



Project funded by
EUROPEAN UNION



The REDACt project Educational Hub

Earthquake Damage to Structures and Infrastructure

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

GA T3 Implementation of REDA system (pilot studies)

Created by:
The International Hellenic University (TEICM/IHU)

CONTRIBUTING PARTNERS:

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

Papatheodorou K. (TEICM), Kirtas E. (TEICM), Panagopoulos G. (TEICM), Theodoulidis N. (ITSAK-EPPO), Margaris B. (ITSAK-EPPO), Karakostas Ch. (ITSAK-EPPO), Papanikolaou V. (ITSAK-EPPO), Klimis N. (DUTh), Fahjan Y. (GTU), Zulfikar C. (GTU), Toma-Danila D. (OUC), Vintila D. (OUC), Popa M. (OUC), Cardanet V. (IGS/MSU), Jeleapov V. (IGS/MSU), Botnaru V. (IGS/MSU)

Stakeholders: BSB JOP 2014-20 eligible area

Deliverable-No: D.T3.5.1e_RO		Internal - Partners	
Issue: 1.0	Date: 31 July 2023	Page:	2 of 19

RECORD OF REVISIONS

Issue/Rev	Date	Page(s)	Description of Change	Release
1	30.06.2023	17	First version	draft
2	31.07.2023	19	Final Version	v1.0

Deliverable-No: D.T3.5.1e_RO		Internal - Partners	
Issue: 1.0	Date: 31 July 2023	Page:	3 of 19

DOCUMENT RELEASE SHEET

Responsible Partner: International Hellenic University		
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

1.1. DOMENIU DE APLICARE ȘI OBIECTIVE.....	7
1.2. DOCUMENTE CONEXE	7
1.2.1. INPUT	7
1.2.2. OUTPUT	7
<u>2. MIȘCAREA SEISMICĂ ȘI PERFORMANȚA STRUCTURILOR ȘI A INFRASTRUCTURII</u>	<u>8</u>
<u>3. PROIECTAREA SEISMICĂ A STRUCTURILOR ȘI INFRASTRUCTURII.....</u>	<u>9</u>
<u>4. EVALUAREA SEISMICĂ A STRUCTURILOR ȘI INFRASTRUCTURII EXISTENTE.....</u>	<u>10</u>
<u>5. DAUNE SEISMICE LA STRUCTURILE CLĂDIRILOR.....</u>	<u>12</u>
<u>6. DAUNE SEISMICE LA INFRASTRUCTURĂ</u>	<u>16</u>
<u>7. REFERINȚE.....</u>	<u>18</u>

LIST OF FIGURES

FIGURE 1. ACCELEROGRAMA (ACCELEROGRAMĂ (ACCELERAȚIA ÎN TIMP) A UNUI CUTREMUR	8
FIGURE 2. TENSIUNI ASUPRA CONSTRUCȚIILOR ȘI INFRASTRUCTURII ÎN TIMPUL CUTREMURULUI (A) DATORATE DEFORMĂRII SOLULUI ȘI/SAU (B) DATORATE INERȚIEI CONSTRUCȚIEI.	9
FIGURE 3. ILUSTRĂȚIE GRAFICĂ A NIVELURILOR DE PERFORMANȚĂ (FEMA 389, 2004).	10
FIGURE 4. CURBE DE FRAGILITATE TIPICE PENTRU CLĂDIRI (HAZUS-MH MR5, 2010).	11
FIGURE 5. IMPACTUL DIFERIT AL ACELEIAȘI EXCITAȚII SEISMICE ASUPRA CLĂDIRILOR DE ÎNĂLȚIMI DIFERITE (THEODOULIDIS, 2023).	13
FIGURE 6. (A) PRĂBUȘIREA UNUI ETAJ MOALE AL UNEI CLĂDIRI DIN BETON ARMAT CU 3 ETAJE ÎN TIMPUL CUTREMURULUI DIN ATENA 1999, GRECIA, (B) PRĂBUȘIREA UNEI CLĂDIRI FLEXIBILE LA TORSIUNE CU PEREȚI DE FORFECARE RIGIZI DOAR LA UN COLȚ AL STRUCTURII, ATENA 1999, (C, D) DAUNE SEISMICE ÎN CLĂDIRILE DE ZIDĂRIE ÎN TIMPUL CUTREMURULUI DIN THESSALIA 2022, GRECIA (SURSA: SARHOSIS ET AL., 2022), (E, F) CEDAREA STRUCTURILOR FLEXIBILE DIN OȚEL (SURSA: KATSUMI KASAHARA/ASSOCIATED PRESS, MICHAEL ENGELHARDT).	14
FIGURE 7. (A) DETERIORAREA GENERALIZATĂ A UNUI SISTEM DE TAVANE (SURSA: FERNER ET AL., 2014), (B) CĂDEREA RAFTURILOR ÎNTR-O BIBLIOTECĂ (SURSA: NISEE-PEER), (C) DISTRUGEREA UNUI PANOU DE SEMNALIZARE PE EXTERIORUL UNUI SPITAL ÎN TIMPUL CUTREMURULUI DIN 1994 DIN NORTHRIDGE, SUA (SURSA: ROBERT REITHERMAN), (D) STATUIA LUI HERMES DE PRAXITELES LA MUZEUL ARHEOLOGIC DIN OLYMPIA, GRECIA. INSTALAREA UNUI SISTEM DE IZOLARE SEISMICĂ PENTRU PROTEȚIA EXPONATELOR SEMNIFICATIVE (SURSA: MICHAEL CONSTANTINOU).	15

