



D4.3

Integrated loss assessment engine

Ολοκληρωμένη μηχανή εκτίμησης απωλειών

Project name

TwinCity: Climate-Aware Risk and Resilience Assessment of Urban Areas under Multiple Environmental Stressors via Multi-Tiered Digital City Twinning.

Hellenic Foundation for Research and Innovation (H.F.R.I.) | Grant Agreement 2515
2nd Call for H.F.R.I. Research Projects to support Faculty Members & Researchers

Dissemination level	Public (PU) - Fully open
Type of deliverable	DEM - Demonstrator, pilot, prototype
Work package	WP4 – Vulnerability & physical impact assessment
Deliverable number	D4.3 Integrated loss assessment engine
Status - version, date	Final – V1.0
Deliverable leader	E. Karaferi
Contractual date of delivery	30/04/2024

Ποιοτικός έλεγχος

	Name	Organisation	Date
Peer review 1	Δ. Βαμβάτσικος	ΕΜΠ	15/02/2024
Peer review 2	Β. Μελισσιανός	ΕΜΠ	05/03/2024

Ιστορικό παραδοτέου

Version	Date	Author	Summary of changes
0.1	20/01/2024	Ε. Καραφέρη	Πρώτο προσχέδιο εγγράφου
1.0	25/04/2024	Ε. Καραφέρη	Τελική έκδοση (V1.0) εγγράφου

Νομική διακήρυξη

Η παρούσα εργασία είναι χρηματοδοτούμενη από το Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας και Καινοτομίας (ΕΛΙΔΕΚ, Grant Agreement 2515). Οι απόψεις και οι πληροφορίες που παρουσιάζονται στο παρόν έγγραφο δεν αντικατοπτρίζουν τις απόψεις του ΕΛΙΔΕΚ και εκφράζουν μόνο τους συγγραφείς. Το ΕΛΙΔΕΚ δεν φέρει καμία νομική ή άλλη ευθύνη για τα περιεχόμενα του παρόντος εγγράφου. Οι πληροφορίες σε αυτό το έγγραφο παρέχονται "ως έχουν", και η ερμηνεία τους επαφίεται στον αναγνώστη. Οι συμπράττοντες τω έργω δεν φέρουν καμία ευθύνη για ζημίες οποιουδήποτε είδους, συμπεριλαμβανομένων έμμεσων ή άλλων ζημιών που μπορεί να προκύψουν από τη χρήση του υλικού που παρουσιάζεται.

Copyright © TwinCity Consortium, 2023.

Περιεχόμενα

Ποιοτικός έλεγχος	2
Ιστορικό παραδοτέου.....	2
Νομική διακήρυξη.....	2
Κατάλογος σχημάτων.....	4
Κατάλογος πινάκων	4
Κατάλογος συντομογραφιών και ακρωνύμιων	5
Σύνοψη	6
1 Εισαγωγή	7
1.1 Σκοπός του παραδοτέου	7
1.2 Στοχευόμενο κοινό	7
2 Εννοιολογικό Πλαίσιο Λογισμικού	7
2.1 Στοιχεία Υποδομών υπό διακινδύνευση.....	9
3 Λογισμικό	11
3.1 Λογισμικό Βραχυπρόθεσμης Εκτίμησης Επιπτώσεων	11
3.2 Λογισμικό Μακροπρόθεσμης Εκτίμησης Επιπτώσεων	13
4 Δομή Λογισμικού	17
4.1 Βραχυπρόθεσμη Εκτίμηση Επιπτώσεων.....	17
4.2 Μακροπρόθεσμη Εκτίμηση επιπτώσεων.....	19
4.3 Δεδομένα Εισόδου για τις συναρτήσεις	20
4.4 Αρχεία Δεδομένων	22
5 Συμπεράσματα	25
6 Βιβλιογραφία	25

Κατάλογος σχημάτων

Σχήμα 1: Κατάσταση λειτουργίας πριν από το συμβάν. Όλα τα σενάρια εξακολουθούν να είναι πιθανά.	9
Σχήμα 2: Τρόπος λειτουργίας μετά το συμβάν: Οι αισθητήρες στοιχείων υποδομών, κινδύνου και αισθητήρων επιτρέπουν τον περιορισμό των πιθανών αποτελεσμάτων. Τα γκριζοχρωματισμένα σενάρια δεν είναι συμβατά με τα δεδομένα που δίνουν οι διαθέσιμοι οι αισθητήρες και, ως εκ τούτου, αποκλείονται.	9
Σχήμα 3: Στοιχεία υποδομών χαρτοφυλακίου χωρισμένα σε οικοδομικά τετράγωνα για τη Ρόδο	10
Σχήμα 4: Δίκτυο ύδρευσης Ρόδου	10
Σχήμα 5: Πεδίο κίνησης εδάφους σε όρους φασματικής επιτάχυνσης 1sec, Sa(1sec)	12
Σχήμα 6: α) Συνέπειες για το δίκτυο ύδρευσης όσον αφορά το ποσοστό των ατόμων που έχουν πρόσβαση στο νερό· β) Συνέπειες για τα κτίρια της βαθμίδας 3 ως προς το ποσοστό των κτιρίων που κατέρρευσαν.	12
Σχήμα 7: (α) Αριθμός κτιρίων ανά κατάσταση ζημίας και τυπολογία. β) Ποσοστό κτιρίων ανά κατάσταση ζημίας και τυπολογία.	13
Σχήμα 8: Καμπύλες τρωτότητας για Ρωμαϊκή γέφυρα.	14
Σχήμα 9: MAF για το δίκτυο ύδρευσης α) Ποσοστό πληθυσμού χωρίς πρόσβαση σε νερό, β) Μήκος αγωγού προς επισκευή (km), γ) Αριθμός διακοπών υδροδότησης και διαρροών.	14
Σχήμα 10: MAF για τα κτίρια της βαθμίδας 3.	15
Σχήμα 11: MAF για τα κτίρια της βαθμίδας 3 ανά DS και τυπολογία (α) DS0: Καμία ζημιά, (β) DS1: ελαφρά ζημιά, (γ) DS2: Μέτρια ζημιά, (δ) DS3: Εκτεταμένες ζημιές, (ε) DS4: Κατάρρευση.	15
Σχήμα 12: EUROCORDEX αποτελέσματα για τη θερμοκρασία του αέρα για το σενάριο RCP4.5 για Ρόδο.	15
Σχήμα 13: Frankenstein αποτελέσματα ημερών για τον υετό για το σενάριο RCP4.5 για το Φρούριο του Αγίου Νικολάου στη Ρόδο.	16
Σχήμα 14: EUROCORDEX σενάρια και κλιματικά μοντέλα.	16

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1: Υπο-ρουτίνα φιλτραρίσματος συμβάντων βάσει προκαθορισμένων παραμέτρων.	17
Πίνακας 2: Βασική ρουτίνα παρουσίασης βραχυπρόθεσμων σεισμικών επιπτώσεων	18
Πίνακας 3: Βασική ρουτίνα παρουσίασης μακροπρόθεσμων σεισμικών και καιρικών επιπτώσεων	19
Πίνακας 4: Δεδομένα εισόδου για την υπο-ρουτίνα	20
Πίνακας 5: Δεδομένα εισόδου για την βασική ρουτίνα βραχυπρόθεσμων επιπτώσεων	20
Πίνακας 6: Δεδομένα εισόδου για την βασική ρουτίνα μακροπρόθεσμων επιπτώσεων	21
Πίνακας 7: Αρχεία Δεδομένων για την βραχυπρόθεσμη εκτίμηση επιπτώσεων – Φιλτράρισμα σεισμικών συμβάντων	22
Πίνακας 8: Αρχεία Δεδομένων για την βραχυπρόθεσμη εκτίμηση επιπτώσεων – Κτήρια Tier 3	22
Πίνακας 9: Αρχεία Δεδομένων για την βραχυπρόθεσμη εκτίμηση επιπτώσεων – Δίκτυο Ύδρευσης	23
Πίνακας 10: Αρχεία Δεδομένων για την μακροπρόθεσμη εκτίμηση επιπτώσεων – Πόλη	23
Πίνακας 11: Αρχεία Δεδομένων για την μακροπρόθεσμη εκτίμηση επιπτώσεων – Κτήρια Tier 3	23
Πίνακας 12: Αρχεία Δεδομένων για την μακροπρόθεσμη εκτίμηση επιπτώσεων – EUROCORDEX	24

Κατάλογος συντομογραφιών και ακρωνύμιων

Συντομογραφία	Ολογράφως
ΠΕ	Πακέτο Εργασίας
DS	Επίπεδο βλάβης (Damage State)
SES	Σύνολα Στοχαστικών Συμβάντων (Stochastic Event Set)
IM	Μέτρο Έντασης (Intensity measure)

Σύνοψη

Το παραδοτέο 4.3 “ Integrated loss assessment engine” παρουσιάζει το λογισμικό το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση του κινδύνου και της ανθεκτικότητας της πόλης της Ρόδου καθώς και των πιθανών επιπτώσεων που οφείλονται σε διάφορους κινδύνους, όπως σεισμοί και κίνδυνοι που σχετίζονται με τις καιρικές συνθήκες.

