεται από τις θέσεις τριών ηφαιστειακών κέντρων, ήτοι:

- Μέθανα
- Σαντορίνη
- Νίσυρος, καθώς και από τις θειωνίδες ή ατιμίδες των περιοχών Σουσάκι, Μήλος. (Παπαφωτίου 2002, σελ. 103-104)



Εικ. 12 Πηγή δεδομένων: Ο.Α.Σ.Π <https://www.oasp.gr/node/207>

Το ηφαιστειο του Σουσακίου ήταν ενεργό κατά την νεογενή υποπερίοδο του καινοζωικού αιώνα, όπου οι εκρήξεις έδωσαν λάβες οι οποίες ήταν αποτελούμενες κυρίως από Δοκίτες. Ως μετα-ηφαιστειακά φαινόμενα στο Σουσάκι ήταν η κυκλοφορία υδροθεσμικών διαλυμάτων και αερίων τα οποία σχετίζονται με πρόσφατη τεκτονική δράση στην περιοχή, συγκεκριμένα οι υπάρχουσες ποσότητες θειούχου μεταλλεύματος πρέπει να είναι λιγότερο από 2.000 χρόνια.

Η σημερινή δραστηριότητα του ηφαιστείου θεωρείται μετακρηξιγενής και έχει την μορφή ατμίδων. Συγκεκριμένα υπάρχουν δύο σημεία όπου εκλύονται σημαντικές ποσότητες αερίων όπου αποτελούνται από μείγμα διοξειδίου του θείου, διοξειδίου του άνθρακα, υδρόθειο και υδρατμών υπό μεταβαλλόμενη πίεση και θερμοκρασία κατά την έξοδο τους 42°C . Η θερμοκρασία αυτή μπορεί να φτάσει τους 75°C σε βάθος 150 μ. Καθώς και σε μεγαλύτερα βάρη, έως 1.000 μ. βάθος, όπου έχει διαπιστωθεί η γεωθερμική δυνατότητα της περιοχής, όπου με την αξιοποίηση των υψηλών θερμοκρασιών και του γεωθερμικού δυναμικού μπορεί να υπάρξουν πολλές εφαρμογές, όπως π.χ. αφαλάτωση του αλμυρού νερού, ηλεκτροπαραγωγή, θέρμανση των οικισμών κ.α. (Παπαφωτίου 2002, σελ. 103-104)

2.4 Σεισμική ιστορικότητα στην περιοχή μελέτης

Η Κορινθία έχει έντονη σεισμική δραστηριότητα από την αρχαιότητα έως και σήμερα. Η πρώτη αναφορά καταγράφεται το καλοκαίρι του 426 π.Χ. από τον Θουκυδίδη. Επίσης σεισμοί οι οποίοι δημιούργησαν καταστροφές καταγράφηκαν το 326 π.Χ. και

375 π.Χ. (Παπαφωτίου 2002, σελ. 169). Τέλος, το 856 π.Χ. , στα χρόνια της βυζαντινής αυτοκρατορίας, από τον σεισμό που προκλήθηκε είχε σαν αποτέλεσμα την δημιουργία ανθρώπινων απωλειών καθώς και υλικών ζημιών.(e-BHMA,2018).

Κατά τα νεότερα χρόνια οι πιο σημαντικοί σεισμοί ήταν τέσσερις (4), (Παπαφωτίου 2002, σελ, 258,266-267):

- **22 Απριλίου 1928**, μεγέθους 6,3 R (Richter) και ένταση 8-9 (Mercalli) με επίκεντρο 770 μέτρα βορειοδυτικά του οικισμού Κεχριών και εστιακό βάθος 8χλμ.

Ο σεισμός αυτός αποτελεί σημαντικό παράγοντα αλλαγής για την πόλη της Κορίνθου καθώς σχεδόν όλα τα σπίτια της Κορίνθου ήταν ακατάλληλα για χρήση ή κατέρρευσαν. Αυτό έφερε ως αποτέλεσμα τον νέο σχεδιασμό της πόλης της Κορίνθου και θεωρείται σταθμός στην ιστορία της πόλεως της Νέας Κορίνθου.

- **17 Απριλίου 1930**, μεγέθους 6,1 R (Richter) και ένταση 8 (Mercalli) με επίκεντρο βορειοανατολικά του οικισμού Σοφικού και εστιακό βάθος 6,6 χλμ.

Ο σεισμός αυτό προκάλεσε ζημιές σε οικίες σε διάφορα μέρη της Κορίνθου καθώς και στον οικισμό του Σοφικού, στην Επίδαυρο, στο Αγγελόκαστρο, στην Αλμυρή, στους Αγίου Θεοδώρους, στα Ίσθμια, στην Αρχαία Κόρινθο καθώς και στην Αίγινα, στα Μέθανα και στον Πόρο.

- **26 Αυγούστου 1962**, μεγέθους 6,7 R (Richter) και ένταση 7-8 (Mercalli) με επίκεντρο νοτιοανατολικά του οικισμού Χιλιομοδίου και εστιακό βάθος 120 χλμ.

Πρόκειται για σεισμό ενδιάμεσου βάθους όπου έπληξε την Κορινθία, την Αργολίδα, την Αρκαδία, την Ηλεία , την Βοιωτία και την Αχαΐα και προκάλεσε πολλές ζημιές και καταστροφές σε οικίες.

- **24 Φεβρουαρίου 1981**, μεγέθους 6,8 R (Richter) με επίκεντρο 5 χλμ. Βορειοδυτικά τις Αλκονίδες Νήσους (Καλά Νησιά) και εστιακό βάθος 18 χλμ.

Κυριότερα σεισμικά γεγονότα για το (1981) είναι :

Ημερομηνία	Ωρα	Μέγεθος (Richter)	Χαρακτηρισμός
24/2	22.54'	6.8	Κύριος σεισμός
25/2	03.58'		
25/2	04.36'	6.4	Κύριος μετασεισμός
4/3	23.58'	6.4	Κύριος σεισμός
5/3	08.59'	6.0	Κύριος μετασεισμός
7/3	13.55'	5.7	

Σημειώνουμε ότι με τους σεισμούς αυτούς εκτονώθηκε η περιοχή, λόγω των τάσεων που είχαν συσσωρευτεί καθώς η περιοχή παρέμενε επί δεκαετίες ανενεργή.

Φωτογραφικό υλικό από τον σεισμό του 1981:

ΤΕΤΑΡΤΗ 25 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 1981

ΤΑ ΝΕΑ

ΣΕΙΣΘΗΚΕ ΟΛΗ Η ΧΩΡΑ

Τρομακτικός ο πανικός



Η φυγή των Αθηναίων συνεχίσθηκε μέχρι το πρωί

10 ΝΕΚΡΟΙ, 200 ΤΡΑΥΜΑΤΙΕΣ

ΚΑΤΕΡΡΕΥΣΑΝ 250 ΣΠΙΤΙΑ

2 νεκροί από συγκοπή και 2 σκοτώθηκαν φεύγοντας

Εικ.13 Εφημερίδα ΤΑ ΝΕΑ, 25-02-1981

ΓΙΑ ΑΥΤΟΝ ΠΟΥ ΣΚΕΦΟΤΕΤΑΙ ΕΛΕΥΘΕΡΑ

ΤΟ ΒΗΜΑ

ΤΕΤΑΡΤΗ 25 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 1981

Επίκεντρο οι Αλκωνίδες νήσοι στον Κορινθιακό κόλπο

ΦΟΒΕΡΟ ΠΑΝΙΚΟ ΠΡΟΚΑΛΕΣΕ Ο ΙΣΧΥΡΟΤΑΤΟΣ -6,6 Ρ- ΣΕΙΣΜΟΣ

Εξι νεκροί, δεκάδες τραυματίες, καταρρεύσεις και ρωγμές Χιλιάδες Αθηναίοι διανυκτέρευαν σε πλατείες και άλση

Τραυματίες σέρνουν 4,6 εκατομμύρια λίτρα νερό για να πιουν. Ο σεισμός έληξε στις 10.30 π.μ. με κέντρο επίκεντρο στην περιοχή των Αλκωνίδων νήσων. Ο σεισμός έληξε στις 10.30 π.μ. με κέντρο επίκεντρο στην περιοχή των Αλκωνίδων νήσων. Ο σεισμός έληξε στις 10.30 π.μ. με κέντρο επίκεντρο στην περιοχή των Αλκωνίδων νήσων.

Οι Αθηναίοι που έμειναν στην πόλη έζησαν τον πιο τρομακτικό πανικό της ζωής τους. Οι Αθηναίοι που έμειναν στην πόλη έζησαν τον πιο τρομακτικό πανικό της ζωής τους. Οι Αθηναίοι που έμειναν στην πόλη έζησαν τον πιο τρομακτικό πανικό της ζωής τους.

Οι Αθηναίοι που έμειναν στην πόλη έζησαν τον πιο τρομακτικό πανικό της ζωής τους. Οι Αθηναίοι που έμειναν στην πόλη έζησαν τον πιο τρομακτικό πανικό της ζωής τους. Οι Αθηναίοι που έμειναν στην πόλη έζησαν τον πιο τρομακτικό πανικό της ζωής τους.

Οι Αθηναίοι που έμειναν στην πόλη έζησαν τον πιο τρομακτικό πανικό της ζωής τους. Οι Αθηναίοι που έμειναν στην πόλη έζησαν τον πιο τρομακτικό πανικό της ζωής τους. Οι Αθηναίοι που έμειναν στην πόλη έζησαν τον πιο τρομακτικό πανικό της ζωής τους.

Οι Αθηναίοι που έμειναν στην πόλη έζησαν τον πιο τρομακτικό πανικό της ζωής τους. Οι Αθηναίοι που έμειναν στην πόλη έζησαν τον πιο τρομακτικό πανικό της ζωής τους. Οι Αθηναίοι που έμειναν στην πόλη έζησαν τον πιο τρομακτικό πανικό της ζωής τους.

Οι Αθηναίοι που έμειναν στην πόλη έζησαν τον πιο τρομακτικό πανικό της ζωής τους. Οι Αθηναίοι που έμειναν στην πόλη έζησαν τον πιο τρομακτικό πανικό της ζωής τους. Οι Αθηναίοι που έμειναν στην πόλη έζησαν τον πιο τρομακτικό πανικό της ζωής τους.

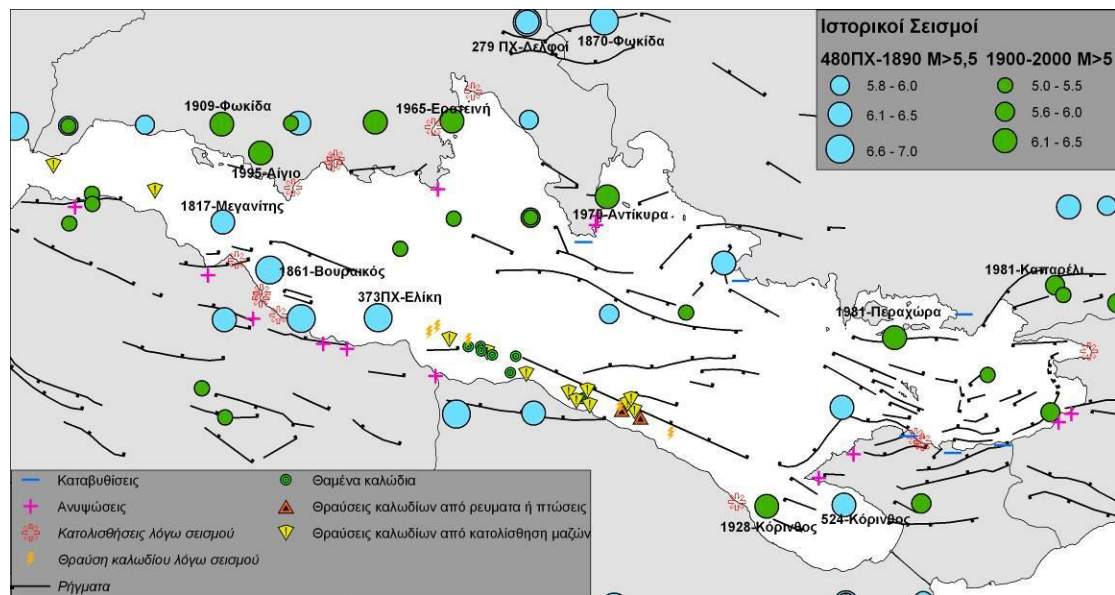
Εικ.14 Πρωτοσέλιδο εφημερίδας για τον σεισμό των Αλκωνίδων (<https://pasatempo.wordpress.com/>)



Εικ. 15. Ξενοδοχείο Απόλλων πριν τον σεισμό του 1981.
(https://www.ethnos.gr/history/article/90323/39xroniaapota67rixterstisalkyonidesmartyrieskatoikonkai_oisygkyriespoyesosanzoes)



Εικ. 16. Ξενοδοχείο Απόλλων μετά τον σεισμό του 1981.
(https://www.pronews.gr/istoria/815825_apollon-xenodoheio-symvolo-toy-loytrakioy-poy-exafanistike-ston-seismo-toy-81-foto/)



Εικ. 17. Συνθετικός χάρτης γεωλογικής επικινδυνότητας (σύνθεση από Heezen et al (1966), Ferentinos et al (1988), Ambraseys & Jackson (1997), Stafatos et al (2002), Moreti et al (2003), Bell et al (2009), Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, Εθνικό Αστεροσκοπείο)

2.5 Αποτελέσματα των σεισμών στην Κορινθία

Ο σεισμός συνδέεται άμεσα με την υπάρχουσα οικονομική, κοινωνική και πολιτιστική κατάσταση την στιγμή του γεγονότος. Καθώς επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό και δημιουργεί καινούριες συνθήκες αλλαγής κοινωνικών δομών ή προκαλεί στέρηση από τις υπάρχουσες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το σεισμικό γεγονός να είναι:

- Παράγοντας όσο αφορά στην αλλαγή του σχεδιασμού των πόλεων λόγω των έντονων σεισμικών γεγονότων και των ζημιών που έχει προκαλέσει στην πόλη. Καθώς η πόλη μπορεί να μεταφερθεί σε πιο ασφαλή μέρος ή ακόμα να σχεδιαστεί εκ νέου με τα νέα δεδομένα που θα προκύψουν. Σημαντικό παράδειγμα αυτό της Νέας Κορίνθου καθώς έγινε μεταφορά της Αρχαίας Κορίνθου στην παράλια θέση Σχοινιάς του Κορινθιακού κόλπου μετά τον σεισμό του 1858. Όπου αντίστοιχη σκέψη υπήρξε μετά τον σεισμό του 1928 να μεταφερθεί η θέση της Νέας Κορίνθου σε γειτονική θέση, η σημερινή Καλλιθέα, καθώς τα εδάφη είναι γεωλογικά καλύτερα. Η σκέψη αυτή δεν υλοποιήθηκε και παρέμεινε στην ίδια θέση και οικοδομήθηκε εκ νέου.
- Παράγοντας οικονομικής δυσχέρειας καθώς οι σεισμοί συμμετέχουν στον επηρεασμό της τοπικής οικονομίας λόγω ότι περιορίζονται οι οικονομικές επενδύσεις και η ανάπτυξη αυτών. Τα χρήματα χρησιμοποιούνται στην αποκατάσταση των ζημιών και όχι στην δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και σε νέες επενδύσεις. Οι σεισμοί στην Κορινθία το 1981 δημιούργησαν οικονομική δυσχέρεια για αρκετά χρόνια

καθώς η οικονομική ζωή σε τοπικό επίπεδο επανήλθε στο ίδιο επίπεδο, προ του σεισμού του 1981, μετά από πέντε χρόνια.

- Παράγοντας δημογραφικού προβλήματος καθώς οι κάτοικοι απομακρύνονται από την πληγείσα περιοχή.
- Παράγοντας οικιστικής αλλαγής στον σχεδιασμό της πόλης και των όμορων οικισμών καθώς στις πληγείσες περιοχές ενισχύονται τα κριτήρια ελέγχου του τρόπου δόμησης και χρήσεως των δομικών υλικών. Περιορίζεται η προς τα άνω δόμηση των κατασκευών, μειώνεται ο συντελεστής δόμησης και προωθείται η διασπορά των κατοικιών σε όμορες περιοχές.
- Παράγοντας όσο αφορά στην αλλαγή του τύπου και του τρόπου κατασκευής. Καθώς βελτιώνεται η μεθοδολογία της κατασκευής διότι συνήθως γίνεται ανακατασκευή των πληγέντων κτιρίων επί τόπου, αλλά δεν αποκλείεται και η ολική μεταφορά ή μερική σε πιο ασφαλή περιοχή.

Οι σεισμοί στην περιοχή της Κορίνθου είναι γενικά μεσαίου μεγέθους και συνήθως προκαλούν τοπικές καταστροφές και μικρό αριθμό θυμάτων. Επίσης επηρεάζουν αρνητικά την κοινωνική, οικονομική και πολιτιστική ζωή της. (Παπαφωτίου 2002, σελ. 273-274)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

3.1 Το λογισμικό Eler

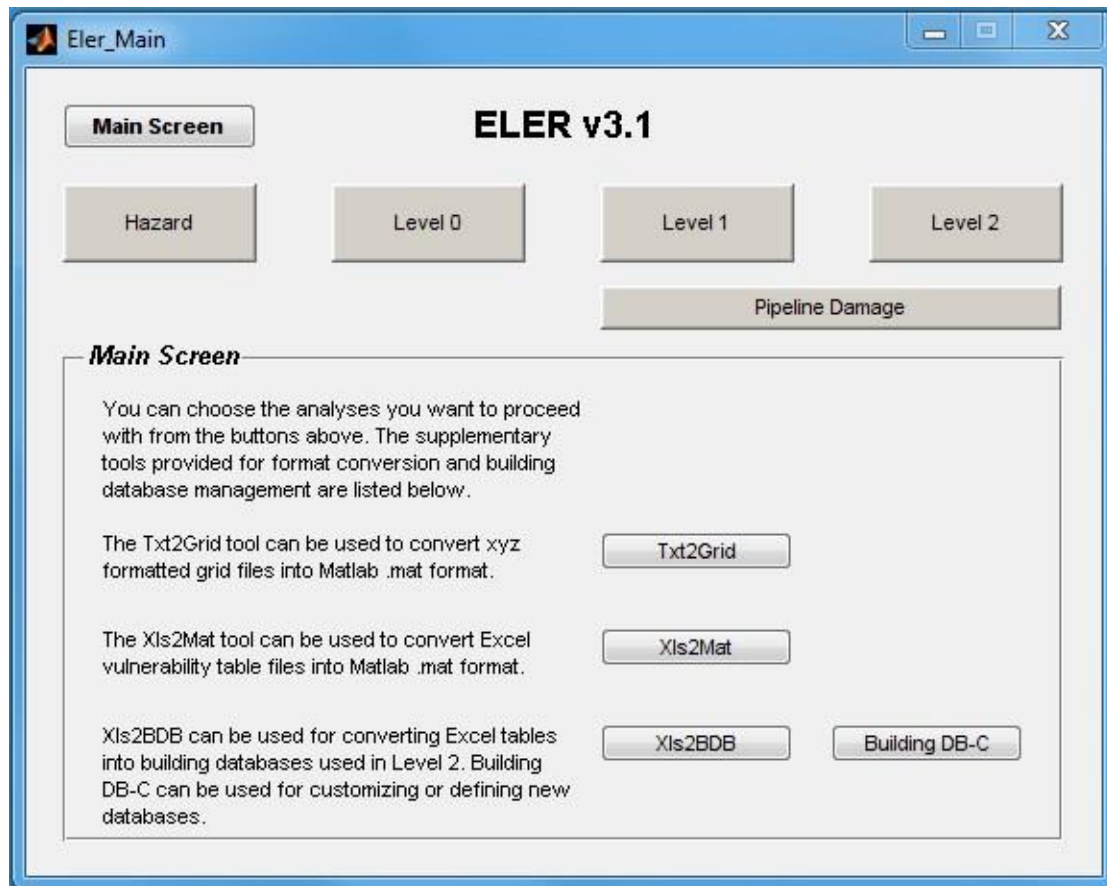
Το λογισμικό Eler (Earthquake Loss Estimation Routine) αναπτύχθηκε από μελετητές του Πανεπιστημίου Bogazici University στην Κωνσταντινούπολη και συγκεκριμένα από το τμήμα σεισμολόγων μηχανικών (2009-2010). Το λογισμικό βασίζεται στην χρήση των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (GIS), υπάρχει ως βάση εισαγωγής πληροφοριών ένα Γεωγραφικό Πληροφοριακό Σύστημα το οποίο αποτελείται από κάρναβο όπου καλύπτει την γεωγραφική επιφάνεια της κάθε εξεταζόμενης περιοχής. (Εικόνα 3.1) [2]



Εικόνα 3.1 Απεικόνιση κανάβου Ελλάδας

Το λογισμικό αυτό έχει την δυνατότητα να υπολογίσει απώλειες από σεισμικά γεγονότα σε κτήρια και σε ανθρώπινες ζωές. Για τον προγραμματισμό και τους υπολογισμούς χρησιμοποιεί το υπολογιστικό και προγραμματιστικό περιβάλλον του Matlab.

Το Eler αποτελείται από τέσσερις ενότητες για την επιλογή του σεισμικού κινδύνου (Hazard) και των τριών επιπέδων σεισμικών απωλειών (level0, Level1, Level2). (Εικόνα 3.2).



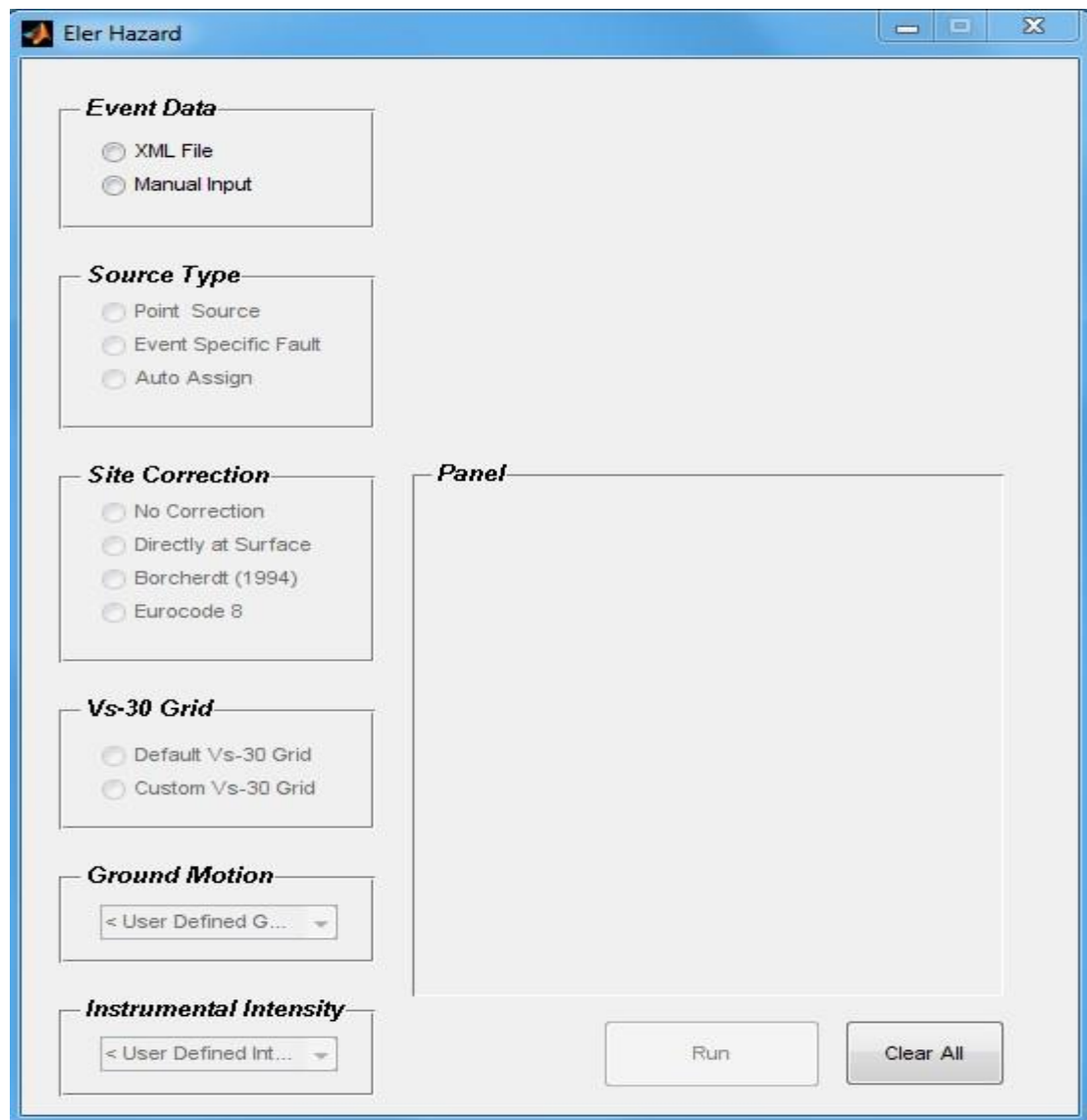
Εικόνα 3.2 Ενότητες Eler

Σε μια απλοποιημένη μορφή, η μεθοδολογία ELER ακολουθεί τα εξής βήματα [2]:

1. Στο Hazard module, για δεδομένες πληροφορίες για το μέγεθος και το επίκεντρο ενός σεισμού, παραμέτρους χωρικά κατανομημένης έντασης και εδαφικής κίνησης PGA, PGV, Sa, Sd έχουν εκτιμηθεί μέσω συγκεκριμένων για την περιοχή εξισώσεων πρόβλεψης εδαφικής κίνησης και του κανάβου (gridded) πληροφοριών ταχύτητας διατμητικού κύματος.
2. Στο Level 0 module, οι προβλέψεις απωλειών γίνεται με τη χρήση προσαρμοσμένων στην περιοχή συσχετίσεων έντασης-απωλειών ή μεγέθους-απωλειών βασισμένες στο ευρετήριο κατανομής πληθυσμού Landscan.
3. Το Level 1 module υπολογίζει τον αριθμό των κτηρίων που έχουν υποστεί ζημιές και τα σχετικά ατυχήματα. Η εμπειρική συσχέτιση που βασίζεται στην ένταση χρησιμοποιείται για την εύρεση του αριθμού των κτηρίων που έχουν υποστεί ζημιές. Η εκτίμηση των ατυχημάτων γίνεται μέσω του αριθμού των κτηρίων που έχουν υποστεί ζημιές.
4. Το Level 2 module επίσης υπολογίζει τον αριθμό των κτηρίων που έχουν υποστεί ζημιές και τα σχετικά ατυχήματα. Η φασματική μεθοδολογία εκτίμησης τρωτότητας που βασίζεται στην επιτάχυνση και τη μετατόπιση χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των ζημιών στα κτήρια. Η εκτίμηση ατυχημάτων γίνεται μέσω του αριθμού των κτηρίων που έχουν υποστεί ζημιές με χρήση των μεθοδολογιών HAZUS99 (FEMA, 1999) και HAZUS-MH (FEMA, 2003).

3.2 Ενότητα Hazard Module

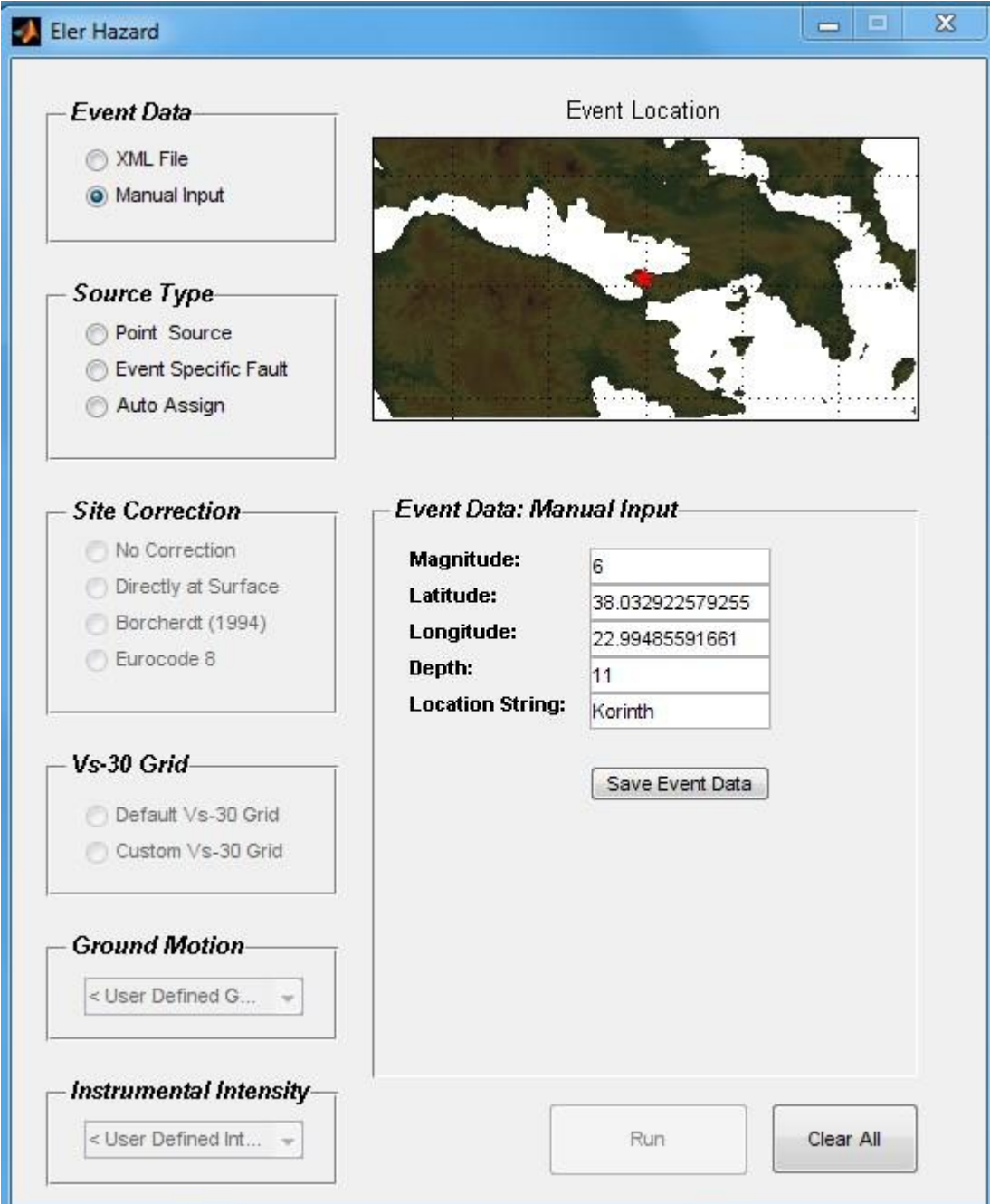
Όποιο επίπεδο σεισμικών απωλειών και να επιλεγεί (Level0,1,2), πρέπει στην αρχή να καθοριστεί το σεισμικό γεγονός (Event Data) , ο τύπος της πηγής του σεισμού (Point Source) και οι παράμετροι της εδαφικής κίνησης (Site Correction, Vs30, Ground Motion, Instrumental Intensity) το οποίο γίνεται στην ενότητα Hazard. [2]



Εικόνα 3.3 Ενότητα Hazard

3.2.1 Event Data (Σεισμικό γεγονός)

Στο επίπεδο αυτό καθορίζεται το μέγεθος του σεισμικού γεγονότος (Magnitude) σε μονάδες Richter, τις συντεταγμένες του σεισμικού γεγονότος κατά WGS84 (γεωγραφικό πλάτος –Latitude, γεωγραφικό μήκος Longitude), το εστιακό βάθος (Depth) του σεισμικού γεγονότος με μονάδα μέτρησης χιλιόμετρα (km) και τέλος το όνομα της τοποθεσίας της περιοχής μελέτης (Location String). Εικόνα 3.4 [2]



The screenshot shows the 'Eler Hazard' software window. The interface is divided into several sections for configuring event data:

- Event Data:** Radio buttons for 'XML File' and 'Manual Input' (selected).
- Source Type:** Radio buttons for 'Point Source', 'Event Specific Fault', and 'Auto Assign'.
- Site Correction:** Radio buttons for 'No Correction', 'Directly at Surface', 'Borcherdt (1994)', and 'Eurocode 8'.
- Vs-30 Grid:** Radio buttons for 'Default Vs-30 Grid' and 'Custom Vs-30 Grid'.
- Ground Motion:** A dropdown menu showing '< User Defined G...'.
A map titled 'Event Location' shows a red dot on a map of Greece, indicating the event location.
- Instrumental Intensity:** A dropdown menu showing '< User Defined Int...'.
A section titled 'Event Data: Manual Input' contains input fields for:
 - Magnitude: 6
 - Latitude: 38.032922579255
 - Longitude: 22.99485591661
 - Depth: 11
 - Location String: KorinthA 'Save Event Data' button is located below these fields.

At the bottom of the window, there are 'Run' and 'Clear All' buttons.

Εικόνα 3.4 Ενότητα Hazard-Event Data

Η εισαγωγή των παραπάνω δεδομένων γίνεται με δύο τρόπους :

1. XML File, γίνεται εισαγωγή αρχείου XML στο οποίο υπάρχουν τα εξής χαρακτηριστικά (magnitude, latitude, longitude, depth και προαιρετικά το όνομα της περιοχής μελέτης).
2. Manual Input, γίνεται απευθείας εισαγωγή των στοιχείων που αναφέρθηκαν παραπάνω (magnitude, latitude, longitude, depth, location string).

Μετά την εισαγωγή των παραπάνω στοιχείων εμφανίζεται σε μικρογραφία ο χάρτης της περιοχής μελέτης.

3.2.2 Source Type (Τύπος Πηγής)

Στο πεδίο αυτό καθορίζεται ο τύπος της πηγής του σεισμού. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για σεισμούς με μικρό μέγεθος την σημειακή πηγή (Point Source), για μεγαλύτερους σεισμούς χρησιμοποιούμε ως πηγή συγκεκριμένο ρήγμα (Event Specific Fault). Για πολλαπλές πηγές σεισμών όπου χρησιμοποιείται μια βάση δεδομένων ρηγμάτων η εστία του σεισμού ανατίθεται αυτόματα στο πλησιέστερο τμήμα ρήγματος (Auto Assign) [2].

Συγκεκριμένα:

- Point Source: Η εισαγωγή γίνεται απευθείας από το Event Data
- Event Specific Fault: Η εισαγωγή γίνεται από ένα αρχείο text στο οποίο υπάρχουν οι συντεταγμένες του συγκεκριμένου ρήγματος (σύστημα αναφοράς WGS84)
- Auto Assign: Η εισαγωγή γίνεται από ένα αρχείο text στο οποίο υπάρχουν οι συντεταγμένες των ρηγμάτων. Εικόνα 3.5

```
> 40.142002 27.393937  
> 40.069300 27.295475  
> 40.064286 27.170756  
> 39.996599 26.993523  
> 40.852921 28.218996  
> 40.900656 28.855777  
> 40.742723 29.229201  
> 40.741384 29.581306  
> 39.758438 26.813008  
> 39.715820 26.721110  
> ...
```



Εικόνα 3.5 Ενότητα Hazard-Auto Assign (Database fault)

3.2.3 Site Correction (Διόρθωση Εδαφικής Κίνησης)

Σε αυτό το πεδίο καθορίζεται με ποια μέθοδο θα γίνει η διόρθωση-ενσωμάτωση των παραμέτρων της εδαφικής κίνησης ανάλογα με το γεωγραφικό υπόβαθρο της περιοχής του σεισμού. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι [2]:

- No Site Correction: Σε αυτή την μέθοδο ο υπολογισμός της εκτίμησης της εδαφικής κίνησης γίνεται σε βραχώδες υπόστρωμα. Οι υπολογισμοί γίνονται με διατμητική ταχύτητα εδάφους $V_{s30}=760\text{m/sec}$.
- Borchardt (1994): Σε αυτή την μέθοδο ο υπολογισμός της εκτίμησης της εδαφικής κίνησης γίνεται σε βραχώδες υπόστρωμα όπου γίνεται διόρθωση σύμφωνα με τους παράγοντες ενίσχυσης (F_a και F_v), χρησιμοποιώντας γεωγραφικό υπόβαθρο V_{s30} . Οι υπολογισμοί γίνονται με διατμητική ταχύτητα εδάφους $V_{s30}=760\text{m/sec}$.

Κατηγορία εδάφους	V_{s30} (cm/sec)	Συντελεστής Ενίσχυσης
B	>760	1.0
C	360-760	1.29
D	180-360	1.71
E	<180	2.55

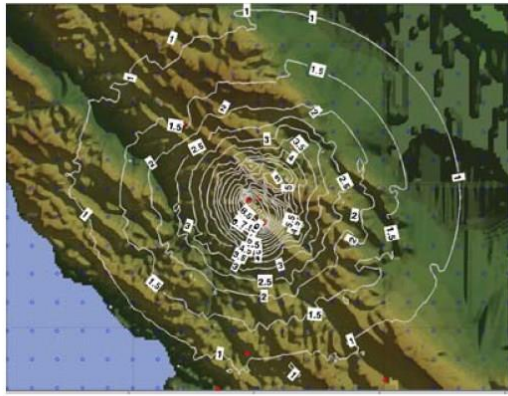
Πίνακας 3.1 Εμπειρικοί συντελεστές ενίσχυσης της μέγιστης τιμής της εδαφικής ταχύτητας (Borchardt, 1994) [2]

- Eurocode 8: Η μέθοδος αυτή διαφέρει από την μέθοδο Borchardt (1994) στον υπολογισμό των συντελεστών ενίσχυσης (F_a και F_v). Στην μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται οι μέγιστες τιμές της εδαφικής επιτάχυνσης PGA χρησιμοποιώντας γεωγραφικό υπόβαθρο V_{s30} . Οι υπολογισμοί γίνονται με διατμητική ταχύτητα εδάφους $V_{s30}=760\text{m/sec}$.

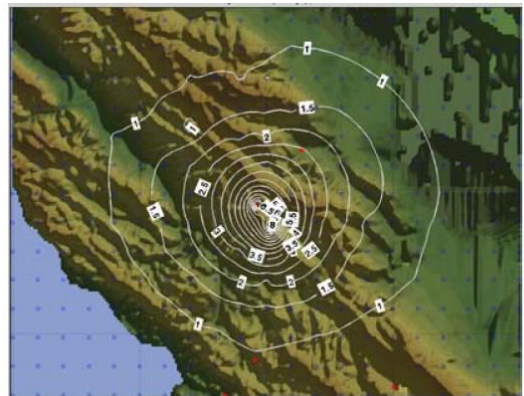
Κατηγορία Εδάφους	Περιγραφή στρωματογραφίας	Παράμετροι		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{50PT} (κρούσεις/30 cm)	c_u (kPa)
A	Βράχος ή άλλος βραχώδης γεωλογικός σχηματισμός, που περιλαμβάνει το πολύ 5 m ασθενέστερου επιφανειακού υλικού.	> 800	–	–
B	Αποθέσεις πολύ πυκνής άμμου, χαλίκων, ή πολύ σκληρής αργίλου, πάχους τουλάχιστον αρκετών δεκάδων μέτρων, που χαρακτηρίζονται από βαθμιαία βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων με το βάθος.	360 – 800	> 50	> 250
C	Βαθιές αποθέσεις πυκνής ή μετρίως πυκνής άμμου, χαλίκων ή σκληρής αργίλου πάχους από δεκάδες έως πολλές εκατοντάδες μέτρων.	180 – 360	15 – 50	70 – 250
D	Αποθέσεις χαλαρών έως μετρίως χαλαρών μη συνεκτικών υλικών (με ή χωρίς κάποια μαλακά στρώματα συνεκτικών υλικών), ή κυρίως μαλακά έως μετρίως σκληρά συνεκτικά υλικά.	< 180	< 15	< 70
E	Εδαφική τομή που αποτελείται από ένα επιφανειακό στρώμα υλός με τιμές v_s κατηγορίας C ή D και πάχος που ποικίλλει μεταξύ περίπου 5m και 20m, με υπόστρωμα από πιο σκληρό υλικό με $v_s > 800$ m/s.			
S ₁	Αποθέσεις που αποτελούνται, ή που περιέχουν ένα στρώμα πάχους τουλάχιστον 10 m μαλακών αργίλων/ιλάν με υψηλό δείκτη πλαστικότητας (PI > 40) και υψηλή περιεκτικότητα σε νερό.	< 100 (ενδεικτικό)	–	10 – 20
S ₂	Στρώματα ρευστοποιήσιμων εδαφών, ευαίσθητων αργίλων, ή οποιαδήποτε άλλη εδαφική τομή που δεν περιλαμβάνεται στους τύπους A – E ή S ₁			

Πίνακας 3.2 Κατηγορία Εδάφους κατά Ευροκώδικα 8 EN 1998-1:2004 [3]

- Calculation of Surface: Σε αυτή την μέθοδο ο υπολογισμός της εκτίμησης της εδαφικής κίνησης γίνεται κατευθείαν στην επιφάνεια του εδάφους, σύμφωνα με τις εξισώσεις κίνησης (Boore et al., 1997, Campbell and Bozorgnia, 2008, Chiou and Youngs, 2008), όπου χρησιμοποιείται γεωγραφικό υπόβαθρο Vs30.



Borcherdt (1994)



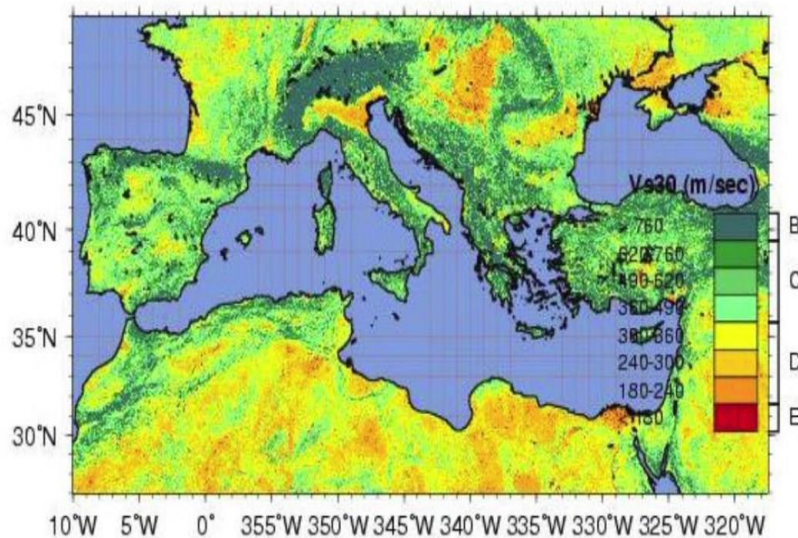
Directly at Surface

Εικόνα 3.5 Αποτελέσματα υπολογισμού διόρθωσης – ενσωμάτωσης των παραμέτρων της εδαφικής κίνησης σύμφωνα με το γεωγραφικό υπόβαθρο της περιοχής σεισμού, σύμφωνα με τις μεθόδους Borcherdt (1994) και Calculation of Surface.

