



Project funded by
EUROPEAN UNION



The REDACT project Educational Hub

From earthquake focus to induced damage

Deliverable No: D.T3.5.1d (RO)

GA T3 Implementation of REDA system (pilot studies)

Created by:
Institute of Engineering Seismology & Earthquake Engineering - Research Unit of
Earthquake Planning & Protection Organization (ITSAK-EPPO)

CONTRIBUTING PARTNERS:

- The International Hellenic University (TEICM/IHU)
 - Democritus University of Thrace (DUTH)
 - Gebze Technical University (GTU)
 - Ovidius University of Constanta (OUC)
- Institute of Geology and Seismology Moldova (IGS/MSU)

PROJECT DETAILS:

Programme	Black Sea Joint Operational Programme 2014-20
Priority and Measure	2. Promote coordination of environmental protection and joint reduction of marine litter in the Black Sea Basin
Objective	2.1 Improve joint environmental Monitoring
Project Title	Rapid Earthquake Damage Assessment Consortium
Project Acronym	REDACt
Contract No	BSB-966
Lead Partner	The Legal Successor in rights and Duties of TEICM_SARF, IHU SARF, GREECE
Total Budget	974.860,00 Euro (€)
Time Frame: Start Date - End Date	01/07/2020 - 30/06/2023
Project Coordinator	Papatheodorou K. (IHU-TEICM)

DELIVERABLE CONTRIBUTORS:

Theodoulidis N. (ITSAK-EPPO), Margaris B. (ITSAK-EPPO), Karakostas Ch. (ITSAK-EPPO), Papanikolaou V. (ITSAK-EPPO), Papatheodorou K. (TEICM), Kirtas E. (TEICM), Panagopoulos G. (TEICM), Klimis N. (DUTH), Zulfikar C. (GTU), Osman K. (GTU), Toma-Danila D. (OUC), Vintila D. (OUC), Cardanet V. (IGS/MSU)

Stakeholders: BSB JOP 2014-20 eligible area

Deliverable-No: D.T3.5.1d_RO		Internal - Partners	
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	2 of 15

RECORD OF REVISIONS

Issue/Rev	Date	Page(s)	Description of Change	Release
1	30.06.2023	30	First version	1.01
2	31.07.2023	31	Final Version	1.02

Deliverable-No: D.T3.5.1d_RO		Internal - Partners	
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	3 of 15

DOCUMENT RELEASE SHEET








Responsible Partner: Institute of Engineering Seismology & Earthquake Engineering - Research Unit of Earthquake Planning & Protection Organization		
Approval	Emmanouil Kirtas	Signature  31.07.2023
Approval	Nikolaos Theodoulidis	Signature  31.07.2023
Approval	Nikolaos Klimis	Signature  31.07.2023
Approval	Can Zulfikar	Signature  31.07.2023
Approval	Dragos Vintila	Signature  31.07.2023
Approval	Vladlen Cardanet	Signature  31.07.2023
Approved by the Project Coordinator:	Konstantinos Papatheodorou	Signature  31.07.2023
Distribution:	ALL PARTNERS	

TABLE OF CONTENTS

1.	<u>CONTEXTUL DOCUMENTULUI.....</u>	<u>7</u>
1.1.	DOMENIU DE APLICARE ȘI OBIECTIVE.....	7
1.2.	DOCUMENTE CONEXE	7
1.2.1.	INPUT	7
1.2.2.	OUTPUT	7
2.	<u>INTRODUCERE.....</u>	<u>8</u>
3.	<u>CE ESTE HARTA MIȘCĂRII SEIMICE</u>	<u>8</u>
4.	<u>CUM SE CITEȘTE O HARTA A MIȘCĂRII SEIMICE</u>	<u>9</u>
5.	<u>DE LA HARTA MIȘCĂRII SEISMICE LA DAUNE ȘI PIERDERI</u>	<u>11</u>

