

Εκτίμηση σεισμικού κινδύνου και υπολογισμός απωλειών στα δίκτυα ζωής

Ελευθέριος Παππάς

Πολιτικός Μηχανικός Τ.Ε και Μεταπτ. Φοιτητής ΔΧΤ/ΣΘΕΤ, ΕΑΠ

lefterispap93@gmail.com, std135504@ac.eap.gr

Νικόλαος Πνευματικός

Μέλος ΣΕΠ ΔΧΤ/ΣΘΕΤ ΕΑΠ

pnevmatikos.nikolaos@ac.eap.gr

Περίληψη – Η παρούσα Διπλωματική Εργασία πραγματεύεται τη διαχείριση σεισμικών κινδύνων και τον υπολογισμό των απωλειών στα Δίκτυα Ζωής. Αρχικά, επιχειρείται μία εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση η οποία αποσκοπεί στη διερεύνηση και καταγραφή των σημαντικότερων δεδομένων που αφορούν τα σεισμικά φαινόμενα, όπως επίσης και μια πιο αναλυτική διερεύνηση των επιπτώσεων της σεισμικής δραστηριότητας στα Δίκτυα Ζωής και τη συμπεριφορά των Δικτύων αυτών κάτω από αντίξοες συνθήκες, όπως είναι ο σεισμός. Στη συνέχεια ακολουθεί η περιγραφή του λογισμικού OpenQuake, το οποίο αποτελεί ένα ολοκληρωμένο και εξελιγμένο λογισμικό και με το οποίο μπορεί να υπολογιστεί ο φυσικός κίνδυνος. Το εν λόγω λογισμικό είναι ελεύθερο και χρησιμοποιείται για υπολογισμούς της σεισμικής διακινδύνευσης και της σεισμικής επικινδυνότητας.

Λέξεις-Κλειδιά: Σεισμός, Σεισμική επικινδυνότητα, Δίκτυα Ζωής

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μετατόπιση του πληθυσμού από την επαρχία στα μεγάλα αστικά κέντρα τις τελευταίες δεκαετίες, ανάγκασε τις αρμόδιες αρχές και υπηρεσίες να προχωρήσουν στην υλοποίηση τεχνικών έργων μεγάλης και βαρύνουσας σημασίας στα αστικά κέντρα, με σκοπό την εξυπηρέτηση των όλο και περισσότερο αυξανόμενων αναγκών των πολιτών. Ένα μεγάλο τμήμα των παραπάνω τεχνικών έργων, αποτελούν τα Δίκτυα Ζωής τα οποία συνεχώς επεκτείνονται, με αποτέλεσμα να γίνονται όλο και πιο περίπλοκα και δαιδαλώδη.

Ένα πολύ μεγάλο στοίχημα που καλούνται οι αρμόδιοι να κερδίσουν, είναι αυτό της επαρκούς και ικανοποιητικής συμπεριφοράς και εξυπηρέτησης των Δικτύων Ζωής, όχι μόνο σε φυσιολογικές περιόδους, αλλά και σε περιόδους κρίσεων. Μία από αυτές τις κρίσεις είναι και το άκρως απρόβλεπτο και επικίνδυνο φαινόμενο του σεισμού.

Οι επεκτάσεις των δικτύων αποτελούν καινούριες κατασκευές οι οποίες ακολουθούν τον σύγχρονο αντισεισμικό σχεδιασμό, προσφέροντας υψηλής ποιότητας υπηρεσίες στους πολίτες. Δεν συμβαίνει το ίδιο όμως και με τις παλιότερες κατασκευές των Δικτύων οι οποίες ίσως δεν ακολουθούν κανέναν αντισεισμικό σχεδιασμό, γεγονός το οποίο μαζί με την παλαιότητα και τη γήρανση των υλικών κατασκευής τους, τα καθιστά

άμεσα περισσότερο επιρρεπή σε έναν ενδεχόμενο ισχυρό σεισμό.

II. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

A. Περιγραφή Κεφαλαίων

Στο πρώτο κεφάλαιο επιχειρείται η εννοιολογική αποσαφήνιση των βασικότερων ορισμών οι οποίοι σχετίζονται άμεσα με το φαινόμενο του σεισμού, καθώς και την σεισμική δραστηριότητα στον ελλαδικό χώρο.