3.2.4 Site Condition- Vs30 Grid (Γεωγραφικό υπόβαθρο Vs30)

Στο πεδίο αυτό γίνεται εισαγωγή του γεωγραφικού υπόβαθρου Vs-30 (η διατρητική ταχύτητα των κυμάτων σε βάθος 30m) της περιοχής του σεισμού. Το λογισμικό Eler έχει δύο τρόπου εισαγωγής του γεωγραφικού υπόβαθρου Vs-30 [2]:

1. Default Vs-30 Grid: Προεπιλεγμένο γεωγραφικό υπόβαθρο Vs30 το οποίο περιέχει όλη την περιοχή της Ευρώπης και της Μεσογείου όπου έχει συνταχθεί από U.S.G.S. Global Vs-30 Map Server. (Εικόνα 3.6)
2. Custom Vs-30 Grid: Στο πεδίο αυτό μπορεί να εισαχθεί το γεωγραφικό υπόβαθρο Vs-30 από αρχείο MATLAB, όπου σε κάθε κελί του αρχείου υπάρχουν τα απαραίτητα χαρακτηριστικά του χάρτη Vs-30. (Εικόνα 3.7)

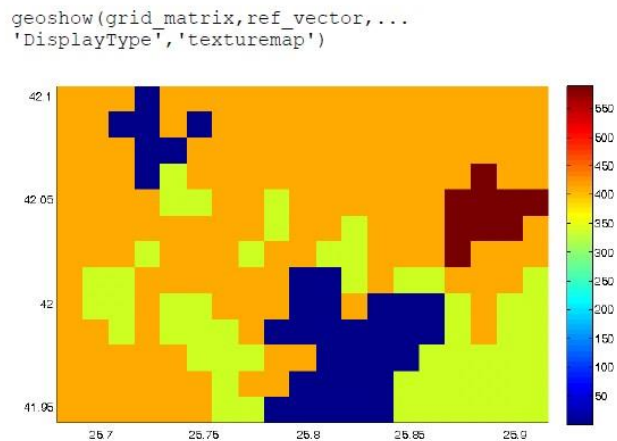


Εικόνα 3.6 Χάρτης με το γεωλογικό υπόβαθρο Vs-30 στην Ευρώπη ο οποίος έχει συνταχθεί από U.S.G.S.

Grid Matrix + Reference Vector

```
grid_matrix =  
406 406 406 406 406 ..  
406 406 406 406 406 ..  
406 406 406 406 406 ..  
406 406 333 406 333 ..  
406 333 333 406 333 ..  
406 333 333 406 406 ..  
406 406 406 333 406 ..  
406 406 406 406 406 ..  
406 406 406 406 333 ..  
406 406 406 1 333 ..  
406 406 406 1 1 ..  
406 406 1 1 406 ..  
406 406 406 1 406 ..  
  
ref_vector =  
80.0000 42.1051 25.6788
```

Map



Εικόνα 3.7 Γεωλογικό υπόβαθρο Vs-30 σε αρχείο Matlab

3.2.5 Ground Motion Prediction Equations (GMPEs)-Πρόβλεψη εδαφικής κίνησης

Στο πεδίο αυτό γίνεται η επιλογή των εμπειρικών σχέσεων (GMPEs) με τις οποίες θα υπολογιστεί η εδαφική κίνηση (PGA,PGV). Η επιλογή αυτή γίνεται με δύο τρόπους [2] :

1. Επιλέγοντας User Defined GMPE, όπου γίνεται εισαγωγή ενός αρχείου text στο οποίο ο μελετητής έχει ορίσει τα χαρακτηριστικά μια εμπειρικής σχέσης GMPE.
2. Από τις προεπιλεγμένες εμπειρικές σχέσεις GMPEs, όπου το λογισμικό Eler δίνει την δυνατότητα να επιλεγθεί μια από τις παρακάτω εμπειρικές σχέσεις :
 - user Defined GMPE
 - Boore et. al.,1997
 - Boatwright et. al., 2007
 - Akkar and Bommer, 2007
 - Boore and Atkinson, 2008
 - Campbell and Bozorgnia, 2008
 - Chiou and Youngs, 2008
 - Abrahamson and Silva, 1997
 - Sadigh et. al., 1997

Reference Works	Estimated Parameters	Parameters used		
		Earthquake Rupture related Parameters	Site related Parameters	Propagatio - effect related Parameters
Boore, Joyner, and Fumal, 1997	PGA Sa	Magnitude Fault type (Reverse, Strike Slip or Unknown)	Vs30	JB Distance
Shakemap small regression (Boatwright and others, 2003)	PGA PGV Sa	Magnitude Depth	-	JB Distance
Akkar & Bommer, 2007	PGA PGV Sd	Magnitude Fault type (Normal fault, reverse fault)	soft soil stiff soil	
Campbell & Bozorgnia, 2008	PGA PGV PGD Sa	Magnitude Fault type Rupture top depth Dip	Vs30	Distance to Rupture
			Depth to Vs=2.5 km/s	(distRup-distJB)/distRup
Chiou & Young, 2008	PGA PGV Sa	Magnitude Fault type (Reverse, Normal) Rupture top depth Dip angle	Vs30	Distance to Rupture
			Depth to Vs=1.0 km/s	(distRup-distJB)/distRup Hanging Wall
Boore & Atkinson, 2008	PGA PGV Sa	Magnitude Fault type (Thrust /Reverse, Normal, Strike-Slip, Unknown)	Vs30	Joyner-Boore(JB) Distance
✦ Abrahamson & Silva (1997)	PGA Sa	Magnitude Fault type (Reverse, Reverse/Oblique fault, Otherwise)	Rock or Shallow soil Deep Soil	Distance to Rupture
✦ Campbell & Bozorgnia (2003)	PGA Sa	Magnitude Fault type (Strike-Slip /normal, Reverse, Thrust)	Firm rock Soft rock Very Firm Soil Firm Soil	Distance to Seimogenic Rupture

Πίνακας 3.3 Εμπειρικές σχέσεις εδαφικής κίνησης που δίνονται από το λογισμικό Eler.

3.2.6 Instrumental Intensity-Ισόσειστες Καμπύλες

Για να προσδιοριστεί η ένταση ενός σεισμού σε διάφορες περιοχές επιτρέπεται η χάραξη ισόσειστων καμπυλών με σκοπό να εντοπιστούν οι περιοχές στις οποίες ο σεισμός έχει προκαλέσει τις ίδιες βλάβες, δηλαδή είχε την ίδια ένταση. Το Eler σχεδιάζει τις ισόσειστες καμπύλες της έντασης του σεισμού I_{mm} σύμφωνα με [2] :

- Κατά Wald et al (1999)

$$I_{mm}=3.66\log(PGA)-1.66 \text{ για εκτίμηση έντασης } V<I_{mm}<VIII$$
$$I_{mm}=3.47\log(PGV)+2.3 \text{ για εκτίμηση έντασης } V<I_{mm}<IX$$

- Κατά Atkinson and Kaka (2007)

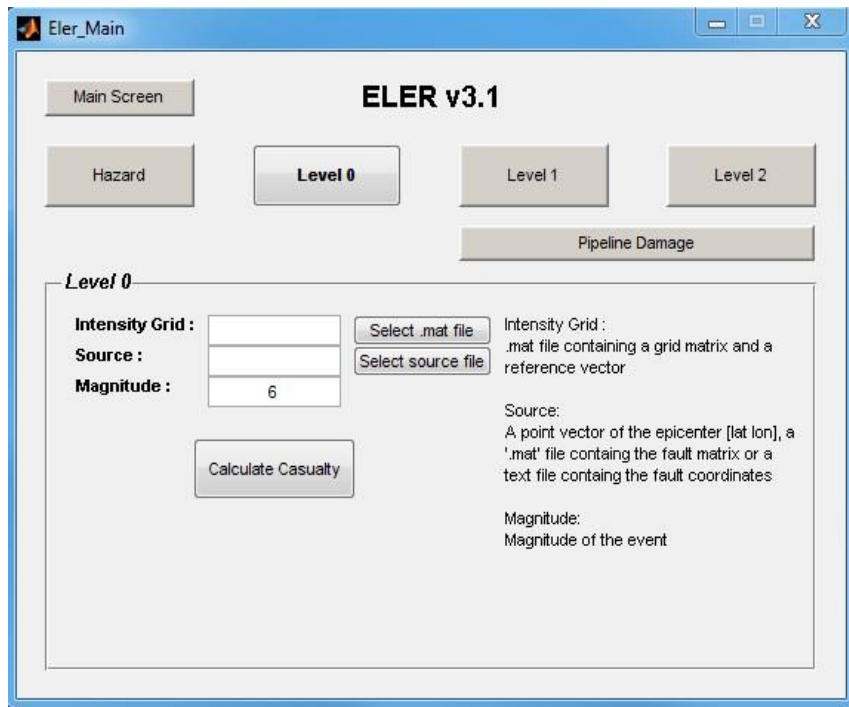
$$I_{mm} = c1 + c2 \log Y + c5 + c6 M + c7 \log D \text{ (} \log Y \leq \log Y(I5) \text{)}$$
$$I_{mm} = c3 + c4 \log Y + c5 + c6 M + c7 \log D \text{ (} \log Y \geq \log Y(I5) \text{)}$$

- Ή με κάποια άλλη σχέση που θα εισάγει ο μελετητής.

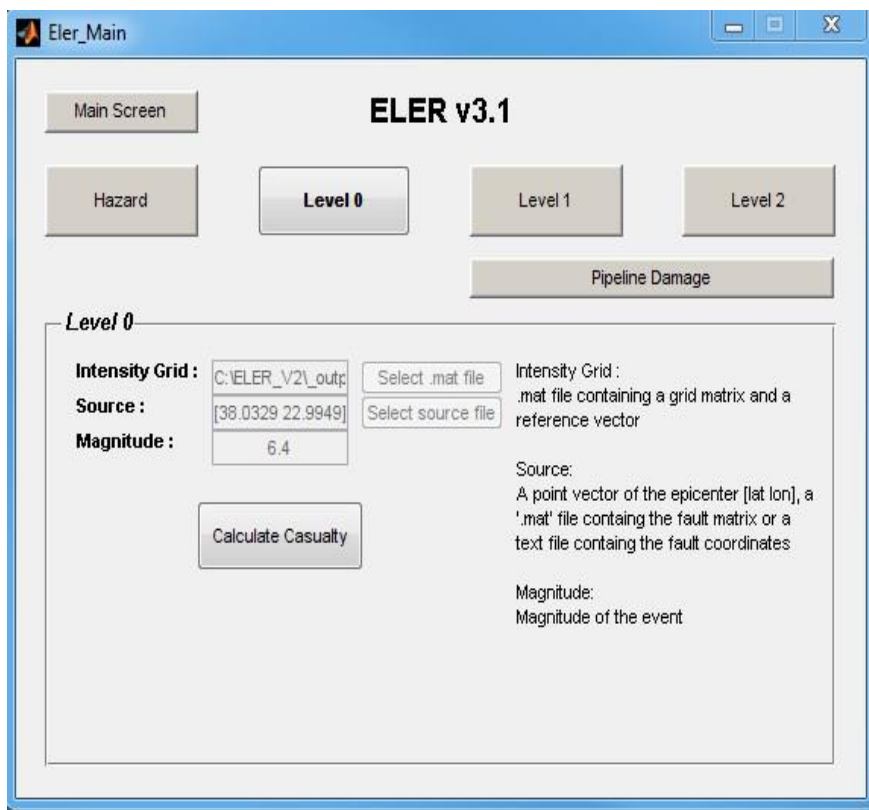
3.3 Ενότητα Level 0 Module

Η ενότητα Level 0 του λογισμικού Eler υπολογίζει τις ανθρώπινες απώλειες για από ένα σεισμικό γεγονός σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές. Για να πραγματοποιηθεί αυτό χρειάζεται να εισαχθούν τα παρακάτω [2]:

- Intensity Grid (πλέγμα έντασης): Η εισαγωγή γίνεται αυτόματα από την προηγούμενη ενότητα Hazard, καθώς και με εισαγωγή αρχείου Matlab.
- Source (Πηγή του σεισμού): Η εισαγωγή γίνεται αυτόματα από την προηγούμενη ενότητα Hazard, καθώς και με εισαγωγή αρχείου Matlab ή αρχείου text το οποίο θα περιλαμβάνει τις συντεταγμένες του ρήγματος.
- Magnitude (Μέγεθος σεισμού): Η εισαγωγή γίνεται αυτόματα από την προηγούμενη ενότητα Hazard, καθώς και με εισαγωγή στο πεδίο.



Εικόνα 3.8 Ενότητα Level 0 του λογισμικού Eler

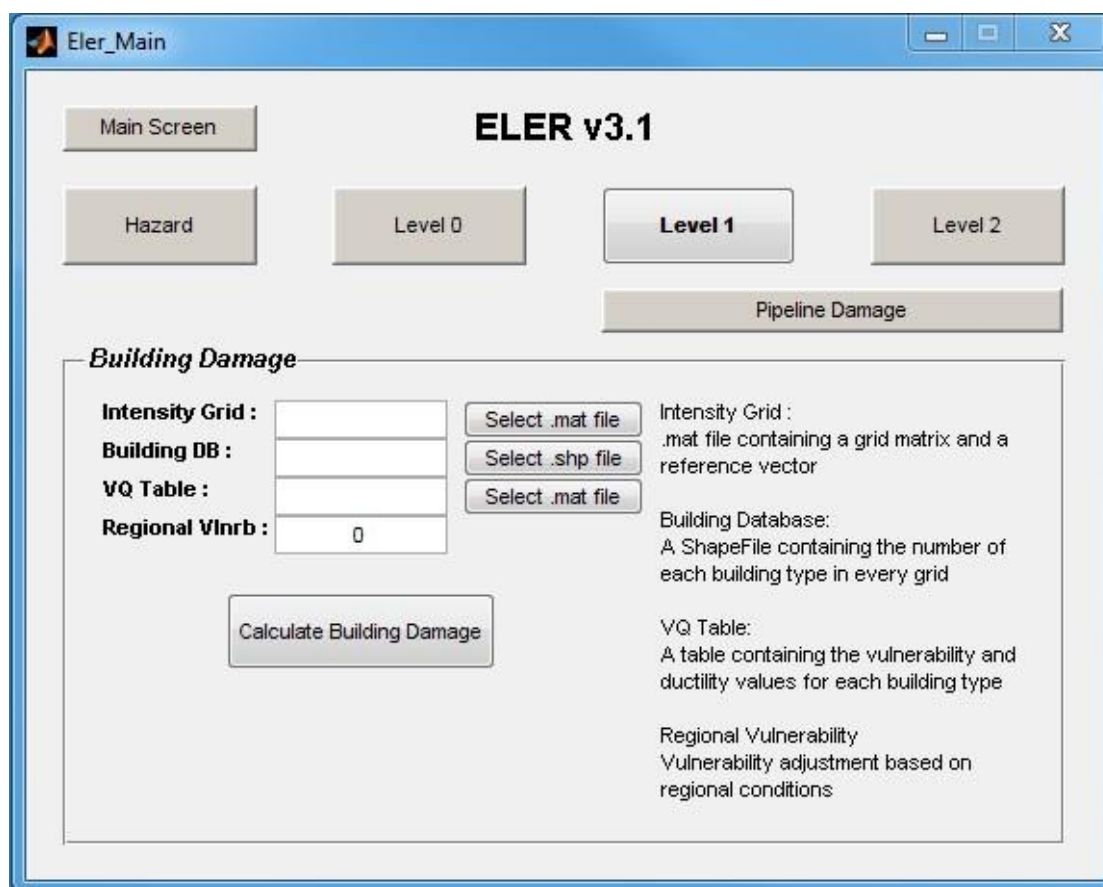


Εικόνα 3.9 Ενότητα Level 0 (απευθείας εισαγωγή από την ενότητα Hazard)

3.4 Ενότητα Level 1 Module

Η ενότητα Level 1 του λογισμικού Eler έχει την δυνατότητα να υπολογίζει τις ανθρώπινες απώλειες και τις απώλειες στην κτηριακή υποδομή μιας περιοχής από ένα σεισμικό γεγονός. Οι ανθρώπινες απώλειες υπολογίζονται με διάφορες μεθόδους και οι κτηριακές απώλειες βασίζονται στις σχέσεις τρωτότητας των Giovinazzi and Logomarsino 2004. Για να πραγματοποιηθούν οι παραπάνω υπολογισμοί θα πρέπει να εισαχθούν τα παρακάτω αρχεία στο λογισμικό Eler [2] :

1. **Intensity Grid:** Είναι ένα αρχείο Matlab από τις προηγούμενες ενότητες Hazard και Level 0
2. **Building DB:** Είναι ένα αρχείο γεωπληροφορικής (.shp) στο οποίο έχει αποτυπωθεί ο χάρτης της περιοχής μελέτης και περιλαμβάνει τις απαραίτητες πληροφορίες για την κτηριακή υποδομή της περιοχής μελέτης.
3. **VQ Table:** Είναι ένα αρχείο Matlab στο οποίο υπάρχει για κάθε τύπο κτηρίου η τρωτότητα, η πλαστιμότητα, η παράμετρος t και το κόστος.
4. **Regional Vlnrb (Regional Vulnerability):** Προσαρμογή της τρωτότητας των κτηρίων της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 3.10 Ενότητα Level 1 του λογισμικού Eler

3.4.1 Απώλειες κτηριακής υποδομής

Για να υπολογιστούν οι απώλειες της κτηριακής υποδομής στην περιοχή μελέτης θα πρέπει αρχικά να γίνει ταξινόμηση των κτηρίων και να δοθεί η πληθυσμιακή κατανομή καθώς με αυτά τα δεδομένα σε συνδυασμό με την τρωτότητα των κτηρίων υπολογίζονται οι κτηριακές απώλειες. Η ταξινόμηση των κτηρίων μπορεί να γίνει με βάση τον αντισεισμικό κανονισμό της περιοχής μελέτης, τον χρόνο κατασκευής, το υλικό κατασκευής, την πλασιμότητα, τον αριθμό των ορόφων, την μορφολογία ή ότι άλλο θεωρεί ο μελετητής σημαντικό για την διαφοροποίηση των κτηρίων μεταξύ τους. Η ταξινόμηση μπορεί να γίνει με βάση την Ευρωπαϊκή Τυπολογία (European Building Typology) όπως αναπτύχθηκε από το EU FP5 Risk UE program καθώς και με την Αμερικανική Τυπολογία όπως αναπτύχθηκε από το HAZUS-MH (FEMA 2003) program ή με οποιαδήποτε άλλη κρίνει ο μελετητής. Η ταξινόμηση συνήθως γίνεται με βάση τα παρακάτω χαρακτηριστικά [2] :

- Υλικό κατασκευής του κτηρίου (πέτρα, ξύλο, μέταλλο, μπετό)
- Αριθμό ορόφων
- Αντισεισμικό κανονισμό
- Έτος κατασκευής

Επίσης ο μελετητής μπορεί να δημιουργήσει νέα κατηγορία κτηρίων ανάλογα των αναγκών και των απαιτήσεων της περιοχής μελέτης όπως π.χ. η πλασιμότητα, η πυλωτή (pilotis).

Οι ζημιές στην κτηριακή υποδομή της περιοχής μελέτης κατηγοριοποιούνται σε πέντε επίπεδα βλαβών κατά EM98.

Κατηγορία Βλάβης	Περιγραφή ζημιών
D1	Ελαφριές (Slight Damage)
D2	Μέτριες (Moderate Damage)
D3	Μεγάλες (Substantial to Heavy Damage)
D4	Πολύ μεγάλες (Very Heavy Damage)
D5	Καταστροφικές (Destruction)

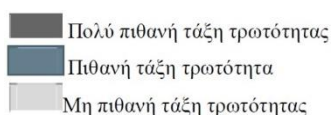
Οι υπολογισμοί για τις κτηριακές απώλειες στην περιοχή μελέτης βασίζονται στις σχέσεις τρωτότητας των Giovinazzi and Logomarsino 2004. Ο μέσος βαθμός βλάβης μ_D που περιέχει την ένταση του σεισμού I και τον δείκτη τρωτότητας V είναι:

$$\mu_D = 2.5 \left[1 + \tanh \left(\frac{I + 6.5V - 13.1}{2.3} \right) \right]$$

Από την παραπάνω εξίσωση για κάθε κατηγορία κτηρίου με τιμή τρωτότητας V μπορεί να υπολογιστεί ο μέσος βαθμός βλάβης μ_D για κάθε τιμή έντασης.

Πίνακας 3.4 Κατάταξη κατασκευών σε κατηγορίες τρωτότητας κατά EMS98

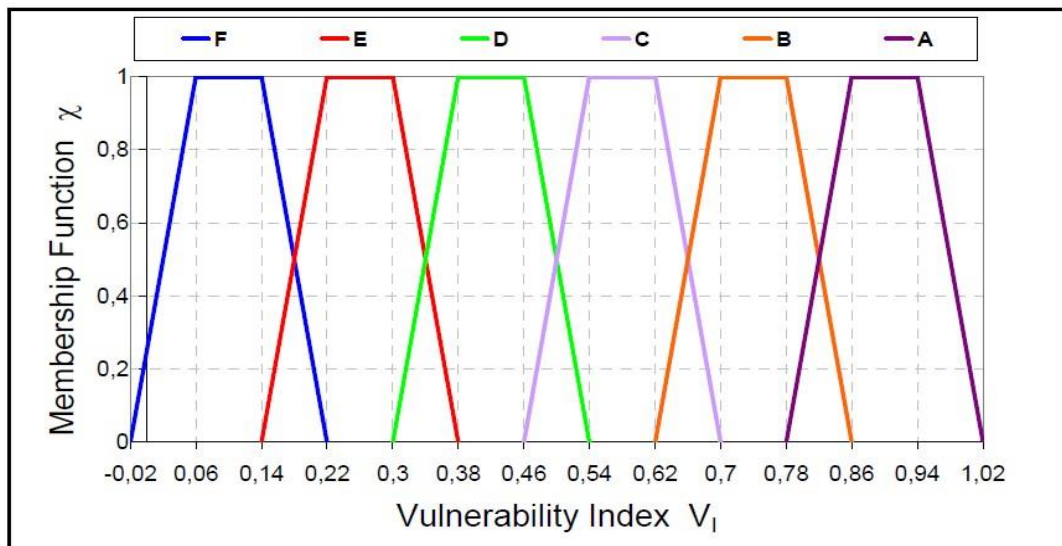
Typologies		Building type	Vulnerability Classes					
			A	B	C	D	E	F
Masonry	M1	Rubble stone	■					
	M2	Adobe (earth bricks)		■				
	M3	Simple stone	■	■				
	M4	Massive stone		■	■	■		
	M5	Unreinforced M (old bricks)	■	■	■	■		
	M6	Unreinforced M with r.c. floors		■	■	■	■	
	M7	Reinforced or confined masonry			■	■	■	■
Reinforced Concrete	RC1	Frame in r.c. (without E.R.D)	■	■	■	■	■	
	RC2	Frame in r.c. (moderate E.R.D.)		■	■	■	■	■
	RC3	Frame in r.c. (high E.R.D.)			■	■	■	■
	RC4	Shear walls (without E.R.D)		■	■	■	■	
	RC5	Shear walls (moderate E.R.D.)			■	■	■	■
	RC6	Shear walls (high E.R.D.)				■	■	■
Steel	S	Steel structures			■	■	■	■
Timber	W	Timber structures		■	■	■	■	■



Η κλίμακα EMS 98 κατατάσσει τα κτήρια σε κατηγορίες τρωτότητας (A-F) όπως παρατηρούμε στον Πίνακα 3.4 με περιγραφικούς όρους (Πολύ πιθανή, Πιθανή τάξη, Μη Πιθανή τάξη). Μπορεί να υπάρξει καλύτερη ερμηνεία των όρων αυτών αν αντιστοιχίσουμε τους όρους αυτούς με τις εξής τιμές:

- $\chi=1$ [για πολύ πιθανή τάξη τρωτότητας]
- $\chi=0.6$ [για πιθανή τάξη τρωτότητας]
- $\chi=0.2$ [για μη πιθανή τάξη τρωτότητας]

Με αυτό τον τρόπο μπορεί να η τρωτότητα κάθε κτηρίου με έναν συνδυασμό από μέλη συνάρτησης εκφρασμένης με γραμμικό τρόπο.



Εικόνα 3.11 Γραμμική απεικόνιση τρωτότητας ανάλογα των κατηγοριών κατά EMS98, όπου $\chi=1$ αντιστοιχεί σε ευπαθή κτήρια ενώ $\chi=0$ σε κτήρια με υψηλό αντισεισμικό σχεδιασμό (Sonia Giovinazzi and Sergio Lagomarsino, 2006) [9]

Από τον γραμμικό συνδυασμό των μελών της τρωτότητας ορίζονται πέντε δείκτες ($V_{1min}^c, V_1^{c-}, V_1^{c*}, V_1^{c+}, V_{1max}^c$).

Building Typologies	Building type	Vulnerability indices					
		V_{min}	V_-	V_o	V_+	V_{max}	
Masonry	M1	Rubble stone	0.62	0.81	0.873	0.98	1.02
	M2	Adobe	0.62	0.687	0.84	0.98	1.02
	M3	Simple stone	0.46	0.65	0.74	0.83	1.02
	M4	Massive stone	0.3	0.49	0.616	0.793	0.86
	M5	U Masonry (old bricks)	0.46	0.65	0.74	0.83	1.02
	M6	U Masonry – r.c. floors	0.3	0.49	0.616	0.79	0.86
	M7	Reinforced/confined masonry	0.14	0.33	0.451	0.633	0.7
Reinforced Concrete	RC1	Frame in r.c. (without ERD)	0.3	0.49	0.644	0.8	1.02
	RC2	Frame in r.c. (moderate ERD)	0.14	0.33	0.484	0.64	0.86
	RC3	Frame in r.c. (high ERD)	-0.02	0.17	0.324	0.48	0.7
	RC4	Shear walls (without ERD)	0.3	0.367	0.544	0.67	0.86
	RC5	Shear walls (moderate ERD)	0.14	0.21	0.384	0.51	0.7
	RC6	Shear walls (high ERD)	-0.02	0.047	0.224	0.35	0.54
Steel	S	Steel structures	-0.02	0.17	0.324	0.48	0.7
Timber	W	Timber structures	0.14	0.207	0.447	0.64	0.86

Πίνακας 3.5 Δείκτες τρωτότητας για διαφορετικούς τύπους κτηρίων κατά EMS98 (Giovinazzi and Lagomarsino, 2004). [9]

Τα στοιχεία για την τρωτότητα των κτηρίων V από την (EMS-98, Grunthal 1998) είναι περιγραφικά το οποίο έχει ως αποτέλεσμα να είναι αρκετά αόριστα και ελλιπή. Αυτό συμβαίνει διότι η τρωτότητα καθορίζεται και από άλλους παράγοντες, όπως είναι το είδος του εδάφους καθώς και άλλους παράγοντες που επηρεάζουν την σεισμική συμπεριφορά. Το πρόβλημα αυτό βελτιώθηκε με την εισαγωγή της κατανομής Βήτα σε σχέση με τις παρατηρούμενες τάξεις βλάβης. Όπως αποτυπώνεται παρακάτω [2]:

$$pdf_{\beta}(x) = \frac{\Gamma(t)}{\Gamma(r)\Gamma(t-r)} \frac{x^{r-1}(6-x)^{t-r-1}}{6^{t-1}}$$

Όπου t και r παράμετροι της κατανομής.

$$r=t(0.007\mu_D^3-0.0525\mu_D^2+0.2875\mu_D)$$

Η παράμετρος t επηρεάζει τη διασπορά της κατανομής βήτα καθώς η αύξηση t μειώνει την διασπορά.

t		
Building Typologies	M1, M2, M3	6
	M4, M5, M6, M7, RC4, RC5, RC6	4
	RC1, RC2, RC3, S, W	3

Πίνακας 3.6 Παράμετρος t για διαφορετικές τυπολογίες κτηρίων σύμφωνα με (Giovinazzi and Logomarsino,2004)

Για κάθε κατηγορία κτηρίων καθορίζεται η τιμή της τρωτότητας V , η παράμετρος t και το κόστος αποκατάστασης στο πεδίο VQ Table. Στο πεδίο Building DB εισάγεται ένα αρχείο γεωπληροφορικής (.shp), το οποίο είναι η κτηριακή βάση δεδομένων της περιοχής μελέτης όπου εμπεριέχει για κάθε τετράγωνο του κανάβου τον πληθυσμό, την ταξινόμηση των κτηρίων και τον αριθμό των κτηρίων της περιοχής μελέτης. Επίσης για τον υπολογισμό του μέσου βαθμού βλάβης μια απαραίτητη παράμετρος είναι η ένταση I , η οποία υπολογίστηκε από το προηγούμενο βήμα (ενότητα Hazard) στην εισαγωγή του σεισμικού κινδύνου (Intensity Grid).

Πίνακας 3.7 Ο πίνακας VQ με τις παραμέτρους της τρωτότητας V , την παράμετρο t και το κόστος αποκατάστασης.

Field	Value
RC31LRPC	[0.5220,2.3000,8,2000]
RC32LRPC	[0.6420,2.3000,8,1000]
RC31LRC	[0.3620,2.3000,8,1500]
RC32LRC	[0.4820,2.3000,8,3000]
RC31MRPC	[0.5620,2.3000,8,1250]
RC32MRPC	[0.6820,2.3000,8,2500]
RC31MRC	[0.4020,2.3000,8,2500]
RC32MRC	[0.5220,2.3000,8,3000]

3.4.2 Μέθοδοι αποτίμησης ανθρώπινων απωλειών

Στο λογισμικό Eler υπάρχουν τρεις διαφορετικές μέθοδοι για την αποτίμηση των ανθρώπινων απωλειών στην περιοχή μελέτης, όπως περιγράφονται παρακάτω [2]:

- 1) Μέθοδος Coburn and Spence (1992), σύμφωνα με αυτή την μέθοδο οι κτηριακές απώλειες υπολογίζονται από την σχέση :

$$K_{sb} = TC_b \times [M_1 \times M_2 \times M_3 \times (M_4 + M_5 (1 - M_4))]$$

Όπου: TC_b , ο συνολικός αριθμός των κτηρίων που κατέρρευσαν τύπου b

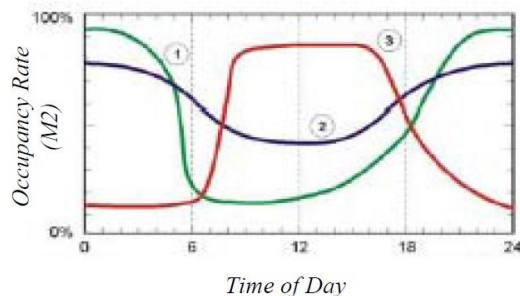
M_1 , παράγοντας που λαμβάνει υπόψη την περιφερειακή διαφοροποίηση του πληθυσμού ανά κτήριο.

M_2 , συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την πληρότητα ανάλογα το χρόνο.

M_3 , παράγοντας που λαμβάνει υπόψη το ποσοστό των παγιδευμένων κατοίκων κάτω από κτήρια που κατέρρευσαν.

M_4 , παράγοντας που λαμβάνει υπόψη τον διαφορετικό τραυματισμό των παγιδευμένων κατοίκων ή και τον θάνατο ανάλογα το είδος κατασκευής (Masonry-φέρουσα τοιχοποιία, RC οπλισμένο σκυρόδεμα).

M_5 , παράγοντας που λαμβάνει υπόψη τον διαφορετικό επίπεδο τραυματισμού των παγιδευμένων κατοίκων ανάλογα με τον χρόνο.



1. Αγροτικές κατοικίες
2. Αστικές κατοικίες
3. Μη αστικές κατοικίες

Εικόνα 3.12 Πληρότητα (M_2) ανάλογα το χρόνο για διάφορους τύπους κατοικιών.

Collapsed Masonry Buildings (up to 3 storeys)				
MSK Intensity	VII	VIII	IX	X
	5%	30%	60%	70%
Collapsed RC Structures (3-5 storeys)				
Near-field, high-frequency ground motion			70%	
Distant, long period ground motion			50%	

Πίνακας 3.8 Ποσοστό (M_3) παγιδευμένων κατοίκων ανά τύπο κτηρίου που έχει καταρρεύσει.

Injury Category	Masonry	RC
Light Injury (S1)	20%	10%
Injury requiring hospital treatment (S2)	30%	40%
Severe Injury (S3)	30%	10%
Dead or unsaveable (S4)	20%	40%

Πίνακας 3.9 Ποσοστό (M₄) είδους τραυματισμού παγιδευμένων κατοίκων ή και τον θάνατο ανάλογα το είδος κατασκευής.

Situation	Masonry	RC
Level 1: Community incapacitated by high casualty rate	95%	-
Level 2: Community capable of organizing rescue activity	60%	90%
Level 3: Community + emergency squads after 12 hours	50%	80%
Level 4: Community + emergency squads+SAR experts after 36 hours	45%	70%

Πίνακας 3.10 Ποσοστό (M₅) είδους τραυματισμού παγιδευμένων κατοίκων ανάλογα με τον χρόνο.

	Intensity	Injury distribution at collapse				Post
		S1	S2	S3	S4	S4
Masonry Building	VII	0.01	0.015	0.015	0.01	0.03
	VIII	0.06	0.09	0.09	0.06	0.18
	IX	0.12	0.18	0.18	0.12	0.36
	X	0.14	0.21	0.21	0.14	0.42

Πίνακας 3.11 Ποσοστά ατυχημάτων για κτήρια από τοιχοποιία

	Frequency Content	Injury distribution at collapse				Post
		S1	S2	S3	S4	S4
Reinforced Concrete Building	Near-field, high frequency ground motion	0.07	0.28	0.07	0.28	0.62
	Distant, long period ground motion	0.05	0.2	0.05	0.2	0.44

Πίνακας 3.12 Ποσοστά ατυχημάτων για κτήρια από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Εδώ θα πρέπει να επισημάνουμε ότι ο αριθμός των κτηρίων και ο πληθυσμός που αντιστοιχεί σε κάθε τετράγωνο καννάβου της περιοχής μελέτης του αρχείου .shp που χρησιμοποιεί το λογισμικό Eler ως υπόβαθρο έχει μεγάλη σημασία για την εκτίμηση των τραυματισμών. Η εκτίμηση των τραυματισμών θα γίνει με βάση τον μέσο αριθμό κατοίκων της περιοχής μελέτης. Θα πρέπει να γίνει αρχικά μια εκτίμηση για το μέσο αριθμό διαμερισμάτων ανά τύπο κτηρίου (αυτό γίνεται συνήθως σε συνάρτηση με τον αριθμό των ορόφων). Ο χρήστης του λογισμικού Eler καθορίζει τον αριθμό διαμερισμάτων ανά τύπο κτηρίου και τον πληθυσμό, αυτό γίνεται είτε με βάση τα πληθυσμιακά στοιχεία της περιοχής μελέτης που εισάγει ο ίδιος ο χρήστης, είτε με

βάση τα προεπιλεγμένα πληθυσμιακά στοιχεία της βάση δεδομένων του λογισμικού Eler καθώς το λογισμικό υπολογίζει το μέσο αριθμό κατοίκων ανά διαμέρισμα. Η ανάλυση της απογραφής του πληθυσμού και των περιοχών της Κωνσταντινούπολης αποκάλυψε κατά μέσο όρο τρία άτομα ανά μονάδα κατοικίας στην Κωνσταντινούπολη.

Building Type	Number of floors	Number of dwelling units	Population
Low Rise	1 -4	3	9
Mid Rise	5-8	12	36
High Rise	>=9	32	96

Πίνακας 3.13 Πληθυσμός ανά τύπο κτηρίων στην Κωνσταντινούπολη.

2) Μέθοδος Koeri (2002)

Το ποσοστό των ανθρώπινων τραυματισμών και ειδικά των θανάσιμων τραυματισμών εξαρτάται από την πιθανότητα για κατάρρευση των κτηρίων. Η μέθοδος Koeri (2002), η οποία αναπτύχθηκε από Erdik and Aydinogly (2002), βασίζεται στα δεδομένα από τους σεισμούς στην Τουρκία. Όπου σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα, οι ανθρώπινες απώλειες από τους σεισμούς της Τουρκίας δείχνουν πολύ μεγάλο ποσοστό θανάτων από καταρρεύσεις κατοικιών από οπλισμένο σκυρόδεμα (R/C Buildings). Τα δεδομένα από τον σεισμό του Erzincan-1992 δείχνουν ότι για κάθε κατάρρευση κτηρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα, υπάρχει 1 θάνατος και 3 τραυματισμοί που χρειάστηκαν νοσηλεία (Erdik 1993). Παρόμοια στατιστικά στοιχεία υπάρχουν από τον σεισμό του Kocaeli 1999. Περίπου 20.000 κτήρια από οπλισμένο σκυρόδεμα κατέρρευσαν ή είχαν σοβαρές ζημιές και συνολικά οι νεκροί έφτασαν τους 19.000. Το ποσοστό των θανάτων από τους τραυματίες που είχαν νοσηλευτεί έφτασε το 1:2.5. Για την εκτίμηση των ανθρώπινων απωλειών δεχόμαστε ότι ο αριθμός των θανάτων είναι ίσος με το επίπεδο βλαβών D4 και D5, ενώ ο αριθμός των σοβαρών τραυματισμών είναι ίσος με τον αριθμό των θανάτων πολλαπλασιασμένος με 4.

Damage State	Range	Minor Injuries	Serios Injuries	Deaths
Slight	0-1	3/100,000	1/250,000	1/1,000,000
Light	1-10	3-10,000	1/25,000	1/100,000
Moderate	10-30	3/1,000	1/2,500	1/10,000
Heavy	30-60	3/100	1/250	1/1,000
Major	30-100	3/10	1/25	1/100
Destroyed	100	2/5	2/5	1/5
		RATE=30A	RATE=4A	RATE=A

Πίνακας 3.14 Πιθανότητες επιπέδου τραυματισμού ανάλογα με το επίπεδο βλάβης του κτηρίου

3) Μέθοδος Risk-UE

Η μέθοδος Risk-UE βασίζεται στην στατιστική ανάλυση των δεδομένων από τους αστέγους, τους θανάτους, και τους σοβαρούς τραυματισμούς που προκλήθηκαν από τους σεισμούς της Ιταλίας, η οποία αναπτύχθηκε στην μελέτη του Bramerini et. al. (1995). Η μελέτη αυτή υπολογίζει τους αστέγους και τους τραυματισμούς ανάλογα με το ποσοστό των κτηρίων που έχουν υποστεί βλάβη στα επίπεδα βλάβης D4 και D5.

Επιπτώσεις στους ανθρώπους και επιπτώσεις στην κτηριακή υποδομή		
Κτήρια	Ακατάλληλα για κατοικία	40% των κτηρίων με επίπεδο ζημιών D3 και 100% των κτηρίων με επίπεδο ζημιών D4 και D5
	Κατάρρευση	Κτήρια σε επίπεδο ζημιών D5
Άνθρωποι	Άστεγοι	100% των κατοίκων των προσωρινών ακατάλληλων κτηρίων για κατοικία-απώλειες και σοβαρά τραυματισμένοι.
	Απώλειες και σοβαρά τραυματισμένοι	30% των κατοίκων των κτηρίων που έχουν κατάρρευση.

Πίνακας 3.15 Τραυματισμοί και άστεγοι ανάλογα με το ποσοστό των κτηρίων που έχουν υποστεί βλάβη.