LIST OF FIGURES

FIGURĂ 1	HARTA MIȘCĂRII SEISMICE A CUTREMURULUI M6.0 DIN ARKALOCHORI, CRETA, ÎN FUNCȚIE DE INTENSITATEA MACROSEISMICĂ ESTIMATĂ, CU SCARA DE CULORI GRADATĂ. STAȚIILE DE ACCELEROMETRU CARE AU ÎNREGISTRAT ZGUDUIRI ALE SOLULUI SUNT DATE PRIN TRIUNGHIURI, IAR CORESPONDENȚA DINTRE INTENSITATEA MACROSEISMICĂ ȘI ACCELERAȚIA MAXIMĂ A SOLULUI (PGA [%G]) ȘI VITEZA (PGV [CM/S]) ESTE DATĂ ÎN PARTEA DE JOS A FIGURII. DREPTUNGHIIUL NEGRU ARATĂ PROIEȚIA FALIEI SEISMICE LA SUPRAFAȚĂ, IAR STEAUA EPICENTRUL CUTREMURULUI (HTTP://SHAKEMAPS.ITSAK.GR).	10
FIGURĂ 2	HARTA MIȘCĂRII SEISMICE A CUTREMURULUI M6.0 DIN ARKALOCHORI, CRETA, ÎN TERMENI DE ACCELERAȚIE MAXIMĂ A SOLULUI (IZOCONTEURURI DE [%G], G: ACCELERAȚIA GRAVITAȚIEI). TRIUNGHIURILE INDICĂ STAȚIILE DE ACCELEROMETRU CARE AU ÎNREGISTRAT MIȘCAREA SOLULUI (HTTP://SHAKEMAPS.ITSAK.GR).....	10
FIGURĂ 3	FORMA GENERALĂ A CURBELOR DE FRAGILITATE.....	12
FIGURĂ 4	EXEMPLU DE CURBĂ DE FRAGILITATE PENTRU O ANUMITĂ CONSTRUCȚIE DE CONDUCTĂ.	12
FIGURĂ 5	EXEMPLU DE CURBE DE FRAGILITATE ALE CLĂDIRILOR REZIDENȚIALE DIN BETON ARMAT.	13
FIGURĂ 6	DISTRIBUȚIA CLĂDIRILOR DIN ORAȘUL SALONIC PE BLOCURI DE CLĂDIRI, ÎN RAPORT CU CODURILE DE PROIECTARE SEISMICĂ ALE ACESTORA.	14
FIGURĂ 7	DISTRIBUȚIA ACCELERAȚIILOR MAXIME ALE SOLULUI PE BLOC DE CLĂDIRI DIN ORAȘUL SALONIC, DIN SCENARIUL SEISMIC CORESPUNZĂTOR CUTREMURULUI DIN 20/6/1978 (M6,5) LA 20 KM EST DE ORAȘ.	14

Deliverable-No: D.T3.5.1d_RO		Internal - Partners	
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	5 of 15

FIGURĂ 8 DISTRIBUȚIA SPAȚIALĂ ESTIMATĂ A NIVELULUI DE DETERIORARE A CLĂDIRILOR ÎN CADRUL BLOCURILOR DE CLĂDIRI DIN ORAȘUL SALONIC PENTRU SCENARIUL CUTREMURULUI DIN 20/6/1978 (M6,5), LA 20 KM EST DE ORAȘ. 15

Deliverable-No: D.T3.5.1d_RO		Internal - Partners	
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	6 of 15

1. CONTEXTUL DOCUMENTULUI

1.1. DOMENIU DE APLICARE ȘI OBIECTIVE

Crizele impuse de cutremur, invocă întreaga comunitate, inclusiv toate componentele structurale ale acesteia. Acestea pun la încercare capacitatea operațională a serviciilor, eficiența de răspuns a acestora și reacția populației, ceea ce afectează puternic dinamica și evoluția acțiunilor de răspuns, atât în timpul evenimentului, cât și după acesta.

Cunoașterea corectă a ceea ce se întâmplă după un cutremur de magnitudine moderată sau mare este de mare importanță. Cetățenii ar dori să știe care este magnitudinea și epicentrul evenimentului. Dacă acesta se află în apropierea locului lor de trai, să reacționeze în consecință. Cu toate acestea, ei ar dori să cunoască nivelul măsurii de intensitate în locația lor, precum și în zona epicentrală mai largă. În plus, autoritățile de protecție civilă ar dori să aibă o estimare a distribuției posibilelor pagube și pierderi, în special în mediul urban, pentru a răspunde în mod corespunzător în vederea reducerii riscului seismic în primele minute/ore după cutremur. Domeniul de aplicare al acestui produs este de a furniza informații publicului cu privire la harta mișcării seismice și părților interesate din domeniul protecției civile cu privire la distribuția estimată a pagubelor în mediul urban construit și în infrastructură.