Deliverable-No: D.T3.5.1e_RO		Internal - Partners	
Issue: 1.0	Date: 31 July 2023	Page:	5 of 19

FIGURE 8. (A) PRĂBUȘIREA CLĂDIRILOR DIN CAUZA LICHEFIERII SOLULUI ÎN TIMPUL CUTREMURULUI DIN 1964 DIN NIIGATA, JAPONIA (FOTO: JOSEPH PENZIEN), (B) AȘEZAREA DIFERENȚIALĂ A FUNDAȚIEI UNEI CLĂDIRI DIN BETON ARMAT ÎN TÜRKIYE, 1999 16

FIGURE 9. (A) DEFECȚIUNE LA REȚEAUA DE GAZE NATURALE ÎN TIMPUL CUTREMURULUI DIN LOMA PRIETA, SUA (1989) (FOTO:BOB PEPPING/CONTRA COSTA TIMES) (B) DEFECȚIUNE LA LINIA DE CALE FERATĂ ÎN TIMPUL CUTREMURULUI DIN TURCIA (2023) (FOTO: AP/FRANCISCO SECO), (C) DEFECȚIUNE LA O CONDUCTĂ A REȚELEI DE ALIMENTARE CU APĂ ÎN TIMPUL CUTREMURULUI DIN TOHOKOU, JAPONIA (2011) (FOTO: MIYAJIMA, 2012), (D) DEFECTAREA INSTALAȚIILOR PORTUARE ÎN TIMPUL CUTREMURULUI DIN KOBE, JAPONIA (1995) (FOTO: KAREN KASMAUSKI), (E) DEFECȚIUNI ALE REȚELEI RUTIERE ÎN TIMPUL CUTREMURULUI DIN KEFALONIA, GRECIA (2014) 18

LIST OF TABLES

TABLE 1. LISTA DOCUMENTELOR ANTERIOARE CARE AU SERVIT DREPT CONTRIBUȚII LA PREZENTUL DOCUMENT 7

TABLE 2. LISTA ALTOR PRODUSE PENTRU CARE ACEST DOCUMENT ESTE O CONTRIBUȚIE. 7

Deliverable-No: D.T3.5.1e_RO		Internal - Partners	
Issue: 1.0	Date: 31 July 2023	Page:	6 of 19

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.

Reacția populației este strâns legată de nivelul de comunicare, de înțelegere a riscurilor și de capacitatea și pregătirea pentru a reacționa. Domeniul de aplicare al acestui produs este de a oferi orientări simple, care, combinate cu conținutul REDACT Educational Hub și cu scurtele tutoriale oferite, pot sprijini cetățenii în elaborarea propriilor planuri de urgență, în conformitate cu orientările emise de stat.

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 timpul 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. Lista altor produse pentru care acest document este o contribuție.

Document ID	Descriptor
D.T3.1.	

2. MIȘCAREA SEISMICĂ ȘI PERFORMANȚA STRUCTURILOR ȘI A INFRASTRUCTURII

Atunci când are loc un cutremur puternic, undele seismice se propagă în sol și ajung la suprafață, provocând mișcări intense ale solului. În fiecare punct de la suprafața solului, mișcarea seismică variabilă din punct de vedere dinamic poate fi înregistrată ca viteză (în m/s) sau ca accelerație (în m/s^2 - adesea exprimată ca procent din accelerația gravitațională g). Deplasările dinamice respective pot fi apoi calculate indirect printr-un proces matematic (integrare).

O imagine orientativă a unei astfel de înregistrări este prezentată în Figura 1, în care este reprezentată înregistrarea accelerației la suprafața solului în timp.