3.4.3 Economic Loss – Οικονομικές Απώλειες

Το λογισμικό Eler υπολογίζει τις οικονομικές απώλειες στο πεδίο Economic Loss. Σημειώνεται ότι το κόστος από τις πιθανές βλάβες των κτηρίων από το σεισμικό γεγονός στην περιοχή μελέτης δεν είναι μόνο το κόστος για την αντικατάσταση των βλαβών αλλά και το κόστος από την διακοπή χρήσης του. Οπότε μπορεί να υπολογιστεί εύκολα με την παρακάτω σχέση [2] :

$$\text{Loss (Btype, D}_k\text{)} = \text{LR (D}_k\text{)} \times \text{RC (Btype)}$$

Όπου, LR (D_k):κόστος λόγω διακοπής λειτουργίας

RC (Btype): κόστος αντικατάστασης

ELER v3.1

Main Screen

Hazard Level 0 **Level 1** Level 2

Pipeline Damage

Economic Loss

Select a building type:
TOTAL

Loss ratio vs. damage class

D1	D2	D3	D4	D5
5	20	50	80	100

Calculate Losses

Back

Εικόνα 3.13 Οικονομικές απώλειες στο λογισμικό Eler

Το λογισμικό Eler υπολογίζει τις οικονομικές απώλειες μόνο για την αντικατάσταση των κτηρίων. Όπου αυτό ο υπολογισμός βασίζεται σε προεπιλεγμένες τιμές για τις τιμές αντικατάστασης και πολλαπλασιάζονται με τα διάφορα ποσοστά που έχει επιλέξει ο χρήστης για κάθε επίπεδο βλάβης. Οι προεπιλεγμένες τιμές για τις οικονομικές απώλειες –δομικές και μη δομικές- κατά KOERI (2002) :

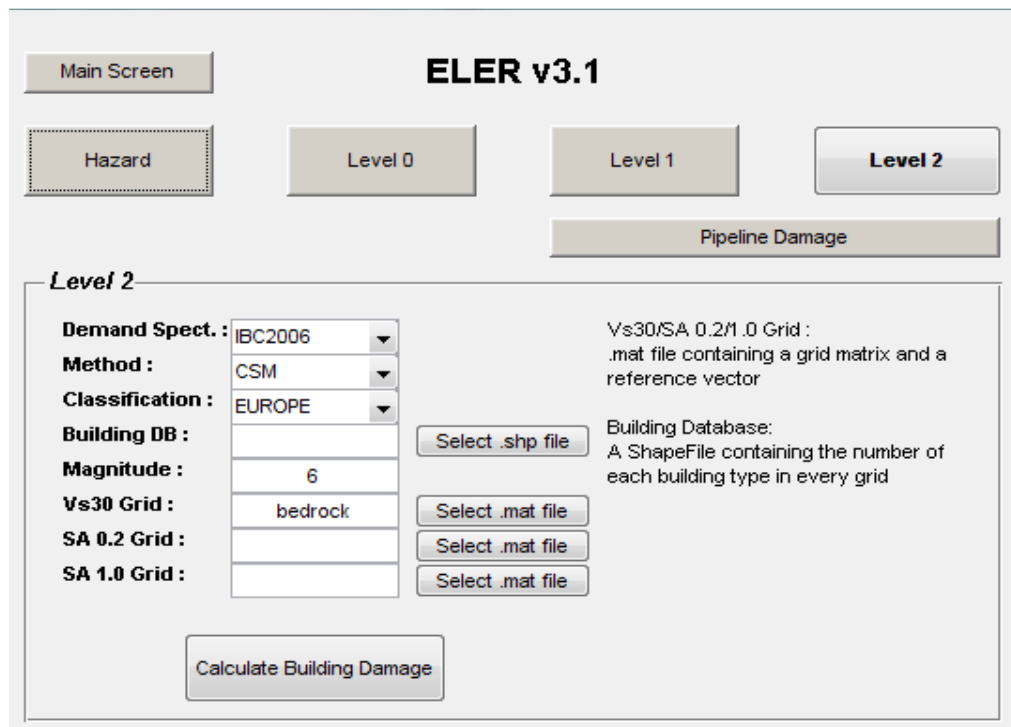
- D1=5%
- D2=20%
- D3=50%
- D4=80%
- D5=100%

3.5 Ενότητα Level 2 Module

Στην ενότητα Level 2 η εκτίμηση των ζημιών στην κτηριακή υποδομή της περιοχής μελέτης βασίζεται στην αξιολόγηση με βάση την μέθοδο της σύγκρισης του φάσματος απαίτησης του σεισμικού γεγονότος και του φάσματος ικανότητας του κάθε τύπου κτηρίου. Η ενότητα αυτή έχει πιο αναλυτικό υπολογισμό σεισμικών απωλειών διότι αυτές υπολογίζονται με βάση τις καμπύλες τρωτότητας σε διάφορα επίπεδα βλάβης και όχι με βάση την καμπύλη τρωτότητας για μια μέση τιμή, όπως γίνεται στην ενότητα Level 1. Τα κυριότερα στοιχεία αυτής της μεθόδου είναι [2] :

- Φάσμα απαίτησης
- Φάσμα ικανότητας κτηρίου
- Μέθοδος κατανομής σημείων

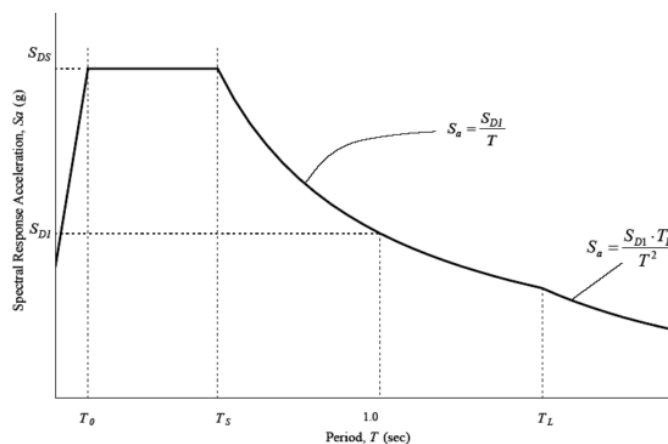
➤ Καμπύλες τρωτότητας



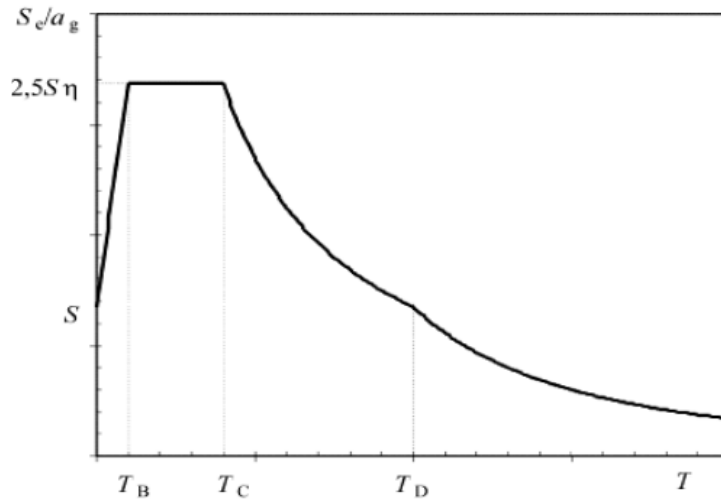
Εικόνα 3.14 Η ενότητα Level 2 στο λογισμικό Eler

Για να υπολογιστεί η εκτίμηση των σεισμικών απωλειών από ένα σεισμικό γεγονός στην ενότητα Level 2 θα πρέπει να εισαχθούν οι πιο κάτω πληροφορίες :

1. Demand Spectrum: Το λογισμικό Eler μας δίνει δύο επιλογές στην επιλογή του φάσματος απαίτησης οι οποίες είναι:
 - a) IBC 2006
 - b) Eurocode 8



Εικόνα 3.15 Φάσμα απαίτησης IBC 2006

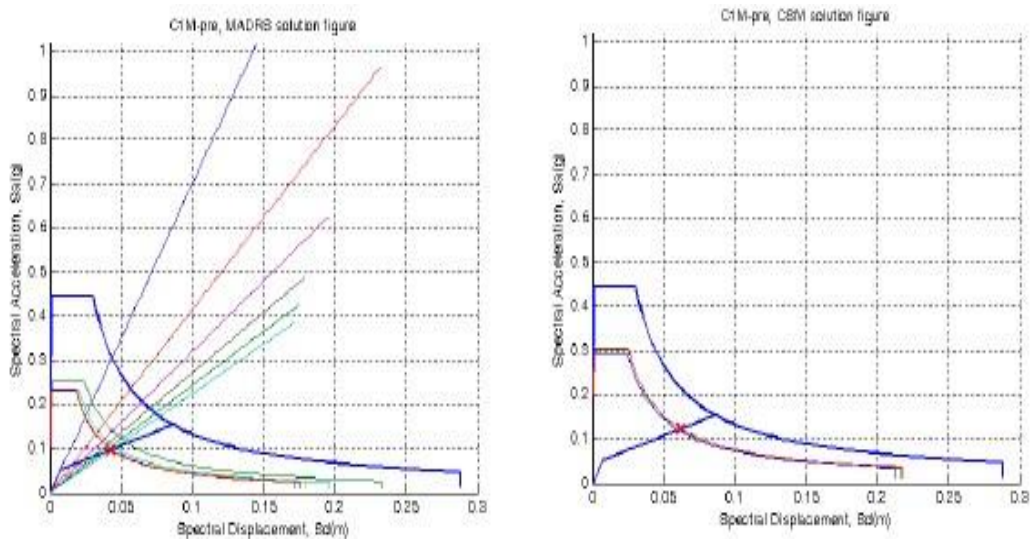


Εικόνα 3.16 Φάσμα απαίτησης Eurocode 8

2. Method: Στο πεδίο αυτό γίνεται η επιλογή της μεθόδου κατανομής σημείων-Υπολογισμός στοχευόμενης μετακίνησης, οι επιλογές που δίνει το λογισμικό Eler φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

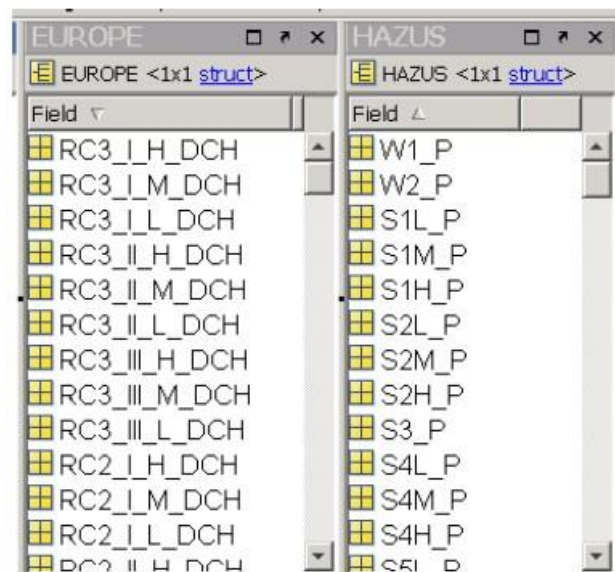
CSM	Capacity Spectrum Method-Procedure A (ATC-40)
MADRS-1	Modified Acceleration-Displacement Response Spectrum Bilinear Hysteretic Model (FEMA-440)
MADRS-2	Modified Acceleration-Displacement Response Spectrum Stiffness Degrading Model (FEMA-440)
MADRS-3	Modified Acceleration-Displacement Response Spectrum Strength Degrading Model (FEMA-440)
MADRS-4	Modified Acceleration-Displacement Response Spectrum Approximate Equations Model (FEMA-440)
RFM	Reduction Factor Method
CM	Coefficient Method

Πίνακας 3.16 Μέθοδοι υπολογισμού σημείων κατανομής

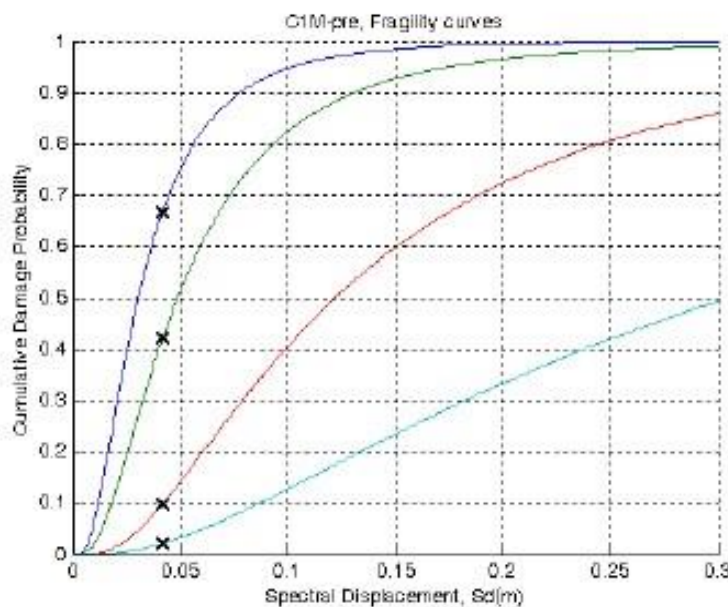


Εικόνα 3.17 Διαγράμματα κατανομή σημείων με την μέθοδο CSM και με την μέθοδο MADRS

3. Classification: Στο πεδίο αυτό επιλέγουμε την μέθοδο ταξινόμησης των τύπων των κτηρίων. Το λογισμικό Eler για την ομαδοποίηση των κτηρίων χρησιμοποιεί δύο ταξινομήσεις: α) RISK-UE από τους Lagomarsino and Giovinazzi, 2006 και β) HAZUS-MH (FEMA, 2003). Η βάση δεδομένων του λογισμικού περιλαμβάνει την ικανότητα του κτηρίου, αναλυτικές καμπύλες τρωτότητας και κόστος ανακατασκευής και για την Ευρωπαϊκή κατάταξη –RISK-UE και για την HAZUS. Ο χρήστης μπορεί επίσης να ορίσει μία ειδική κατάταξη κτηρίων μέσω του Building Database Creator- BDC με σκοπό να χρησιμοποιηθεί με οποιαδήποτε μέθοδο επιλεγεί στην ανάλυση Level2.



Εικόνα 3.18 Προκαθορισμένη βάση ταξινόμησης κτηρίων για το Level 2 Module



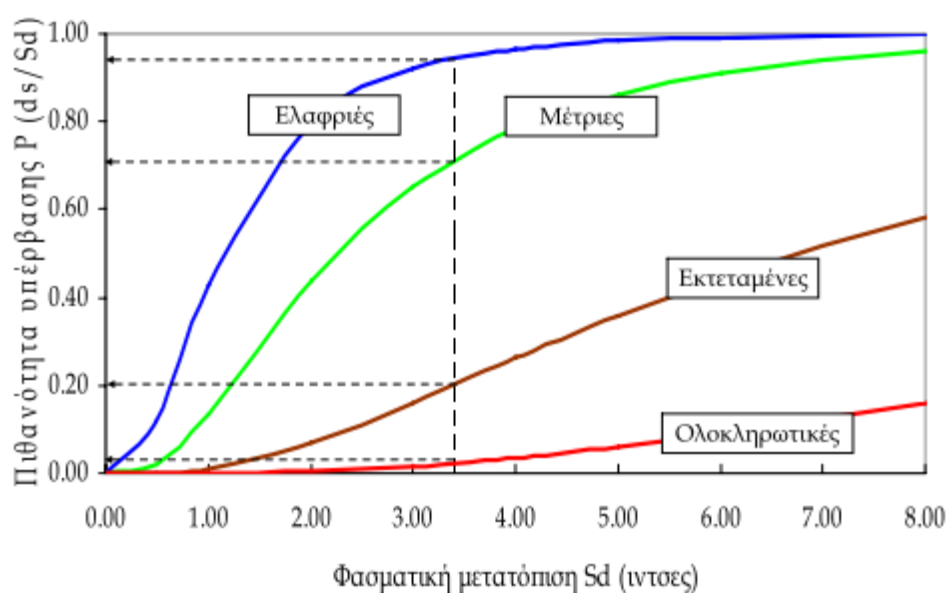
Εικόνα 3.19 Καμπύλες τρωτότητας για τύπο κτηρίου C1M-pre

- Slight damage (Sli)-Μικρές βλάβες (Μπλέ γραμμή)
 - Moderate damage (Mod)-Μεσαίες βλάβες (Πράσινη γραμμή)
 - Extensive damage (Ext) -Εκτεταμένες βλάβες (Κόκκινη γραμμή)
 - Complete damage (Com)- Κατάρρευση (Έντονη μπλέ γραμμή)
4. **Building DB:** Το αρχείο βάσης δεδομένων των κτηρίων πρέπει να έχει την ίδια δομή όπως στο Level 1, δηλαδή είναι ένα αρχείο γεωπληροφορικής (.shp) στο οποίο έχει αποτυπωθεί ο χάρτης της περιοχής μελέτης και περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για την κτηριακή υποδομή της περιοχής μελέτης.
 5. **Magnitude:** Το μέγεθος του σεισμού θα πρέπει να προσδιορίζεται από το χρήστη για την επιλογή του αντίστοιχου φάσματος Eurocode-8. Αν ο χρήστης προχωρήσει στο Level 2 απευθείας από το Hazard Module αυτό το πεδίο συμπληρώνεται αυτόματα.
 6. **Vs30 Grid:** Για την δημιουργία του φάσματος απαίτησης το πρόγραμμα χρειάζεται έναν πίνακα κατανομής Vs30. Αν ο χρήστης προχωρήσει στο Level2 απευθείας από το Hazard module αυτό το πεδίο συμπληρώνεται αυτόματα. Διαφορετικά ο χρήστης πρέπει να επιλέξει έναν ειδικής κατασκευής χάρτη Vs30 της περιοχής μελέτης. Η μονάδες των τιμών Vs30 θα πρέπει να είναι m/s.
 7. **SA 0.2 Grid SA 1.0 Grid:** Για την κατασκευή του φάσματος απαίτησης IBC-2006 για κάθε γεωγραφική μονάδα απαιτούνται τιμές φασματικής επιτάχυνσης σε περίοδο 0.2 και 1 sec. Δύο αρχεία MATLAB (.mat) που περιέχουν έναν πίνακα και ένα διάνυσμα αναφοράς των 0.2 και 1 sec φασματικών επιταχύνσεων πρέπει να δοθούν από τον χρήστη. Αυτά τα δύο αρχεία φασματικής επιτάχυνσης μπορούν να αποκτηθούν από προηγούμενους υπολογισμούς στο HAZARD Module ή μπορεί να δημιουργηθεί από τον χρήστη σε μία μορφή (format) κατάλληλη για το Level2. Οι μονάδες των τιμών θα πρέπει να είναι σε %g.
 8. **SA 1.0 Grid:** Στην περίπτωση που έχει επιλεγθεί το φάσμα απαίτησης Eurocode 8, θα πρέπει να εισαχθεί ένα αρχείο Matlab το οποίο θα περιλαμβάνει τις οριζόντιες επιταχύνσεις PGA. Κάτι το οποίο γίνεται αυτόματα από την προηγούμενη ενότητα Hazard καθώς επίσης μπορεί ο χρήστης να δημιουργήσει τα δικά του αρχεία με την κατάλληλη μορφή (format) για το επίπεδο Level 2.

3.6 Κτηριακές ζημιές – Building Damage

Οι καμπύλες τρωτότητας είναι λογαριθμοκανονικές συναρτήσεις που δίνουν την πιθανότητα για μια δεδομένη μετακίνηση, το κτήριο να ξεπεράσει ένα επίπεδο βλάβης.

Για να πραγματοποιηθεί αυτό, με βάση την εδαφική κίνηση του σεισμού υπολογίζουμε την εδαφική επιτάχυνση (PGA) και εδαφική ταχύτητα (PGV). Καθώς με βάση την επιτάχυνση αυτή υπολογίζουμε την μετακίνηση του κτηρίου από την καμπύλη ικανότητας (capacity curve). Τέλος, με βάση την μετακίνηση αυτή και με την χρήση των καμπυλών τρωτότητας μπορεί να υπολογιστεί η πιθανότητα εμφάνισης βλάβης του κτηρίου για κάθε επίπεδο βλάβης. Η μέγιστη μετακίνηση του κτηρίου υπολογίζεται από το σημείο τομής της καμπύλης ικανότητας (capacity curve) και του φάσματος απαίτησης (Sd). [Εικόνα 3.17]. Αν δεν υπάρχει σημείο τομής, τότε το κτήριο έχει καταρρεύσει. [2]



Εικόνα 3.20 Εκτίμηση πιθανότητας βλάβης για κάθε επίπεδο βλάβης.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στο λογισμικό Eler ο υπολογισμός της εκτίμησης των κτηριακών βλαβών στην περιοχή μελέτης, γίνεται με βάση τις καμπύλες τρωτότητας για κάθε τύπο κτηρίου για τέσσερα επίπεδα βλαβών, ήτοι:

- Slight damage (Sli)-Μικρές βλάβες
- Moderate damage (Mod)-Μεσαίες βλάβες
- Extensive damage (Ext) -Εκτεταμένες βλάβες
- Complete damage (Com)- Κατάρρευση

Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει την βάση των δεδομένων για τις παραμέτρους των καμπυλών τρωτότητας και των καμπυλών ικανότητας για τους τύπους των κτηρίων σύμφωνα με την ταξινόμηση του RISK –UE και HAZUS99. Τέλος το λογισμικό δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να εισάγει τις παραμέτρους των καμπυλών τρωτότητας και ικανότητας που επιθυμεί. [2]

3.7 Καμπύλες Τρωτότητας

Η Διεθνής Κοινότητα (U.N., 2005) ορίζει ως τρωτότητα τις συνθήκες εκείνες που καθορίζονται από φυσικά, οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά αίτια και αυξάνουν την ευπάθεια ενός στοιχείου έναντι των επιπτώσεων ενός κινδύνου.

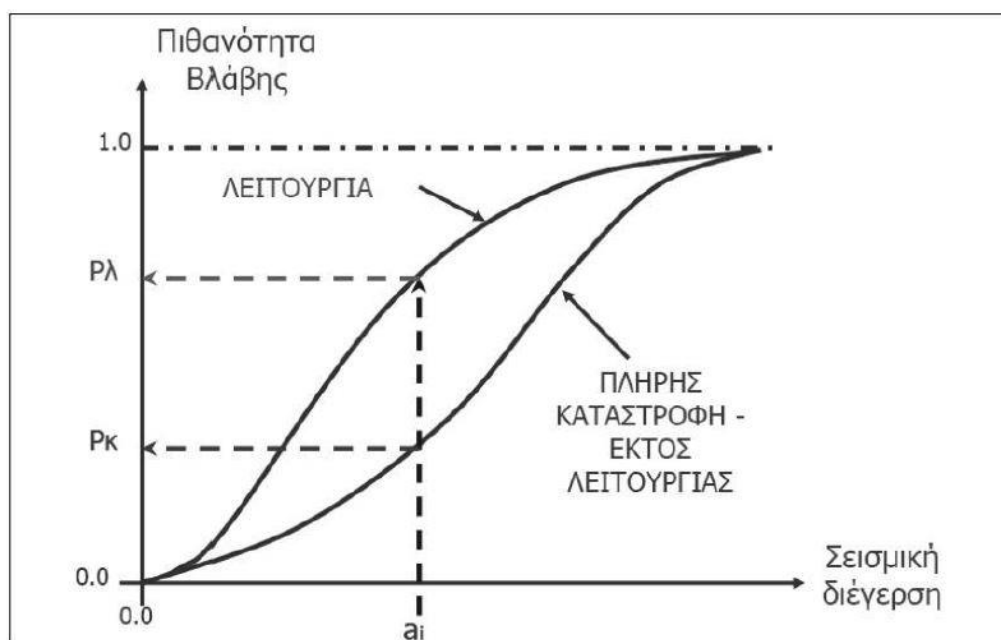
Ως Σεισμική Τρωτότητα V νοείται η προδιάθεση του στοιχείου να υποστεί βλάβη όταν αυτό υποβάλλεται σε σεισμική ένταση. Ποσοτικά εκφράζεται η πιθανότητα για δεδομένη σεισμική ένταση I , το στοιχείο να υποστεί μια ορισμένη βλάβη D .

$$V=P[D/I] \text{ σχέση 3.1}$$

Άρα το φάσμα τιμών βρίσκεται μεταξύ 0 (μηδενική απώλεια) και 1 (πλήρης απώλεια). Ειδικότερα, η σεισμική τρωτότητα των κατασκευών που αφορά στην προκείμενη, συνιστά μια ένδειξη σεισμικής επάρκειας που δηλώνει θεωρητικά το πηλίκο (Καρύδης, 1996) της διαφοράς απαιτούμενης και διατιθέμενης αντισεισμικότητας ως προς την απαιτούμενη αντισεισμικότητα. Εδώ θα πρέπει να επισημάνουμε ότι αντί για τον όρο τρωτότητα με την έννοια της βλάβης των κτιρίων, χρησιμοποιείται στη βιβλιογραφία και όρος θραυστότητα που είναι πιο ορθός με την έννοια της θραύσης ενός κτιρίου, ενώ ο όρος τρωτότητα είναι πιο γενική και μπορεί π.χ. να απευθύνεται σε οικονομικές ή κοινωνικοπολιτικές εκτιμήσεις. Παρόλα αυτά, μιας και σε πολλές μελέτες αναγράφεται ο όρος τρωτότητα αντί θραυστότητα, θα χρησιμοποιηθεί και στην παρούσα εργασία ο όρος τρωτότητα.

Συνήθως, η τρωτότητα εκφράζεται μέσω μιας καμπύλης τρωτότητας. Οι καμπύλες τρωτότητας δίνουν την πιθανότητα το υπό εξέταση στοιχείο να βρίσκεται ή να έχει υπερβεί ένα συγκεκριμένο επίπεδο βλάβης κάτω από την επίδραση μιας σεισμικής διέγερσης (PGA ή PGV ή PGD).

Οι καμπύλες αυτές δίνουν μια σαφή απεικόνιση της σχέσης «σεισμική διέγερση - βλάβη», όπως φαίνεται στην εικόνα 3.21.



Εικόνα 3.21 - Απεικόνιση της σχέσης «Σεισμική Διέγερση - Βλάβη»

Συνεπώς, αφού η τρωτότητα των κατασκευών είναι η πιθανότητα, για δεδομένη σεισμική ένταση, η βλάβη να είναι κατώτερη ή ίση από μια συγκεκριμένη στάθμη, αυτό μπορεί να εκφραστεί ποσοτικά μέσα από μια στατιστική συνάρτηση κατανομής.

3.8 Ταξινόμηση κτηρίων

Η ταξινόμηση των κτηρίων αποτελείται από το υλικό κατασκευής, το σύστημα κατασκευής, το σύστημα δόμησης και το ύψος. Υπάρχουν αρκετές ταξινομήσεις κτηρίων, όπως το σύστημα ταξινόμησης κατά EMS'98 και HAZUS99, όπου αφορούν το σύστημα κατασκευής και το υλικό κατασκευής, ενώ το σύστημα HAZUS99 ανάλογα με το ύψος των κτηρίων. Όπως παρατίθενται στους παρακάτω πίνακες [2]:

Πίνακας 3.17 Κατάταξη ανάλογα με το υλικό κατασκευής κατά EMS'98 και HAZUS99

EMS 98 Classification	HAZUS99 Classification
Unreinforced Masonry	Masonry Typologies
Rubble Stone	Unreinforced Masonry Bearing Walls (URM)
Adobe (earth bricks)	
Simple Stone	
Massive Stone	
U. Masonry (old brick)	
U Masonry – R.C.floors	
Reinforced / confined masonry	Reinforced / confined masonry
Reinforced / confined masonry	RM Bearing walls with wood or metal deck diaphragms
	RM Bearing walls with precast concrete diaphragms
Reinforced Concrete	Reinforced Concrete
Frame in R.C.	Concrete Moment Frame
Shear Walls	Concrete Shear Walls
	Concrete Frame with U. Masonry Infill Walls
Steel Typologies	Steel Typologies
Steel Structures	Steel Moment Frame Low Rise
	Steel Braced Frame
	Steel Light Frame
	Steel Frame with Cast-in-Place Concrete Shear Walls
	Steel Frame with Unreinforced Masonry Infill Walls
Timber Typologies	Timber Typologies
Timber structures	Wood, Light Frame
	Wood, Commercial and Industrial
	Pre Cast Typologies
	Precast Concrete Tilt-Up Walls
	Precast Concrete Frames with Concrete Shear Walls
	Mobile Homes

Πίνακας 3.18 Κατάταξη ανάλογα με το ύψος κατασκευής κατά HAZUS99

	Floor Number
Low – Rise	1-3
Mid – Rise	4-7
High – Rise	8+

*Low Rise=1-2 for URM and W1

Πίνακας 3.19 Κατάταξη ανάλογα με το σύστημα κατασκευής κατά EMS'98 και HAZUS99

EMS'1998	HAZUS99
Without ERD	Pre-Code
Moderate ERD	Low-Code
High ERD	Medium-Code
	High-Code

Πίνακας 3.20 Κατάταξη κτηρίων με βάση την Ευρωπαϊκή Ταξινόμηση (European Building Taxonomy)

Building Taxonomy	
Unreinforced Masonry	
M1	Rubble stone
M2	Adobe (earth bricks)
M3	Simple stone
M4	Massive stone
M5	U Masonry (old bricks)
M6	U Masonry – R.C. floors
Reinforced/confined masonry	
M7	Reinforced/confined masonry
Reinforced Concrete	
RC1	Frame in r.c. (without ERD)
RC2	Frame in r.c. (moderate ERD)
RC3	Frame in r.c. (high ERD)
Steel Taxonomy	
S	Steel structures
Timber Taxonomy	
W	Timber structures

3.9 Ατυχήματα- Casualty

Η εκτίμηση ατυχημάτων στο επίπεδο Level 2 είναι παρόμοια με εκείνη του Level1. Αφού οριστεί ένα ευρετήριο κτηρίων και μια κατανομή πληθυσμού τα οποία βασίζονται σε κάνναβο (grid) από τον χρήστη, το λογισμικό υπολογίζει τον αριθμό των κατοικιών (χρησιμοποιώντας εκτιμώμενο αριθμό κατοικιών ανά τύπο κτηρίου που ορίζει ο χρήστης) και ένα μέσο πληθυσμό ανά κατοικία για κάθε κελί. Τότε τα ατυχήματα για οποιοδήποτε δεδομένο τύπο κτηρίου, το επίπεδο της ζημίας στο κτήριο και το επίπεδο σοβαρότητας των τραυματισμών μπορεί να υπολογιστεί με την ακόλουθη συνάρτηση:

$$K_{ij} = \text{Πληθυσμός ανά Κτήριο} * \text{Αριθμός Ζημιωμένων Κτηρίων στην κατάσταση ζημίας } j * \text{Ποσοστό Ατυχημάτων στο επίπεδο σοβαρότητας } I \text{ και κατάσταση ζημίας } j$$

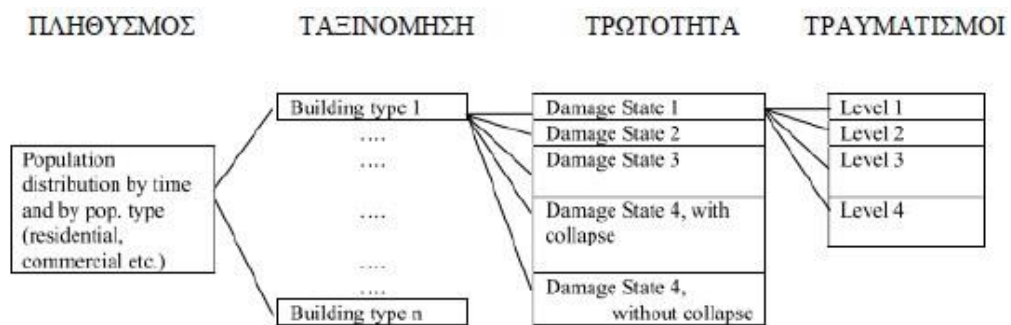
Προς το παρόν στο ELER συμπεριλαμβάνονται τρία μοντέλα ατυχημάτων. Αυτά είναι το μοντέλο ατυχημάτων HAZUS99 (FEMA, 1999), το HAZUS-MH (FEMA, 2003) και το KOERI (2002). Οι προκαθορισμένοι Πίνακες Ποσοστών

Ατυχημάτων είναι ο HAZUS-MH, ο HAZUS99, και ο KOERI (2002). Οι ίδιες προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται στο Level1 ενσωματώνονται για την εκτίμηση του πληθυσμού ανά κτήριο. Η εκτίμηση αυτή έχει τέσσερα επίπεδα σοβαρότητας τραυματισμών S1,S2,S3,S4 (Durkin and Thiel,1993; Coburn and Spence 1992; Cheu,1994). Τα επίπεδα σοβαρότητας ατυχημάτων-τραυματισμών αποτυπώνονται στον παρακάτω πίνακα :

Σοβαρότητα τραυματισμού	Περιγραφή τραυματισμού
S1	Τραυματισμοί που απαιτούν βασική ιατρική βοήθεια, χωρίς νοσοκομειακή περίθαλψη.
S2	Τραυματισμοί που απαιτούν ιατρική και νοσοκομειακή περίθαλψη αλλά χωρίς να υπάρχει κίνδυνος για την ζωή.
S3	Τραυματισμοί που θέτουν άμεσα σε κίνδυνο την ζωή , αν δεν αντιμετωπιστούν άμεσα.
S4	Ακαριαίος θάνατος ή θανάσιμος τραυματισμός.

Πίνακας 3.21 Επίπεδα σοβαρότητας ατυχημάτων

Εδώ θα πρέπει να επισημανθεί ότι η μεθοδολογία αυτή υπολογίζει τις ανθρώπινες απώλειες για όλα τα επίπεδα τραυματισμών και για όλα τα επίπεδα βλαβών, όχι μόνο ως ποσοστό από τα κτήρια που έχουν καταρρεύσει. Οπότε το λογισμικό υπολογίζει για κάθε τύπο κτηρίου την πιθανότητα βλάβης για κάθε επίπεδο βλάβης (D1,D2,D3,D4,D5) και στην συνέχεια για κάθε επίπεδο βλάβης υπολογίζει την πιθανότητα σοβαρότητας τραυματισμού για κάθε επίπεδο σοβαρότητας τραυματισμού (S1,S2,S3,S4). Τέλος λαμβάνεται υπόψη η χρήση του κτηρίου και η ο πληθυσμός του κτηρίου ανάλογα με τον χρόνο εκδήλωσης του σεισμού, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα ροής.



Εικόνα 3.21 Διάγραμμα ροής εκτίμησης ανθρώπινων απωλειών κατά (HAZUS MH-FEMA 2003)

Ο υπολογισμός των ανθρώπινων απωλειών γίνεται με την παρακάτω σχέση :

$$Psi = \sum_{k=1}^5 w_{si,k} P_k$$

όπου, Psi:η πιθανότητα τραυματισμού για κάθε επίπεδο (i=1:4)

p_k : η πιθανότητα εμφάνισης βλάβης επιπέδου D_k ($k=1:5$)

$w_{si,k}$: η εκτιμώμενη τιμή ανθρώπινων τραυματισμών για κάθε p_k

Ο αναμενόμενος αριθμός κατοίκων στο επίπεδο σοβαρότητας i (EN_i) είναι ο αριθμός των κατοίκων την ώρα που γίνεται το σεισμικό γεγονός (Noccupants) και η πιθανότητα σοβαρού τραυματισμού των κατοίκων για ένα επίπεδο τραυματισμού I (Ψ_i).

$EN_i = \text{Noccupants} * \Psi_i$

Οι τιμές για τους τραυματισμούς για τα κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα και τοιχοποιία δίνονται σύμφωνα με το HAZUS99 στους παρακάτω πίνακες.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιεί το λογισμικό Eler στο επίπεδο Level 2, για την εκτίμηση των ατυχημάτων είναι η ίδια που προτείνεται από το HAZUS99. Στην περίπτωση που η κατανομή του πληθυσμού στα τετράγωνα του κανάβου, στους χάρτες GIS που χρησιμοποιεί το λογισμικό, γίνεται από τον χρήστη, το λογισμικό υπολογίζει ένα μέσο αριθμό κατοίκων ανά τύπο κτηρίου με βάση τον αριθμό των διαμερισμάτων που εισάγουμε σε αυτό για κάθε τύπο κτηρίου. Τότε οι ανθρώπινες απώλειες- τραυματισμοί για οποιονδήποτε τύπο κτηρίου, επίπεδο βλάβης κτηρίου και το επίπεδο σοβαρότητας τραυματισμού υπολογίζεται με την σχέση :

$$K_{ij} = \text{Πληθυσμός ανά Κτήριο} * \text{Αριθμός Ζημιωμένων Κτηρίων στην κατάσταση ζημίας } j * \text{Ποσοστό Ατυχημάτων στο επίπεδο σοβαρότητας } I \text{ και κατάσταση ζημίας } j$$

Το λογισμικό Eler χρησιμοποιεί τρία μοντέλα υπολογισμού τραυματισμών. Τα οποία είναι :

- το HAZUS99 (FEMA,1999),
- το HAZUS-MH(FEMA,2003)
- το KOERI (2002).

Τα τρία αυτά μοντέλα υπολογισμού τραυματιών έχουν κυρίως δύο τύπους κτηρίων, ήτοι κτήρια από οπλισμένο σκυρόδεμα (RC) και κτήρια από τοιχοποιία (masonry). Τα ποσοστά των ατυχημάτων για τα τρία μοντέλα και για τους δύο τύπους κτηρίων δίνονται στους παρακάτω πίνακες. Όπως και στο επίπεδο Level 1, αν ο χρήστης δεν μπορεί να προσδιορίσει τον πληθυσμό στην περιοχή μελέτης, τότε το λογισμικό υπολογίζει ένα μέσο πληθυσμό ανά διαμέρισμα σύμφωνα με την προεπιλεγμένη βάση δεδομένων του λογισμικού, για την περιοχή μελέτης.

Με την αλλαγή της κατανομής του πληθυσμού μπορούμε να έχουμε διαφορετικές εκτιμήσεις ατυχημάτων για σεισμικά σενάρια σε διαφορετικές ώρες (κατά την διάρκεια της ημέρας ή κατά την διάρκεια της νύχτας). [2]

Injury Severity	Casualty Rates for R/C structures (%)			
	Slight Damage	Moderate Damage	Extensive Damage	Complete Damage
Severity 1	0.05	0.2	1	5* - 50**
Severity 2	0.005	0.02	0.1	1* - 10**
Severity 3	0	0	0.001	0.01* - 2**
Severity 4	0	0	0.001	0.01* - 2**

*the smaller values are related with partial collapse of the buildings

**the larger values are given for total collapse (the pancake type of collapse)

Πίνακας 3.22 Ποσοστά ατυχημάτων για κτήρια με οπλισμένο σκυρόδεμα (RC) –πλαισιακό (HAZUS99)

Injury Severity	Casualty Rates for R/C structures (%)			
	Slight Damage	Moderate Damage	Extensive Damage	Complete Damage
Severity 1	0.05	0.4	2	10* - 50**
Severity 2	0.005	0.04	0.2	2* - 10**
Severity 3	0	0	0.002	0.02* - 2**
Severity 4	0	0	0.002	0.02* - 2**

*the smaller values are related with partial collapse of the buildings

**the larger values are given for total collapse (the pancake type of collapse)

Πίνακας 3.23 Ποσοστά ατυχημάτων για κτήρια με άοπλη τοιχοποιία (HAZUS99)

Injury Severity	Casualty Rates for R/C structures (%)			
	Slight Damage	Moderate Damage	Extensive Damage	Complete Damage
Severity 1	0.05	0.25	1	5* - 40**
Severity 2	-	0.03	0.1	1* - 20**
Severity 3	-	-	0.001	0.01* - 5**
Severity 4	-	-	0.001	0.01* - 10**

*the smaller values are related with partial collapse of the buildings

**the larger values are given for total collapse (the pancake type of collapse)

Πίνακας 3.24 Ποσοστά ατυχημάτων για κτήρια με οπλισμένο σκυρόδεμα (RC) –πλαισιακό (HAZUS-MH)

Injury Severity	Casualty Rates for R/C structures (%)			
	Slight Damage	Moderate Damage	Extensive Damage	Complete Damage
Severity 1	0.05	0.35	2	10* - 40**
Severity 2	-	0.04	0.2	2* - 20**
Severity 3	-	-	0.002	0.02* - 5**
Severity 4	-	-	0.002	0.02* - 10**

*the smaller values are related with partial collapse of the buildings

**the larger values are given for total collapse (the pancake type of collapse)

Πίνακας 3.25 Ποσοστά ατυχημάτων για κτήρια με άοπλη τοιχοποιία (HAZUS-MH)

3.10 Οικονομικές Απώλειες – Economic Loss

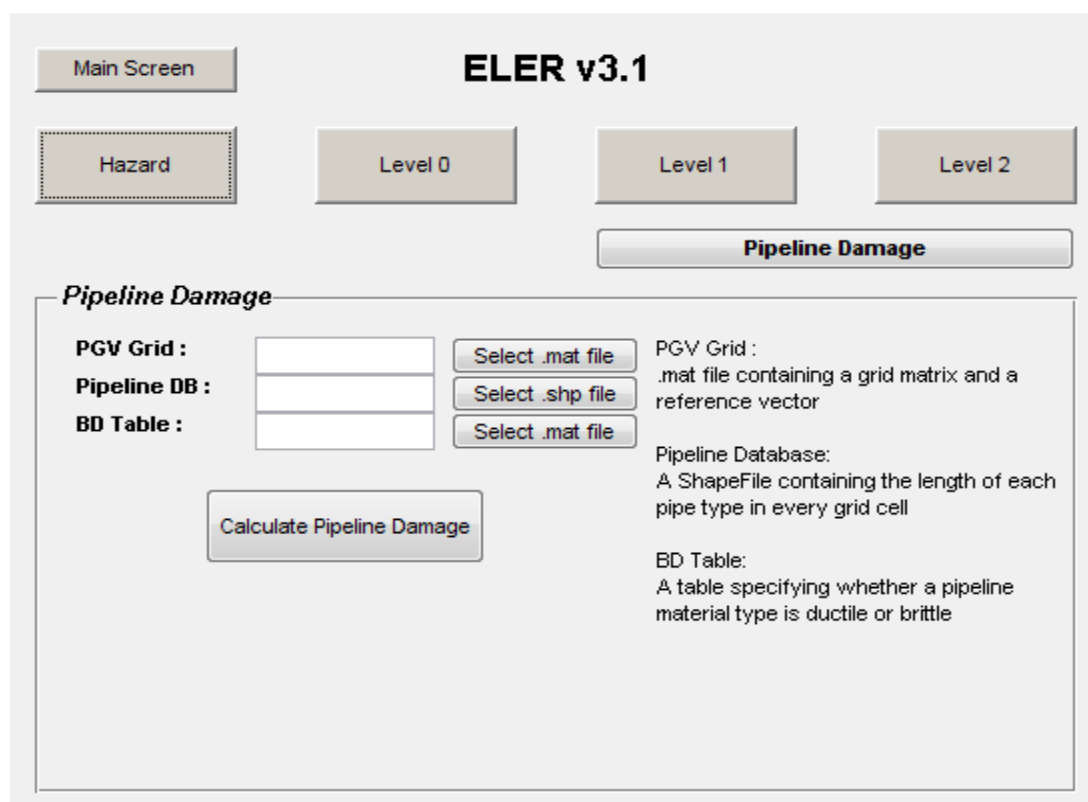
Ο υπολογισμός της εκτίμησης των οικονομικών απωλειών από ένα σεισμικό γεγονός στο λογισμικό Eler βασίζεται στην μεθοδολογία του HAZUS-MH(FEMA 2003). Με βάση την μεθοδολογία αυτή, τα ποσοστά του κόστους αντικατάστασης των κτηρίων εξαρτώνται με το επίπεδο βλάβης που έχουν υποστεί από το σεισμικό γεγονός. Ήτοι:

- Slight damage (μικρές βλάβες) – 2% κόστος αντικατάστασης
- Moderate damage (μεσαίες βλάβες) -10% κόστος αντικατάστασης
- Extensive damage (εκτεταμένες βλάβες) -50% κόστος αντικατάστασης
- Complete damage (κατάρρευση)- 100% κόστος αντικατάστασης

Σημειώνουμε ότι, όπως και στο επίπεδο Level 1, τα ποσοστά αντικατάστασης για κάθε επίπεδο βλάβης και η τιμή αντικατάστασης των κτηρίων προεπιλέγονται από τον χρήστη. [2]

3.11 Ενότητα Pipeline Damage

Στην τελευταία έκδοση του λογισμικού Eler υπάρχει η δυνατότητα υπολογισμού των ζημιών στις σωληνώσεις στο δίκτυο (ύδρευσης, αποχέτευσης, φυσικού αερίου κ.α.) στην περιοχή μελέτης για διάφορα σεισμικά σενάρια μέσω της ενότητας Pipeline Damage.



Εικόνα 3.22 Η ενότητα Pipeline στο λογισμικό Eler

Το λογισμικό Eler για τον υπολογισμό της εκτίμησης των ζημιών στα δίκτυα σωληνώσεων στην περιοχή μελέτης χρησιμοποιεί την μεθοδολογία HAZUS-MH (FEMA,2003), όπου η μεθοδολογία αυτή βασίζεται στις εξισώσεις του O' Rourke and Ayala (1993). Οι εξισώσεις αυτές είναι :

- $\text{Repair Rate} = 0.0001 * [\text{PGV}]^{2.25}$ (για εύθραυστους τύπους υλικών)
- $\text{Repair Rate} = 0.00003 * [\text{PGV}]^{2.25}$ (για όλκιμους τύπους υλικών)

Όπου το Repair Rate είναι ο αριθμός των σωληνώσεων ανά km, ενώ το είδος των ζημιών που εκτιμώνται είναι ότι θα έχουμε 80% διαρροές από τις σωληνώσεις και 20% σπάσιμο στις σωληνώσεις στην περιοχή μελέτης. [2]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

4.1 Περιοχή Μελέτης

Ως περιοχή μελέτης για την παρούσα Διπλωματική Εργασία για την εκτίμηση των σεισμικών απωλειών έχει οριστεί η Δημοτική Ενότητα Κορινθίων η οποία περιλαμβάνει την Δημοτική Κοινότητα Κορίνθου, την Δημοτική Κοινότητα Αρχαίας Κορίνθου, την Δημοτική Κοινότητα Εξαμιλίων, η Τοπική Κοινότητα Ξυλοκερίζης και τέλος η Τοπική Κοινότητα Σολομού.



Εικόνα 4.1 Περιοχή Μελέτης

Με βασικό κριτήριο αναφοράς τον σεισμό που έγινε στις 24 Φεβρουαρίου 1981, μεγέθους 6.8 R, με επίκεντρο το ρήγμα των Αλκυονίδων τα σεισμικά σενάρια για τα οποία θα υπολογιστούν οι κτιριακές – οικονομικές- ανθρώπινες απώλειες μέσω του λογισμικού Elef παρατίθενται παρακάτω.

ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ	ΜΕΓΕΘΟΣ (Richter)	ΕΣΤΙΑΚΟ ΒΑΘΟΣ (Km)
1	6.0	11
2	6.5	11
3	6.8	11
4	7.0	11

Πίνακας 4.1 Σεισμικά σενάρια

Παρακάτω παρατίθενται ο αριθμός των κτιρίων που υπέστησαν ζημιές ,για τον σεισμό που έγινε το 1981 με επίκεντρο το ρήγμα των Αλκυονίδων, όπως μας δόθηκαν από την Δ.Ε.Α.Φ.Κ. Όπου ως ζημιές θεωρήθηκαν οι εξής κατηγορίες :

- Επισκευή
- Ανακατασκευή
- Καταστροφή

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΗΡΙΩΝ
Δημοτική Κοινότητα Κορίνθου	1028
Δημοτική Κοινότητα Αρχαίας Κορίνθου	53
Τοπική Κοινότητα Σολομού	22
Τοπική Κοινότητα Ξυλοκέριζης	18
Δημοτική Ενότητα Εξαμυλίων	42

Σημειώνεται ότι λόγω της διαφορετικής κατηγοριοποίησης των ζημιών δεν μπορεί να γίνει ορθή σύγκριση μεταξύ τους κάτι το ποίο έχει ως αποτέλεσμα να γίνει μόνο ανάλυση των αποτελεσμάτων που έχουν εξαχθεί από το Eler .

Για το επίπεδο1 (Level 1) θα παρουσιαστούν οι απώλειες για το σενάριο με μέγεθος σεισμού 6.8 R καθώς η τρωτότητα ,όπως αποδείχτηκε είναι ο πιο καθοριστικός παράγοντας για το τελικό αποτέλεσμα, λαμβάνεται προσεγγιστικά και δεν αντιπροσωπεύει την πραγματική συμπεριφορά της κατασκευής όπως θα δούμε για το επίπεδο 2 (Level 2). Το οποίο είναι και ο λόγος που δεν θα εξεταστούν τα επόμενα σεισμικά σενάρια για το επίπεδο αυτό.

