



4ο ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΦΟΡΟΜ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ
ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗΣ ΑΠΟ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ
ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

4th SCIENTIFIC FORUM FOR
DISASTER RISK REDUCTION
IN GREECE

Εκτίμηση σεισμικής διακινδύνευσης σε μεγάλη κλίμακα. Η περίπτωση της Ελλάδας.

Κ. Πιτιλάκης

Ε. Ρήγα, Α. Καρατζέτζου, Σ. Αποστολάκη,

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

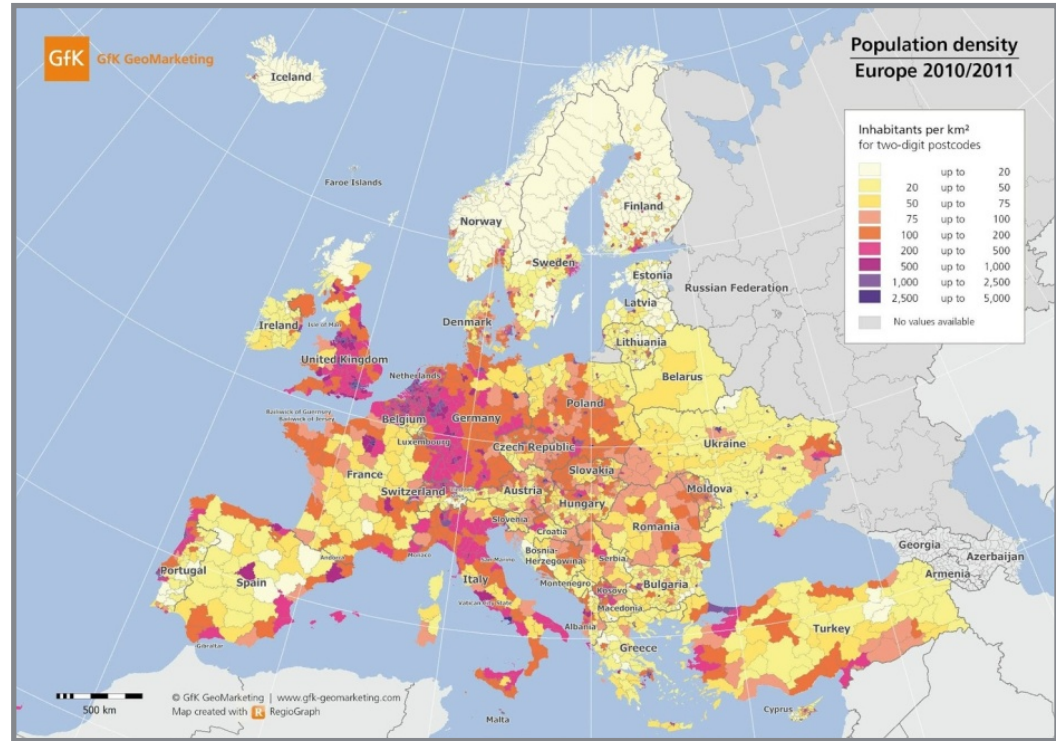
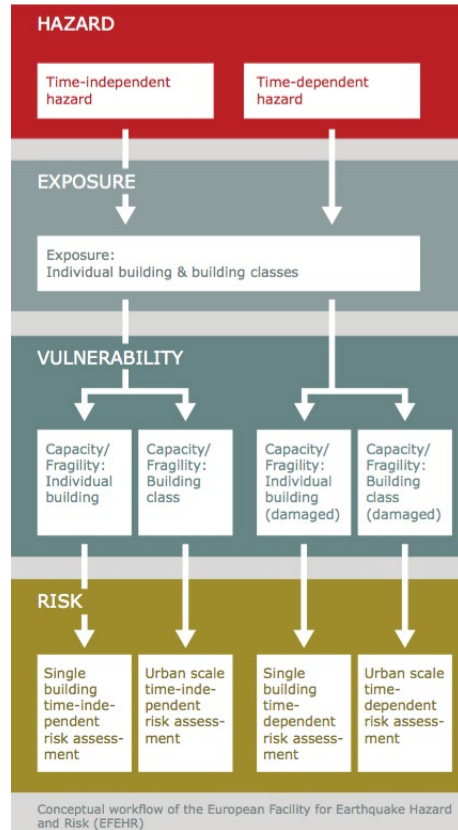
Αθήνα, 18-19 Μαρτίου 2021



SDGEE

Research Unit of Soil Dynamics and Geotechnical Earthquake Engineering

SERA Integrated Risk Model for Europe



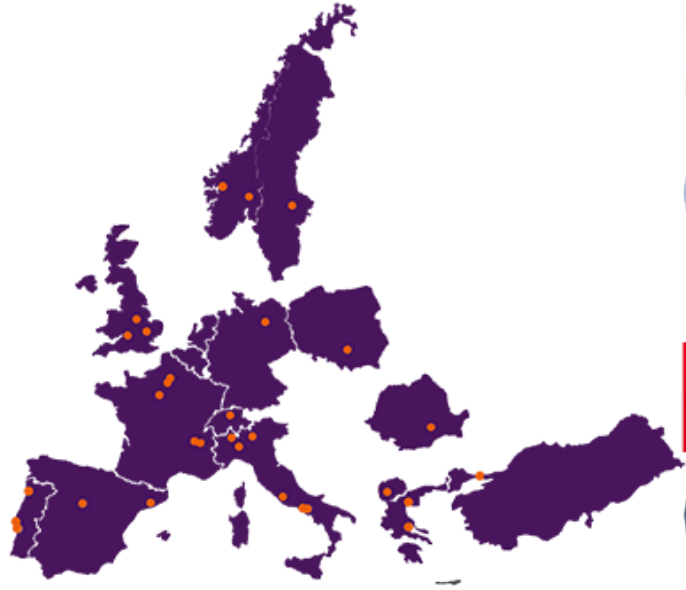
SDGEE

Research Unit of Soil Dynamics and Geotechnical Earthquake Engineering

Σχετιζόμενα ερευνητικά προγράμματα



Το ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα SERA



ETH zürich

amra
analysis and monitoring of environmental risk



Αριστοτέλειο
Πανεπιστήμιο
Θεσσαλονίκης



Geosciences pour une Terre durable
brgm

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE
cea



CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



GFZ
Helmholtz-Zentrum
POTSDAM



EUCENTRE
FOR YOUR SAFETY



ifj TÉCNICO
LISBOA



Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

INEC
LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

NERC
SCIENCE OF THE
ENVIRONMENT



NO

U.PORTO
UNIVERSIDADE
DO PORTO

University of
BRISTOL



UNIVERSITY OF
CAMBRIDGE

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
NAPOLI
FEDERICO II

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS



POLITÉCNICA



UPPSALA
UNIVERSITET



SDGEE

Research Unit of Soil Dynamics and Geotechnical Earthquake Engineering

European Facilities for Earthquake Hazard and Risk



Services and Partners

EFEHR aims to operate by 2019 six coordinated services for earthquake hazard and risk with a European dimension. The Swiss Seismological Service at ETH Zurich is responsible for the connection among the six partners.

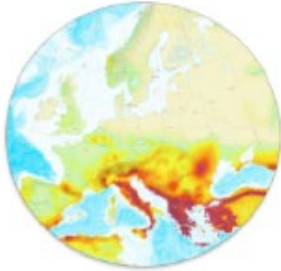


EFEHR Services

- EFEHR - Hazard Platform
- EU Geotechnical Engineering Information
- Strong Motion Recordings in Buildings
- EU Database of Seismogenic Faults
- EU Ground Shaking Models
- EU Earthquake Risk

European Seismic Hazard and Risk Models (2020)

2002 - ESHM02
SESAME Project



2013 - ESHM13
SHARE Project



2020 - ESHM20
SERA Project JRA3



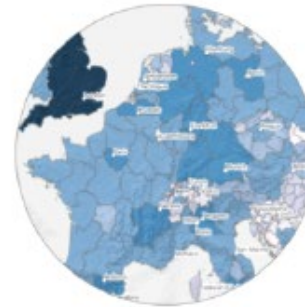
Third European Seismic
Hazard Model 2020 -
ESHM20