Documentul face parte din REDACT Educational Hub (Edu-Hub). Acesta valorifică materialele respective publicate de autoritățile competente la nivel național și regional și se bazează pe cercetările efectuate în cadrul proiectului și pe principii recunoscute la nivel internațional și acceptate pe scară largă.

Universitatea Internațională Elenă a condus acest efort, iar partenerii au contribuit cu date, informații și traduceri.

1.2. DOCUMENTE CONEXE

1.2.1. Input

Table 1. Lista documentelor anterioare care au servit drept contribuții la prezentul document

Document ID	Descriptor
D.T.3.5.1	Centrul educațional al proiectului REDACT

1.2.2. Output

Table 2. List of other deliverables for which this document is an input.

Document ID	Descriptor
D.T3.1.	

Deliverable-No: D.T3.5.1d_RO		Internal - Partners	
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	7 of 15

2. INTRODUCERE

Primele informații importante pe care le avem imediat după un cutremur puternic în zona noastră sunt epicentrul și magnitudinea acestuia. În prezent, acestea sunt furnizate ca soluție automată preliminară de către centrele seismologice din țară (Institutul geodinamic al Observatorului Național al Greciei <https://www.gein.noa.gr> , Stația seismologică a Universității Aristotel din Salonic <http://geophysics.geo.auth.gr>) în aproximativ 2 minute de la producerea cutremurului. Aceste informații au valoarea lor, deoarece cetățenii care au simțit cutremurul doresc să știe care este epicentrul acestuia (unde s-a produs) și care este mărimea lui.

Acest nivel de informații, deși important, nu poate răspunde la întrebări precum: (a) în ce măsură a fost resimțit cutremurul și (b) cum sunt distribuite spațial eventualele pagube aduse construcțiilor și mediului natural. Aceste două aspecte sunt direct legate de orice posibile consecințe ale unui cutremur și sunt de interes atât pentru cetățenii care locuiesc în zona din jurul epicentrului, cât și pentru autoritatea de protecție civilă. În acest fel, aceștia pot avea o imagine a ceea ce s-a întâmplat și unde, precum și a modului în care ar trebui să reacționeze, pentru a atenua consecințele evenimentului. Răspunsul la aceste întrebări poate fi dat astăzi în mod satisfăcător și aproape în timp real (în aproximativ 5-10 minute de la originea evenimentului) prin producerea și diseminarea hărților mișcării seismice.

3. CE ESTE HARTA MIȘCĂRII SEIMICE

Cutremurele puternice pot provoca răniri și pierderi de vieți omenești, precum și pagube semnificative la clădiri și alte infrastructuri. Imediat după un cutremur major, este dificil să se obțină rapid o imagine de ansamblu a situației din zona mai largă, astfel încât să se poată lua măsurile adecvate. Hărțile mișcării seismice poate sprijini gestionarea crizelor în această primă fază, indicând zonele susceptibile de a fi deosebit de afectate. În acest fel, ele servesc drept sursă esențială de informații, ajutând echipele de protecție civilă și de salvare să își concentreze dezvoltarea eforturilor în primul rând în aceste zone. De asemenea, ele pot estima unde și cât de puternic a fost resimțită mișcarea seismică a solului, precum și dacă se așteaptă pagube. Conceptul hărților hărții mișcării seismice a

Deliverable-No: D.T3.5.1d_RO		Internal - Partners	
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	8 of 15

