

Türkiye'deki Şehirler İçin Deprem Kayıp Değerlendirmesi ve Yapay Zekâ Destekli Deprem Risk Analizi

Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk NEMUTLU

ofnemutlu@bingol.edu.tr





- 1994, Elazığ
- *Bingöl Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Anabilim Dalı Öğretim Üyesi*
- *Lisans: Dokuz Eylül Üniversitesi*
Yüksek Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi
Doktora: İstanbul Teknik Üniversitesi
- *Uzmanlık Alanları: Deprem yönetmelikleri, deprem tehlike analizleri, deprem risk analizleri, depreme dayanıklı yapı tasarımı ve deprem kayıp değerlendirmesi*
- *Ali Sarı's Research Group*
- *30'un üzerinde ulusal ve uluslararası akademik çalışma*
- *BÜ Teknik Bilimler Dergisi-Alan Editörü*

- Deprem Kayıp Değerlendirmesi
- Kayıp Değerlendirmesi Aşamaları
 - Deprem tehlike değerlendirilmesi
 - Yapı envanterinin değerlendirilmesi
 - Yapısal analizler
 - Kayıpların modellenmesi
- Yapılan Çalışmalar
- Kahramanmaraş Depremleri Sonucu Meydana Gelen Kayıpların Değerlendirilmesi
- Yapay Zeka Destekli Deprem Risk Analizi
- Yapay Zeka Araçlarının Sokak Taraması Yöntemine Entegrasyonu
- Sonuçlar



DEPREM KAYIP DEĞERLENDİRMESİ



09.01.2025

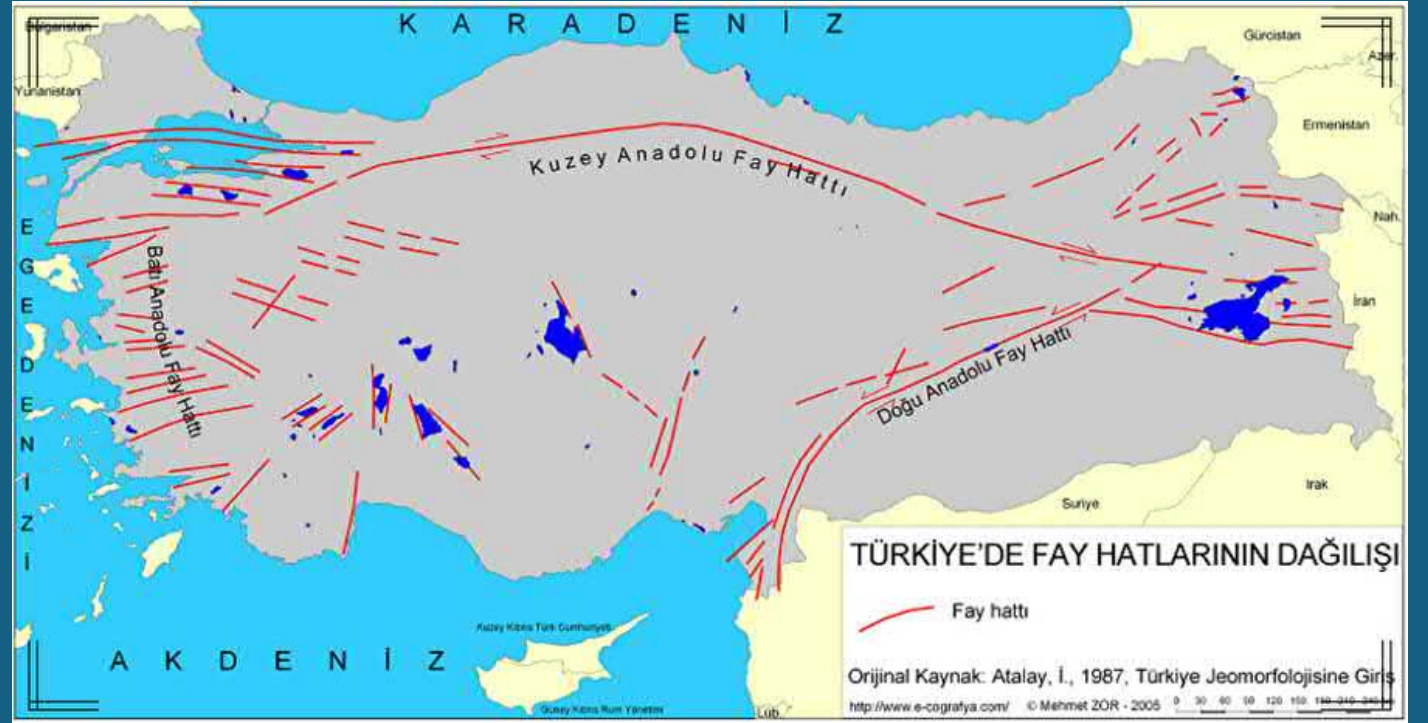
İMO İstanbul Meslek İçi Eğitim Seminerleri

4



Türkiye, aktif deprem kuşakları içerisinde yer alan bir ülke

- Kuzey Anadolu Fayı (KAF)
- Doğu Anadolu Fayı (DAF)
- Batı Anadolu Fay Zonu



Deprem Kayıp Değerlendirmesi



2020, İzmir Depremi



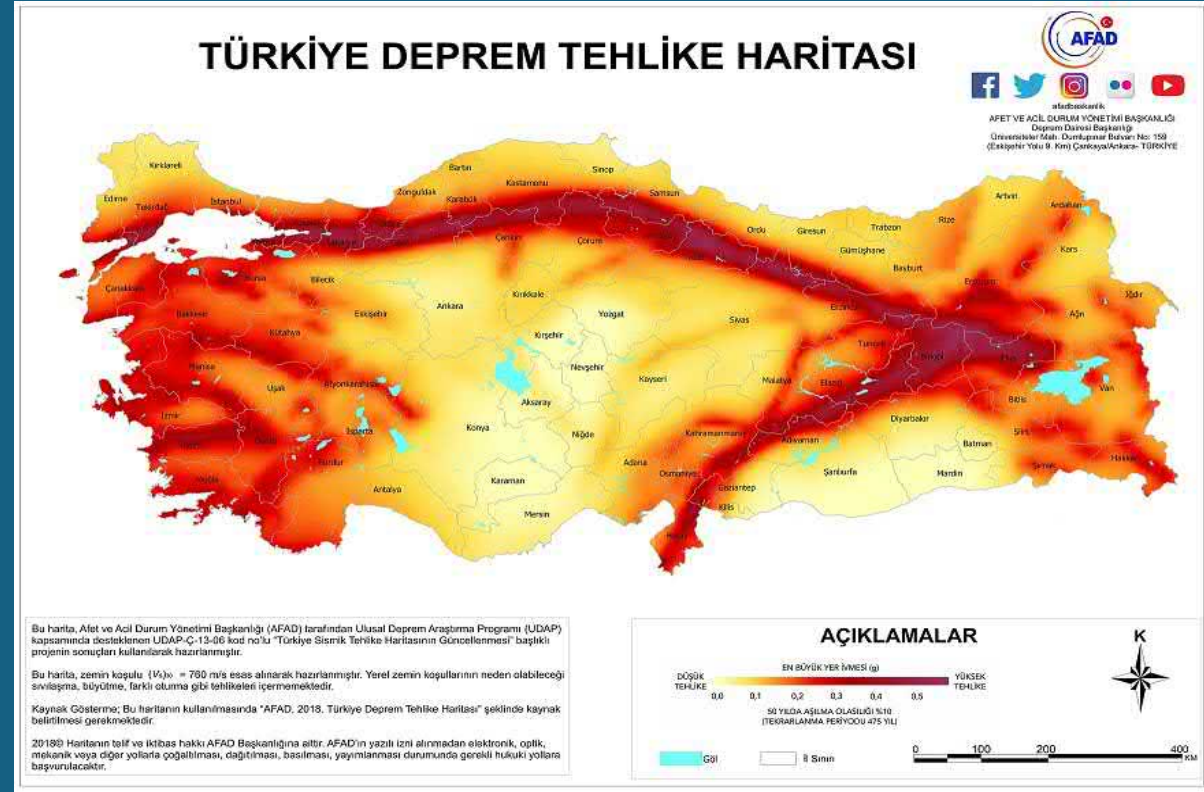
2023, Maraş Depremleri



2020, Elazığ Depremi



18.03.2018 yılında yürürlüğe giren ve 01.01.2019 yılında kullanımı zorunlu hale gelen Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ile AFAD'ın birlikte yürütmüş olduğu Türkiye Deprem Tehlike Haritasına bakıldığı zaman, Türkiye'deki şehirlerin önemli bir kısmı yüksek derecede deprem tehlikesine sahip olduğu görülmektedir.



Deprem Kayıp Değerlendirmesi-Neden böyle bir çalışmaya ihtiyaç var?

- Depreme dayanıklı yapı tasarımının önemi
- Depremlerde meydana gelecek kayıpların tahmini
- Deprem öncesi ve sonrasında zararları en aza indireyecek önlemlerin alınmasını içeren çalışmalar önem kazanmaktadır.



Deprem Kayıp Değerlendirmesi-Neden böyle bir çalışmaya ihtiyaç var?

- Yapılan çalışmalara bakıldığında, geri dönüş periyotları ve meydana gelme olasılıkları açısından yakın zamanda 7 üzerinde bir deprem beklenmektedir.
- Yüksek depremsellik, **bölgede meydana gelecek olası bir deprem için kayıp değerlendirme çalışmalarının ve ekonomik-sosyal açıdan şehre etkisinin önemini göstermektedir.**



Deprem Kayıp Değerlendirmesi-Neden böyle bir çalışmaya ihtiyaç var?



TÜRKİYE CUMHURİYETİ CUMHURBAŞKANLIĞI
STRATEJİ VE BÜTÇE BAŞKANLIĞI

ON BİRİNCİ KALKINMA PLANI (2019-2023)

2.4.8. Afet Yönetimi

a. Amaç

721. Afetlere karşı toplumsal bilincin artırılması, afetlere dayanıklı ve güvenli yerleşim yerlerinin oluşturulması ve risk azaltma çalışmaları yapılarak afetlerin neden olabileceği can ve mal kaybının asgari düzeye indirilmesi temel amaçtır.

b. Politika ve Tedbirler

722. Bölgelerin sosyo-ekonomik ve fiziksel özellikleri dikkate alınarak, farklı afet türlerine göre önceliklendirme yapılarak ve ülke genelinde işbirliği faaliyetleri artırılarak afet risk ve zarar azaltma çalışmaları yapılacaktır.

722.1. Afet risk ve zarar azaltma çalışmalarına yönelik Türkiye Afet Risk Azaltma Planı hazırlanacaktır.

722.2. Afet tehlike ve risklerinin azaltılması için öncelikli afet türleri dikkate alınarak il afet risk azaltma planları hazırlanacaktır.

722.3. Olmuş veya olması muhtemel afetler için yerel afet önleme projeleri hazırlanıp uygulanma kapasitesi artırılacaktır.

722.4. Doğal afet sigortası bütün afet türlerini kapsayacak şekilde genişletilerek yaygınlaştırılacak, zorunlu deprem sigortası beyanı ve ödemesinin etkin bir şekilde takibi sağlanacaktır.

722.5. Afetlere hazırlık ve risk azaltmaya yönelik uluslararası işbirliği faaliyetleri artırılacaktır.



Deprem Kayıp Değerlendirmesi-Neden böyle bir çalışmaya ihtiyaç var?



723. Ülke genelinde iklim değişikliğinin etkilerine ilişkin senaryolar da dikkate alınarak afet tehlike ve risk haritaları hazırlanacaktır.

723.1. Tüm afet türlerine göre afet tehlike haritaları hazırlanacaktır.

723.2. Afet tehlike derecesi yüksek olan yerlerde afet türlerine göre risk haritaları hazırlanacaktır.

724. İstanbul'da olması muhtemel bir deprem sonrasında oluşabilecek can ve mal kaybının en az seviyede tutulabilmesi için gerekli risk azaltma ve güçlendirme çalışmalarına devam edilecektir.

724.1. İstanbul'daki kritik alt yapı tesislerinin afetlere karşı dayanıklılığı artırılacaktır.

724.2. İstanbul'da afet ve acil durumlarda kullanılması planlanan geçici barınma alanlarının hizmet vereceği kapasite dikkate alınarak sosyal donatılarının tamamlanması ve kapasitelerinin artırılması sağlanacaktır.

724.3. İstanbul'da yer alan kültür ve tabiat varlıklarının afetlere karşı dayanıklı hale getirilmesi sağlanacaktır.

725. Afetlere hazırlık ve afet sonrası müdahalede özel önem arz eden hastane, okul, yurt gibi ortak kullanım mekânları ile enerji, ulaştırma, su ve haberleşme gibi kritik altyapıların güçlendirilmesine öncelik verilecektir.

725.1. Kamu hizmet binalarının envanterini çıkarma ve afetlere karşı güçlendirme çalışmalarına devam edilecektir.

725.2. Kritik altyapı tesislerinin önceliklendirilmesi için yöntem belirlenecektir.



KAYIP DEĞERLENDİRMESİ AŞAMALARI

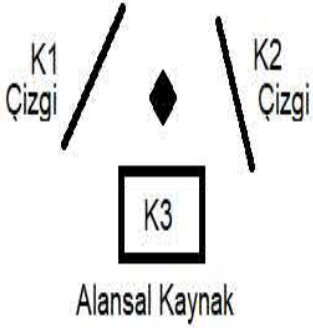


KAYIP DEĞERLENDİRMESİ AŞAMALARI

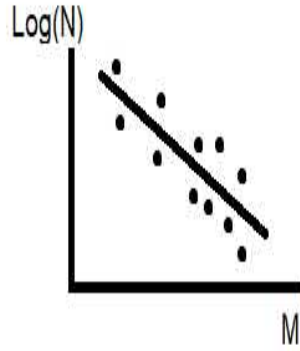


KAYIP DEĞERLENDİRMESİ AŞAMALARI- Deprem Tehlikesinin Değerlendirilmesi

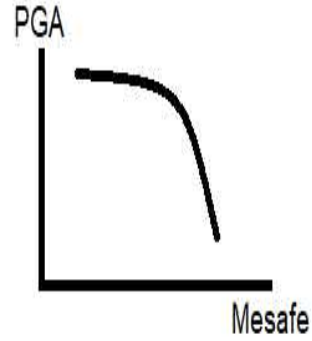
Çalışma alanındaki tüm kaynakların tanımlanması ve modellenmesi



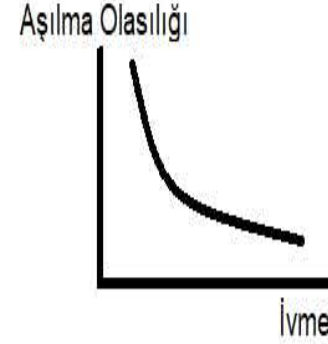
Depremselliğin Modellenmesi(Büyük-
Tekerrür ilişkileri)



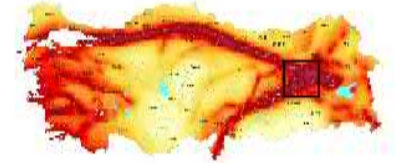
Yer hareketi parametreleri ile mesafe arasındaki ilişki(Azalım ilişkileri)



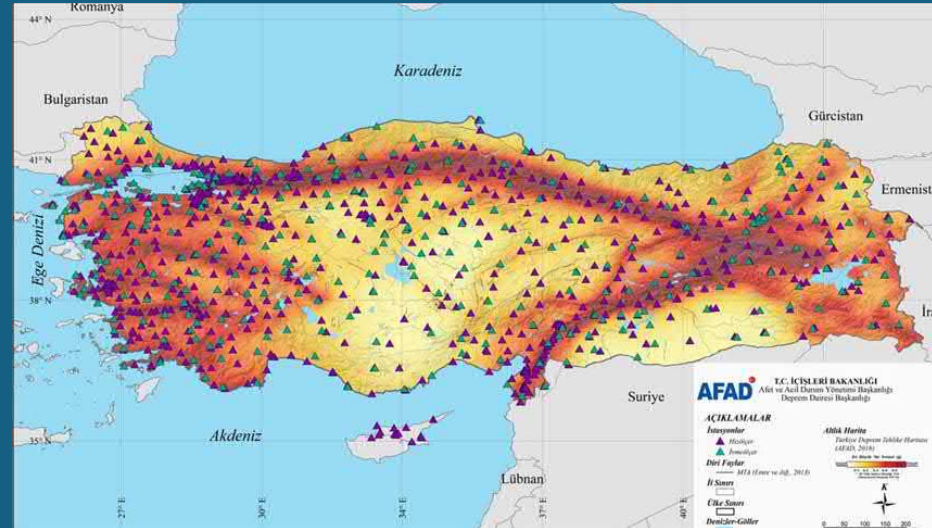
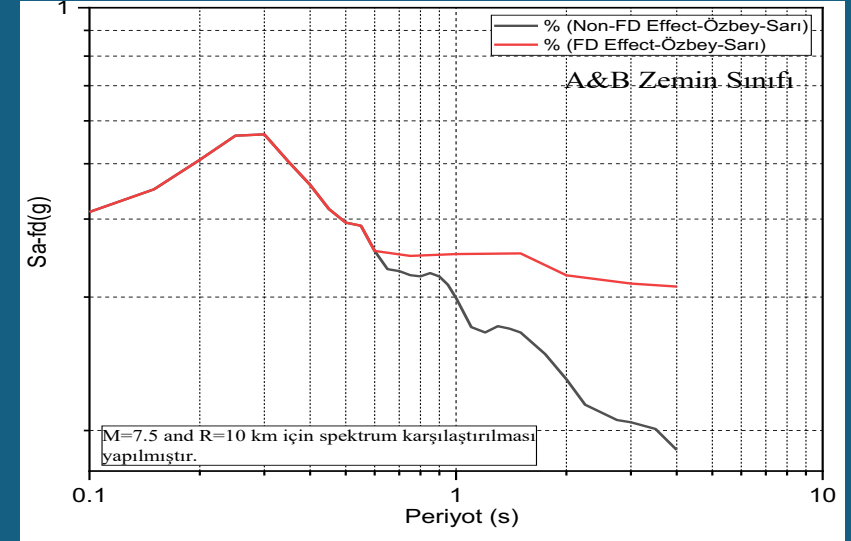
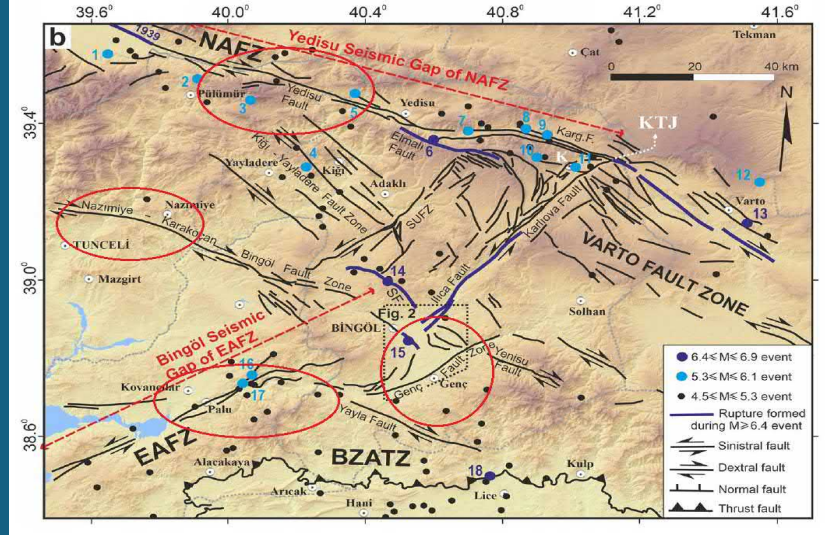
Bütün olasılıkları gözönüne alarak belirli bir süre içerisinde yer hareketi parametrelerinin aşılma olasılığı belirlemek



Yer Hareketi Parametrelerine Göre Haritalandırma(Sismik Tehlike Haritaları)



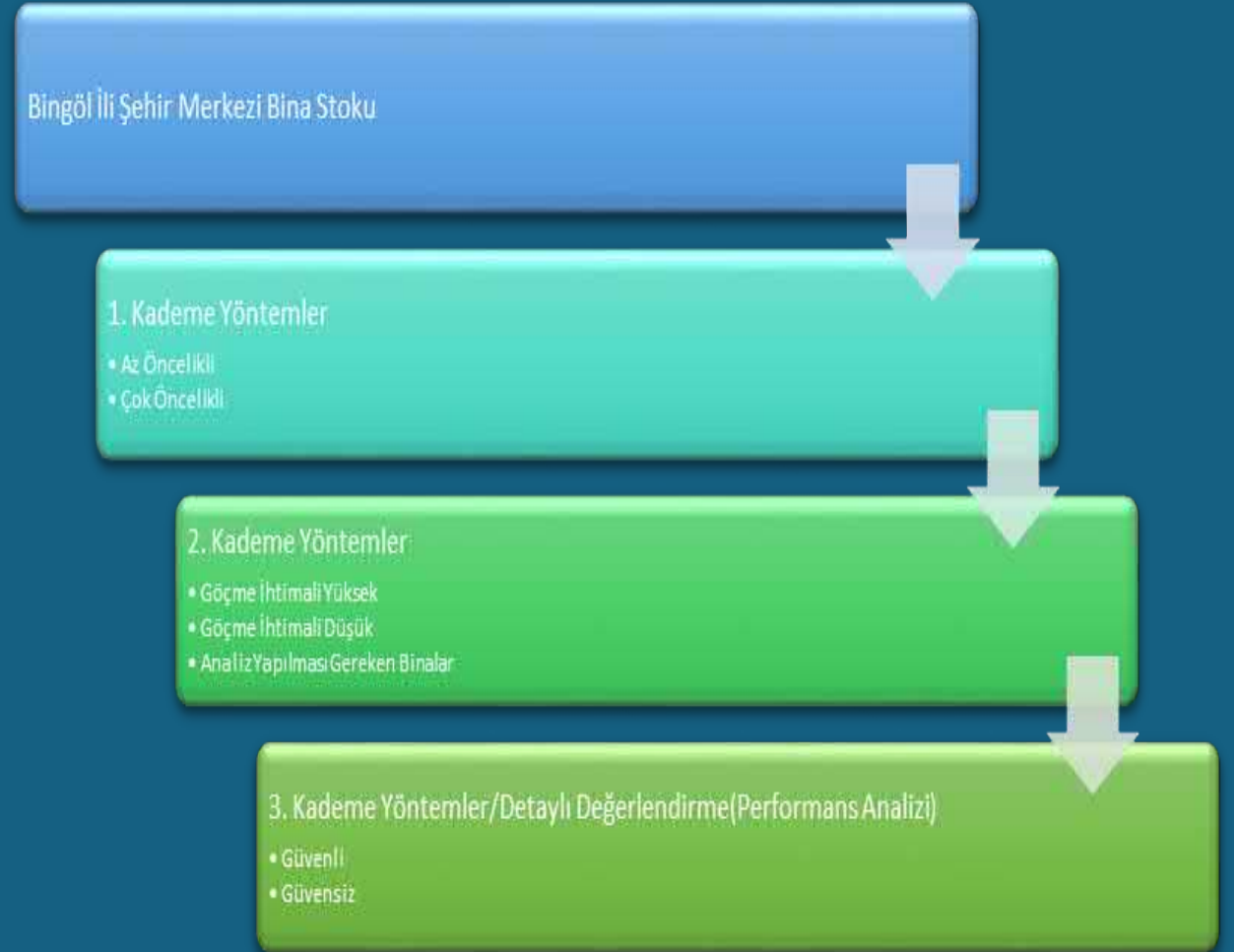
KAYIP DEĞERLENDİRMESİ AŞAMALARI- Deprem Tehlikesinin Değerlendirilmesi





KAYIP DEĞERLENDİRMESİ AŞAMALARI-Yapı Envanterinin Değerlendirilmesi

- Sokak taraması
(1. Kademe Yöntemler)
- ~~Ön değerlendirme yöntemleri~~
(~~2. Kademe Yöntemler~~)
- Detaylı bilgilerin yer aldığı
son değerlendirme
(3. Kademe Yöntemler)



KAYIP DEĞERLENDİRMESİ AŞAMALARI-Yapı Envanterinin Değerlendirilmesi

16 Şubat 2019 CUMARTESİ **Resmî Gazete** Sayı : 30688

YÖNETMELİK

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan:

6306 SAYILI KANUNUN UYGULAMA YÖNETMELİĞİNDE DEĞİŞİKLİK YAPILMASINA DAİR YÖNETMELİK

MADDE 1 – 15/12/2012 tarihli ve 28498 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan 6306 sayılı Kanunun Uygulama Yönetmeliğinin Ek-2’si ekteki şekilde değiştirilmiştir.

