



Project funded by
EUROPEAN UNION



The REDACt project Educational Hub

From earthquake focus to induced damage

Deliverable No: D.T3.5.1d

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. (ITSAC-EPPO), Margaris B. (ITSAC-EPPO), Karakostas Ch. (ITSAC-EPPO), Papanikolaou V. (ITSAC-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







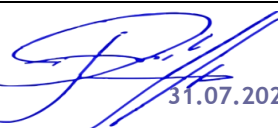
Deliverable-No: D.T3.5.1d_TR		Internal - Partners	
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	2 of 16

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_TR		Internal - Partners	
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	3 of 16

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	

İÇİNDEKİLER

1. ÖNSÖZ	7
1.1. AMAÇ VE KAPSAM	7
1.2. İLGİLİ DÖKÜMANLAR	7
1.2.1. GİRDİLER	7
1.2.2. ÇIKTILAR	7
2. GİRİŞ	8
3. SARSINTI HARİTASI NEDİR?	8
4. SARSINTI HARİTASI NASIL OKUNUR?	9
5. SARSINTI HARİTALARINDAN HASAR VE CAN KAYBI TAHMİNİ	11
5.1 Giriş	11
5.2 SELANİK ŞEHİRİ İÇİN RISK SENARYOSU ÖRNEĞİ	13

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 6.0 Büyüklüğündeki Arkalochori (Girit) depremine ait Sarsıntı Haritası, dereceli renk ölçeklendirmesi ile tahmini makrosismik şiddet açısından sunulmuştur. Yer sarsıntılarının kaydedildiği ivmeölçer istasyonları üçgenlerle gösterilmiştir ve makrosismik şiddetin maksimum yer ivmesi (PGA [%g]) ve hız (PGV [cm/s]) değerleri ile eşleştirilmesi şeklin alt kısmında verilmiştir. Siyah dikdörtgen, sismik fayın yüzeydeki izdüşümünü, yıldız simgesi ise depremin merkez üssünü gösterir (<http://shakemaps.itsak.gr>).

Şekil 2. Yer ivmesi açısından 6.0 Büyüklüğündeki Arkalochori (Girit) depremine ait Sarsıntı Haritası (maksimum yer ivmesi eş dağılım eğrileri [%g], g: yerçekim ivmesi). Üçgen semboller yer hareketinin kaydedildiği ivmeölçer istasyonlarını tanımlamaktadır (<http://shakemaps.itsak.gr>).

Şekil 3. Kırılganlık eğrilerinin genel formu

Şekil 4. Özel bir boru hattı yapısı için kırılganlık eğrisi örneği

Şekil 5. Konut tipi betonarme yapılar için kırılganlık eğrileri örneği

Şekil 6. Tasarım yönetmelikleri ile ilişkili olarak Selanik şehri binalarının yapı bloğuna göre dağılımı

Şekil 7. 20/6/1978 (M6.5) depremine karşılık gelen sismik senaryo için Selanik şehrinde yapı bloğu başına maksimum yer ivmelerin dağılımı

Deliverable-No: D.T3.5.1d_TR	Internal - Partners		
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	5 of 16

Şekil 8. 20/6/1978 (M6.5) deprem senaryosuna göre Selanik şehri yapı blokları içindeki binaların hasar seviyelerinin tahmini mekânsal dağılımı

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Bu dokümana girdi görevi gören önceki çıktıların listesi

Tablo 2. Bu dokümanın girdi olduğu diğer çıktıların listesi

Deliverable-No: D.T3.5.1d_TR		Internal - Partners	
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	6 of 16

1. ÖNSÖZ

1.1. AMAÇ VE KAPSAM

Deprem yol açtığı krizler, tüm yapısal bileşenleri de dahil olmak üzere tüm toplumu harekete geçirir. Hem olay sırasında hem de sonrasında müdahale eylemlerinin dinamiklerini ve ilerleyişini güçlü bir şekilde etkileyen hizmetlerin operasyonel kapasitesini, müdahale verimliliğini ve nüfusun tepkisini test ederler.