Η πορεία που θα ακολουθηθεί είναι η εξής :

- Κατανομή Πληθυσμού
- Κατανομή κτηρίων
- Ταξινόμηση κτηρίων
- Απώλειες για το Επίπεδο 1 (Level 1)
- Απώλειες για το Επίπεδο 2 (Level 2)
- Ανάλυση αποτελεσμάτων
- Συμπεράσματα

4.2 Κατανομή Πληθυσμού

Τα στοιχεία του πληθυσμού για την περιοχή μελέτης λήφθηκαν από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) και αφορούν την Δημοτική Ενότητα Κορίνθου η οποία περιλαμβάνει :

- Δημοτική Κοινότητα Κορίνθου
- Δημοτική Κοινότητα Αρχαίας Κορίνθου
- Δημοτική Κοινότητα Εξαμιλίων
- Τοπική Κοινότητα Ξυλοκερίζης
- Τοπική Κοινότητα Σολομού

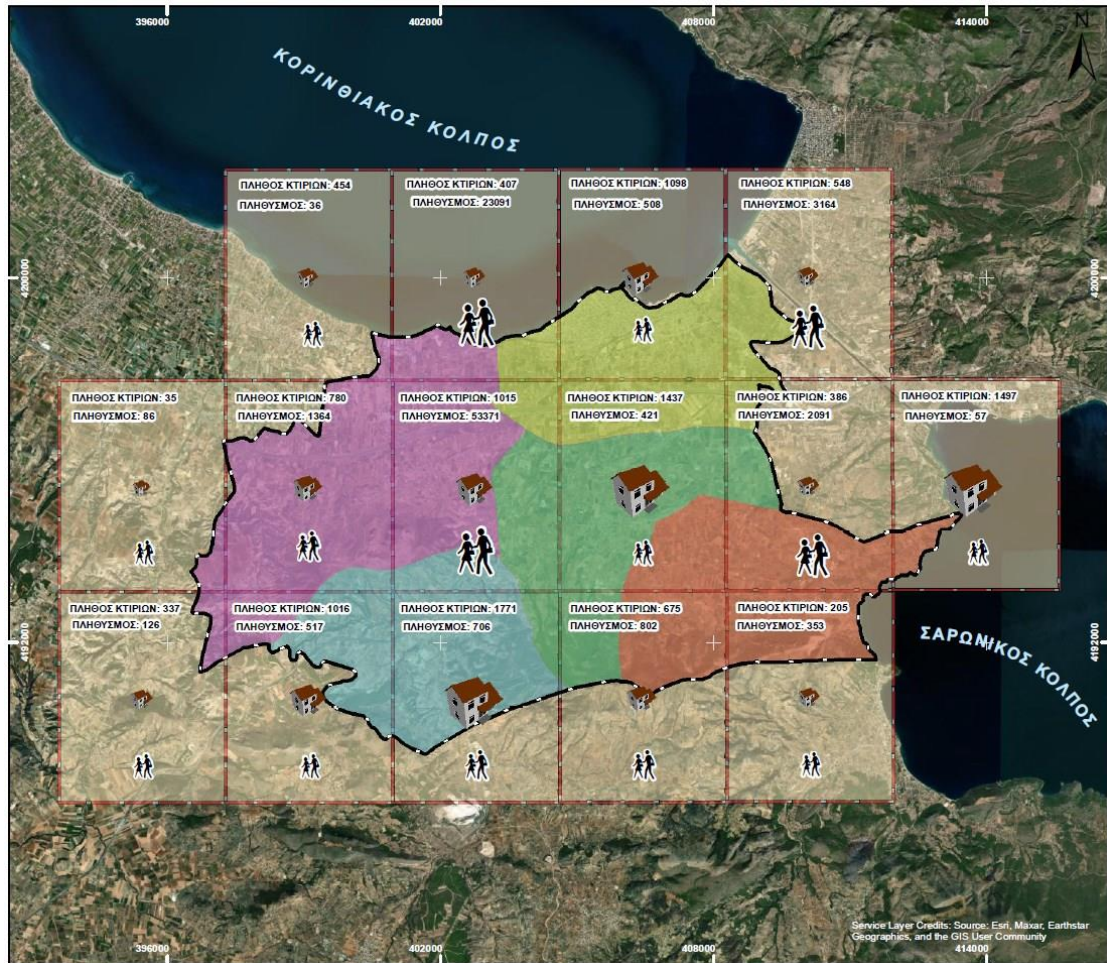
Απογραφή Πληθυσμού - Κατοικιών 2011. DE FACTO Πληθυσμός				
Επίπεδο διοικητικής διαίρεσης	α/α	Γεωγραφικός κωδικός Καλλικράτι	Περιγραφή	De Facto Πληθυσμ
6	13934	420101	ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΚΟΡΙΝΘΙΩΝ	37.877
7	13935	42010102	Δημοτική Κοινότητα Αρχαίας Κορίνθου	2.916
7	13938	42010103	Δημοτική Κοινότητα Εξαμιλίων	2.860
7	13944	42010101	Δημοτική Κοινότητα Κορίνθου	29.993
7	13946	42010104	Τοπική Κοινότητα Ξυλοκερίζης	1.308
7	13953	42010105	Τοπική Κοινότητα Σολομού	800

Εικ. 4.2 Απογραφή πληθυσμού ΕΛΣΤΑΤ 2011

Το Eler βασίζεται στο Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS). Συγκεκριμένα υπάρχει ως βάση εισαγωγής πληροφοριών, ένα Γεωγραφικό Πληροφοριακό Σύστημα, που αποτελείται από κάνναβο που καλύπτει τη γεωγραφική επιφάνεια της κάθε εξεταζόμενης περιοχής. Έτσι προέκυψαν 15 τετράγωνα. Για την επεξεργασία του καννάβου και για τις απεικονίσεις διαφόρων στοιχείων σε χάρτη χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcMap

4.3 Κατανομή κτηρίων - πληθυσμού

Η κατανομή των κατοικιών στα τετράγωνα του Eler έγινε σύμφωνα με την παραδοχή ανα πινακίδα εφαρμογής ανάλυσης τα τετραγωνικά μέτρα που καλύπτει η εκάστοτε Δημοτική Κοινότητα -Τοπική Κοινότητα πόσα κτήρια έχει. Επίσης έχοντας τον συνολικό πληθυσμό κάθε Δημοτικής Ενότητας -Τοπικής Κοινότητας ο οποίος κατανέμεται σε συνολική έκταση της κάθε Δημοτικής Κοινότητας -Τοπικής Κοινότητας, υπολογίστηκε για κάθε πινακίδα εφαρμογής ανάλυσης το ποσοστό της έκτασης που καταλαμβάνει η κάθε Δημοτική Κοινότητα – Τοπική Κοινότητα και αναλογικά κατανεμήθηκε ο πληθυσμός.



Εικ. 4.3 Κατανομή κτιρίων – Πληθυσμού για την περιοχή μελέτης

4.3.1 Ταξινόμηση Κτηρίων

Η Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) από την κτιριακή απογραφή δίνει τον αριθμό των κτιρίων για κάθε Δημοτική Κοινότητα με βάση τα εξής χαρακτηριστικά:

- Κτήρια κατά αριθμό ορόφων πάνω από το ισόγειο. Συγκεκριμένα για 0 ορόφους(ισόγειο),1,2,3,4,5,6 και άνω ορόφους και κτήρια με πυλωτή.
- Βασικό υλικό κατασκευής του κτηρίου και συγκεκριμένα :Μπετόν, Μέταλλο, Ξύλο, Τούβλα-Τσιμεντόλιθοι, Πέτρα, Άλλο υλικό
- Χρονική περίοδος κατασκευής, συγκεκριμένα προς του 1919, 1919-1945, 1946-1960, 1961-1970, 1971-1980, 1981-1985,1986-1990, 1991-1995, 1996-2000, 2001-2005, 2006 και μετά, υπό κατασκευή

Επίπεδο διοικητικής διαίρεσης	Γεωγραφικός κωδικός	Περιγραφή διοικητικής διαίρεσης	Σύνολο κτιρίων	Κτίρια κατά αριθμό ορόφων πάνω από το ισόγειο						Με πλωτή	
				Δεν υπάρχουν ορόφοι πάνω από το ισόγειο (ανεξαρτήτως της ύψους υπογείου)	1	2	3	4	5		6 και άνω
4	24342	ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ (Έδρα: Κόρινθος,η)	83.986	47.417	30.520	4.241	921	514	282	91	2.268
5	2434201	ΔΗΜΟΣ ΚΟΡΙΝΘΙΩΝ (Έδρα: Κόρινθος,η, Ιστορική έδρα: Αρχαία Κόρινθος,η)	23.688	12.587	9.022	1.437	409	146	57	30	582
6	243420101	ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΚΟΡΙΝΘΙΩΝ	11.519	5.898	4.060	949	386	140	57	29	237
7	24342010101	Δημοτική Κοινότητα Κορίνθου	7.084	2.772	2.802	907	379	140	55	29	140
7	24342010102	Δημοτική Κοινότητα Αρχαίας Κορίνθου	1.581	1.111	453	11	5	0	1	0	22
7	24342010103	Δημοτική Κοινότητα Εξαμιλίων	1.182	821	350	10	1	0	0	0	23
7	24342010104	Τοπική Κοινότητα Ξυλοκεριζής	1.214	939	265	10	0	0	0	0	39
7	24342010105	Τοπική Κοινότητα Σολομού	458	255	190	11	1	0	1	0	13

Εικ. 4.4 Απόσπασμα απογραφής κτιρίων 2011 της ΕΛΣΤΑΤ με βάση τον αριθμό ορόφων των κτιρίων

Επίπεδο διοικητικής διαίρεσης	Γεωγραφικός κωδικός	Περιγραφή διοικητικής διαίρεσης	Σύνολο κτιρίων	Βασικό υλικό κατασκευής του κτιρίου						Είδος οροφής του κτιρίου και κύριο υλικό				Αριθμός κτιρίων που εφάπτονται με γειτονικό
				Ιμπετόν	Μέταλλο	Ξύλο	Τσιμολιθόβλοι	Πέτρα	Άλλο υλικό	Τραπέζια (δύμα)	Κεκλιμένη στέγη			
										Κεραμίδια	Φύλλα επαλειφής	Άλλο υλικό		
4	24342	ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ (Έδρα: Κόρινθος,η)	83.986	50.178	960	490	21.356	7.433	3.569	31.097	43.137	7.364	2.388	14.087
5	2434201	ΔΗΜΟΣ ΚΟΡΙΝΘΙΩΝ (Έδρα: Κόρινθος,η, Ιστορική έδρα: Αρχαία Κόρινθος,η)	23.688	17.581	284	127	3.874	1.185	637	11.506	10.109	1.890	183	5.375
6	243420101	ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΚΟΡΙΝΘΙΩΝ	11.519	9.043	211	83	1.612	337	233	6.723	3.775	915	106	4.285
7	24342010101	Δημοτική Κοινότητα Κορίνθου	7.084	6.182	117	43	590	37	115	5.135	1.532	349	68	4.012
7	24342010102	Δημοτική Κοινότητα Αρχαίας Κορίνθου	1.581	1.005	29	16	290	185	56	554	864	159	4	117
7	24342010103	Δημοτική Κοινότητα Εξαμιλίων	1.182	880	20	3	226	48	5	428	568	185	1	113
7	24342010104	Τοπική Κοινότητα Ξυλοκεριζής	1.214	691	23	19	392	37	52	408	629	170	7	16
7	24342010105	Τοπική Κοινότητα Σολομού	458	285	22	2	114	30	5	198	182	52	26	27

Εικ. 4.5 Απόσπασμα απογραφής κτιρίων 2011 της ΕΛΣΤΑΤ με βάση το υλικό κατασκευής των κτιρίων

Περιγραφή διοικητικής διαίρεσης	Σύνολο κτιρίων	Χρονική περίοδος κατασκευής κτιρίων										Υπό κατασκευή	
		Προ του 1919	1919 - 1945	1946 - 1960	1961 - 1970	1971 - 1980	1981 - 1985	1986 - 1990	1991 - 1995	1996 - 2000	2001 - 2005		2006 και μετά
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ (Έδρα: Κόρινθος,η)	83.986	975	4.923	8.000	10.764	14.546	12.453	8.515	6.575	5.749	5.304	4.702	1.480
ΔΗΜΟΣ ΚΟΡΙΝΘΙΩΝ (Έδρα: Κόρινθος,η, Ιστορική έδρα: Αρχαία Κόρινθος,η)	23.688	184	1.113	1.879	2.905	4.729	3.808	2.094	2.022	1.512	1.603	1.315	524
ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΚΟΡΙΝΘΙΩΝ	11.519	51	635	820	1.531	2.280	1.761	912	1.089	759	794	625	262
Δημοτική Κοινότητα Κορίνθου	7.084	26	468	580	1.034	1.513	1.137	487	585	371	420	334	129
Δημοτική Κοινότητα Αρχαίας Κορίνθου	1.581	11	119	96	193	266	215	101	130	127	146	134	43
Δημοτική Κοινότητα Εξαμιλίων	1.182	6	24	60	120	169	132	147	164	140	108	72	40
Τοπική Κοινότητα Ξυλοκεριζής	1.214	8	17	46	95	211	193	148	183	110	95	66	42
Τοπική Κοινότητα Σολομού	458	0	7	38	89	121	84	29	27	11	25	19	8

Εικ. 4.6 Απόσπασμα απογραφής κτιρίων 2011 της ΕΛΣΤΑΤ με βάση την χρονική περίοδο κατασκευής των κτιρίων

Σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) ο συνολικός αριθμός των κτιρίων για την περιοχή μελέτης, Δημοτική Ενότητα Κορινθίων όπου περιλαμβάνει :

- την Δημοτική Κοινότητα Κορίνθου,
- την Δημοτική Κοινότητα Αρχαίας Κορίνθου

- την Δημοτική Κοινότητα Εξαμιλίων,
- την Τοπική Κοινότητα Ξυλοκερίζης και
- την Τοπική Κοινότητα Σολομού, και το σύνολο των κτηρίων είναι: **11519**

Για την ταξινόμηση των κτιρίων επιλέχθηκε η Ευρωπαϊκή Τυπολογία (European Building Typology) όπως αναπτύχθηκε στο EU FP5 Risk UE program. Τα κριτήρια που ταξινομούνται τα κτήρια είναι με βάση την μορφολογία και με βάση την κατασκευαστική διαμόρφωση, συγκεκριμένα :

- το υλικό κατασκευής:
 1. Φέρουσα τοιχοποιία (M)
 2. Οπλισμένο Σκυρόδεμα (RC)
- Ανάλογα το ύψος:
 1. Χαμηλό ύψος (Low) – 1 έως 3 όροφοι
 2. Μεσαίο ύψος (Medium) - 4 έως 7 όροφοι
 3. Υψηλό ύψος (High) – < 8 όροφοι
- Κατασκευαστική διαμόρφωση :
 1. Πλαίσια (frame)
 2. Τοιχώματα (πλαίσια)
 3. Δίδυμο (τοιχώματα και πλαίσια)
- Κατάταξη ανάλογα το επίπεδο σχεδιασμού :
 1. Χωρίς αντισεισμικό κανονισμό
 2. Με χαμηλό επίπεδο σχεδιασμού (Low)
 3. Με μεσαίο επίπεδο σχεδιασμού (Moderate)
 4. Με υψηλό επίπεδο σχεδιασμού (High)

Για την ονοματολογία υιοθετήθηκε η ταξινόμηση των κτιρίων η οποία είναι σύμφωνη με τις σύγχρονες τάσεις στον ευρωπαϊκό χώρο, όπως εκφράστηκαν στο πρόγραμμα Risk-UE (Kappos et al. 2006)

- RC_{ijk} , αφορά τα κτήρια από οπλισμένο σκυρόδεμα

Όπου,

- $i=1$ για γυμνά πλαίσια
- $i=2$ για αμιγώς τοιχωματικά συστήματα (που δεν υπάρχουν στην Ελλάδα)
- $i=3.1$ για πλαίσια με κανονικές τοιχοπληρώσεις
- $i=3.2$ για πλαίσια με πιλοτή
- $i=4$ για μικτά συστήματα

$j=L,M,H$ για χαμηλά κτήρια, για μέσου ύψους κτήρια και για ψηλά κτήρια, αντίστοιχα

k= L,M,H, για κτήρια σχεδιασμένα με ΒΔ'59, Πρ. Άρθρα 1984 και (Ν)ΕΑΚ , αντίστοιχα.

➤ Για κτήρια από φέρουσα τοιχοποιία :

M3= Πέτρα με ξύλινο μεσοπάτωμα.

M5= τούβλο με μεσοπάτωμα από μπετόν

Με τα στοιχεία τις ΕΛΣΤΑΤ δεν ήταν εφικτό να γίνει η ταξινόμηση των κτιρίων με βάση την ανωτέρω ονοματολογία καθώς δεν δίνονται απευθείας τα ζητούμενα δεδομένα. Π.χ. δίνεται η πληροφορία για το πόσα κτήρια είναι από μπετόν, αλλά δεν δίνεται η πληροφορία για το πότε κατασκευάστηκαν αυτά τα κτήρια ώστε να μπορέσουν να ταξινομηθούν με βάση τον αντισεισμικό τους σχεδιασμό.

Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να γίνουν οι παρακάτω παραδοχές :

- ✓ Όλα τα κτήρια που έχουν κτιστεί πριν το 1960 (χωρίς αντισεισμικό κανονισμό) τα θεωρούμε ότι έχουν κτιστεί από πέτρα και είναι χαμηλού ύψους (Ισόγεια).
- ✓ Τα κτήρια τα οποία είναι κατασκευασμένα από τούβλο και τσιμεντόλιθους όπως έχουν καταγραφεί από την ΕΛΣΤΑΤ θεωρήθηκε ότι είναι κατασκευασμένα από οπλισμένο σκυρόδεμα με παλιό αντισεισμικό κανονισμό.(ΒΔ' 59)
- ✓ Τα κτήρια που έχουν κτιστεί από το 1961-1995 , είναι με μέτριο αντισεισμικό και θεωρούμε ότι είναι με πλαίσια από οπλισμένο σκυρόδεμα. Από τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ σε σχέση με την χρονολογία κατασκευής υπολογίστηκε ότι είναι ποσοστό 67% για την Κόρινθο, 57% για την Αρχαία Κόρινθο, 62% Εξαμίλια, 68% για την Ξυλοκέριζα και 76% για τον Σολομό.
- ✓ Τα κτήρια που έχουν κτιστεί από το 1996 έως Σήμερα, είναι με υψηλό αντισεισμικό , θεωρούμε ότι είναι με μεικτό σύστημα Ο.Σ. (πλαίσια και τοιχώματα), Τα αντίστοιχα ποσοστά είναι, 33% για την Κόρινθο, 43% για την Αρχαία Κόρινθο, 38% για τα Εξαμίλια, 32% για την Ξυλοκέριζα και 24% για τον Σολομό.
- ✓ Το ένα μέτριο ύψους κτίριο της Αρχαία Κορίνθου και το ένα μέτριο ύψους κτίριο του Σολομού θεωρήθηκε ότι κτίστηκαν μετά το 1996.
- ✓ Τα κτήρια που έχουν κατασκευαστεί από μπετόν ανάλογα με την περίοδο κατασκευής τους χωρίστηκαν με το σύστημα των φερόντων στοιχείων τους, ήτοι πλαίσια, μικτό σύστημα από πλαίσια και τοιχώματα με τοιχοπληρώσεις
- ✓ Τα κτήρια τα οποία έχουν κατασκευαστεί από τούβλο και τσιμεντόλιθους όπως καταγράφηκαν από την ΕΛΣΤΑΤ θεωρήθηκε ότι ανήκουν στην κατηγορία και συμπεριφέρονται από άποψη τρωτότητας όπως τα κτήρια που είναι κατασκευασμένα από οπλισμένο σκυρόδεμα με παλιό κανονισμό

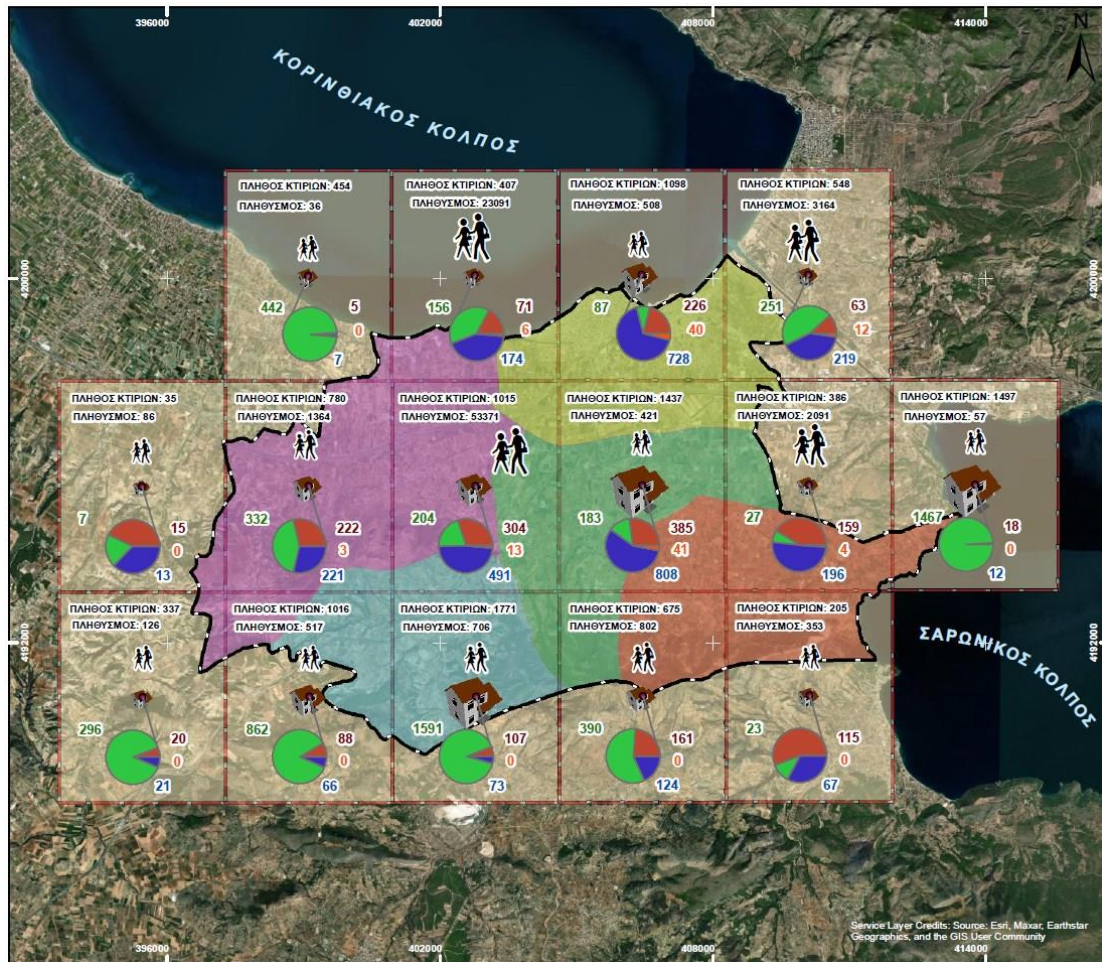
Έτος	Υλικό Κατασκευής	Σχεδιασμός	Ονοματολογία
Μέχρι 1960	Πέτρα	Χωρίς κανονισμό	M3wL
1961-1985	Τούβλο-Τσιμεντόλιθος	ΒΔ'59	RC31LL
1986-1995	Μπετόν	ΒΔ'59 και Πρόσθετα άρθρα	RC41LM
1996 έως Σήμερα	Μπετόν	NEAK/ΕΑΚ2000	RC41LH

Πίνακας 4.2. Κατηγοριοποίηση-Ταξινόμηση των κτιρίων

Για κάθε τύπο κτηρίου του ανωτέρω πίνακα υπολογίστηκε για κάθε δημοτική και κοινοτική ενότητα της Δημοτικής Ενότητας Κορινθίων, ο αριθμός των κτιρίων λαμβάνοντας υπόψιν και τις παραδοχές ταξινόμησης, όπως ειπώθηκαν παραπάνω. Η συγχώνευση των στοιχείων της κατανομής του πληθυσμού και της ταξινόμησης των κτιρίων από τις δημοτικές και κοινοτικές ενότητες στα τετράγωνα του κανάβου μας δίνει τη βάση δεδομένων BuildingDB. Το οποίο είναι ένα αρχείο γεωπληροφορικής (shp), όπου έχει αποτυπωθεί η περιοχή μελέτης, όπου έχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για πληθυσμιακή και την κτιριακή υποδομή της περιοχής.

buildings_DB										
FID	Shape *	ID	X	Y	TOTAL_BLD	POPULATION	M3wL	RC31LL	RC41LM	RC41LH
0	Polygon	2108	22.829441	37.875097	337	126	20	296	21	0
1	Polygon	2108	22.857693	37.871929	1016	517	88	862	66	0
2	Polygon	2108	22.894205	37.868571	1771	706	107	1591	73	0
3	Polygon	2108	22.936971	37.873051	675	802	161	390	124	0
4	Polygon	2108	22.975051	37.875383	205	353	115	23	67	0
5	Polygon	2138	22.83041	37.890867	35	86	15	7	13	0
6	Polygon	2138	22.856166	37.900637	780	1364	222	332	221	3
7	Polygon	2138	22.895833	37.904167	1015	5337	304	204	491	13
8	Polygon	2138	22.9375	37.904167	1437	10421	385	183	808	41
9	Polygon	2138	22.972372	37.89643	386	2091	159	27	196	4
10	Polygon	2138	23.005552	37.891146	1497	57	18	1467	12	0
11	Polygon	2168	22.871746	37.928074	454	36	5	442	7	0
12	Polygon	2168	22.897103	37.928504	407	2309	71	156	174	6
13	Polygon	2168	22.938867	37.932895	1098	10508	226	87	728	40
14	Polygon	2168	22.963866	37.934824	548	3164	63	251	219	12

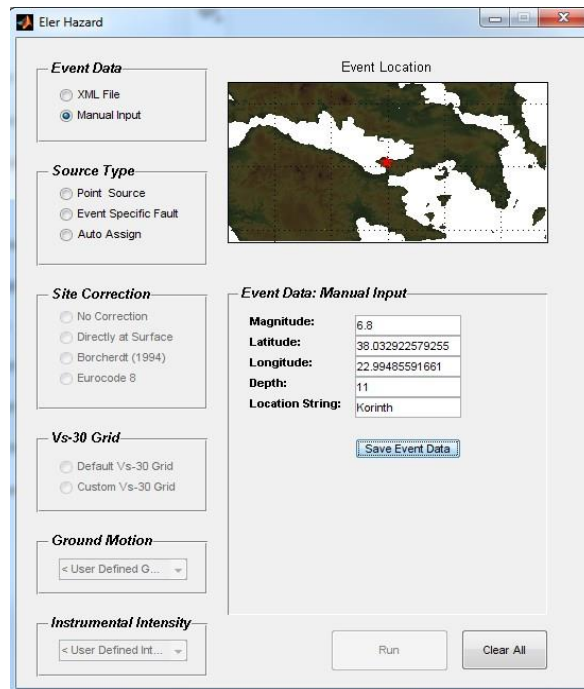
Εικ. 4.7 Βάση Δεδομένων BuildingDB



Εικ. 4.8 Κατανομή Πληθυσμού – Κτιριών ανά κατηγορία αντισεισμικού σχεδιασμού για την περιοχή μελέτης

4.4 Επίπεδο 1 (Level 1)

Τα χαρακτηριστικά του σεισμού που δόθηκαν στο πρόγραμμα Eler για το επίπεδο 1 (Level 1), ως σημειακή πηγή (Point Source) είναι τα χαρακτηριστικά του σεισμού που έγινε στις 24 Φεβρουαρίου 1981 και ήταν μεγέθους 6.8 R με επίκεντρο το ρήγμα των Αλκυνιδών.



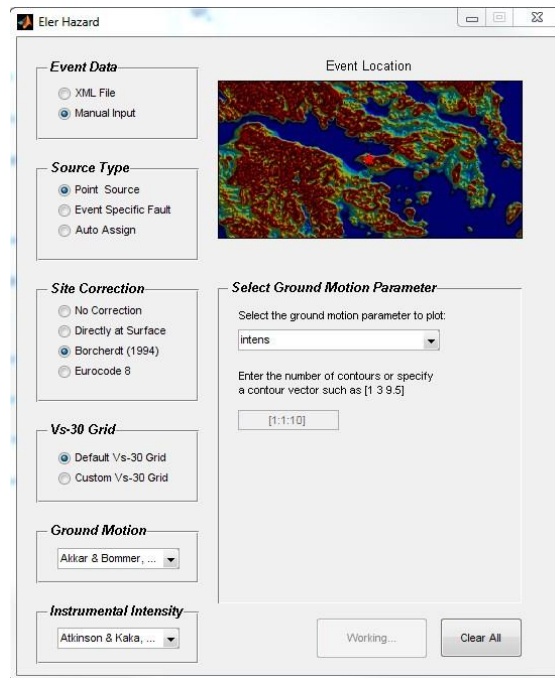
Εικ. 4.9 Στοιχεία σεισμικού σεναρίου στο οποίο φαίνεται το μέγεθος του σεισμού, οι συντεταγμένες και το βάθος

Διόρθωση των παραμέτρων της εδαφικής κίνησης (Site Correction) κατά Borcherdt 1994 (Πίνακας 3.1) και όχι κατά Ευρωκώδικα 8, καθώς αν επιλεγεί ο Ευρωκώδικας 8 το λογισμικό δεν δίνει την δυνατότητα να υπολογίσει την ένταση του σεισμού η οποία είναι απαραίτητη στον υπολογισμό του βαθμού βλάβης των κτιρίων για το επίπεδο 1.

Στο πεδίο Site Condition – (Vs-30 Grid) επιλέχτηκε το προεπιλεγμένο γεωγραφικό υπόβαθρο Vs – 30 το οποίο περιέχει όλη την περιοχή της Ευρώπης και της Μεσογείου, το οποίο έχει συνταχτεί από U.S.G.S. Global Vs – 30 Map Server (Default Vs – 30 Grid).

Η εδαφική κίνηση υπολογίστηκε με τις εμπειρικές σχέσεις κατά Akkar and Bommer 2007, όπως ειπώθηκε στην ενότητα 3.2.5, είναι μια σχέση NGA η οποία μπορεί να εφαρμοστεί στον ευρωπαϊκό χώρο και υποστηρίζεται από το Eler.

Για τον σχεδιασμό των ισόσειστων καμπυλών επιλέχτηκε η σχέση κατά Atkinson & Kaka 2007



Εικ. 4.10 Επιλογές παραμέτρων της εδαφικής κίνησης για το σεισμικό σενάριο μεγέθους 6.8R

4.4.1 Κτηριακές Απώλειες

Για να υπολογισμός των κτηριακών απωλειών απαιτείται :

- Η κατανομή της έντασης του σεισμού, όπως υπολογίστηκε, με τις ισόσειστες καμπύλες κατά την επιλογή του σεισμικού γεγονότος στο βήμα Hazard του Eler , όπου δημιουργείται ένα .mat αρχείο
- Η βάση δεδομένων (BuildingDB), η οποία αφορά την κατανομή των κτιρίων και του πληθυσμού που έχει δημιουργηθεί για την περιοχή μελέτης, όπως προσδιορίστηκε στην ενότητα 4.5
- Η τιμή τρωτότητας για κάθε τύπου κτηρίου (Πίνακας 3.5) και η παράμετρος t (Πίνακας 3.6), όπως αναφέρεται στην ενότητα 3.4.1.
- Το κόστος ανακατασκευής κτηρίου

Εκτιμήθηκε σύμφωνα με την αποζημίωση που χορηγεί η Υπηρεσία Δ.Ε.Α.Φ.Κ. για του σεισμόπληκτους, η οποία ανέρχεται για τις κατοικίες στα 1000€/m² ,για επαγγελματικούς χώρους στα 500€/m² και για αποθήκες στα 250€/m². Από αυτά το 80% χορηγείται δωρεάν (κρατική αρωγή) από το αρμόδιο Υπουργείο στους σεισμόπληκτους, ενώ το υπόλοιπο σε μορφή άτοκου δανείου. Επίσης, η κρατική αρωγή χορηγείται μόνο για μία ιδιοκτησία ανά ιδιοκτήτη, ενώ αν κατέχει και άλλα σεισμόπληκτα, σε μορφή άτοκου δανείου. Δεδομένου ότι το κόστος για την εκτίμηση των ζημιών θα γίνει με βάση το κόστος που επιβαρύνει την Πολιτεία, δηλαδή την κρατική αρωγή, το τελικό κόστος εκτιμήθηκε στα 600€/μ², καθώς θεωρήθηκε ότι τα περισσότερα κτήρια έχουν χρήση κατοικίας.

Ο μέσος όρος αριθμού ορόφων των κτιρίων υπολογίστηκε από τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ ως εξής :

Μ.Ο. αριθμού ορόφων για την Δημοτική Ενότητα Κορίνθου :

$$5898 + 4060 * 2 + 949 * 3 + (386 + 140 + 237) * 4 + (57 + 29) * 5 = 20347 / 11519 = 1.76 \text{ όροφοι}$$

Όπου 11519 είναι το σύνολο των κτιρίων για την Δημοτική Ενότητα Κορίνθου

Στην κατανομή των κτιρίων έχουν προστεθεί και τα κτήρια με πυλωτές καθώς για την περιοχή μελέτης έχουν ένα ποσοστό της τάξης του 2% : $(237 / 11519) * 100 = 2\%$

Κάνουμε την παραδοχή ότι ο μέσος όρος επιφάνειας κατοικίας – διαμερίσματος είναι στα 80m²

$$\text{Μέσος κόστος αντικατάστασης είναι: } 1.76 \text{ όροφοι} * 80 \text{ m}^2 * 600\text{€/m}^2 = 84480 \text{ €}$$

Building Typologies		Building type	Vulnerability indices				
			V _{min}	V ₋	V _o	V ₊	V _{max}
Masonry	M1	Rubble stone	0.62	0.81	0.873	0.98	1.02
	M2	Adobe	0.62	0.687	0.84	0.98	1.02
	M3	Simple stone	0.46	0.65	0.74	0.83	1.02
	M4	Massive stone	0.3	0.49	0.616	0.793	0.86
	M5	U Masonry (old bricks)	0.46	0.65	0.74	0.83	1.02
	M6	U Masonry – r.c. floors	0.3	0.49	0.616	0.79	0.86
	M7	Reinforced/confined masonry	0.14	0.33	0.451	0.633	0.7
Reinforced Concrete	RC1	Frame in r.c. (without ERD)	0.3	0.49	0.644	0.8	1.02
	RC2	Frame in r.c. (moderate ERD)	0.14	0.33	0.484	0.64	0.86
	RC3	Frame in r.c. (high ERD)	-0.02	0.17	0.324	0.48	0.7
	RC4	Shear walls (without ERD)	0.3	0.367	0.544	0.67	0.86
	RC5	Shear walls (moderate ERD)	0.14	0.21	0.384	0.51	0.7
	RC6	Shear walls (high ERD)	-0.02	0.047	0.224	0.35	0.54
Steel	S	Steel structures	-0.02	0.17	0.324	0.48	0.7
Timber	W	Timber structures	0.14	0.207	0.447	0.64	0.86

Εικ. 4.11 Συντελεστές τρωτότητας για διαφορετικούς τύπους κτηρίων κατά EMS98 (Giovinazzi and Lagomarsino, 2004). [4]

Παράμετροι τρωτότητας και κόστος ανακατασκευής για κάθε τύπο κτηρίου :

Building Name	Vulnerability	Ductility	t parameter	building cost
M3wL	0.74	2.3	6	84480
RC31LL	0.644	2.3	3	84480
RC41LM	0.484	2.3	3	84480
RC41LH	0.324	2.3	3	84480

Το πρόγραμμα ELER υπολογίζει για κάθε περιοχή την ένταση του σεισμού. Καθώς με δεδομένη την τιμή τρωτότητας ανά κατηγορία κτηρίου υπολογίζει την μέση τιμή βλάβης mD (ενότητα 3.4.1.). Στη συνέχεια υπολογίζονται οι πιθανότητες να υποστούν βλάβες $P(D_i)$ (ενότητα 3.4.1.). Το γινόμενο της $P(D_i)$ επί τον αριθμό των κτιρίων που βρίσκονται στη ζώνη της συγκεκριμένης έντασης δίνει τον αριθμό των κτιρίων που θα υποστούν βλάβη D_i της συγκεκριμένης κατηγορίας κτιρίων.

Οι ζημιές στην κτηριακή υποδομή της περιοχής μελέτης κατηγοριοποιούνται σε πέντε επίπεδα βλαβών κατά EM98.

Κατηγορία Βλάβης	Περιγραφή ζημιών
D1	Ελαφριές (Slight Damage)
D2	Μέτριες (Moderate Damage)
D3	Μεγάλες (Substantial to Heavy Damage)
D4	Πολύ μεγάλες (Very Heavy Damage)
D5	Καταστροφικές (Destruction)

Μετά την εκτέλεση του ELER προέκυψαν οι κτιριακές απώλειες ανά κατηγορία κτιρίων για κάθε στάθμη βλάβης Di, όπως παρατίθεται παρακάτω,

	D1- Ελαφριές	D2- Μέτριες	D3- Μεγάλες	D4- Πολύ μεγάλες	D5- Καταστροφικές	TOTAL_BLD
M3wL	526	660	458	166	16	1826
RC31LL	2403	1719	713	144	6	4985
RC41LM	1111	453	114	13	0	1691
RC41LH	24	5	1	0	0	30
TOTAL	4064	2837	1286	323	22	8532

Πιν. 4.3 Κτιριακές απώλειες σεισμικού σεναρίου 6.8R

Στο επίπεδο 1 (Level1) η τρωτότητα που όπως αποδείχτηκε είναι ο πιο καθοριστικός παράγοντας για το τελικό αποτέλεσμα, λαμβάνεται προσεγγιστικά (Εικ 4.9) και δεν αντιπροσωπεύει την πραγματική συμπεριφορά της κατασκευής όπως θα δούμε παρακάτω στο επίπεδο 2 (Level2).

4.4.2 Ανθρώπινες απώλειες

Από τα δεδομένα των κτηριακών απωλειών το Eler υπολογίζει τις ανθρώπινες απώλειες σύμφωνα με την ενότητα 3.4.2.

Αριθμός τραυματιών κατά τον υπολογισμό του Eler για σεισμικό σενάριο 6.8R

Σοβαρότητα τραυματισμών	Coburn and Spence	RISK-UE	KOERI (2002)
S1- Ελαφριοί Τραυματισμοί	27		1381
S2- Τραυματισμοί που απαιτούν νοσοκομειακή περίθαλψη χωρίς ύπαρξη κινδύνου για την ζωή	52		

S3- Τραυματισμοί που θέτουν άμεσα σε κίνδυνο την ζωή αν δεν αντιμετωπιστούν άμεσα	38	128	
S4 – Θανάσιμος τραυματισμός	41		

Η μεθοδολογία υπολογισμού ανθρώπινων απωλειών κατά KOERI (2002) δεν είναι συμβατή για τα δεδομένα της Δημοτικής Ενότητα Κορίνθου, καθώς όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 3.4.2 , η μέθοδος αυτή βασίζεται στα δεδομένα από τους σεισμούς της Τουρκίας που δείχνουν πολύ μεγάλο ποσοστό θανάτων από καταρρεύσεις των πολυώροφων κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα. Με τα δεδομένα της ΕΛΣΤΑΤ ότι στην της Δημοτικής Ενότητα Κορίνθου δεν υπάρχουν πολυώροφα κτήρια (0.25%), δεν θα ληφθεί υπόψη η συγκεκριμένη μεθοδολογία υπολογισμού ανθρώπινων απωλειών.

4.4.3 Οικονομικές Απώλειες

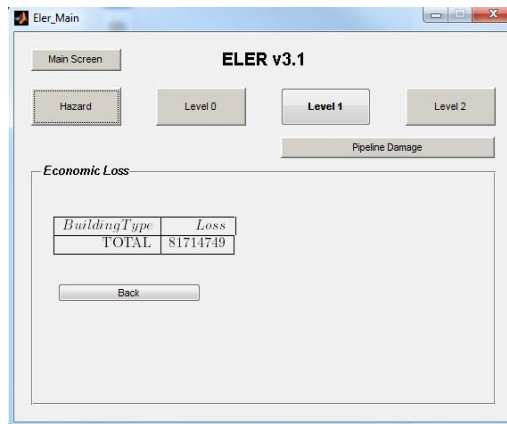
Ο μελετητής για κάθε τύπο βλάβης ορίζει ένα ποσοστό το οποίο πολλαπλασιάζεται με το κόστος επισκευής όπως έχει οριστεί στην ενότητα 4.6.1., το οποίο υπολογίστηκε στα 84.480 €.

Τα ποσοστά εκτιμήθηκαν σύμφωνα με τις αποζημιώσεις από τα στοιχεία της ΔΑΕΦΚ και δίνονται παρακάτω:[12]

D1=2%, D2=10%, D3=20%, D4=100%, D5=100%

Οι ζημιές υπολογίστηκαν στα 81.714.749€ (Εικ.4.10). Το ποσό αυτό αφορά την επισκευή ή ανακατασκευή όλων των κτιρίων που υπέστησαν ζημιές για όλων των τύπων βλαβών Di όπως υπολογίστηκαν από το ELER.

Σημειώνουμε ότι για τον σεισμό του 1981 το κράτος στους πληγέντες του Δήμου Κορινθίας για την αποκατάσταση των ζημιών παρείχε τα λεγόμενα σεισμοδάνεια, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα να μην υπάρχουν στοιχεία για να συγκρίνουμε τις οικονομικές απώλειες που προέκυψαν από το ELER.

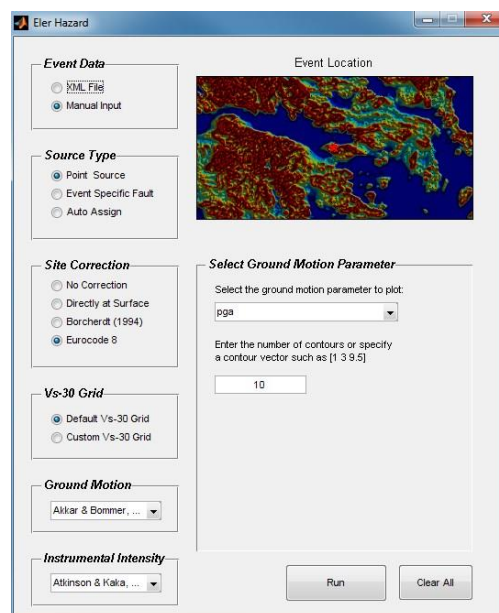


Εικ 4.12 Οικονομικές Απώλειες σε ευρώ για Eler για σεισμικό σενάριο 6.8R

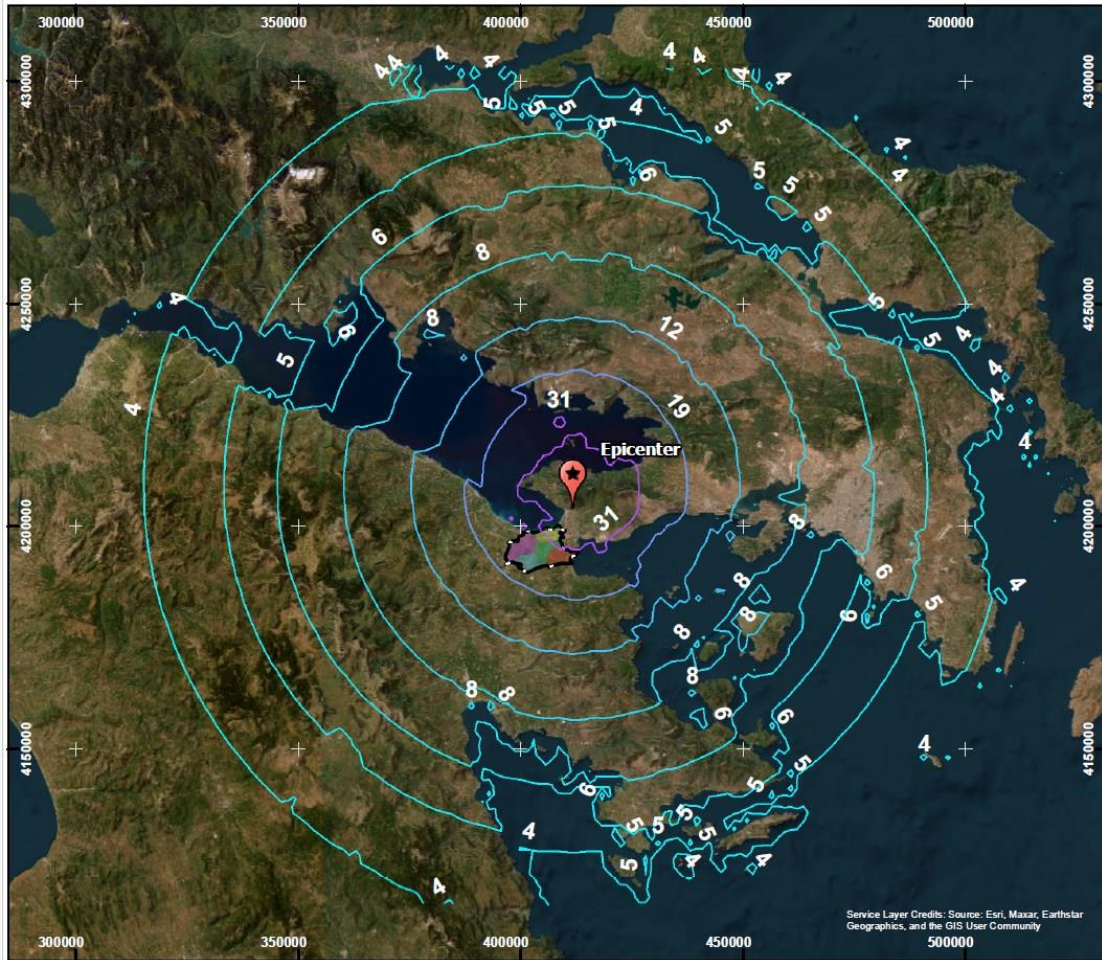
4.5 Επίπεδο 2 (Level 2)

4.5.1 Σεισμικός Κίνδυνος (Hazard)

Για τον σεισμικό κίνδυνο δόθηκαν τα ίδια ακριβώς χαρακτηριστικά όπως στο επίπεδο 1 (level1) με τη μόνη διαφορά ότι στην διόρθωση των παραμέτρων της εδαφικής κίνησης (Site Correction) επιλέχτηκε κατά Ευρωκώδικα 8, ώστε να υπολογίσει την εδαφική επιτάχυνση PGA (Εικ.4.11) . Στην συνέχεια σχεδιάστηκαν ισόσειστες καμπύλες σε %PGA (Εικ.4.12).