Στη συνέχεια και στο δεύτερο κεφάλαιο, αναλύεται ο όρος της σεισμικής επικινδυνότητας (Seismic Hazard) καθώς και ο όρος της σεισμικής διακινδύνευσης (Seismic Risk), με αναφορά στις Ζώνες και τους χάρτες σεισμικής επικινδυνότητας της ελληνικής επικράτειας.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται εκτεταμένη αναφορά στα Δίκτυα Ζωής καθώς και στα ιδιαίτερα και αναγνωριστικά χαρακτηριστικά τους και επιχειρείται μια καταγραφή της συμπεριφοράς τους αλλά και των οι επιπτώσεων που υπάρχουν, όταν εκτίθενται σε ακραίες καταστάσεις όπως είναι τα φυσικά φαινόμενα και ιδιαίτερα ο σεισμός.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται η έννοια της διακινδύνευσης και της τρωτότητας στα Δίκτυα Ζωής καθώς και η αξιοπιστία των Δικτύων. Επίσης, γίνεται μια προσπάθεια ανάλυσης της τρωτότητας των κατασκευών και καταγραφή των μεθόδων εκτίμησης των καμπυλών τρωτότητας.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, γίνεται προσπάθεια περιγραφής και ανάλυσης του λογισμικού OpenQuake, το οποίο είναι ένα ελεύθερα προσβάσιμο λογισμικό ανάλυσης της σεισμικής διακινδύνευσης και της σεισμικής επικινδυνότητας.

Στο έκτο κεφάλαιο, παρατέθηκαν τα συμπεράσματα και οι παρατηρήσεις από την παρούσα Διπλωματική Εργασία.

B. Περιγραφή του λογισμικού OpenQuake

Το OpenQuake, είναι ένα πλήρως εξελιγμένο και ολοκληρωμένο λογισμικό με το οποίο είναι δυνατό να υπολογιστεί ο φυσικός κίνδυνος. Το εν λόγω λογισμικό, είναι αποτέλεσμα μιας προσπάθειας η οποία προωθήθηκε και αναπτύχθηκε ενεργά από την GlobalEarthquakeModel, μιας σύμπραξης δημόσιου και ιδιωτικού τομέα. Η συνεργασία αυτή ξεκίνησε από το Παγκόσμιο Φόρουμ Επιστημών του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ).

Το λογισμικό αναπτύχθηκε ακολουθώντας τα τρέχοντα επίκαιρα πρότυπα τα οποία ισχύουν για την εξέλιξη και ανάπτυξη λογισμικών, στοχεύοντας να γίνει ένα ανοιχτό και προσβάσιμο στο κοινό εργαλείο ανάλυσης της σεισμικής διακινδύνευσης και της σεισμικής επικινδυνότητας.

Η επίσημη εμφάνιση του λογισμικού έγινε το καλοκαίρι του 2010, κυκλοφόρησε όμως το 2013 με τις παρακάτω ιδιότητες να το χαρακτηρίζουν:

- Είναι ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα με ελεύθερη πρόσβαση από τον οποιονδήποτε
- Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να εισάγουν στο λογισμικό δικά τους δεδομένα σχετικά με τις εδαφικές συνθήκες, τη σεισμική τρωτότητα, τη σεισμική επικινδυνότητα, όπως και για τα στοιχεία διακινδύνευσης.
- Μέσω του λογισμικού, υπάρχει η δυνατότητα να εκφραστεί ποσοτικά η επιστημική αβεβαιότητα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του λογικού δέντρου, καθώς και η τυχαία αβεβαιότητα.
- Με το λογισμικό μπορούν να πραγματοποιηθούν σε κοινή ανάλυση, αναλύσεις σεισμικής διακινδύνευσης (seismicrisk) και σεισμικής επικινδυνότητας (seismichazard) και να και να δημιουργηθούν σεισμικά σενάρια τα οποία να περιλαμβάνουν βλάβες ή απώλειες από σεισμικές καταγραφές που υπάρχουν
- Το λογισμικό παρέχει στους χρήστες μια μεγάλη γκάμα αποτελεσμάτων όπως χάρτες που καταγράφονται οι απώλειες και οι βλάβες και το μέσο ετήσιο κόστος.