Orta ve üstü büyüklükteki bir depremin ardından meydana gelen olayların doğru bir şekilde bilinmesi büyük önem taşır. Vatandaşlar, meydana gelen depremin büyüklüğünü ve merkez üssünü bilmek isterler. Eğer yaşadıkları bölgeye yakınsa, tepkileri de buna uygun şekilde olur. Ancak hem kendi konumlarındaki hem de depremin merkez üssünden daha uzak bölgelerdeki ölçülen sarsıntı seviyesini de öğrenmek istedikleri konulardan biridir. Ayrıca, afetle mücadeleden sorumlu yetkililer, özellikle kentsel çevrede olası hasar ve kayıpların dağılımının tahmin edilmesini istemektedir, bu da deprem sonrası ilk dakikalar/saatler içinde sismik riskin azaltılmasına uygun bir şekilde yanıt verilmesini amaçlar. Bu bölümün kapsamı, halka sarsıntı haritaları hakkında bilgi sağlamak ve Sivil Koruma/Savunma paydaşlarına kentsel yapı çevresinde ve altyapıda tahmini hasar dağılımı hakkında bilgi sunmaktır.

Bu belge, REDACT Eğitim Merkezi (Edu-Hub) projesinin bir parçasıdır. Ulusal ve Bölgesel düzeyde yetkili kurumlar tarafından yayınlanan ilgili kaynaklardan yararlanılmış ve proje sürecinde gerçekleştirilen araştırmalara ve uluslararası tanınmış ve geniş kabul görmüş prensiplere göre hazırlanmıştır.

Uluslararası Helen Üniversitesinin yöneticiliğinde yürütülen çalışmalara ortak taraflar da veri, bilgi ve çevirilerle katkıda bulunmuşlardır.

1.2. İLGİLİ DÖKÜMANLAR

1.2.1. GİRDİLER

Tablo 3. Bu dokümana girdi görevi gören önceki çıktılarının listesi

Doküman No	Açıklama
D.T.3.5.1	REDACT Projesi Eğitim Merkezi

1.2.2. ÇIKTILAR

Tablo 4. Bu dokümanın girdi olduğu diğer çıktılarının listesi

Doküman No	Açıklama
D.T3.1.	

Deliverable-No: D.T3.5.1d_TR		Internal - Partners	
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	7 of 16

2. GİRİŞ

Bölgemizde meydana gelebilecek büyük bir depremden hemen sonra sahip olduğumuz ilk önemli bilgi, depremin merkezi ve büyüklüğüdür. Günümüzde bu bilgi ülkenin sismolojik merkezleri (Yunanistan Ulusal Gözlemevi Jeodinamik Enstitüsü <https://www.gein.noa.gr>, Selanik Aristoteles Üniversitesi Sismoloji İstasyonu <http://geophysics.geo.auth.gr>) tarafından depremin meydana gelmesinden yaklaşık 2 dakika içinde otomatik bir çözüm olarak sunulur. Bu bilgi, depremi hisseden vatandaşlar için değerlidir çünkü depremin nerede meydana geldiği ve ne kadar büyük olduğu bilinmek istenir.

Bu bilgi düzeyi, önemli olmasına rağmen, (a) depremin hangi ölçüde hissedildiği ve (b) yapılarda ve doğal çevrede meydana gelebilecek olası zararların mekansal olarak nasıl dağıldığı gibi soruları yanıtlanamaz. Bu iki konu, bir depremin olası sonuçlarıyla doğrudan ilgilidir ve depremin merkez üssünün çevresinde yaşayan vatandaşlarla afetle mücadeleden sorumlu yetkilileri ilgilendirmektedir. Bu şekilde, ne olduğunu ve nerede olduğunu, aynı zamanda nasıl tepki vermeleri gerektiğini ve olayın sonuçlarını hafifletmek için nasıl hareket etmeleri gerektiğini görebilirler. Bu soruların cevabı günümüzde Sarsıntı Haritalarının (Shakemaps) üretimi ve yayılması yoluyla tatmin edici bir şekilde ve neredeyse gerçek zamanlı olarak (olayın meydana gelmesinden yaklaşık 5-10 dakika içinde) verilebilir.