Το εργαλείο αυτό περιλαμβάνει τόσο μακροπρόθεσμα όσο και βραχυπρόθεσμα εργαλεία εκτίμησης των επιπτώσεων για τους διάφορους κινδύνους που έχουν εξετασθεί. Το λογισμικό αυτό αξιοποιεί τα αποτελέσματα τα οποία έχουν υπολογιστεί στα πλαίσια των προηγούμενων πακέτων εργασίας. Ο στόχος είναι να παρέχει ένα εργαλείο που επιτρέπει στον χρήστη να εκτελεί διαφορετικά σενάρια "what-if" πριν από το συμβάν και αξιολογήσεις "what-is" μετά το συμβάν για να προσφέρει υποστήριξη στην λήψη αποφάσεων τόσο πριν συμβεί ένα συμβάν όσο και μετά από αυτό.

Συνεπώς το εργαλείο αυτό είναι ένα καινοτόμο αλλά και επεκτάσιμο λογισμικό για την εκτίμηση κινδύνου βάσει των προκαλούμενων επιπτώσεων, επιτρέποντας τόσο την ανάπτυξη στρατηγικών μείωσης του κινδύνου όσο και την υποβοήθηση λήψης αποφάσεων για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων των φυσικών αυτών κινδύνων, τον εντοπισμό των πιο ευάλωτων στοιχείων και την παροχή οικονομικά αποδοτικών μέτρων προσαρμογής στους κινδύνους αυτούς για την περιοχή μελέτης μας, τη Ρόδο.

1 Εισαγωγή

1.1 Σκοπός του παραδοτέου

Η δομή του Πακέτου Εργασίας (ΠΕ) 4 στοχεύει στην αποτίμηση της τρωτότητας κτηρίων και υποδομών στην πόλη της Ρόδου και την ανάπτυξη λογισμικού που παράγει τις εκάστοτε συνέπειες λόγω σεισμικών και καιρικών κινδύνων. Το έγγραφο αποτελεί μέρος του ΠΕ 4, σχετικά με τη δημιουργία του λογισμικού αποτίμησης ρίσκου. Το λογισμικό αυτό χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των επιπτώσεων μετά από ανάλυση της εκτίμησης κινδύνου. Παρέχει αποτελέσματα για μακροπρόθεσμους και βραχυπρόθεσμους κινδύνους περιλαμβάνοντας "what-if" και "what-is" αναλύσεις.

Σε προηγούμενα κομμάτια του πακέτου εργασίας αναπτύχθηκαν μοντέλα κινδύνου και υπολογίστηκαν οι απώλειές. Το λογισμικό αυτού του παραδοτέου χρησιμοποιεί αυτά τα αποτελέσματα και εκτελεί καθορισμένα από τον χρήστη σενάρια εκτίμησης επιπτώσεων ανάλογα με την επιθυμητή περίπτωση που θέλει να εξετάσει. Μάλιστα το λογισμικό είναι έτσι φτιαγμένο ώστε να μπορούν να προστεθούν, εφόσον υπάρχουν, και άλλα στοιχεία και κίνδυνοι και να οπτικοποιήσει τα αντίστοιχα αποτελέσματα. Τα δεδομένα που δέχεται το λογισμικό είναι δύο είδη κινδύνων, καιρικός και σεισμικός και δίνει αποτελέσματα για κτήρια και δίκτυα υποδομών.

1.2 Στοχευόμενο κοινό

Το έγγραφο D4.3 είναι ένα δημόσιο έγγραφο και θα είναι προσβάσιμο από όλους τους ενδιαφερόμενους φορείς, και συμμετέχοντες στο πρόγραμμα TwinCity. Είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον για ερευνητές και υπηρεσίες που εμπλέκονται στην εκτίμηση διακινδύνευσης κατασκευών ή και ολόκληρων περιοχών. Οι μεθοδολογίες που παρουσιάζονται μπορούν μάλιστα να βοηθήσουν και σε τυχόν εκπαιδευτικούς σκοπούς που αφορούν σε νέους επιστήμονες που ενδιαφέρονται για τις εν λόγω θεματικές.

2 Εννοιολογικό Πλαίσιο Λογισμικού

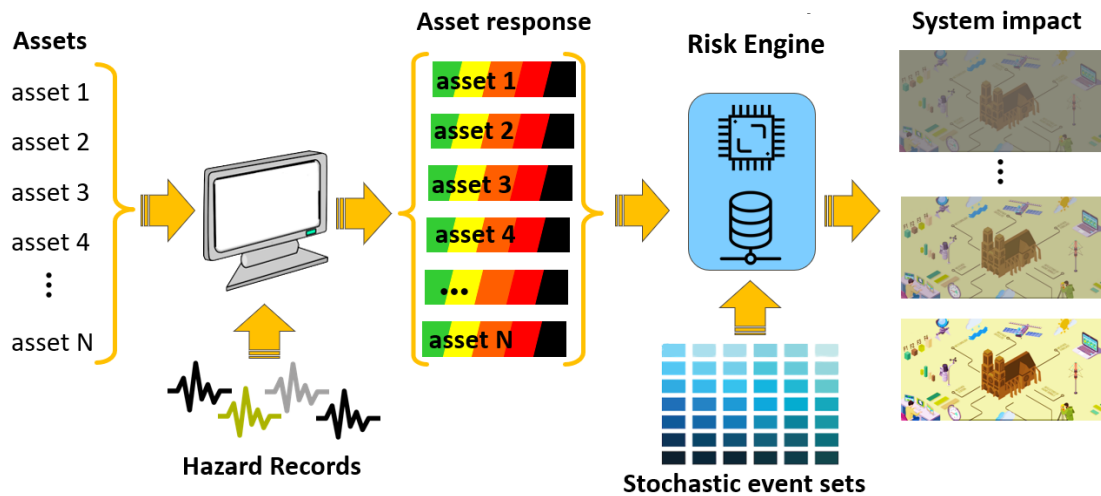
Στο TwinCity προβλέπονται δύο τρόποι λειτουργίας σε σχέση με την εμφάνιση ενός συμβάντος φυσικού κινδύνου: η λειτουργία πριν από το συμβάν (ή μακροπρόθεσμα) και μετά το συμβάν (ή βραχυπρόθεσμα). Η κύρια διαφορά είναι ότι ο δεύτερος τρόπος λειτουργίας αποσκοπεί στην αξιολόγηση του εξελισσόμενου κινδύνου καθώς τα δεδομένα από τους αισθητήρες του συστήματος παρακολούθησης ενσωματώνονται στο σύστημα, περιορίζοντας κατάλληλα τα σενάρια που μπορούν να ληφθούν υπόψη, ενώ στην πρώτη περίπτωση λαμβάνονται υπόψη όλα τα πιθανά σενάρια. Στο TwinCity όλες οι αναλύσεις πραγματοποιούνται εκτός σύνδεσης (offline) και τροφοδοτούνται στο λογισμικό για χρήση εντός σύνδεσης (online). Αυτή η εκτός σύνδεσης εκτέλεση και αποθήκευση εκατομμυρίων αποτελεσμάτων επιτρέπει (α) τη λήψη εκτιμήσεων ταχείας απόκρισης σε χιλιοστά του δευτερολέπτου, έναντι ωρών ή ημερών που πρέπει να εκτελεστούν μεγάλα μοντέλα και (β) τη χρήση μηχανικής μάθησης για την ταχεία εξαγωγή ορθολογικών εκτιμήσεων απόκρισης / ζημιάς / επιπτώσεων ακόμη και σε περιπτώσεις σεναρίων κινδύνου πέρα από αυτά που είχαν αρχικά προβλεφθεί. Επίσης, το λογισμικό γίνεται με χρήση ανοιχτού κώδικα, σε Python για να είναι πλήρως συνδεδεμένο με τα αποτελέσματα των προηγούμενων πακέτων. Έτσι, το λογισμικό εμπλέκεται άμεσα

σε όλα τα στάδια του TwinCity χρησιμοποιώντας προϋπολογισμένα αποτελέσματα αυτών για την αξιολόγηση των συνεπειών των συμβάντων φυσικών κινδύνων για την πόλη της Ρόδου.