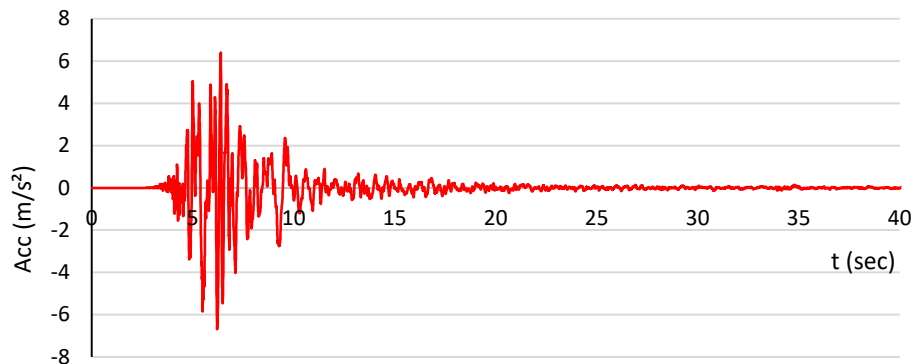


Figure 1. Accelerograma (accelerogramă (accelerația în timp) a unui cutremur

Modul în care este înregistrată distribuția spațială a mișcării seismice pentru un eveniment seismic în zona mai largă a faliei este descris în tutorialul intitulat "De la focalizarea cutremurului la daunele induse".

Mișcarea intensă și dinamică a solului are ca rezultat crearea de tensiuni și, în consecință, de stres asupra construcțiilor și infrastructurii, care sunt legate în principal de:

- deformarea infrastructurii și a construcțiilor subterane sau a părții din acestea care se află în contact cu solul, ca urmare a deformării solului în timpul cutremurului, sau chiar a deformării permanente a solului care poate apărea în cazul unei excitații puternice (Figura 2a).
- inerția construcțiilor, care determină oscilația suprastructurii cu o întârziere față de vibrația suprafeței solului, introducând astfel deformări și tensiuni în construcție (Figura 2b).

Deliverable-No: D.T3.5.1e_RO		Internal - Partners	
Issue: 1.0	Date: 31 July 2023	Page:	8 of 19

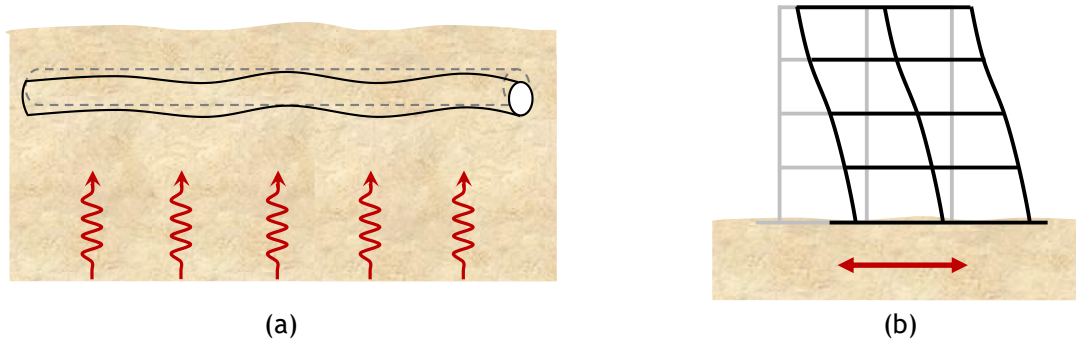


Figure 2. Tensiuni asupra construcțiilor și infrastructurii în timpul cutremurului (a) datorate deformării solului și/sau (b) datorate inerției construcției.

3. PROIECTAREA SEISMICĂ A STRUCTURILOR ȘI INFRASTRUCTURII

Proiectarea construcțiilor și a infrastructurii urmează o abordare tehnico-economică, în care obiectivul este de a asigura nivelul de siguranță necesar al proiectului la un cost rezonabil, fără depășiri financiare suplimentare.

Prin urmare, scopul nu este de a construi un proiect care să reziste la orice nivel de încărcare externă, lucru care oricum nu este fezabil, deoarece există întotdeauna posibilitatea de a depăși sarcina maximă luată în considerare din cauza unui eveniment natural sau antropic extrem. Proiectarea proiectului urmărește, în cele din urmă, să prevină pierderile de vieți omenești din cauza prăbușirii totale și, de asemenea, încorporează în mod inerent unele marje de siguranță, pentru cazul depășirii acțiunilor preconizate, așa cum s-a întâmplat de multe ori în cazul cutremurelor grave.

Filozofia modernă a proiectării antiseismice a structurilor și infrastructurilor este, prin urmare, direct legată de performanța acestora, adică de comportamentul pe care îl vor avea și de nivelul de deteriorare considerat acceptabil pentru anumite niveluri de încărcare seismică. În ultimele decenii, au fost stabilite următoarele niveluri de performanță (Figura 3) au fost acceptate la nivel internațional, care sunt legate de starea în care se așteaptă ca o structură să se afle imediat după un cutremur (HAZUS-MH MR5, 2010, FEMA 389, 2004):

- Operațional: fără daune sau cu daune foarte mici
- Ocupație imediată: pagube limitate, în principal la elementele nestructurale
- Siguranța vieții: daune structurale și nestructurale semnificative
- Prevenirea prăbușirii: deteriorarea extinsă, repararea și restaurarea nu este probabil realizabilă din punct de vedere practic