3. SARSINTI HARİTASI NEDİR?

Büyük depremler, yaralanmalara ve can kayıplarına neden olabileceği gibi alt ve üst yapılarda da ciddi hasarlara yol açabilir. Büyük bir depremden hemen sonra, daha geniş bir bölgedeki durumun hızlı bir şekilde anlaşılması ve uygun önlemlerin alınması zordur. SARSINTI haritaları özellikle etkilenen muhtemel bölgeleri işaret ederek bu ilk aşamada kriz yönetimini destekleyebilir. Bu şekilde, sivil savunma ve arama-kurtarma ekiplerine başlıca bu bölgelere odaklanmaları için yardımcı olacak bilgi kaynağı olarak hizmet ederler. Ayrıca, sismik yer hareketinin nerede ve ne kadar şiddetli hissedildiğini tahmin edebilirler ve hasarın olup olmadığını da belirleyebilirler. Sarsıntı haritası kavramı 1990'lı yıllarda Kaliforniya'da ortaya çıkmış olup günümüzde dünya genelinde sismik açıdan aktif birçok ülkede rutin olarak kullanılmaktadır.

Deliverable-No: D.T3.5.1d_TR	Internal - Partners		
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	8 of 16

Sarsıntı haritalarının oluşturulmasında aşağıda belirtilen işlem adımları uygulanır:

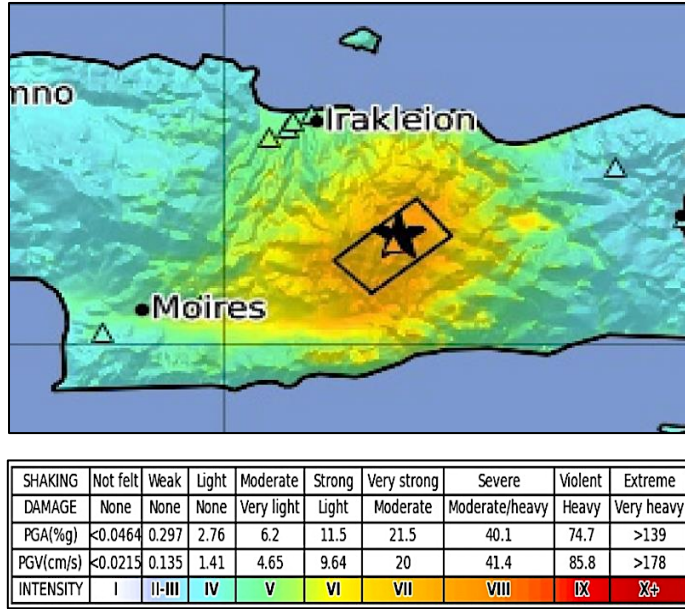
(a) depremin merkez üssü ve büyüklüğü Yunanistan'daki ivmeölçer ağının verilerine dayanarak sismolojik merkezlerde gerçek zamanlı olarak otomatik olarak belirlenir.

(b) bu bilgi daha sonra Yunanistan'daki ivmeölçer verilerinden türetilen yer hareketi tahmin modelleri ile birleştirilir, aynı zamanda milli ivmeölçer ağı istasyonlarında gözlemlenen maksimum yer ivmeleri ile de birleştirilir. Makrosismik şiddeti belirlemek amacıyla verilerin işlenmesinden önce yerel büyütme etkilerini belirlemek için gerekli filtrelemelerin yapılması zorunluluktur.