Interactive Gridded Exposure
Viewer



Interactive Level 0 Exposure
Viewer



Interactive Level 1 Exposure
Viewer

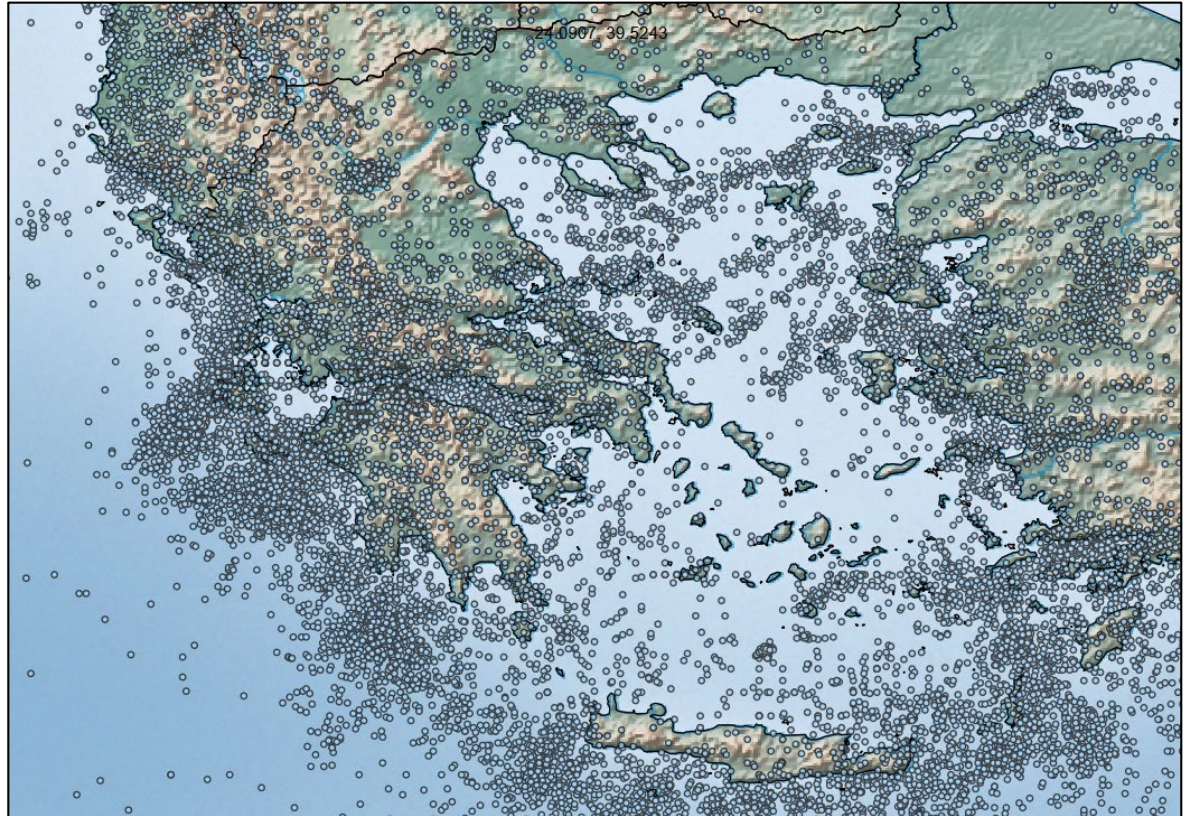
First European Seismic
Risk Model
2020 - ESRM20

www.efehr.org

ESHM20: Main input datasets

Greece

ESHM20
earthquake
catalogue



ESHM20: Main input datasets

Greece

ESHM20
Σεισμικώς
ενεργά
ρήγματα

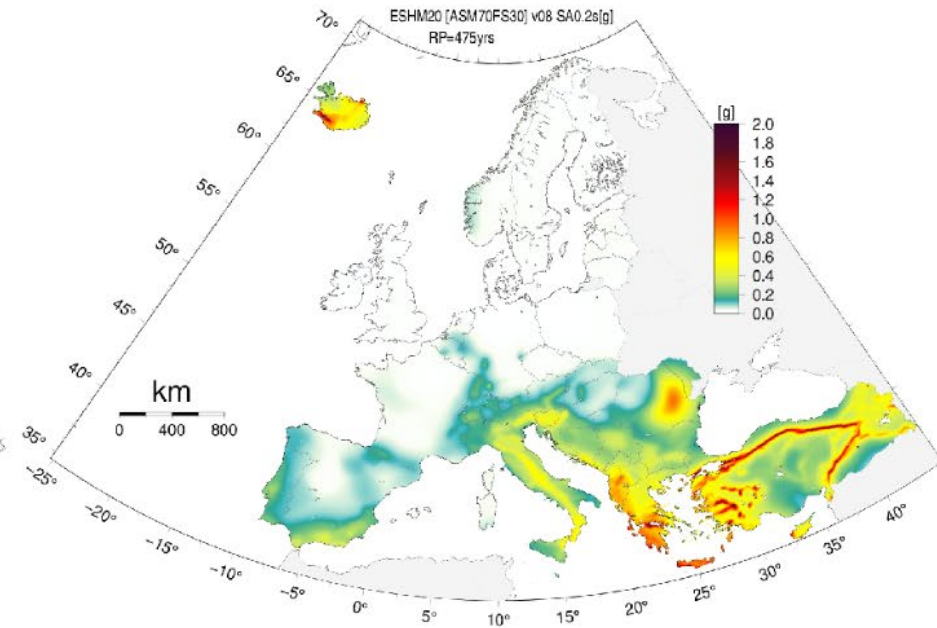
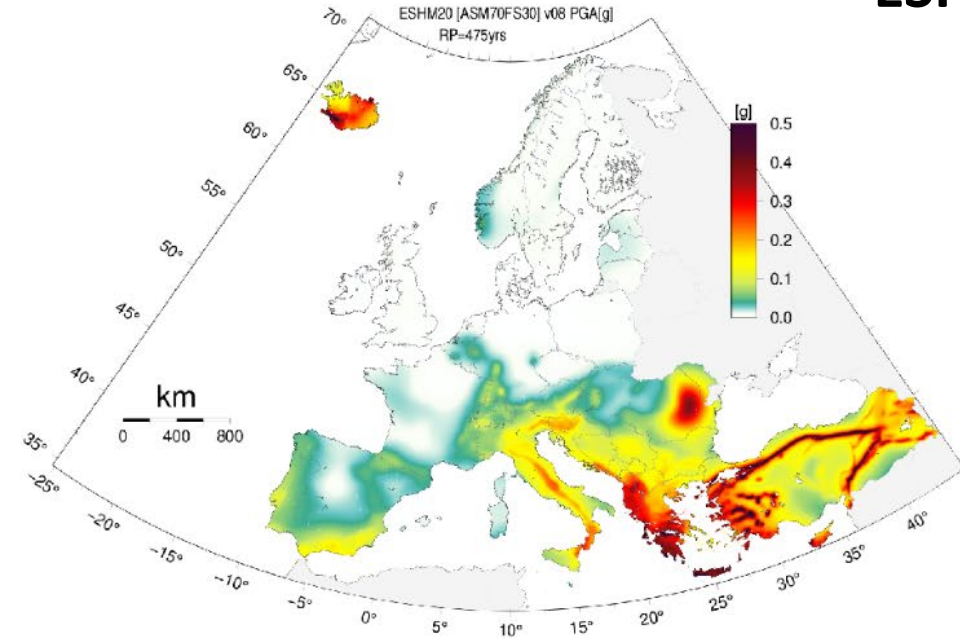


PGA και SA(0.2s) για 475 έτη σε συνθήκες βράχου

PGA

ESHM20

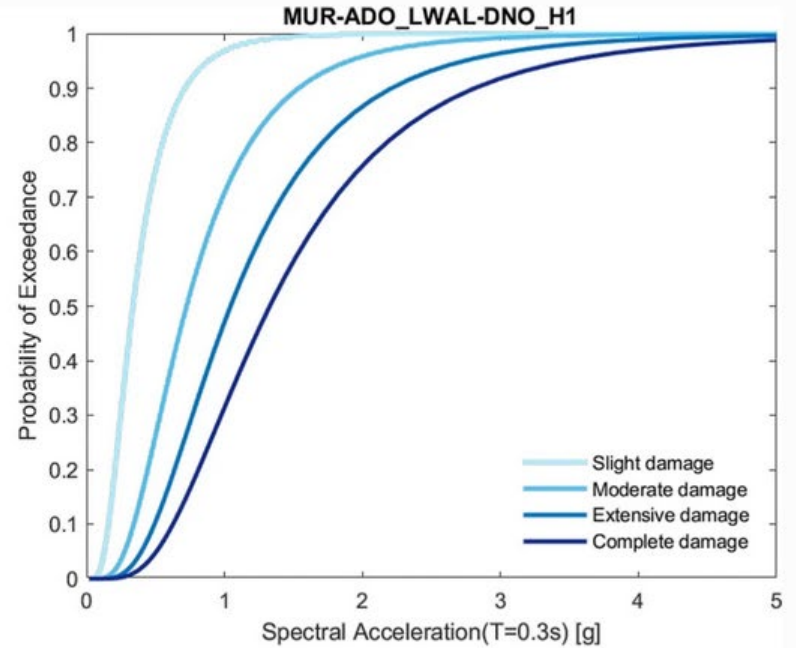
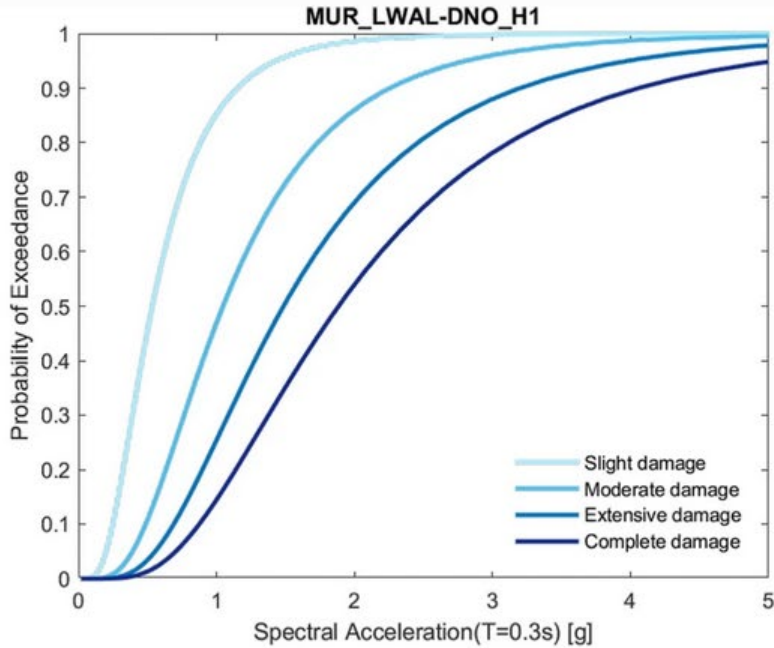
Sa (0.2s)