Deliverable-No: D.T3.5.1e_RO		Internal - Partners	
Issue: 1.0	Date: 31 July 2023	Page:	9 of 19

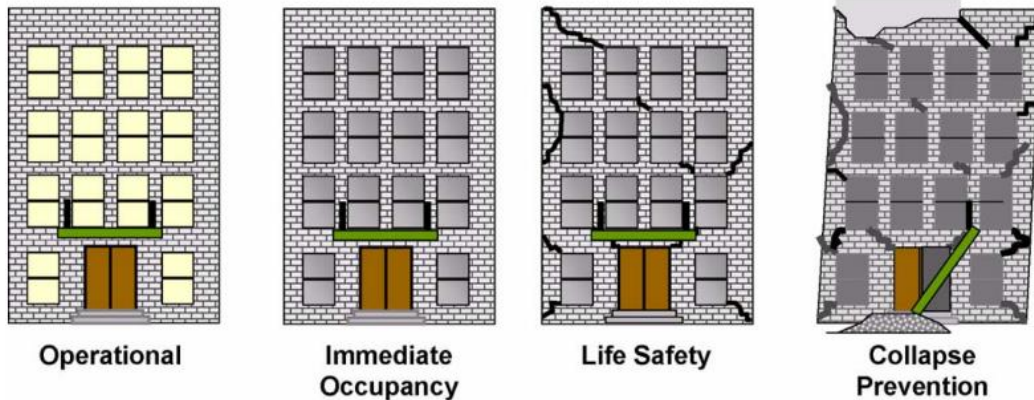


Figure 3. Ilustrație grafică a nivelurilor de performanță (FEMA 389, 2004).

Cerințele codurilor seismice moderne pentru clădiri, cum ar fi Eurocod 8, EAK2000 în Grecia, Codul seismic al clădirilor din Turcia (2018) etc., iau în considerare răspunsul minim acceptabil pe durata de viață teoretică a unui proiect, care este de 50 de ani pentru clădirile obișnuite (locuințe, birouri). În mod specific, pentru clădirile obișnuite, acestea prescriu ocuparea imediată în cazul cutremurelor relativ frecvente (perioadă de revenire de 72 de ani sau o probabilitate de depășire de 50 % în 50 de ani), în timp ce acceptă nivelul de performanță a siguranței vieții pentru cutremurele mai rare (perioadă de revenire de 475 de ani sau o probabilitate de depășire de 10 % în 50 de ani). Prin urmare, se observă că există o diferență în ceea ce privește comportamentul dorit în funcție de nivelul de acțiune seismică.

Dispoziții similare, cu posibile variații în funcție de natura și importanța structurii, se regăsesc pentru fiecare tip de proiect de construcție sau de infrastructură. De exemplu, în cazul proiectelor mai importante (de exemplu, spitale, autostrăzi majore și infrastructuri critice), durata de viață teoretică crește de la 50 la 100 de ani. Reguli mai stricte se aplică structurilor și mai critice (de exemplu, poduri lungi, centrale nucleare etc.).

4. EVALUAREA SEISMICĂ A STRUCTURILOR ȘI INFRASTRUCTURII EXISTENTE

În cazul structurilor și infrastructurilor existente, încărcarea seismică poate duce la apariția unor daune care pot varia de la daune minore până la cedări parțiale sau complete (colaps), similar cu descrierea nivelurilor de performanță menționate în secțiunea anterioară.

Evaluarea performanțelor seismice ale unei construcții existente și estimarea comportamentului așteptat al acesteia se realizează, de obicei, într-unul din următoarele moduri:

Deliverable-No: D.T3.5.1e_RO		Internal - Partners	
Issue: 1.0	Date: 31 July 2023	Page:	10 of 19

- a) Utilizarea metodelor de clasificare pentru fiecare construcție, după evaluarea caracteristicilor specifice ale acesteia care sunt direct legate de răspunsul seismic (de exemplu, materialul de construcție, numărul de etaje, vechimea etc.).
- b) Utilizarea metodelor de estimare a amplitudinii daunelor pe care se preconizează că le va suferi construcția la un anumit nivel al unei măsuri de intensitate, aplicând abordări probabilistice (curbe de fragilitate) și determinând stările de avarie corespunzătoare.

Această din urmă abordare a fost acceptată în mod semnificativ de comunitatea științifică în ultimele decenii. Caracteristicile generale ale metodologiei sunt comune între construcții și infrastructură, după anumite modificări. O imagine tipică a curbelor de fragilitate pentru structurile clădirilor este prezentată în Figura 4.