4. SARSINTI HARİTASI NASIL OKUNUR?

Şekil 1 ve Şekil 2'de verilen Sarsıntı haritaları, merkez üssü etrafındaki yakın ve uzak alanlarda deprem ve kuvvetli yer hareketi hakkında çeşitli yararlı bilgiler sunmaktadır. Bu haritalarda depremin merkez üssü ve büyüklüğü görüntülenir ve dereceli renk ölçeklendirmesiyle, titreşimin artık hissedilmediği mesafeye (Şiddetin II'den küçük olduğu), yani makrosismik şiddetin azaldığı mesafeye kadar depremin neden olduğu tahmini makrosismik şiddet (Şiddet) gösterilir. İlave olarak, tahmini yatay yer ivmesi (%g) incelenmek istenirse, yapılar üzerine uygulanan tahmini sismik etkilerin çok kullanışlı bir ögesi olan eş-ivme dağılım eğrileri de verilir (bkz Şekil 2).

Deliverable-No: D.T3.5.1d_TR		Internal - Partners	
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	9 of 16



Şekil 1. 6.0 Büyüklüğündeki Arkalochori (Girit) depremine ait Sarsıntı Haritası, dereceli renk ölçeklendirmesi ile tahmini makrosismik şiddet açısından sunulmuştur. Yer sarsıntılarının kaydedildiği ivmeölçer istasyonları üçgenlerle gösterilmiştir ve makrosismik şiddetin maksimum yer ivmesi (PGA [%g]) ve hız (PGV [cm/s]) değerleri ile eşleştirilmesi şeklin alt kısmında verilmiştir. Siyah dikdörtgen, sismik fayın yüzeydeki izdüşümünü, yıldız simgesi ise depremin merkez üssünü gösterir (<http://shakemaps.itsak.gr>).



Şekil 2. Yer ivmesi açısından 6.0 Büyüklüğündeki Arkalochori (Girit) depremine ait Sarsıntı Haritası (maksimum yer ivmesi eş dağılım eğrileri [%g], g: yerçekim ivmesi). Üçgen semboller yer hareketinin kaydedildiği ivmeölçer istasyonlarını tanımlamaktadır (<http://shakemaps.itsak.gr>).

Deliverable-No: D.T3.5.1d_TR	Internal - Partners		
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	10 of 16

Böylelikle, bir depremin büyüklüğüne ve merkez üssüne ilave olarak, merkez üssünden dışa doğru daha geniş bir bölgede sismik şiddetin mekânsal dağılımı görülebileceği gibi depremin neden olduğu sismik yer hareketinin tam bir resmi de elde edilebilir. Ardından, yapıların hasar görebilirliği dahil edilerek sarsıntı haritaları, uygun korelasyonlarla çevresel binalardaki beklenen sismik hasarın dağılımını gösteren haritalara dönüştürülebilir. Bu bilgi, afetle mücadele yetkilileri için son derecede önemli ve kullanışlı olmakla birlikte, depremden hemen sonra sonuçları azaltmaya odaklanan eylemleri belirlemek için de son derece faydalıdır. Yukarıdaki açıklamalar doğrultusunda, $M>4.0$ büyüklüğündeki güçlü bir depremin daha geniş bir merkez üssün alanından sarsıntı haritalarının kullanışlılığı açıkça ortaya çıkmaktadır.