MADDE 2 – Aynı Yönetmeliğin geçici 2 nci maddesi aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

“GEÇİCİ MADDE 2 – (1) Bu maddenin yürürlüğe girdiği tarihten önce hazırlanarak idareye elektronik yazılım sistemi üzerinden sunulmuş olan riskli yapı tespit raporları, Ek-2’de yer alan Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esasların, bu maddenin yayımı tarihinden önce yürürlükte olan hükümlerine göre incelenir ve neticelendirilir.”

MADDE 3 – Bu Yönetmelik yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

MADDE 4 – Bu Yönetmelik hükümlerini Çevre ve Şehircilik Bakanı yürütür.

- Kat Sayısı
- Yumuşak/Zayıf Kat
- Görsel Kalite
- Ağır Çıkma
- Kat Seviyesi
- Düşeyde Düzensizlik
- Planda Düzensizlik
- Kısa Kolon
- Zemin Eğimi

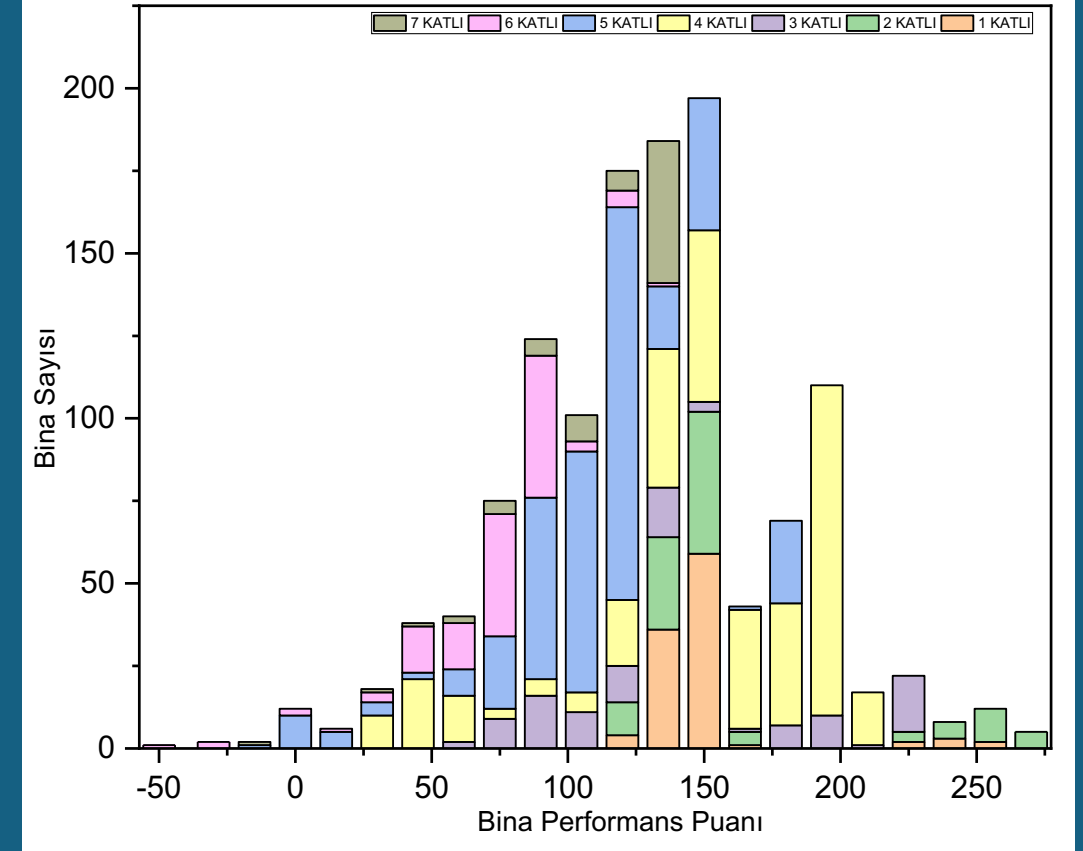
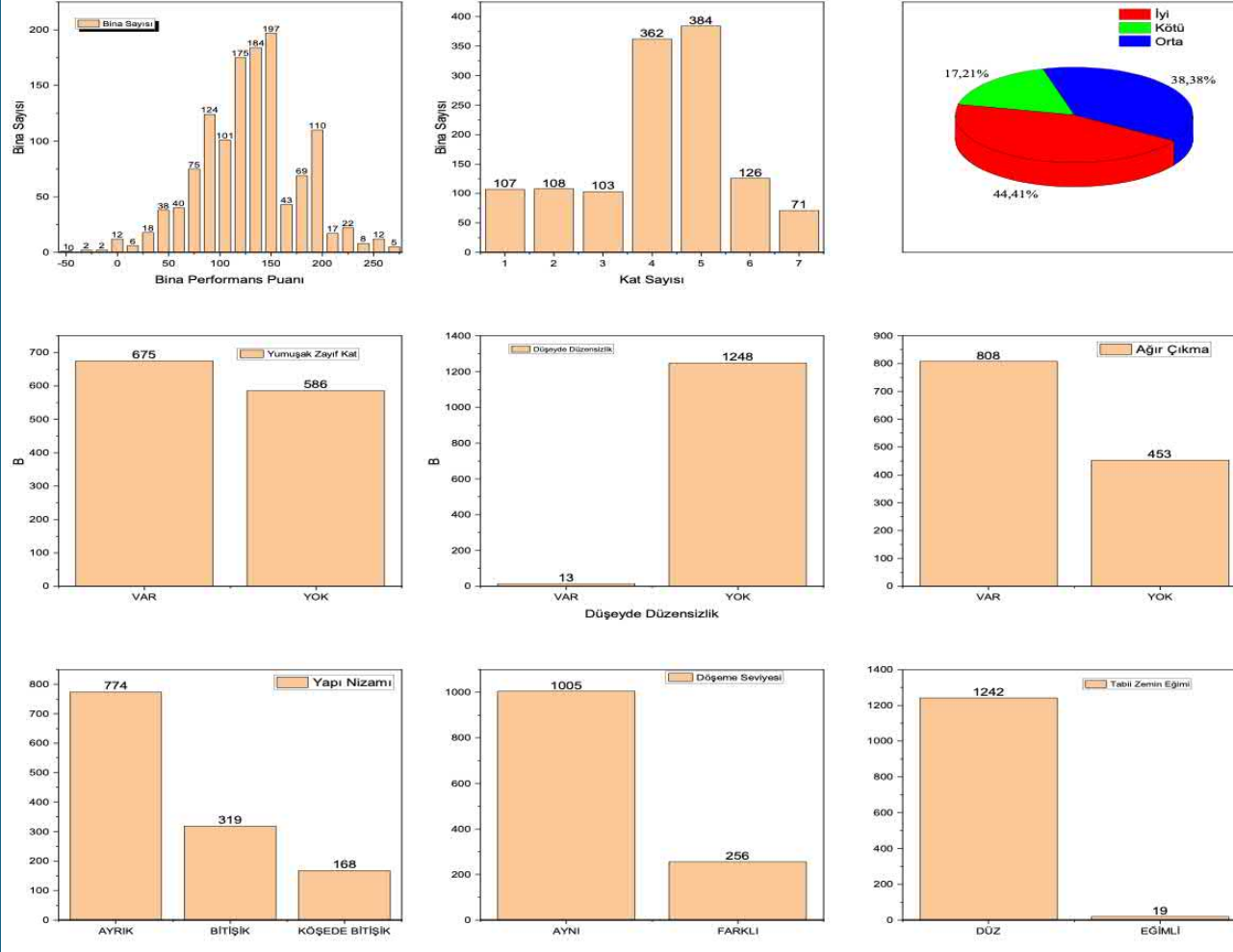


**YAPISAL
SİSTEM
PUANI**

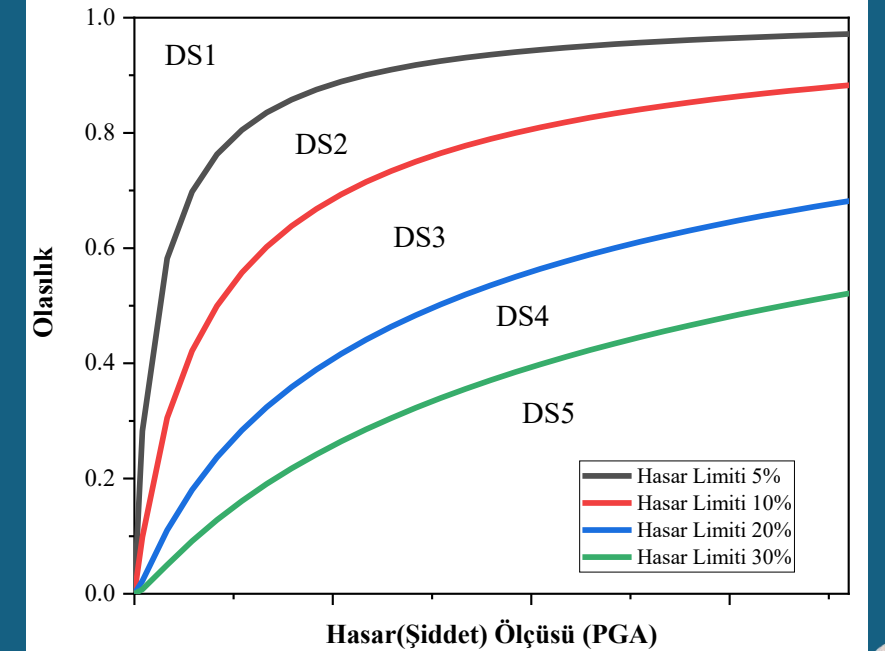
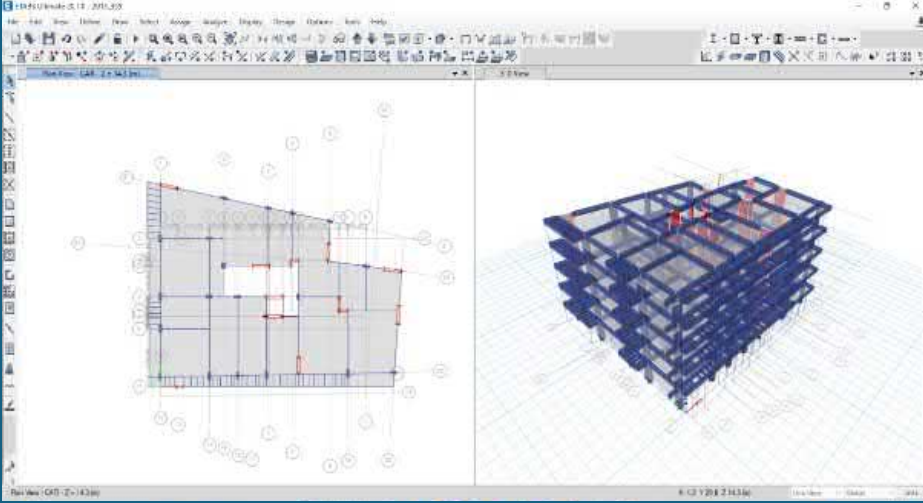
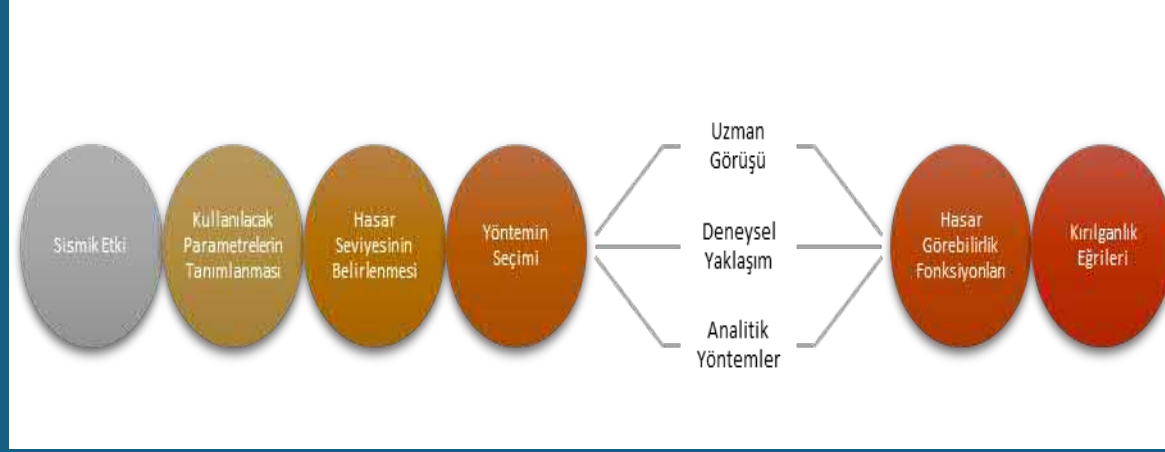
BETONARME BİNALAR İÇİN VERİ TOPLAMA FORMU			
BİNA KİMLİK BİLGİLERİ		Tarih:	
		Sıra:	
BİNA KİMLİK NO		BİNA FOTOĞRAF (BİNANIN ÖN CEPHESİNDEN VE BİNAYI TEMSİL EDEBİLECEK NET BİR FOTOĞRAF OLMALI)	
İL			
İLÇE			
MAHALLE			
CADDE / SOKAK			
DİŞ KAPI NO			
BİNA ADI			
PAFTA			
ADA			
PARSEL			
UAVT BİNA KODU			
BİNANIN TAHMİNİ YAŞI			
COĞRAFI KOORDİNATLARI	ENLEM:	BOYLAM:	
YAPI KULLANIM TÜRÜ	☐ KONUT ☐ TİCARET ☐ SANAYİ ☐ KAMU ☐ METRUK		
BİNA TEKNİK BİLGİLERİ			
YAPISAL SİSTEM TÜRÜ	☐ BA ÇERÇEVE ☐ BA ÇERÇEVE VE PERDE		
SERBEST KAT ADEDİ (İnsk)			
BİNA GÖRSEL KALİTESİ	☐ İYİ ☐ ORTA ☐ KÖTÜ		
YUMUŞAK KAT / ZAYIF KAT	☐ VAR ☐ YOK		
DÜŞEYDE DÜZENSİZLİK	☐ VAR ☐ YOK		
AĞIR ÇIKIMALAR	☐ VAR ☐ YOK		
PLANDA DÜZENSİZLİK	☐ VAR ☐ YOK		
KISA KOLON ETKİSİ	☐ VAR ☐ YOK		
YAPI NİZAMI	☐ AYRIK ☐ BİTİŞİK ☐ KÖŞEDE BİTİŞİK		
BİTİŞİK BİNALARLA DÖŞEME SEVİYESİ	☐ AYNI ☐ FARKLI		
TABİİ ZEMİN EĞİMİ	☐ DÜZ ☐ EĞİMLİ (Eğim > 30°)		
ZEMİN SINIFI	☐ ZA ☐ ZB ☐ ZC ☐ ZD ☐ ZE		



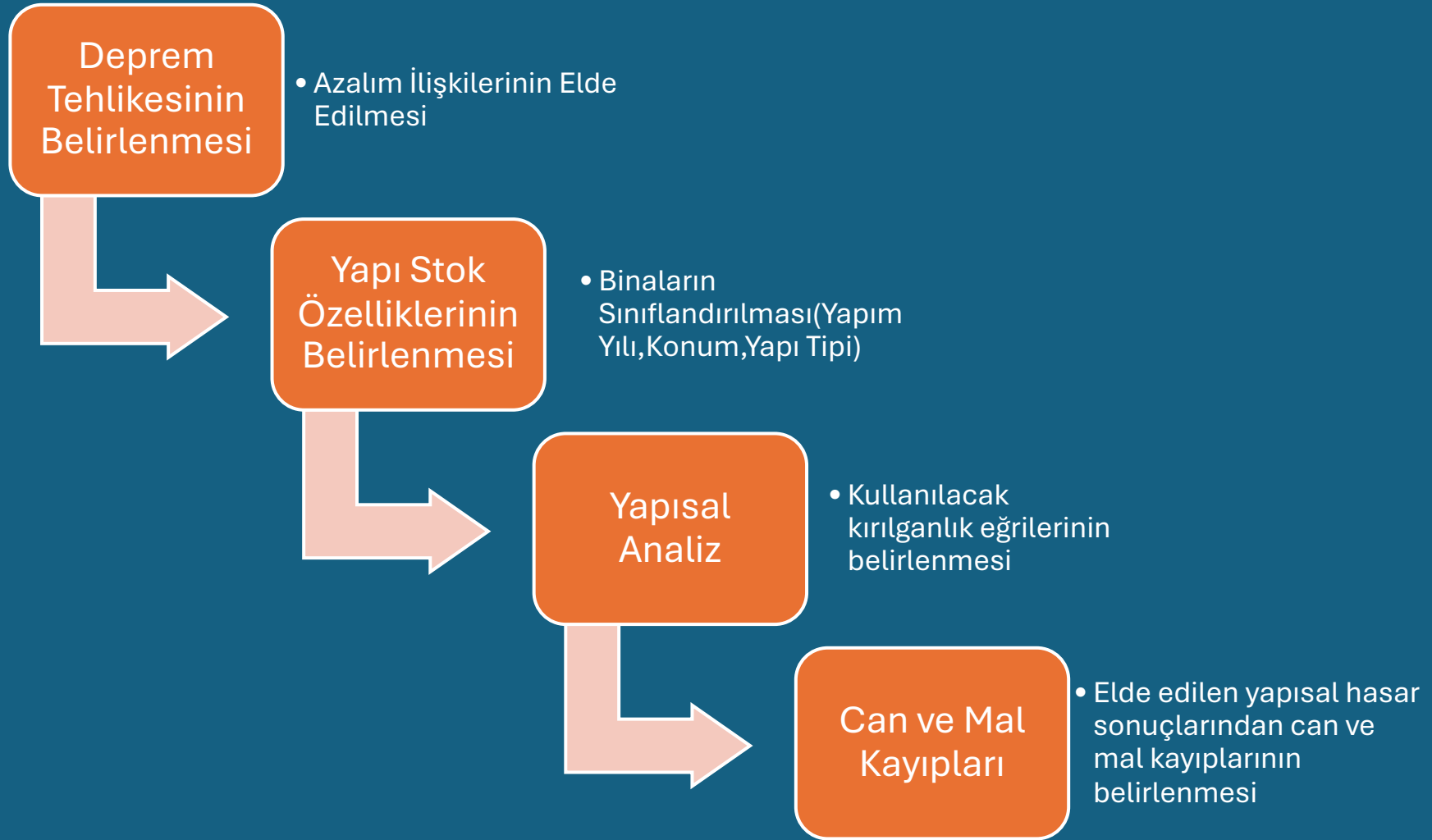
KAYIP DEĞERLENDİRMESİ AŞAMALARI-Yapı Envanterinin Değerlendirilmesi



KAYIP DEĞERLENDİRMESİ AŞAMALARI-Yapısal Analiz



KAYIP DEĞERLENDİRMESİ AŞAMALARI-Kayıpların Modellenmesi



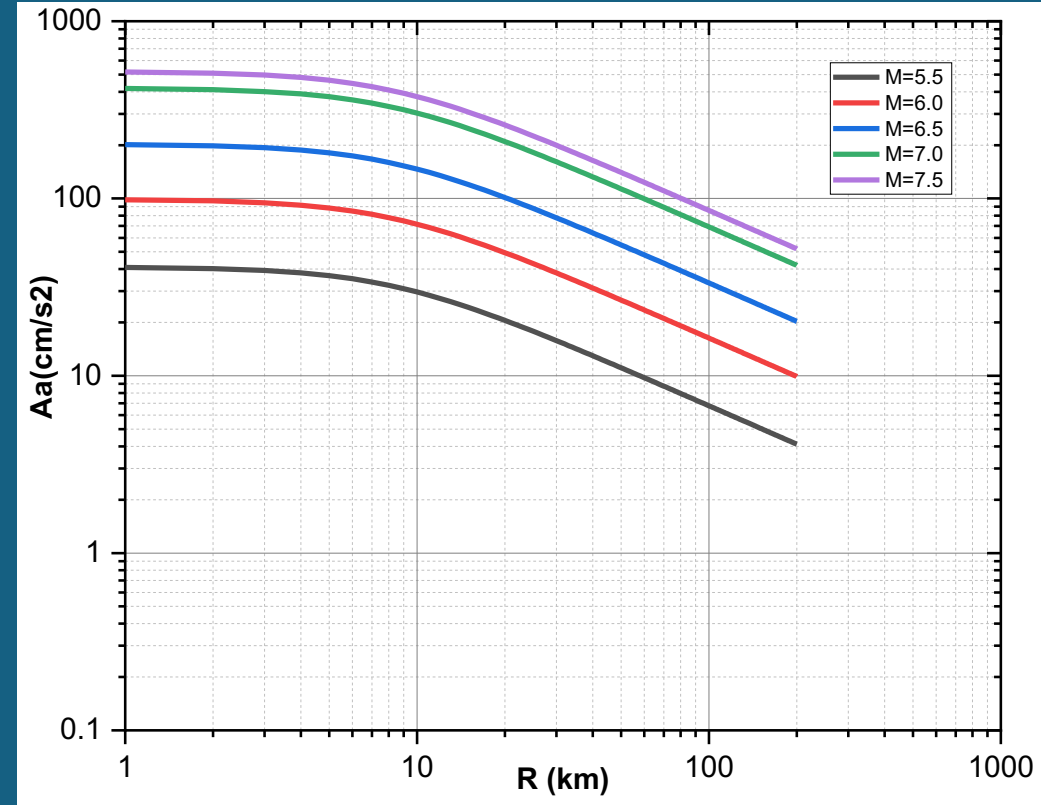
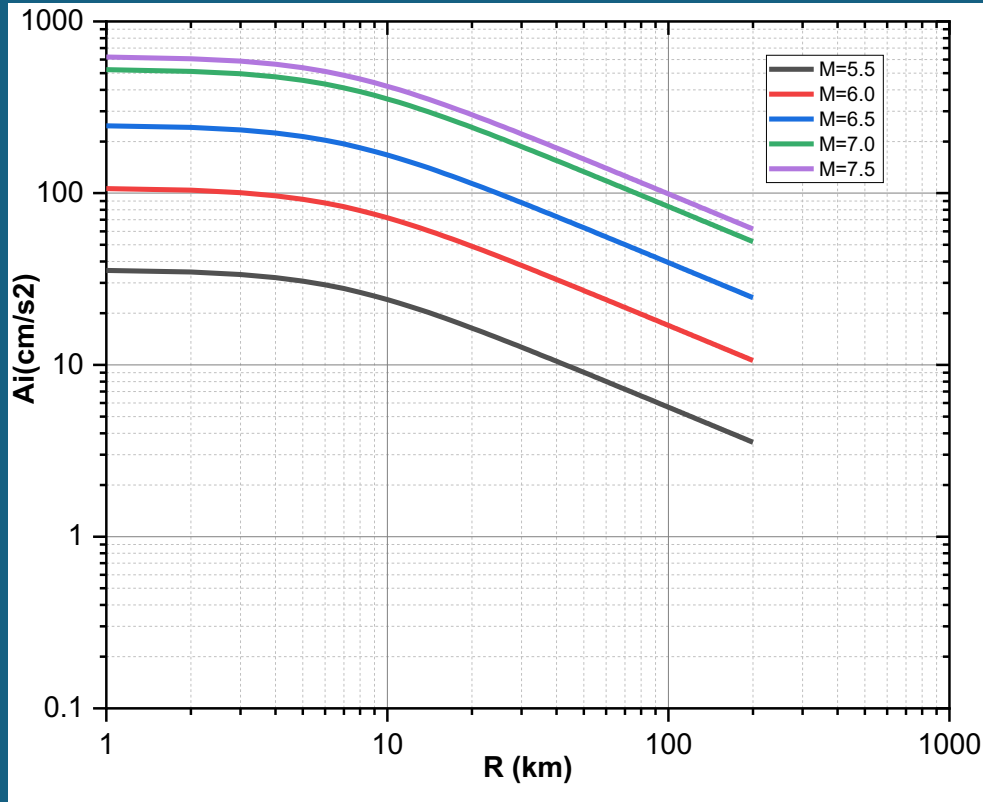
KAYIP DEĞERLENDİRMESİ AŞAMALARI-Kayıpların Modellenmesi

- Deprem üretme potansiyeli olan sismik boşluklar belirlenir.
- Bu sismik boşluklar üzerinde meydana gelecek Senaryo Deprem'ler seçilir.