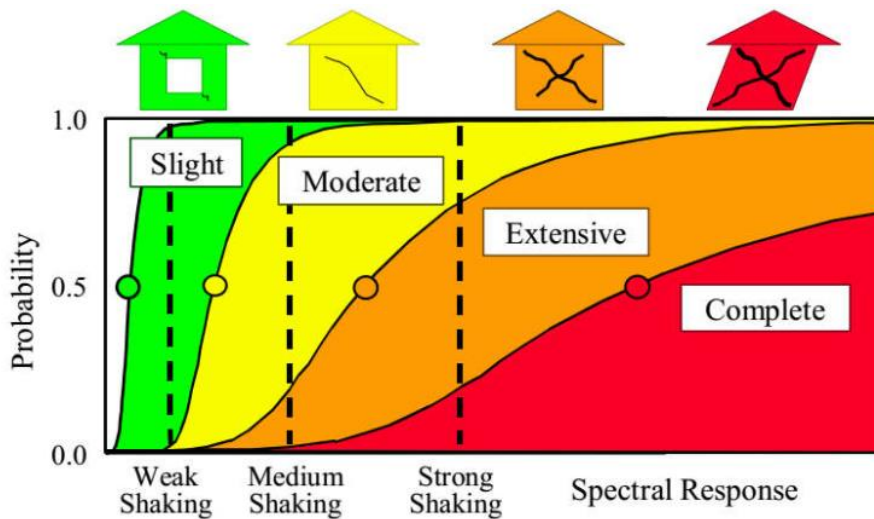


Figure 4. Curbe de fragilitate tipice pentru clădiri (HAZUS-MH MR5, 2010).

Dată fiind valoarea măsurii intensității seismice (intensitate macroseismică, accelerație, deplasare etc.), curbele de fragilitate estimează probabilitatea ca structura să depășească pragul unui anumit nivel de deteriorare în timpul cutremurului (deteriorare minoră, moderată, extinsă, cedare completă). Trebuie remarcat faptul că curbele de fragilitate se pot referi la o anumită structură/infrastructură (de exemplu, clădire, pod etc.). Atunci când se studiază o zonă mai largă, cum ar fi un centru urban, curbele de fragilitate se referă, de obicei, la grupuri de construcții cu caracteristici comune (tipologii), de exemplu, "clădiri din beton armat, de înălțime medie, proiectate în conformitate cu prevederile normative moderne" etc.

Pe baza abordărilor menționate mai sus, elaborarea studiilor de risc seismic pentru structuri și infrastructuri a devenit fezabilă. Scopul este de a ajuta statul/autoritățile să obțină o imagine

Deliverable-No: D.T3.5.1e_RO		Internal - Partners	
Issue: 1.0	Date: 31 July 2023	Page:	11 of 19

a pierderilor preconizate și de a furniza datele necesare pentru a prioritiza și organiza acțiuni pre și postseismice mai eficiente pentru a atenua consecințele unui cutremur puternic.

5. DAUNE SEISMICE LA STRUCTURILE CLĂDIRILOR

Deteriorarea clădirilor este principala preocupare a cetățenilor în timpul unui eveniment seismic puternic, deoarece este direct legată de siguranța vieții și a bunurilor lor.

Fondul de clădiri existent este format din clădiri de diferite tipologii, cu caracteristici diferite care sunt legate de comportamentul lor seismic și de formele potențiale de deteriorare. Cele mai fundamentale dintre aceste caracteristici pot fi rezumate după cum urmează:

- **Materialul de construcție.** În ultimele decenii, betonul armat a devenit materialul de construcție predominant în zonele urbane din țările de la Marea Neagră. Cu toate acestea, în unele cazuri (clădiri industriale, structuri înalte etc.), se optează adesea pentru construcții din oțel. În plus, există încă un procent semnificativ de construcții mai vechi realizate din zidărie portantă (zidărie de piatră, zidărie de cărămidă etc.), în special în zonele rurale. În plus, există un procent mai mic de clădiri realizate din alte materiale, cum ar fi lemnul, structuri compozite, clădiri prefabricate etc.
- **Vechimea clădirilor,** care este direct legată de nivelul dispozițiilor normative de proiectare (codurile seismice în vigoare la momentul construcției). Îmbunătățirea continuă a reglementărilor seismice are rezultate clare în ceea ce privește daunele observate după evenimente seismice puternice, clădirile mai vechi părănd mai vulnerabile. În codurile seismice moderne, se acordă un accent deosebit aspectelor legate de capacitatea clădirilor de a suferi deformații reziduale semnificative (avarii) fără a duce, totuși, la prăbușire (o proprietate descrisă drept "ductilitate ridicată"). În regiunile din SE Europei, apariția unor reglementări similare codurilor seismice moderne (de exemplu, Eurocod 8) a început în anii 1990, în timp ce clădirile construite înainte de jumătatea secolului al XX-lea nu au fost proiectate pentru acțiuni seismice.
- **Înălțimea clădirilor** afectează răspunsul dinamic al acestora. Prin urmare, interacțiunea dintre caracteristicile dinamice ale unei structuri și conținutul de frecvență al vibrațiilor seismice poate face ca anumite cutremure să reprezinte o amenințare mult mai gravă pentru clădirile înalte din cauza rezonanței, spre deosebire de structurile joase. În schimb, situația opusă ar putea avea loc în diferite evenimente seismice (Figura 5).