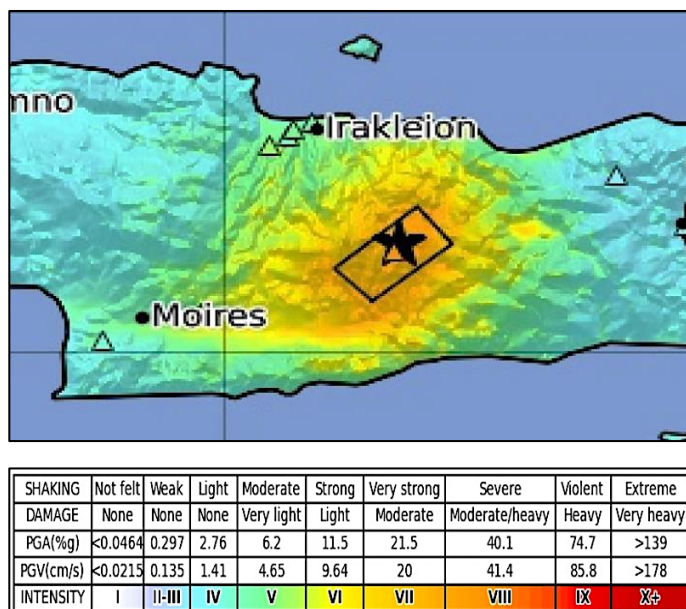
luat naștere în California în anii 1990 și este acum utilizat în mod curent în multe țări cu activitate seismică din întreaga lume.

Generarea unei hărți a mișcării seismice include următoarele etape de procesare: (a) epicentrul și magnitudinea cutremurului sunt determinate automat în timp real la centrele seismologice pe baza datelor din rețeaua unificată de seismografe din Grecia, (b) aceste informații sunt apoi combinate cu modelele de predicție a mișcării solului derivate din datele accelerometrelor din zona Greciei, precum și cu accelerațiile maxime ale solului observate la stațiile din rețeaua națională de accelerometre. Înainte de a procesa datele pentru a determina intensitatea macroseismică, este necesară filtrarea acestora pentru a le ajusta efectele de amplificare locală.

4. CUM SE CITEȘTE O HARTA A MIȘCĂRII SEIMICE

Hărțile mișcării seismice din figurile 1 și 2 prezintă diverse informații utile despre cutremur și despre mișcarea solului cauzată, atât în apropierea cât și la distanță de epicentru. În aceste hărți sunt afișate epicentrul și magnitudinea cutremurului, iar cu ajutorul scării de culori gradate intensitatea macroseismică estimată (Intensity) cauzată de cutremur, până la distanța la care vibrația nu se mai simte, adică acolo unde intensitatea macroseismică are valori mai mici decât II. În plus, dacă se dorește examinarea accelerației orizontale estimate a solului (%g), sunt indicate izoliniile de accelerație, care reprezintă un element foarte util pentru estimarea acțiunilor seismice impuse structurilor (a se vedea figura 2).

Deliverable-No: D.T3.5.1d_RO		Internal - Partners	
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	9 of 15



Figură 1 Harta mișcării seismice a cutremurului M6.0 din Arkalochori, Creta, în funcție de intensitatea macroseismică estimată, cu scara de culori gradată. Stațiile de accelerometru care au înregistrat zguduirii ale solului sunt date prin triunghiuri, iar corespondența dintre intensitatea macroseismică și accelerația maximă a solului (PGA [%g]) și viteza (PGV [cm/s]) este dată în partea de jos a figurii. Dreptunghiul negru arată proiecția faliei seismice la suprafață, iar steaua epicentrul cutremurului (<http://shakemaps.itsak.gr>).



Figură 2 Harta mișcării seismice a cutremurului M6.0 din Arkalochori, Creta, în termeni de accelerație maximă a solului (izocontururi de [%g], g: accelerația gravitației). Triunghiurile indică stațiile de accelerometru care au înregistrat mișcarea solului (<http://shakemaps.itsak.gr>).

În acest fel, devine clar că, pe lângă magnitudinea clasică și epicentrul unui cutremur, se poate vedea distribuția spațială a intensității seismice în regiunea mai largă a epicentrului, având astfel o imagine completă a mișcării seismice a solului cauzată de cutremur. Apoi,

Deliverable-No: D.T3.5.1d_RO		Internal - Partners	
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	10 of 15

încorporând vulnerabilitatea structurilor, harta mișcării seismice cu corelații adecvate poate fi transformat în hărți care arată distribuția daunelor seismice preconizate în mediul construit. Aceste informații sunt extrem de utile pentru autoritățile de protecție civilă și nu numai, pentru a se concentra asupra acțiunilor de reducere a consecințelor imediat după cutremur. Din cele de mai sus, utilitatea hărților mișcărilor seismice în zona epicentrală mai largă a unui cutremur puternic cu magnitudinea $M > 4,0$ devine clară.