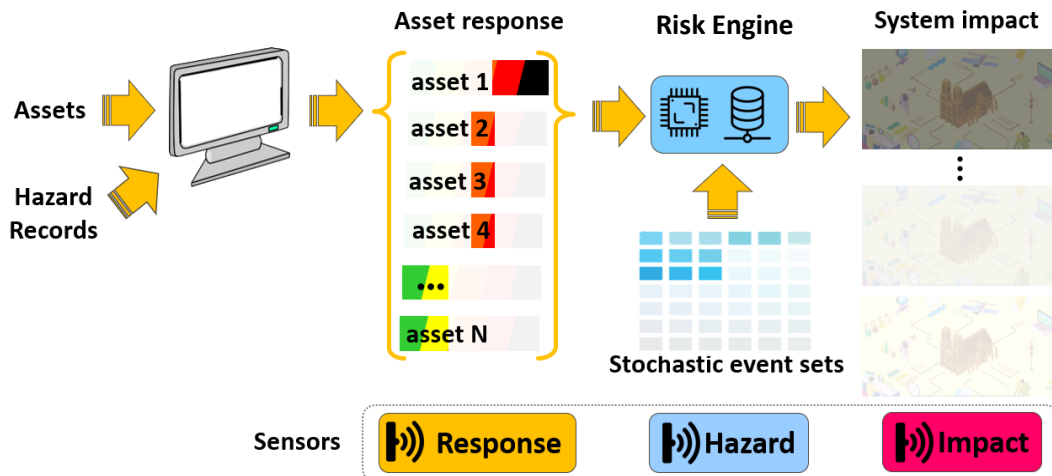
Το πλαίσιο λειτουργίας πριν από το συμβάν που αναπτύχθηκε για το TwinCity παρουσιάζεται στο Σχήμα 1. Σε αυτή τη φάση, προσδιορίζονται όλες οι κρίσιμες υποδομές και αξιολογείται η συμπεριφορά τους όσον αφορά τις ζημιές και τις απώλειες. Αυτό απαιτεί μοντελοποίηση των κρίσιμων υποδομών και υποβολή τους σε μια σειρά αναλύσεων στο πλαίσιο μιας σειράς καταγραφών που αντιπροσωπεύουν τον κίνδυνο στον οποίο είναι ευάλωτη υποδομή. Για παράδειγμα, ένα κτήριο ευάλωτο στον σεισμικό κίνδυνο υπόκειται σε ένα σύνολο αρχείων κίνησης εδάφους που επιλέγονται κατάλληλα ώστε να συνάδουν με τον σεισμικό κίνδυνο που αφορά τη Ρόδο, ενώ τα κτήρια που βρίσκονται υπό καιρική επικινδυνότητα π.χ. κύκλων ψύξης-απόψυξης, υγρασίας, βροχόπτωσης και θερμοκρασίας υποβάλλονται σε χρονοσειρές των σχετικών καιρικών παραμέτρων που επιτρέπουν την αξιολόγηση της κατάστασης διάβρωσης. Με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης, αξιολογούνται όλα τα πιθανά σενάρια ζημιών κάθε στοιχείου υποδομής και ενσωματώνονται από κοινού με τις σχετικές συνέπειες όσον αφορά το κόστος, το χρόνο διακοπής λειτουργίας κ.λπ., για να εκτιμηθούν «όλες» οι πιθανές ζημιές και οι συνέπειες για το περιουσιακό στοιχείο. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλους τους κινδύνους στους οποίους είναι ευάλωτο κάθε στοιχείο υποδομής και τα αντίστοιχα αποτελέσματα αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων. Το σύνολο των δεδομένων συνεπειών για όλα τα στοιχεία υποδομής και τους κινδύνους που τα επηρεάζουν αποτελούν τη βάση δεδομένων επιπτώσεων των στοιχείων υποδομής TwinCity .

Στο πλαίσιο λειτουργίας πριν από το συμβάν, αναπτύσσονται επίσης σύνολα στοχαστικών συμβάντων (SES) για όλους τους κινδύνους που απειλούν τα στοιχεία υποδομής, καθένα από τα οποία αντιπροσωπεύει την πραγματοποίηση του κινδύνου στην περιοχή ενδιαφέροντος. Για παράδειγμα, ένα στοχαστικό γεγονός που έχει οριστεί για τη σεισμική επικινδυνότητα είναι μια πιθανή υλοποίηση της σεισμικότητας για τη δεδομένη τοποθεσία, όπως περιγράφεται από το συγκεκριμένο μοντέλο σεισμικής πηγής. Κάθε σύνολο στοχαστικών συμβάντων περιλαμβάνει έναν αριθμό πεδίων μέτρου έντασης (intensity measure, IM) που είναι πιθανές υλοποιήσεις των χωρικά κατανεμημένων τιμών IM για τον δεδομένο κίνδυνο. Τα πεδία IM προσφέρουν χωρική συσχέτιση της έντασης για ένα μεμονωμένο γεγονός και επιτρέπουν το συνδυασμό συμβατών σεναρίων για την εκτίμηση "όλων" των πιθανών ζημιών και τις προοπτικές αποκατάστασης για ολόκληρη την πόλη, αξιολογώντας έτσι τις επιπτώσεις σε επίπεδο συστήματος για όλα τα στοιχεία υποδομών. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, οι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν κυρίως στο πλαίσιο της παρακολούθησης της δομικής ακεραιότητας για να μας βοηθήσουν να αξιολογήσουμε την τρέχουσα κατάσταση των στοιχείων υποδομών, να βαθμονομήσουμε κατάλληλα τα σχετικά δομικά λεπτομερή μοντέλα και να τα χρησιμοποιήσουμε για να αντλήσουμε μια ενημερωμένη βάση δεδομένων επιπτώσεων.

Το πλαίσιο λειτουργίας του TwinCity μετά το συμβάν παρουσιάζεται στο Σχήμα 2. Σε αυτή τη φάση μπορούν να χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα από ένα δίκτυο αισθητήρων. Το δίκτυο αποτελείται από αισθητήρες συνδεδεμένους με κτήρια υψηλής σπουδαιότητας που λαμβάνουν μετρήσεις κατάστασης μικροκλίματος (π.χ. θερμοκρασία, βροχόπτωση, υπερϊώδης ισχύς) μέσω διασυνδεδεμένων μετεωρολογικών σταθμών, έξυπνων ετικετών και επιταχυνσιόμετρων. Σε αυτή τη φάση, μετά το συμβάν, οι λειτουργίες ευθραυστότητας/ευπάθειας των στοιχείων υποδομής μπορούν να ενημερωθούν με βάση τα δεδομένα που συλλέγονται μέσω επιτόπιων επιθεωρήσεων και διαθέσιμων δεδομένων αισθητήρων.



Σχήμα 1: Κατάσταση λειτουργίας πριν από το συμβάν. Όλα τα σενάρια εξακολουθούν να είναι πιθανά.



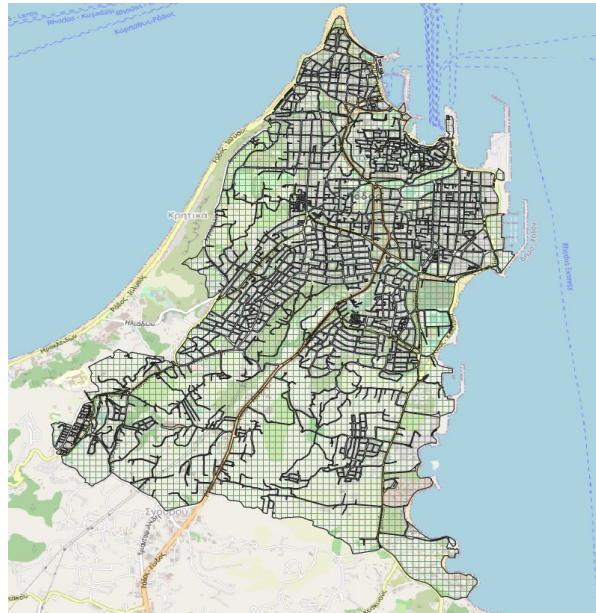
Σχήμα 2: Τρόπος λειτουργίας μετά το συμβάν: Οι αισθητήρες στοιχείων υποδομών, κινδύνου και αισθητήρων επιτρέπουν τον περιορισμό των πιθανών αποτελεσμάτων. Τα γκριζαρισμένα σενάρια δεν είναι συμβατά με τα δεδομένα που δίνουν οι διαθέσιμοι οι αισθητήρες και, ως εκ τούτου, αποκλείονται.

Τα κτήρια χωρίζονται σε κτήρια υψηλής σημασίας (Βαθμίδες 1, 2) που συνεπώς θέλουν εξατομικευμένη διαχείριση και προσοχή και αυτά που εξετάζονται συγκεντρωτικά με την ανάθεση σε αυτά μιας γενικής τυπολογίας κτηρίου (Βαθμίδα 3).

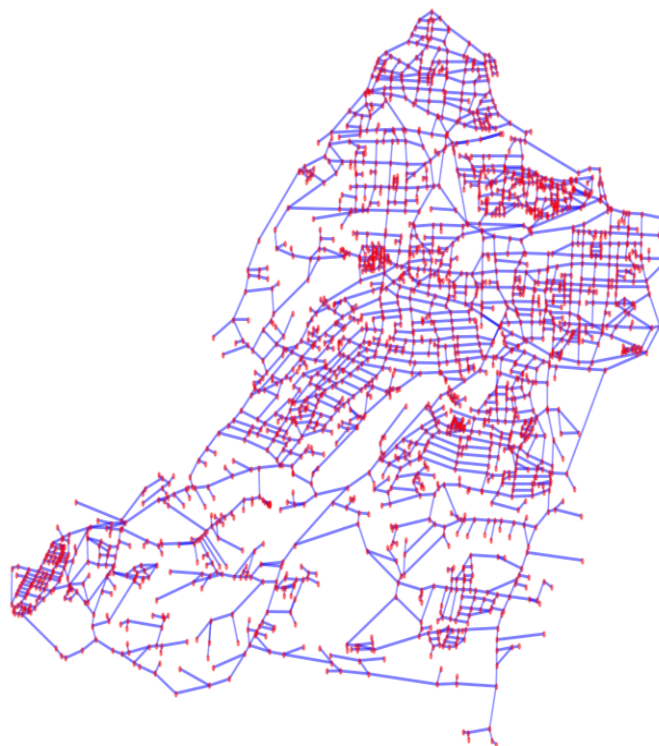
2.1 Στοιχεία Υποδομών υπό διακινδύνευση

Τα κύρια στοιχεία υποδομών που ενσωματώνονται στο λογισμικό είναι: (α) κτήρια Βαθμίδας (Tier) 1–2 που μοντελοποιούνται λεπτομερώς, (β) στοιχεία υποδομών «χαρτοφυλακίου» Βαθμίδας 3 που μοντελοποιούνται συγκεντρωτικά (Σχήμα 3) και (γ) διασυνδεδεμένα στοιχεία υποδομών (π.χ. το δίκτυο ύδρευσης της Ρόδου, Σχήμα 4). Τα κύρια στοιχεία υποδομών υπό κίνδυνο στο TwinCity είναι τα κτήρια Βαθμίδων 1-2 για τα οποία χρησιμοποιούνται υψηλής ποιότητας μοντέλα για λεπτομερή αξιολόγηση τρωτότητας. Τα περιουσιακά στοιχεία του χαρτοφυλακίου μοντελοποιούνται μέσω βιβλιογραφικών καμπυλών τρωτότητας (D’Ayala et al. 2013) κατά το European Seismic Risk Model (ESRM20, Crowley et al. 2021) που παρέχουν γρήγορα αποτελέσματα για να εξασφαλίσουν σχεδόν σε πραγματικό χρόνο αξιολόγηση ολόκληρης της πόλης μέσω των αναπτυγμένων εργαλείων και των προ-υπολογισμένων αναλύσεων. Επιπλέον, τα μοντέλα δικτύου εξετάζονται λαμβάνοντας υπόψη την