Deliverable-No: D.T3.5.1e_RO		Internal - Partners	
Issue: 1.0	Date: 31 July 2023	Page:	12 of 19

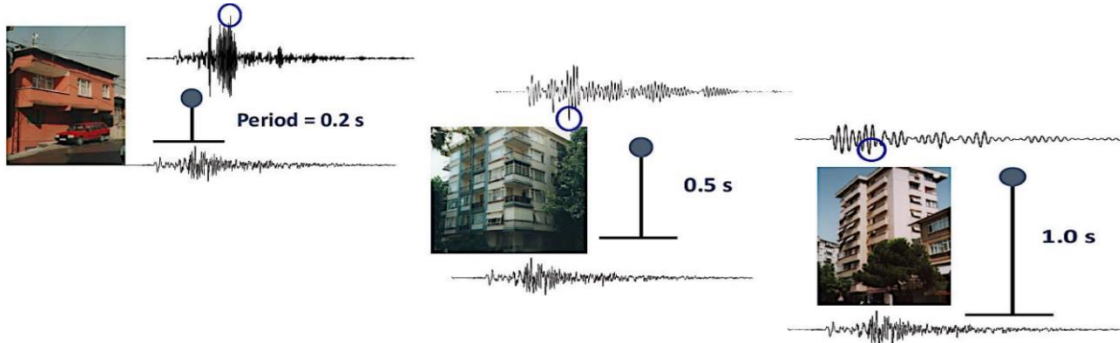


Figure 5. Impactul diferit al aceleiași excitații seismice asupra clădirilor de înălțimi diferite (Theodoulidis, 2023).

- Neregularități** în plan sau în elevație. Modificările intense ale morfologiei unei clădiri pot cauza concentrarea daunelor în anumite părți ale structurii, ceea ce poate duce la cedări locale sau chiar la prăbușirea completă.

Un exemplu tipic este mecanismul etajului moale în clădirile cu cadre cu mai multe etaje, în care absența umpluturilor de perete la un etaj (de obicei parterul pentru a crea locuri de parcare sau magazine cu ferestre mari pe fațadă) duce la o reducere semnificativă a rigidității acestuia. Ca urmare, acest etaj prezintă deplasări relative semnificativ mai mari în comparație cu celelalte etaje (Figura 6a).

Alte forme de neregularitate pot fi asociate cu o rezistență/rigiditate la torsiune inadecvată în unele clădiri (Figura 6b), modificări bruște ale masei sau rigidității etc.
- variații suplimentare în sistemul structural**, în funcție de materialul de construcție, care conduc la răspunsuri seismice semnificativ diferite și, în consecință, la forme de avarie. În cazul clădirilor din beton armat, acest lucru poate fi legat de numărul, amplasarea și forma pereților de forfecare, de prezența și tipul diafragmelor și al pereților despărțitori în clădirile cu zidărie (Figura 6c,d), precum și amplasarea contravântuirilor laterale în clădirile din oțel (Figura 6e,f).

Atunci când ne referim la deteriorarea seismică a unei structuri, este esențial să se facă distincția între elementele structurale și cele nestructurale. Principala problemă care poate apărea într-o clădire în timpul unui cutremur este apariția unor daune la nivelul sistemului portant al structurii. Aceasta se referă la elementele structurale responsabile de suportarea greutății și a forțelor seismice impuse clădirii, care variază în funcție de tipul de construcție. În mod indicativ, acestea se referă la grinzi, stâlpi și pereți de forfecare în cazul construcțiilor din beton armat, la elementele de oțel corespunzătoare în cazul construcțiilor metalice și la pereții din clădirile din zidărie portantă (zidărie de piatră sau de cărămidă) etc.

În ceea ce privește pereții de zidărie, se remarcă faptul că, în timp ce în structurile de zidărie portante, aceștia constituie elemente ale sistemului portant, ei nu sunt la fel de importanți atunci când funcționează ca pereți de umplutură (pereți despărțitori) în construcții din beton armat sau oțel.

Deliverable-No: D.T3.5.1e_RO		Internal - Partners	
Issue: 1.0	Date: 31 July 2023	Page:	13 of 19



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figure 6. (a) Prăbușirea unui etaj moale al unei clădiri din beton armat cu 3 etaje în timpul cutremurului din Atena 1999, Grecia, (b) Prăbușirea unei clădiri flexibile la torsiune cu pereți de forfecare rigizi doar la un colț al structurii, Atena 1999, (c, d) Daune seismice în clădirile de zidărie

Deliverable-No: D.T3.5.1e_RO		Internal - Partners	
Issue: 1.0	Date: 31 July 2023	Page:	14 of 19

În timpul cutremurului din Thessalia 2022, Grecia (sursa: Sarhosis et al., 2022), (e, f) Cedarea structurilor flexibile din oțel (sursa: Katsumi Kasahara/Associated Press, Michael Engelhardt).