C. Ανάλυση σεισμικής διακινδύνευσης με τη χρήση του λογισμικού OpenQuake

Το λογισμικό OpenQuake μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση της σεισμικής διακινδύνευσης μιας περιοχής η οποία αντιστοιχεί σε ένα συγκεκριμένο σεισμικό σενάριο. Για τον λόγο αυτό το λογισμικό χρησιμοποιεί δεδομένα για το σεισμικό σενάριο που μελετάται (hazard), το κτιριακό απόθεμα ή το σύνολο των στοιχείων υπό διακινδύνευση (exposure) της υπό μελέτη περιοχής, την τρωτότητα των στοιχείων αυτών (fragility / vulnerability) και τέλος υπολογίζεται ο αριθμός των βλαβών και των απωλειών.

Για τον καθορισμό της σεισμικής διακινδύνευσης από το λογισμικό, απαιτούνται τα εξής στοιχεία εισαγωγής:

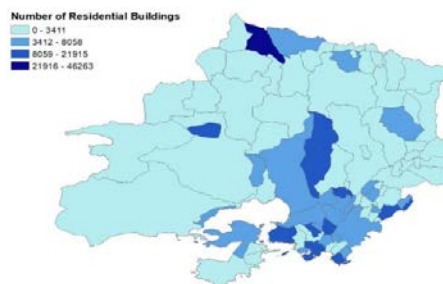
- Στοιχεία υπό διακινδύνευση
Θα πρέπει να εισαχθούν τα στοιχεία υπό διακινδύνευση της υπό μελέτη περιοχής (κτίρια, δίκτυα αγωγών κτλ.)
- Κατάλογοι με τα χαρακτηριστικά των στοιχείων υπό διακινδύνευση
Στο συγκεκριμένο παράδειγμα γίνεται εισαγωγή του κτιριακού αποθέματος της Αττικής με χρήση των κτιρίων ως κατοικία.
- Υλικά κατασκευής των εισαγόμενων στοιχείων υπό διακινδύνευση
- Χρονική περίοδος κατασκευής στοιχείων υπό διακινδύνευση
- Ύψος κτιρίων

- Σύστημα παραλαβής οριζοντίων δυνάμεων.

III. SELECTED RESULTS

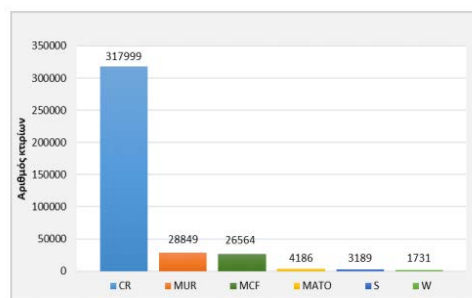
Στην παρακάτω παράγραφο θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα που αφορούν τα στοιχεία εισαγωγής.

Κτιριακό απόθεμα Αττικής με χρήση των κτιρίων ως κατοικία



Σχήμα 1 Κτιριακό απόθεμα Αττικής το έτος 1999

Υλικά κατασκευής εισαγόμενων στοιχείων υπό διακινδύνευση

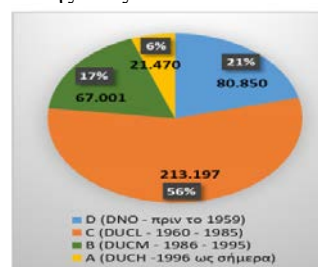


Σχήμα 2 Αριθμός κτιρίων με βάση το υλικό κατασκευής τους

Στην παραπάνω εικόνα φαίνονται όλα τα κτίρια που βρίσκονται στην υπό μελέτη περιοχή και το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένα.

Περίοδος κατασκευής στοιχείων υπό διακινδύνευση

Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζονται γραφικά τα ποσοστά και τα σύνολα των κτιρίων, ανάλογα με την περίοδο κατασκευής τους

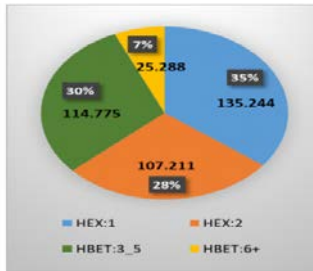


Σχήμα 3 Κατηγοριοποίηση κτιρίων περιοχής μελέτης με βάση την περίοδο κατασκευής τους

- (A) με ποσοστό επί του συνολικού αριθμού κτιρίων 6% και σύνολο 21.470 κτίρια
- (B) με ποσοστό 17% και σύνολο κτιρίων 67.001
- (C) με ποσοστό 56% (το μεγαλύτερο ποσοστό) και σύνολο 213.197 κτίρια
- (D) με ποσοστό 21% και σύνολο κτιρίων 80.850

Υψος κτιρίων

Με βάση τον αριθμό των ορόφων τους και ορίζονται 4 κατηγορίες κτιρίων, οι οποίες παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα μαζί με τα ποσοστά και τα σύνολά τους.