Εικ. 4.13 Επιλογές Eurocode 8 και PGA για το σεισμικό σενάριο μεγέθους 6.8R



Εικόνα 4.14 Ισόσειστες καμπύλες σε %PGA

4.5.2 Συμπεριφορά κτηρίων

Στο επίπεδο 2 του Eler, πρέπει να εισαχθούν οι παράμετροι των καμπυλών τρωτότητας και ικανότητας για κάθε κατηγορία κτηρίου, ώστε να υπολογιστεί με μία από τους διαθέσιμους τρόπους, η στοχευμένη μετακίνηση(βλ. ενότητα 3.5) και να εκτιμηθεί η πιθανότητα η κατασκευή να φθάσει ή να ξεπεράσει ένα καθορισμένο επίπεδο βλάβης. Όσο πιο αντιπροσωπευτικές είναι οι παράμετροι των καμπυλών τρωτότητας για κάθε κατηγορία κτηρίου, τόσο ακριβέστερα θα είναι και τα αποτελέσματα. Στο παράρτημα Β υπάρχουν πίνακες με τις παραμέτρους των καμπυλών τρωτότητας και ικανότητας κατά Risk-UE και Hazus.

Για την παρούσα διπλωματική εργασία για κτήρια από οπλισμένο σκυρόδεμα προτιμήθηκαν οι παράμετροι των καμπυλών κατά Karros et al (βλ. Karros et al. 2006) οι οποίες προέκυψαν από κτήρια από τον Ελλαδικό χώρο, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να είναι όσο πιο αντιπροσωπευτικά γίνεται.

Για την κατηγορία κτιρίων Μ3wL (κτήρια με φέρουσα τοιχοποιία), χρησιμοποιήθηκαν οι καμπύλες τρωτότητας από την επιστημονική ομάδα Karantoni T. , Tsioni G., Fardis M.N., Lyrantzaki F., η οποία μελέτησε συνολικά 432 κτήρια από φέρουσα τοιχοποιία με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Με βάση τον αριθμό ορόφων, το ποσοστό

ανοιγμάτων, τα πάχη και ύψη των τοίχων και την ύπαρξη ή όχι διαφραγμάτων υπολογίστηκαν και σχεδιάστηκαν οι καμπύλες τρωτότητας. Η επίλυση των κτιρίων έγινε με θλιπτική αντοχή της φέρουσας τοιχοποιίας $f_{wc}=3.50\text{Mpa}$ και εφελκυστική $f_{wt}=0.085f_{wc}$. Το μέτρο ελαστικότητας μειώθηκε κατά 50% σύμφωνα με τον Ευροκώδικα 8 για να συνυπολογιστούν και οι ρηγματώσεις πριν την αστοχία. Κάθε κτίριο φορτίστηκε με αυξανόμενη σεισμική δύναμη με τιμές από 0,05g μέχρι 0.5. Η κατηγοριοποίηση των βλαβών έγινε κατά EMS όπως περιγράφεται στην ενότητα 3.2 [12]

Από τους πίνακες του παραρτήματος Α των παραμέτρων των καμπύλων ικανότητας πάρθηκαν οι αντίστοιχες τιμές για τις κατηγορίες των κτιρίων της Δημοτικής Ενότητας Κορίνθου (Πίνακας 4.1) όπως ταξινομήθηκαν στην ενότητα 4.5.1.

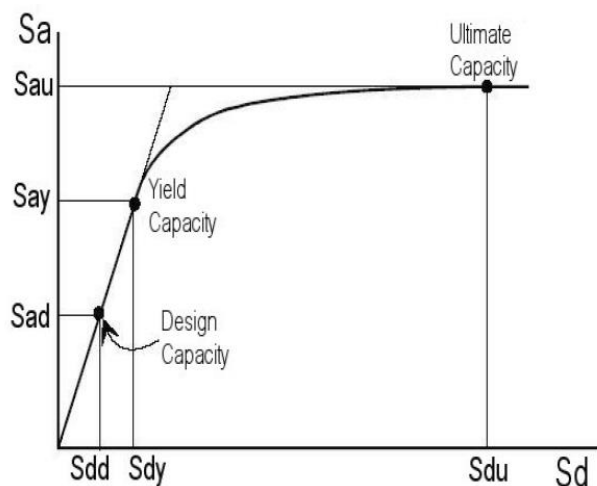
Πίνακας 4.4 Παράμετροι καμπυλών ικανότητας

	S_{dy}(m)	S_{ay}(m/s²)	S_{dy}(m)	S_{ay}(m/s²)
M3wL	0,00317	3,9	0,01419	4,1
RC31LL	0,0053	4,32	0,0674	5,24
RC41LM	0,0061	4,92	0,09	5,9
RC41LH	0,01	9	0,22	10

4.5.3 Καμπύλες τρωτότητας μοντέλου

Ένα πρόβλημα που προέκυψε ήταν ότι ενώ το λογισμικό απαιτεί την εισαγωγή των παραμέτρων των καμπύλων τρωτότητας σε όρους μετακινήσεων, οι διαθέσιμες καμπύλες ήταν σε όρους επιταχύνσεων εδάφους PGA (Σχ.3.2). Έτσι έγινε έμμεση χάραξη των καμπυλών τρωτότητας από τις τιμές των καμπυλών ικανότητας σύμφωνα με τον προτεινόμενο τρόπο κατά Sergio Lagomarsino · Sonia Giovinazzi 2006:

$$\begin{aligned}
 S_{d,1} &= 0.7d_y, \\
 S_{d,2} &= 1.5d_y, \\
 S_{d,3} &= 0.5(d_y + d_u), \\
 S_{d,4} &= d_u.
 \end{aligned}$$



Καμπύλη Ικανότητας

Όπου d_y , d_u οι μετακινήσεις διαρροής και αστοχίας της καμπύλης ικανότητας (Σχ.6.16), S_{di} ($i=1-4$) η μέση τιμή της φασματικής μετατόπισης για την οποία το κτίριο εισέρχεται στη στάθμη βλάβης D_i της λογαριθμοκανονικής συνάρτησης (σχέση 3.4)

Παρόμοιες σχέσεις έχει προτείνει και η ομάδα του Ι. Κάππου (A.J. Kappos*, G.K. Panagopoulos, A.G. Sextos, V.K. Papanikolaou and K.C. Stylianidis 2010, Development of comprehensive earthquake loss scenarios for a Greek and a Turkish city - structural aspects, Πίνακας 4.5)

Damage state	Description of damage	S_d threshold		
		URM	R/C (bare)	R/C (infilled)
0	None		-	
1	Slight		$0.7 \cdot S_{dy}$	
2	Moderate		$0.7 \cdot S_{dy} + 0.05 \cdot \Delta S_d$	
3	Substantial to heavy	$0.7 \cdot S_{dy} + 0.2 \cdot \Delta S_d$	$0.7 \cdot S_{dy} + 0.3 \cdot \Delta S_d$	
4	Very heavy	$0.7 \cdot S_{dy} + 0.5 \cdot \Delta S_d$		S_{du}
5	Collapse	S_{du}	S_{du}	$S_{du, bare}$

$$* \Delta S_d = 0.9 \cdot S_{du} - 0.7 \cdot S_{dy}$$

Πίνακας 4.5 μέσες τιμές της φασματικής μετατόπισης \bar{S}_d, ds , για την οποία το κτίριο εισέρχεται στη στάθμη βλάβης Damage state

Έτσι υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές της λογαριθμοκανονικής συνάρτησης από τις σχέσεις Sergio Lagomarsino · Sonia Giovinazzi 2006 και η τυπική απόκλιση β_{dsi} για κάθε επίπεδο βλάβης

Επίπεδο Βλαβών								
	Slight d1		Moderate d2		Extensive d3		Complete d3	
Τυπολογία κτιρίων	$\bar{S}d,ds$ (m)	β	$\bar{S}d,ds$ (m)	Beta	$\bar{S}d,ds$ (m)	Beta	$\bar{S}d,ds$ (m)	Beta
M3wL	0,0022	0,67	0,0048	0,67	0,0087	0,67	0,01419	0,67
RC31LL	0,0037	0,65	0,008	0,65	0,0364	0,65	0,0674	0,65
RC41LM	0,0043	0,65	0,0092	0,65	0,0481	0,65	0,09	0,65
RC41LH	0,0066	0,65	0,0142	0,65	0,1147	0,65	0,22	0,65

Πίνακας 4.6. Παράμετροι της λογαριθμοκανονικής συνάρτησης της μέσης τιμής φασματικής μετατόπισης $\bar{S}d,ds$ και τυπικής απόκλισης β

4.5.4 Στοχευμένη μετακίνηση

Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν και οι τέσσερις μέθοδοι εύρεσης στοχευμένης μετακίνησης που παρέχει το Eler, ώστε να υπάρχει μια ολοκληρωμένη εικόνα των κτηριακών απωλειών της κάθε μεθόδου. Η κάθε μέθοδος έχει τις δικές της παραμέτρους και χαρακτηριστικά, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα ο μελετητής πρέπει να εκτιμήσει με ιδιαίτερη προσοχή τα δεδομένα που έχει στη διάθεσή του ώστε να επιλέξει την κατάλληλη μεθοδολογία.

Ο τρόπος επιλογής του υπολογισμού της στοχευμένης μετακίνησης είναι πολύ σημαντικός παράγοντας για το τελικό αποτέλεσμα. Με δεδομένη την σοβαρότητα αυτή, ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή των τεσσάρων μεθόδων υπολογισμού της στοχευμένης μετακίνησης που διαθέτει το πρόγραμμα ELER (CSM/ATC40, MADRS, N2, CM), έτσι ώστε να μπορεί να γίνεται η κατάλληλη επιλογή ανάλογα των στοιχείων που υπάρχουν διαθέσιμα.

➤ Μέθοδος CSM – ATC40

Στην μέθοδο αυτή απαιτείται να εισαχθούν οι συντελεστές απομείωσης του φάσματος απόκρισης

Τύπος συμπεριφοράς	$SR_{A,min}$	$SR_{V,min}$
A	0.33	0.50
B	0.44	0.56
C	0.56	0.67

Πίνακας 4.7 Ελάχιστες τιμές μειωτικών συντελεστών απόσβεσης

Διάρκεια σεισμού	Νέες, καλές αντισεισμικές κατασκευές	Μέτριες αντισεισμικά κατασκευές	Φτωχές αντισεισμικά κατασκευές
Μικρή (κοντά στο επίκεντρο)	A	B	C
Μεγάλη (μακριά από επίκεντρο, γενικώς για ζώνες III & IV)	B	C	C

Πίνακας 4.8 Τύποι συμπεριφοράς κτιρίων

Σύμφωνα με τον Πιν. 4.6 και Πιν. 4.7 επιλέχθηκαν οι συντελεστές S_{Ra}, S_{Rv} για κάθε τύπο κτηρίου οι παρακάτω συντελεστές απομείωσης.

Τυπολογία κτιρίων	Μικρή	Μεσαία	Μεγάλη
M3wL	0,6	0,65	0,7
RC31LL	0,45	0,6	0,7
RC41LM	0,45	0,55	0,7
RC41LH	0,35	0,5	0,6

Πίνακας 4.9 Συντελεστές απομείωσης για τον υπολογισμό της στοχευμένης μετακίνησης κατά CSM/ATC40

➤ Μέθοδος MARDS

Δεν χρειάζεται να δοθούν άλλα στοιχεία. Η μέθοδος απαιτεί τα στοιχεία της καμπύλης ικανότητας όπως έχουν δοθεί στον Πίνακα 4.8

➤ Μέθοδος RFM ή N2

Η μέθοδος αυτή απαιτεί την πλαστιμότητα μ των κτιρίων. Ως πλαστιμότητα μ δόθηκε το πηλίκο S_{du}/S_{dy} του Πίνακα 4.8

➤ Μέθοδος CM

Η μέθοδος αυτή είναι η πιο απλοϊκή μέθοδος την οποία την έχει υιοθετήσει και ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. Στην μέθοδο αυτή, απαιτείται η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος των κτιρίων. Χρησιμοποιήθηκαν οι ιδιοπερίοδοι όπως υπολογίστηκαν στην ενότητα 4.7.3 κατά Ευροκώδικα 8.

4.5.5 Υπολογισμός κτηριακών απωλειών

Πριν την εκτέλεση του λογισμικού έπρεπε να γίνει μια προσαρμογή των παραμέτρων των καμπυλών ικανότητας Karros et al με την αυξημένη αντισεισμική ζώνη της Κορίνθου. Υπενθυμίζουμε ότι οι καμπύλες κατά Karros et al, μελετήθηκαν για κτήρια από την περιοχή της Θεσσαλονίκης. Έτσι επιλέχτηκε ένας έμμεσος τρόπος αύξησης

των παραμέτρων αντοχής πολλαπλασιάζοντας τις επιταχύνσεις των καμπυλών ικανότητας με τον λόγο του σεισμικού συντελεστή ϵ που ίσχυε στην Κόρινθο δια την αντίστοιχη τιμή που ίσχυε στην Θεσσαλονίκη σύμφωνα με τον αντισεισμικό κανονισμό του '59.

'Αγία Άννα	II	Ελασσόν	III
'Αγιά (Ααρίας)	I	'Ερεσσός (Λέσβου)	III
'Αγιος Κήρυκος ('Ικαρίας)	I	Ζάκυνθος	III
'Αγρίτσα ('Ιμέρου)	II	'Ηράκλειον	II
'Αγρίνιον	I	Θήβαι	II
'Αθήναι	I	Θεσσαλονίκη	II
Αίγιον	II	Θήρα	III
Αίγινα	I	'Ιεράπετρα	

282		ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ (ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟΝ)	
'Ισθμιαία	II	Μουτιλήνη	III
'Ιος	I	Μελιγαλά	II
'Ιθάκη	II	Μεθώνη	II
'Ιωάννινα	II	Νάξος	II
'Ιερισσός	III	Νάυπλιον	I
Καλάμαι	II	Νάξος	I
Καλαμπάκα	I	Νέα 'Ορστυάς	J
Καλαμωτή (Χίου)	III	Νεάπολις (Βατίων)	I
Κανάλια (Βόλου)	II	Νεμέα	II
Κάνδαρος (Κρήτης)	II	Νευροκόπιον	II
Καρδίτσα	II	Νιγρίτα	I
Καρπηθίσιον	I	Ξάνθη	I
Κάρυστος	I	Ξηρόκαστρος (Λέρου)	I
Καστορία	I	Ξυλόκαστρον	II
Κάστρον (Αθήνου)	I	'Ολίμπος (Καρπάθου)	II
Κάστρον (Κάσου)	II	Οινόουσι (Χίου)	II'
Καστελόριζον	III	Παρακεδία	II
Κατερίνη	I	Πάρος	II
Καβάλλα	I	Πάτρα	II
Κέα	I	Πλάκα (Μήλου)	II
Κέρκυρα	II	Πολύγυρος	II
Κέφαλος (Κω)	II	Πολυχνίτες (Λέσβου)	III
Κιάτον	II	Πόρος	I
Κιλκίς	I	Πορθαία (Καλύμνου)	I
Κομοτηνή	I	Πράμνητα	I
Κόνιτσα	I	Πρέβεζα	II
Κόρινθος	III	Πύλος	III
Κορώνη	III	Πύργος	II
Κοζάνη	I	Ρέθυμνον	II
Κρανίδιον	I	Ροδόπειος	I

Π Ι Ν Α Ξ Ι Ι			
Σεισμική της περιοχών	'Επικινδυνότης εδαφών		
	(α)	(β)	(γ)
I	0,04	0,06	0,08
II	0,06	0,08	0,12
III	0,03	0,12	0,16

Εικόνα 4.15 Απόσπασμα του αντισεισμικού κανονισμού Π.Δ. 1959 όπου έχουν επισημανθεί η σεισμική ζώνη της Κορίνθου και η σεισμική ζώνη της Θεσσαλονίκης

Από την παραπάνω εικόνα παρατηρούμε ότι η Κόρινθος ανήκει στην ζώνη επικινδυνότητας III με σεισμικό συντελεστή 0.12 για έδαφος κατηγορίας B, ενώ η Θεσσαλονίκη στην ζώνη II με σεισμικό συντελεστή 0.08 για έδαφος κατηγορίας B.

Έτσι οι παράμετροι των καμπυλών ικανότητας πολλαπλασιάστηκαν με τον λόγο :

$$0,12/0,08=1,5.$$

Μετά την αλλαγή αυτή υπολογίστηκε σε πρώτη φάση για σεισμικό γεγονός 6.8 R, το άθροισμα των βλαβών D3+D4, δηλαδή οι εκτεταμένες βλάβες με τις καταρρεύσεις ώστε να μπορέσει να γίνει μια πρώτη σύγκριση των μεθόδων της στοχευμένης μετακίνησης και να εξαχθούν τα πρώτα συμπεράσματα.

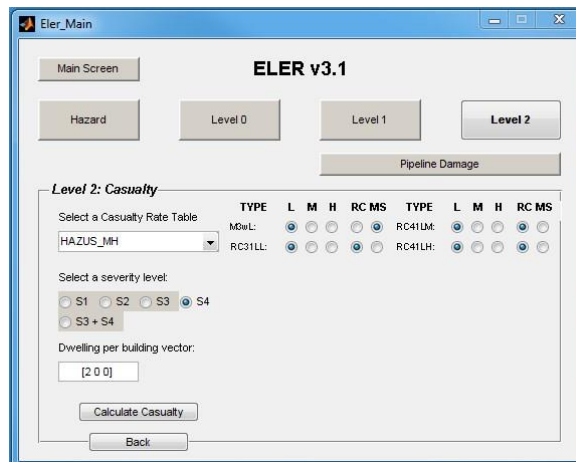
Μέθοδοι στοχευμένης μετακίνησης				
Τυπολογία κτηρίων	CMS	MARDS	RMF	CM
M3wL	102	334	85	443
RC31LL	94	105	0	103
RC41LM	2	5	0	35
RC41LH	0	0	0	0
ΣΥΝΟΛΟ	198	444	85	581

Πίνακας 4.10 Αποτελέσματα κτηριακών απωλειών με όλες τις μεθόδους των στοχευμένων μετακινήσεων

Όπως έδειξαν τα αποτελέσματα μετά την εκτέλεση του λογισμικού για τον υπολογισμό των σεισμικών απωλειών (Πίνακας 4.10) υπάρχει σχετικά μεγάλη απόκλιση μεταξύ των μεθόδων υπολογισμού της στοχευμένης μετακίνησης. Σύμφωνα με τα ανωτέρω αποτελέσματα παρατηρούμε αποκλίσεις μεταξύ των μεθόδων. Οι αποκλίσεις αυτές ήταν αναμενόμενες καθώς η μέθοδος των συντελεστών RFM βασίζεται σε εμπειρικές σχέσεις ενώ η μέθοδος CMS και MARDS βασίζονται σε πιο περίπλοκες σχέσεις με επαναληπτικές διαδικασίες. Για τον υπολογισμό των κτηριακών απωλειών επιλέχτηκε η μέθοδος MARDS καθώς σύμφωνα με τα ανωτέρω αποτελέσματα θεωρούνται πιο στοχευμένα με βάση τις κτηριακές απώλειες.

4.5.6 Ανθρώπινες απώλειες

Για τον υπολογισμό των ανθρώπινων απωλειών πρέπει να οριστεί ο αριθμός διαμερισμάτων ανά κατηγορία ύψους κτηρίου. Για τα χαμηλά κτήρια που εξετάζουμε ορίστηκαν δύο διαμερίσματα αφού όπως υπολογίστηκε στην ενότητα 4.6.1 ο μέσος αριθμός των ορόφων είναι 1.74. Επίσης στην αντίστοιχη οθόνη του ELER πρέπει να οριστεί για κάθε τύπο κτηρίου το ύψος και το υλικό κατασκευής (ανάμεσα σε οπλισμένο σκυρόδεμα RC και φέρουσα τοιχοποιία M)



Εικ. 4.17 Εικόνα επιλογών για την εκτίμηση των τραυματισμών για το σεισμικό σενάριο 6.8 R

Σοβαρότητα τραυματισμών	HAZUS_MH	HAZUS_99	KOERI (2002)
S1- Ελαφριοί Τραυματισμοί	384	370	434
S2- Τραυματισμοί που απαιτούν νοσοκομειακή περίθαλψη χωρίς ύπαρξη κινδύνου για την ζωή	94	63	225
S3- Τραυματισμοί που θέτουν άμεσα σε κίνδυνο την ζωή αν δεν αντιμετωπιστούν άμεσα	12	5	126
S4 – Θανάσιμος τραυματισμός	24	5	126

Πιν. 4.11 Εκτίμηση ανθρώπινων απωλειών για το σεισμικό σενάριο μεγέθους 6.8 R

Τα αποτελέσματα και στην εκτίμηση των ανθρώπινων απωλειών κρίνονται ικανοποιητικά καθώς οι αναφορές από δημοσιεύματα αναφέρονται σε 500 τραυματισμούς οι οποίοι δεν αφορούσαν μόνο την περιοχή μελέτης καθώς σημειώνεται εδώ ότι υπήρχαν απώλειες τόσο στην Αττική και στην Βοιωτία.

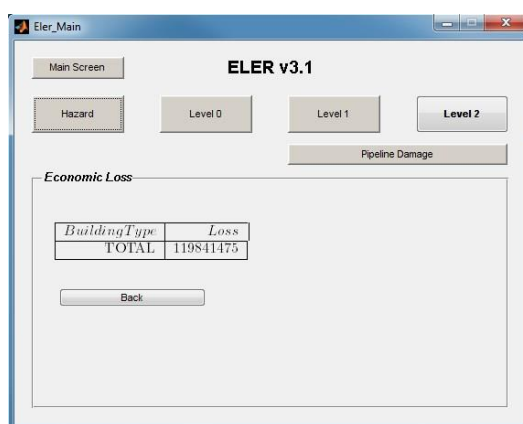
4.5.7 Οικονομικές απώλειες

Όπως και στο επίπεδο 1 (Level 1), για κάθε τύπο βλάβης το κόστος επισκευής πολλαπλασιάζεται επί ένα ποσοστό που ορίζει ο χρήστης σε σχέση με το κόστος της

πλήρους ανακατασκευής ενός κτηρίου. Τα ποσοστά εκτιμήθηκαν σύμφωνα με τις αποζημιώσεις από τα στοιχεία της ΔΑΕΦΚ και δίνονται παρακάτω:[12]

D1- Sli =2%, D2 - Mod=10%, D3- Ext=80%, D4 - Com=100%,

Το ποσό της ανακατασκευής κτηρίου ορίστηκε στο επίπεδο 1 (Level 1) στα 84.480 €. Οι ζημιές υπολογίστηκαν στα 119.814.475€ (εικ.4.15) . Το ποσό αφορά την επισκευή ή ανακατασκευή όλων των κτιρίων που υπέστησαν ζημιά όλων των τύπων βλαβών Di όπως υπολογίστηκαν από το Eler. Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 4.6.3 1981 το κράτος στους πληγέντες του Δήμου Κορινθίας για την αποκατάσταση των ζημιών παρείχε τα λεγόμενα σεισμοδάνεια, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα να μην υπάρχουν στοιχεία για να συγκρίνουμε τις οικονομικές απώλειες που προέκυψαν από το ELER.



The screenshot shows the 'Eler_Main' window of the 'ELER v3.1' software. It features a 'Main Screen' button at the top left. Below it are buttons for 'Hazard', 'Level 0', 'Level 1', and 'Level 2'. A 'Pipeline Damage' button is located to the right. Under the heading 'Economic Loss', there is a table with two columns: 'Building Type' and 'Loss'. The table contains one row with the value 'TOTAL' and '119844475'. A 'Back' button is positioned below the table.

Building Type	Loss
TOTAL	119844475

Εικ. 4.18 Συνολικό κόστος αποκατάστασης ζημιών για το σεισμικό σενάριο 6.8 R

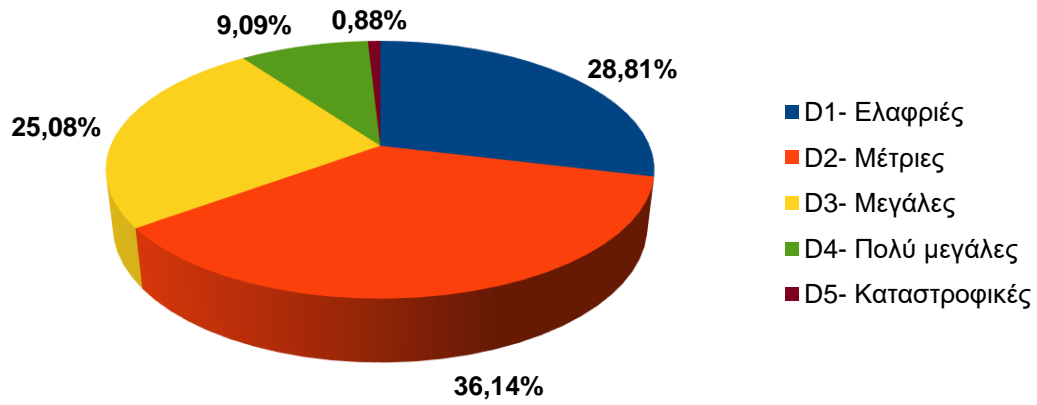
4.6 Ανάλυση αποτελεσμάτων

4.6.1 Αποτελέσματα επιπέδου 1 (Level 1)

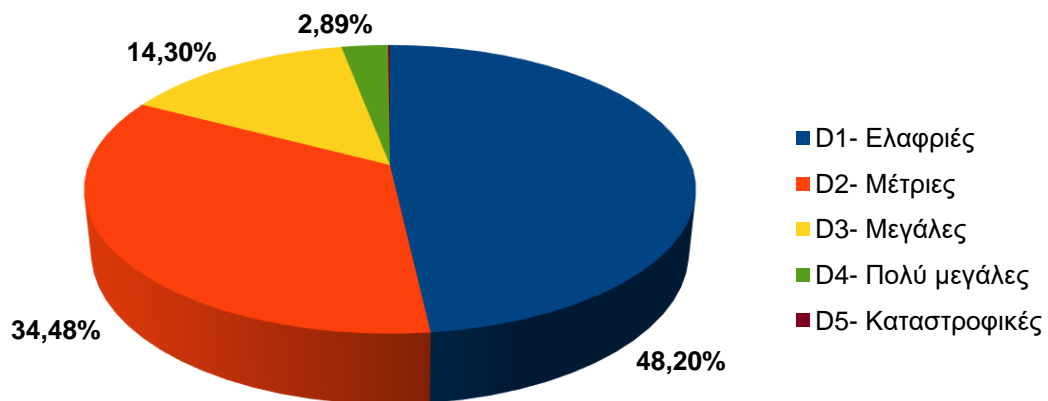
Για τα αποτελέσματα των κτηριακών απωλειών του επιπέδου 1 (Level 1) θα γίνει αναφορά μόνο για το σεισμικό σενάριο των 6.8 R για το επίπεδο 1 (Level 1) του Eler καθώς 'όπως αποδείχτηκε η τρωτότητα είναι ο πιο καθοριστικός παράγοντας για το τελικό αποτέλεσμα και στο συγκεκριμένο επίπεδο λαμβάνεται προσεγγιστικά με αποτέλεσμα να μην αντιπροσωπεύει την πραγματική συμπεριφορά του κτηρίου όπως γίνεται στο επίπεδο 2 (Level 2). Συγκεκριμένα θα παρουσιαστούν τα ποσοστά από τις συνολικές κτηριακές απώλειες για την περιοχή μελέτης με βάση την κατανομή των κτηρίων που έγινε σύμφωνα με τον Πίνακα 4.2.

Επιπλέον τόσο για τα αποτελέσματα του επιπέδου 1 (Level 1) όσο και για τα αποτελέσματα του επιπέδου 2 (Level 2), παρόλο που εμφανίζονται στα διαγράμματα, θεωρείται ότι οι ελαφριές και μέτριες ζημιές δεν χρειάζονται σχολιασμό επειδή δεν χρειάζονται σοβαρή αντιμετώπιση από άποψη κόστους και ανθρωπινών απωλειών.

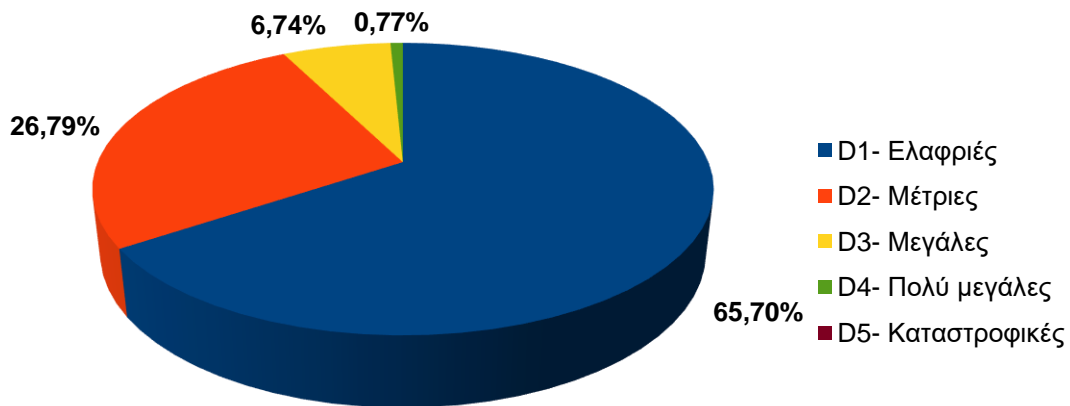
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ 6,8 R
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΩΝ Μ3wL (Χωρίς αντισεισμικό
κανονισμό)



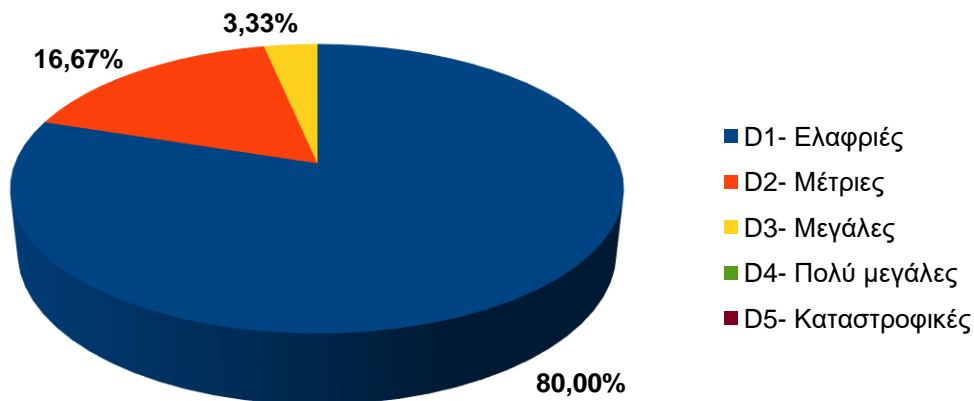
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ 6,8 R
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΩΝ RC31LL (ΒΔ '59)



ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ 6,8 R
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΩΝ RC41LM (ΒΔ '59 και Πρόσθετα Άρθρα)



ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ 6,8 R
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΩΝ RC41LH (ΝΕΑΚ/ΕΑΚ 2000)



Σύμφωνα με τα ανωτέρω γραφήματα του επιπέδου 1 (Level 1) για σεισμικό σενάριο 6.8 R εξάγονται τα εξής συμπεράσματα,:

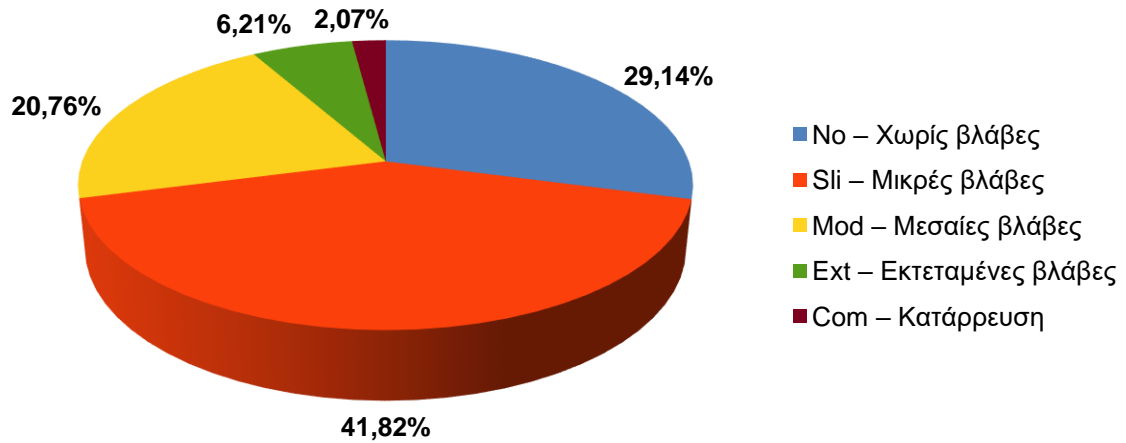
- Για κτήρια κατηγορίας M3wL – Χωρίς Αντισεισμικό κανονισμό, το 25.08 % θα υποστεί μεγάλες ζημιές, το 9.09 % θα υποστεί πολύ μεγάλες ζημιές και το 0.88 % θα υποστεί καταστροφικές ζημιές.
- Για κτήρια κατηγορίας RC31LL – ΒΔ'59, το 14.30 % θα υποστεί μεγάλες ζημιές, το 2.89 % θα υποστεί πολύ μεγάλες ζημιές και κανένα κτήριο δεν θα υποστεί καταστροφικές ζημιές (κατάρρευση).
- Για κτήρια κατηγορίας RC41LM – ΒΔ'59 και Πρόσθετα Άρθρα, το 6.74 % θα υποστεί μεγάλες ζημιές, το 0.77 % θα υποστεί πολύ μεγάλες ζημιές και κανένα κτήριο δεν υποστεί καταστροφικές ζημιές (κατάρρευση).

- Για κτήρια κατηγορίας RC41LH – NEAK / EAK 2000, το 3.33 % θα υποστεί μεγάλες ζημιές, κανένα κτήριο δεν θα υποστεί μεγάλες ζημιές και κανένα κτήριο δεν υποστεί καταστροφικές ζημιές (κατάρρευση).

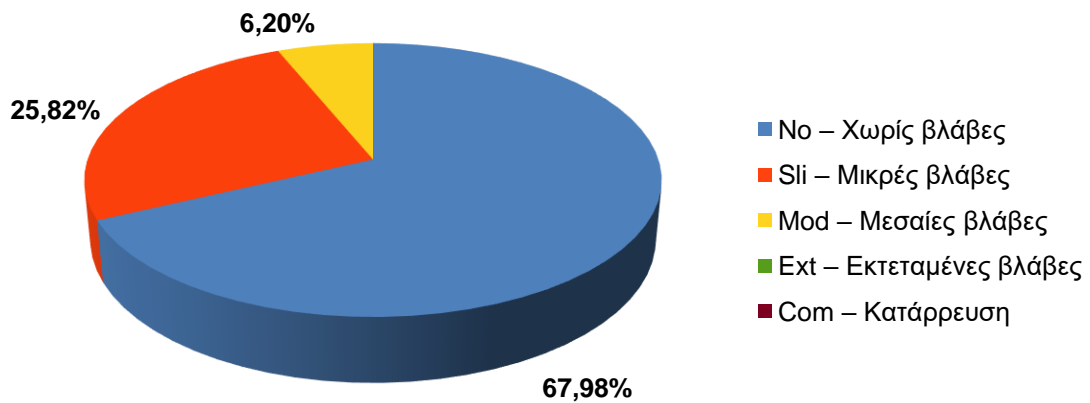
Με βάση τα ανωτέρω παρουσιάζεται πολύ καλή συμπεριφορά στα νεότερα κτήρια κατηγορίας RC41LH τα οποία που έχουν σχεδιαστεί με NEAK/EAK 2000 καθώς οι απώλειες τους είναι μηδαμινές σε σύγκριση με τα κτήρια κατηγορίας M3wL, τα οποία δεν έχουν σχεδιαστεί με αντισεισμικό κανονισμό. Επίσης παρατηρείται καλή συμπεριφορά για τα κτήρια κατηγορίας RC31LL καθώς και για τα κτήρια κατηγορίας RC41LM καθώς κανένα κτήριο των κατηγοριών αυτών δεν θα υποστεί καταστροφικές ζημιές.

4.6.2 Αποτελέσματα επιπέδου 2 (Level 2)

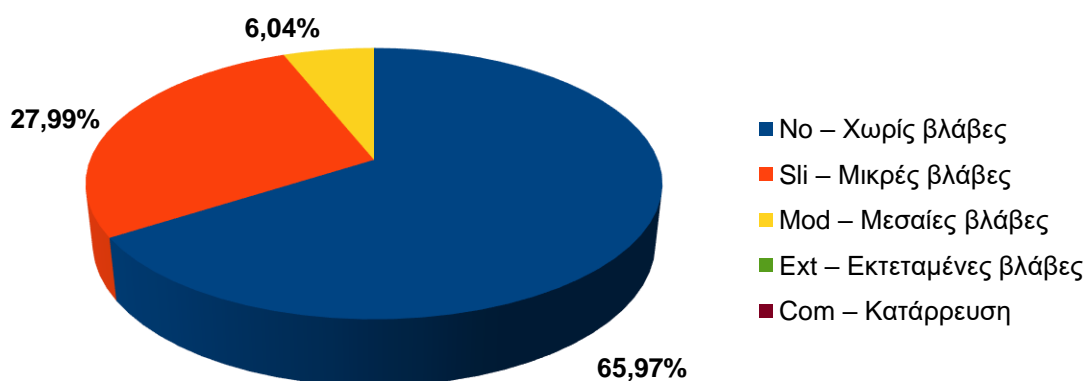
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΑ ΕΠΙΠΕΔΟ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ 6 R
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΩΝ Μ3ωL (Χωρίς αντισεισμικό
κανονισμό)



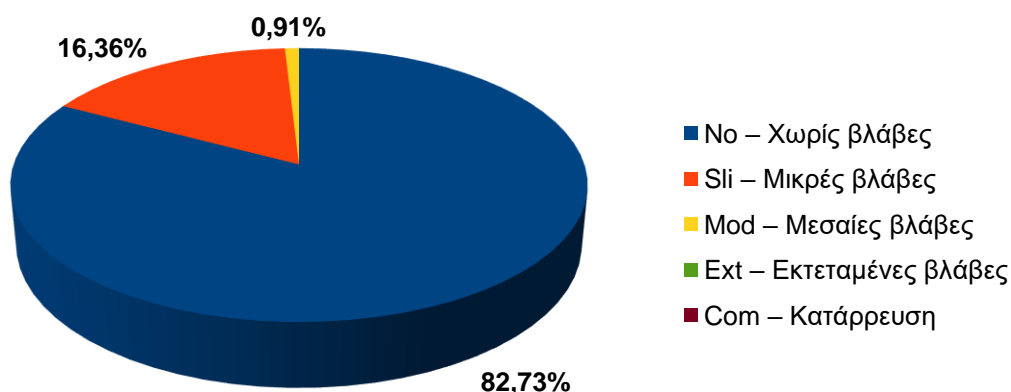
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΑ ΕΠΙΠΕΔΟ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ 6 R
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΩΝ RC31LL (ΒΔ '59)



ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΑ ΕΠΙΠΕΔΟ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ 6 R
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΩΝ RC41LM (ΒΔ '59 και Πρόσθετα
Άρθρα)



ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΑ ΕΠΙΠΕΔΟ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ 6 R
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΩΝ RC41LH (ΝΕΑΚ/ΕΑΚ 2000)



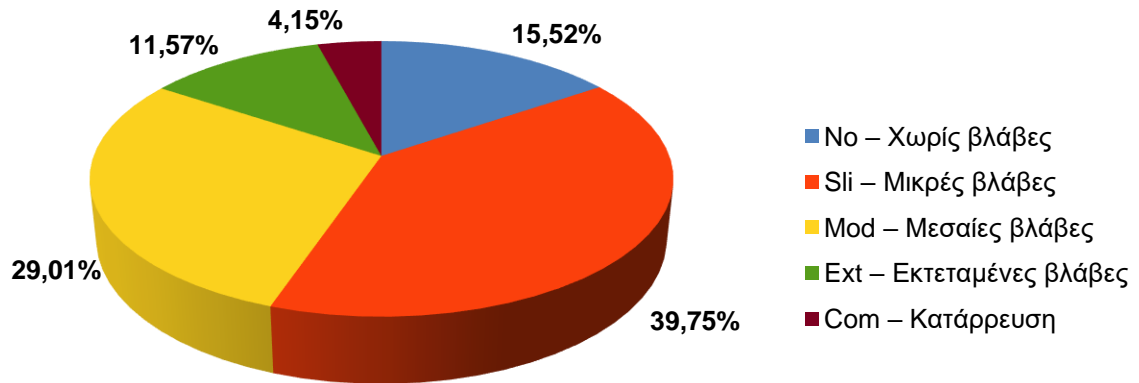
Σύμφωνα με τα ανωτέρω γραφήματα του επιπέδου 2 (Level 2) για σεισμικό σενάριο 6.00 R εξάγονται τα εξής συμπεράσματα,:

- Για κτήρια κατηγορίας M3wL – Χωρίς Αντισεισμικό κανονισμό, το 20.76 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές, το 6.21 % θα υποστεί εκτεταμένες ζημιές και το 2.07 % θα υποστεί κατάρρευση.
- Για κτήρια κατηγορίας RC31LL – ΒΔ'59, το 6.20 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές και κανένα κτήριο δεν θα υποστεί εκτεταμένες ζημιές και κανένα κτήριο δεν θα υποστεί κατάρρευση.
- Για κτήρια κατηγορίας RC41LM – ΒΔ'59 και Πρόσθετα Άρθρα, , το 6.04 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές και κανένα κτήριο δεν θα υποστεί εκτεταμένες ζημιές και κανένα κτήριο δεν θα υποστεί κατάρρευση.