În plus, trebuie remarcat faptul că daunele aduse structurilor clădirilor nu sunt legate exclusiv de structura portantă și de elementele de umplutură ale clădirii în sine, ci și de conținutul acesteia. Astfel, apar frecvent daune la mobilier, utilaje, instalații (Figura 7a,b), precum și la diverse conținuturi de valoare mai mică (Figura 7c). Vătămări grave sau pierderi de vieți omenești pot apărea din cauza prăbușirii unor componente nestructurale, chiar dacă sistemul portant nu a suferit daune grave. Pentru a evita deteriorarea obiectelor de valoare inestimabilă (de exemplu, a patrimoniului cultural), este esențială punerea în aplicare a unor măsuri de protecție adecvate (Figura 7d).



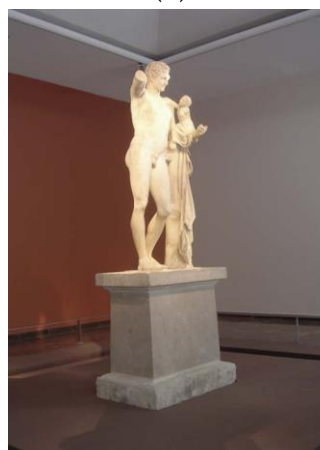
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 7. (a) Deteriorarea generalizată a unui sistem de tavane (sursa: Ferner et al., 2014), (b) Căderea rafturilor într-o bibliotecă (sursa: NISEE-PEER), (c) Distrugerea unui panou de semnalizare pe exteriorul unui spital în timpul cutremurului din 1994 din Northridge, SUA (sursa: Robert

Deliverable-No: D.T3.5.1e_RO		Internal - Partners	
Issue: 1.0	Date: 31 July 2023	Page:	15 of 19

Reitherman), (d) Statuia lui Hermes de Praxiteles la Muzeul Arheologic din Olympia, Grecia.
Instalarea unui sistem de izolare seismică pentru protecția exponatelor semnificative (sursa: Michael Constantinou).

Adesea, pagubele produse clădirilor în urma cutremurelor se datorează cedării solului sau a fundației clădirii (Figura 8). Cazurile de tasare diferențială a fundației pot duce la daune semnificative la suprastructură, în timp ce fenomene mai ample, cum ar fi lichefierea solului, ar putea duce la cedarea globală a construcției.



(a)



(b)

Figure 8. (a) Prăbușirea clădirilor din cauza lichefierii solului în timpul cutremurului din 1964 din Niigata, Japonia (foto: Joseph Penzien), (b) Așezarea diferențială a fundației unei clădiri din beton armat în Türkiye, 1999

6. DAUNE SEISMICE LA INFRASTRUCTURĂ

Infrastructura include construcții de inginerie civilă care aparțin următoarelor categorii de bază (Pitilakis et al., 2014):

- Rețele de conducte: Acestea includ rețele de toate tipurile, cum ar fi rețelele de alimentare cu apă, de canalizare, de gaze naturale, de electricitate etc. Construcțiile direct legate de funcționarea unei rețele, cum ar fi rezervoarele de gaze naturale, sunt incluse și evaluate împreună cu rețeaua respectivă.
- Rețeaua rutieră: Aceasta include drumuri, tuneluri, poduri, diguri etc.
- Rețeaua de căi ferate: Aceasta include liniile de cale ferată, tunelurile, podurile, terasamentele de cale ferată etc.
- Facilități portuare: Acestea includ ziduri de sprijin de toate tipurile, diguri, instalații mecanice grele (macarale, rezervoare etc.), clădiri (birouri, depozite) etc.

Deliverable-No: D.T3.5.1e_RO		Internal - Partners	
Issue: 1.0	Date: 31 July 2023	Page:	16 of 19

Se observă că, în cele mai multe cazuri, infrastructura constă într-un set de instalații de diferite tipuri, cum ar fi rețelele de drumuri care, în afară de drumuri, constau, de asemenea, în poduri, tuneluri și terasamente care însoțesc funcționarea întregii rețele.

Prin urmare, fiecare infrastructură prezintă diferite mecanisme de deteriorare și defecțiuni, care sunt direct legate de componentele individuale pe care le include. De asemenea, fiecare infrastructură are caracteristici structurale critice diferite, a căror defecțiune ar putea duce la o întrerupere a funcționării sale.