Σχήμα 4 Κατηγοριοποίηση κτιρίων περιοχής μελέτης με βάση το ύψος τους

IV. CONCLUSIONS

Ο σεισμός είναι ένα πολύ περίπλοκο και απρόβλεπτο γεγονός το οποίο ανησυχεί όλους τους πολίτες από όποια σκοπιά και αν τον βλέπουν, καθώς ο σεισμός δεν είναι ένα φαινόμενο το οποίο μπορεί να αποφευχθεί με οποιαδήποτε πρόληψη. Το φαινόμενο του σεισμού προκαλεί μεγάλη αβεβαιότητα καθώς κανείς δεν ξέρει το πότε και το πού μπορεί να συμβεί.

Στο καλύτερο σενάριο που θα μπορούσε να συμβεί έπειτα από μια σεισμική δόνηση, είναι οι υλικές καταστροφές και οι καταστροφές υποδομών και κτιρίων. Οι καταστροφές που ίσως συμβούν στα ζωτικά δίκτυα της πληγείσας περιοχής, δηλαδή τα δίκτυα ζωής, ίσως να μην είναι θανατηφόρα αλλά μπορούν να προκαλέσουν άσχημες και καταστροφικές καταστάσεις. Για τον λόγο

αυτό, οι αρμόδιες αρχές θα πρέπει να είναι σε θέση να επέμβουν άμεσα και μεθοδικά.

Η αποτίμηση λοιπόν της τρωτότητας των Δικτύων Ζωής είναι ένα σημαντικό κεφάλαιο το οποίο θα πρέπει να ανοίξει και να αρχίσει να εξετάζεται καθώς η Ελλάδα υστερεί σε διερεύνηση και πρόληψη. Το γεγονός ότι δεν υπάρχουν αρκετές και επαρκείς έρευνες για το εν λόγω ζήτημα είναι κατά βάση η αιτία του παραπάνω προβλήματος.

Το παραπάνω γεγονός στάθηκε εμπόδιο και στην παρούσα Διπλωματική εργασία, καθώς αποτέλεσε πολύ δύσκολο κομμάτι το να αναβρεθούν αξιόλογες και αξιόπιστες ελληνικές πηγές, που να πραγματεύονται το ζήτημα της εκτίμησης του σεισμικού κινδύνου στα Δίκτυα Ζωής.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Αγουρογιάννης, Π. (2011). *Φυσικές καταστροφές στον ελλαδικό χώρο (σεισμοί-πυρκαγιές). Η γεωγραφική κατανομή τους και οι επιπτώσεις τους στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον* (Διδακτορική διατριβή). Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.
- Αλεξούδη, Μ. (2005). *Συμβολή στην ανάλυση της σεισμικής τρωτότητας δικτύων κοινής ωφέλειας σε αστικό περιβάλλον. Ανάπτυξη ολοκληρωμένης μεθοδολογίας διαχείρισης της σεισμικής διακινδύνευσης* (Διδακτορική διατριβή). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Αποστόλου, Ε. (2012). *Συστημική αποτίμηση της σεισμικής διακινδύνευσης του λιμένα Θεσσαλονίκης* (Διπλωματική εργασία). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Αργυρούδης, Σ., Πιτλάκης, Κ., Πιτλάκης, Δ. & Τσινάρης, Α. (2015). *Τεχνική έκθεση εμπειρικών εξαχθείσες καμπύλες τρωτότητας*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο και Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Baskoutas, I. & Papadopoulos, G. (2014). Precursory seismicity pattern before strong earthquakes in Greece. <http://dx.doi.org/10.4081/rg.2014.4899>
- GEM (2020). The OpenQuake-engine User Manual. Global Earthquake Model (GEM) OpenQuake Manual for Engine version 3.9.0. doi: 10.13117/GEM.OPENQUAKE.MAN.ENGINE.3.9.0, 183 pages.