5. DE LA HARTA MIȘCĂRII SEISMICE LA DAUNE ȘI PIERDERI

5.1 Introducere

Harta mișcării seismice este unul dintre cei doi factori care se folosește în evaluarea pericolului seismic. Cel de-al doilea este vulnerabilitatea fiecărui tip de construcție expusă la riscul seismic specific, conform relației simple:

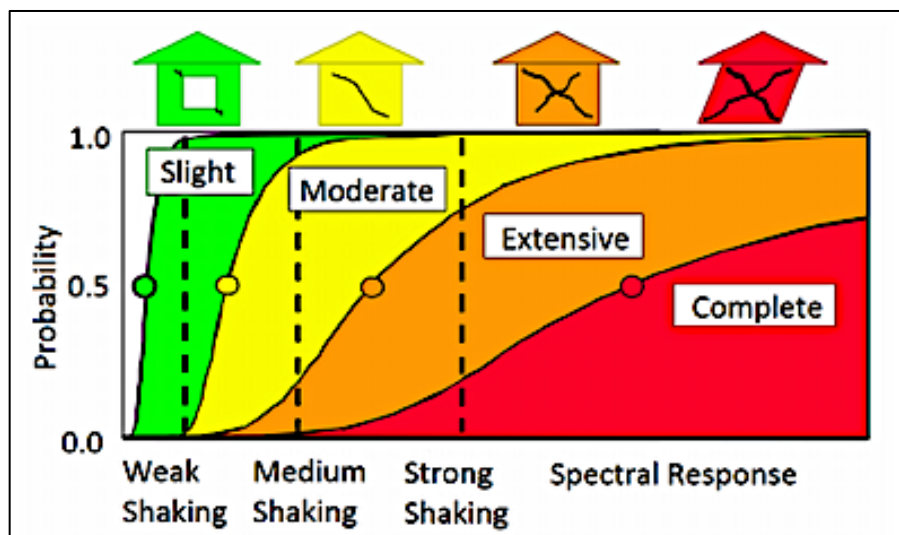
$$R = H * V,$$

unde R: risc seismic, H: hazard seismic și V: vulnerabilitate.

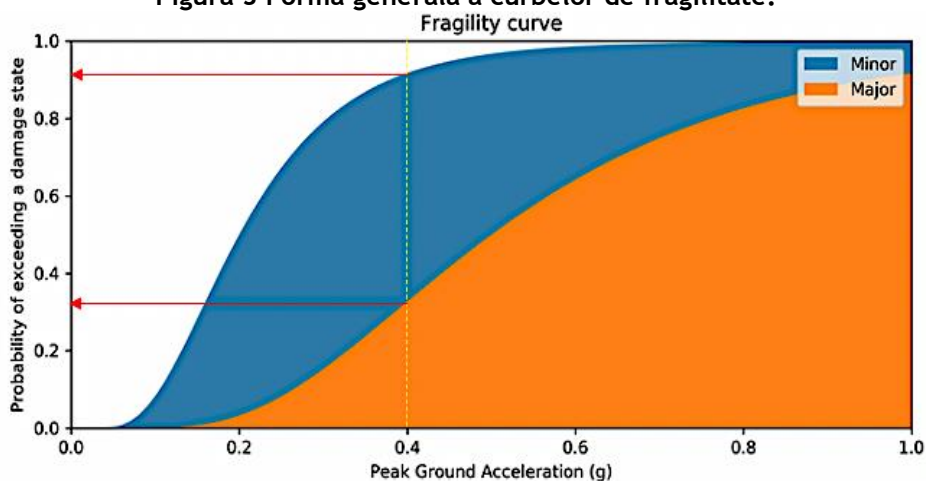
*** se referă la convoluția celor doi factori.**

Vulnerabilitatea poate fi exprimată prin intermediul unor curbe relevante, cunoscute în terminologia internațională sub numele de *curbe de fragilitate*, care au forma generală prezentată în figura 3. Curbele de fragilitate oferă probabilitatea ca o structură să fi suferit un anumit grad de deteriorare (de la zero până la prăbușirea completă) în funcție de valoarea unei variabile care servește la descrierea intensității mișcării solului provocate de un cutremur la locul unde se află structura (de exemplu, accelerația maximă a solului, accelerația spectrală etc.).

Deliverable-No: D.T3.5.1d_RO		Internal - Partners	
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	11 of 15



Figură 3 Forma generală a curbelor de fragilitate.