5. SARSINTI HARİTALARINDAN HASAR VE CAN KAYBI TAHMİNİ

5.1 Giriş

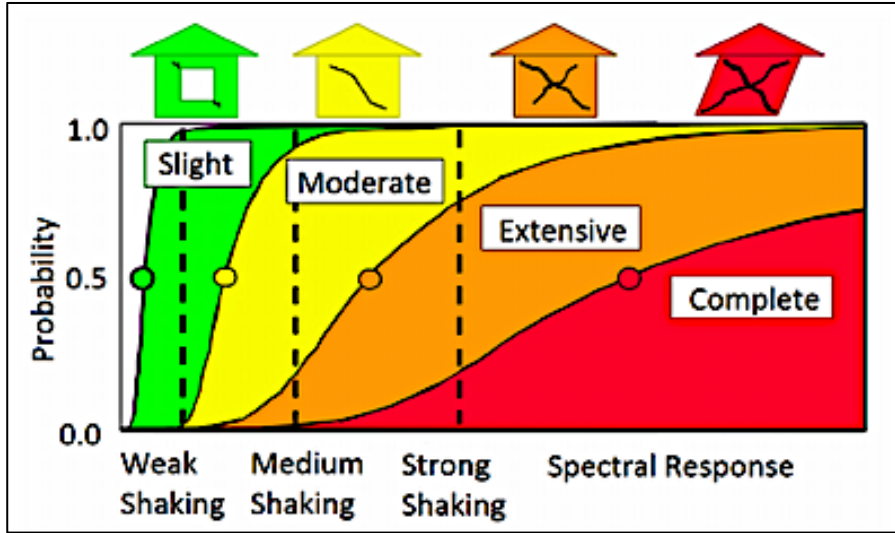
Sarsıntı haritası sismik tehlikeyi belirleyen iki faktörden biridir. İkincisi ise spesifik sismik riske maruz kalan her yapı tipinin hasar görebilirliğidir ve aşağıda tanımlı basit ilişkiye göre hesaplanır:

$$R = H * V,$$

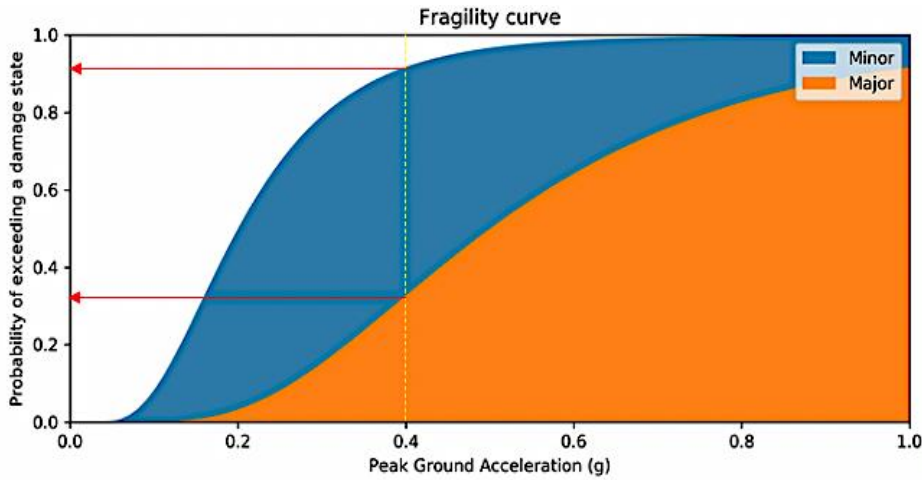
R: sismik risk, H: sismik tehlike ve V: hasar görebilirlik.

Hasar görebilirlik, uluslararası literatürde kırılma eğrileri olarak bilinen ve Şekil 3'te verilen genel forma sahip ilgili eğriler aracılığıyla ifade edilebilir. Kırılma eğrileri, yapının bulunduğu yerde meydana gelen depremin neden olduğu yer hareketi şiddetini tanımlamaya yarayan bir değişkenin değerine bağlı olarak (maksimum yer ivmesi, spektral ivme, vb.) bir yapının belirli bir derecede hasara (hasarsız durumdan toptan göçmeye kadar) uğrama olasılığını verir.

Deliverable-No: D.T3.5.1d_TR		Internal - Partners	
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	11 of 16