συνδεσιμότητα και τις αλληλεπιδράσεις τους. Για τα διάφορα στοιχεία υποδομών επιλέγεται ο κίνδυνος στον οποίο είναι πιο ευπαθή και υποβάλλονται σε αυτόν. Οι κίνδυνοι που λαμβάνονται υπόψη είναι οι γεωκίνδυνοι (π.χ. σεισμική επιτάχυνση εδάφους) και οι κλιματικές / καιρικές συνθήκες (βροχή, άνεμος κ.λπ.) που περιλαμβάνουν τις επιπτώσεις από την κλιματική αλλαγή (CC) μέσω κλιματικών μοντέλων (EuroCORDEX, Jacob et al. 2018).



Σχήμα 3: Στοιχεία υποδομών χαρτοφυλακίου χωρισμένα σε οικοδομικά τετράγωνα για τη Ρόδο



Σχήμα 4: Δίκτυο ύδρευσης Ρόδου

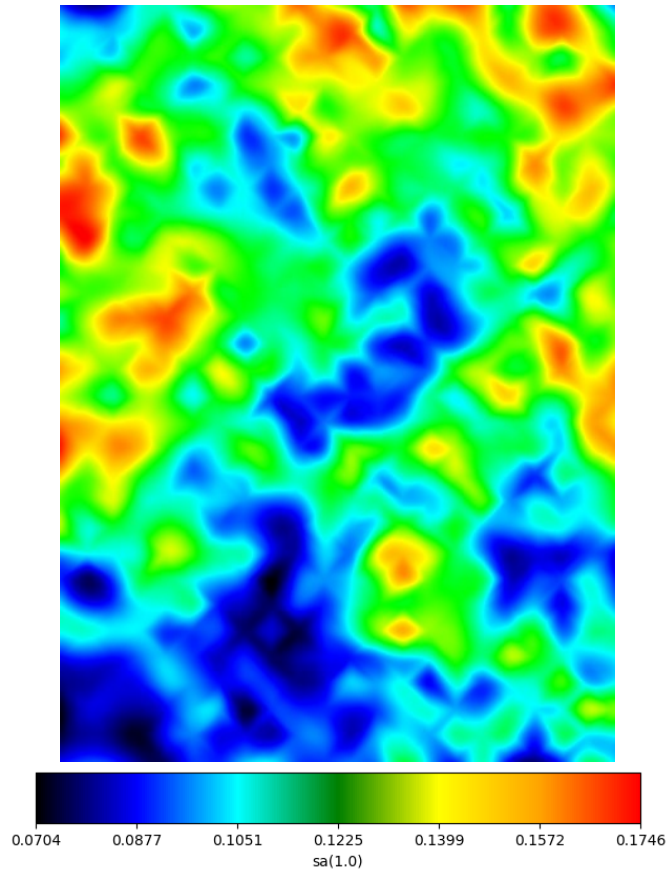
3 Λογισμικό

Το λογισμικό του TwinCity αποτελείται από δύο βασικές λειτουργίες: πριν από το συμβάν (ή μακροπρόθεσμα) και μετά το συμβάν (ή βραχυπρόθεσμα). Αυτές περιγράφονται στα υποκεφάλαια που ακολουθούν.

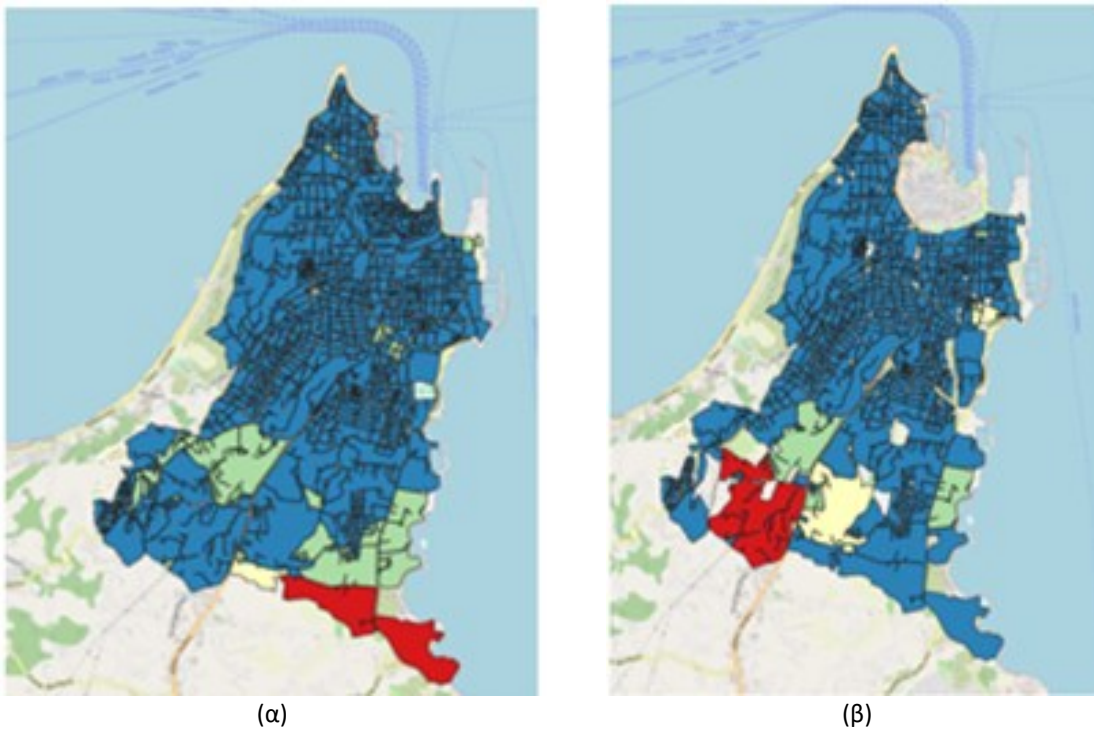
3.1 Λογισμικό Βραχυπρόθεσμης Εκτίμησης Επιπτώσεων

Το βραχυπρόθεσμο εργαλείο του λογισμικού παρέχει αποτελέσματα μόνο για τον σεισμικό κίνδυνο, καθώς οι ζημιές που προκαλούνται από τις καιρικές συνθήκες, για την περίπτωση των κτιρίων υψηλού ενδιαφέροντος, δεν είναι στιγμιαίες αλλά οι επιπτώσεις συσσωρεύονται ανά τα χρόνια. Το εργαλείο εκτίμησης βραχυπρόθεσμων επιπτώσεων επιτρέπει στον χρήστη να εκτιμήσει τις επιπτώσεις οποιουδήποτε σεισμικού συμβάντος συνδυάζοντας προ-υπολογισμένα σενάρια επικινδυνότητας, τις αντίστοιχες συνέπειες και το μοντέλο έκθεσης της πόλης Ρόδου. Η ένταση της σεισμικής επικινδυνότητας είναι προ-υπολογισμένη και παρέχεται ως δεδομένο εισόδου στο λογισμικό ως Σύνολα Στοχαστικών Συμβάντων (SES) και πεδίων κίνησης εδάφους (GMF) και προσφέρονται σε μορφή hdf5/csv και οπτικοποιούνται ως αρχεία shp/tiff.