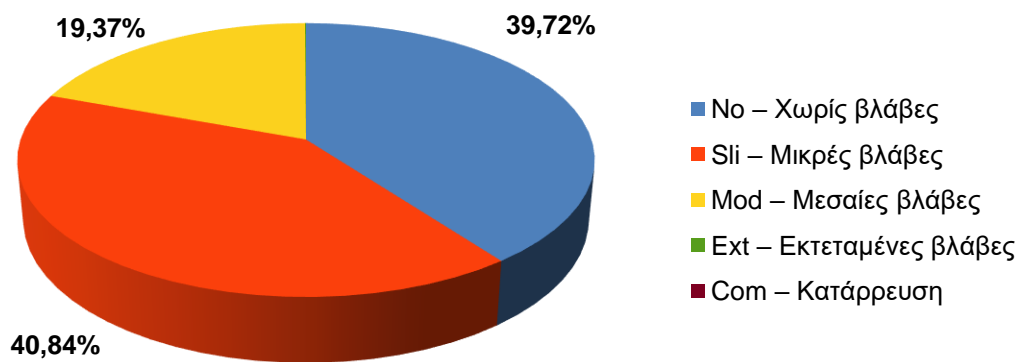
- Για κτήρια κατηγορίας RC41LH – NEAK / EAK 2000 το 0.91 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές και κανένα κτήριο δεν θα υποστεί εκτεταμένες ζημιές και κανένα κτήριο δεν θα υποστεί κατάρρευση.

Με βάση τα ανωτέρω παρουσιάζεται πολύ καλή συμπεριφορά στα νεότερα κτήρια κατηγορίας RC41LH τα οποία που έχουν σχεδιαστεί με NEAK/EAK 2000 καθώς οι απώλειες τους είναι μηδενικές, καθώς μόνο το 0.91 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές εν αντιθέσει με τα κτήρια κατηγορίας M3wL, τα οποία δεν έχουν σχεδιαστεί με αντισεισμικό κανονισμό, όπου το 20.76 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές. Επίσης παρατηρείται καλή συμπεριφορά για τα κτήρια κατηγορίας RC31LL καθώς και για τα κτήρια κατηγορίας RC41LM και RC41LH καθώς κανένα κτήριο των κατηγοριών αυτών δεν θα υποστεί εκτεταμένες και καταστροφικές ζημιές (κατάρρευση).

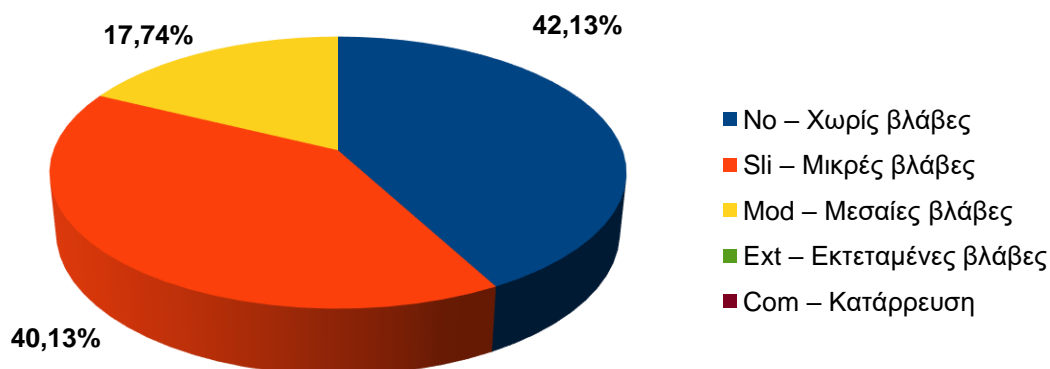
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΑ ΕΠΙΠΕΔΟ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ 6,5 R
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΩΝ Μ3wL (Χωρίς αντισεισμικό κανονισμό)



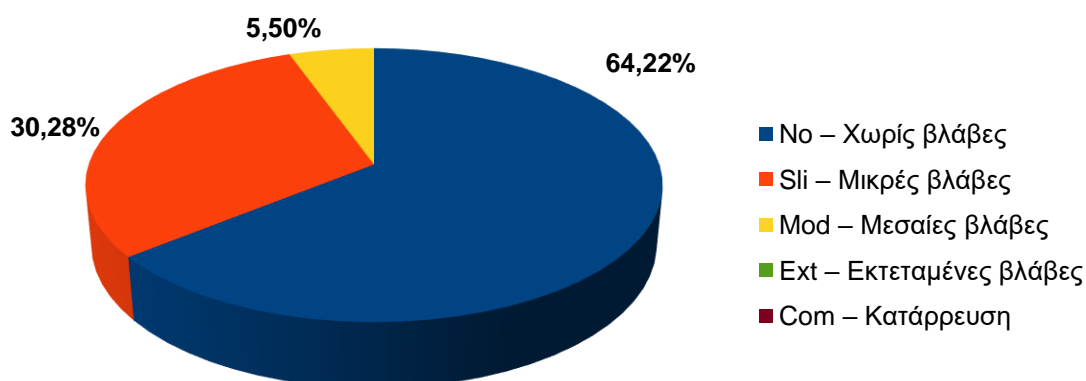
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΑ ΕΠΙΠΕΔΟ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ 6,5 R
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΩΝ RC31LL (ΒΔ '59)



ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΑ ΕΠΙΠΕΔΟ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ 6,5 R
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΩΝ RC41LM (ΒΔ '59 και Πρόσθετα Άρθρα)



ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΑ ΕΠΙΠΕΔΟ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ 6,5 R
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΩΝ RC41LH (NEAK/ΕΑΚ 2000)



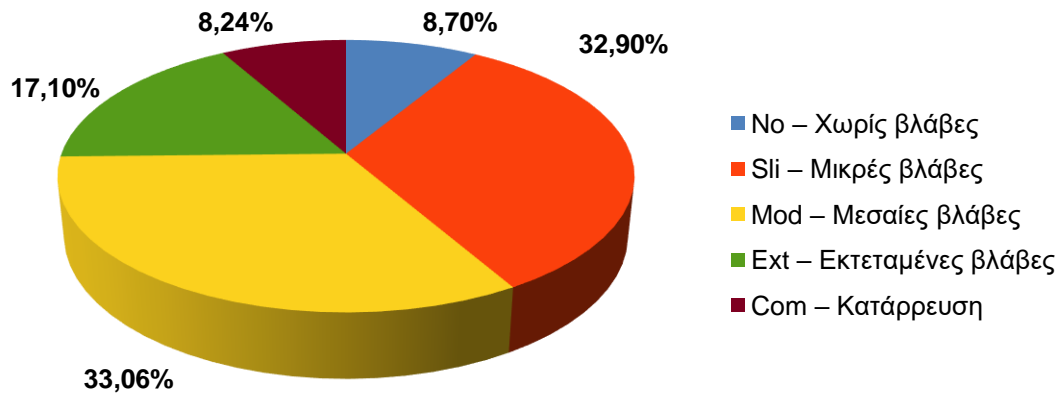
Σύμφωνα με τα ανωτέρω γραφήματα του επιπέδου 2 (Level 2) για σεισμικό σενάριο 6.5 R εξάγονται τα εξής συμπεράσματα,:

- Για κτήρια κατηγορίας M3wL – Χωρίς Αντισεισμικό κανονισμό, το 29.01 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές, το 11.57 % θα υποστεί εκτεταμένες ζημιές και το 4.15 % θα υποστεί κατάρρευση.
- Για κτήρια κατηγορίας RC31LL – ΒΔ'59, το 19.37 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές και κανένα κτήριο δεν θα υποστεί εκτεταμένες ζημιές και κανένα κτήριο δεν θα υποστεί κατάρρευση.

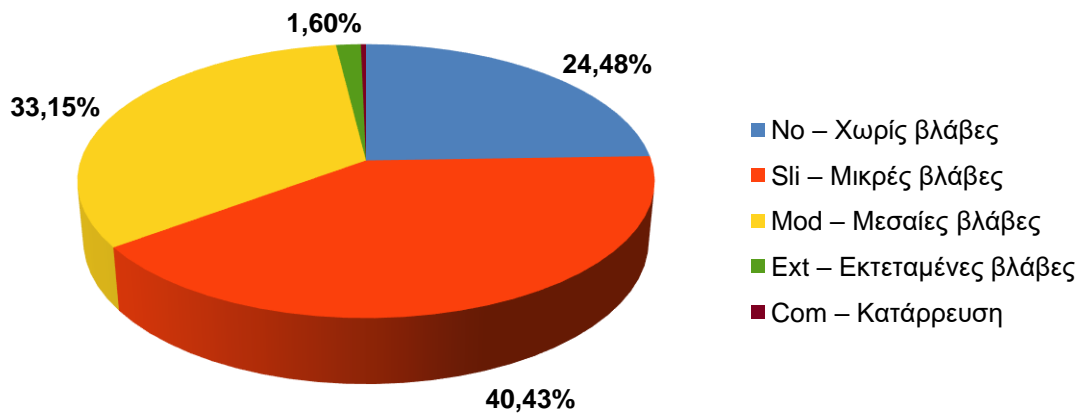
- Για κτήρια κατηγορίας RC41LM – ΒΔ'59 και Πρόσθετα Άρθρα, , το 17.74 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές και κανένα κτήριο δεν θα υποστεί εκτεταμένες ζημιές και κανένα κτήριο δεν θα υποστεί κατάρρευση.
- Για κτήρια κατηγορίας RC41LH – NEAK / EAK 2000 το 5.50 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές και κανένα κτήριο δεν θα υποστεί εκτεταμένες ζημιές και κανένα κτήριο δεν θα υποστεί κατάρρευση.

Με βάση τα ανωτέρω παρουσιάζεται πολύ καλή συμπεριφορά στα νεότερα κτήρια κατηγορίας RC41LH τα οποία που έχουν σχεδιαστεί με NEAK/EAK 2000 καθώς οι απώλειες τους είναι ελάχιστες, καθώς μόνο το 5.50 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές εν αντιθέσει με τα κτήρια κατηγορίας M3wL, τα οποία δεν έχουν σχεδιαστεί με αντισεισμικό κανονισμό, όπου το 29.01 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές. Επίσης παρατηρείται καλή συμπεριφορά για τα κτήρια κατηγορίας RC31LL καθώς και για τα κτήρια κατηγορίας RC41LM και RC41LH κανένα κτήριο των κατηγοριών αυτών δεν θα υποστεί εκτεταμένες και καταστροφικές ζημιές (κατάρρευση), εν αντιθέσει με τα κτήρια κατηγορίας M3WI, όπου το 4.15% θα υποστεί κατάρρευση.

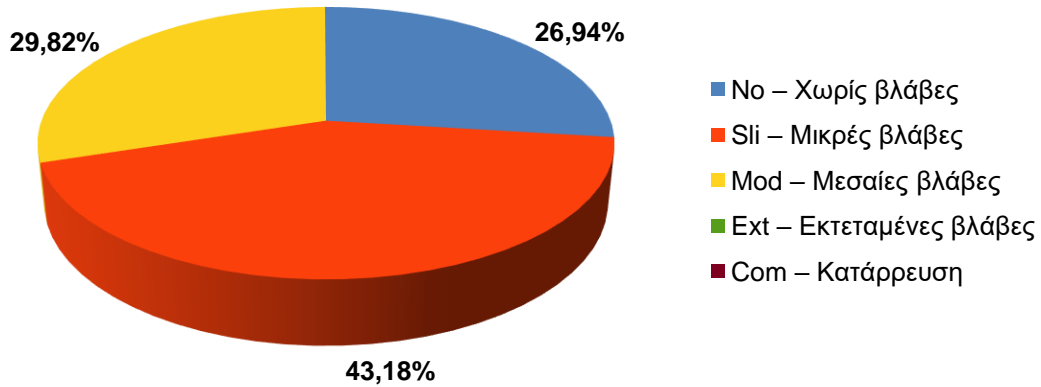
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΑ ΕΠΙΠΕΔΟ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ 6,8 R
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΩΝ M3wL (Χωρίς αντισεισμικό
κανονισμό)



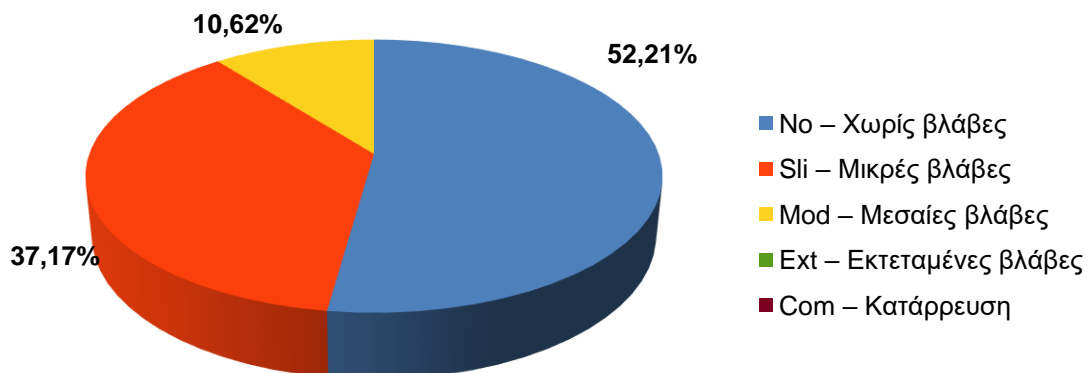
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΑ ΕΠΙΠΕΔΟ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ 6,8 R
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΩΝ RC31LL (ΒΔ '59)



ΠΟΣΟΣΤΟ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ 6,8 R
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΩΝ RC41LM (ΒΔ '59 και Πρόσθετα Άρθρα)



ΠΟΣΟΣΤΟ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ 6,8 R
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΩΝ RC41LH (ΝΕΑΚ/ΕΑΚ 2000)



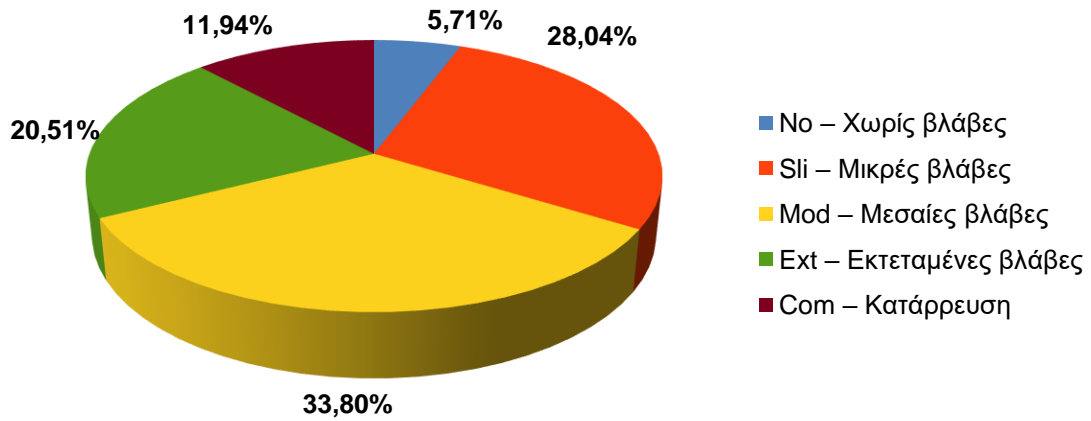
Σύμφωνα με τα ανωτέρω γραφήματα του επιπέδου 2 (Level 2) για σεισμικό σενάριο 6.8 R εξάγονται τα εξής συμπεράσματα,:

- Για κτήρια κατηγορίας M3wL – Χωρίς Αντισεισμικό κανονισμό, το 33.06 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές, το 17.10 % θα υποστεί εκτεταμένες ζημιές και το 8.24 % θα υποστεί κατάρρευση.
- Για κτήρια κατηγορίας RC31LL – ΒΔ'59, το 33.15 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές, το 1.60 % θα υποστεί εκτεταμένες ζημιές και κανένα κτήριο δεν θα υποστεί κατάρρευση.

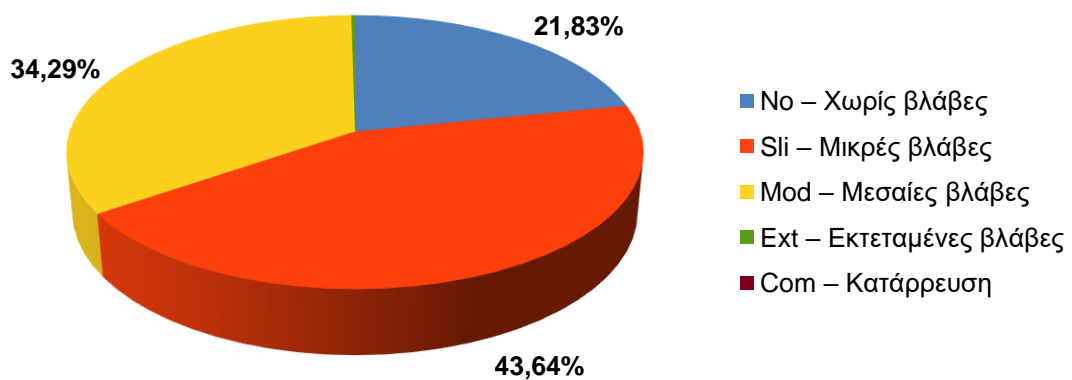
- Για κτήρια κατηγορίας RC41LM – ΒΔ'59 και Πρόσθετα Άρθρα, , το 29.82 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές και κανένα κτήριο δεν θα υποστεί εκτεταμένες ζημιές και κατάρρευση.
- Για κτήρια κατηγορίας RC41LH – ΝΕΑΚ / ΕΑΚ 2000 το 10.62 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές και κανένα κτήριο δεν θα υποστεί εκτεταμένες ζημιές και κανένα κτήριο δεν θα υποστεί κατάρρευση.

Με βάση τα ανωτέρω παρουσιάζεται πολύ καλή συμπεριφορά στα νεότερα κτήρια κατηγορίας RC41LH τα οποία που έχουν σχεδιαστεί με ΝΕΑΚ/ΕΑΚ 2000 καθώς οι απώλειες τους είναι ελάχιστες, καθώς μόνο το 10.62 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές εν αντιθέσει με τα κτήρια κατηγορίας M3wL, τα οποία δεν έχουν σχεδιαστεί με αντισεισμικό κανονισμό, όπου το 33.06 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές. Επίσης παρατηρείται καλή συμπεριφορά για τα κτήρια κατηγορίας RC31LL καθώς και για τα κτήρια κατηγορίας RC41LM και RC41LH κανένα κτήριο των κατηγοριών αυτών δεν θα υποστεί καταστροφικές ζημιές (κατάρρευση), εν αντιθέσει με τα κτήρια κατηγορίας M3WI, όπου το 8.29 % θα υποστεί κατάρρευση.

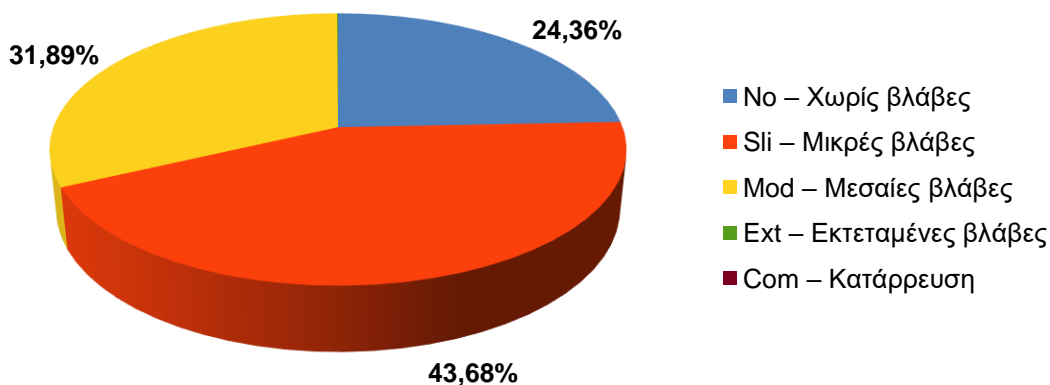
ΠΟΣΟΣΤΟ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ 7 R
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΩΝ M3wL (Χωρίς αντισεισμικό
κανονισμό)



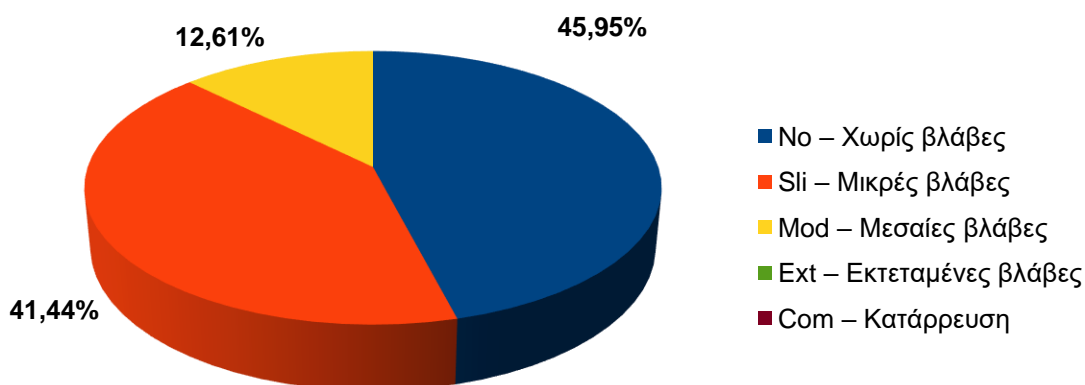
ΠΟΣΟΣΤΟ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ 7 R
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΩΝ RC31LL (ΒΔ '59)



ΠΟΣΟΣΤΟ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ 7 R
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΩΝ RC41LM (ΒΔ '59 και Πρόσθετα Άρθρα)



ΠΟΣΟΣΤΟ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ 7 R
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΤΗΡΙΩΝ RC41LH (ΝΕΑΚ/ΕΑΚ 2000)



Σύμφωνα με τα ανωτέρω γραφήματα του επιπέδου 2 (Level 2) για σεισμικό σενάριο 7.0 R εξάγονται τα εξής συμπεράσματα,:

- Για κτήρια κατηγορίας M3wL – Χωρίς Αντισεισμικό κανονισμό, το 33.80 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές, το 20.51 % θα υποστεί εκτεταμένες ζημιές και το 11.94 % θα υποστεί κατάρρευση.
- Για κτήρια κατηγορίας RC31LL – ΒΔ'59, το 34.29 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές και κανένα κτήριο δεν θα υποστεί εκτεταμένες ζημιές και κατάρρευση.
- Για κτήρια κατηγορίας RC41LM – ΒΔ'59 και Πρόσθετα Άρθρα, , το 31.89 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές και κανένα κτήριο δεν θα υποστεί εκτεταμένες ζημιές και κατάρρευση.

- Για κτήρια κατηγορίας RC41LH – NEAK / EAK 2000 το 12.61 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές και κανένα κτήριο δεν θα υποστεί εκτεταμένες ζημιές και κανένα κτήριο δεν θα υποστεί κατάρρευση.

Με βάση τα ανωτέρω παρουσιάζεται πολύ καλή συμπεριφορά στα νεότερα κτήρια κατηγορίας RC41LH τα οποία που έχουν σχεδιαστεί με NEAK/EAK 2000 καθώς οι απώλειες τους είναι ελάχιστες, καθώς μόνο το 12.61 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές εν αντιθέσει με τα κτήρια κατηγορίας M3wL, τα οποία δεν έχουν σχεδιαστεί με αντισεισμικό κανονισμό, όπου το 33.80 % θα υποστεί μεσαίες ζημιές. Επίσης παρατηρείται καλή συμπεριφορά για τα κτήρια κατηγορίας RC31LL καθώς και για τα κτήρια κατηγορίας RC41LM και RC41LH κανένα κτήριο των κατηγοριών αυτών δεν θα υποστεί καταστροφικές ζημιές (κατάρρευση), εν αντιθέσει με τα κτήρια κατηγορίας M3WI, όπου το 11.94 % θα υποστεί κατάρρευση.

4.7 Συμπεράσματα

Ολοκληρώνοντας; την ανάλυση των προηγούμενων παραγράφων προκύπτει ότι τα κτήρια κατηγορίας M3wL τα οποία έχουν σχεδιαστεί χωρίς αντισεισμικό κανονισμό, καθώς αυξάνεται η ένταση του σεισμού αυξάνονται αντίστοιχα οι απώλειες, ήτοι κατάρρευση. Εν αντιθέσει τα κτήρια των υπόλοιπων κατηγοριών παρουσιάζουν πρακτικά μηδενικές καταστροφές μέχρι και τα 6.8 R και μόνο στο σενάριο με τα 7.0 R παρουσιάζεται ελάχιστο ποσοστό καταστροφών.

Συμπερασματικά προκύπτει ότι τα κτήρια που έχουν κατασκευαστεί με αντισεισμικό κανονισμό έχουν σαφώς καλύτερη συμπεριφορά σε σχέση με τα κτήρια που έχουν κατασκευαστεί χωρίς αντισεισμικό κανονισμό.

Θα πρέπει να προταθούν παρεμβάσεις αντισεισμικής ενίσχυσης των παλιότερων κτηρίων που έχουν κατασκευαστεί χωρίς αντισεισμικό κανονισμό με στόχο αύξηση της αντοχής τους σε ένα σεισμικό φαινόμενο και κατά συνέπεια την μείωση των απωλειών

Μια παρέμβαση που μπορεί να προταθεί είναι η πραγματοποίηση αυτοψιών, κατά τις οποίες θα γίνει ακριβής καταγραφή και αξιολόγηση των υφιστάμενων κτηρίων με πιθανό υψηλό ποσοστό ζημιών και στη συνέχεια, τα στοιχεία αυτά να διαβιβαστούν στις αρμόδιες αρχές ώστε να πραγματοποιηθούν οι απαιτούμενες ενέργειες στοχευμένα. Στόχος είναι να υπάρξει μεγαλύτερη ετοιμότητα τόσο από άποψη συντήρησης κτηρίων, όσο και από την άποψη της προετοιμασίας (π.χ. σχεδιάζοντας οδούς διαφυγής ή καταγράφοντας τα σημεία στα οποία θα απαιτηθεί πιο άμεση παρέμβαση από την πολιτική προστασία) για την αντιμετώπιση ενός μελλοντικού σεισμικού γεγονότος αφού θα είναι γνωστές οι περιοχές ή ακόμα και τα συγκεκριμένα κτήρια που θα υποστούν τις μεγαλύτερες επιπτώσεις.

Εν κατακλείδι αν γίνει ακριβής καταγραφή σε κάθε Δημοτική Ενότητα των υφιστάμενων κτηρίων και της πραγματικής τους κατάστασης, προφανώς με μεγαλύτερη λεπτομέρεια από τα στοιχεία όπως τα διαθέτει η ΕΛΣΤΑΤ, θα είναι δυνατή η επικαιροποίηση των δεδομένων εισόδου του μοντέλου με πραγματικά δεδομένα και δεν θα απαιτείται η παραμικρή παραδοχή. Έτσι θα είναι δυνατή η παραγωγή ρεαλιστικών αποτελεσμάτων, άμεσα αξιοποιήσιμων από τις αρχές.

Θεωρείται αυτονόητο ότι σε περίπτωση σεισμικού γεγονότος χωρίς να μεσολαβήσει κάποια παρέμβαση πρέπει να τηρηθούν οι οδηγίες που παρέχονται από της αρμόδιες αρχές, όσον αφορά τον έλεγχο και την απαιτούμενη συντήρηση που ενδεχομένως προκύψει.

Βιβλιογραφία

Βιβλία

1. Παπαφωτίου Απόστολος, 2002, “Σεισμοί και Κατασκευές στην Κορινθία (Ιστορική Αναδρομή)”, Εκδόσεις Κατάγραμμα.
2. Bogazici University, Department of Earthquake Engineering, «ELER v 3.0 Technical Manual and Users Guide», by Bogazici University Instabul 2010

Βιβλιογραφικό Υλικό Υλικό από Ιστοτόπους

1. ΟΑΣΠ (2007) . Η γνώση είναι προστασία
<http://edu-gate.minedu.gov.gr/AntiseismikiProstasia/OASP%20-%20Seismos%20H%20Gnosi%20Einai%20Prostasia.pdf>
2. ΕΑΚ 2000 ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ 2000
<https://www.oasp.gr/userfiles/EAK2000.pdf>
3. ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΕΥΧΟΣ 1. ΓΙΑΝΝΗΣ ΨΥΧΑΡΗΣ (ΑΘΗΝΑ 2016). ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ,ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
http://lee.civil.ntua.gr/pdf/mathimata/antiseismiki_texnologia_1/simeioseis/notes_psyxarh_teuchos_1.pdf
4. Χρήστος Ιγνατάκης & Αναστάσιος Σέχτος. Εισαγωγή στον Ευρωκώδικα 8 (ανάκτηση 2022)
https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/6414/1/02_chapter_1.pdf
5. 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας, 5-7 Νοεμβρίου 2008, Άμεσος υπολογισμός συνθετικών χαρτών εδαφικής κίνησης από σεισμούς στην Ελλάδα: αποτελέσματα πιλοτικής εφαρμογής, Ζαφειρία Ρουμेलιώτη, Αναστασία Κυρατζή, Douglas Dreger
https://www.researchgate.net/publication/248386554_Amesos_ypologismos_synthetikon_charton_tes_edaphikes_kineses_apo_seismous_sten_Ellada_apotelesmata_pilotikes_ep_harmoges_NearReal_Time_Shake_Maps_for_Earthquakes_in_Greece_pilot_application
6. Ευρωκώδικας 8 :Αντισεισμικός Σχεδιασμός, Ελληνική απόδοση, Δεκέμβριος 2004
http://www.teetas.gr/sites/default/files/seminaria/1.ek_8_-_sholia_hronopoylos.pdf
7. The vulnerability assessment of current buildings by a macroseismic approach derived from EMS-98 Scale, Alberto Bernardini, Sonia Giovinazzi, Sergio Lagomarnino, Sonia Parodi, 2007
https://www.researchgate.net/publication/44284400_The_vulnerability_assessment_of_current_buildings_by_a_macroseismic_approach_derived_from_the_EMS-98_scale
8. Ειρ, Ζανανίρι & Tsombos, Panagiotis & Photiades, Adonis & Chiotis, Eustathios. (2008). Η ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΣΕ ΔΙΕΘΝΕΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ. ΙΔΙΑΙΤΕΡΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΑΧΩΡΑ ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ. THE GULF OF CORINTH AS AN INTERNATIONAL GEOLOGICAL LABORATORY. THE CASE OF PERACHORA PENINSULA.
https://www.researchgate.net/publication/315487548_E_DIACHRONIKE_EXELIXE_TOU_KORINTHIA-

ΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΣΕ ΔΙΕΘΝΕΣ ΓΕΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΙΔΙΑΙΤΕΡΕ ΑΝΑΦΟΡΑ
Α ΣΤΗΝ ΠΕΡΑΧΟΡΑ ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ THE GULF OF CORINTH AS AN INTERN
ATIONAL GEOLOGICAL LABORATORY THE CASE OF PE

9. Γεώργιος Παναγόπουλος & Ανδρέας Ι. Κάππος «Υπολογισμός καμπύλων τρωτότητας για ελληνικά κτίρια από Ο/Σ», 15ο Συνέδριο σκυροδέματος ΤΕΕ ΕΤΕΚ Αλεξανδρούπολη, 25-27 Οκτωβρίου 2006.

<https://docplayer.gr/storage/52/30358938/1658135895/NrKlxYp23MTMYyxsvde51A/30358938.pdf>

10. <https://www.tovima.gr/2018/04/18/science/google-dimioyrgise-tin-arxaia-korintho-se-psifiaki-apeikonisi/>, ανάκτηση 2022
11. <https://www.korinthiakos.info/content/%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%AF%CE%B1-%CE%BA%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%BD%CE%B8%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CF%8D-%CE%BA%CF%8C%CE%BB%CF%80%CE%BF%CF%85>
12. Γεωδυναμικό Ινστιτούτο (Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών), <http://www.gein.noa.gr/el/>.
13. e-BHMA, <https://www.tovima.gr/2018/04/18/science/google-dimioyrgise-tin-arxaia-korintho-se-psifiaki-apeikonisi/>, ανάκτηση 2022
14. ΕΛΣΤΑΤ, <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SAM03/->, ανάκτηση 2022

Διπλωματικές Εργασίες:

1. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Νικόλαος Κουμούτσος, 2017. «ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΚΕΦΑΛΙΟΝΑΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ».

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Χαρτογράφηση Δεδομένων και Αποτελεσμάτων








ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

 Οριο Περιοχής Μελέτης

ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΔΙΑΙΡΕΣΗ

-  Δημοτική Κοινότητα Κορίνθου
-  Δημοτική Κοινότητα Αρχαίας Κορίνθου
-  Δημοτική Κοινότητα Εξαμιλιών
-  Τοπική Κοινότητα Ευλοκεριζής
-  Τοπική Κοινότητα Σολομού

ΤΙΤΛΟΣ ΧΑΡΤΗ

ΧΑΡΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

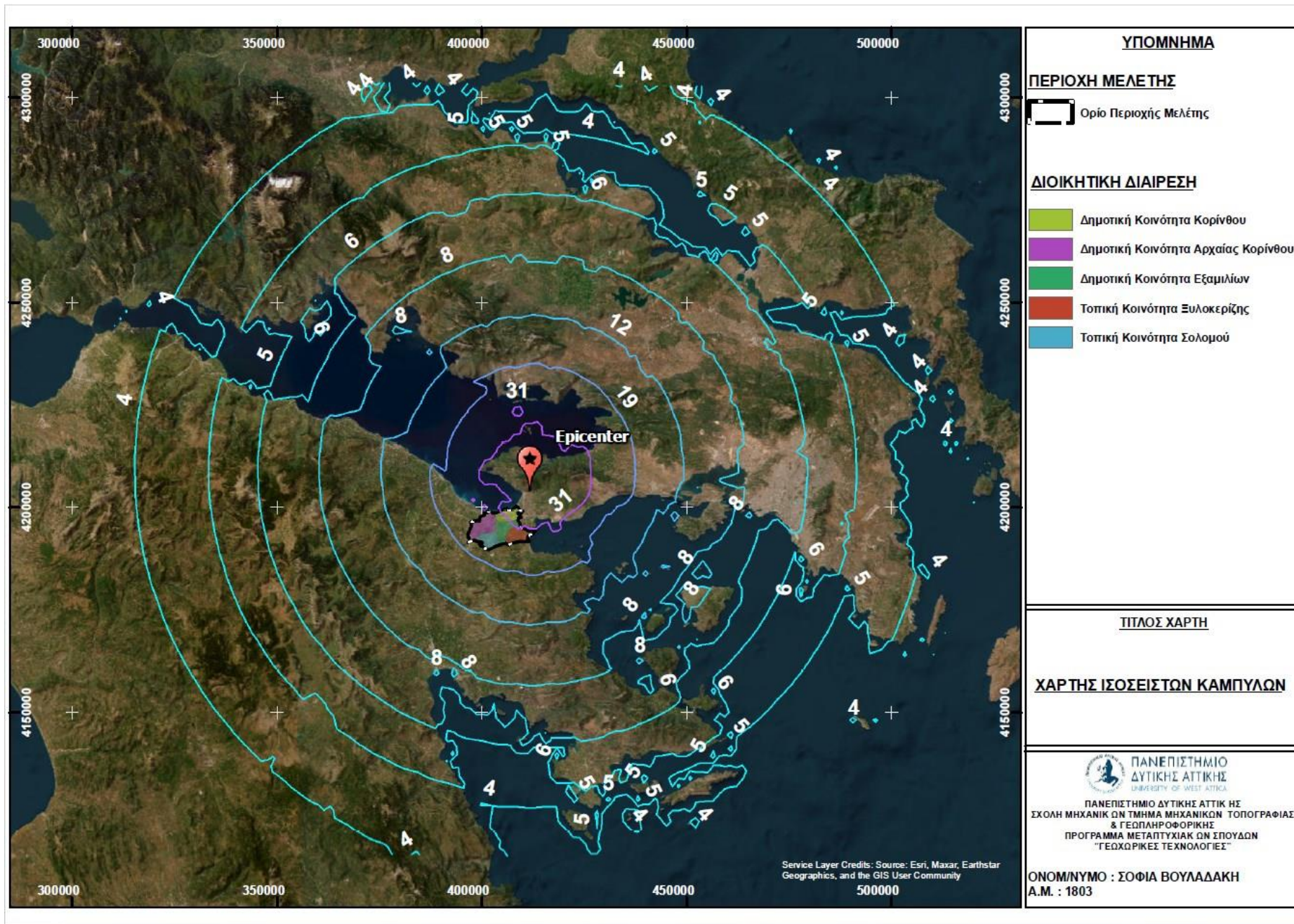


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ ΗΣ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΩΝ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
 & ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
 "ΓΕΩΧΩΡΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ"

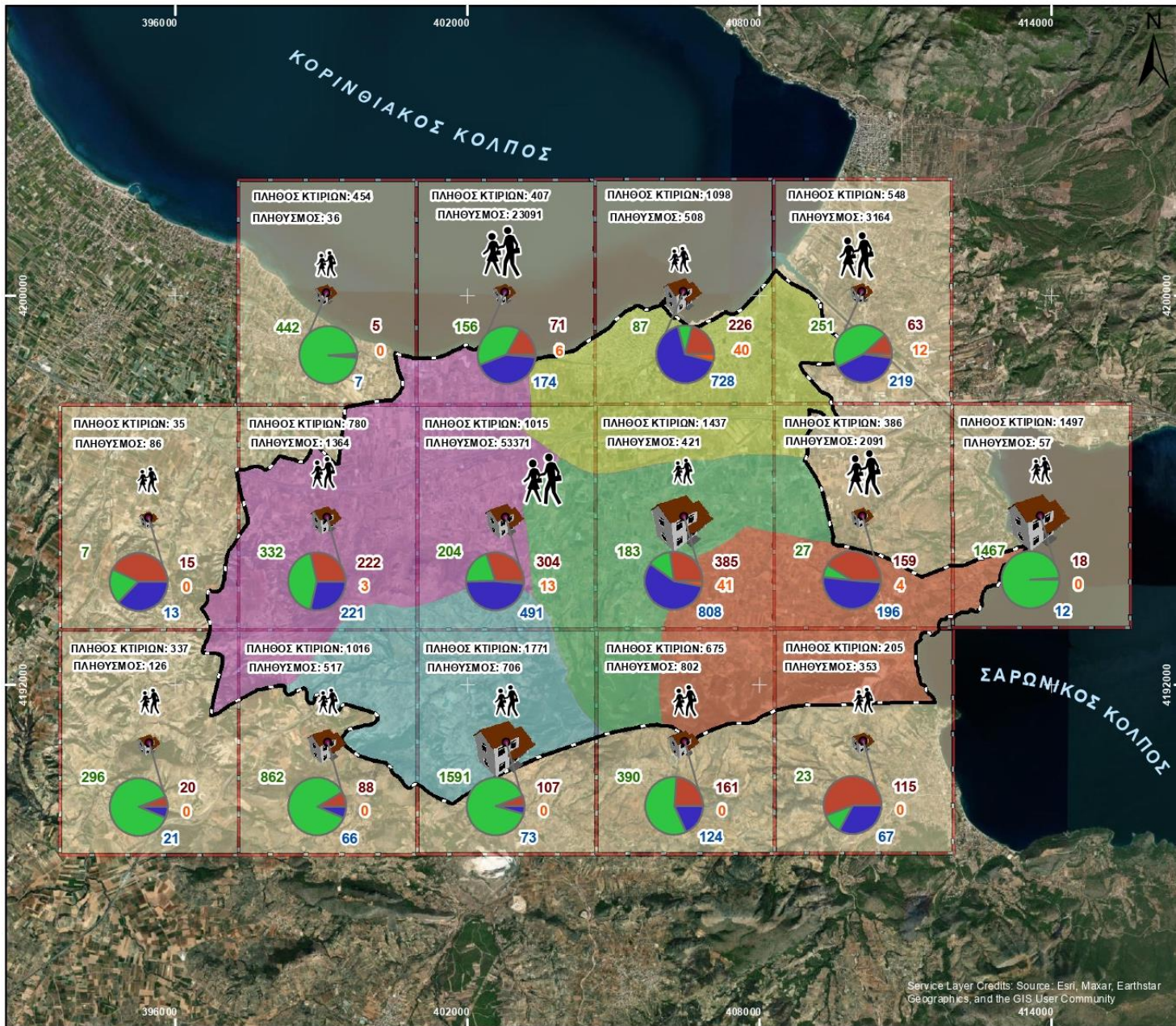
ΟΝΟΜ/ΝΥΜΟ : ΣΟΦΙΑ ΒΟΥΛΑΔΑΚΗ
 Α.Μ. : 1803

Service Layer Credits: Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community

Χάρτης περιοχής μελέτης



Χάρτης ισόσειστων καμπυλών



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ
 Πινακίδες εφαρμογής ανάλυσης

ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΔΙΑΙΡΕΣΗ

- Δημοτική Κοινότητα Κορίνθου
- Δημοτική Κοινότητα Αρχαίας Κορίνθου
- Δημοτική Κοινότητα Εξαμιλιών
- Τοπική Κοινότητα Ξυλοκεριζής
- Τοπική Κοινότητα Σολομού

ΠΛΗΘΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

- 35 - 200
- 201 - 600
- 601 - 800
- 801 - 1200
- 1201 - 1771

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ

- 36 - 600
- 601 - 1500
- 1501 - 3000
- 3001 - 20000
- 20001 - 53371

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

- M3wL (Χωρίς κανονισμό)
- RC31LL (Β'Δ'59)
- RC41LM (Β'Δ'59 και Πρόσθετα άβρα)
- RC41LH (ΝΕΑΚ/ΕΑΚ2000)

ΤΙΤΛΟΣ ΧΑΡΤΗ

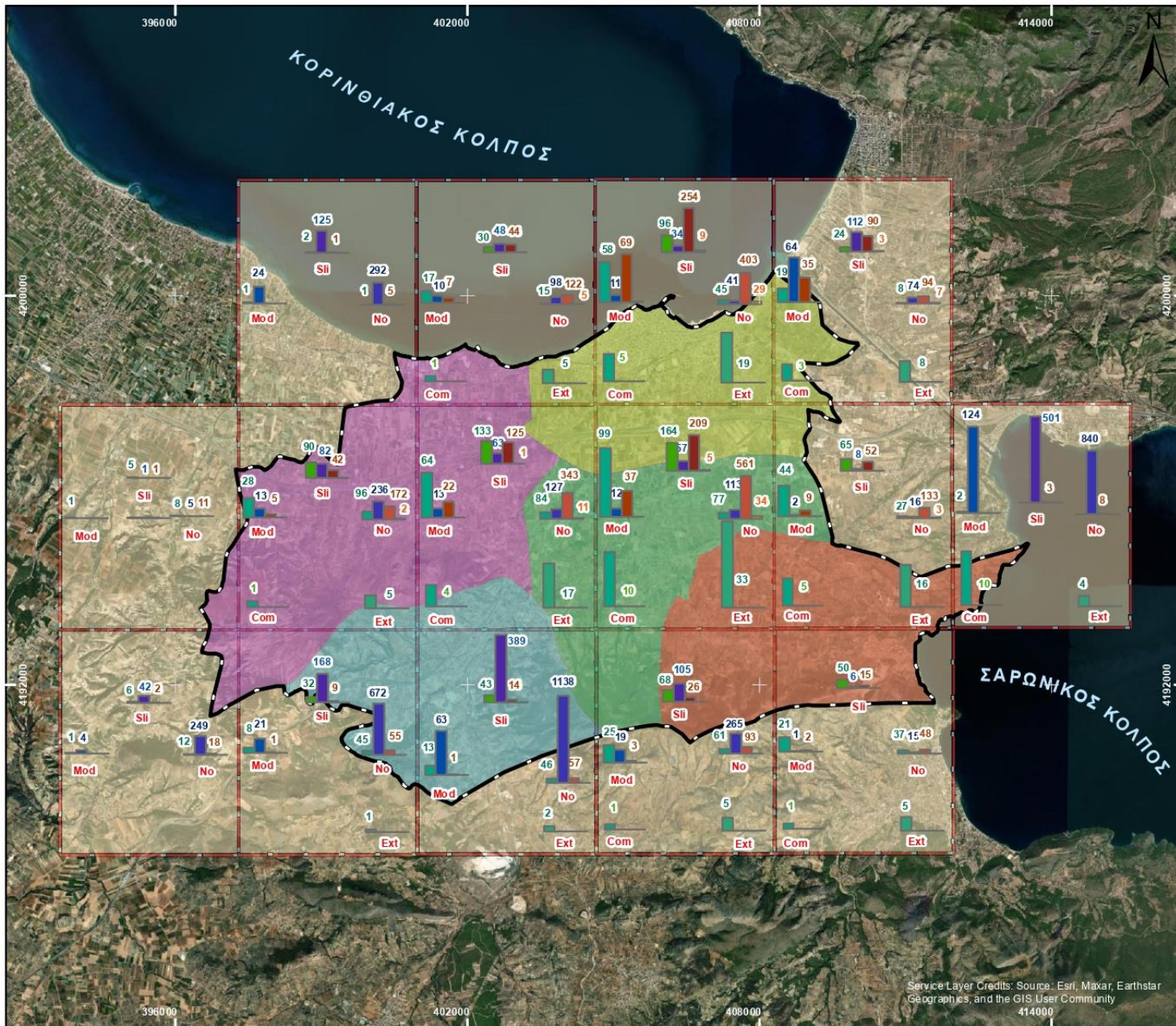
ΧΑΡΤΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ - ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
 UNIVERSITY OF WEST ATTICA