ESRM20 Exposure model : Κτιριακό απόθεμα στην Ευρώπη

- **145 Million κτίρια**
- Συνολικό κόστος αντικατάστασης (μόνο το δομικό σύστημα)
- **45-50 Trillion EUR**, εκ των οποίων 20% είναι βιομηχανικά κτίρια, 20% εμπορικών χρήσεων και το 60% κτίρια κατοικίας
- Υλικό κατασκευής: 57 % τοιχοποιία, 30% οπλισμένο σκυροδέμα, 9% ξύλινα, 4% άλλο (μεταλλικά, κλπ.)
- **Μόνο το 15% των κτιρίων έχει σύγχρονο αντισεισμικό σχεδιασμό**, ενώ το 55% είναι με χαμηλής στάθμης αντισεισμικό (η και χωρίς αντισεισμικό σχεδιασμό) και το 30% με μέσης στάθμης αντισεισμικό σχεδιασμό.

Καμπύλες τρωτότητας κτιρίων από τοιχοποιία



Martins and Silva (2020)

ESRM20 Μεθοδολογία εκτίμησης των φυσικών απωλειών

$$\text{Exposure} \times \text{Hazard} \times \text{Vulnerability} = \text{Seismic Risk}$$

Total built area per typology:

A = Number of buildings \times
 Number of dwellings / building \times
 Area / dwelling

- PGA
- Sa (0.3s)
- Sa(0.6s)
- Sa(1s)

Fragility Curves per Typology:

- $P(=NO) = 1 - (P > \text{Slight})$
- $P(=\text{Slight}) = (P > \text{Slight}) - (P > \text{Mod.})$
- $P(=\text{Mod.}) = (P > \text{Mod.}) - (P > \text{Ext.})$
- $P(=\text{Ext.}) = (P > \text{Ext.}) - (P > \text{Complete})$
- $P(=\text{Complete}) = (P \geq \text{Complete})$

$$\text{Total Repair Cost} = \text{MDR} \times \text{Total Replacement Cost}$$

Mean Damage Ratio

$$\text{MDR} = (P = \text{Slight}) \times 0.05 + (P = \text{Mod}) \times 0.2 + (P = \text{Ext}) \times 0.6 + (P = \text{Complete}) \times 1$$

Built area (m²) / typology / damage state.

Total Replacement Cost

= Total built area \times replacement cost / m²

Replacement cost: 800 € / m²

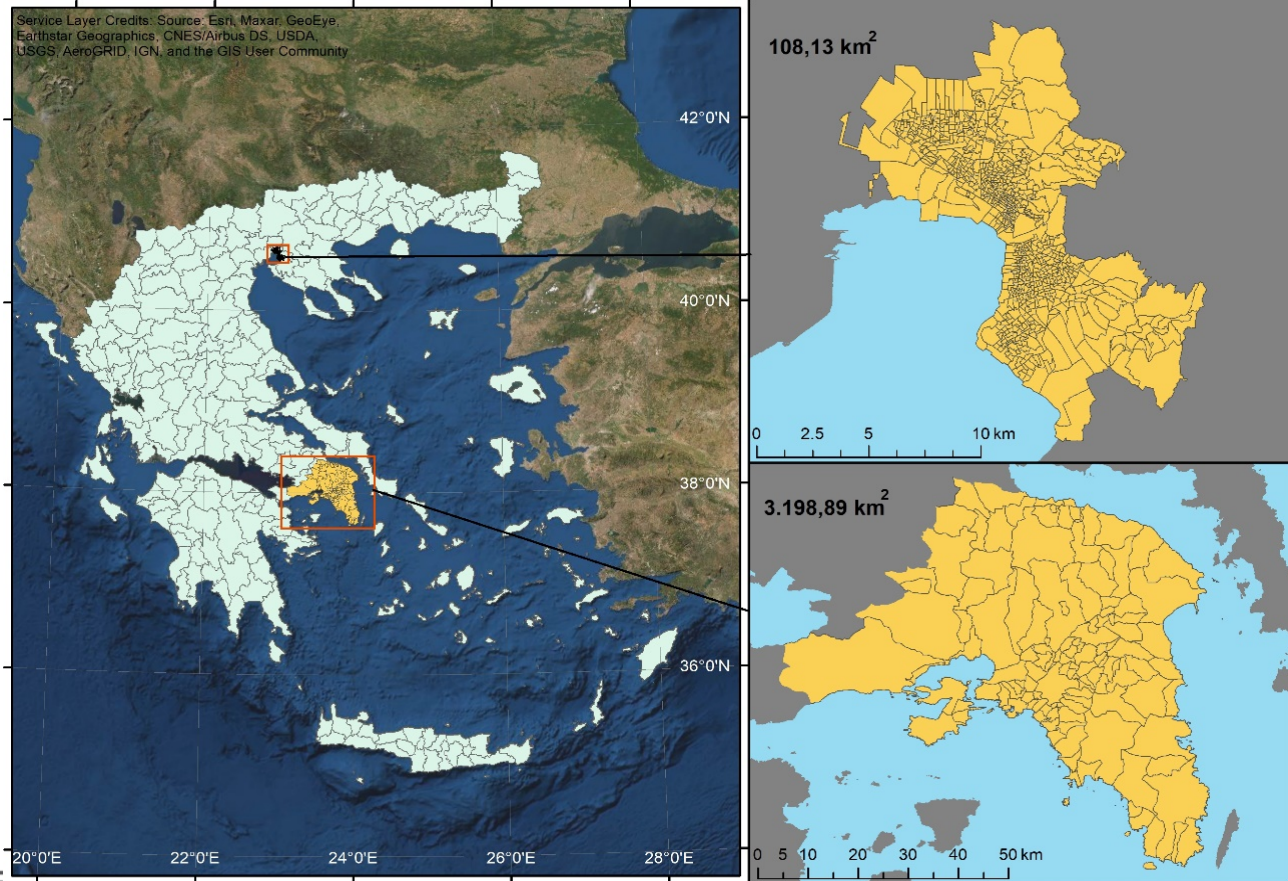
	Dwellings / building	Area (m ²) / Dwelling
1 storey	1	90
2 storeys	1	90
3-5 storeys	4	85
6+ storeys	28	80

Greece : Εφαρμογές

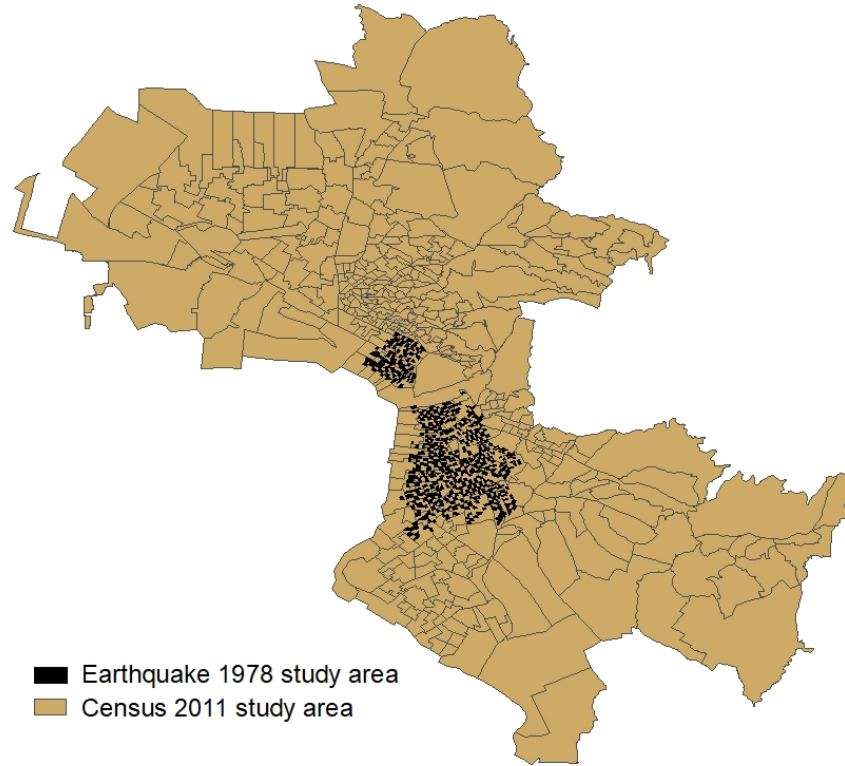
- Εφαρμογή σε όλη την Ελληνική επικράτεια
- Έλεγχος αξιοπιστίας στην Θεσσαλονίκη για τον σεισμό του 1978
- Έλεγχος αξιοπιστίας στην Αθήνα για το σεισμό του 1999