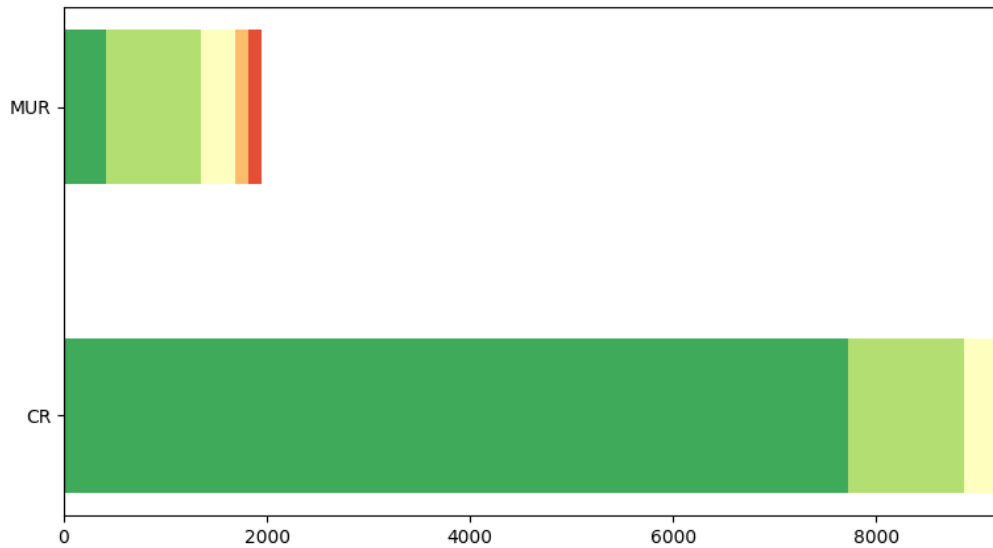
Αρχικά, ο χρήστης ορίζει τις παραμέτρους του σεισμικού σεναρίου ενδιαφέροντος, όπως το ελάχιστο/μέγιστο μέγεθος και την ελάχιστη/μέγιστη απόσταση του επίκεντρου από ένα σημείο αναφοράς (συνήθως το κέντρο της πόλης) και τα σενάρια που πληρούν τις παραμέτρους επιλέγονται από τα συνολικά SES. Η ένταση της σεισμικής επικινδυνότητας υπολογίζεται εκ των προτέρων και παρέχεται ως δεδομένο εισόδου στο λογισμικό σε μορφή hdf5 ή csv. Οποιοδήποτε από αυτά τα σενάρια μπορεί να επιλεγεί, και η θέση ρήγματος και τα αντίστοιχα GMF εμφανίζονται στον χρήστη (Σχήμα 5). Οι συνέπειες του επιλεγμένου γεγονότος βρίσκονται για όλα τα κρίσιμα στοιχεία υποδομής, όπως για παράδειγμα φαίνεται στο Σχήμα 6 και Σχήμα 7 όπου τα ραβδογράμματα δείχνουν την κατανομή των κτιρίων που ανήκουν σε διαφορετικές καταστάσεις ζημίας.



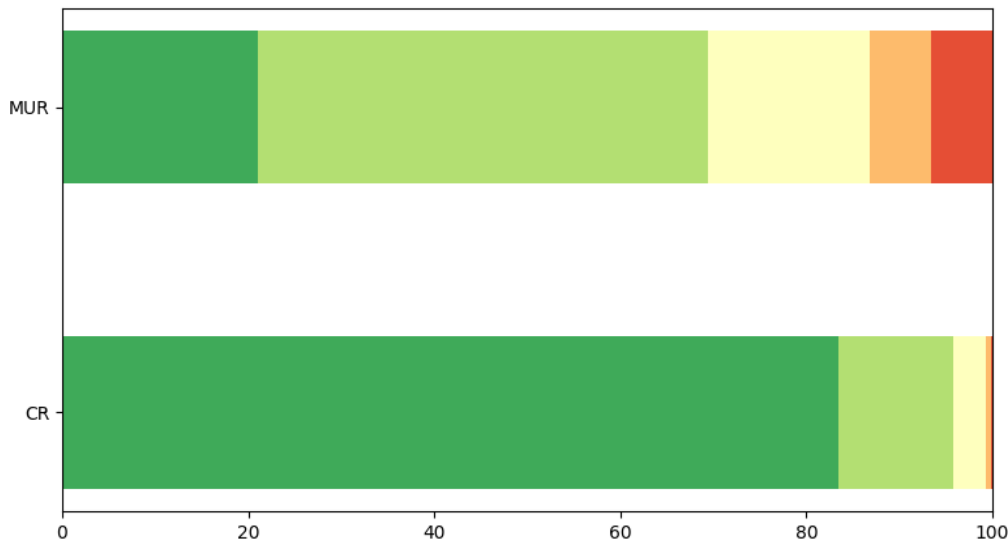
Σχήμα 5: Πεδίο κίνησης εδάφους σε όρους φασματικής επιτάχυνσης 1sec, $Sa(1.0)$



Σχήμα 6: α) Συνέπειες για το δίκτυο ύδρευσης όσον αφορά το ποσοστό των ατόμων που έχουν πρόσβαση στο νερό· β) Συνέπειες για τα κτίρια της βαθμίδας 3 ως προς το ποσοστό των κτιρίων που κατέρρευσαν.



(α)



(β)

Σχήμα 7: (α) Αριθμός κτιρίων ανά κατάσταση ζημίας και τυπολογία. β) Ποσοστό κτιρίων ανά κατάσταση ζημίας και τυπολογία.

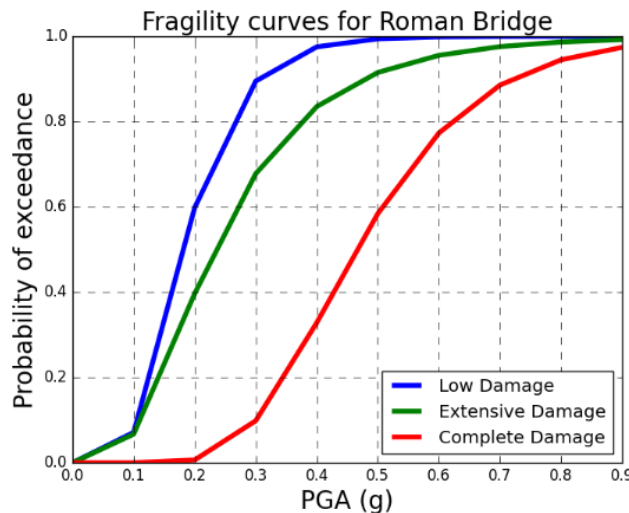
3.2 Λογισμικό Μακροπρόθεσμης Εκτίμησης Επιπτώσεων

Το εργαλείο μακροπρόθεσμης εκτίμησης επιπτώσεων παρέχει ετήσιες συνέπειες για τον σεισμικό και τον καιρικό κίνδυνο, λαμβάνοντας επίσης υπόψη τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (CC). Για κτήρια σπουδαιότητας βαθμίδας 1-2 οι καμπύλες ευθραυστότητας παράγονται σε μορφή r_{ng} για διαφορετικές καταστάσεις ζημίας (Σχήμα 8). Επιπλέον, ο κίνδυνος της CC παρουσιάζεται μέσω γραφημάτων με κατάλληλους δείκτες κινδύνου. Η επίδραση της CC στον κίνδυνο υποβάθμισης των δομικών υλικών δίνεται λαμβάνοντας υπόψη δεδομένα από διαφορετικά παγκόσμια κλιματικά μοντέλα (EuroCORDEX). Οι πιο επικίνδυνοι μηχανισμοί φθοράς για υλικά με βάση την πέτρα είναι η

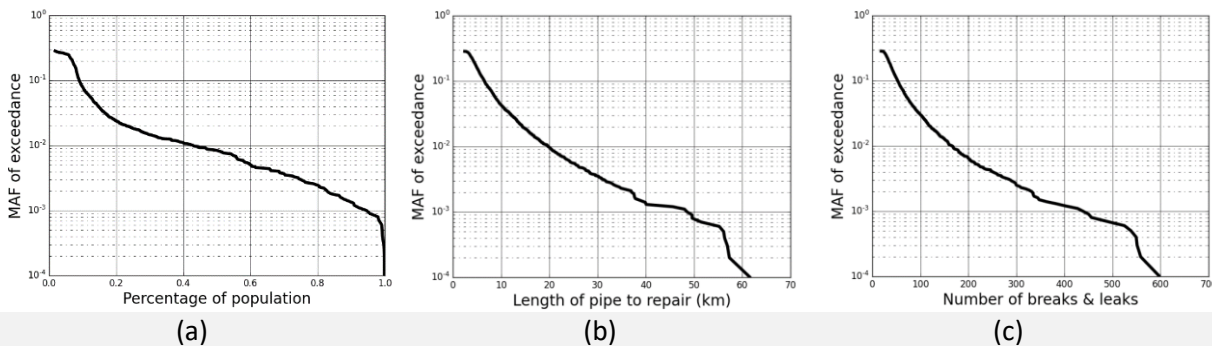
ζημιά από παγετό και η κρυστάλλωση αλατιού, οι οποίοι μπορούν να υπολογιστούν χρησιμοποιώντας αποτελέσματα για τις καιρικές συνθήκες στο μέλλον.

Επιπλέον, υπολογίζεται η εκτίμηση κινδύνου για τα στοιχεία υποδομών του χαρτοφυλακίου και το δίκτυο. Συνολικά, όσον αφορά τον σεισμικό κίνδυνο, το εργαλείο παρέχει τη μέση ετήσια συχνότητα υπέρβασης (MAF) διαφόρων συνεπειών, δηλαδή το ποσοστό του πληθυσμού που δεν έχει πρόσβαση σε νερό, το μήκος των σωλήνων που χρειάζονται επισκευή, τον αριθμό θραύσεων των σωλήνων, το άμεσο κόστος για τα στοιχεία υποδομών του χαρτοφυλακίου και τον αριθμό των κτιρίων για κάθε κατάσταση ζημίας (βλέπε Σχήμα 9, Σχήμα 10, Σχήμα 11). Καθορίζονται επίσης οι αντίστοιχοι χάρτες επικινδυνότητας. Μαζί με τα αποτελέσματα της εκτίμησης κινδύνου, προσδιορίζονται επίσης οι άμεσες απώλειες για την πόλη και η απώλεια λειτουργικότητας, επιτρέποντας τον υπολογισμό των κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων. Αυτές βασίζονται στις ζημίες σε διάφορους επιχειρηματικούς τομείς, λαμβάνοντας υπόψη τις έμμεσες απώλειες.