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ ΗΣ ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ & ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "ΓΕΩΧΩΡΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ"

ΟΝΟΜ/ΝΥΜΟ : ΣΟΦΙΑ ΒΟΥΛΑΔΑΚΗ
A.M. : 1803

Κατανομή πληθυσμού-κτηρίων ανά κατηγορία αντισεισμικού σχεδιασμού



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

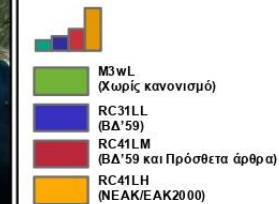
ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Πινακίδες εφαρμογής ανάλυσης

ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΔΙΑΙΡΕΣΗ

- Δημοτική Κοινότητα Κορίνθου
- Δημοτική Κοινότητα Αρχαίας Κορίνθου
- Δημοτική Κοινότητα Εξαμιλίων
- Τοπική Κοινότητα Ξυλοκεριζής
- Τοπική Κοινότητα Σολομού

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ



ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΖΗΜΙΩΝ

- No damage (No) - Χωρίς βλάβες
- Slight damage (Sli) - Μικρές βλάβες
- Moderate damage (Mod) - Μεσαίες βλάβες
- Extensive damage (Ext) - Εκτεταμένες βλάβες
- Complete damage (Com) - Κατάρρευση

ΤΙΤΛΟΣ ΧΑΡΤΗ

ΧΑΡΤΗΣ ΚΤΗΡΙΑΚΩΝ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΙΣΜΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 6.0 R

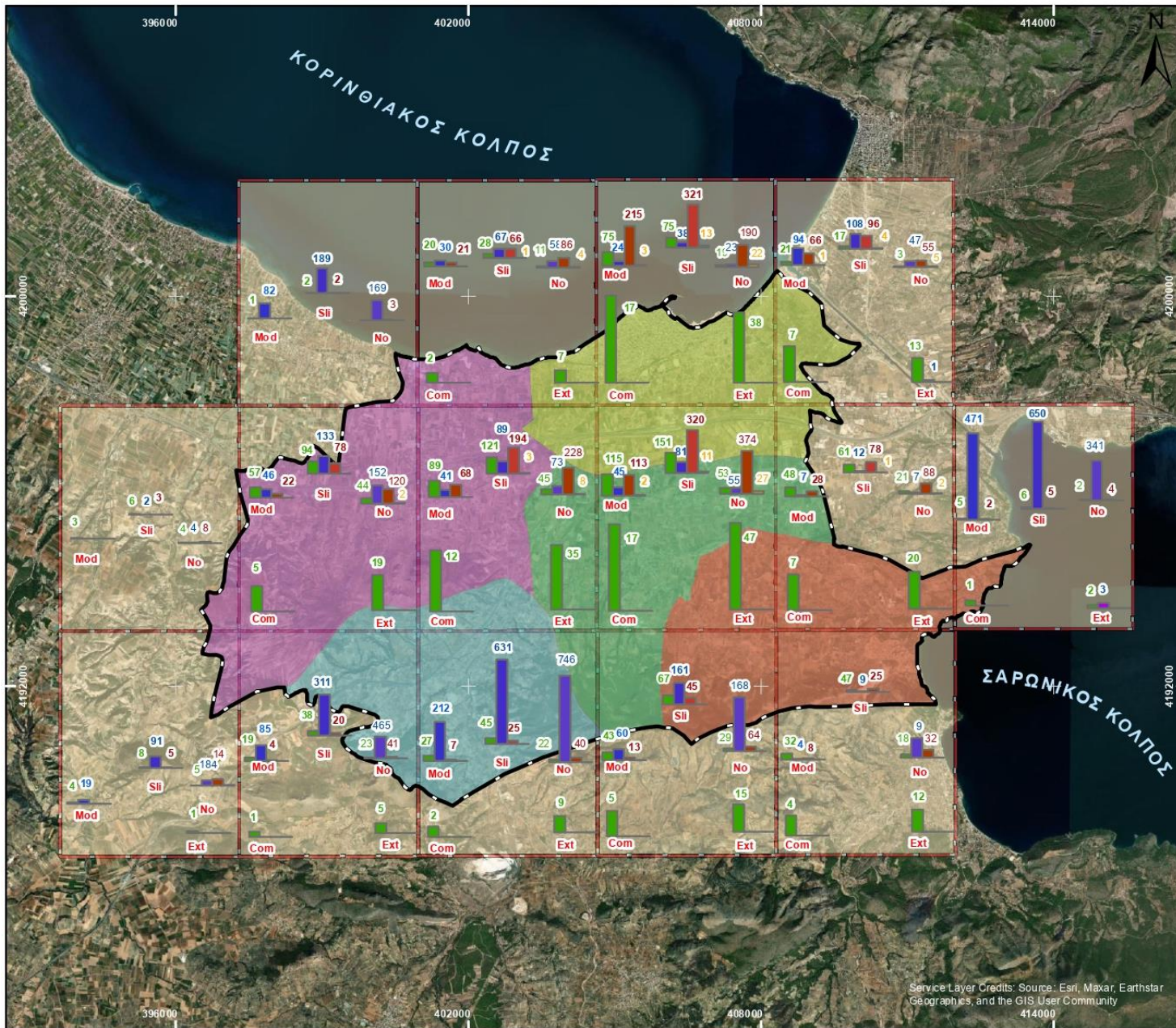


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ ΗΣ ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ & ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "ΓΕΩΧΩΡΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ"

ΟΝΟΜ/ΝΥΜΟ : ΣΟΦΙΑ ΒΟΥΛΑΔΑΚΗ
Α.Μ. : 1803

Χάρτης κτηριακών ζημιών για σεισμικό σενάριο 6.0 R



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Πινακίδες εφαρμογής ανάλυσης

ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΔΙΑΙΡΕΣΗ

- Δημοτική Κοινότητα Κορίνθου
- Δημοτική Κοινότητα Αρχαίας Κορίνθου
- Δημοτική Κοινότητα Εξαμιλίων
- Τοπική Κοινότητα Ξυλοκεριζής
- Τοπική Κοινότητα Σολομού

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

- M3wL (Χωρίς κανονισμό)
- RC31LL (ΒΔ'59)
- RC41LM (ΒΔ'59 και Πρόσθετα άρθρα)
- RC41LH (ΝΕΑΚ/ΕΑΚ2000)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΖΗΜΙΩΝ

- No damage (No) - Χωρίς βλάβες
- Slight damage (Sli) - Μικρές βλάβες
- Moderate damage (Mod) - Μεσαίες βλάβες
- Extensive damage (Ext) - Εκτεταμένες βλάβες
- Complete damage (Com) - Κατάρρευση

ΤΙΤΛΟΣ ΧΑΡΤΗ

ΧΑΡΤΗΣ ΚΤΗΡΙΑΚΩΝ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΙΣΜΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 6.5 R

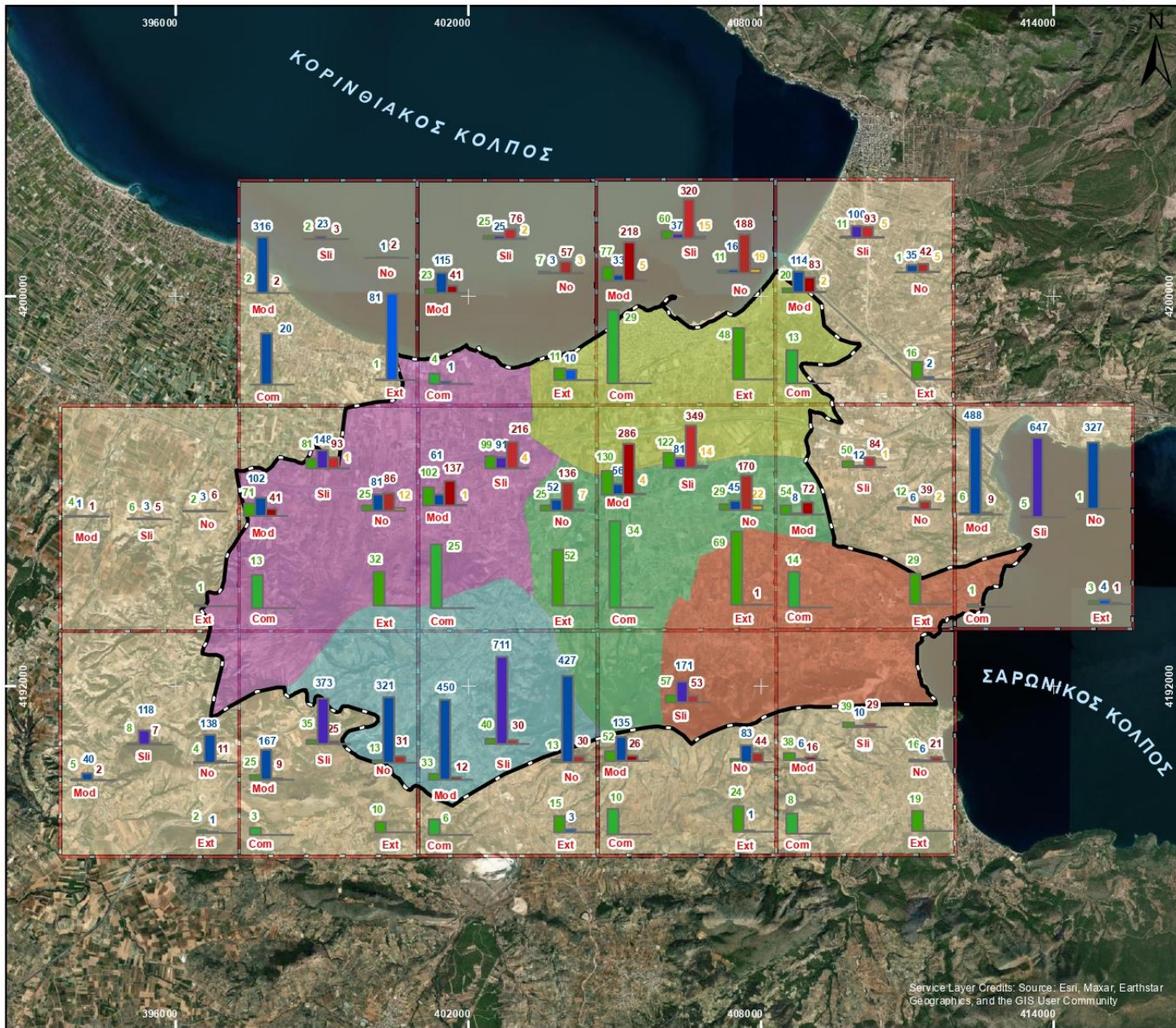
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ ΗΣ ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ & ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "ΓΕΩΧΩΡΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ"

ΟΝΟΜ/ΝΥΜΟ : ΣΟΦΙΑ ΒΟΥΛΑΔΑΚΗ
A.M. : 1803

Service Layer Credits: Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community

Χάρτης κτηριακών ζημιών για το σεισμικό σενάριο 6.5 R



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Πινακίδες εφαρμογής ανάλυσης

ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΔΙΑΙΡΕΣΗ

- Δημοτική Κοινότητα Κορίνθου
- Δημοτική Κοινότητα Αρχαίας Κορίνθου
- Δημοτική Κοινότητα Εξαμιλίων
- Τοπική Κοινότητα Ξυλοκεριζής
- Τοπική Κοινότητα Σολομού

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

- M3wL (Χωρίς κανονισμό)
- RC31LL (ΒΔ'59)
- RC41LM (ΒΔ'59 και Πρόσθετα άρθρα)
- RC41LH (ΝΕΑΚ/ΕΑΚ2000)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΖΗΜΙΩΝ

- No damage (No) - Χωρίς βλάβες
- Slight damage (Sli) - Μικρές βλάβες
- Moderate damage (Mod) - Μεσαίες βλάβες
- Extensive damage (Ext) - Εκτεταμένες βλάβες
- Complete damage (Com) - Κατάρρευση

ΤΙΤΛΟΣ ΧΑΡΤΗ

ΧΑΡΤΗΣ ΚΤΗΡΙΑΚΩΝ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΙΣΜΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 6.8 R

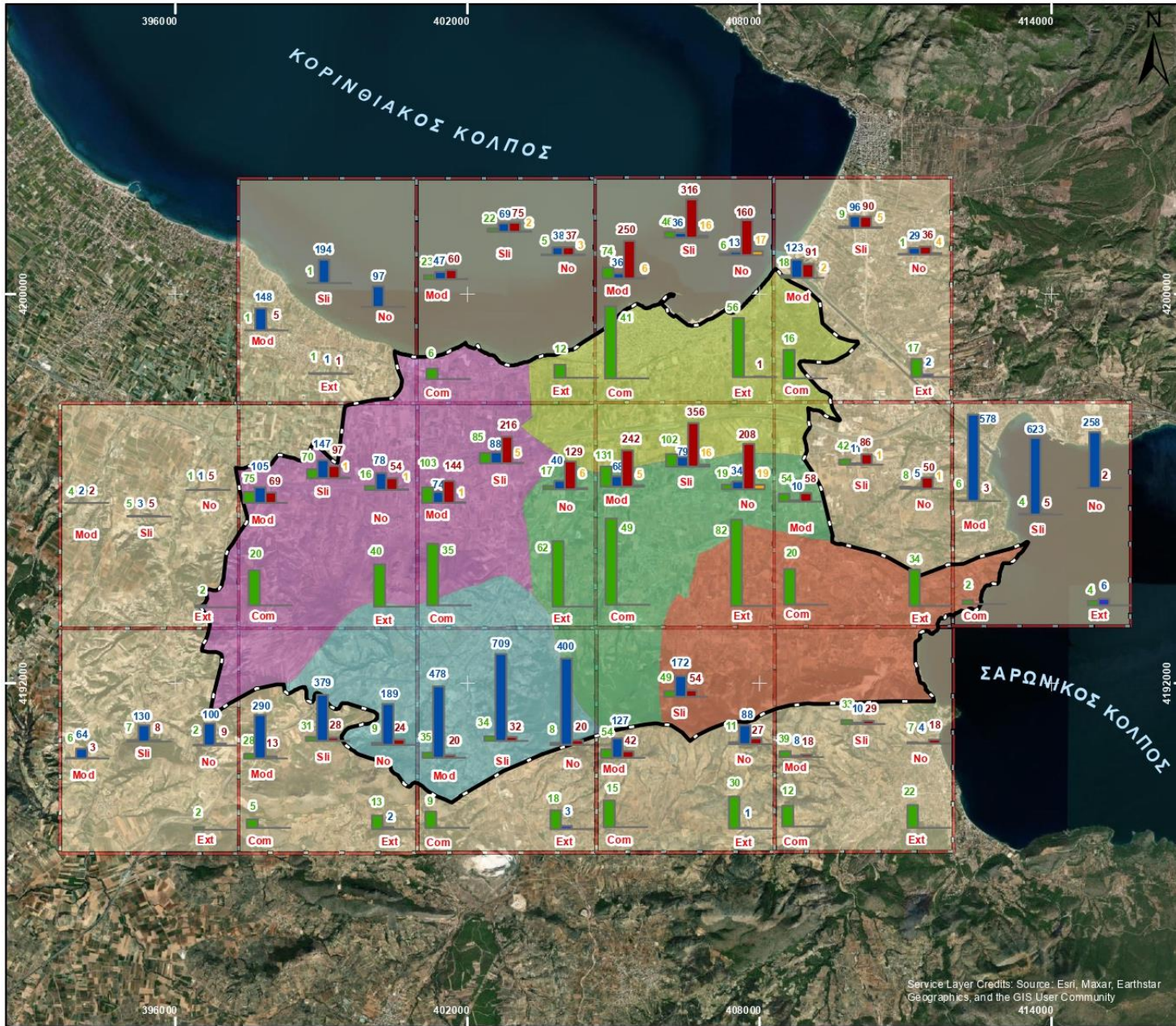


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ ΗΣ ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ & ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "ΓΕΩΧΩΡΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ"

ΟΝΟΜ/ΝΥΜΟ : ΣΟΦΙΑ ΒΟΥΛΑΔΑΚΗ
Α.Μ. : 1803

Χάρτης κτηριακών ζημιών για το σεισμικό σενάριο 6.8 R



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ
 Πινακίδες εφαρμογής ανάλυσης

ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΔΙΑΙΡΕΣΗ

- Δημοτική Κοινότητα Κορίνθου
- Δημοτική Κοινότητα Αρχαίας Κορίνθου
- Δημοτική Κοινότητα Εξαμιλίων
- Τοπική Κοινότητα Ξυλοκεριζής
- Τοπική Κοινότητα Σολομού

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

- M3wL (Χωρίς κανονισμό)
- RC31LL (ΒΔ'59)
- RC41LM (ΒΔ'59 και Πρόσθετα άρθρα)
- RC41LH (ΝΕΑΚ/ΕΑΚ2000)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΖΗΜΙΩΝ

- No damage (No) - Χωρίς βλάβες
- Slight damage (Sli) - Μικρές βλάβες
- Moderate damage (Mod) - Μεσαίες βλάβες
- Extensive damage (Ext) - Εκτεταμένες βλάβες
- Complete damage (Com) - Κατάρρευση

ΤΙΤΛΟΣ ΧΑΡΤΗ

ΧΑΡΤΗΣ ΚΤΗΡΙΑΚΩΝ ΖΗΜΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΙΣΜΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 7.0 R

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
 UNIVERSITY OF WEST ATTICA

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ ΗΣ ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ & ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "ΓΕΩΧΩΡΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ"

ΟΝΟΜ/ΝΥΜΟ : ΣΟΦΙΑ ΒΟΥΛΑΔΑΚΗ
A.M. : 1803

Χάρτης κτηριακών ζημιών για το σεισμικό σενάριο 7.0 R

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Παράμετροι Καμπυλών Ικανότητας και Τρωτότητας κατά Risk-UE , Hazus -MH, Kappos et al

Capacity Curve Parameters for Non-designed RC Buildings of European Building Taxonomy

Building Taxonomy		Capacity Curve Parameters				
Description	Label	T	μ	a_y	d_y	d_u
Concrete Moment Frame	RC1_L	0.54	3.0	0.2070	0.0150	0.0451
	RC1_M	0.85	3.0	0.1240	0.0224	0.0674
	RC1_H	1.30	3.0	0.0720	0.0304	0.0915
Concrete Shear Walls	RC2_L	0.54	3.0	0.2780	0.0201	0.0606
	RC2_M	0.85	3.0	0.1660	0.0300	0.0904
	RC2_H	1.30	3.0	0.0970	0.0407	0.1227
Concrete Frame with URM Infill Walls	RC3_L	0.54	3.0	0.2400	0.0174	0.0523
	RC3_M	0.85	3.0	0.1430	0.0259	0.0781
	RC3_H	1.30	3.0	0.0830	0.0352	0.1060

L:low –rise (1-3 stories)

M: mid-rise (4-7 stories)

H:high – rise (≥ 8 stories)

Fragility Curve Parameters for Non-designed RC Buildings of European Building Taxonomy

Building Taxonomy		Fragility Curve Parameters for Four Damage Levels							
Description	Label	Slight		Moderate		Extensive		Complete	
		$S_{d,s}$	β_s	$S_{d,m}$	β_m	$S_{d,e}$	β_e	$S_{d,c}$	β_c
Concrete Moment Frame	RC1_L	0.011	0.68	0.023	0.68	0.030	0.68	0.045	0.68
	RC1_M	0.016	0.68	0.034	0.68	0.045	0.68	0.067	0.68
	RC1_H	0.021	0.68	0.046	0.68	0.061	0.68	0.092	0.68
Concrete Shear Walls	RC2_L	0.014	0.68	0.030	0.68	0.040	0.68	0.061	0.68
	RC2_M	0.021	0.68	0.045	0.68	0.060	0.68	0.090	0.68
	RC2_H	0.028	0.68	0.061	0.68	0.082	0.68	0.123	0.68
Concrete Frame with URM Infill Walls	RC3_L	0.012	0.68	0.026	0.68	0.035	0.68	0.052	0.68
	RC3_M	0.018	0.68	0.039	0.68	0.052	0.68	0.078	0.68
	RC3_H	0.025	0.68	0.053	0.68	0.071	0.68	0.106	0.68

L:low –rise (1-3 stories)

M: mid-rise (4-7 stories)

H:high – rise (≥ 8 stories)

Capacity Curve Parameters for Code-Designed RC Buildings with Low Ductility (DCL) of European Building Taxonomy

Building Taxonomy		Capacity Curve Parameters				
Description	Label	T	μ	a_y	d_y	d_u
Concrete Moment Frame	RC1-III_L	0.44	3.0	0.2270	0.0108	0.0324
	RC1-II_L		3.0	0.3630	0.0173	0.0518
	RC1-I_L		3.0	0.5020	0.0239	0.0716
	RC1-III_M	0.64	3.0	0.1640	0.0168	0.0504
	RC1-II_M		3.0	0.2630	0.0269	0.0806
	RC1-I_M		3.0	0.3630	0.0371	0.1114
	RC1-III_H	0.91	3.0	0.1150	0.0239	0.0717
	RC1-II_H		3.0	0.1850	0.0382	0.1147
	RC1-I_H		3.0	0.2550	0.0528	0.1584
Concrete Shear Walls	RC2-III_L	0.44	3.0	0.3050	0.0145	0.0434
	RC2-II_L		3.0	0.4870	0.0232	0.0695
	RC2-I_L		3.0	0.6730	0.0320	0.0960
	RC2-III_M	0.64	3.0	0.2200	0.0225	0.0676
	RC2-II_M		3.0	0.3520	0.0361	0.1081
	RC2-I_M		3.0	0.4870	0.0498	0.1494
	RC2-III_H	0.91	3.0	0.1550	0.0321	0.0962
	RC2-II_H		3.0	0.2480	0.0513	0.1538
	RC2-I_H		3.0	0.3420	0.0709	0.2125
Concrete Frame with URM	RC3-III_L	0.44	3.0	0.2630	0.0125	0.0375
	RC3-II_L		3.0	0.4210	0.0200	0.0600
	RC3-I_L		3.0	0.5810	0.0276	0.0829
	RC3-III_M	0.64	3.0	0.1900	0.0195	0.0584
	RC3-II_M		3.0	0.3040	0.0311	0.0934
	RC3-I_M		3.0	0.4200	0.0430	0.1290
	RC3-III_H	0.91	3.0	0.1340	0.0277	0.0830
	RC3-II_H		3.0	0.2140	0.0443	0.1328
	RC3-I_H		3.0	0.2950	0.0612	0.1835

L:low –rise (1-3 stories)

M: mid-rise (4-7 stories)

H:high – rise (≥ 8 stories)

Fragility Curve Parameters for Code-Designed RC Buildings with Low Ductility
(DCL) of European Building Taxonomy

Building Taxonomy		Fragility Curve Parameters for Four Damage Levels							
		Slight		Moderate		Extensive		Complete	
Description	Label	S_{ds}	β_s	$S_{d,m}$	β_m	$S_{d,e}$	β_e	$S_{d,c}$	β_c
Concrete Moment Frame	RC1-III_L	0.008	0.68	0.016	0.68	0.022	0.68	0.032	0.68
	RC1-II_L	0.012	0.68	0.026	0.68	0.035	0.68	0.052	0.68
	RC1-I_L	0.017	0.68	0.036	0.68	0.048	0.68	0.072	0.68
	RC1-III_M	0.012	0.68	0.025	0.68	0.034	0.68	0.050	0.68
	RC1-II_M	0.019	0.68	0.040	0.68	0.054	0.68	0.081	0.68
	RC1-I_M	0.026	0.68	0.056	0.68	0.074	0.68	0.111	0.68
	RC1-III_H	0.017	0.68	0.036	0.68	0.048	0.68	0.072	0.68
	RC1-II_H	0.027	0.68	0.057	0.68	0.076	0.68	0.115	0.68
RC1-I_H	0.037	0.68	0.079	0.68	0.106	0.68	0.158	0.68	
Concrete Shear Walls	RC2-III_L	0.010	0.68	0.022	0.68	0.029	0.68	0.043	0.68
	RC2-II_L	0.016	0.68	0.035	0.68	0.046	0.68	0.070	0.68
	RC2-I_L	0.022	0.68	0.048	0.68	0.064	0.68	0.096	0.68
	RC2-III_M	0.016	0.68	0.034	0.68	0.045	0.68	0.068	0.68
	RC2-II_M	0.025	0.68	0.054	0.68	0.072	0.68	0.108	0.68
	RC2-I_M	0.035	0.68	0.075	0.68	0.100	0.68	0.149	0.68
	RC2-III_H	0.022	0.68	0.048	0.68	0.064	0.68	0.096	0.68
	RC2-II_H	0.036	0.68	0.077	0.68	0.103	0.68	0.154	0.68
RC2-I_H	0.050	0.68	0.106	0.68	0.142	0.68	0.213	0.68	
Concrete Framewith URM Infill Walls	RC3-III_L	0.009	0.68	0.019	0.68	0.025	0.68	0.038	0.68
	RC3-II_L	0.014	0.68	0.030	0.68	0.040	0.68	0.060	0.68
	RC3-I_L	0.019	0.68	0.041	0.68	0.055	0.68	0.083	0.68
	RC3-III_M	0.014	0.68	0.029	0.68	0.039	0.68	0.058	0.68
	RC3-II_M	0.022	0.68	0.047	0.68	0.062	0.68	0.093	0.68
	RC3-I_M	0.030	0.68	0.065	0.68	0.086	0.68	0.129	0.68
	RC3-III_H	0.019	0.68	0.042	0.68	0.055	0.68	0.083	0.68
	RC3-II_H	0.031	0.68	0.066	0.68	0.089	0.68	0.133	0.68
RC3-I_H	0.043	0.68	0.092	0.68	0.122	0.68	0.184	0.68	

I: seismic zone 1 II: seismic zone 2 III: seismic zone 3

L: low-rise (1-3 stories)

M: mid-rise (4-7 stories)

H: high-rise (≥ 8 stories)

Capacity Curve Parameters for Code-Designed RC Buildin with Moderate Ductility (DCM) of European Building Taxonomy

Building Taxonomy		Capacity Curve Parameters					
Description	Label	T	μ	a_y	d_y	d_u	
Concrete Moment Frame	RC1-III_L	0.44	3.63	0.2660	0.0127	0.0459	
	RC1-II_L		3.63	0.4260	0.0203	0.0735	
	RC1-I_L		3.63	0.5890	0.0280	0.1015	
	RC1-III_M	0.64	4.11	0.1760	0.0180	0.0742	
			RC1-II_M	4.11	0.2820	0.0288	0.1187
			RC1-I_M	4.11	0.3890	0.0398	0.1639
	RC1-III_H	0.91	4.11	0.1170	0.0242	0.0995	
			RC1-II_H	4.11	0.1870	0.0387	0.1592
			RC1-I_H	4.11	0.2580	0.0534	0.2199
Concrete Shear Walls	RC2-III_L	0.44	3.19	0.3910	0.0186	0.0594	
	RC2-II_L		3.19	0.6250	0.0297	0.0950	
	RC2-I_L		3.19	0.8640	0.0411	0.1312	
	RC2-III_M	0.64	3.63	0.2580	0.0264	0.0959	
			RC2-II_M	3.63	0.4130	0.0423	0.1534
			RC2-I_M	3.63	0.5710	0.0584	0.2119
	RC2-III_H	0.91	3.63	0.1710	0.0355	0.1286	
			RC2-II_H	3.63	0.2740	0.0568	0.2058
			RC2-I_H	3.63	0.3790	0.0784	0.2842
Concrete Frame with URM	RC3-III_L	0.44	3.19	0.3370	0.0160	0.0513	
	RC3-II_L		3.19	0.5400	0.0257	0.0820	
	RC3-I_L		3.19	0.7460	0.0355	0.1133	
	RC3-III_M	0.64	3.63	0.2230	0.0228	0.0828	
			RC3-II_M	3.63	0.3570	0.0365	0.1324
			RC3-I_M	3.63	0.4930	0.0505	0.1829
	RC3-III_H	0.91	3.63	0.1480	0.0306	0.1110	
			RC3-II_H	3.63	0.2370	0.0490	0.1776
			RC3-I_H	3.63	0.3270	0.0677	0.2454

I: seismic zone 1 II: seismic zone 2 III: seismic zone3

L: low-rise (1-3 stories)

M: mid-rise (4-7 stories)

H: high-rise (≥ 8 stories)

Fragility Curve Parameters for Code-Designed RC Buildings with Moderate Ductility (DCM) of European Building Taxonomy

Building Taxonomy		Fragility Curve Parameters for Four Damage Levels							
		Slight		Moderate		Extensive		Complete	
Description	Label	$S_{d,s}$	β_s	$S_{d,m}$	β_m	$S_{d,e}$	β_e	$S_{d,c}$	β_c
Concrete Moment Frame	RC1-III_L	0.009	0.80	0.019	0.80	0.029	0.80	0.046	0.80
	RC1-II_L	0.014	0.80	0.030	0.80	0.047	0.80	0.074	0.80
	RC1-I_L	0.020	0.80	0.042	0.80	0.065	0.80	0.102	0.80
	RC1-III_M	0.013	0.88	0.027	0.88	0.046	0.88	0.074	0.88
	RC1-II_M	0.020	0.88	0.043	0.88	0.074	0.88	0.119	0.88
	RC1-I_M	0.028	0.88	0.060	0.88	0.102	0.88	0.164	0.88
	RC1-III_H	0.017	0.88	0.036	0.88	0.062	0.88	0.100	0.88
	RC1-II_H	0.027	0.88	0.058	0.88	0.099	0.88	0.159	0.88
RC1-I_H	0.037	0.88	0.080	0.88	0.137	0.88	0.220	0.88	
Concrete Shear Walls	RC2-III_L	0.013	0.72	0.028	0.72	0.039	0.72	0.059	0.72
	RC2-II_L	0.021	0.72	0.045	0.72	0.062	0.72	0.095	0.72
	RC2-I_L	0.029	0.72	0.062	0.72	0.086	0.72	0.131	0.72
	RC2-III_M	0.018	0.80	0.040	0.80	0.061	0.80	0.096	0.80
	RC2-II_M	0.030	0.80	0.063	0.80	0.098	0.80	0.153	0.80
	RC2-I_M	0.041	0.80	0.088	0.80	0.135	0.80	0.212	0.80
	RC2-III_H	0.025	0.80	0.053	0.80	0.082	0.80	0.129	0.80
	RC2-II_H	0.040	0.80	0.085	0.80	0.131	0.80	0.206	0.80
RC2-I_H	0.055	0.80	0.118	0.80	0.181	0.80	0.284	0.80	
Concrete Frame with URM Infill Walls	RC3-III_L	0.011	0.72	0.024	0.72	0.034	0.72	0.051	0.72
	RC3-II_L	0.018	0.72	0.039	0.72	0.054	0.72	0.082	0.72
	RC3-I_L	0.025	0.72	0.053	0.72	0.074	0.72	0.113	0.72
	RC3-III_M	0.016	0.80	0.034	0.80	0.053	0.80	0.083	0.80
	RC3-II_M	0.026	0.80	0.055	0.80	0.084	0.80	0.132	0.80
	RC3-I_M	0.035	0.80	0.076	0.80	0.117	0.80	0.183	0.80
	RC3-III_H	0.021	0.80	0.046	0.80	0.071	0.80	0.111	0.80
	RC3-II_H	0.034	0.80	0.074	0.80	0.113	0.80	0.178	0.80
RC3-I_H	0.047	0.80	0.102	0.80	0.157	0.80	0.245	0.80	

I: seismic zone 1 II: seismic zone 2 III: seismic zone 3

L: low-rise (1-3 stories)

M: mid-rise (4-7 stories)

H: high-rise (≥ 8 stories)

Capacity Curve Parameters for Code-Designed RC Buildings with High Ductility
(DCH) of European Building Taxonomy

Building Taxonomy		Capacity Curve Parameters				
Description	Label	T	μ	a_y	d_y	d_u
Concrete Moment Frame	RC1-III_L	0.44	4.67	0.2510	0.0119	0.0557
	RC1-II_L		4.67	0.4010	0.0191	0.0890
	RC1-I_L		4.67	0.5540	0.0263	0.1230
	RC1-III_M	0.64	5.65	0.1410	0.0144	0.0814
	RC1-II_M		5.65	0.2250	0.0231	0.1302
	RC1-I_M		5.65	0.3110	0.0319	0.1799
	RC1-III_H	0.91	5.65	0.0930	0.0193	0.1092
	RC1-II_H		5.65	0.1490	0.0309	0.1747
	RC1-I_H		5.65	0.2060	0.0427	0.2413
Concrete Shear Walls	RC2-III_L	0.43	4.11	0.3680	0.0175	0.0719
	RC2-II_L		4.11	0.5880	0.0280	0.1151
	RC2-I_L		4.11	0.8130	0.0386	0.1590
	RC2-III_M	0.64	4.97	0.2070	0.0211	0.1052
	RC2-II_M		4.97	0.3310	0.0338	0.1683
	RC2-I_M		4.97	0.4570	0.0467	0.2325
	RC2-III_H	0.91	4.97	0.1370	0.0284	0.1411
	RC2-II_H		4.97	0.2190	0.0454	0.2258
	RC2-I_H		4.97	0.3030	0.0627	0.3119
Concrete Frame with URM	RC3-III_L	0.44	4.11	0.3170	0.0151	0.0621
	RC3-II_L		4.11	0.5080	0.0242	0.0994
	RC3-I_L		4.11	0.7020	0.0334	0.1373
	RC3-III_M	0.64	4.97	0.1780	0.0183	0.0908
	RC3-II_M		4.97	0.2860	0.0292	0.1453
	RC3-I_M		4.97	0.3940	0.0404	0.2008
	RC3-III_H	0.91	4.97	0.1180	0.0245	0.1218
	RC3-II_H		4.97	0.1890	0.0392	0.1949
	RC3-I_H		4.97	0.2610	0.0541	0.2693

I: seismic zone 1 II: seismic zone 2 III: seismic zone3

L: low-rise (1-3 stories) M: mid-rise (4-7 stories) H: high-rise (≥ 8 stories)

Fragility Curve Parameters for Code-Designed RC Buildings with High Ductility (DCH) of European Building Taxonomy

Building Taxonomy		Fragility Curve Parameters for Four Damage Levels							
		Slight		Moderate		Extensive		Complete	
Description	Label	$S_{d,s}$	β_s	$S_{d,m}$	β_m	$S_{d,e}$	β_e	$S_{d,c}$	β_c
Concrete Moment Frame	RC1-III_L	0.008	0.96	0.018	0.96	0.034	0.96	0.056	0.96
	RC1-II_L	0.013	0.96	0.029	0.96	0.054	0.96	0.089	0.96
	RC1-I_L	0.018	0.96	0.039	0.96	0.075	0.96	0.123	0.96
	RC1-III_M	0.010	1.07	0.022	1.07	0.048	1.07	0.081	1.07
	RC1-II_M	0.016	1.07	0.035	1.07	0.077	1.07	0.130	1.07
	RC1-I_M	0.022	1.07	0.048	1.07	0.106	1.07	0.180	1.07
	RC1-III_H	0.014	1.07	0.029	1.07	0.064	1.07	0.109	1.07
	RC1-II_H	0.022	1.07	0.046	1.07	0.103	1.07	0.175	1.07
RC1-I_H	0.030	1.07	0.064	1.07	0.142	1.07	0.241	1.07	
Concrete Shear Walls	RC2-III_L	0.012	0.88	0.026	0.88	0.045	0.88	0.072	0.88
	RC2-II_L	0.020	0.88	0.042	0.88	0.072	0.88	0.115	0.88
	RC2-I_L	0.027	0.88	0.058	0.88	0.099	0.88	0.159	0.88
	RC2-III_M	0.015	0.99	0.032	0.99	0.063	0.99	0.105	0.99
	RC2-II_M	0.024	0.99	0.051	0.99	0.101	0.99	0.168	0.99
	RC2-I_M	0.033	0.99	0.070	0.99	0.140	0.99	0.233	0.99
	RC2-III_H	0.020	0.99	0.043	0.99	0.085	0.99	0.141	0.99
	RC2-II_H	0.032	0.99	0.068	0.99	0.136	0.99	0.226	0.99
RC2-I_H	0.044	0.99	0.094	0.99	0.187	0.99	0.312	0.99	
Concrete Frame with URM Infill Walls	RC3-III_L	0.011	0.88	0.023	0.88	0.039	0.88	0.062	0.88
	RC3-II_L	0.017	0.88	0.036	0.88	0.062	0.88	0.099	0.88
	RC3-I_L	0.023	0.88	0.050	0.88	0.085	0.88	0.137	0.88
	RC3-III_M	0.013	0.99	0.027	0.99	0.055	0.99	0.091	0.99
	RC3-II_M	0.020	0.99	0.044	0.99	0.087	0.99	0.145	0.99
	RC3-I_M	0.028	0.99	0.061	0.99	0.121	0.99	0.201	0.99
	RC3-III_H	0.017	0.99	0.037	0.99	0.073	0.99	0.122	0.99
	RC3-II_H	0.027	0.99	0.059	0.99	0.117	0.99	0.195	0.99
RC3-I_H	0.038	0.99	0.081	0.99	0.162	0.99	0.269	0.99	

I: seismic zone 1 II: seismic zone 2 III: seismic zone 3

L: low-rise (1-3 stories) M: mid-rise (4-7 stories) H: high-rise (≥ 8 stories)

Capacity Curve Parameters for Masonry Buildings of European Building Taxonomy

Building Taxonomy		Capacity Curve Parameters					
Description	RISK-UE	T	μ	a_y	d_y	d_u	
RubbleStone	M1_L	0.21100	4.79	0.1680	0.0019	0.0089	
	M1.w_L			0.1780	0.0020	0.0094	
	M1.v_L			0.1320	0.0015	0.0070	
	M1_M	0.35500	3.25	0.1330	0.0042	0.0135	
	M1.w_M			0.1410	0.0044	0.0143	
	M1.v_M			0.1050	0.0033	0.0107	
Adobe	M2_L	0.268	3.98	0.1460	0.0026	0.0104	
	M2.w_L			0.1550	0.0028	0.0111	
	M2.v_L			0.1160	0.0021	0.0082	
SimpleStone	M3_L	0.192	5.17	0.2480	0.0023	0.0117	
	M3.w_L			0.2630	0.0024	0.0124	
	M3.v_L			0.1960	0.0018	0.0093	
	M3.sm_L			0.2960	0.0027	0.0140	
	M3_M	0.322	3.48	0.1960	0.0051	0.0176	
	M3.w_M			0.2080	0.0054	0.0187	
	M3.v_M			0.1550	0.0040	0.0140	
	M3.sm_M			0.2340	0.0060	0.0210	
	M3_H	0.437	3.00	0.1420	0.0067	0.0202	
	M3.w_H			0.1510	0.0071	0.0214	
	M3.v_H			0.1120	0.0053	0.0160	
	M3.sm_H			0.1700	0.0080	0.0241	
	MassiveStone	M4_L	0.173	5.63	0.3580	0.0026	0.0149
		M4.w_L			0.3790	0.0028	0.0158
M4.v_L		0.2830			0.0021	0.0118	
M4_M		0.290	3.76	0.2830	0.0059	0.0222	
M4.w_M				0.3000	0.0063	0.0235	
M4.v_M				0.2230	0.0047	0.0176	
M4_H		0.393	3.03	0.2230	0.0086	0.0260	
M4.w_H				0.2370	0.0091	0.0276	
M4.v_H				0.1770	0.0068	0.0206	
UnreinforcedMasonry (old bricks)	M5_L	0.173	5.63	0.2630	0.0019	0.0110	
	M5.w_L	0.201	4.97	0.2790	0.0028	0.0140	
	M5.v_L	0.192	5.17	0.2080	0.0019	0.0098	
	M5.sm_L			0.3140	0.0029	0.0148	
	M5_M	0.290	3.76	0.2080	0.0044	0.0164	
	M5.w_M	0.338	3.36	0.2210	0.0063	0.0211	
	M5.v_M	0.322	3.48	0.1650	0.0043	0.0148	
	M5.sm_M			0.2480	0.0064	0.0223	
	M5_H	0.393	3.03	0.1650	0.0063	0.0192	
	M5.w_H	0.459	3.00	0.1520	0.0080	0.0239	
	M5.v_H	0.437	3.00	0.1190	0.0057	0.0170	
	M5.sm_H			0.1800	0.0085	0.0256	
	U nr ein	M6_L-PC	0.211	4.79	0.3240	0.0036	0.0171
M6_L-MC		5.98		0.3580	0.0040	0.0236	

	M6 M-PC	0.355	3.25	0.2560	0.0080	0.0260
	M6 M-		3.96	0.2830	0.0088	0.0350
	M6 H-PC	0.481	3.00	0.1680	0.0097	0.0290
	M6 H-MC		3.63	0.1860	0.0107	0.0387
Reinforced / Confined Masonry	M7_L	0.153	7.85	0.5080	0.0030	0.0233
	M7 M	0.258	5.07	0.4010	0.0066	0.0336
	M7 H	0.350	4.00	0.3170	0.0096	0.0386

w: wood slab v: masonry vaults sm: composite steel and masonry slabs

L: low-rise (1-2 stories) M: mid-rise (3-5 stories) H: high-rise (≥ 6 stories)