- **OpenQuake** open-source software developed by GEM Foundation was used
- Earthquake hazard (**ESHM13**) and risk modelling

Εφαρμογές στην Ελλάδα

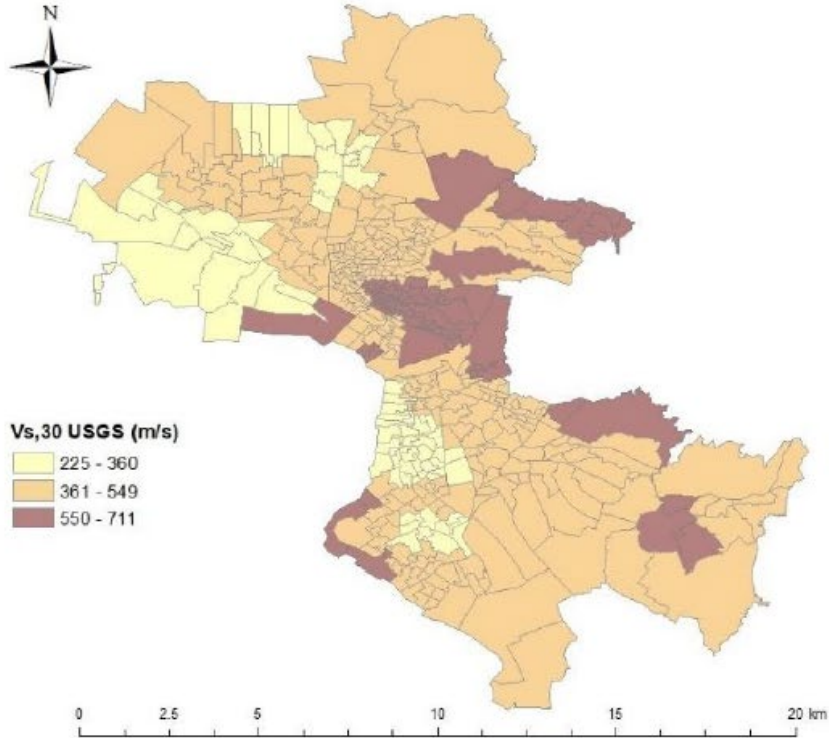


Θεσσαλονίκη: Αξιολόγηση για τον σεισμό M6.4 του 1978

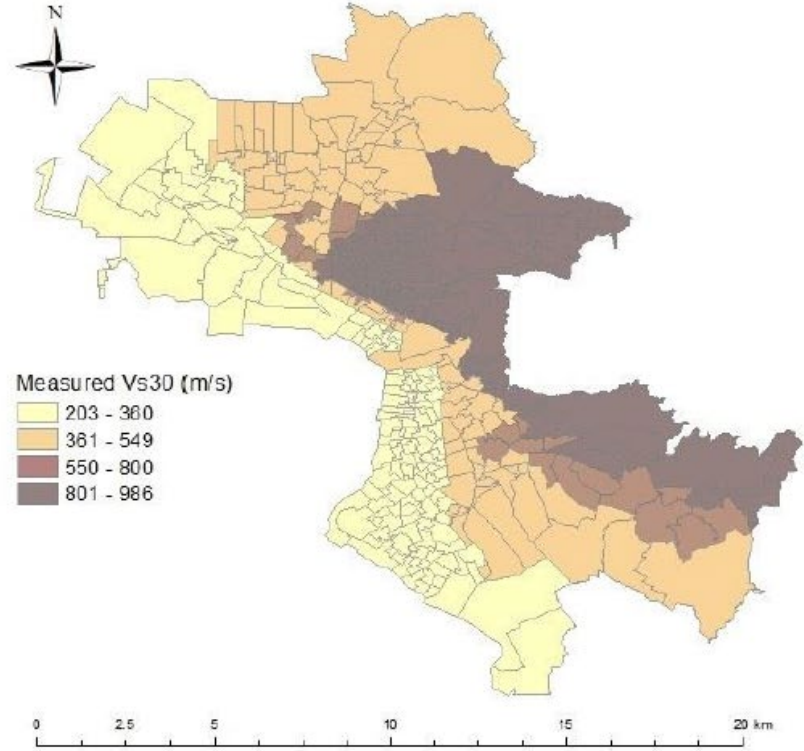


Θεσσαλονίκη : Εδαφικές συνθήκες (Vs30)

USGS slope-based Vs30 model

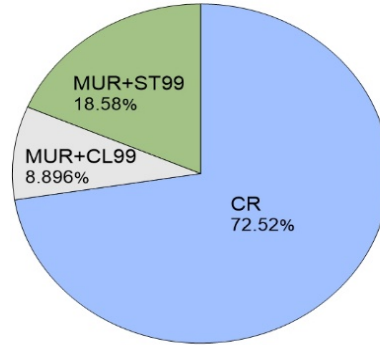


Measured Vs30 model

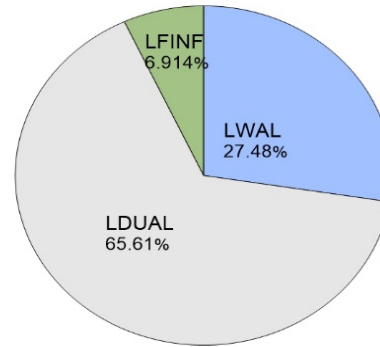


Θεσσαλονίκη: Κτιριακό απόθεμα 1978

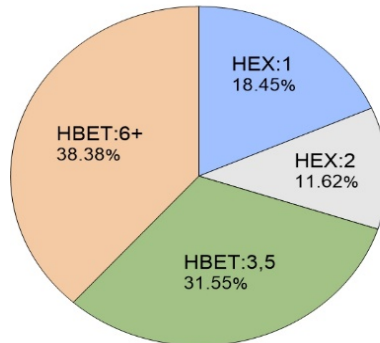
(a) Material



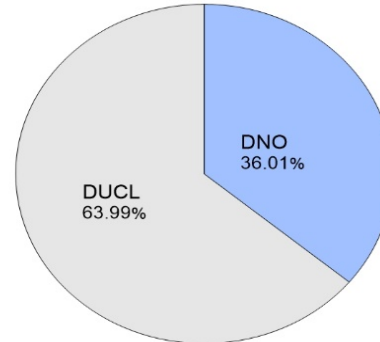
(b) LLRS



(c) Height



(d) Ductility level



Θεσσαλονίκη: Σύγκριση με πραγματικές μετρήσεις βλαβών

Comparison with actual damages:
Percentages of buildings per color tag

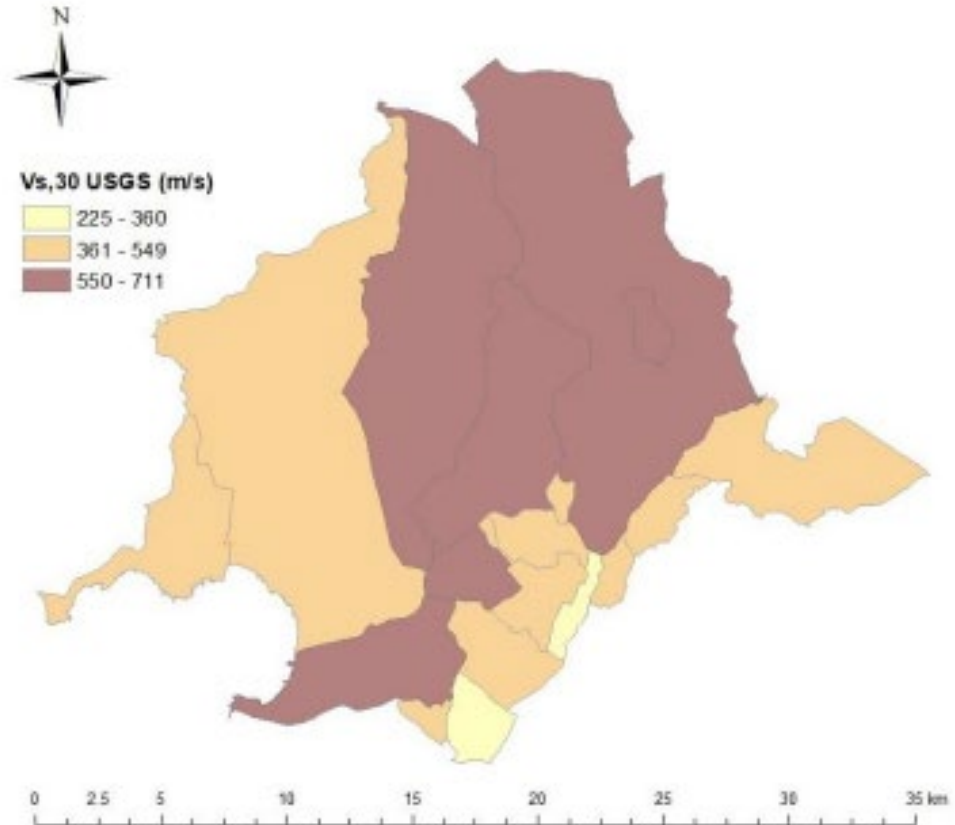
Damage State	Color tag	Rupture Model	Shakemap	Post-earthquake tagging (Kappos et al., 2008)
No Damage	Green	78.24%	92.2%	74.50%
Slight				
Moderate	Yellow	14.55%	6.95%	19.10%
Extensive				
Complete	Red	7.21%	0.85%	6.40%