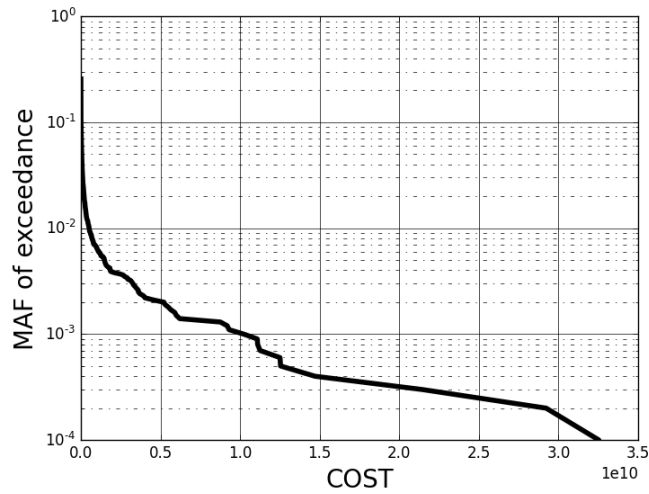
Όσον αφορά τον κίνδυνο που σχετίζεται με τις καιρικές συνθήκες, παρουσιάζονται οι κλιματικές προβλέψεις των διαφόρων σεναρίων EuroCordex για τις παραμέτρους ενδιαφέροντος που σχετίζονται με τον καιρό, όπως π.χ. θερμοκρασία, βροχόπτωση κ.λπ. (Σχήμα 12). Επιπλέον, παρουσιάζονται και τα αποτελέσματα των Frankenstein ημερών για τα κτήρια υψηλής σημασίας (Σχήμα 13). Για το TwinCity, υιοθετούνται τρία εναλλακτικά σεναρία EuroCORDEX, καθένα από τα οποία καθορίζεται από 6 έως 7 διαφορετικά κλιματικά μοντέλα (Σχήμα 14).



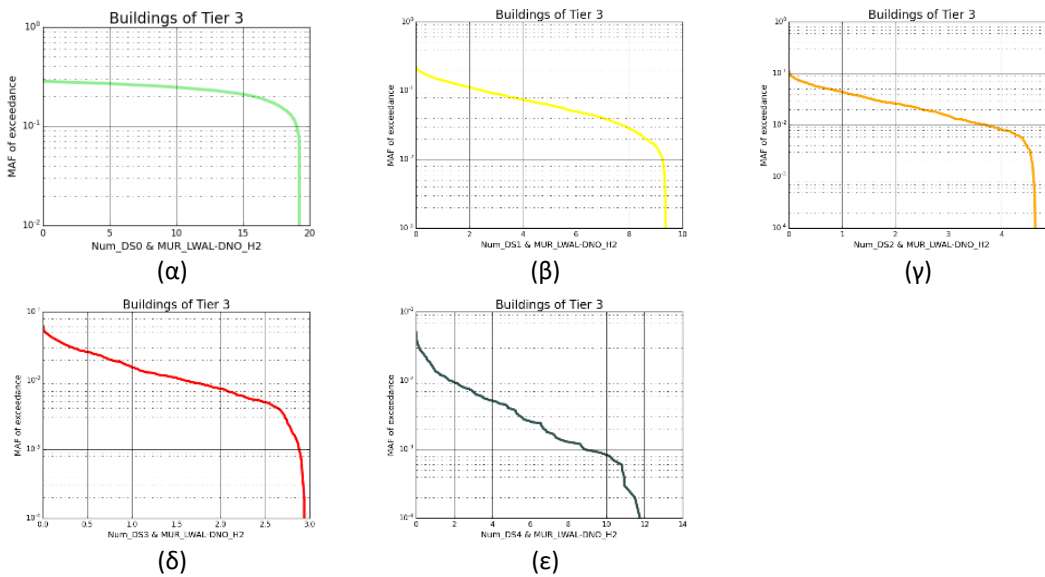
Σχήμα 8: Καμπύλες τρωτότητας για Ρωμαϊκή γέφυρα.



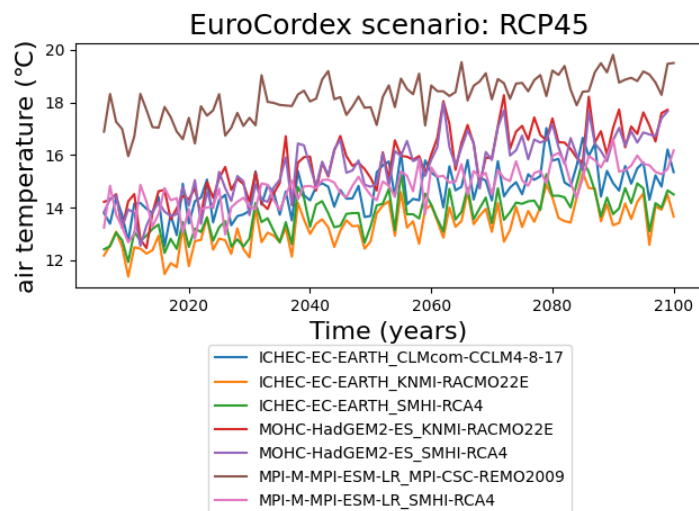
Σχήμα 9: MAF για το δίκτυο ύδρευσης α) Ποσοστό πληθυσμού χωρίς πρόσβαση σε νερό, β) Μήκος αγωγού προς επισκευή (km), γ) Αριθμός διακοπών υδροδότησης και διαρροών.



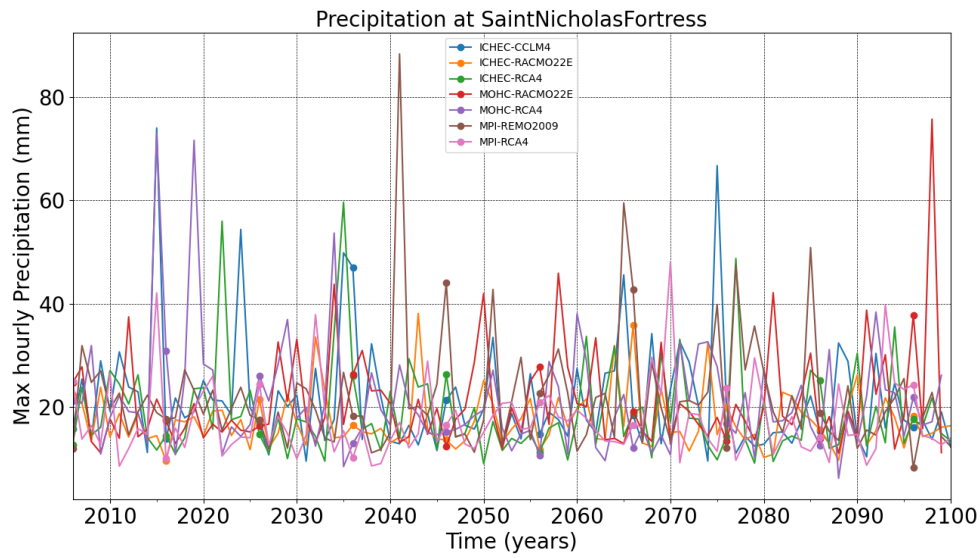
Σχήμα 10: MAF για τα κτίρια της βαθμίδας 3.



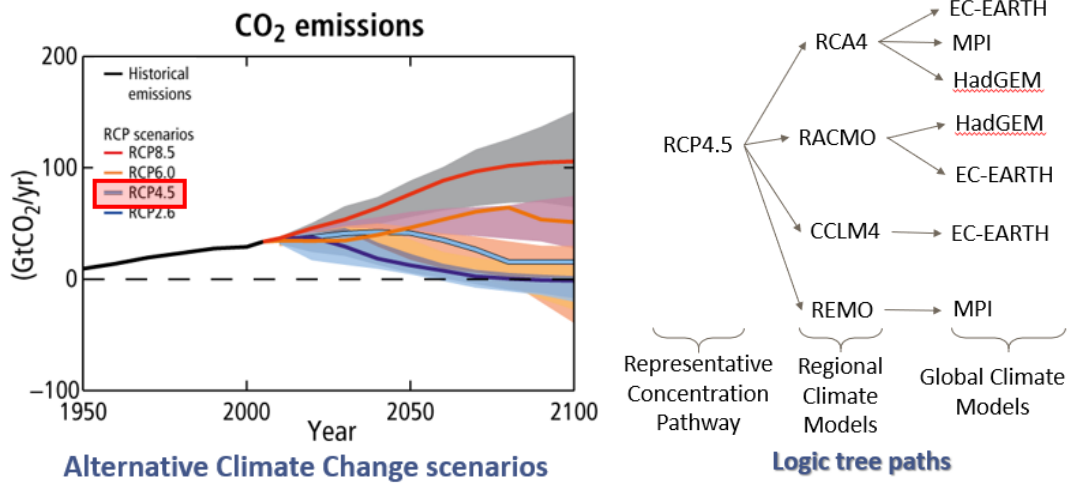
Σχήμα 11: MAF για τα κτίρια της βαθμίδας 3 ανά DS και τυπολογία (α) DS0: Καμία ζημιά, (β) DS1: ελαφρά ζημιά, (γ) DS2: Μέτρια ζημιά, (δ) DS3: Εκτεταμένες ζημιές, (ε) DS4: Κατάρρευση.



Σχήμα 12: EUROCORDEX αποτελέσματα για τη θερμοκρασία του αέρα για το σενάριο RCP4.5 για Ρόδο.



Σχήμα 13: Frankenstein αποτελέσματα ημερών για τον υετό για το σενάριο RCP4.5 για το Φρούριο του Αγίου Νικολάου στη Ρόδο.



Σχήμα 14: EUROCORDEX σενάρια και κλιματικά μοντέλα.