De exemplu, în rețelele de conducte de gaze naturale, materialul, diametrul și elementele de conectare ale conductelor joacă un rol semnificativ în estimarea nivelului de avarii/avarii produse în timpul unui cutremur.

Pe de altă parte, în cazul unei rețele de drumuri, comportamentul terenului (așezări, răspândire laterală, lichiefiere) este crucial, deoarece poate duce la tasări, fracturi sau alte forme de cedare a terasamentelor drumului.

În special pentru elementele de infrastructură care se extind pe lungime, cum ar fi conductele de gaze naturale, abordarea curbelor de fragilitate se schimbă. Aceste curbe nu mai descriu nivelul daunelor preconizate, ca în cazul unei clădiri, ci mai degrabă numărul de defecțiuni pe unitatea de lungime a rețelei (calculat de obicei pe km).

Fotografiile orientative ale pagubelor produse elementelor de infrastructură în urma unor cutremure semnificative sunt prezentate în Figura 9 pentru diferite categorii de infrastructură.



(a)

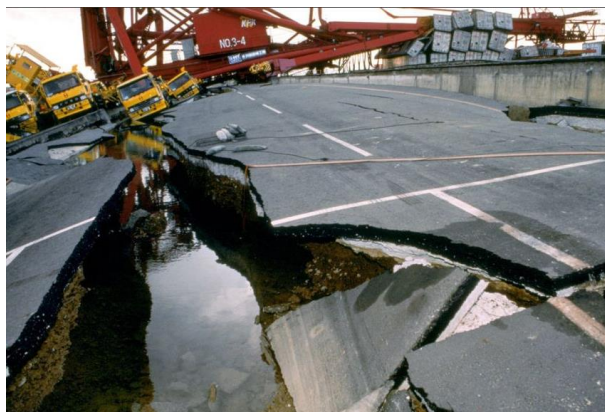


(b)

Deliverable-No: D.T3.5.1e_RO		Internal - Partners	
Issue: 1.0	Date: 31 July 2023	Page:	17 of 19



(c)



(d)



(e)



(f)

Figure 9. (a) Defecțiuni la rețeaua de gaze naturale în timpul cutremurului din Loma Prieta, SUA (1989) (foto:Bob Pepping/Contra Costa Times) (b) Defecțiuni la linia de cale ferată în timpul cutremurului din Turcia (2023) (foto: AP/Francisco Seco), (c) Defecțiuni la o conductă a rețelei de alimentare cu apă în timpul cutremurului din Tohokou, Japonia (2011) (foto: Miyajima, 2012), (d) Defectarea instalațiilor portuare în timpul cutremurului din Kobe, Japonia (1995) (foto: Karen Kasmauski), (e) Defecțiuni ale rețelei rutiere în timpul cutremurului din Kefalonia, Grecia (2014)

7. REFERINȚE

European Committee for Standardization (CEN) (2004). EN 1998-1: Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance, Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings. Brussels.

Federal Emergency Management Agency (2004). FEMA 389 - Primer for Design Professionals: Communicating with Owners and Managers of New Buildings on Earthquake Risk, Risk Management Series.

Federal Emergency Management Agency. (2010). Hazus® -MH MR5 Technical Manual. U.S. Department of Homeland Security.

Deliverable-No: D.T3.5.1e_RO		Internal - Partners	
Issue: 1.0	Date: 31 July 2023	Page:	18 of 19

Ferner, H., Wemyss, M., Baird, A., Beer, A., Hunter, D., Seismic Performance of Non-Structural Elements Within Buildings. 2014 NZSEE Conference

Ministry of Environment Planning and Public Works, Greece (OASP) Organization for Earthquake Resistant Planning and Protection, Greek code for Seismic Resistant–EAK2000, 2000 and Enhanced in 2003

Pitilakis, K., Crowley, H., & Kaynia, A.M. (2014). SYNER-G: Typology Definition and Fragility Functions for Physical Elements at Seismic Risk: Buildings, Lifelines, Transportation Networks and Critical Facilities. SYNER-G: Typology Definition and Fragility Functions for Physical Elements at Seismic Risk.

Robert Reitherman, 2010, Nonstructural Earthquake Damage, adapted from the 2010 CUREE Calendar (check)

Sarhosis, V., Giarlelis, C., Karakostas, C. *et al.* Observations from the March 2021 Thessaly Earthquakes: an earthquake engineering perspective for masonry structures. *Bull Earthquake Eng* 20, 5483-5515 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10518-022-01416-w>

Theodoulidis N. 2023, Rapid Earthquake Damage Assessment System (REDAS), presentation at the Stakeholders Seminar of the Rapid Earthquake Damage Assessment Consortium (REDACT) project, in Thessaloniki

Turkish Building Seismic Code 2018, Prime Ministry, Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD), Ankara, 2018

Deliverable-No: D.T3.5.1e_RO		Internal - Partners	
Issue: 1.0	Date: 31 July 2023	Page:	19 of 19