Αξιολόγηση στην Δ. Αττική και το σεισμό 5.9, 1999



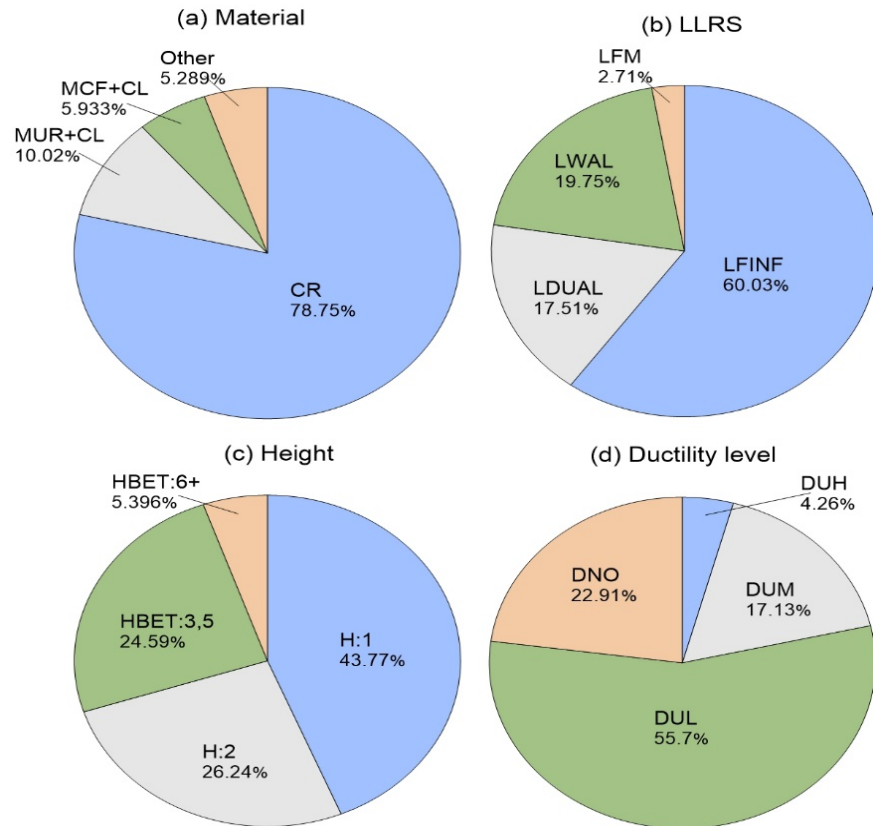
Δυτική Αττική: Εδαφικές συνθήκες

USGS Vs30
slope-based model



Δυτική Αττική: Κτιριακό απόθεμα 1999

Exposure model



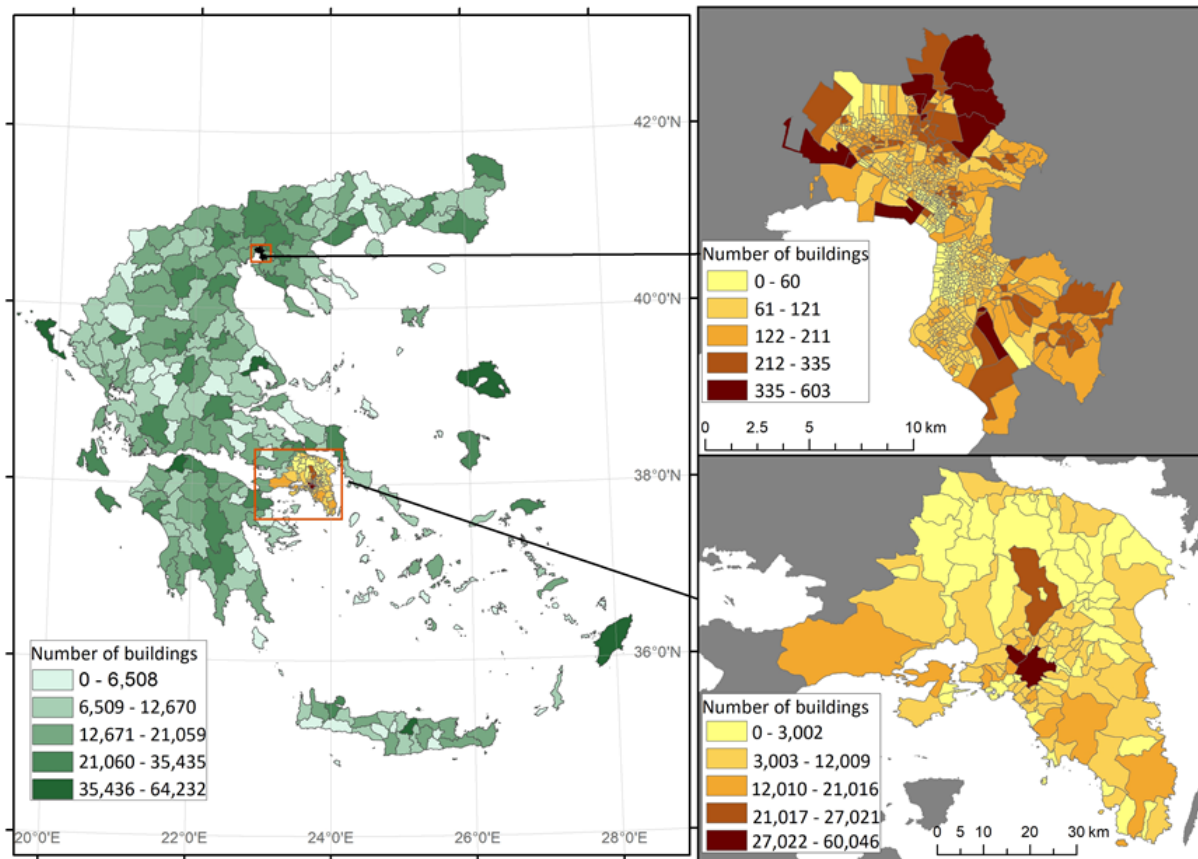
Δυτική Αττική: Σύγκριση με καταγραφές ζημιών M5.9, 1999

Comparison with actual damages:
Percentages of buildings per color tag

Damage State	Color tag	Rupture Model	Shakemap	Post-earthquake tagging [ESYE - National Statistical Office of Greece, damage census, 1999]
No Damage	Green	82.83%	83.65%	62.46%
Slight				
Moderate	Yellow	11.16%	13.10%	32.79%
Extensive				
Complete	Red	6.02%	3.25%	4.75%

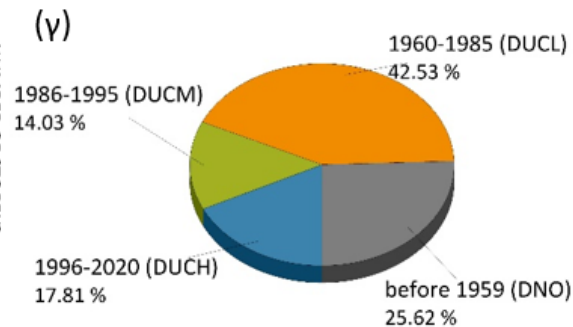
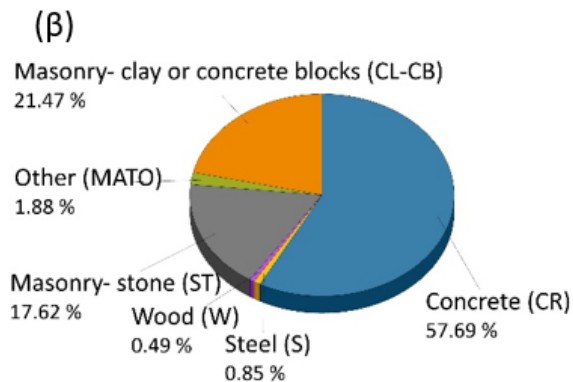
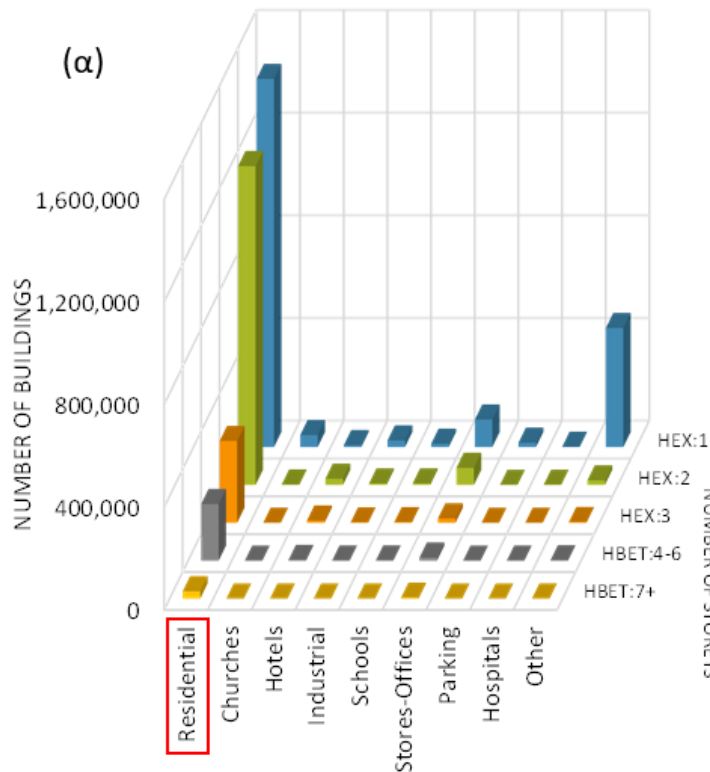
Greece: Κτιριακό απόθεμα