Şekil 3. Kırılmalık eğrilerinin genel formu



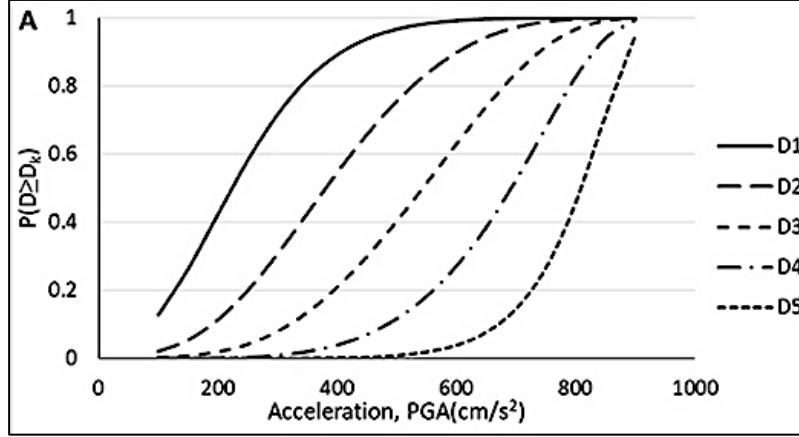
Şekil 4. Özel bir boru hattı yapısı için kırılmalık eğrisi örneği

Şekil 4'de bir boru yapısı için iki farklı kırılmalık eğrisi gösterilmiştir. Örneğin, meydana gelebilecek bir deprem sonrasında boru yapısının bulunduğu konumunda oluşacak maksimum yer ivmesi değeri 0.4g olması durumunda, büyük hasar eşiğini aşma olasılığı %33 iken küçük hasar seviyesi eşiğini aşma olasılığı %93'tür.

Deliverable-No: D.T3.5.1d_TR		Internal - Partners	
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	12 of 16

5.2 SELANİK ŞEHİRİ İÇİN RISK SENARYOSU ÖRNEĞİ

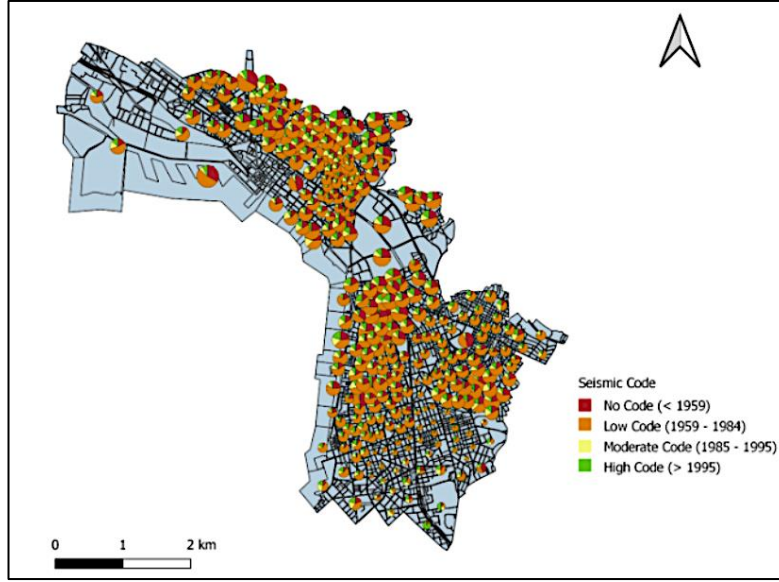
Konut tipi binaları için, beş (5) hasar seviyesi belirlenmiştir. Bunlar; **Hasarsız (D1)**, **Hafif Hasar (D2)**, **Orta Hasar (D3)**, **Ağır Hasar (D4)** ve **Göçme (D5)** kategorileri olarak ifade edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Konut tipi betonarme yapılar için kırılabilirlik eğrileri örneği