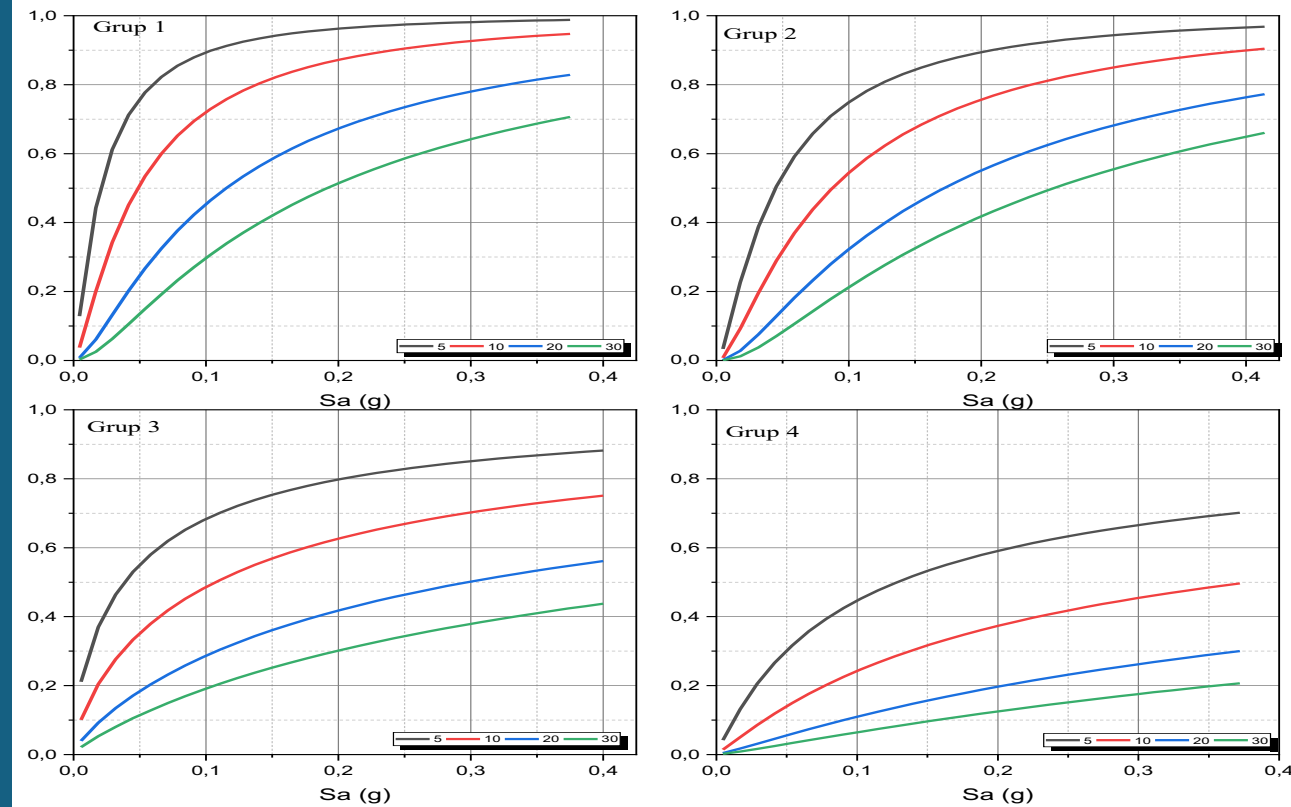
KAYIP DEĞERLENDİRMESİ AŞAMALARI-Kayıpların Modellenmesi

- Sonrasında deprem tehlikesini yansıtan azalım ilişkileri belirlenir.



KAYIP DEĞERLENDİRMESİ AŞAMALARI-Kayıpların Modellenmesi

- Yapısal analizler sonucunda elde edilen, yapıların hasar görebilirlik eğrileri kullanılarak, bölgedeki hasar seviyeleri olasılıksal olarak belirlenir.
- Yapı stoğundaki yapıların dağılımı mahallelere, sokaklara veya bölgelere göre ayrılarak, hasarlı yapı sayıları ve hasar seviyeleri tahmin edilebilir.



- Can kayıplarının tahminini yapabilmek için, çalışmanın yapılacağı şehirdeki nüfus dağılımı da önemli bir parametredir.
- Bu nedenle hane halkı sayısı verisine ihtiyaç duyulmaktadır.
- Depremlerin gece ve gündüz olma durumu can kaybı sayılarının tahmin gücünü etkilemektedir.



- Gece ve gündüz durumunda, depremin olduğu bölgede yaşayanların yoğun olarak bulunduğu yerler doğru belirlenmelidir.
- Örneğin; gece saatlerinde konut tipi yapılardaki insan sayısı gündüz saatlerine oranla daha fazladır.
- Ayrıca kayıp modeli oluşturulan bölgedeki, sosyal hayat iyi değerlendirilmelidir. Hanedeki çalışan kişi sayısı, öğrenci sayısı, yaş dağılımı gibi faktörler dikkate alınmalıdır.



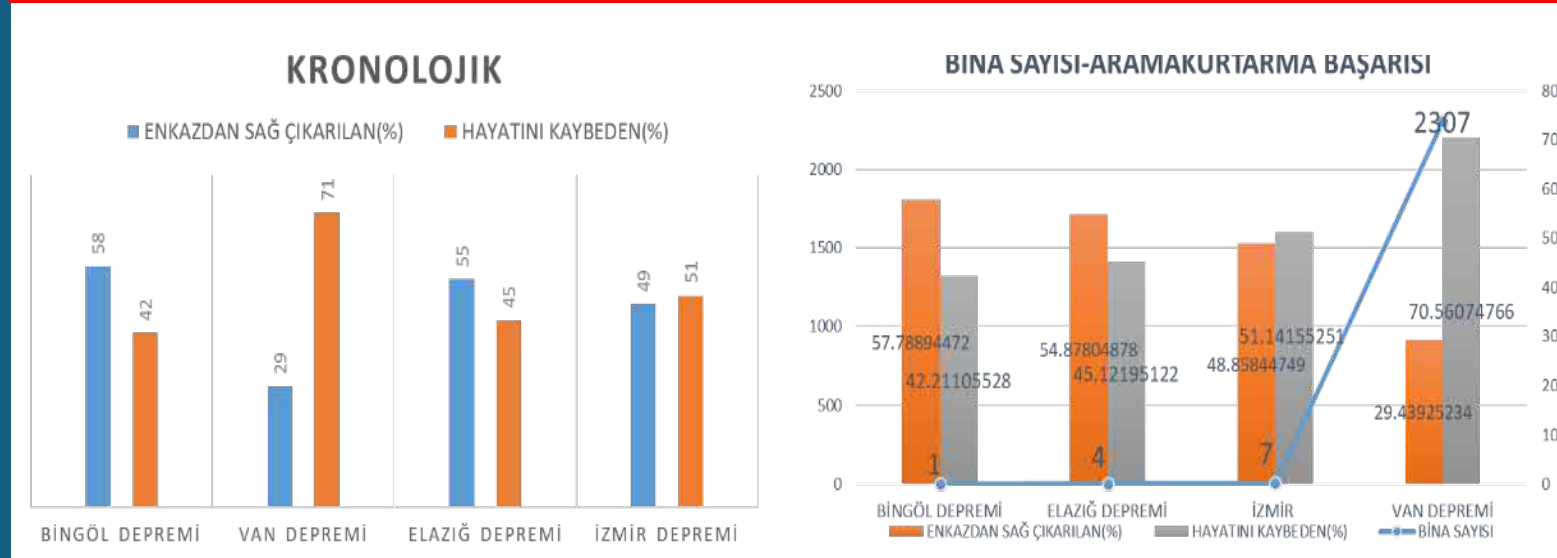
- Can kayıplarının belirlenmesinde, can kaybı katsayıları kullanılmaktadır.
- Bu katsayılar 2003 yılında İstanbul Deprem Risk Çalışmaları üzerinden elde edilen katsayılardır.
- Ancak, Türkiye'deki mevcut durumun değişmesi bu katsayıların revize edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.



KAYIP DEĞERLENDİRMESİ AŞAMALARI-Kayıpların Modellenmesi

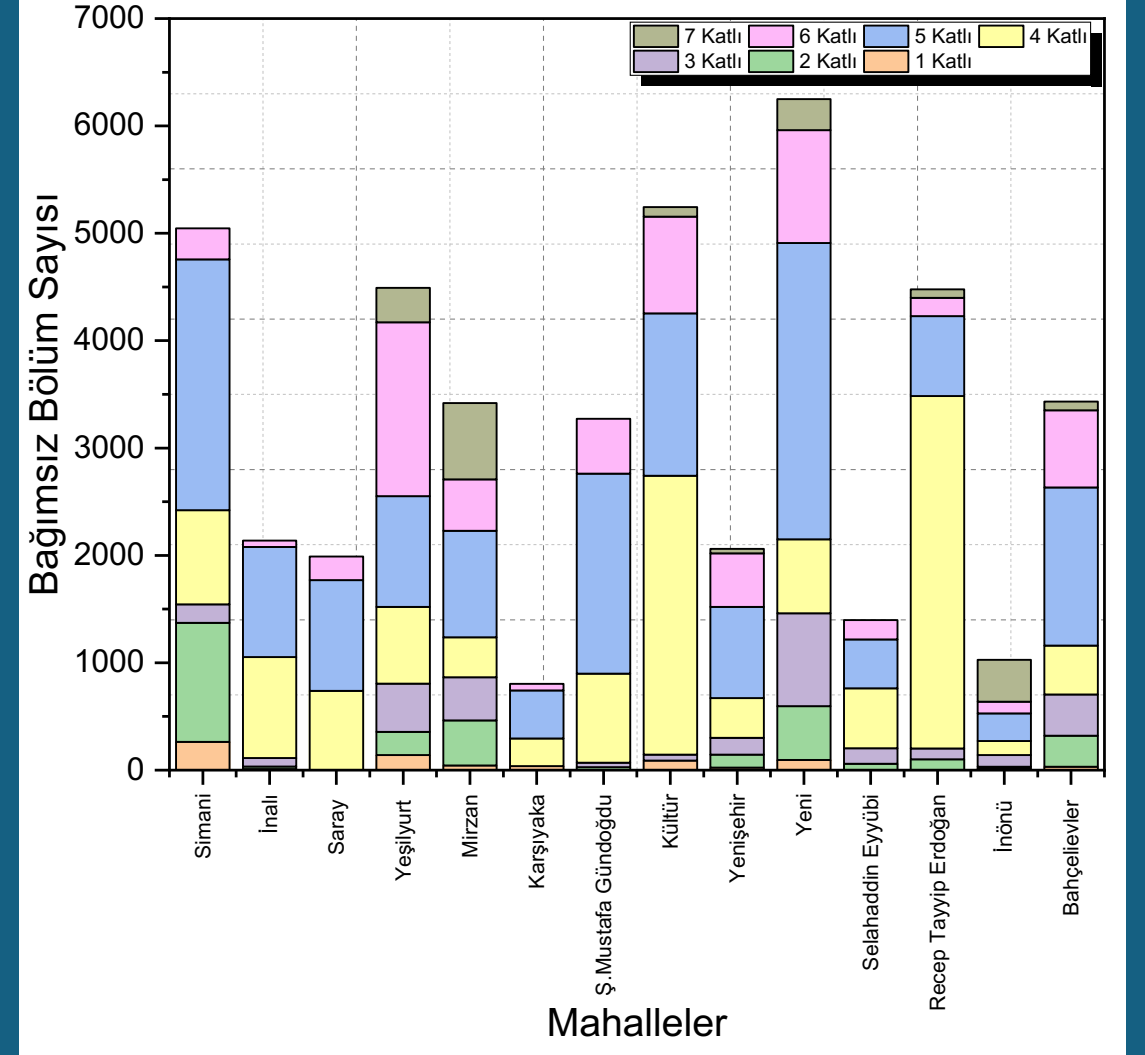
Katsayılar Tablosu	Sınırlı Hasar	Kontrollü Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar(Göçme)
Seviye 1(Hafif Yaralı)	0.05	0.2	1	30
Seviye 2(Hastanede Tedavi)	0.005	0.02	0.5	11
Seviye 3(Ağır Yaralı)	0	0	0.02	7.5
Seviye 4(Can Kaybı)	0	0	0.01	4

Katsayılar Tablosu	Sınırlı Hasar	Kontrollü Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar(Göçme)
Seviye 1 (Hafif Yaralı)	0.075	0.3	1.5	45
Seviye 2 (Hastanede Tedavi)	0.0075	0.03	0.75	16.5
Seviye 3 (Ağır Yaralı)	0	0	0.01	3.75
Seviye 4 (Can Kaybı)	0	0	0.005	2



KAYIP DEĞERLENDİRMESİ AŞAMALARI-Kayıpların Modellenmesi

- Can kayıpları hesaplanırken, hane halkı sayısı ve bağımsız bölüm sayısı belirlenir.
- Hasar seviyelerine karşı gelen yapı sayılarındaki bağımsız bölüm sayıları ve hane halkı sayısı üzerinden her bağımsız bölümde yaşayan insan sayısı belirlenir.
- Bu sayı hasar seviyesine göre farklılık gösteren can kaybı katsayıları ile çarpılarak can kayıpları belirlenir.



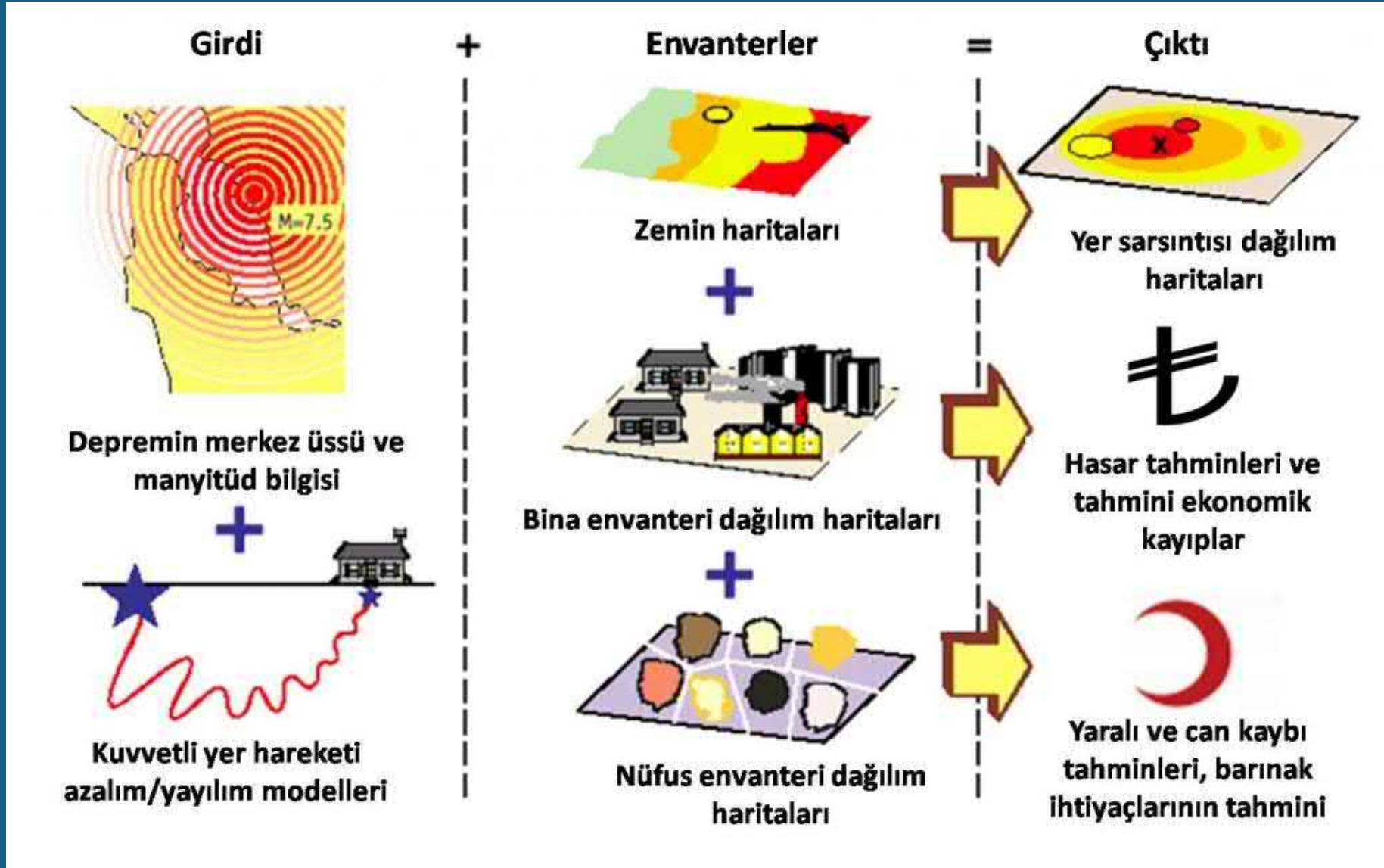
KAYIP DEĞERLENDİRMESİ AŞAMALARI-Kayıpların Modellenmesi

- Ekonomik kayıplar ise; hasarlı yapı sayıları üzerinden değerlendirilebilir.
- Hasarlı yapıların hasar seviyelerine göre belirlenen % cinsinden oranlar ile ekonomik kaybın seviyesi belirlenir.
- Sonrasında her seviyeye giren yapı sayısı, yapıların metrekareleri ve metrekare bazlı birim fiyatlar üzerinden yapısal hasar kaynaklı ekonomik kayıplar elde edilir.

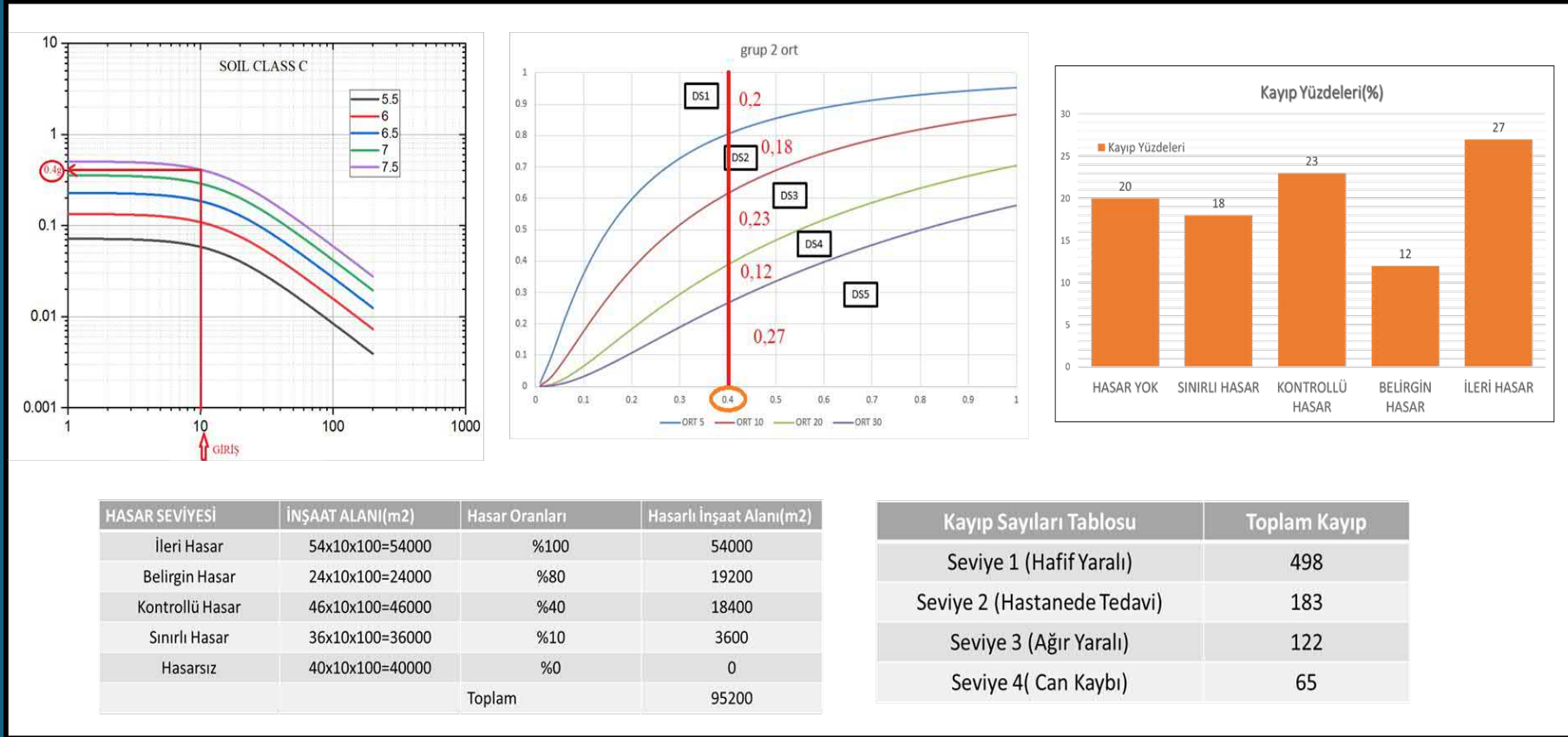
Hasar Seviyesi	Hasar Oranları
Çok Ağır Hasar(Göçme)	%100
Ağır Hasar	%80
Orta Hasar	%40
Hafif Hasar	%10
Hasarsız	%0