Αριθμός
κτιρίων
ανεξαρτήτου
χρήσεως



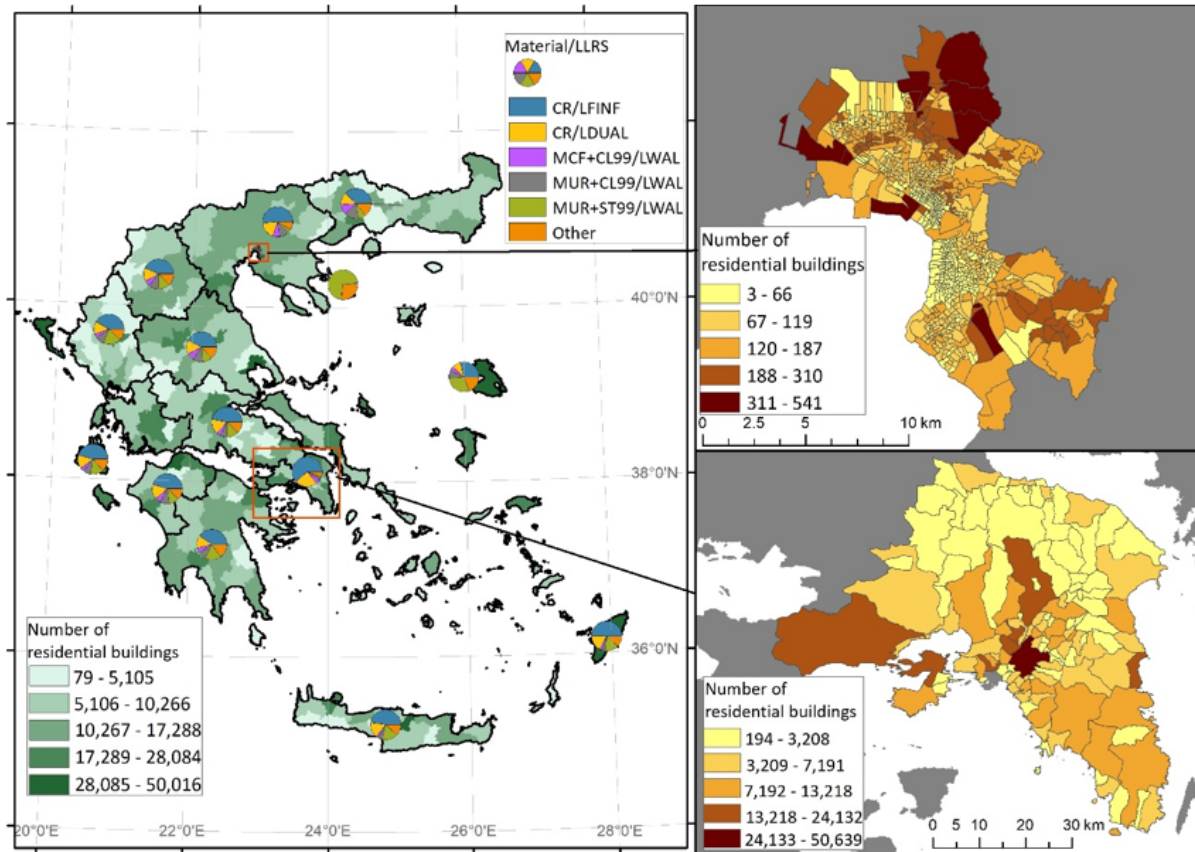
Γρεσε: Κτιριακό απόθεμα

Κτιριακό απόθεμα



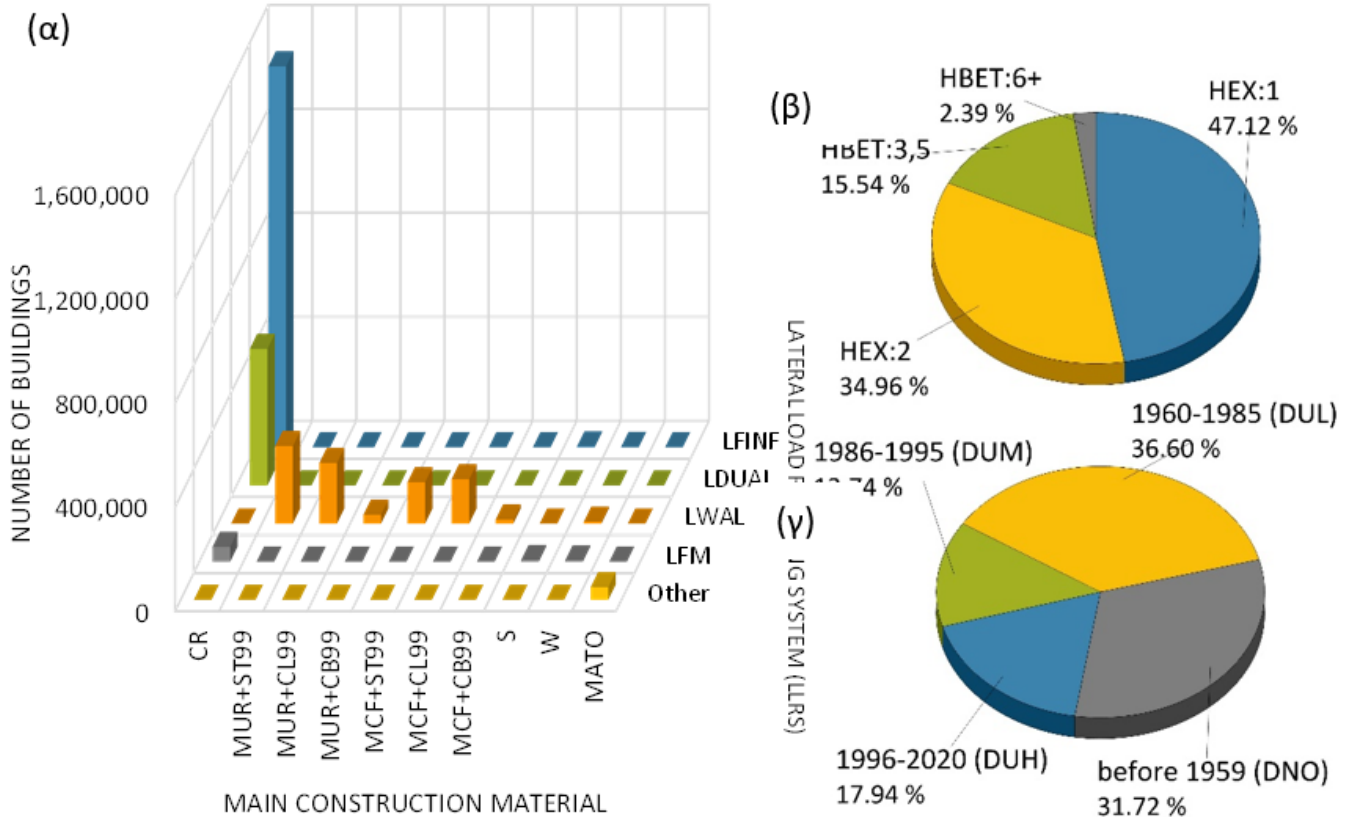
Greese: Κτιριακό απόθεμα

Κτίρια
κατοικιών

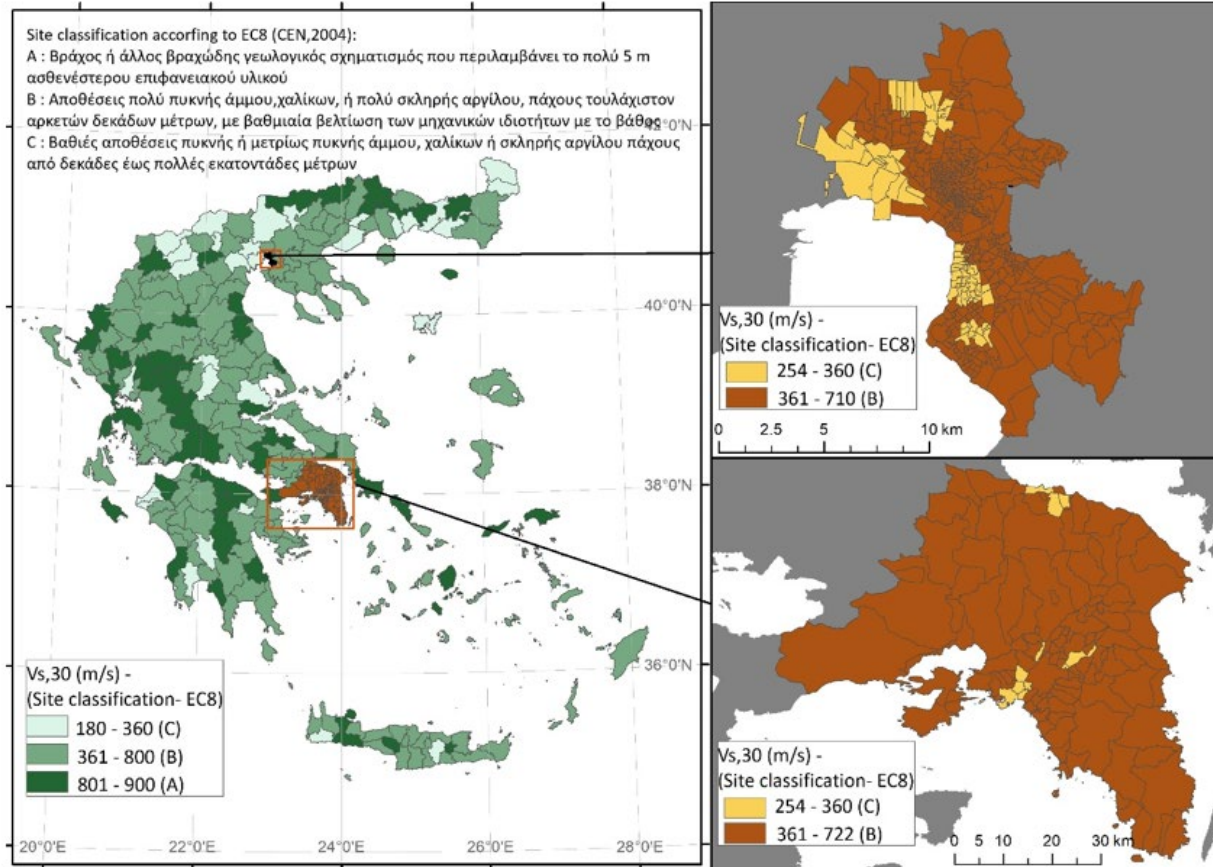