4 Δομή Λογισμικού

Το λογισμικό που δημιουργείται αποτελείται από δύο βασικές ρουτίνες κώδικα, οι οποίες όταν τροφοδοτηθούν με τα κατάλληλα δεδομένα μπορούν να αναπαράγουν και οπτικοποιήσουν τα αποτελέσματα των αναλύσεων που έγιναν στα πλαίσια του προγράμματος. Οι αναλύσεις έχουν ήδη πραγματοποιηθεί και συνεπώς τα δεδομένα που εισάγονται στον κώδικα είναι τα αποτελέσματα αυτών. Οι κώδικες προσφέρουν αποτελέσματα για τις διάφορες κατασκευές ή το χαρτοφυλάκιο κατασκευών ή τα δίκτυα υποδομών. Επιπλέον, τα αποτελέσματα αφορούν και σεισμικούς κινδύνους και καιρικούς κινδύνους, λόγω κλιματικής αλλαγής.

4.1 Βραχυπρόθεσμη Εκτίμηση Επιπτώσεων

Η βραχυπρόθεσμη εκτίμηση των επιπτώσεων αφορά μόνο τον σεισμικό κίνδυνο, καθώς η κλιματική αλλαγή έχει εκ φύσεως μακροπρόθεσμο χαρακτήρα. Η βραχυπρόθεσμη εκτίμηση για τον σεισμικό κίνδυνο γίνεται σε δύο στάδια. Αρχικά, χρησιμοποιείται μια υπορουτίνα η οποία από το σύνολο των σεισμικών γεγονότων που έχουν υπολογιστεί, στις πρότερες αναλύσεις, επιλέγει ένα μέρος αυτών με βάση παραμέτρους της επιλογής μας. Οι επιλογές παραμέτρων αφορούν το μέγεθος του σεισμού καθώς και την απόσταση του επικέντρου του σεισμού από ένα σημείο αναφοράς, συνήθως το κέντρο της πόλης. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής ενός κάτω ορίου, που πρακτικά εξαιρεί όλα τα πολύ μικρά σεισμικά συμβάντα που δεν θα προκαλούσαν σημαντικές βλάβες στις υποδομές της πόλης (δίκτυο ύδρευσης). Το όριο αυτό βοηθά στην ανακούφιση του υπολογιστικού φόρτου και το ξεσκαρτάρισμα πολύ μικρών και επουσιωδών, όσον αφορά τις επιπτώσεις, συμβάντων.

1.1.1 Υπορουτίνες

Πίνακας 1: Υπο-ρουτίνα φιλτραρίσματος συμβάντων βάσει προκαθορισμένων παραμέτρων.

FilterEvents.py	Φιλτράρει τα πεδία σεισμικής έντασης βάσει προκαθορισμένων από τον χρήστη παραμέτρων
○ useful_functions.py	Διαβάζει τις καθορισμένες παραμέτρους και βρίσκει τα σεισμικά συμβάντα που ταιριάζουν σε αυτές
- initialize_files	Αρχικοποιεί τα ζητούμενα αρχεία
- load_input_files	Φορτώνει τα αρχεία και αποθηκεύει τα δεδομένα σε μεταβλητές
- read_inputparamsforfiltering	Διαβάζει τις παραμέτρους για το φιλτράρισμα των σεισμικών συμβάντων
- filter_events	Βρίσκει τα συμβάντα ενδιαφέροντος με βάση το μέγεθος του κινδύνου και την απόσταση από την σεισμική πηγή

1.1.2 Βασική ρουτίνα

Πίνακας 2: Βασική ρουτίνα παρουσίασης βραχυπρόθεσμων σεισμικών επιπτώσεων

ImpactAssessment_seismic_ShortTerm.py	Βραχυπρόθεσμη εκτίμηση σεισμικών επιπτώσεων
○ useful_functions.py	Διαβάζει τα δεδομένα εισόδου και τις αντίστοιχες συνέπειες και παρουσιάζει τα αποτελέσματα
- initialize_files	Αρχικοποιεί τα ζητούμενα αρχεία
- read_inputparamsforploting	Διαβάζει τις παραμέτρους που απαιτούνται για την σχεδίαση των συμβάντων
- load_input_files	Φορτώνει τα αρχεία και αποθηκεύει τα δεδομένα σε μεταβλητές
- get_imfield_data_event	Φιλτράρει τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στο αρχείο hdf5 (πεδία σεισμικής έντασης) και διατηρεί μόνο δεδομένα για τα γεγονότα που μας ενδιαφέρουν
- plot_imfield_tiff	Σχεδιάζει το πεδίο σεισμικής έντασης καθώς και τη θέση του σεισμικού ρήγματος για τα δεδομένα συμβάντα
- plot_imfield_shapefile	Σχεδιάζει το πεδίο κίνησης εδάφους σε μορφή shapefile για τα δεδομένα συμβάντα
- plot_cons_shapefile	Σχεδιάζει το shapefile των εκάστοτε επιπτώσεων για τα δεδομένα συμβάντα
- plot_cons_shapefile_per_ds_and_typ	Σχεδιάστε το shapefile για τα δεδομένα συμβάντα για όλες ή ένα συγκεκριμένο στάδιο ζημιάς και όλη ή μια συγκεκριμένη τυπολογία κτιρίου
- get_results_per_ds_and_typ	Δίνει το ποσοστό των διαφορετικών τυπολογιών στα διαφορετικά στάδια ζημιών
- plot_chart_per_ds_and_typ	Χάρτες κτιρίων ανά στάδιο ζημιάς.
- Read_losses_csv	Διαβάζει τα αρχεία csv των απωλειών
- closest2Tier1	Βρίσκει το sid (id τοποθεσίας) που βρίσκεται πλησιέστερα στο κτήριο υψηλής σημασίας
- Fragility	Δίνει την πιθανότητα το κτήριο υψηλής σημασίας να βρίσκεται σε κάθε στάδιο ζημιάς
- makegeojson	Δημιουργεί αρχείο geojson με το Tier 1 χρωματισμένο βάση στο DS του

- plot_chart_prob_per_DS	Σχεδίαση γραφήματος με την πιθανότητα των κτηρίων να είναι στο κάθε DS
--------------------------	--

4.2 Μακροπρόθεσμη Εκτίμηση επιπτώσεων

Η κύρια ρουτίνα για τη μακροπρόθεσμη εκτίμηση επιπτώσεων παρέχει συγκεντρωτικά αποτελέσματα για όλα τα πιθανά σεισμικά σενάρια που παράγονται καθώς και αποτελέσματα σχετικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Καθώς τα αποτελέσματα είναι συγκεντρωτικά όλων των αναλύσεων δεν υπάρχει η ανάγκη για επιλογή κάποιου παραμέτρου, παρά μόνο της επιθυμητής υποδομής για την οποία τα αποτελέσματα πρέπει να παραχθούν (κτήρια, δίκτυο ύδρευσης) και του κινδύνου (σεισμικό ή καιρικό). Για την κλιματική αλλαγή η μόνη επίπτωση που μπορεί να υπολογιστεί είναι σε επίπεδο κτηρίων και πόλης γενικά.

Πίνακας 3: Βασική ρουτίνα παρουσίασής μακροπρόθεσμων σεισμικών και καιρικών επιπτώσεων

ImpactAssessment_seismic_LongTerm.py	Μακροπρόθεσμη εκτίμηση σεισμικών και καιρικών επιπτώσεων
○ useful_functions.py	Διαβάζει τα δεδομένα εισόδου και τις αντίστοιχες συνέπειες και παρουσιάζει τα αποτελέσματα
- initialize_files	Αρχικοποιεί τα ζητούμενα αρχεία
- load_input_files	Φορτώνει τα αρχεία και αποθηκεύει τα δεδομένα σε μεταβλητές
- plot_haz_map_tiff	Σχεδιάζει χάρτες επικινδυνότητας σε μορφή tiff
- plot_haz_map_shapefile	Σχεδιάζει το shapefile του χάρτη επικινδυνότητας
- plot_cons_figures	Σχεδιάζει και αποθηκεύει τις καμπύλες απωλειών
- plot_eurocordex_figures	Σχεδιάζει και αποθηκεύει στοιχεία με τις κλιματικές μεταβλητές του EuroCordex
- plot_frank_results	Σχεδιάζει τα αποτελέσματα του καιρού για πολλαπλές μεταβλητές με βάση τη μεθοδολογία Frankenstein
- plot_AAL	Σχεδιάζει τη γραφική παράσταση του γραφήματος μέσης ετήσιας ζημίας, άμεσης και έμμεσης
- Plot_fragility	Καμπύλες σχεδίασης και ευθραυστότητας για ορισμένα κτήρια βαθμίδας 1 ή 2

4.3 Δεδομένα Εισόδου για τις συναρτήσεις

Πίνακας 4: Δεδομένα εισόδου για την υπο-ρουτίνα

Όνομα Συνάρτησης	Δεδομένα Εισόδου
initialize_files	Ονόματα αρχείων, διαδρομή αρχείων
load_input_files	Ονόματα αρχείων
read_inputparamsforfiltering	Ονόματα αρχείων, διαδρομή αρχείων, επικινδυνότητα
filter_events	Δεδομένα πεδίου IM, ελάχιστο μέγεθος σεισμού, μέγιστο μέγεθος σεισμού, όριο IM, ελάχιστη απόσταση, μέγιστη απόσταση, συντεταγμένες αναφοράς