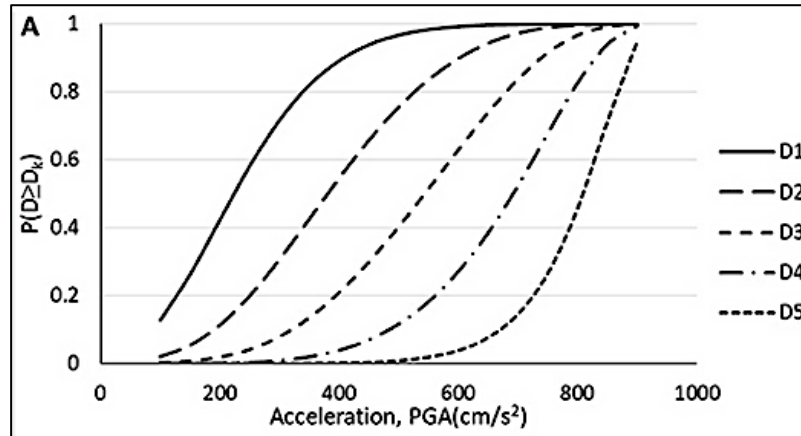
Figură 4 Exemplu de curbă de fragilitate pentru o anumită construcție de conductă.

Figura 4 prezintă două curbe de vulnerabilitate ale unei structuri de conducte. De exemplu, în cazul în care accelerația maximă a solului la locația conductei este de 0,4 g, probabilitatea de depășire a pragului de avarie majoră este de 33%. În consecință, probabilitatea de depășire a pragului nivelului de avarie minoră este de 93%.

5.2 Exemplu de scenariu de risc pentru orașul Salonic

Deliverable-No: D.T3.5.1d_RO		Internal - Partners	
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	12 of 15

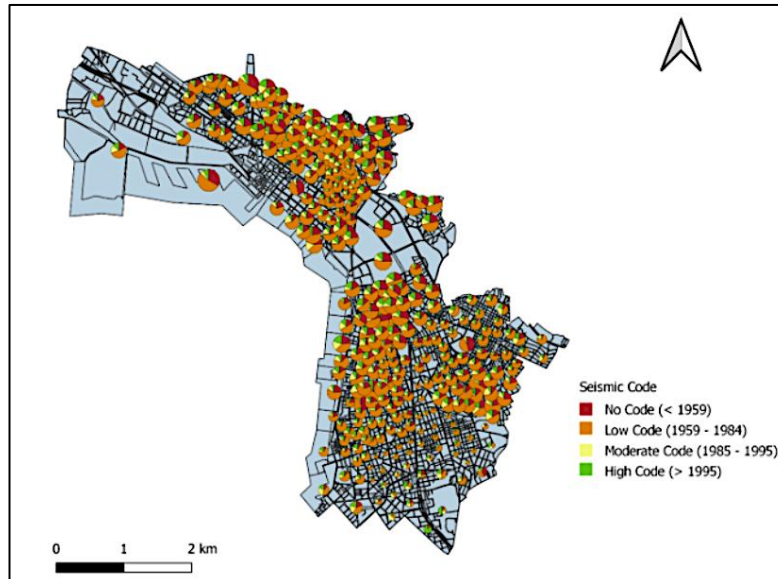
În cazul clădirilor rezidențiale, au fost stabilite cinci (5) niveluri de daună. Mai exact, categoriile Fără daune (D1), Daune ușoare (D2), Daune majore (D3), Daune extinse (D4) și Daune complete (D5) (Figura 5).



Figură 5 Exemplu de curbe de fragilitate ale clădirilor rezidențiale din beton armat.