Γρεσε: Κτιριακό απόθεμα

Κατοικίες

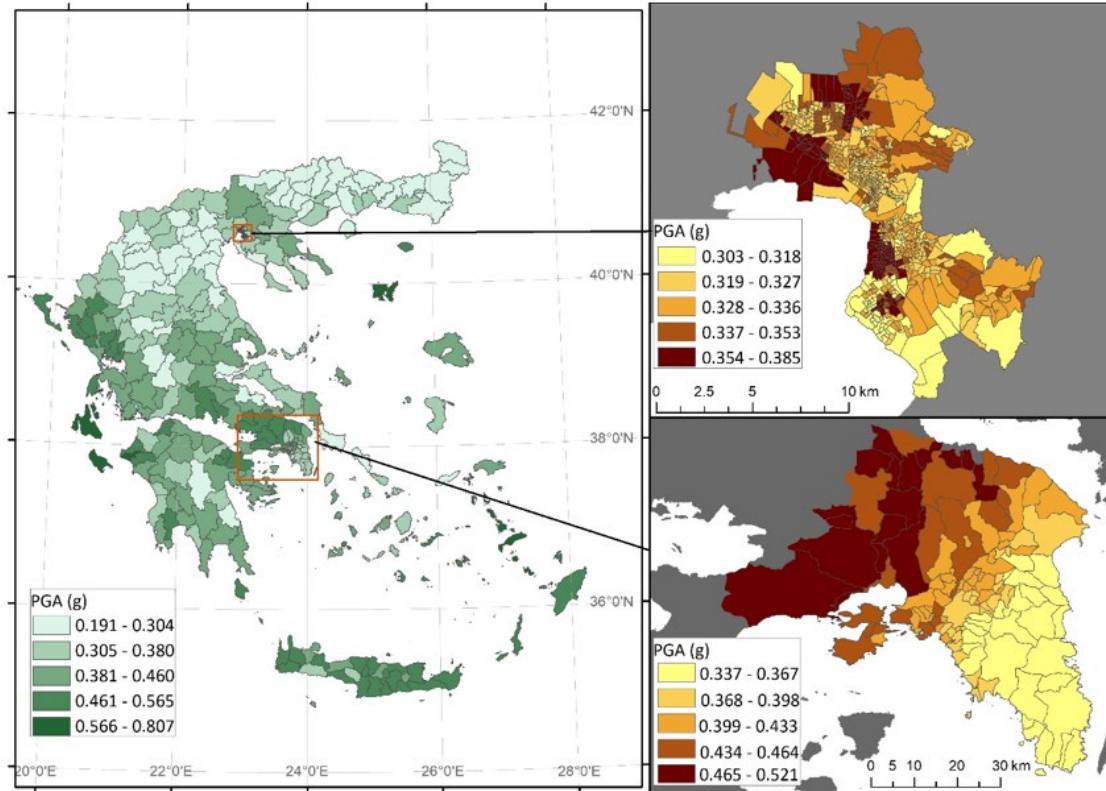


Greece: Εδαφικές συνθήκες (EC8-Vs30)



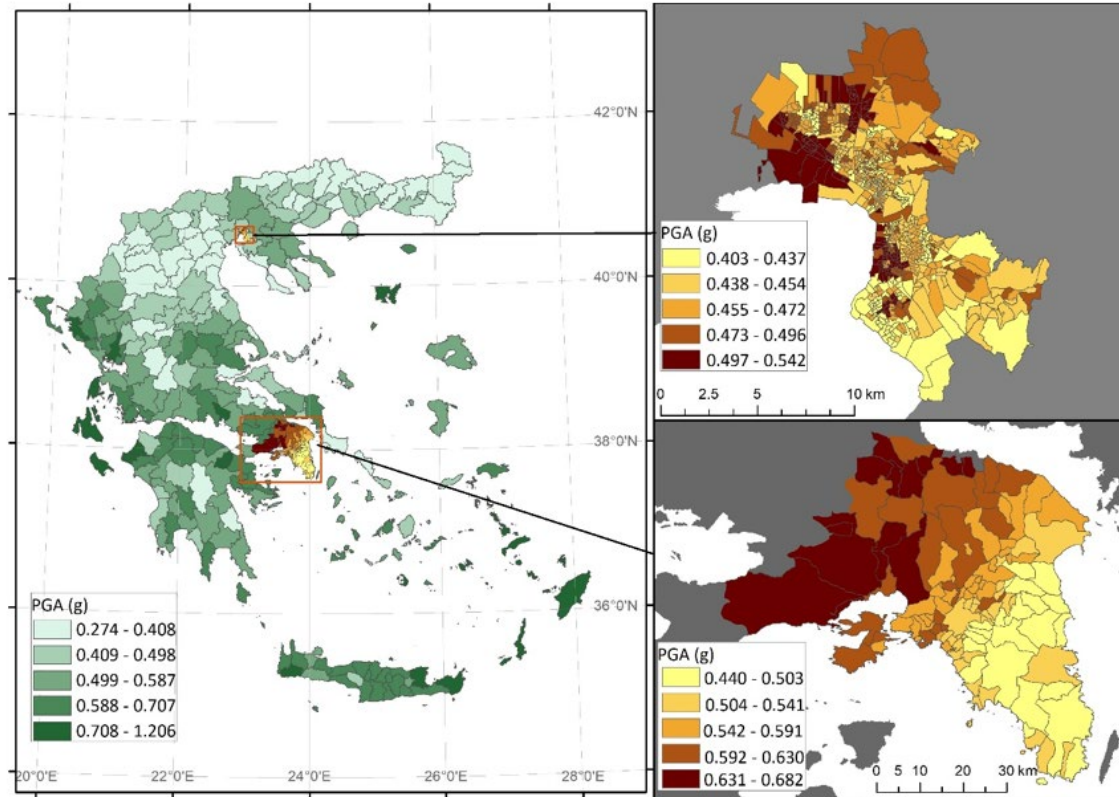
Greece: Σεισμική επικινδυνότητα

PGA (T_m=475 έτη)