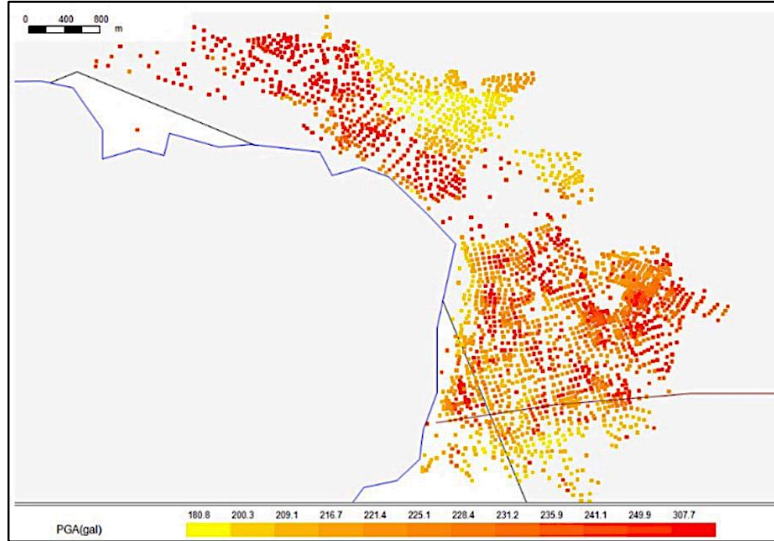
Özellikle kentsel metropol merkezi gibi geniş alanların sismik risk çalışmalarında kullanılan kırılabilirlik eğrileri, sismik davranışlarını etkileyen özelliklere dayalı olarak tanımlanan bina tiplerine karşılık gelir. Özellikle, yapıların yaşı/ yapım dönemi, binaların tasarlandığı deprem yönetmelikleri ile doğrudan ilişkilidir. Şekil 6'da Selanik şehri için yapı bloğu başına düşen bina stokunun mekânsal dağılımını verilmiştir. Sismik düzenlemeler olmaksızın inşa edilen binalar (1959 öncesi), ilk deprem yönetmeliği ile inşa edilen binalar (1959-1984), deprem yönetmeliğine ek hükümler ile inşa edilen binalar (1985-1995) ve modern sismik düzenlemelerle inşa edilen binaların (1995 sonrası) yüzdesi gösterilmiştir.

Deliverable-No: D.T3.5.1d_TR		Internal - Partners	
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	13 of 16



Şekil 6. Tasarım yönetmelikleri ile ilişkili olarak Selanik şehri binalarının yapı bloğuna göre dağılımı

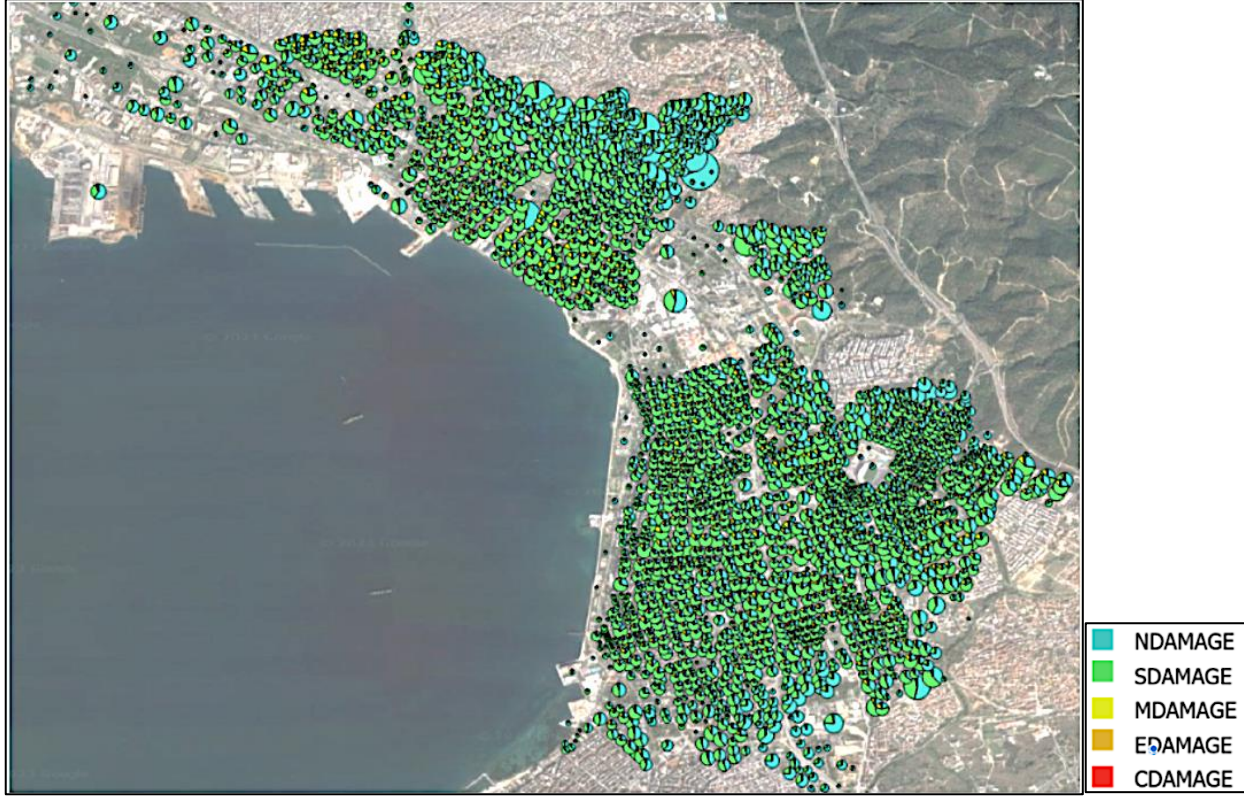
Şekil 7'de, Selanik şehrinin 20 km doğusunda 20 Haziran 1978 (M6.5) tarihli depreme karşılık gelen deprem senaryosu için, şehrin her bina bloğuna karşı gelen beklenen maksimum yer ivmesi (PGA cm/sn^2) değerleri gösterilmiştir.