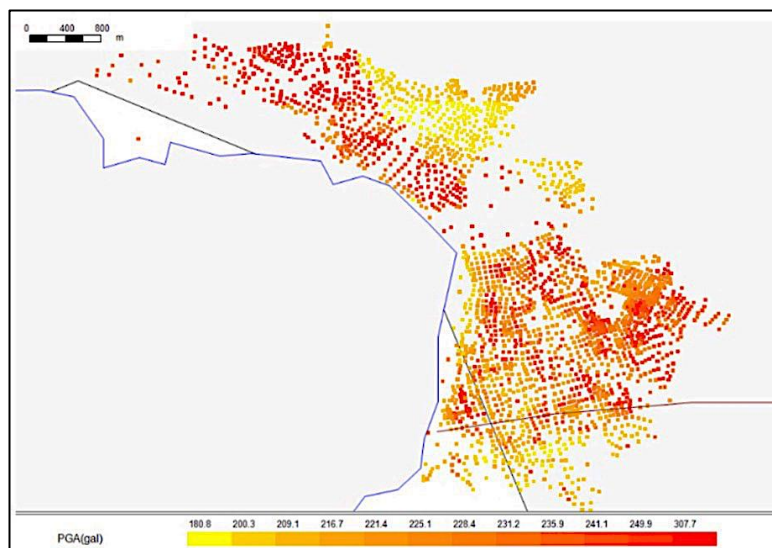
Curbele de fragilitate utilizate în studiile de risc seismic ale unor zone extinse, cum ar fi un centru metropolitan urban, corespund unor tipologii de clădiri definite pe baza caracteristicilor care le influențează comportamentul seismic (de exemplu, materialul de construcție, înălțimea clădirii, vechimea construcției etc.). În special, vârsta/perioada de construcție este direct legată de reglementarea seismică cu care au fost proiectate clădirile. Pentru orașul Salonic, figura 6 prezintă distribuția spațială a stocului de clădiri pe blocuri de clădiri și sub forma unei "plăcinte". Este prezentat procentul de clădiri care au fost construite fără reglementări seismice (înainte de 1959), cu primul cod seismic (perioada 1959-1984), cu prevederile suplimentare ale codului seismic (perioada 1985-1995) și cu reglementările seismice moderne (perioada de după 1995).

Deliverable-No: D.T3.5.1d_RO		Internal - Partners	
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	13 of 15



Figură 6 Distribuția clădirilor din orașul Salonic pe blocuri de clădiri, în raport cu codurile de proiectare seismică ale acestora.

Pentru scenariul cutremurului corespunzător celui din 20 iunie 1978 (M6,5), la aproximativ 20 km est de orașul Salonic, figura 7 prezintă valorile așteptate ale accelerației maxime a solului (PGA cm/sec²) pentru fiecare bloc de clădiri din oraș.



Figură 7 Distribuția accelerațiilor maxime ale solului pe bloc de clădiri din orașul Salonic, din scenariul seismic corespunzător cutremurului din 20/6/1978 (M6,5) la 20 km est de oraș. Apoi urmează convoluția accelerațiilor maxime așteptate ale solului pentru fiecare bloc de clădiri cu curbele de fragilitate și se obține riscul seismic din scenariul specific (figura 8).

Deliverable-No: D.T3.5.1d_RO		Internal - Partners	
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	14 of 15



Figură 8 Distribuția spațială estimată a nivelului de deteriorare a clădirilor în cadrul blocurilor de clădiri din orașul Salonic pentru scenariul cutremurului din 20/6/1978 (M6,5), la 20 km est de oraș. În acest fel, autoritățile de stat pot avea o estimare a distribuției spațiale a daunelor preconizate, în cazul unui scenariu seismic specific, care poate fi utilizată pentru a atenua consecințele unui posibil cutremur viitor asupra mediului construit și asupra cetățenilor. Se înțelege că estimarea rațională a acțiunilor seismice preconizate (de exemplu, accelerația maximă a solului) și acuratețea bazelor de date privind fondul de clădiri dintr-un oraș sunt factori decisivi pentru o estimare fiabilă a parametrilor și rezultatelor riscului seismic. În direcția îmbogățirii bazei de date relevante, cooperarea oamenilor de știință cu Protecția Civilă și cu serviciile publice care actualizează bazele de date este considerată necesară și decisivă.

În plus, în cazul generării hărții mișcării seismice în timp real, bazele de date de inventariere a clădirilor de mai sus pot fi, de asemenea, utilizate pentru evaluarea rapidă a pagubelor provocate de un anumit cutremur în mediul urban într-o zonă mai largă. Utilitatea acestor informații pentru răspunsul Protecției Civile în primele minute și/sau ore după eveniment este evidentă, astfel încât acțiunile de reducere a consecințelor cutremurului să fie concentrate în mod rațional.

Deliverable-No: D.T3.5.1d_RO		Internal - Partners	
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	15 of 15