KAYIP DEĞERLENDİRMESİ AŞAMALARI-Kayıpların Modellenmesi



KAYIP DEĞERLENDİRMESİ AŞAMALARI-Kayıpların Modellenmesi



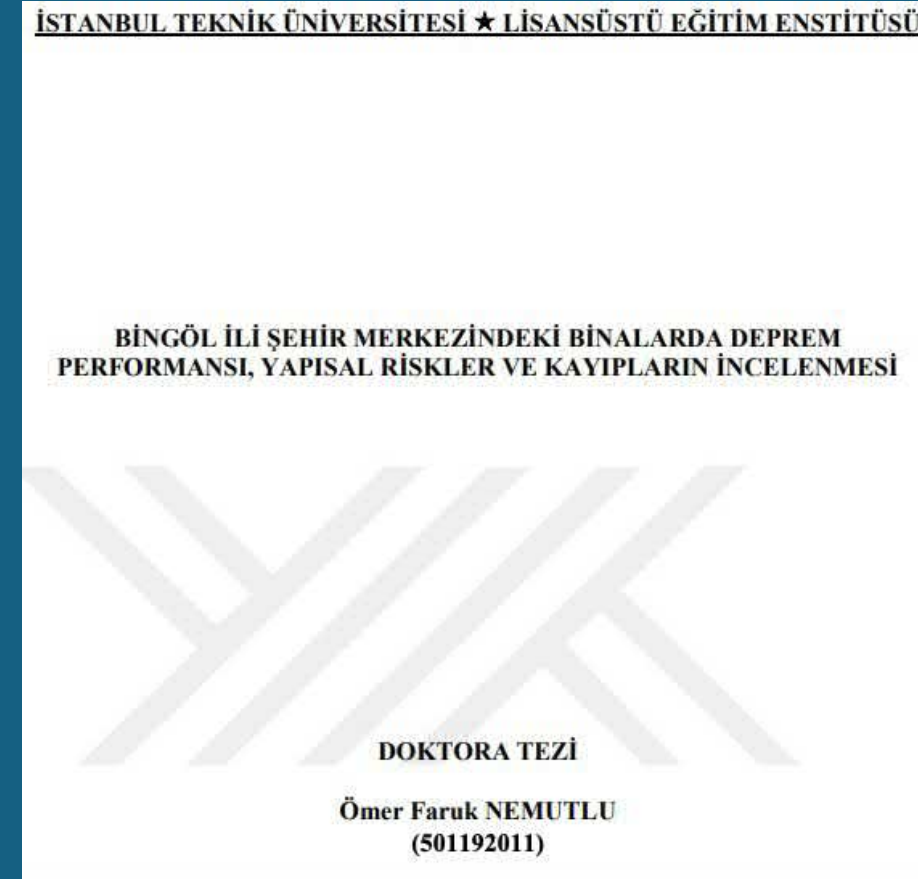
YAPILAN ÇALIŞMALAR



- **BİNGÖL İLİ ŞEHİR MERKEZİNİN DEPREM PERFORMANSININ, YAPI RİSKLERİNİN İNCELENMESİ VE KAYIP DEĞERLENDİRMESİ ÇALIŞMALARI**

- **Ömer Faruk NEMUTLU**

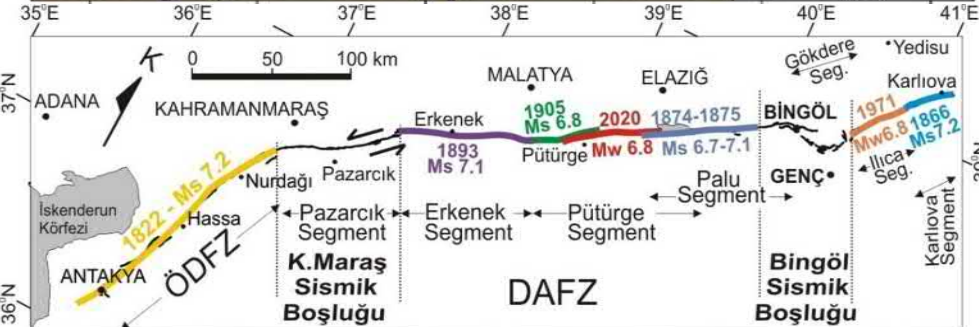
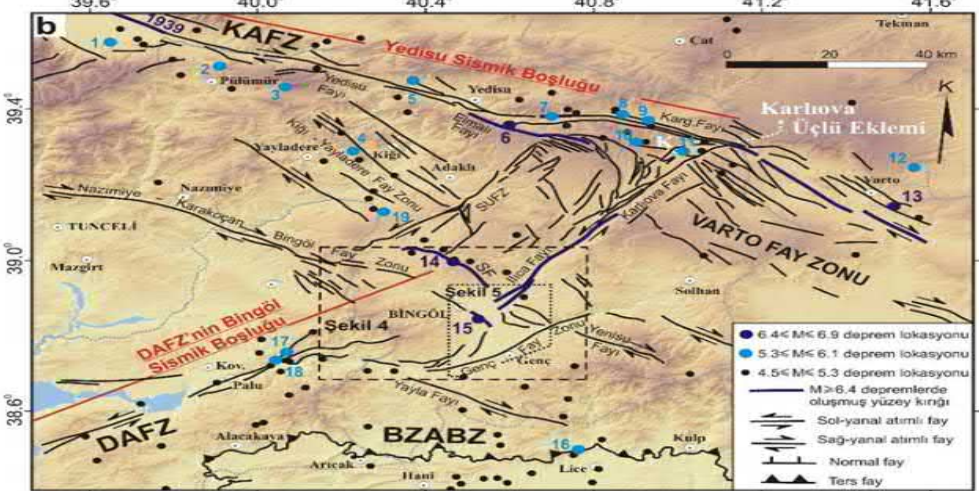
- Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ali SARI- İstanbul Teknik Üniversitesi, Universtiy of Texas, Austin
- Eş Danışman: Doç. Dr. Bilal BALUN-Bingöl Üniversitesi



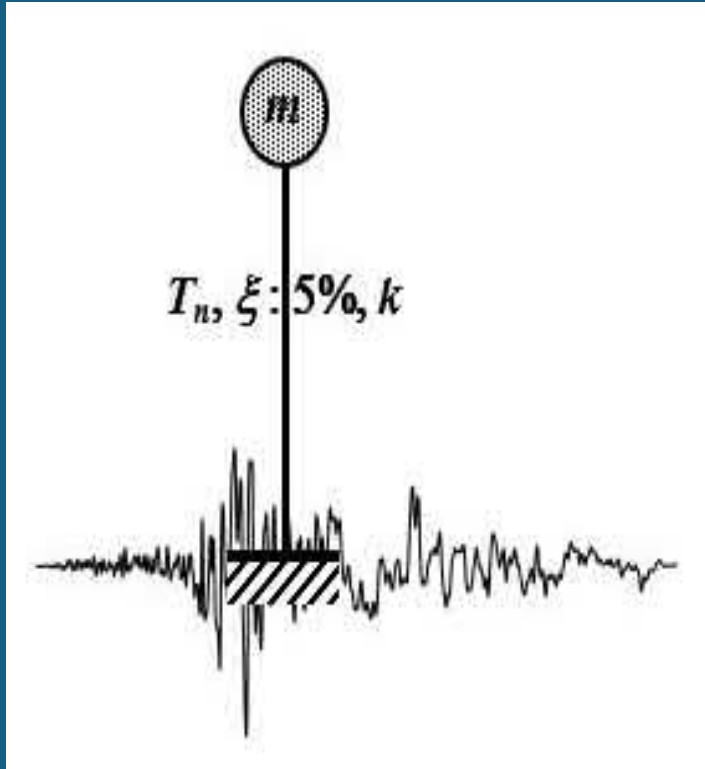
YAPILAN ÇALIŞMALAR

- Çalışma için neden Bingöl seçildi?
- KAF-DAF KESİŞİMİNDE
- VARTO FAY ZONUNA YAKIN
- YÜKSEK DEPREMSELLİK

Tarih	Merkezüssü	Büyükölük	Aktif Fay
17.08.1949	Elmalıdere	6.9(M _S)	KAF
19.08.1966	Varto	6.8(M _S)	KAF
26.07.1967	Pölümür-Kığı	6.0(M _S)	KAF
13.03.1992	Erzincan	6.8(M _S)	KAF
22.05.1971	Bingöl	6.8(M _S)	DAF
07.07.1957	Kığı	5.1(M _S)	KAF-DAF Üçgeni
24.04.1968	Çan-Kığı	5.1(M _S)	KAF-DAF Üçgeni
05.12.1995	Kığı	5.7(M _S)	KAF-DAF Üçgeni
03.02.2003	Pölümür	6.1(M _W)	KAF-DAF Üçgeni
01.05.2003	Bingöl	6.4(M _W)	KAF-DAF Üçgeni
24.01.2020	Elazığ-Sivrice	6.8(M _W)	DAF
14.06.2020	Karlıova-Bingöl	5.8(M _W)	KAF



Akayram vd.



$$\frac{m\dot{u}_t^2}{2} + \int_0^t c\dot{u}du + \int_0^t f_s du = \int_0^t m\ddot{u}_t du_g$$

$$E_i = \max \left\{ \frac{m\dot{u}_t^2}{2} + \int_0^t c\dot{u}du + \int_0^t f_s du \right\} = \max \{ E_k(t) + E_d(t) + [E_s(t) + E_h(t)] \}$$

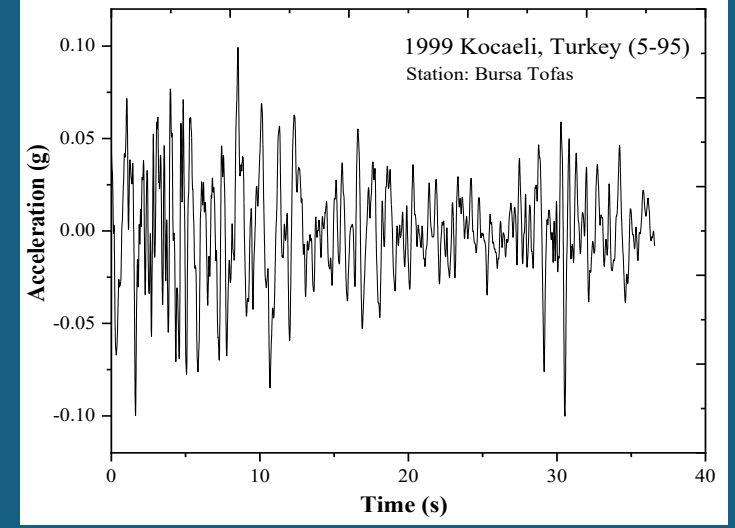
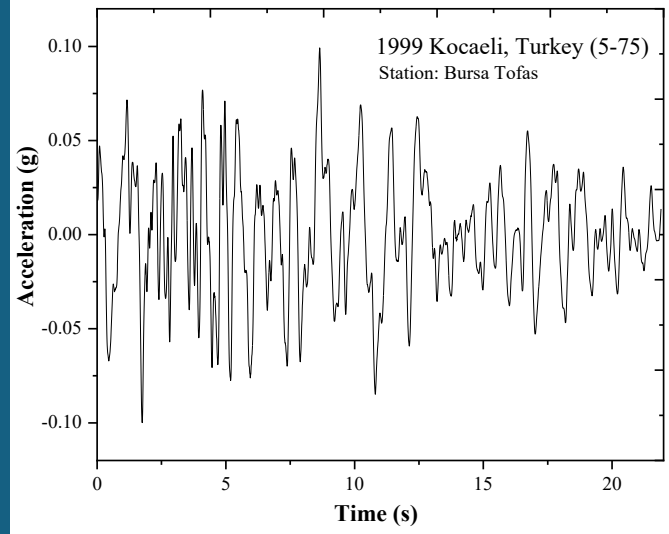
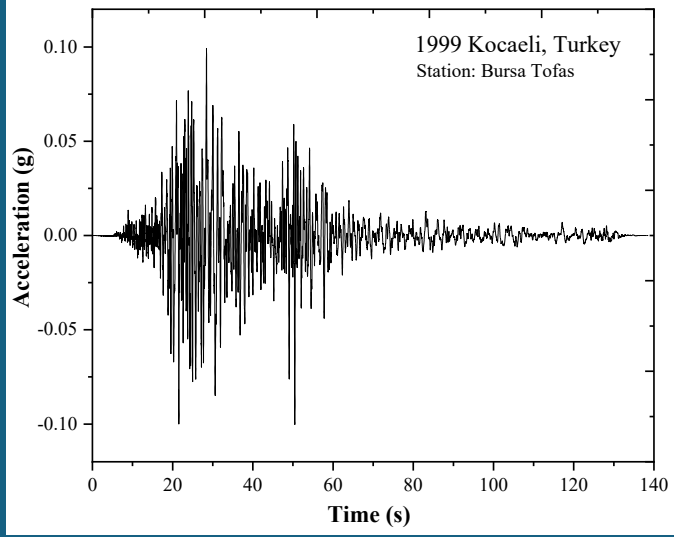
$$V_i = \sqrt{\frac{2E_i}{m}}$$

$$V_a = \sqrt{\frac{2E_a}{m}} = \sqrt{\frac{2(E_s + E_h)}{m}}$$

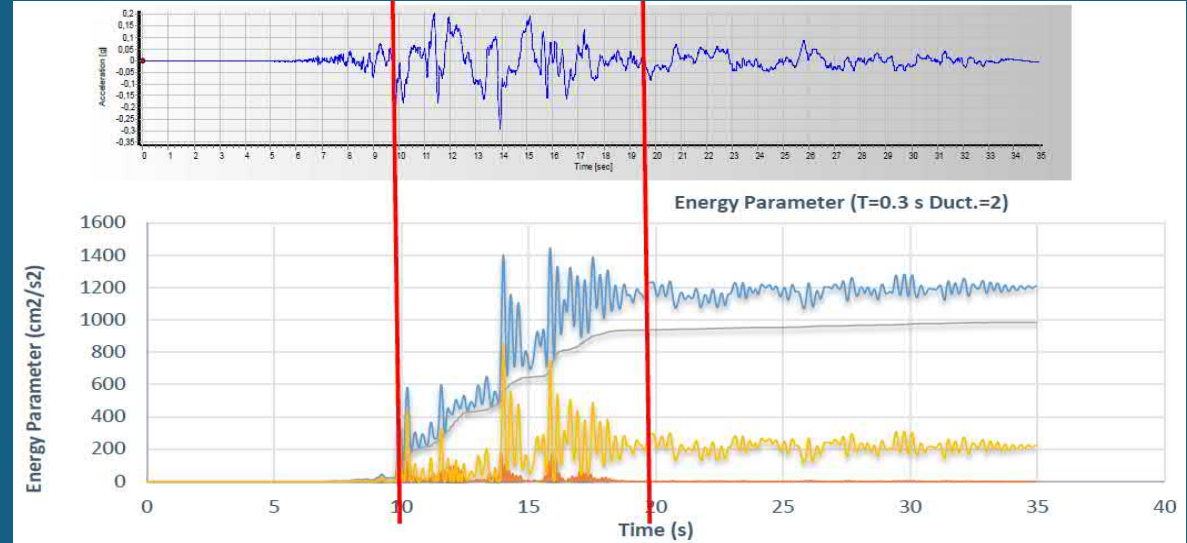
$$A_i = \omega V_i; \quad A_a = \omega V_a$$

Deprem maksimum genliğinin yanında depremin süresini, özellikle etkin süresini dikkate almakta!!!

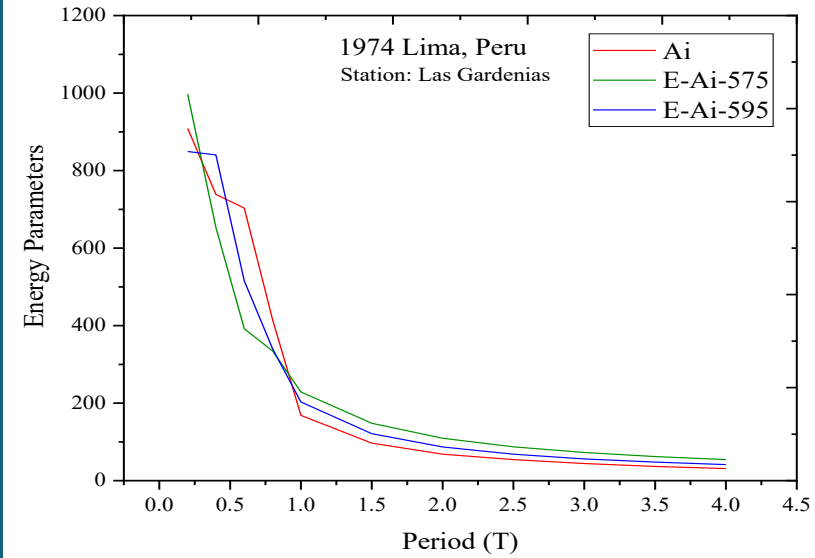
YAPILAN ÇALIŞMALAR



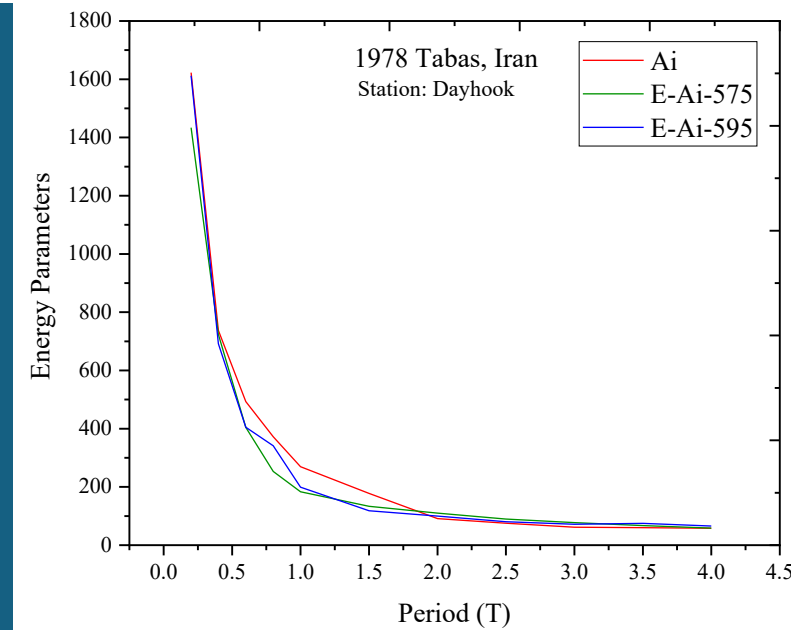
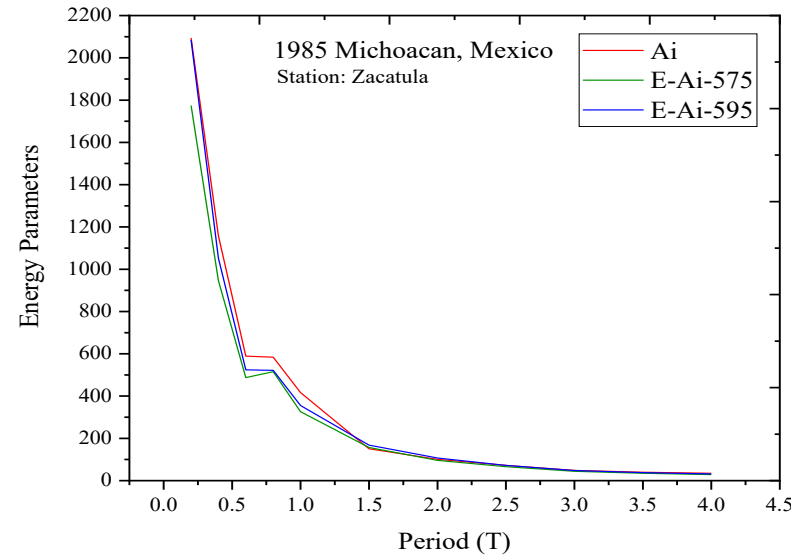
Bu parametreler etkin süreyi Arias yoğunluğu üzerinden dikkate alan yeni bir yaklaşım ile geliştirildi. Bu parametreler E-Ai-575 ve E-Ai-595 olarak isimlendirildi.



YAPILAN ÇALIŞMALAR



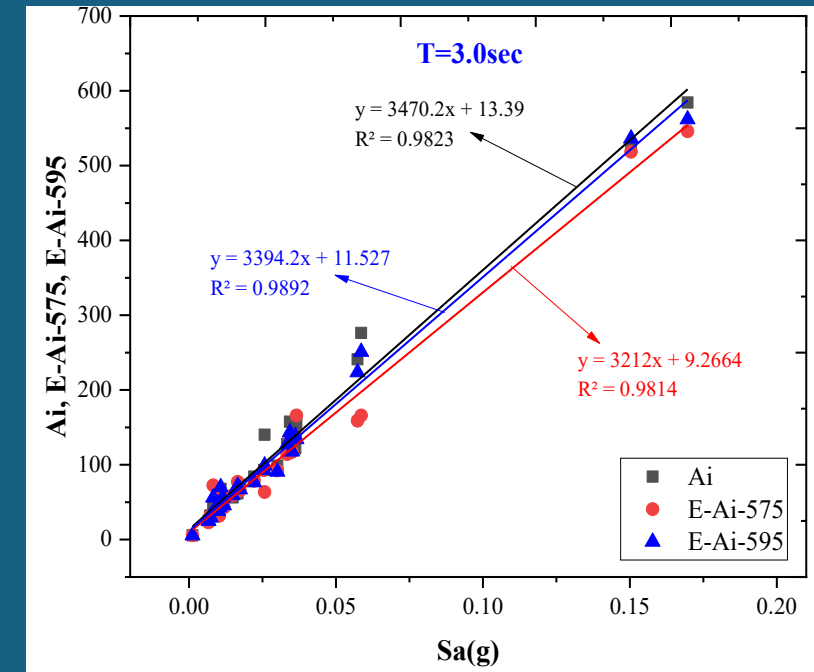
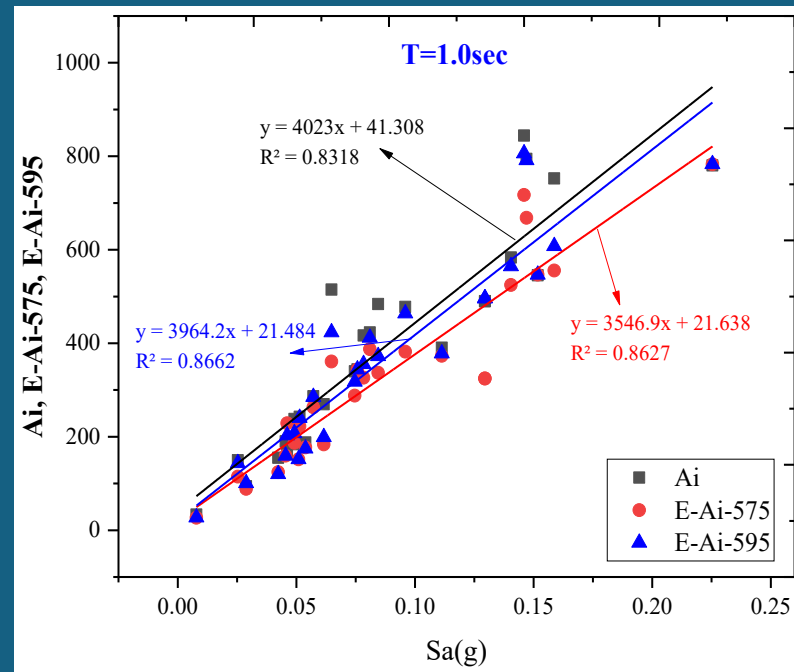
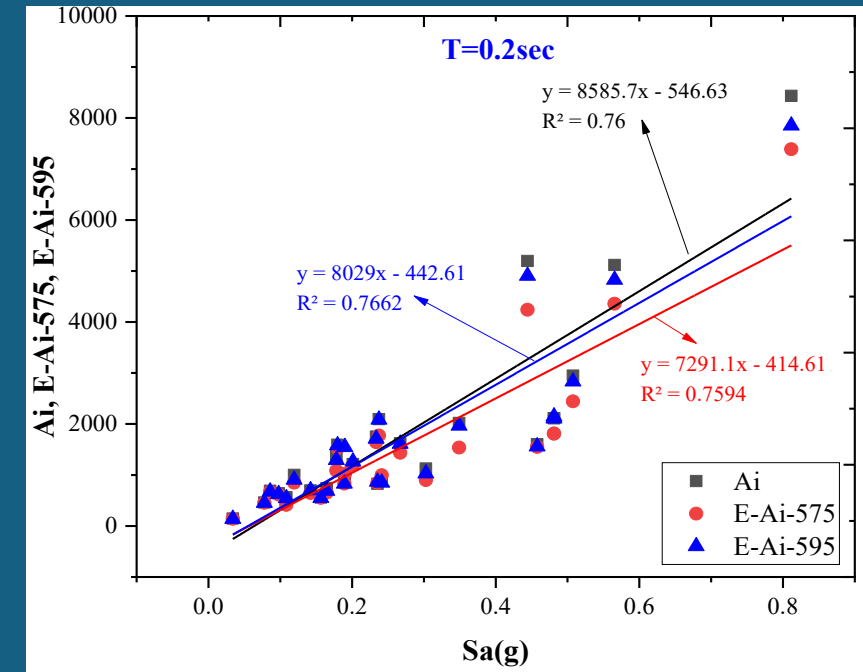
Efektif deprem sürelerinin spektrumları değiştirebildiğini ve genel olarak aynı doğrultuda değerler aldığını ortaya koymaktadır.