Πίνακας 5: Δεδομένα εισόδου για την βασική ρουτίνα βραχυπρόθεσμών επιπτώσεων

Όνομα Συνάρτησης	Δεδομένα Εισόδου
initialize_files	Ονόματα αρχείων, διαδρομή αρχείων
read_inputparamsforploting	Ονόματα αρχείων, διαδρομή αρχείων
load_input_files	Ονόματα αρχείων
get_imfield_data_event	Δεδομένα πεδίου IM, επιλεγμένο συμβάν, διαδρομή αρχείου
plot_imfield_tiff	Δεδομένα πεδίου IM, επιλεγμένο συμβάν, δεδομένα πεδίου IM συμβάντος, επικινδυνότητα, διαδρομή αρχείου, επιλογή σχεδίασης ή αποθήκευσης αποτελέσματος
plot_imfield_shapefile	Δεδομένα πεδίου IM, επιλεγμένο συμβάν, τύπος υποδομής, επικινδυνότητα, διαδρομή αρχείου, επιλογή σχεδίασης ή αποθήκευσης αποτελέσματος
plot_cons_shapefile	Τύπος υποδομής, συνέπειες, επιλεγμένο συμβάν, επικινδυνότητα, διαδρομή αρχείου, επιλογή σχεδίασης ή αποθήκευσης αποτελέσματος
plot_cons_shapefile_per_ds_and_typ	Τύπος υποδομής, συνέπειες, επιλεγμένο συμβάν, επικινδυνότητα, διαδρομή αρχείου, επιλογή σχεδίασης ή αποθήκευσης αποτελέσματος
get_results_per_ds_and_typ	Συνέπειες, επιλεγμένο συμβάν

plot_chart_per_ds_and_typ	Αποτελέσματα, ετικέτες, επιλεγμένο συμβάν, διαδρομή αρχείου, επιλογή σχεδίασης ή αποθήκευσης αποτελέσματος
Read_losses_csv	Ονόματα αρχείων, επιλεγμένο συμβάν, διαδρομή αρχείων, επιλογή σχεδίασης ή αποθήκευσης αποτελέσματος
Fragility	Όνομα κτηρίου, μεταβλητή που συνδέει το όνομα του κτηρίου με το IM του συμβάντος
makegeojson	Όνομα κτηρίου, αποτελέσματα συνάρτησης ευθραυστότητας
plot_chart_prob_per_DS	Αποτελέσματα ευθραυστότητας, ονόματα κατηγοριών DS, διαδρομή αποτελεσμάτων, όνομα γραφήματος, επιλογή σχεδίασης ή αποθήκευσης αποτελέσματος

Πίνακας 6: Δεδομένα εισόδου για την βασική ρουτίνα μακροπρόθεσμών επιπτώσεων

Όνομα Συνάρτησης	Δεδομένα Εισόδου
initialize_files	Ονόματα αρχείων, διαδρομή αρχείων
load_input_files	Ονόματα αρχείων
plot_haz_map_tiff	Χάρτες επικινδυνότητας, επικινδυνότητα, διαδρομή αρχείου, επιλογή σχεδίασης ή αποθήκευσης αποτελέσματος
plot_haz_map_shapefile	Χάρτες επικινδυνότητας, επικινδυνότητα, διαδρομή αρχείου, επιλογή σχεδίασης ή αποθήκευσης αποτελέσματος
plot_cons_figures	Συνέπειες, τύπος υποδομής, επικινδυνότητα, έτη, τυπολογία, διαδρομή αρχείου, επιλογή σχεδίασης ή αποθήκευσης αποτελέσματος
plot_eurocordex_figures	Διαδρομή αρχείου ονόματος κτηρίου, αποθήκευση αποτελέσματος, διαδρομή αποτελέσματος
plot_frank_results	Όνομα κτηρίου, διαδρομή αποτελέσματος
plot_AAL	Κόστος ανά μπλοκ, διαδρομή αποτελέσματος
Plot_fragility	Σενάρια, μοντέλα, μεταβλητές, διαδρομή αρχείου, επιλογή σχεδίασης ή αποθήκευσης αποτελέσματος

4.4 Αρχεία Δεδομένων

Πίνακας 7: Αρχεία Δεδομένων για την βραχυπρόθεσμη εκτίμηση επιπτώσεων – Φιλτράρισμα σεισμικών συμβάντων

Όνομα	Τύπος	Μέγεθος	Περιγραφή
input_params_filtering	JSON αρχείο	1 KB	Ο στόχος μεγέθους και απόστασης από τις συντεταγμένες αναφοράς
filtered_events	Αρχείο κειμένου	1 KB	Η λίστα συμβάντων που ταιριάζουν στις παραμέτρους
input_params_plotting	JSON αρχείο	1 KB	Το επιλεγμένο συμβάν

Πίνακας 8: Αρχεία Δεδομένων για την βραχυπρόθεσμη εκτίμηση επιπτώσεων – Κτήρια Tier 3

Όνομα	Τύπος	Μέγεθος	Περιγραφή
calc_xx_spCorr	Hdf5 αρχείο	~ 2 GB	Πεδίο κίνησης εδάφους για όλα τα γεγονότα
Num_DS0-4	PKL αρχείο	20-500 MB το καθένα	Πίνακες με τον αριθμό των κτιρίων ανά στάδιο ζημιάς
City_seismic_CityBlocks	JSON αρχείο	~200 KB	Περιοχή της πόλης εκτεθειμένη σε κίνδυνο

Πίνακας 9: Αρχεία Δεδομένων για την βραχυπρόθεσμη εκτίμηση επιπτώσεων – Δίκτυο Ύδρευσης

Όνομα	Τύπος	Μέγεθος	Περιγραφή
PGV_spCorr	Hdf5 αρχείο	~ 2 GB	Πεδίο κίνησης εδάφους για όλα τα γεγονότα
City_exposure_distr_network	JSON αρχείο	~ 5 MB	Έκθεση του δικτύου ύδρευσης
City_exposure_distr_network_mtdata	CSV αρχείο	~ 1.5 MB	Μεταδεδομένα μοντέλου έκθεσης
Percentages	PKL αρχείο	~20 MB	Το επιλεγμένο συμβάν

Πίνακας 10: Αρχεία Δεδομένων για την μακροπρόθεσμη εκτίμηση επιπτώσεων – Πόλη

Όνομα	Τύπος	Μέγεθος	Περιγραφή
Exposure_City_num	XLSX αρχείο	200-900 MB	Μοντέλο έκθεσης – Αριθμός κτηρίων ανά τυπολογία

Πίνακας 11: Αρχεία Δεδομένων για την μακροπρόθεσμη εκτίμηση επιπτώσεων – Κτήρια Tier 3

Όνομα	Τύπος	Μέγεθος	Περιγραφή
City_seismic_CityBlocks	JSON αρχείο	~ 10 MB	Μοντέλο έκθεσης
Num_DS0-4	PKL αρχείο	20-500 MB each	Πίνακες με τον αριθμό των κτιρίων ανά στάδιο ζημιάς

Sum_Buldings_perDS	PKL αρχείο	~200 KB	Αθροιστικός αριθμός κτιρίων ανά κατάσταση ζημίας
COST	PKL αρχείο	500 KB	Πλαίσιο δεδομένων άμεσου κόστους ανά συμβάν
hazard_map-mean	CSV αρχείο	100 kB	Χάρτης επικινδυνότητας για την πόλη

Πίνακας 12: Αρχεία Δεδομένων για την μακροπρόθεσμη εκτίμηση επιπτώσεων – EUROCORDEX

Όνομα	Τύπος	Μέγεθος	Περιγραφή
Parameter_model_scenario_city	NC αρχείο	~ 10 MB	Πρόβλεψη μεταβλητών βάσει μοντέλων κλιματικής αλλαγής
Tier1	XLSX αρχείο	~ 900 MB	Δεδομένα ημερών Frankenstein

5 Συμπεράσματα

Το λογισμικό παρουσιάζεται στο παρόν συνοδευτικό έγγραφο. Με την κατάλληλη επιλογή μοντέλων, πληροφοριών επικινδυνότητας, δεδομένων έκθεσης και τρωτότητας από προηγούμενα προγράμματα εργασίας, μπορεί να αποτελέσει ένα πολύτιμο εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων, καθώς προσφέρει γρήγορα αποτελέσματα, μέσω προϋπολογισμένων αναλύσεων, που δημιουργούνται για οποιονδήποτε συνδυασμό φυσικών κινδύνων και στοιχείων υποδομής. Με αυτόν τον τρόπο, οι χρήστες είναι σε θέση να κατανοήσουν τον αντίκτυπο των διαφόρων στρατηγικών προσαρμογής και να ποσοτικοποιήσουν τον πιθανό αντίκτυπο ενός καταστροφικού γεγονότος στην κοινωνία.

6 Βιβλιογραφία

Crowley H., Dabbeek J., Despotaki V., Rodrigues D., Martins L., Silva V., Romão X., Pereira N., Weatherill G., Danciu L. (2021). European Seismic Risk Model (ESRM20), *EFEHR Technical Report 002 V1.0.0*. <https://doi.org/10.7414/EUC-EFEHR-TR002-ESRM20>

D'Ayala D, Meslem A, Vamvatsikos D, Porter K, Rossetto T (2015). Guidelines for analytical vulnerability assessment of low/mid-rise buildings. GEM Technical Report 2014-12. Global Earthquake Model Foundation, Pavia, Italy. DOI: 10.13117/GEM.VULN-MOD.TR2014.12

Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B. et al. (2014). "EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research". *Reg Environ Change* 14, 563–578. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0499-2>