ESHM13 model

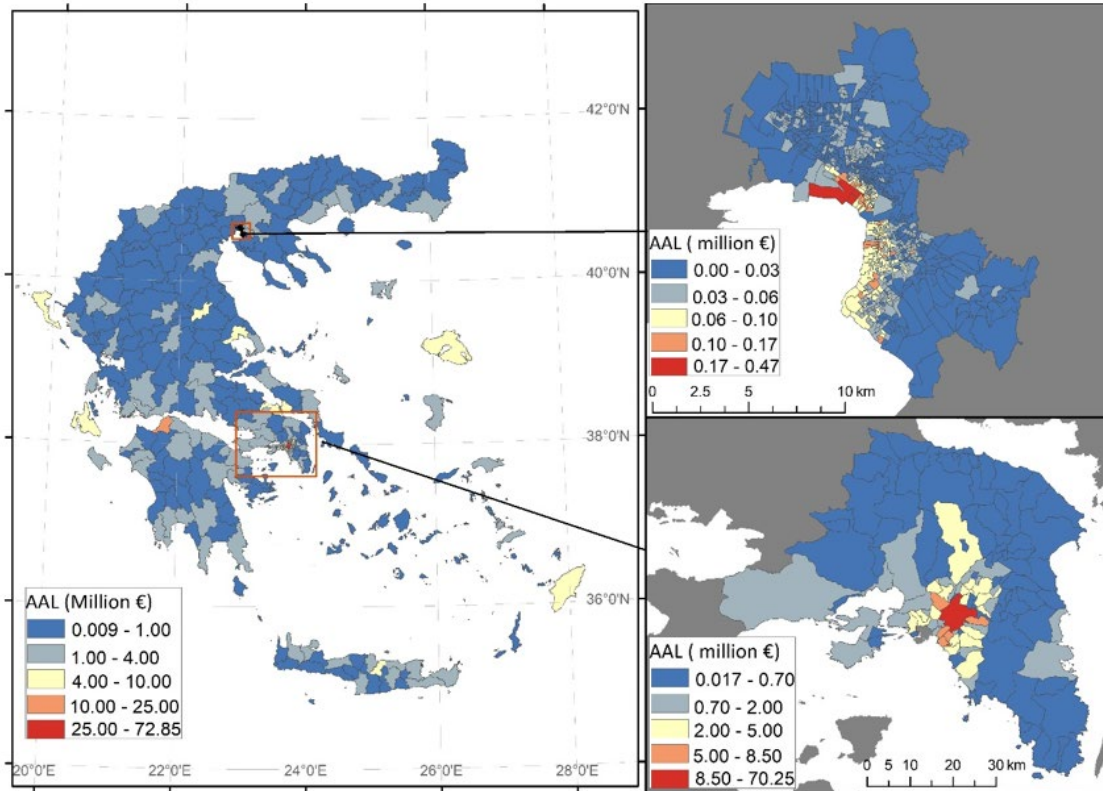
Greece: Σεισμική επικινδυνότητα PGA (Tm=975 έτη)



ESHM13 model

Greece: Σεισμική διακινδύνευση

Μέσο ετήσιο κόστος απωλειών (ζημιές) σε κτίρια κατοικίας (AAL)



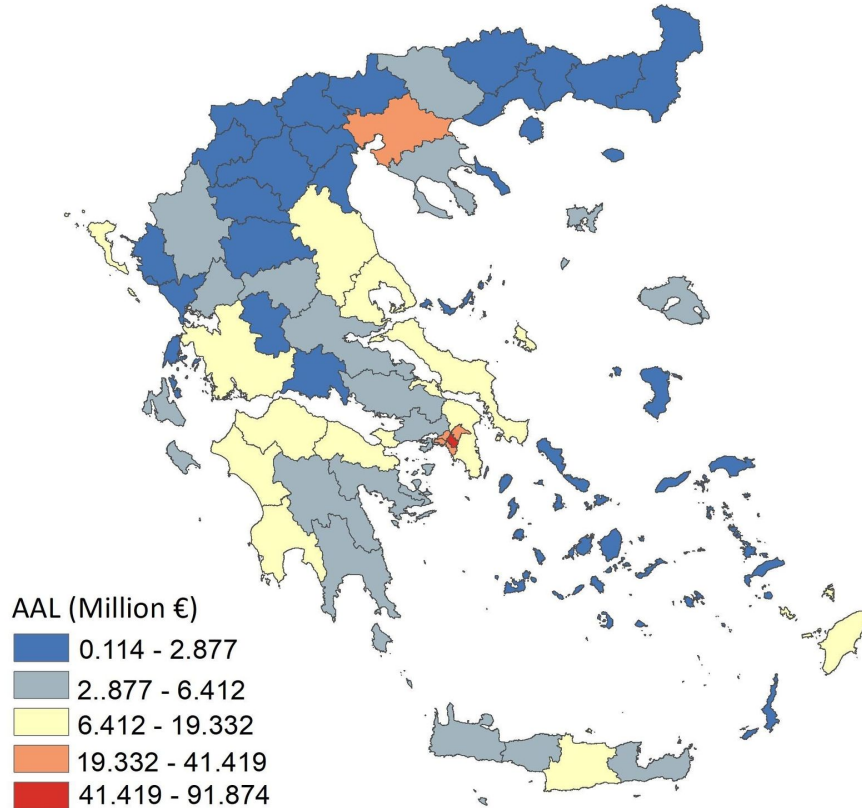
Average Annual Loss:

Long-term mean loss value per year due to direct damage caused by earthquake ground shaking in the residential building stock, considering structural components

Συνολικό μέσο ετήσιο κόστος φυσικών απωλειών (ζημιές στα κτίρια)

522 million €

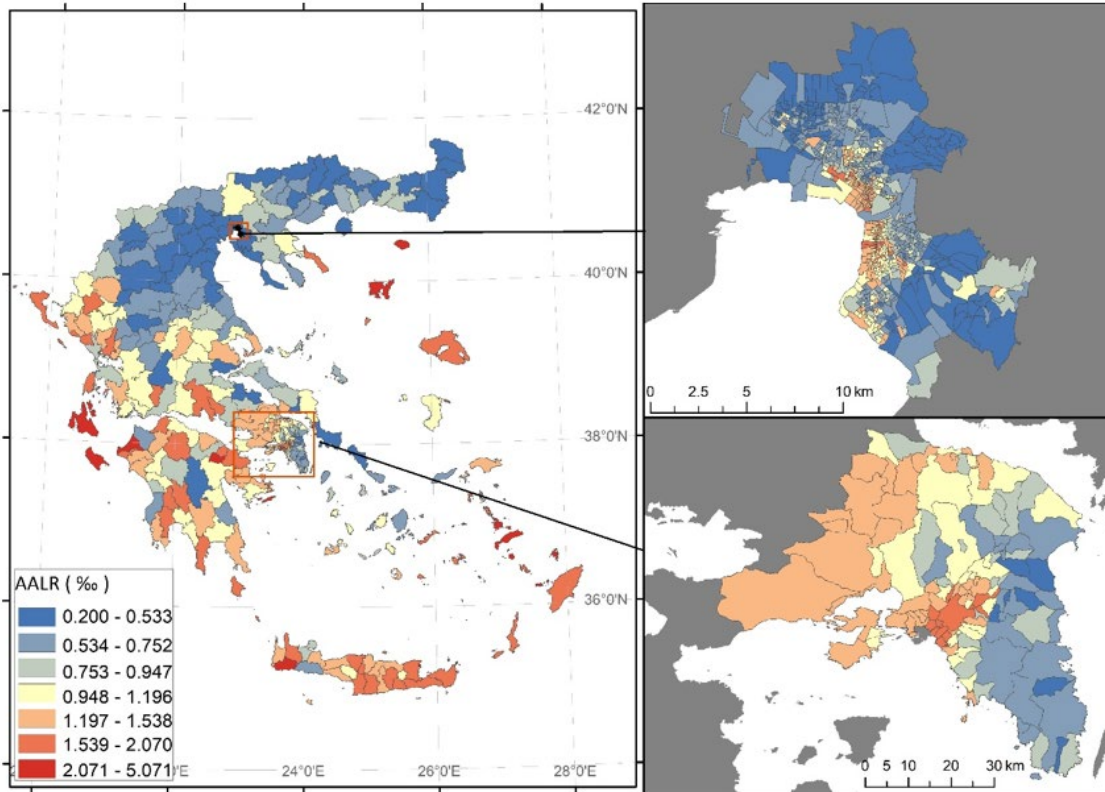
Greece: Μέσο ετήσιο κόστος φυσικών απωλειών (AAL) σε ευρώ



**Total average annual losses:
522 million €**

Greece: Σεισμική διακινδύνευση

Average Annual Loss Ratio (AALR)



Average Annual Loss Ratio:
average annual loss normalized
by the total asset replacement
cost

Ετήσιο κόστος απωλειών ως
ποσοστό του συνολικού
κόστους αντικατάστασης του
κτιριακού αποθέματος

Συμπεράσματα - Παρατηρήσεις

- Η ανάπτυξη ενός καλά δομημένου σε ενιαία βάση, σύγχρονου, αξιόπιστου και επιχειρησιακά αποτελεσματικού εργαλείου για την εκτίμηση της σεισμικής διακινδύνευσης σε διάφορες κλίμακες, από το μεμονωμένο έργο, στην κλίμακα πόλης, κράτους ή και της Ευρώπης, είναι πλέον εφικτή και είναι γεγονός
- Σημαντική πρόοδος της τεχνολογίας IT
- Υπάρχουν ακόμη αβεβαιότητες που συνεχώς ελέγχονται καλύτερα

Οι κώδικες ESHM20 και ESRM20 βρίσκονται στην διαδικασία τελικών ελέγχων και βαθμονομήσεων με στόχο την δημοσιοποίησή τους στα τέλη του 2021