Spektrumların aynı deprem kayıtlarına ait efektif süreleri dikkate alması durumunda bile önemli bir değişiklik göstermemesi, yapısal analizlerde kullanılacak spektrumlarda, **analiz sürelerini kısaltmak amacıyla, efektif spektrumların kullanılabileceğini** göstermektedir.

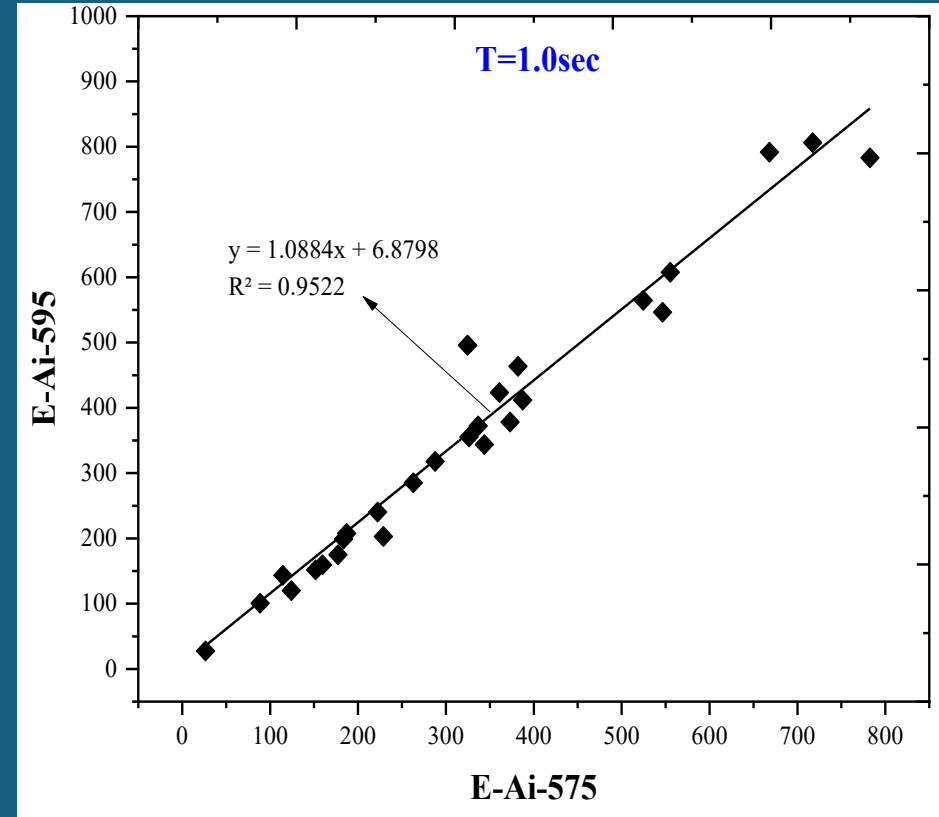
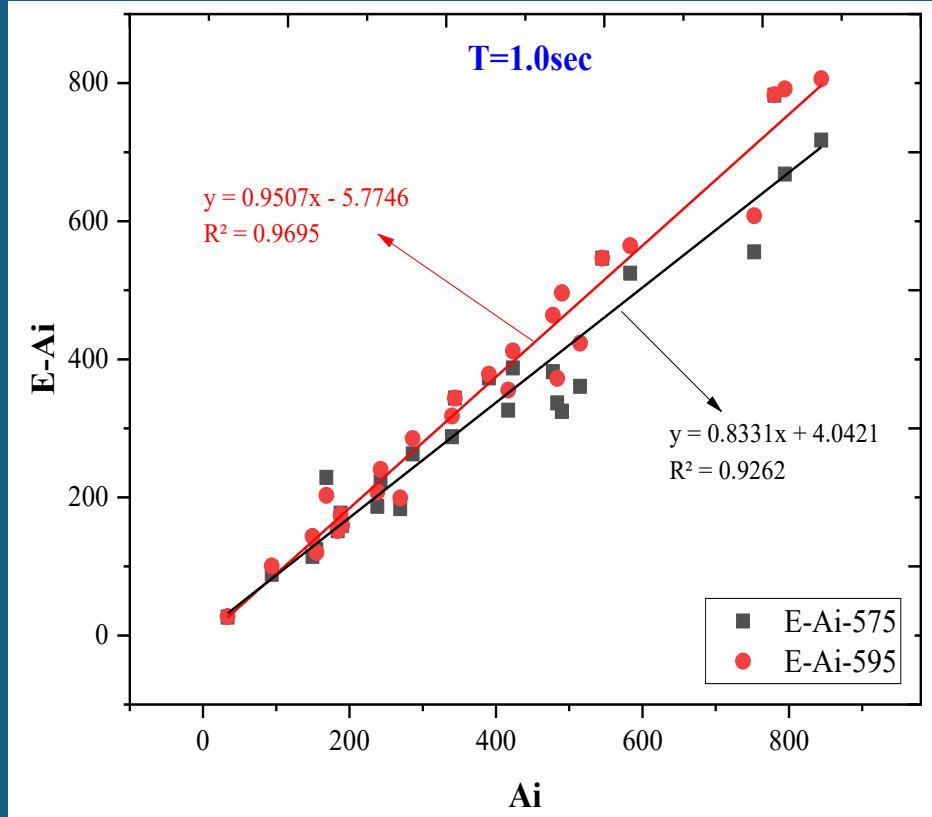


SİSMİK ENERJİ PARAMETRELERİ- Sa ve Enerji Parametreleri Arasındaki Korelasyon



Enerji Parametrelerinin Birbiri Arasındaki Korelasyon

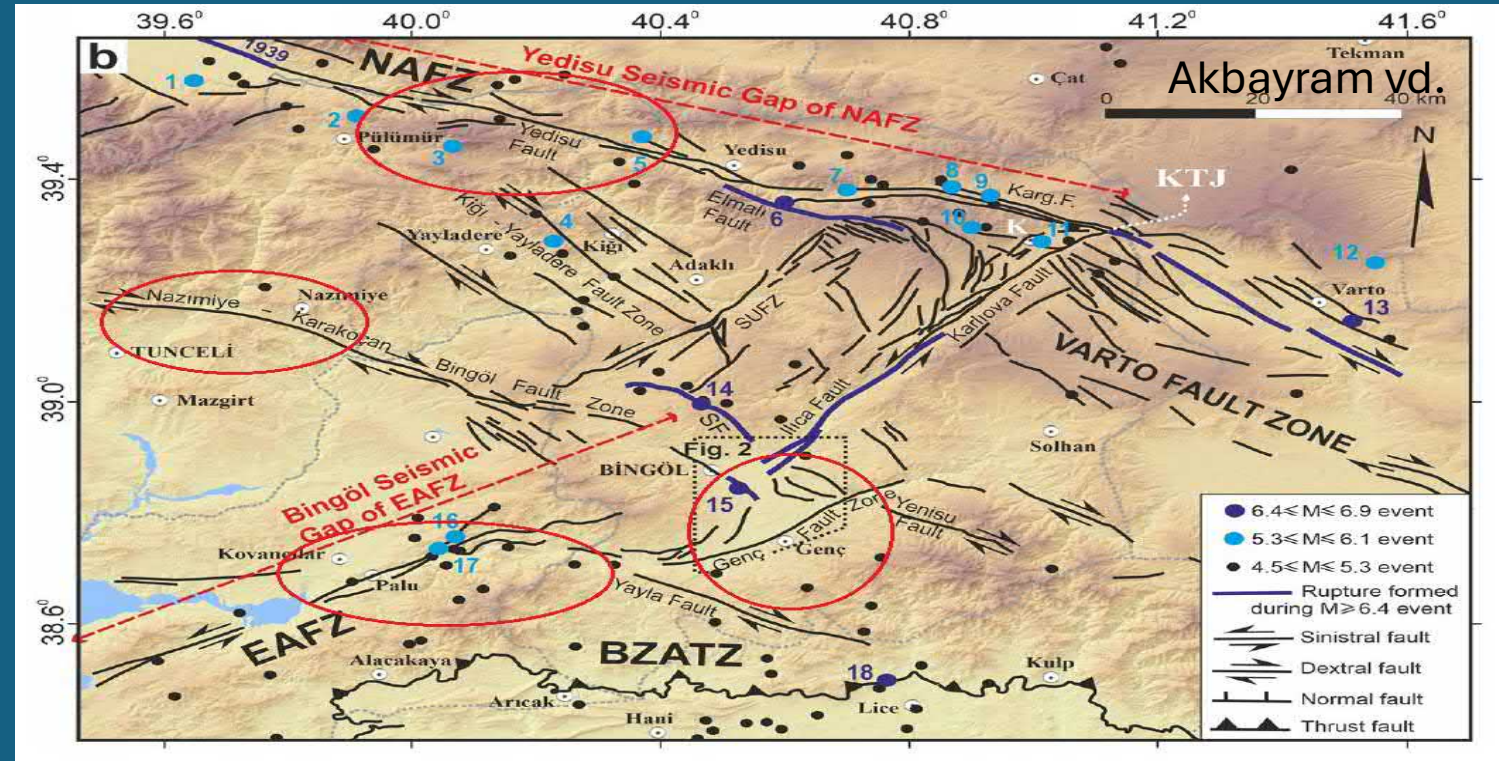
Bu parametreler incelendiğinde, hem yeni efektif parametreler ile normal enerji parametreleri arasında, hem de yeni önerilen efektif parametrelerin birbiri arasında yüksek uyum görülmektedir.



YAPILAN ÇALIŞMALAR

- Deprem tehlikesinin belirlenmesi amacıyla; Bingöl ili şehir merkezine yakın sismik boşluklar üzerinden senaryo depremler belirlendi.
- Belirlenen senaryo depremler, Yedisu(KAF), Palu-Bingöl arası(DAF) ve Nazımiye Karakoçan Fay Zonu üzerinde deprem olmasıydı.
- Burada olması beklenen deprem büyüklükleri sırasıyla 7.2,7.1 ve 7.2 Mw büyüklüğünde depremlerdi.

SEGMENTLER	BÜYÜKLÜK	MESAFE,R(km)
YEDİSU	7.2	60
NAZİMİYE	7.1	45
PALU	7.2	20

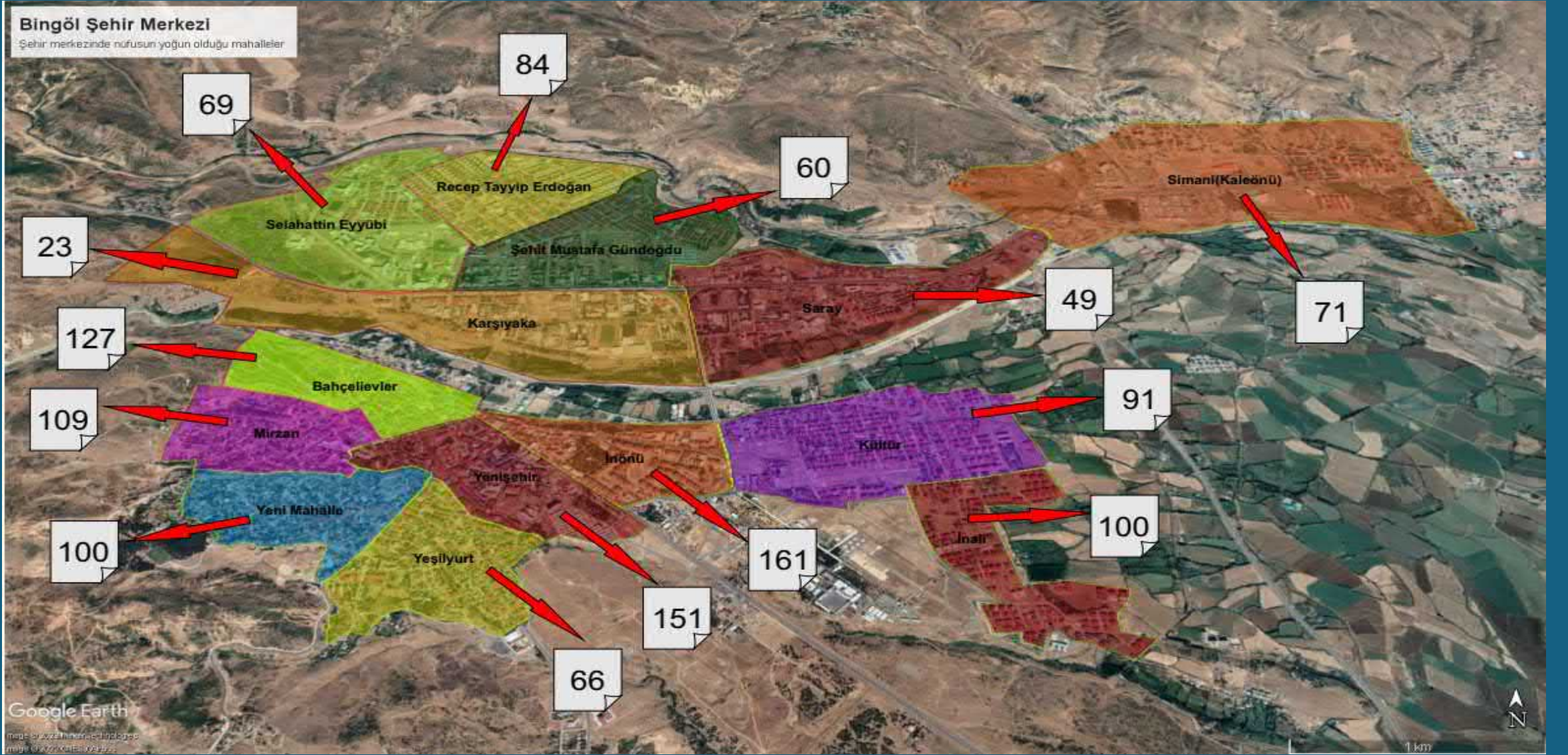


YAPILAN ÇALIŞMALAR

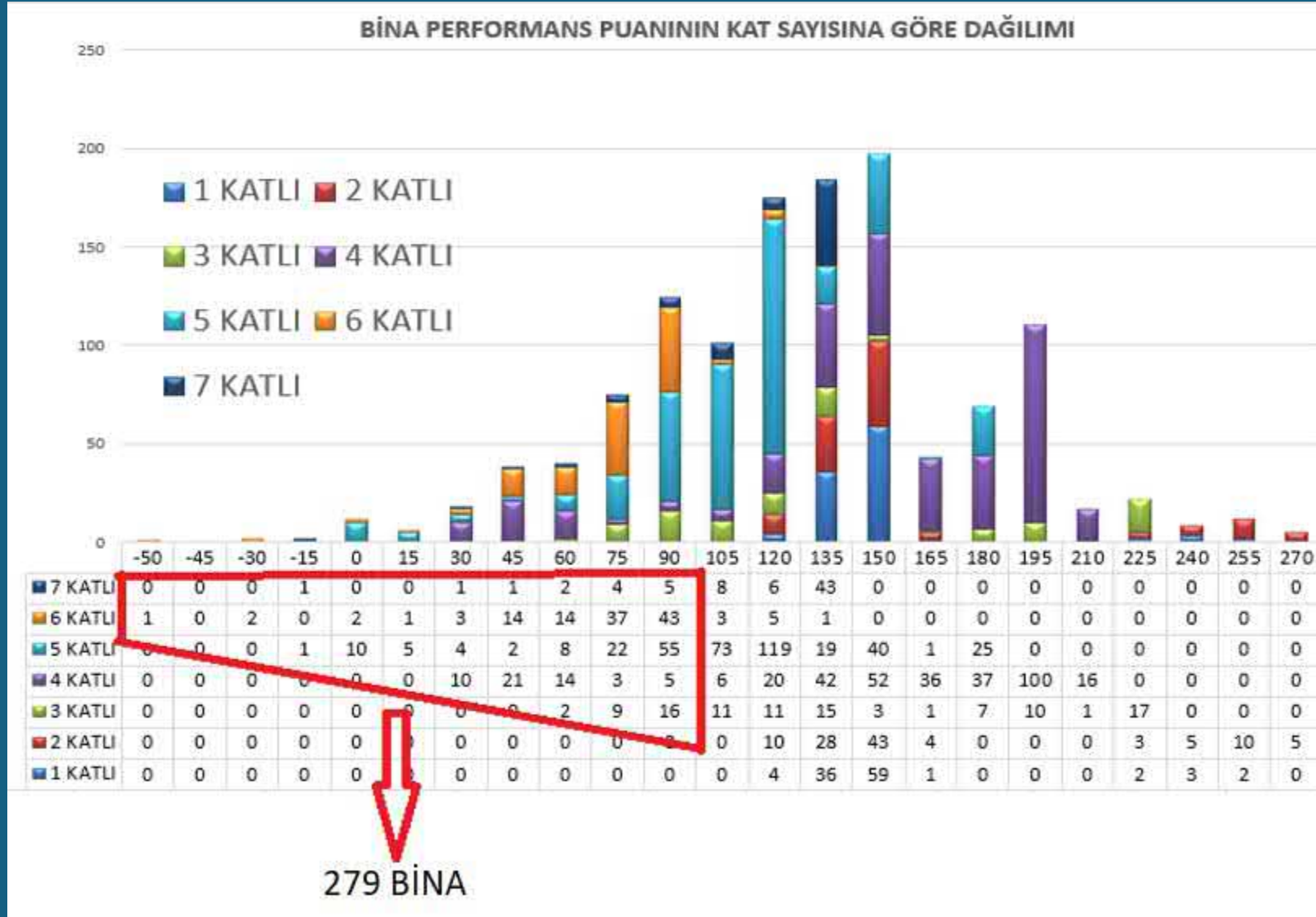
- Yapılan saha çalışmaları ile Bingöl şehir merkezindeki yapı stokunu yansıtan 1261 bina Sokak Taraması Yöntemi ile incelendi.
- İncelenen binalar Bingöl şehir merkezinde bulunan 14 mahalleden alınmıştır.
- Mahallelerde incelenen binaların mevcut yapı stokunu yansıtacak binalar olmasına özen gösterilmiştir.
- Bingöl'deki toplam yapı sayısı 7000 civarındadır. 45000 civarında bağımsız bölüm bulunmaktadır.
- İnceleme sonrasında elde edilen bina performans puanlarına göre öncelikli değerlendirilmesinin gerektiği belirlenen binalar belirlendi.
- Öncelikli olarak değerlendirilmesi gereken 279 bina tespit edilmiştir.

Parametreler		Bina Sayısı
Ağır Çıkma	Var	808
	Yok	453
Yumuşak/Zayıf Kat	Var	675
	Yok	586
Nizam Durumu	Ayrık	774
	Bitişik	319
	Köşede Bitişik	168
Kat Seviyesi	Aynı	1005
	Farklı	256
Düşeyde düzensizlik	Var	13
	Yok	1248
Planda düzensizlik	Var	260
	Yok	1001
Kısa Kolon	Var	24
	Yok	1237
Zemin Eğimi	Yok	1242
	Var	19
Görsel Kalite	İyi	560
	Orta	484
	Kötü	217

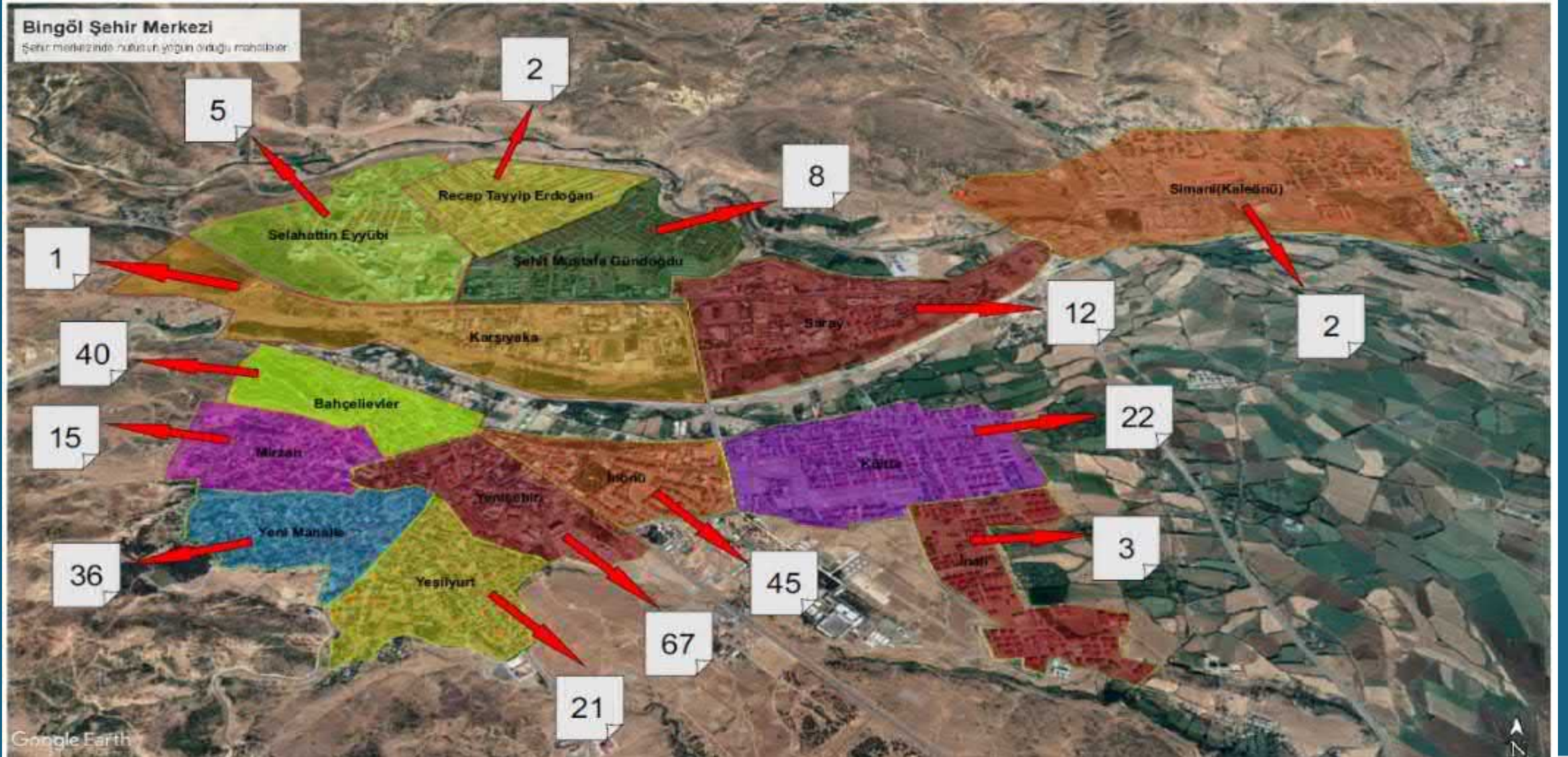
YAPILAN ÇALIŞMALAR



YAPILAN ÇALIŞMALAR

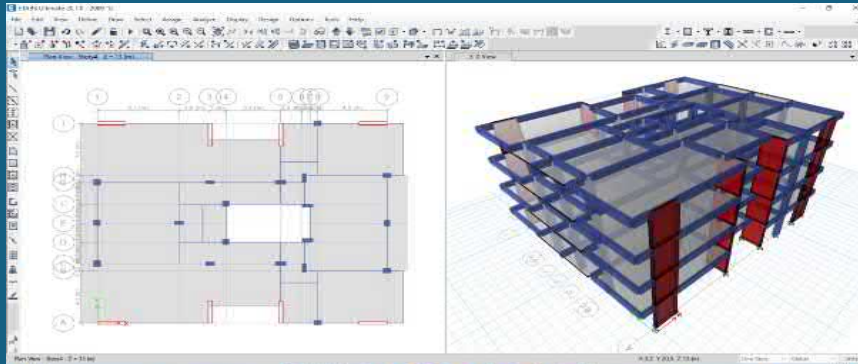
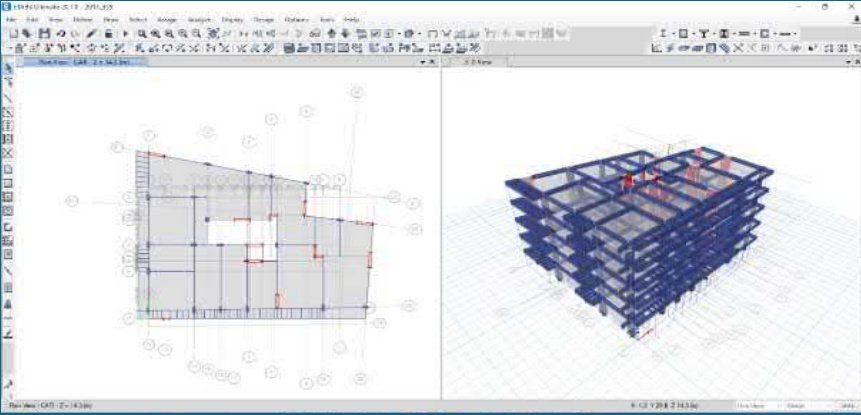