Fragility Curve Parameters for Masonry Buildings of
European Building Taxonomy

Building Taxonomy		Fragility Curve Parameters for Four Damage Levels							
		Slight		Moderate		Extensive		Complete	
Description	RISK-UE	$S_{d,s}$	β_s	$S_{d,m}$	β_m	$S_{d,e}$	β_e	$S_{d,c}$	β_c
Rubble Stone	M1_L	0.0013	0.97	0.0029	0.97	0.005	0.97	0.009	0.97
	M1.w_L	0.0014		0.0030		0.006		0.009	
	M1.v_L	0.0011		0.0023		0.004		0.007	
	M1_M	0.0029	0.73	0.0063	0.73	0.009	0.73	0.014	0.73
	M1.w_M	0.0031		0.0066		0.009		0.014	
	M1.v_M	0.0023		0.0050		0.007		0.011	
Adobe	M2_L	0.0018	0.86	0.0039	0.86	0.007	0.86	0.010	0.86
	M2.w_L	0.0020		0.0042		0.007		0.011	
	M2.v_L	0.0015		0.0032		0.005		0.008	
Simple Stone	M3_L	0.0016	1.02	0.0035	1.02	0.007	1.02	0.012	1.02
	M3.w_L	0.0017		0.0036		0.007		0.012	
	M3.v_L	0.0013		0.0027		0.006		0.009	
	M3.sm_L	0.0019	0.77	0.0041	0.77	0.008	0.77	0.014	0.77
	M3_M	0.0036		0.0077		0.011		0.018	
	M3.w_M	0.0038		0.0081		0.012		0.019	
	M3.v_M	0.0028	0.68	0.0060	0.68	0.009	0.68	0.014	0.68
	M3.sm_M	0.0042		0.0090		0.014		0.021	
	M3_H	0.0047		0.0101		0.013		0.020	
	M3.w_H	0.0050	0.68	0.0107	0.68	0.014	0.68	0.021	0.68
	M3.v_H	0.0037		0.0080		0.011		0.016	
	M3.sm_H	0.0056		0.0120		0.016		0.024	
Massive Stone	M4_L	0.0018	1.07	0.0039	1.07	0.009	1.07	0.015	1.07
	M4.w_L	0.0020		0.0042		0.009		0.016	
	M4.v_L	0.0015		0.0032		0.007		0.012	
	M4_M	0.0041	0.82	0.0089	0.82	0.014	0.82	0.022	0.82
	M4.w_M	0.0044		0.0095		0.015		0.024	
	M4.v_M	0.0033		0.0071		0.011		0.018	
	M4_H	0.0060	0.69	0.0129	0.69	0.017	0.69	0.026	0.69
	M4.w_H	0.0064		0.0137		0.018		0.028	
M4.v_H	0.0048	0.0102		0.014		0.021			
Unreinforced Masonry (old bricks)	M5_L	0.0013	1.07	0.0029	1.07	0.006	1.07	0.011	1.07
	M5.w_L	0.0020	0.99	0.0042	0.99	0.008	0.99	0.014	0.99
	M5.v_L	0.0013	1.02	0.0029	1.02	0.006	1.02	0.010	1.02
	M5.sm_L	0.0020		0.0044		0.009		0.015	
	M5_M	0.0031	0.82	0.0066	0.82	0.010	0.82	0.016	0.82
	M5.w_M	0.0044	0.75	0.0095	0.75	0.014	0.75	0.021	0.75
	M5.v_M	0.0030	0.77	0.0065	0.77	0.010	0.77	0.015	0.77
	M5.sm_M	0.0045		0.0096		0.014		0.022	
	M5_H	0.0044	0.69	0.0095	0.69	0.013	0.69	0.019	0.69
	M5.w_H	0.0056	0.68	0.0120	0.68	0.016	0.68	0.024	0.68
M5.v_H	0.0040	0.68	0.0086	0.68	0.011	0.68	0.017	0.68	
M5.sm_H	0.0060		0.0128		0.017		0.026		
Unreinforced Masonry (RC Floors)	M6_L-PC	0.0025	0.97	0.0054	0.97	0.010	0.97	0.017	0.97
	M6_L-MC	0.0028	1.11	0.0060	1.11	0.014	1.11	0.024	1.11
	M6_M-PC	0.0056	0.73	0.0120	0.73	0.017	0.73	0.026	0.73
	M6_M-MC	0.0062	0.85	0.0132	0.85	0.022	0.85	0.035	0.85
	M6_H-PC	0.0068	0.68	0.0146	0.68	0.019	0.68	0.029	0.68
	M6_H-MC	0.0075	0.80	0.0161	0.80	0.025	0.80	0.039	0.80
Reinforced/ Confined Masonry	M7_L	0.0021	1.28	0.0045	1.28	0.013	1.28	0.023	1.28
	M7_M	0.0046	1.01	0.0099	1.01	0.020	1.01	0.034	1.01
	M7_H	0.0067	0.86	0.0144	0.86	0.024	0.86	0.039	0.86

w: wood slabs v: masonry vaults

Building type	Yield capacity point		Ultimate capacity point	
	S_{dy} (cm)	S_{ay} (g)	S_{du} (cm)	S_{au} (g)
RC1LL	1.15	0.187	5.19	0.207
RC1ML	3.28	0.17	9.39	0.174
RC1HL	4.31	0.125	9.91	0.138
RC1LM	1.14	0.398	7.2	0.409
RC1MM	2.72	0.213	12.58	0.218
RC1HM	6.83	0.238	26.28	0.238
RC1LH	4.45	0.746	50.65	0.746
RC1MH	4.9	0.427	58.23	0.456
RC1HH	13.34	0.245	73.65	0.258
RC3.1LL	0.53	0.432	6.74	0.524
RC3.1ML	1.25	0.277	10.62	0.357
RC3.1HL	3.28	0.206	14.55	0.256
RC3.1LM	0.59	0.49	1.4	0.545
RC3.1MM	1.39	0.274	5.27	0.292
RC3.1HM	2.26	0.266	7.68	0.266
RC3.1LH	0.97	0.975	6.06	1.133
RC3.1MH	1.64	0.538	8.12	0.63
RC3.1HH	4.26	0.34	20.22	0.396
RC3.2LL	0.88	0.201	4.68	0.221
RC3.2ML	2.45	0.205	9.89	0.23
RC3.2HL	3.6	0.195	11.31	0.228
RC3.2LM	0.81	0.369	6.82	0.379
RC3.2MM	1.87	0.203	11.26	0.206
RC3.2HM	2.46	0.257	11.37	0.264
RC3.2LH	3.25	0.777	54.51	0.818
RC3.2MH	3.06	0.473	41.42	0.512
RC3.2HH	5.49	0.337	29.98	0.356

Building type	Pushover curves				Capacity curves			
	yield capacity point		Ult. capacity point		Yield capacity point		Ult. capacity point	
	D_y/H_{tot}	V/W	D_u/H_{tot}	V/W	S_{dy} (cm)	S_{ay} (g)	S_{du} (cm)	S_{au} (g)
RC1MN	0.003	0.109	0.010	0.111	2.62	0.136	7.51	0.139
RC3.1MN	0.001	0.166	0.005	0.214	1.00	0.222	8.49	0.285
RC3.2MN	0.002	0.123	0.006	0.138	1.96	0.164	7.91	0.184
RC4.1MN	0.001	0.114	0.006	0.145	0.98	0.151	7.85	0.194
RC4.2MN	0.001	0.154	0.004	0.195	0.90	0.205	6.73	0.260
RC4.3MN	0.001	0.135	0.004	0.181	0.83	0.180	6.93	0.242
RC1ML	0.004	0.136	0.012	0.139	3.28	0.170	9.39	0.174
RC3.1ML	0.001	0.208	0.006	0.267	1.25	0.277	10.62	0.357
RC3.2ML	0.002	0.154	0.008	0.172	2.45	0.205	9.89	0.230
RC4.1ML	0.001	0.142	0.008	0.181	1.22	0.189	9.81	0.242
RC4.2ML	0.001	0.192	0.005	0.243	1.12	0.257	8.42	0.325
RC4.3ML	0.001	0.169	0.005	0.226	1.04	0.225	8.67	0.302
RC1MM	0.003	0.280	0.015	0.297	4.02	0.350	22.37	0.371
RC3.1MM	0.001	0.345	0.007	0.411	1.40	0.460	10.41	0.548
RC3.2MM	0.002	0.294	0.011	0.320	2.54	0.393	17.49	0.427
RC4.1MM	0.001	0.249	0.013	0.277	1.19	0.332	15.73	0.370
RC4.2MM	0.001	0.310	0.008	0.335	1.12	0.413	10.22	0.447
RC4.3MM	0.001	0.287	0.008	0.318	1.10	0.382	10.96	0.424
RC1MH	0.004	0.341	0.039	0.365	4.90	0.427	58.23	0.456
RC3.1MH	0.001	0.403	0.006	0.473	1.64	0.538	8.12	0.630
RC3.2MH	0.002	0.355	0.027	0.384	3.06	0.473	41.42	0.512
RC4.1MH	0.001	0.294	0.031	0.319	1.41	0.393	35.72	0.425
RC4.2MH	0.001	0.360	0.014	0.375	1.30	0.480	16.91	0.500
RC4.3MH	0.001	0.337	0.014	0.358	1.29	0.449	17.75	0.477

HAZUS – MH

Model Building Types

No.	Label	Description	Height			
			Range		Typical	
			Name	Stories	Stories	Feet
1	W1	Wood, Light Frame ($\leq 5,000$ sq. ft.)		1 - 2	1	14
2	W2			All	2	24
3	S1L	Steel Moment Frame	Low-Rise	1 - 3	2	24
4	S1M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
5	S1H		High-Rise	8+	13	156
6	S2L	Steel Braced Frame	Low-Rise	1 - 3	2	24
7	S2M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
8	S2H		High-Rise	8+	13	156
9	S3	Steel Light Frame		All	1	15
10	S4L	Steel Frame with Cast-in-Place Concrete Shear Walls	Low-Rise	1 - 3	2	24
11	S4M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
12	S4H		High-Rise	8+	13	156
13	S5L	Steel Frame with Unreinforced Masonry Infill Walls	Low-Rise	1 - 3	2	24
14	S5M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
15	S5H		High-Rise	8+	13	156
16	C1L	Concrete Moment Frame	Low-Rise	1 - 3	2	20
17	C1M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
18	C1H		High-Rise	8+	12	120
19	C2L	Concrete Shear Walls	Low-Rise	1 - 3	2	20
20	C2M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
21	C2H		High-Rise	8+	12	120
22	C3L	Concrete Frame with Unreinforced Masonry Infill Walls	Low-Rise	1 - 3	2	20

23	C3M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
24	C3H		High-Rise	8+	12	120
25	PC1	Precast Concrete Tilt-Up Walls		All	1	15
26	PC2L	Precast Concrete Frames with Concrete Shear Walls	Low-Rise	1 - 3	2	20
27	PC2M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
28	PC2H		High-Rise	8+	12	120
29	RM1L	Reinforced Masonry Bearing Walls with Wood or Metal Deck Diaphragms	Low-Rise	1-3	2	20
30	RM1M		Mid-Rise	4+	5	50
31	RM2L	Reinforced Masonry Bearing Walls with Precast Concrete Diaphragms	Low-Rise	1 - 3	2	20
32	RM2M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
33	RM2H		High-Rise	8+	12	120
34	URML	Unreinforced Masonry Bearing Walls	Low-Rise	1 - 2	1	15
35	URMM		Mid-Rise	3+	3	35
36	MH	Mobile Homes		All	1	10

Approximate Basis for Seismic Design Levels

Seismic Design Level	Seismic Zone <i>(Uniform Building Code)</i>	Map Area <i>(NEHRP Provisions)</i>
High-Code	4	7
Moderate-Code	2B	5
Low-Code	1	3
Pre-Code	0	1

Code Building Capacity Parameters - Design Strength (Cs)

Building Type	Seismic Design Level (Fraction of Building Weight)			
	High-Code	Moderate-Code	Low-Code	Pre-Code
W1	0.200	0.150	0.100	0.100
W2	0.200	0.100	0.050	0.050
S1L	0.133	0.067	0.033	0.033
S1M	0.100	0.050	0.025	0.025
S1H	0.067	0.033	0.017	0.017
S2L	0.200	0.100	0.050	0.050
S2M	0.200	0.100	0.050	0.050
S2H	0.150	0.075	0.038	0.038
S3	0.200	0.100	0.050	0.050
S4L	0.160	0.080	0.040	0.040
S4M	0.160	0.080	0.040	0.040
S4H	0.120	0.060	0.030	0.030
S5L			0.050	0.050
S5M			0.050	0.050
S5H			0.038	0.038
C1L	0.133	0.067	0.033	0.033
C1M	0.133	0.067	0.033	0.033
C1H	0.067	0.033	0.017	0.017
C2L	0.200	0.100	0.050	0.050
C2M	0.200	0.100	0.050	0.050
C2H	0.150	0.075	0.038	0.038
C3L			0.050	0.050
C3M			0.050	0.050
C3H			0.038	0.038
PC1	0.200	0.100	0.050	0.050
PC2L	0.200	0.100	0.050	0.050
PC2M	0.200	0.100	0.050	0.050
PC2H	0.150	0.075	0.038	0.038
RM1L	0.267	0.133	0.067	0.067
RM1M	0.267	0.133	0.067	0.067
RM2L	0.267	0.133	0.067	0.067
RM2M	0.267	0.133	0.067	0.067
RM2H	0.200	0.100	0.050	0.050
URML			0.067	0.067
URMM			0.067	0.067
MH	0.100	0.100	0.100	0.100

Code Building Capacity Parameters - Period (T_e), Pushover Mode

Response Factors (α_1, α_2) and Overstrength Ratios (γ, λ)

Building Type	Height to Roof (Feet)	Period, T_e (Seconds)	Modal Factors		Overstrength Ratios	
			Weight, α_1	Height, α_2	Yield, γ	Ultimate, λ
W1	14.0	0.35	0.75	0.75	1.50	3.00
W2	24.0	0.40	0.75	0.75	1.50	2.50
S1L	24.0	0.50	0.80	0.75	1.50	3.00
S1M	60.0	1.08	0.80	0.75	1.25	3.00
S1H	156.0	2.21	0.75	0.60	1.10	3.00
S2L	24.0	0.40	0.75	0.75	1.50	2.00
S2M	60.0	0.86	0.75	0.75	1.25	2.00
S2H	156.0	1.77	0.65	0.60	1.10	2.00
S3	15.0	0.40	0.75	0.75	1.50	2.00
S4L	24.0	0.35	0.75	0.75	1.50	2.25
S4M	60.0	0.65	0.75	0.75	1.25	2.25
S4H	156.0	1.32	0.65	0.60	1.10	2.25
S5L	24.0	0.35	0.75	0.75	1.50	2.00
S5M	60.0	0.65	0.75	0.75	1.25	2.00
S5H	156.0	1.32	0.65	0.60	1.10	2.00
C1L	20.0	0.40	0.80	0.75	1.50	3.00
C1M	50.0	0.75	0.80	0.75	1.25	3.00
C1H	120.0	1.45	0.75	0.60	1.10	3.00
C2L	20.0	0.35	0.75	0.75	1.50	2.50
C2M	50.0	0.56	0.75	0.75	1.25	2.50
C2H	120.0	1.09	0.65	0.60	1.10	2.50
C3L	20.0	0.35	0.75	0.75	1.50	2.25
C3M	50.0	0.56	0.75	0.75	1.25	2.25
C3H	120.0	1.09	0.65	0.60	1.10	2.25
PC1	15.0	0.35	0.50	0.75	1.50	2.00
PC2L	20.0	0.35	0.75	0.75	1.50	2.00
PC2M	50.0	0.56	0.75	0.75	1.25	2.00
PC2H	120.0	1.09	0.65	0.60	1.10	2.00
RM1L	20.0	0.35	0.75	0.75	1.50	2.00
RM1M	50.0	0.56	0.75	0.75	1.25	2.00
RM2L	20.0	0.35	0.75	0.75	1.50	2.00
RM2M	50.0	0.56	0.75	0.75	1.25	2.00
RM2H	120.0	1.09	0.65	0.60	1.10	2.00
URML	15.0	0.35	0.50	0.75	1.50	2.00
URMM	35.0	0.50	0.75	0.75	1.25	2.00
MH	10.0	0.35	1.00	1.00	1.50	2.00

Code Building Capacity Parameter - Ductility (μ)

Building Type	Seismic Design Level			
	High-Code	Moderate-Code	Low-Code	Pre-Code
W1	8.0	6.0	6.0	6.0
W2	8.0	6.0	6.0	6.0
S1L	8.0	6.0	5.0	5.0
S1M	5.3	4.0	3.3	3.3
S1H	4.0	3.0	2.5	2.5
S2L	8.0	6.0	5.0	5.0
S2M	5.3	4.0	3.3	3.3
S2H	4.0	3.0	2.5	2.5
S3	8.0	6.0	5.0	5.0
S4L	8.0	6.0	5.0	5.0
S4M	5.3	4.0	3.3	3.3
S4H	4.0	3.0	2.5	2.5
S5L			5.0	5.0
S5M			3.3	3.3
S5H			2.5	2.5
C1L	8.0	6.0	5.0	5.0
C1M	5.3	4.0	3.3	3.3
C1H	4.0	3.0	2.5	2.5
C2L	8.0	6.0	5.0	5.0
C2M	5.3	4.0	3.3	3.3
C2H	4.0	3.0	2.5	2.5
C3L			5.0	5.0
C3M			3.3	3.3
C3H			2.5	2.5
PC1	8.0	6.0	5.0	5.0
PC2L	8.0	6.0	5.0	5.0
PC2M	5.3	4.0	3.3	3.3
PC2H	4.0	3.0	2.5	2.5
RM1L	8.0	6.0	5.0	5.0
RM1M	5.3	4.0	3.3	3.3
RM2L	8.0	6.0	5.0	5.0
RM2M	5.3	4.0	3.3	3.3
RM2H	4.0	3.0	2.5	2.5
URML			5.0	5.0
URMM			3.3	3.3
MH	6.0	6.0	6.0	6.0

Code Building Capacity Curves - High-Code Seismic Design Level

Building Type	Yield Capacity Point		Ultimate Capacity Point	
	D _y (in.)	A _y (g)	D _u (in.)	A _u (g)
W1	0.48	0.400	11.51	1.200
W2	0.63	0.400	12.53	1.000
S1L	0.61	0.250	14.67	0.749
S1M	1.78	0.156	28.40	0.468
S1H	4.66	0.098	55.88	0.293
S2L	0.63	0.400	10.02	0.800
S2M	2.43	0.333	25.88	0.667
S2H	7.75	0.254	61.97	0.508
S3	0.63	0.400	10.02	0.800
S4L	0.38	0.320	6.91	0.720
S4M	1.09	0.267	13.10	0.600
S4H	3.49	0.203	31.37	0.457
S5L				
S5M				
S5H				
C1L	0.39	0.250	9.39	0.749
C1M	1.15	0.208	18.44	0.624
C1H	2.01	0.098	24.13	0.293
C2L	0.48	0.400	9.59	1.000
C2M	1.04	0.333	13.84	0.833
C2H	2.94	0.254	29.39	0.635
C3L				
C3M				
C3H				
PC1	0.72	0.600	11.51	1.200
PC2L	0.48	0.400	7.67	0.800
PC2M	1.04	0.333	11.07	0.667
PC2H	2.94	0.254	23.52	0.508
RM1L	0.64	0.533	10.23	1.066
RM1M	1.38	0.444	14.76	0.889
RM2L	0.64	0.533	10.23	1.066
RM2M	1.38	0.444	14.76	0.889
RM2H	3.92	0.338	31.35	0.677
URML				
URMM				
MH	0.18	0.150	2.16	0.300

Code Building Capacity Curves - Moderate-Code Seismic Design Level

Building Type	Yield Capacity Point		Ultimate Capacity Point	
	D _y (in.)	A _y (g)	D _u (in.)	A _u (g)
W1	0.36	0.300	6.48	0.900
W2	0.31	0.200	4.70	0.500
S1L	0.31	0.125	5.50	0.375
S1M	0.89	0.078	10.65	0.234
S1H	2.33	0.049	20.96	0.147
S2L	0.31	0.200	3.76	0.400
S2M	1.21	0.167	9.70	0.333
S2H	3.87	0.127	23.24	0.254
S3	0.31	0.200	3.76	0.400
S4L	0.19	0.160	2.59	0.360
S4M	0.55	0.133	4.91	0.300
S4H	1.74	0.102	11.76	0.228
S5L				
S5M				
S5H				
C1L	0.20	0.125	3.52	0.375
C1M	0.58	0.104	6.91	0.312
C1H	1.01	0.049	9.05	0.147
C2L	0.24	0.200	3.60	0.500
C2M	0.52	0.167	5.19	0.417
C2H	1.47	0.127	11.02	0.317
C3L				
C3M				
C3H				
PC1	0.36	0.300	4.32	0.600
PC2L	0.24	0.200	2.88	0.400
PC2M	0.52	0.167	4.15	0.333
PC2H	1.47	0.127	8.82	0.254
RM1L	0.32	0.267	3.84	0.533
RM1M	0.69	0.222	5.54	0.444
RM2L	0.32	0.267	3.84	0.533
RM2M	0.69	0.222	5.54	0.444
RM2H	1.96	0.169	11.76	0.338
URML				
URMM				
MH	0.18	0.150	2.16	0.300

Code Building Capacity Curves - Low-Code Seismic Design Level

Building Type	Yield Capacity Point		Ultimate Capacity Point	
	D _y (in.)	A _y (g)	D _u (in.)	A _u (g)
W1	0.24	0.200	4.32	0.600
W2	0.16	0.100	2.35	0.250
S1L	0.15	0.062	2.29	0.187
S1M	0.44	0.039	4.44	0.117
S1H	1.16	0.024	8.73	0.073
S2L	0.16	0.100	1.57	0.200
S2M	0.61	0.083	4.04	0.167
S2H	1.94	0.063	9.68	0.127
S3	0.16	0.100	1.57	0.200
S4L	0.10	0.080	1.08	0.180
S4M	0.27	0.067	2.05	0.150
S4H	0.87	0.051	4.90	0.114
S5L	0.12	0.100	1.20	0.200
S5M	0.34	0.083	2.27	0.167
S5H	1.09	0.063	5.45	0.127
C1L	0.10	0.062	1.47	0.187
C1M	0.29	0.052	2.88	0.156
C1H	0.50	0.024	3.77	0.073
C2L	0.12	0.100	1.50	0.250
C2M	0.26	0.083	2.16	0.208
C2H	0.74	0.063	4.59	0.159
C3L	0.12	0.100	1.35	0.225
C3M	0.26	0.083	1.95	0.188
C3H	0.74	0.063	4.13	0.143
PC1	0.18	0.150	1.80	0.300
PC2L	0.12	0.100	1.20	0.200
PC2M	0.26	0.083	1.73	0.167
PC2H	0.74	0.063	3.67	0.127
RM1L	0.16	0.133	1.60	0.267
RM1M	0.35	0.111	2.31	0.222
RM2L	0.16	0.133	1.60	0.267
RM2M	0.35	0.111	2.31	0.222
RM2H	0.98	0.085	4.90	0.169
URML	0.24	0.200	2.40	0.400
URMM	0.27	0.111	1.81	0.222
MH	0.18	0.150	2.16	0.300

Building Capacity Curves - Pre-Code Seismic Design Level

Building Type	Yield Capacity Point		Ultimate Capacity Point	
	D _y (in.)	A _y (g)	D _u (in.)	A _u (g)
W1	0.24	0.200	4.32	0.600
W2	0.16	0.100	2.35	0.250
S1L	0.15	0.062	2.75	0.187
S1M	0.44	0.039	5.33	0.117
S1H	1.16	0.024	10.48	0.073
S2L	0.16	0.100	1.88	0.200
S2M	0.61	0.083	4.85	0.167
S2H	1.94	0.063	11.62	0.127
S3	0.16	0.100	1.88	0.200
S4L	0.10	0.080	1.30	0.180
S4M	0.27	0.067	2.46	0.150
S4H	0.87	0.051	5.88	0.114
S5L	0.12	0.100	1.20	0.200
S5M	0.34	0.083	2.27	0.167
S5H	1.09	0.063	5.45	0.127
C1L	0.10	0.062	1.76	0.187
C1M	0.29	0.052	3.46	0.156
C1H	0.50	0.024	4.52	0.073
C2L	0.12	0.100	1.80	0.250
C2M	0.26	0.083	2.60	0.208
C2H	0.74	0.063	5.51	0.159
C3L	0.12	0.100	1.35	0.225
C3M	0.26	0.083	1.95	0.188
C3H	0.74	0.063	4.13	0.143
PC1	0.18	0.150	2.16	0.300
PC2L	0.12	0.100	1.44	0.200
PC2M	0.26	0.083	2.08	0.167
PC2H	0.74	0.063	4.41	0.127
RM1L	0.16	0.133	1.92	0.267
RM1M	0.35	0.111	2.77	0.222
RM2L	0.16	0.133	1.92	0.267
RM2M	0.35	0.111	2.77	0.222
RM2H	0.98	0.085	5.88	0.169
URML	0.24	0.200	2.40	0.400
URMM	0.27	0.111	1.81	0.222
MH	0.18	0.150	2.16	0.300

Typical Drift Ratios Used to Define Median Values of Structural Damage

Seismic Design Level	Building Type (Low-Rise)	Drift Ratio at the Threshold of Structural Damage			
		Slight	Moderate	Extensive	Complete
High-Code	W1/W2	0.004	0.012	0.040	0.100
	C1L, S2L	0.005	0.010	0.030	0.080
	RM1L/RM2L, PC1/PC2L	0.004	0.008	0.024	0.070
Moderate-Code	W1/W2	0.004	0.010	0.031	0.075
	C1L, S2L	0.005	0.009	0.023	0.060
	RM1L/RM2L, PC1/PC2L	0.004	0.007	0.019	0.053
Low-Code	W1/W2	0.004	0.010	0.031	0.075
	C1L, S2L	0.005	0.008	0.020	0.050
	RM1L/RM2L, PC1/PC2L	0.004	0.006	0.016	0.044
	URML, C3L, S5L	0.003	0.006	0.015	0.035
Pre-Code	W1/W2	0.003	0.008	0.025	0.060
	C1L, S2L	0.004	0.006	0.016	0.040
	RM1L/RM2L, PC1/PC2L	0.003	0.005	0.013	0.035
	URML, C3L, S5L	0.002	0.005	0.012	0.028

Structural Fragility Curve Parameters - High-Code Seismic Design Level

Building Type	Building Properties		Interstory Drift at Threshold of Damage State				Spectral Displacement (inches)							
	Height (inches)		Slight	Moderate	Extensive	Complete	Slight		Moderate		Extensive		Complete	
	Roof	Modal					Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta
W1	168	126	0.0040	0.0120	0.0400	0.1000	0.50	0.80	1.51	0.81	5.04	0.85	12.60	0.97
W2	288	216	0.0040	0.0120	0.0400	0.1000	0.86	0.81	2.59	0.88	8.64	0.90	21.60	0.83
S1L	288	216	0.0060	0.0120	0.0300	0.0800	1.30	0.80	2.59	0.76	6.48	0.69	17.28	0.72
S1M	720	540	0.0040	0.0080	0.0200	0.0533	2.16	0.65	4.32	0.66	10.80	0.67	28.80	0.74
S1H	1872	1123	0.0030	0.0060	0.0150	0.0400	3.37	0.64	6.74	0.64	16.85	0.65	44.93	0.71
S2L	288	216	0.0050	0.0100	0.0300	0.0800	1.08	0.81	2.16	0.89	6.48	0.94	17.28	0.83
S2M	720	540	0.0033	0.0067	0.0200	0.0533	1.80	0.67	3.60	0.67	10.80	0.68	28.80	0.79
S2H	1872	1123	0.0025	0.0050	0.0150	0.0400	2.81	0.63	5.62	0.63	16.85	0.64	44.93	0.71
S3	180	135	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.54	0.81	1.08	0.82	3.24	0.91	9.45	0.90
S4L	288	216	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.86	0.89	1.73	0.89	5.18	0.98	15.12	0.87
S4M	720	540	0.0027	0.0053	0.0160	0.0467	1.44	0.77	2.88	0.72	8.64	0.70	25.20	0.89
S4H	1872	1123	0.0020	0.0040	0.0120	0.0350	2.25	0.64	4.49	0.66	13.48	0.69	39.31	0.77
S5L														
S5M														
S5H														
C1L	240	180	0.0050	0.0100	0.0300	0.0800	0.90	0.81	1.80	0.84	5.40	0.86	14.40	0.81
C1M	600	450	0.0033	0.0067	0.0200	0.0533	1.50	0.68	3.00	0.67	9.00	0.68	24.00	0.81
C1H	1440	864	0.0025	0.0050	0.0150	0.0400	2.16	0.66	4.32	0.64	12.96	0.67	34.56	0.78
C2L	240	180	0.0040	0.0100	0.0300	0.0800	0.72	0.81	1.80	0.84	5.40	0.93	14.40	0.92
C2M	600	450	0.0027	0.0067	0.0200	0.0533	1.20	0.74	3.00	0.77	9.00	0.68	24.00	0.77
C2H	1440	864	0.0020	0.0050	0.0150	0.0400	1.73	0.68	4.32	0.65	12.96	0.66	34.56	0.75
C3L														
C3M														
C3H														
PC1	180	135	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.54	0.76	1.08	0.86	3.24	0.88	9.45	0.99
PC2L	240	180	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.72	0.84	1.44	0.88	4.32	0.98	12.60	0.94
PC2M	600	450	0.0027	0.0053	0.0160	0.0467	1.20	0.77	2.40	0.81	7.20	0.70	21.00	0.82
PC2H	1440	864	0.0020	0.0040	0.0120	0.0350	1.73	0.64	3.46	0.66	10.37	0.68	30.24	0.81
RM1L	240	180	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.72	0.84	1.44	0.86	4.32	0.92	12.60	1.01
RM1M	600	450	0.0027	0.0053	0.0160	0.0467	1.20	0.71	2.40	0.81	7.20	0.76	21.00	0.75
RM2L	240	180	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.72	0.80	1.44	0.81	4.32	0.91	12.60	0.98
RM2M	600	450	0.0027	0.0053	0.0160	0.0467	1.20	0.71	2.40	0.79	7.20	0.70	21.00	0.73
RM2H	1440	864	0.0020	0.0040	0.0120	0.0350	1.73	0.66	3.46	0.65	10.37	0.66	30.24	0.72
URML														
URMM														
MH	120	120	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.48	0.91	0.96	1.00	2.88	1.03	8.40	0.92

Structural Fragility Curve Parameters – Moderate Code Seismic

Building Properties			Interstory Drift at Threshold of Damage State				Spectral Displacement (inches)							
Type	Height (inches)		Slight	Moderate	Extensive	Complete	Slight		Moderate		Extensive		Complete	
	Roof	Modal					Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta
W1	168	126	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750	0.50	0.84	1.25	0.86	3.86	0.89	9.45	1.04
W2	288	216	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750	0.86	0.89	2.14	0.95	6.62	0.95	16.20	0.92
S1L	288	216	0.0060	0.0104	0.0235	0.0600	1.30	0.80	2.24	0.75	5.08	0.74	12.96	0.88
S1M	720	540	0.0040	0.0069	0.0157	0.0400	2.16	0.65	3.74	0.68	8.46	0.69	21.60	0.87
S1H	1872	1123	0.0030	0.0052	0.0118	0.0300	3.37	0.64	5.83	0.64	13.21	0.71	33.70	0.83
S2L	288	216	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600	1.08	0.93	1.87	0.92	5.04	0.93	12.96	0.93
S2M	720	540	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400	1.80	0.70	3.12	0.69	8.40	0.69	21.60	0.89
S2H	1872	1123	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300	2.81	0.66	4.87	0.64	13.10	0.69	33.70	0.80
S3	180	135	0.0040	0.0070	0.0187	0.0525	0.54	0.88	0.94	0.92	2.52	0.97	7.09	0.89
S4L	288	216	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525	0.86	0.96	1.50	1.00	4.04	1.03	11.34	0.92
S4M	720	540	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350	1.44	0.75	2.50	0.72	6.73	0.72	18.90	0.94
S4H	1872	1123	0.0020	0.0035	0.0093	0.0262	2.25	0.66	3.90	0.67	10.50	0.70	29.48	0.90
S5L														
S5M														
S5H														
C1L	240	180	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600	0.90	0.89	1.56	0.90	4.20	0.90	10.80	0.89
C1M	600	450	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400	1.50	0.70	2.60	0.70	7.00	0.70	18.00	0.89
C1H	1440	864	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300	2.16	0.66	3.74	0.66	10.08	0.76	25.92	0.91
C2L	240	180	0.0040	0.0084	0.0232	0.0600	0.72	0.91	1.52	0.97	4.17	1.03	10.80	0.87
C2M	600	450	0.0027	0.0056	0.0154	0.0400	1.20	0.81	2.53	0.77	6.95	0.73	18.00	0.91
C2H	1440	864	0.0020	0.0042	0.0116	0.0300	1.73	0.66	3.64	0.68	10.00	0.70	25.92	0.87
C3L														
C3M														
C3H														
PC1	180	135	0.0040	0.0070	0.0187	0.0525	0.54	0.89	0.94	0.92	2.52	0.97	7.09	1.04
PC2L	240	180	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525	0.72	0.96	1.25	1.00	3.37	1.03	9.45	0.88
PC2M	600	450	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350	1.20	0.82	2.08	0.79	5.61	0.75	15.75	0.93
PC2H	1440	864	0.0020	0.0035	0.0094	0.0263	1.73	0.68	3.00	0.69	8.08	0.77	22.68	0.89
RM1L	240	180	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525	0.72	0.96	1.25	0.99	3.37	1.05	9.45	0.94
RM1M	600	450	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350	1.20	0.81	2.08	0.82	5.61	0.80	15.75	0.89
RM2L	240	180	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525	0.72	0.91	1.25	0.96	3.37	1.02	9.45	0.93
RM2M	600	450	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350	1.20	0.81	2.08	0.80	5.61	0.75	15.75	0.88
RM2H	1440	864	0.0020	0.0035	0.0094	0.0263	1.73	0.67	3.00	0.69	8.08	0.70	22.68	0.86
URML														
URMM														
MH	120	120	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.48	0.91	0.96	1.00	2.88	1.03	8.40	0.92

Structural Fragility Curve Parameters - Low-Code Seismic Design Level

Building Properties			Interstory Drift at Threshold of Damage State				Spectral Displacement (inches)							
Type	Height (inches)		Slight	Moderate	Extensive	Complete	Slight		Moderate		Extensive		Complete	
	Roof	Modal					Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta
W1	168	126	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750	0.50	0.93	1.25	0.98	3.86	1.02	9.45	0.99
W2	288	216	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750	0.86	0.97	2.14	0.90	6.62	0.89	16.20	0.99
S1L	288	216	0.0060	0.0096	0.0203	0.0500	1.30	0.77	2.07	0.78	4.38	0.78	10.80	0.96
S1M	720	540	0.0040	0.0064	0.0135	0.0333	2.16	0.68	3.44	0.78	7.30	0.85	18.00	0.98
S1H	1872	1123	0.0030	0.0048	0.0101	0.0250	3.37	0.66	5.37	0.70	11.38	0.76	28.08	0.92
S2L	288	216	0.0050	0.0080	0.0200	0.0500	1.08	0.96	1.73	0.89	4.32	0.86	10.80	0.98
S2M	720	540	0.0033	0.0053	0.0133	0.0333	1.80	0.70	2.88	0.73	7.20	0.85	18.00	0.98
S2H	1872	1123	0.0025	0.0040	0.0100	0.0250	2.81	0.66	4.49	0.67	11.23	0.74	28.08	0.92
S3	180	135	0.0040	0.0064	0.0161	0.0438	0.54	0.98	0.87	0.99	2.17	1.01	5.91	0.90
S4L	288	216	0.0040	0.0064	0.0161	0.0438	0.86	1.05	1.38	0.98	3.47	0.89	9.45	0.98
S4M	720	540	0.0027	0.0043	0.0107	0.0292	1.44	0.76	2.31	0.78	5.78	0.90	15.75	0.99
S4H	1872	1123	0.0020	0.0032	0.0080	0.0219	2.25	0.70	3.60	0.75	9.01	0.90	24.57	0.98
S5L	288	216	0.0030	0.0060	0.0150	0.0350	0.65	1.11	1.30	1.04	3.24	0.99	7.56	0.95
S5M	720	540	0.0020	0.0040	0.0100	0.0233	1.08	0.77	2.16	0.79	5.40	0.87	12.60	0.98
S5H	1872	1123	0.0015	0.0030	0.0075	0.0175	1.68	0.70	3.37	0.73	8.42	0.89	19.66	0.97
C1L	240	180	0.0050	0.0080	0.0200	0.0500	0.90	0.95	1.44	0.91	3.60	0.85	9.00	0.97
C1M	600	450	0.0033	0.0053	0.0133	0.0333	1.50	0.70	2.40	0.74	6.00	0.86	15.00	0.98
C1H	1440	864	0.0025	0.0040	0.0100	0.0250	2.16	0.70	3.46	0.81	8.64	0.89	21.60	0.98
C2L	240	180	0.0040	0.0076	0.0197	0.0500	0.72	1.04	1.37	1.02	3.55	0.99	9.00	0.95
C2M	600	450	0.0027	0.0051	0.0132	0.0333	1.20	0.82	2.29	0.81	5.92	0.81	15.00	0.99
C2H	1440	864	0.0020	0.0038	0.0099	0.0250	1.73	0.68	3.30	0.73	8.53	0.84	21.60	0.95
C3L	240	180	0.0030	0.0060	0.0150	0.0350	0.54	1.09	1.08	1.07	2.70	1.08	6.30	0.91
C3M	600	450	0.0020	0.0040	0.0100	0.0233	0.90	0.85	1.80	0.83	4.50	0.79	10.50	0.98
C3H	1440	864	0.0015	0.0030	0.0075	0.0175	1.30	0.71	2.59	0.74	6.48	0.90	15.12	0.97
PC1	180	135	0.0040	0.0064	0.0161	0.0438	0.54	1.00	0.87	1.05	2.17	1.12	5.91	0.89
PC2L	240	180	0.0040	0.0064	0.0161	0.0438	0.72	1.08	1.15	1.03	2.89	0.98	7.88	0.96
PC2M	600	450	0.0027	0.0043	0.0107	0.0292	1.20	0.81	1.92	0.79	4.81	0.84	13.12	0.99
PC2H	1440	864	0.0020	0.0032	0.0080	0.0219	1.73	0.71	2.77	0.75	6.93	0.89	18.90	0.98
RM1L	240	180	0.0040	0.0064	0.0161	0.0438	0.72	1.11	1.15	1.10	2.89	1.10	7.88	0.92
RM1M	600	450	0.0027	0.0043	0.0107	0.0292	1.20	0.87	1.92	0.84	4.81	0.79	13.12	0.96
RM2L	240	180	0.0040	0.0064	0.0161	0.0438	0.72	1.05	1.15	1.07	2.89	1.09	7.88	0.91
RM2M	600	450	0.0027	0.0043	0.0107	0.0292	1.20	0.84	1.92	0.81	4.81	0.77	13.12	0.96
RM2H	1440	864	0.0020	0.0032	0.0080	0.0219	1.73	0.69	2.77	0.72	6.93	0.87	18.90	0.96
URML	180	135	0.0030	0.0060	0.0150	0.0350	0.41	0.99	0.81	1.05	2.03	1.10	4.73	1.08
URMM	420	315	0.0020	0.0040	0.0100	0.0233	0.63	0.91	1.26	0.92	3.15	0.87	7.35	0.91
MH	120	120	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.48	0.91	0.96	1.00	2.88	1.03	8.40	0.92

Structural Fragility Curve Parameters - Pre-Code Seismic Design Level

Type	Building Properties		Interstory Drift at Threshold of Damage State				Spectral Displacement (inches)							
	Height (inches)		Slight	Moderate	Extensive	Complete	Slight		Moderate		Extensive		Complete	
	Roof	Modal					Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta
W1	168	126	0.0032	0.0079	0.0245	0.0600	0.40	1.01	1.00	1.05	3.09	1.07	7.56	1.06
W2	288	216	0.0032	0.0079	0.0245	0.0600	0.69	1.04	1.71	0.97	5.29	0.90	12.96	0.99
S1L	288	216	0.0048	0.0076	0.0162	0.0400	1.04	0.85	1.65	0.82	3.50	0.80	8.64	0.95
S1M	720	540	0.0032	0.0051	0.0108	0.0267	1.73	0.70	2.76	0.75	5.84	0.81	14.40	0.98
S1H	1872	1123	0.0024	0.0038	0.0081	0.0200	2.70	0.69	4.30	0.71	9.11	0.85	22.46	0.93
S2L	288	216	0.0040	0.0064	0.0160	0.0400	0.86	1.01	1.38	0.96	3.46	0.88	8.64	0.98
S2M	720	540	0.0027	0.0043	0.0107	0.0267	1.44	0.73	2.30	0.75	5.76	0.80	14.40	0.98
S2H	1872	1123	0.0020	0.0032	0.0080	0.0200	2.25	0.70	3.59	0.70	8.99	0.84	22.46	0.91
S3	180	135	0.0032	0.0051	0.0128	0.0350	0.43	1.06	0.69	1.03	1.73	1.07	4.73	0.89
S4L	288	216	0.0032	0.0051	0.0128	0.0350	0.69	1.11	1.11	1.03	2.77	0.99	7.56	0.98
S4M	720	540	0.0021	0.0034	0.0086	0.0233	1.15	0.81	1.85	0.80	4.62	0.94	12.60	1.00
S4H	1872	1123	0.0016	0.0026	0.0064	0.0175	1.80	0.73	2.88	0.75	7.21	0.90	19.66	0.97
S5L	288	216	0.0024	0.0048	0.0120	0.0280	0.52	1.20	1.04	1.11	2.59	1.08	6.05	0.95
S5M	720	540	0.0016	0.0032	0.0080	0.0187	0.86	0.85	1.73	0.83	4.32	0.94	10.08	0.99
S5H	1872	1123	0.0012	0.0024	0.0060	0.0140	1.35	0.72	2.70	0.75	6.74	0.92	15.72	0.96
C1L	240	180	0.0040	0.0064	0.0160	0.0400	0.72	0.98	1.15	0.94	2.88	0.90	7.20	0.97
C1M	600	450	0.0027	0.0043	0.0107	0.0267	1.20	0.73	1.92	0.77	4.80	0.83	12.00	0.98
C1H	1440	864	0.0020	0.0032	0.0080	0.0200	1.73	0.71	2.76	0.80	6.91	0.94	17.28	1.01
C2L	240	180	0.0032	0.0061	0.0158	0.0400	0.58	1.11	1.10	1.09	2.84	1.07	7.20	0.93
C2M	600	450	0.0021	0.0041	0.0105	0.0267	0.96	0.86	1.83	0.83	4.74	0.80	12.00	0.98
C2H	1440	864	0.0016	0.0031	0.0079	0.0200	1.38	0.73	2.64	0.75	6.82	0.92	17.28	0.97
C3L	240	180	0.0024	0.0048	0.0120	0.0280	0.43	1.19	0.86	1.15	2.16	1.15	5.04	0.92
C3M	600	450	0.0016	0.0032	0.0080	0.0187	0.72	0.90	1.44	0.86	3.60	0.90	8.40	0.96
C3H	1440	864	0.0012	0.0024	0.0060	0.0140	1.04	0.73	2.07	0.75	5.18	0.90	12.10	0.95
PC1	180	135	0.0032	0.0051	0.0128	0.0350	0.43	1.14	0.69	1.14	1.73	1.17	4.73	0.98
PC2L	240	180	0.0032	0.0051	0.0128	0.0350	0.58	1.14	0.92	1.10	2.31	1.10	6.30	0.93
PC2M	600	450	0.0021	0.0034	0.0086	0.0233	0.96	0.87	1.54	0.83	3.85	0.91	10.50	1.00
PC2H	1440	864	0.0016	0.0026	0.0064	0.0175	1.38	0.74	2.21	0.75	5.55	0.91	15.12	0.96
RM1L	240	180	0.0032	0.0051	0.0128	0.0350	0.58	1.20	0.92	1.17	2.31	1.17	6.30	0.94
RM1M	600	450	0.0021	0.0034	0.0086	0.0233	0.96	0.91	1.54	0.89	3.85	0.89	10.50	0.96
RM2L	240	180	0.0032	0.0051	0.0128	0.0350	0.58	1.14	0.92	1.10	2.31	1.15	6.30	0.92
RM2M	600	450	0.0021	0.0034	0.0086	0.0233	0.96	0.89	1.54	0.87	3.85	0.87	10.50	0.96
RM2H	1440	864	0.0016	0.0026	0.0064	0.0175	1.38	0.75	2.21	0.75	5.55	0.84	15.12	0.94
URML	180	135	0.0024	0.0048	0.0120	0.0280	0.32	1.15	0.65	1.19	1.62	1.20	3.78	1.18
URMM	420	315	0.0016	0.0032	0.0080	0.0187	0.50	0.99	1.01	0.97	2.52	0.90	5.88	0.88
MH	120	120	0.0032	0.0064	0.0192	0.0560	0.38	1.11	0.77	1.10	2.30	0.95	6.72	0.97