Şekil 7. 20/6/1978 (M6.5) depremine karşılık gelen sismik senaryo için Selanik şehrinde yapı bloğu başına maksimum yer ivmelerin dağılımı

Deliverable-No: D.T3.5.1d_TR	Internal - Partners		
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	14 of 16

Daha sonra, her bina bloğu için beklenen maksimum yer ivmelerinin kırılđanlık eğrilerine dönüşümü gerçekleştirilir ve belirli bir deprem senaryosundan kaynaklanan sismik risk türetilir (Şekil 8).



Şekil 8. 20/6/1978 (M6.5) deprem senaryosuna göre Selanik şehri yapı blokları içindeki binaların hasar seviyelerinin tahmini mekânsal dağılımı

Böylece, kamu otoritesi ve yetkili kurumlar, belirli bir sismik senaryo durumu için beklenen hasarın mekânsal dağılımına ilişkin bir tahminde bulunabilir ve bu bilgileri, gelecekteki olası bir depremin çevresel yapılar ve vatandaşlar üzerindeki sonuçlarını azaltmak için kullanabilir. Beklenen sismik hareketlerin (örneğin maksimum yer ivmesi) gerçeğe yakın tahmini ve bir şehrin bina stokuna ilişkin veri tabanlarının doğruluğu, sismik risk parametrelerinin ve sonuçlarının güvenilir bir şekilde tahmin edilmesi için belirleyici faktörler olduğu anlaşılmaktadır. İlgili veri tabanını zenginleştirilmesi amacıyla, bilim insanlarının, veri tabanlarını güncellemek için Sivil Savunma ve kamu hizmetleri ile iş birliği yapması gerekli ve belirleyici olarak görülmektedir.

Deliverable-No: D.T3.5.1d_TR		Internal - Partners	
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	15 of 16

Ayrıca, gerçek zamanlı Sarsıntı Haritasının oluşturulması durumunda yukarıda tanımlanan bina envanter veri tabanları, daha geniş bir alandaki çevresel yapıların belirli bir depremden kaynaklanan hızlı hasar değerlendirmesi için de kullanılabilir. Afetle mücadele ve arama-kurtarma ekiplerinin olaydan sonraki ilk dakikalarda ve/veya saatlerde vereceği tepki için bu bilginin faydası açıktır ve böylece depremin sonuçlarını azaltmaya yönelik eylemlere gerçekçi bir şekilde odaklanılabilir.

Deliverable-No: D.T3.5.1d_TR		Internal - Partners	
Issue: I.01	Date: 31 July 2023	Page:	16 of 16