YAPILAN ÇALIŞMALAR

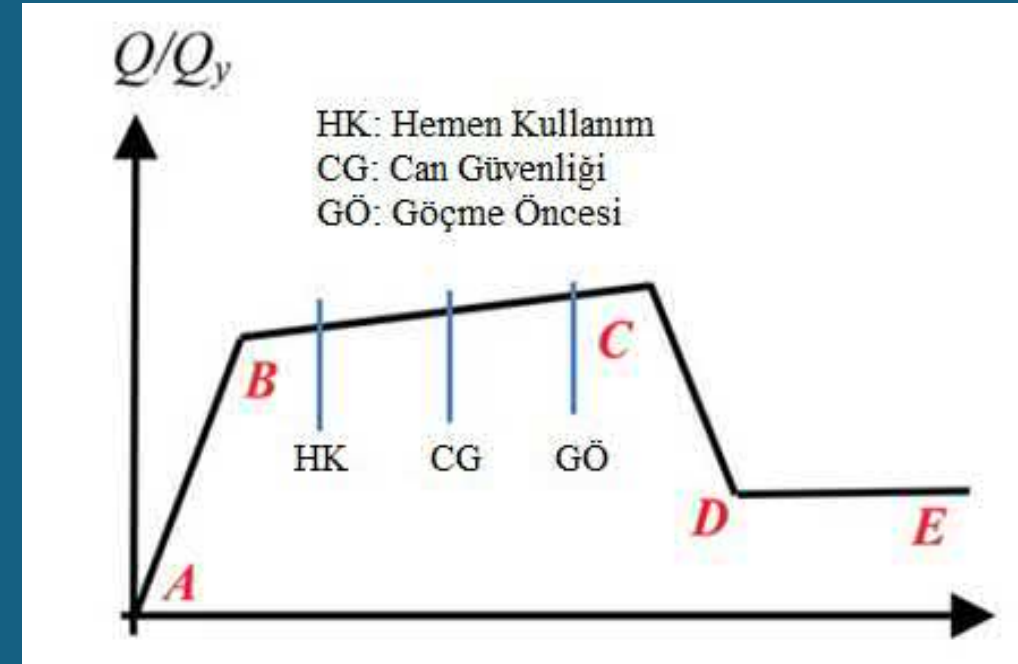
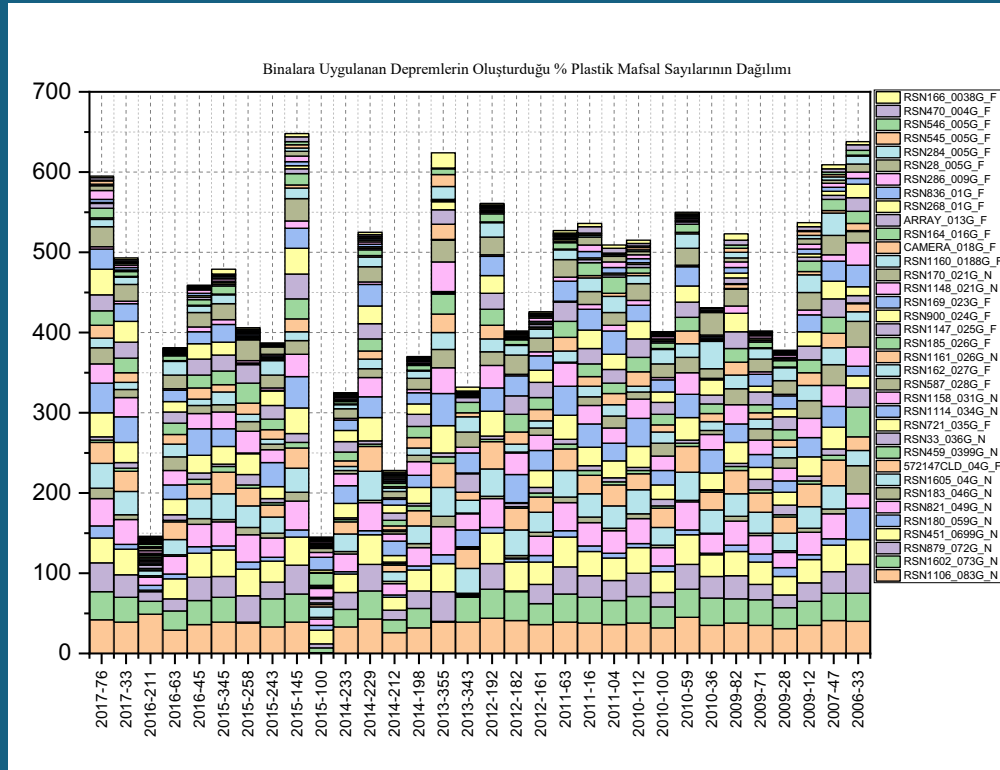


YAPILAN ÇALIŞMALAR

- Belirlenen binalar içerisinde projelerine ulaşılabilen ve yapı stokunda ağırlıklı olarak bulunan ağır çıkma, yumuşak kat ve nizam durumu olumsuzluklarını yansıtan binalar belirlenerek yapısal analizler gerçekleştirilmiştir.

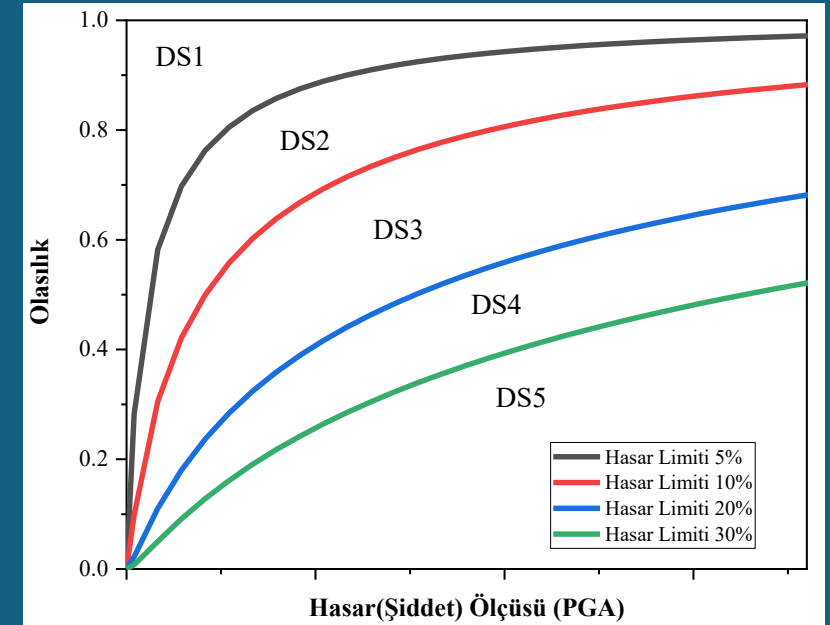
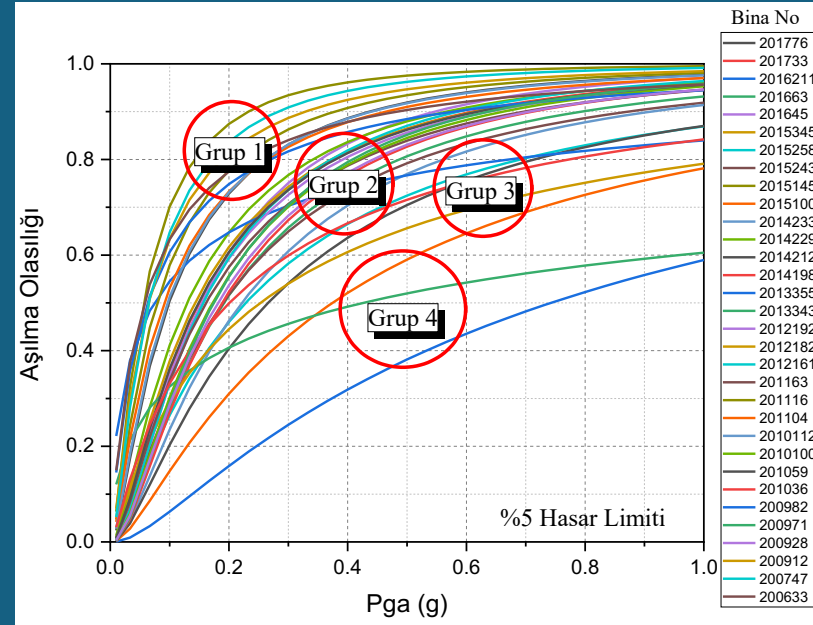
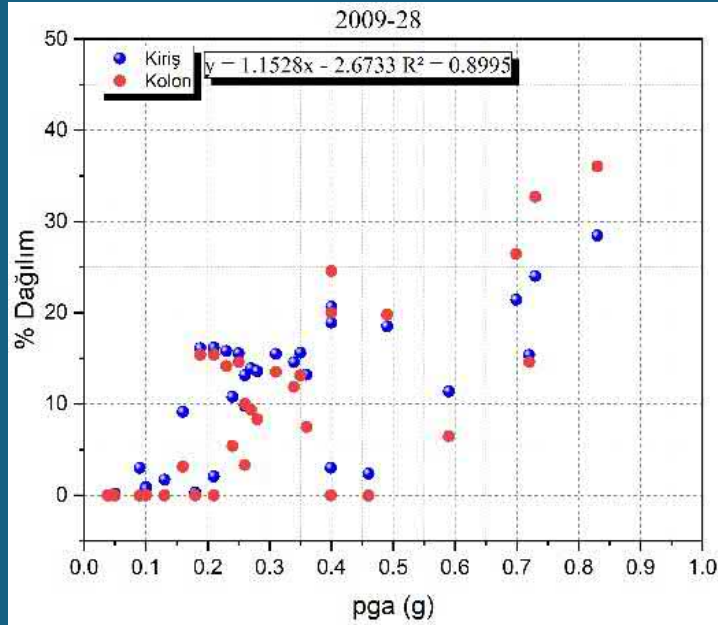


- 36 farklı deprem kaydı kullanılarak non-lineer time history analizleri sonucunda yapılarda meydana gelen plastik mafsalsayısı üzerinden kırılma eğrileri elde edilmiştir.

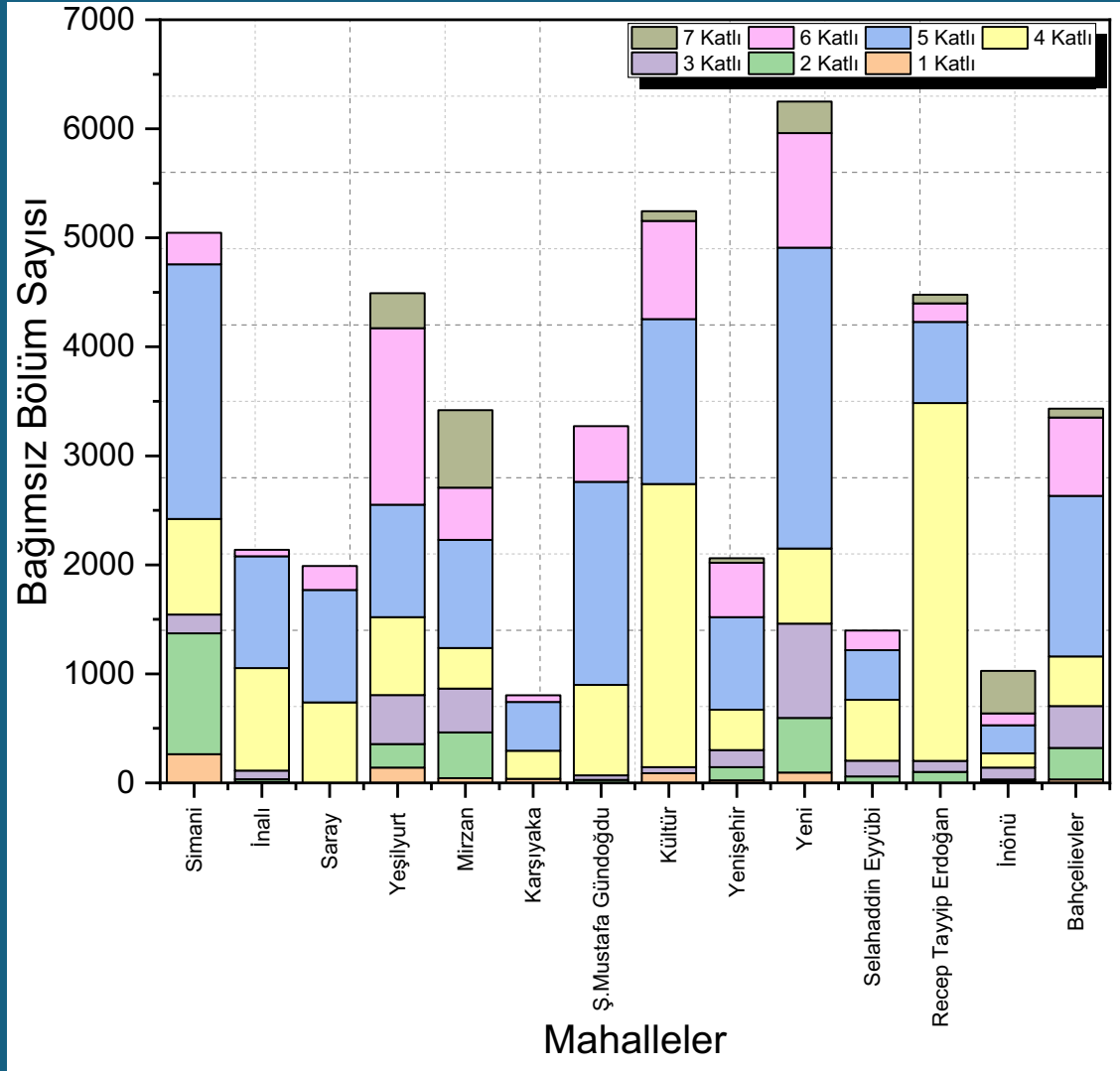


YAPILAN ÇALIŞMALAR

- Kiriş ve kolonlarda meydana gelen mafsalların %si üzerinden yapı tiplerini yansıtan gruplara ayrılmıştır. Böylelikle farklı yapı tipleri için farklı kırılgenlik eğrileri türetilmiştir.



YAPILAN ÇALIŞMALAR

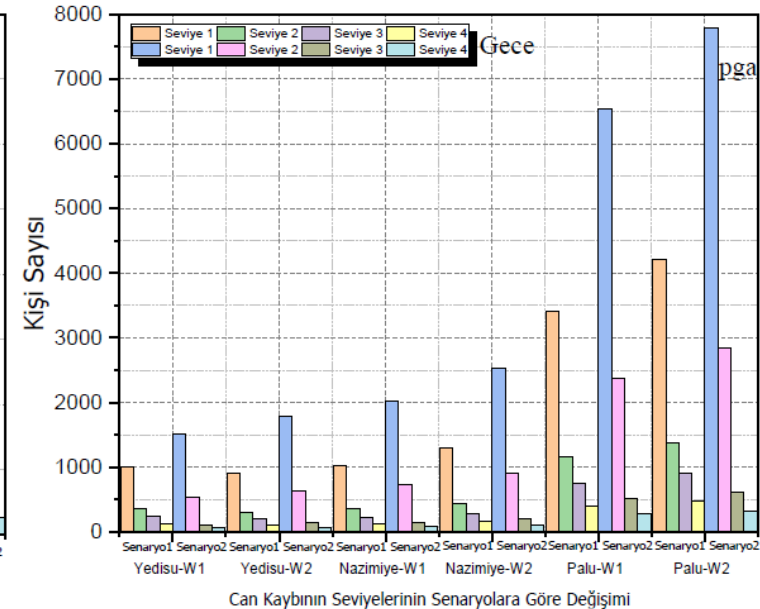
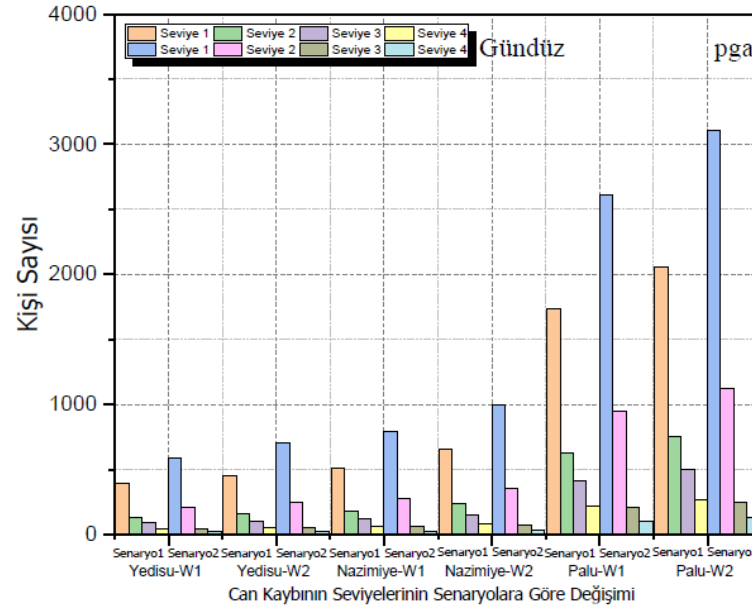
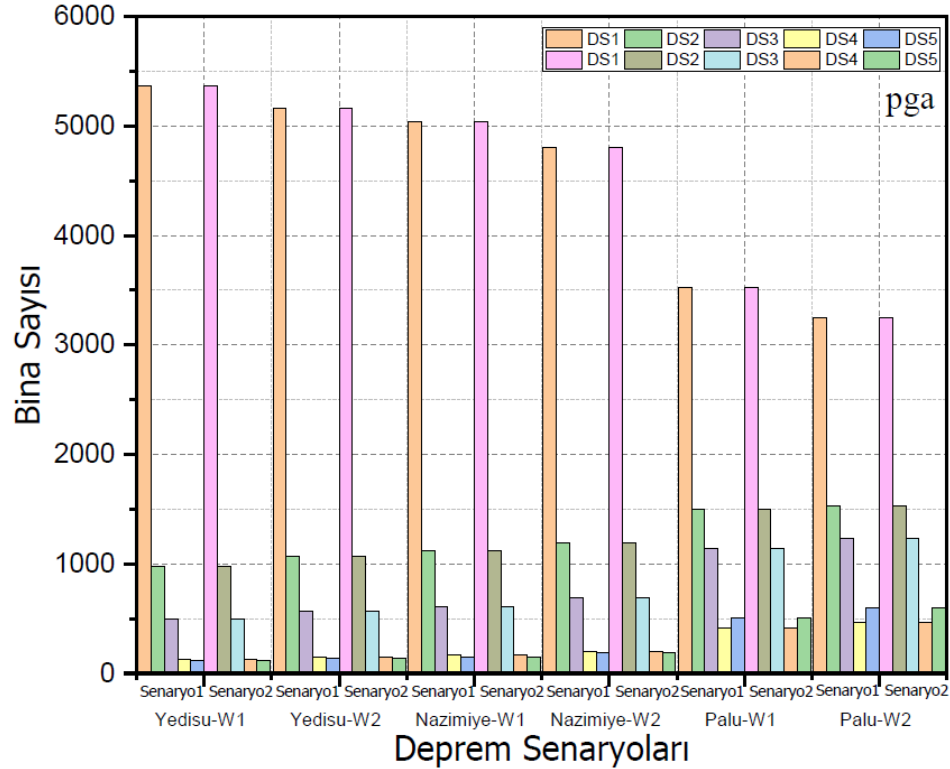
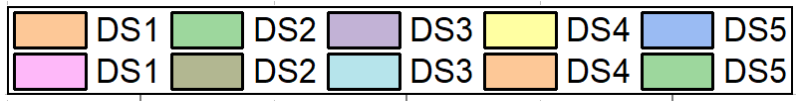


Bu kabuller ve veriler doğrultusunda Bingöl ili şehir merkezindeki 14 mahalle için kayıp değerlendirmeleri gerçekleştirilmiş olup, İçişleri Bakanlığı ADNKS' den alınan **7084 bina ve 45051 bağımsız bölüm** ile ilgili bilgiler çalışmalarda dikkate alınmıştır.

4 farklı deprem parametresi, 3 farklı senaryo depremi, 2 farklı depremin günün hangi saatinde olacağı durum, farklı can kaybı katsayıları, farklı kırılma eğrisi gruplandırmaları, farklı periyot seviyeleri için kayıp değerlendirmesi çalışmaları gerçekleştirilmiştir.



YAPILAN ÇALIŞMALAR



Senaryo1' Senaryo2 Senaryo1' Senaryo2 Senaryo1' Senaryo2 Senaryo1' Senaryo2 Senaryo1' Senaryo2 Senaryo1' Senaryo2

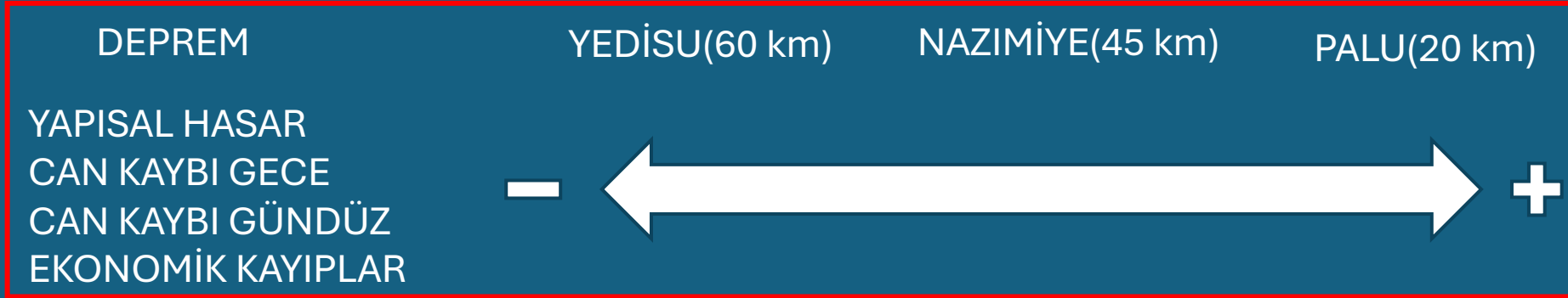
Yedisu-W1 Yedisu-W2 Nazimiye-W1 Nazimiye-W2 Palu-W1 Palu-W2

YAPILAN ÇALIŞMALAR

	Senaryo 1				
	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5
Yedisi W1	£0.00	£279,257,715.06	£572,302,581.67	£299,587,340.58	£326,526,837.47
	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5
Yedisi W2	£0.00	£279,257,715.06	£572,302,581.67	£299,587,340.58	£326,526,837.47
	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5
Nazımiye W1	£0.00	£306,470,388.08	£650,289,207.47	£347,612,426.24	£383,046,911.52
	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5
Nazımiye W2	£0.00	£306,470,388.08	£650,289,207.47	£347,612,426.24	£383,046,911.52
	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5
Nazımiye W1	£0.00	£320,102,448.82	£699,837,802.54	£383,947,641.34	£433,868,789.10
	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5
Nazımiye W2	£0.00	£320,102,448.82	£699,837,802.54	£383,947,641.34	£433,868,789.10
	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5

	Senaryo 1				
	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5
Nazımiye W2	£0.00	£341,561,007.46	£792,778,855.01	£458,649,654.05	£545,962,940.41
	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5
Palu W1	£0.00	£430,032,799.92	£1,306,316,726.42	£948,235,060.87	£1,438,908,117.35
	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5
Palu W2	£0.00	£438,942,712.15	£1,408,693,802.24	£1,071,538,320.83	£1,720,642,505.05
	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5
Palu W1	£0.00	£430,032,799.92	£1,306,316,726.42	£948,235,060.87	£1,438,908,117.35
	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5
Palu W2	£0.00	£438,942,712.15	£1,408,693,802.24	£1,071,538,320.83	£1,720,642,505.05
	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5





DEPREM PARAMETRESİ	PGA	A_i		A_a		S_a
YAPISAL HASAR	PGA	$< A_i$	$\approx$	A_a	$\leq$	S_a
CAN KAYBI GECE	PGA	$< A_i$	$\approx$	A_a	$\leq$	S_a
CAN KAYBI GÜNDÜZ	PGA	$< A_i$	$\approx$	A_a	$\leq$	S_a
EKONOMİK KAYIPLAR	PGA	$< A_i$	$\approx$	A_a	$\leq$	S_a

CAN KAYBI GECE >> CAN KAYBI GÜNDÜZ



Sokak taraması sonucunda bölgedeki yapılarda çoğunlukla ağır çıkma, yumuşak kat ve bitişik nizam sorunları tespit edilmiştir. Yapıların büyük çoğunluğunun 20 yaşının altında olması özellikle 2003 Bingöl depreminden sonra konut tipi yapıların büyük çapta yeniden inşa edildiğini göstermektedir.

Ayrıca mevcut yapı stoku bölgedeki binaların çoğunlukla 4, 5 veya 6 katlı olduğunu ortaya koymuştur. Bütün olumsuzluk parametreleri ile hesaplanan yapısal puan için 90 puan eşik değer olarak belirlenmiştir.



1261 bina incelenmiş, bunlardan 279 tanesi önceliklendirilmiştir. 279 bina değerlendirildiğinde, öncelikli olarak belirlenen binaların şehir merkezinin eski yerleşim yeri olan çarşı kısmında yoğunlaştığı görülmektedir.

Yapı stoku yaşlı olan bölgelerde performans puanı düşük olan binaların toplanması yapıların deprem davranışı ile yaşları arasında bir bağlantı olduğunu göstermektedir. Ayrıca Bingöl ili yapı stokuna bakıldığında orta katlı yapılar büyük bir pay almaktadır.



Orta katlı yapıların yoğunlaştığı bölgeler genel olarak yeni yerleşim bölgeleridir. Bu bölgeler dışında kalan bölgelerde kat sayısı belirli bir yerde yoğunlaşmamaktadır. Bu bölgelerin deprem sırasında rezonans durumuyla karşılaşma ihtimali yüksektir.

Farklı kat sayılarına sahip mahalleler farklı yapı periyot düzeylerine sahiptir ve bu çeşitlilik deprem davranışına olumsuz etki etmektedir.



Yapılan sokak taraması yönteminde çıkan sonuçlar kentsel dönüşümün tamamlandığı bölgelerde iyi performans puanlı binaların sayısının daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Kentsel dönüşümün tamamlanmadığı mahallelerin ise deprem performansı açısından görece daha düşük performans sergilediği görülmüştür.



Bölgenin yapısal hasar görebilirlik değerlendirmesini yapabilmek için bölgeye özgü kırılganlık eğrileri geliştirilmiştir.

Bu aşamada literatürden farklı olarak yapısal elemanlardaki plastik mafsallı durumları ve sayıları dikkate alınmasının doğru bir yaklaşım olacağı sergilenmiştir.



Böylelikle kırılganlık eğrileri için mühendislik parametresi olarak plastik mafsalsayı belirlenmiştir.

PGA, S_a , A_i ve A_a şiddet ölçüleri üzerinden değerlendirme yapılmış ve S_a , A_i ve A_a hasar limitlerine göre (%5, %10, %20, %30) bu parametrelere ait kırılganlık eğrilerinin alternatif olarak kullanılabilecek olduğu belirlenmiştir.

Bu verilerden yola çıkarak kırılganlık eğrileri ile depremde hasar görebilirliğin yansıtılabileceği belirlenmiştir.



Kayıp değerlendirmesi sonuçlarına göre; depremin merkez üssü çalışma sahasına yaklaştıkça depremin çalışma sahasındaki etkileri yükselmektedir.

Yedisu, Nazımiye ve Palu senaryo depremleri incelendiğinde yapısal hasar değerleri Yedisu depreminde her parametre için en düşük değerleri almakta, Palu depreminde ise en yüksek kayıp değerlerini almaktadır.



Can kayıpları ve ekonomik kayıplar yine aynı şekilde etkilenmektedir.

Bu kayıp değerlendirmesi sonuçları incelendiğinde Bingöl ilini en yüksek şekilde tehdit eden deprem tehlikesinin Bingöl sismik boşluğunda meydana gelebilecek bir depremden dolayı olabileceği görülmektedir.



Periyot üzerinden değerlendirme yapıldığı durumda, incelenen yapı stokunun periyot değerleri arttıkça ele alınan bütün parametreler için elde edilen sonuçlar için kayıplar azalmaktadır.

PGA parametresi yapı özelliklerinden bağımsız bir parametre olmasına rağmen, S_a , A_i ve A_a parametreleri ile elde edilen kayıp sonuçlarına bakıldığında orta periyotlu yapılarda yakın sonuçlar verdiği görülmektedir.



Can kayıpları için yapılan değerlendirmede depremin gün içerisinde meydana geldiği zamanın önemi ortaya çıkmıştır. Depremlerin gece meydana gelmesi olasılığında gündüz meydana gelme olasılığına kıyasla kayıpların daha yüksek olduğu görülmüştür.

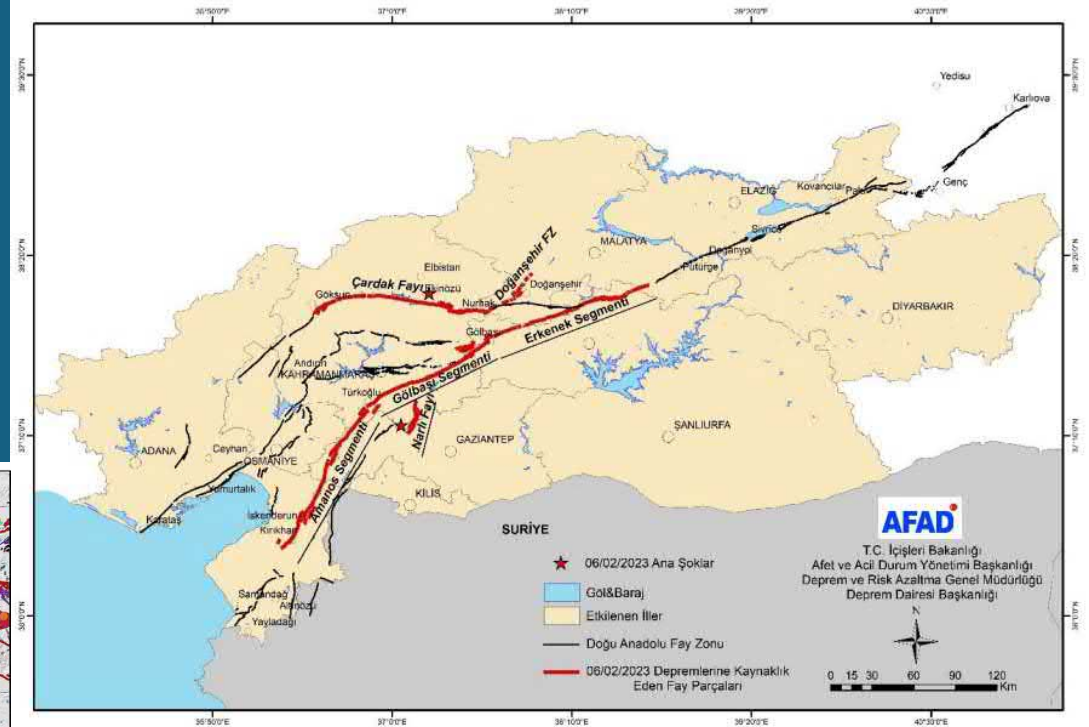
Kayıp değerlendirmesi sonuçlarının değerlendirme aşamasındaki yapı stoku, analiz yöntemi, örnek sayısı, kırılmanlık eğrisi ve senaryo deprem durumlardan önemli şekilde etkilendiği görülmüştür.



KAHRAMANMARAŞ DEPREMLERİ SONUCU MEYDANA GELEN KAYIPLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ



KAHRAMANMARAŞ DEPREMLERİNDEKİ KAYIPLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

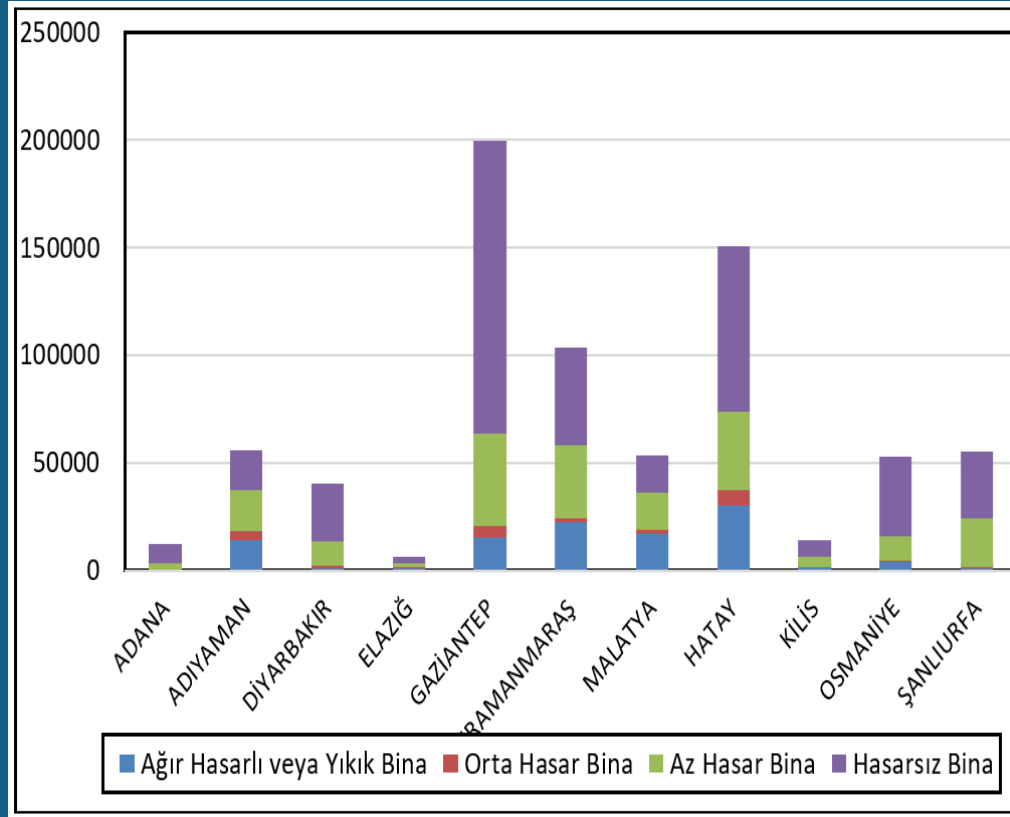


KAHRAMANMARAŞ DEPREMLERİNDEKİ KAYIPLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Depremden Etkilenen İller	Nüfus
Adana	2274106
Adıyaman	635169
Diyarbakır	1804880
Elazığ	591497
Gaziantep	2154051
Hatay	1686043
Malatya	812580
Kahramanmaraş	1177436
Şanlıurfa	2170110
Kilis	147919
Osmaniye	559405
Bölge Toplamı	14013196
Erkek	7049219
Kadın	6963977
Türkiye	85279553
Erkek	42704112
Kadın	42575441



KAHRAMANMARAŞ DEPREMLERİNDEKİ KAYIPLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ



Şehirler	İncelenen Bina Sayısı	Ağır Hasarlı veya Yıkık	Orta Hasar	Az Hasar	Hasarsız
Adana	13141	97	462	2568	9396
Adıyaman	63452	13730	4338	19410	18598
Diyarbakır	45149	1110	1044	10977	27334
Elazığ	4810	1036	174	2176	1266
Gaziantep	228272	15008	5662	42945	135809
Kahramanmaraş	117801	22113	2208	33664	45395
Malatya	64883	16870	1694	17745	17333
Hatay	158112	30112	7281	36112	77107
Kilis	15387	1261	307	4746	7918
Osmaniye	56371	3794	465	11830	36666
Şanlıurfa	63428	663	829	22913	30964
Toplam	830806	105794	24464	205086	407786

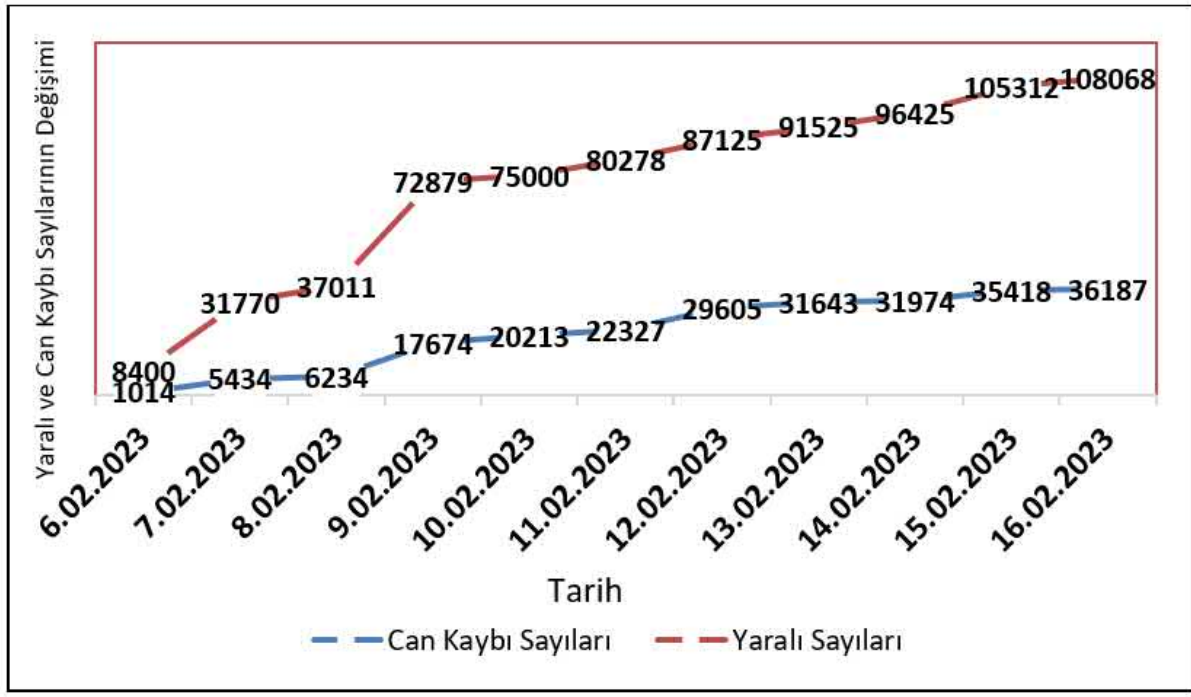


KAHRAMANMARAŞ DEPREMLERİNDEKİ KAYIPLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

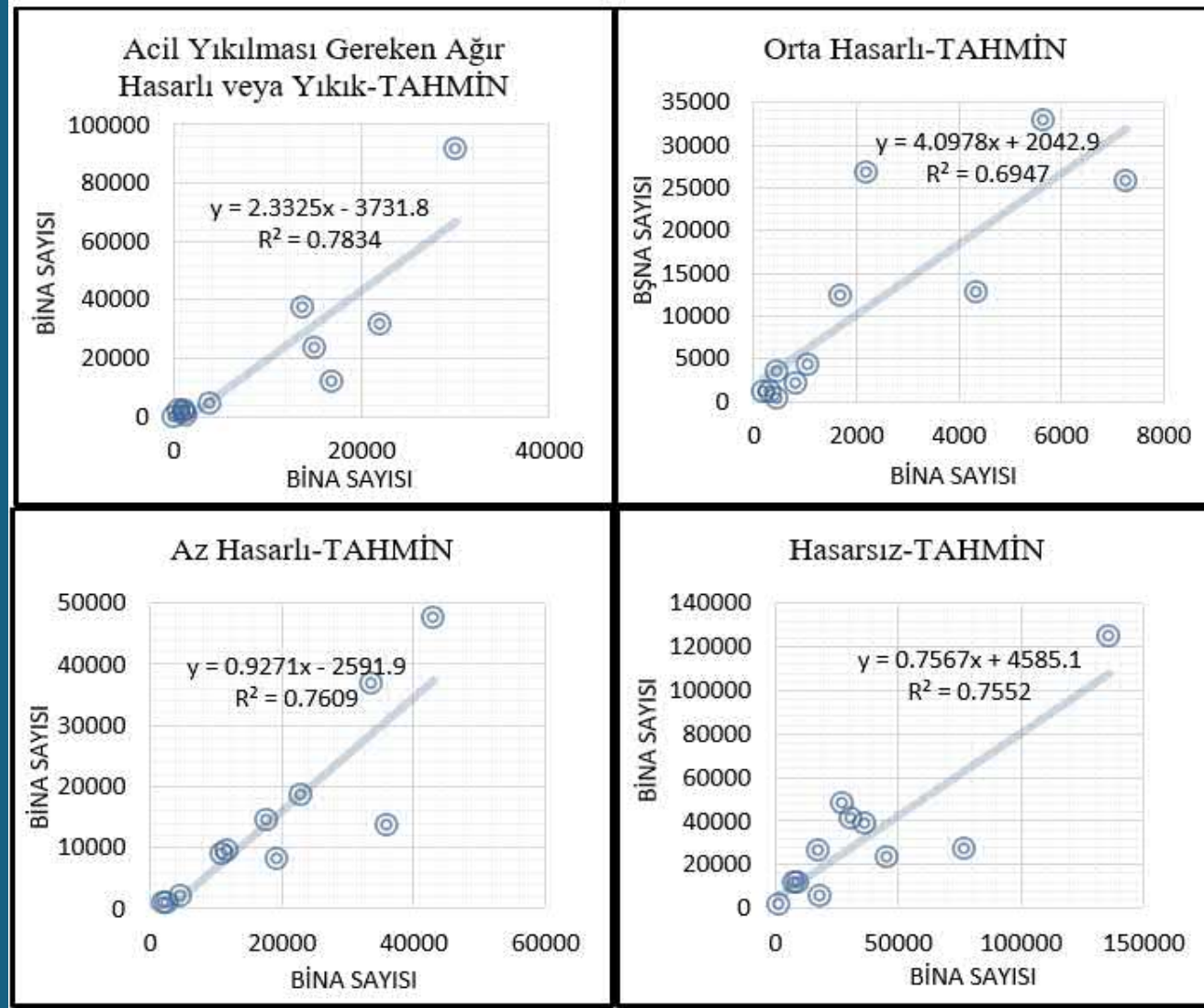
İller	Acil Yıkılması Gereken Ağır Hasarlı veya Yıkık- GERÇEK	Acil Yıkılması Gereken Ağır Hasarlı veya Yıkık- TAHMİN	Orta Hasarlı- GERÇEK	Orta Hasarlı- TAHMİN	Az Hasarlı- GERÇEK	Az Hasarlı- TAHMİN	Hasarsız- GERÇEK	Hasarsız- TAHMİN
Adana	97	86	462	302	2568	874	9396	11878
Adıyaman	13730	37178	4338	12708	19410	8050	18598	5516
Diyarbakır	1110	1920	1044	4309	10977	8815	27334	48408
Elazığ	1036	1413	174	1060	2176	1025	1266	1311
Gaziantep	15008	23461	5662	32853	42945	47603	135809	124355
Kahramanmaraş	22113	31389	2208	26762	33664	36701	45395	22928
Malatya	16870	11856	1694	12303	17745	14565	17333	26160
Hatay	30112	91459	7281	25737	36112	13647	77107	27269
Kilis	1261	466	307	1045	4746	2138	7918	11739
Osmaniye	3794	4493	465	3561	11830	9588	36666	38730
Şanlıurfa	663	1990	829	2081	22913	18625	30964	40731



KAHRAMANMARAŞ DEPREMLERİNDEKİ KAYIPLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

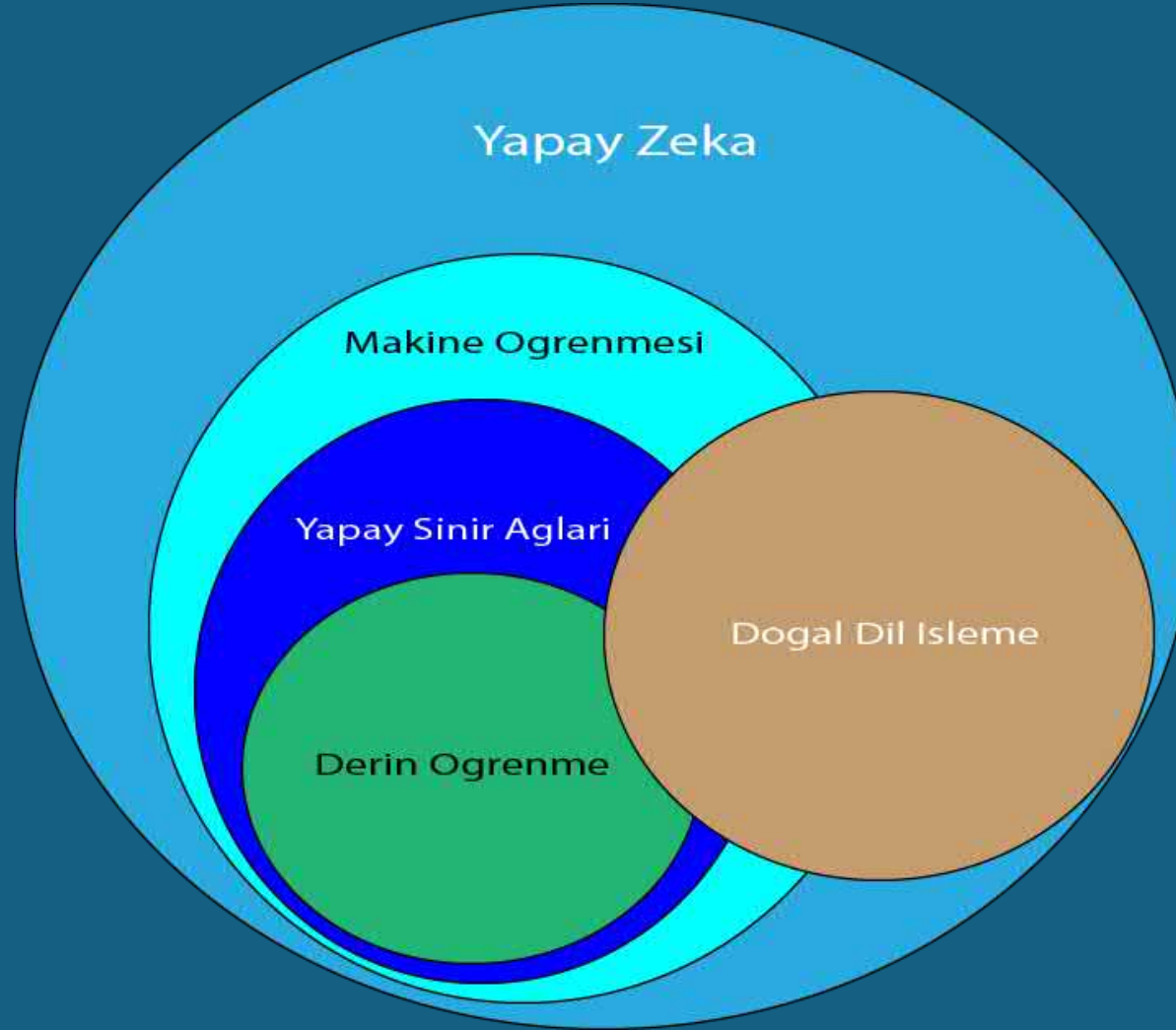


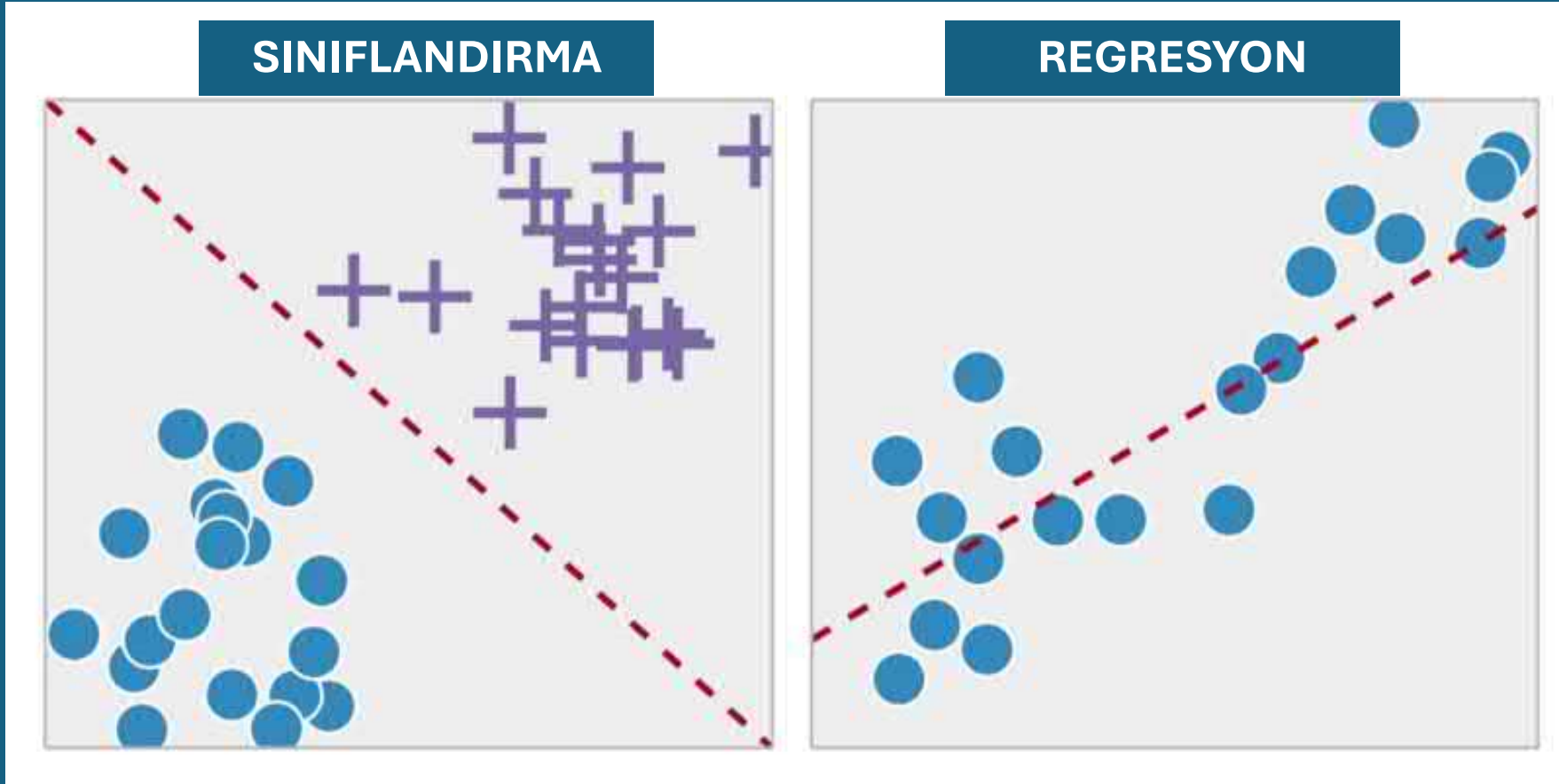
KAHRAMANMARAŞ DEPREMLERİNDEKİ KAYIPLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ



YAPAY ZEKA DESTEKLİ DEPREM RİSK ANALİZİ







- Sınıflandırma, veri noktalarını belirli sınıflara atamayı amaçlarken, regresyon sürekli bir hedef değişkeni tahmin etmeyi amaçlar.

- **Model Eğitimi** : Regresyon modeli, hem girdi özelliklerini hem de bunlara karşılık gelen doğru çıktı değerlerini içeren bir veri kümesi kullanılarak eğitilir.
- **Amaç** : Giriş değişkenlerini (bağımsız değişkenler) çıkış değişkenine (bağımlı değişken) en iyi şekilde eşleyen ve böylece yeni, görülmemiş veriler üzerinde doğru tahminler yapabilen bir fonksiyonu öğrenmektir.
- **Değerlendirme** : Eğitildikten sonra, modelin performansı belirli regresyon görevine bağlı olarak çeşitli metrikler kullanılarak değerlendirilir. Yaygın değerlendirme metrikleri arasında Ortalama Karesel Hata (MSE), Kök Ortalama Karesel Hata (RMSE), R-kare (R^2 puanı), Ortalama Mutlak Hata (MAE) vb. bulunur.



- **Model Eğitimi** : Sınıflandırma modeli, hem giriş özelliklerini (bağımsız değişkenler) hem de karşılık gelen hedef etiketleri (bağımlı değişken) içeren etiketli bir veri kümesi üzerinde eğitilir.
- **Amaç** : Amaç, yeni ve görülmemiş örnekler için giriş özelliklerini doğru sınıf etiketine doğru bir şekilde eşleyebilen bir işlevi öğrenmektir.
- **Değerlendirme** : Eğitildikten sonra, modelin performansı belirli sınıflandırma görevine bağlı olarak çeşitli metrikler kullanılarak değerlendirilir. Yaygın değerlendirme metrikleri arasında Doğruluk, Hassasiyet, Geri Çağırma, F1 Puanı, ROC-AUC Eğrisi vb. bulunur.



Deprem alanında yapay zeka araçları kullanılarak yapılan bir çok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar aşağıda maddeler halinde verilen konuları kapsamaktadır:

- Sismik veri analizi
- Deprem tahmini
- Risk Analizleri
- Afet Yönetimi
- Uydu görüntülerinden hasar tespiti

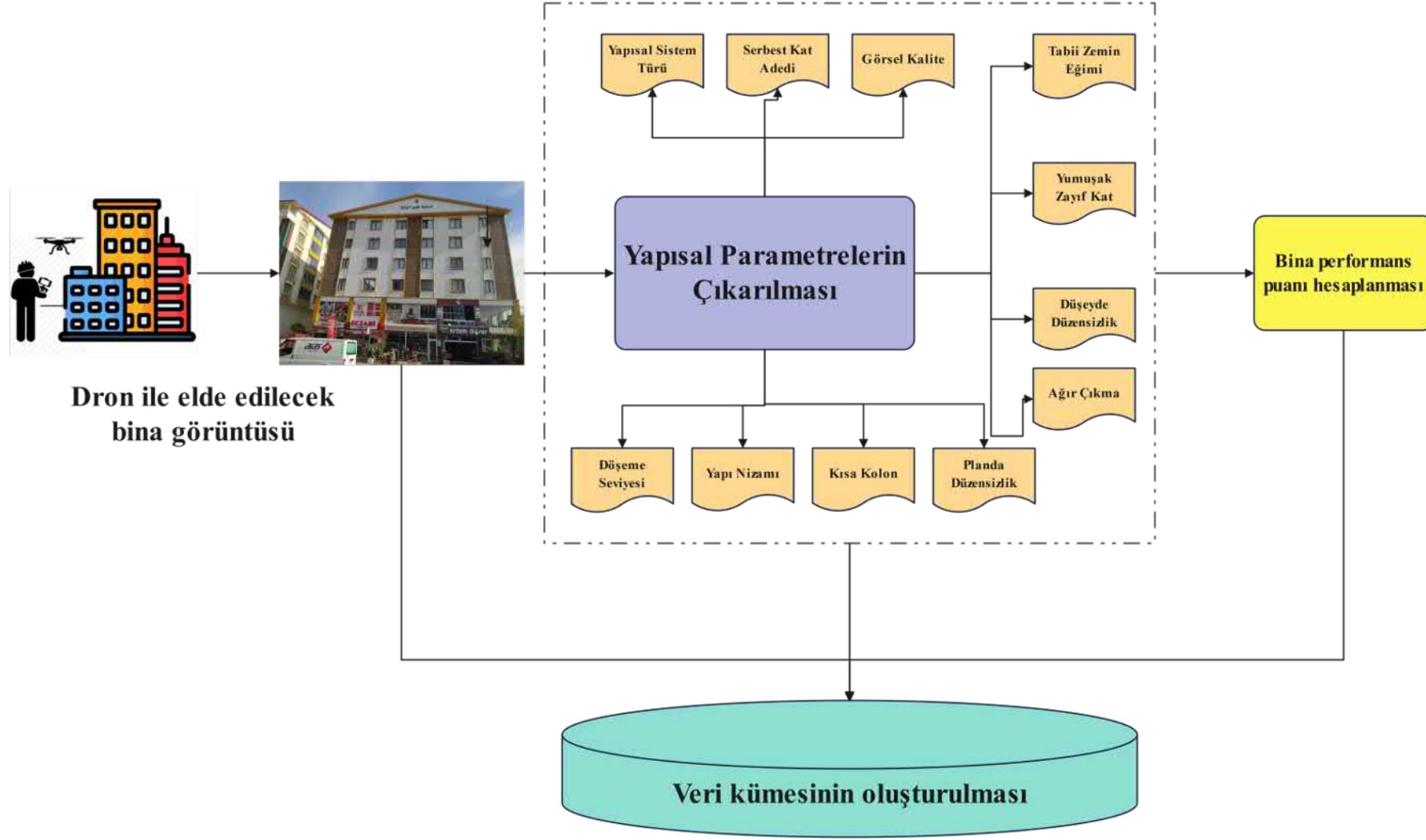


Deprem alanında yapay zeka araçları kullanılarak yapılan bir çok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar aşağıda maddeler halinde verilen konuları kapsamaktadır:

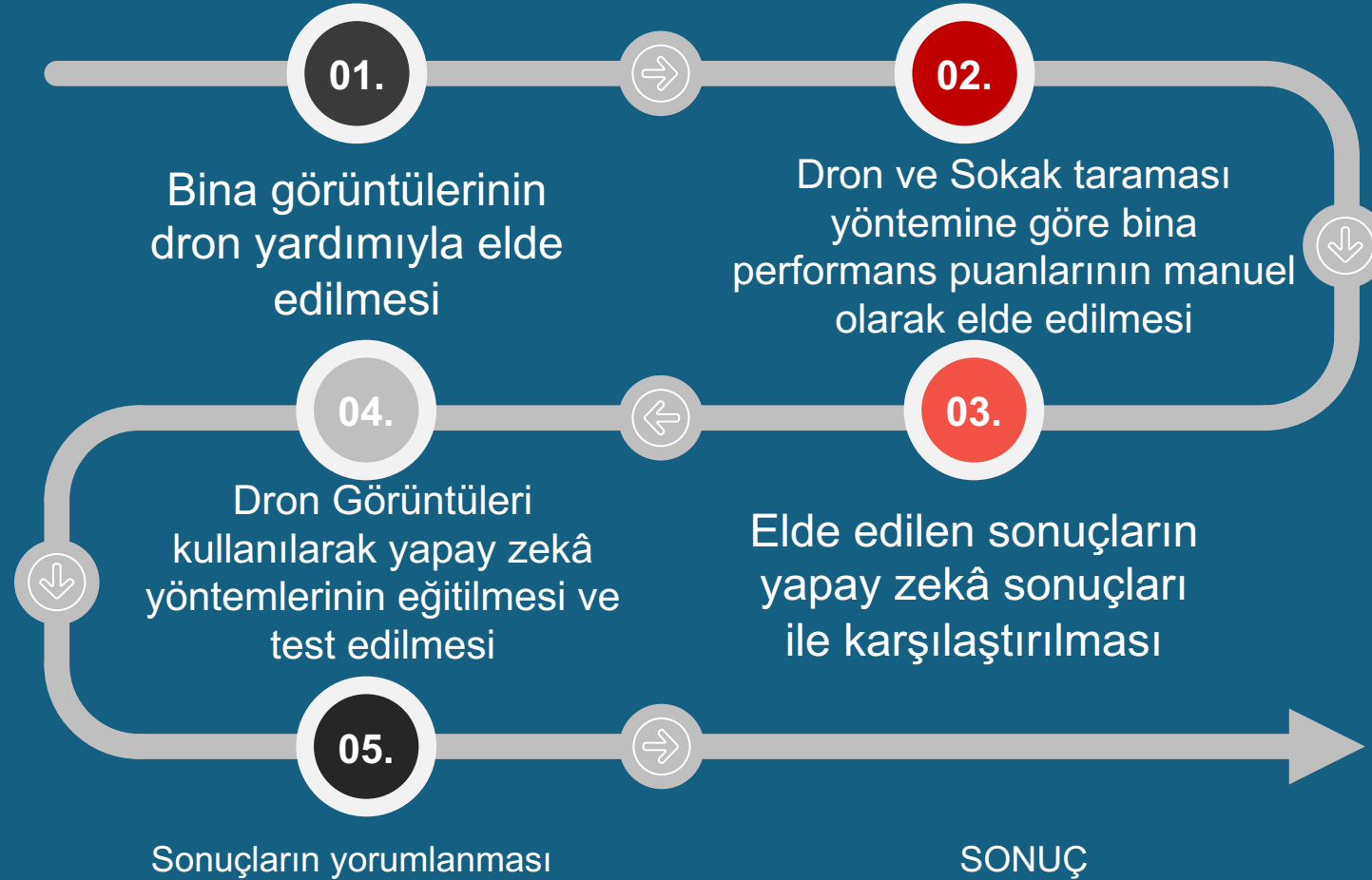
- Deprem sonrası hasar tespiti
- Yapı sağlığı izleme
- Simülasyon ve modelleme
- Depremin toplum üzerindeki etkileri
- Mevcut yapıların değerlendirilmesi-(Bu alanda çok çalışma yok!)



YAPAY ZEKA DESTEKLİ DEPREM RİSK ANALİZİ



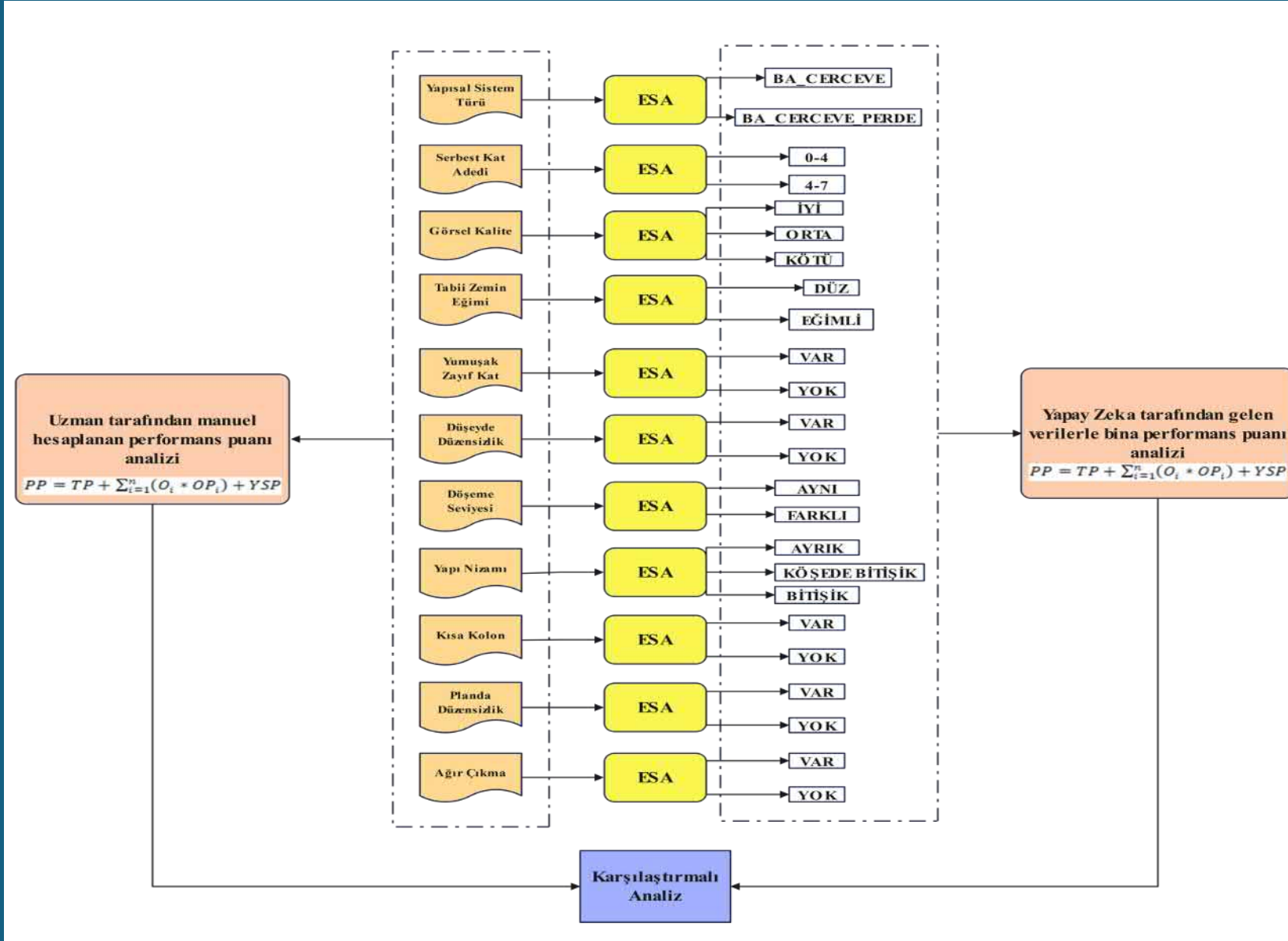
YAPAY ZEKA DESTEKLİ DEPREM RİSK ANALİZİ



YAPAY ZEKA ARAÇLARININ SOKAK TARAMASI YÖNTEMİNE ENTEGRASYONU



YAPAY ZEKA ARAÇLARININ SOKAK TARAMASI YÖNTEMİNE ENTEGRASYONU



Kullanılan Derin Öğrenme Modelleri

- VGG16
- DenseNet121
- InceptionV3
- ResNet101



YAPAY ZEKA ARAÇLARININ SOKAK TARAMASI YÖNTEMİNE ENTEGRASYONU

- Ön Çalışmada 344 bina verisi kullanılmıştır.
- Bina durum parametrelerinin sınıflandırılmasında kullanılan modellerin performans karşılaştırması yandaki tabloda verilmiştir.

	VGG16		DenseNet121		InceptionV3		ResNet101	
	ACC	F1-score	ACC	F1-score	ACC	F1-score	ACC	F1-score
Agir Cikma	İyi	Yüksek	İyi	Yüksek	İyi	Yüksek	İyi	Yüksek
Doseme Seviyesi	İyi	Yüksek	İyi	Yüksek	İyi	Yüksek	İyi	Yüksek
Gorsel Kalite	Kötü	Düşük	Kötü	Düşük	Kötü	Düşük	Kötü	Düşük
Kisa Kolon	Kötü	Düşük	Kötü	Düşük	Kötü	Düşük	Kötü	Düşük
Serbest Kat Adedi	Kötü	Düşük	Kötü	Düşük	Kötü	Düşük	Kötü	Düşük
Yapi Nizami	Kötü	Düşük	Kötü	Düşük	Kötü	Düşük	Kötü	Düşük
Yapisal Sistem	Kötü	Düşük	Kötü	Düşük	Kötü	Düşük	Kötü	Düşük
Turu	Kötü	Düşük	Kötü	Düşük	Kötü	Düşük	Kötü	Düşük
Yumusak_Zayif	İyi	Yüksek	İyi	Yüksek	İyi	Yüksek	İyi	Yüksek
Kat								
Planda								
Duzensizlik	Kötü	Düşük	Kötü	Düşük	Kötü	Düşük	Kötü	Düşük
Duseyde								
Duzensizlik								
	Veri Yetersiz							



Avantajları neler?

- Hızlı
- İş gücünde azalma
- Uzman sayısında azalma
- Ekonomik
- Verilerin validasyonu için kullanılabilir
- Yardımcı bir destek sistemi
- İleride puanlamayı tamamen kendisi yaparak, şehirlerin yapı stoku kolay bir şekilde değerlendirilebilir.



SONUÇLAR



Yeterli iş gücü, ekipman, yöntem ve doğru bilgi toplanması ile birlikte Türkiye'deki şehirlerde bulunan mevcut yapıların deprem performansı değerlendirilerek deprem öncesi ve sonrası alınacak önlemler belirlenebilir.

Böylelikle deprem kaynaklı zararlar en aza indirgenmiş olacaktır. Son olarak, bu seminer kapsamında anlatılan kayıp değerlendirme çalışmaları, yapısal hasarlarını, yapısal hasar kaynaklı can kayıplarını ve ekonomik kayıpları değerlendirmektedir.

Kayıp değerlendirmesi çalışmalarında iletim ve ulaşım hatlarının da değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir.



Teşekkür...

- Prof. Dr. Ali Sarı'ya
- Doç. Dr. Bilal Balun'a
- Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Üzen'e
- Arş.Gör. Salih Taha Alperen Özçelik'e
- Bingöl Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Akademik Personellerine
- Bingöl Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü öğrencileri Muhammet Özdemir, Yasin Giden, Abdulkadir Demirçelik ve Hasan Özer'e,
- Bingöl Belediyesi'ne
- ve
- TÜBİTAK'a

sonsuz teşekkürler...



"Eğer iyi mühendislik görmüş bir yapıdaysanız,
deprem anında en güvenilir yerdesiniz demektir"



Sorularınız???

İletişim: ofnemitlu@bingol.edu.tr

Cep: 0 533 161 33 23

Oda: 0 426 216 00 12 / 5340

