



İzmir Kentsel Dirençlilik Projesi

Kentsel Kırılabilirlik ve Sistem Değerlendirme Raporu (D1)

Danışman: Prof. Dr. Hilmi Evren Erdin (DEÜ, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü)

Analist: Yusuf Eminoğlu

Eylül 2026

Bu faaliyet, Avrupa Birliği tarafından Teknik Yardım Finansman Aracı (TAF) kapsamında finanse edilmekte ve Dünya Bankası tarafından, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) ile koordineli olarak yürütülmektedir.

Taslak — Dünya Bankası onayına (clearance) tabidir. Resmî Kullanım.

Table of Contents

Yönetici Özeti

İzmir metropoliten alanı, jeolojik yapısı, yoğun yapılaşma dokusu, altyapı bağımlılıkları ve çoklu afet tehlikelerine maruziyeti nedeniyle yüksek kentsel risk taşımaktadır. Aktif fay zonları, Bornova ve Bayraklı havzalarındaki alüvyal zemin büyütmesi, kıyı ve plüvyal su baskınları, kentsel ısı adası ile çeperdeki orman yangını tehlikeleri kentsel sistemler üzerinde kaskad (zincirleme) riskler oluşturmaktadır. Bu çalışma, Dünya Bankası Görev Tanımı (ToR) kapsamında yürütülen *Resilient İzmir: Multi-Hazard Preparedness and Risk Reduction* teknik desteğinin birinci ana teslim ürünü olan **Kentsel Kırılabilirlik ve Sistem Değerlendirme Raporu (D1)** belgesidir.

Çalışma, ToR Görev 1–9 arasındaki tüm gereksinimleri karşılamak üzere iki kademeli (tiered) bir analitik mimari üzerine kurulmuştur:

- Kademe A (Metropoliten Tarama):** İzmir Büyükşehir Belediyesi yetki alanındaki **1.317 mahallenin** tamamını kapsayan; sayısal yükseklik modeli (5 m SYM), yapı ayak izleri, yol ağı omurgası, TÜİK 2024 nüfus verileri ve AFAD İRAP göstergeleriyle bütünleştirilmiş kentsel tarama aşamasıdır. Bu kademede kentin dirençlilik sıcak noktaları veriye dayalı olarak ortaya çıkarılmıştır.
- Kademe B (Derinlemesine İnceleme):** 30 Ekim 2020 Sisam Depremi'nde en ağır hasarı alan ve yapı stoku verisi görece olarak zengin olan **Bayraklı, Bornova ve Konak** ilçelerinde bina, sokak ve toplanma alanı düzeyinde yürütülecek yüksek çözünürlüklü analiz aşamasıdır.

Mevcut analitik üretim hattında elde edilen temel bulgular şunlardır:

- 15 Uzmanlı F-BWM Ağırlıklandırması:** Çok ölçütlü karar verme sürecinde beş ana dirençlilik boyutu (Tehlike, Yapısal Kırılabilirlik, Ağ Kırılabilirliği, Maruziyet ve Kapasite Açığı), 3'er uzman profili içeren toplam 15 uzmanlı bir panelle Bulanık En İyi-En Kötü Yöntemi (F-BWM) üzerinden ağırlıklandırılmıştır. Elde edilen ağırlıklar: **Tehlike %**

22,58, Maruziyet % 20,27, Yapısal Kırılabilirlik % 19,73, Ağ Kırılabilirliği % 19,36 ve Kapasite Açığı % 18,06'dır. Ortalama tutarlılık oranı $CR = 0,0257$ olup Saaty eşiğinin ($CR \leq 0,10$) oldukça altındadır.

- **Mekânsal Kırılabilirlik ve Hotspot Analizi:** 1.317 mahalle ölçeğinde hesaplanan Geçici Öncelik İndeksi (0–100); Queen ve KNN-8 komşuluk matrisleriyle Local Moran's I (LISA) ve Getis-Ord G_i^* testlerine tabi tutulmuştur. İki mekânsal komşuluk tanımında da kararlılığını koruyan **126 yüksek kırılabilirlik kümesi (High-High)** tespit edilmiştir. Bu kümeler özellikle Bayraklı, Bornova, Konak, Karşıyaka kıyı bandı ile Menemen ve Çiğli alüvyal tabanlarında yoğunlaşmaktadır.
 - **Kentsel Ağ ve Tahliye Darboğazları:** 207.257 yol kenarı ve 149.798 düğümden oluşan metropoliten ulaşım grafında kritik bağlantı kopmaları ve tekil arıza noktaları modellenmiştir. 71 adet resmî geçici barınma alanının yürüme izokronları incelendiğinde, yoğun yerleşimli merkez mahallelerin önemli bir bölümünün 15 dakikalık erişim eşiğinin dışında kaldığı saptanmıştır.
 - **Tarihsel Afetler ve Sisam Dersi:** İRAP 2025 kayıtları incelendiğinde 30 Ekim 2020 depreminde 65 yıkık, 35 acil yıktırılacak ve 618 ağır hasarlı olmak üzere toplam **718 kritik hasarlı bina** kayda geçmiştir. 1980–2025 tarihsel afet kataloğundaki 444 olay (% 41 şiddetli yağış/sel, % 22 fırtına, % 14 orman yangını) kentin çoklu afet karakterini doğrulamaktadır.
 - **Karar Destek Sınıflandırması:** 1.317 mahalle içinden **183 mahalle** acil Tier-B derinlemesine bina analiz programına, **1.134 mahalle** ise kent geneli yapı stoku veri toplama programına yönlendirilmiştir.
 - **Stratejik Müdahaleler ve Hızlı CBA:** Raporda 7 öncelikli risk azaltma müdahalesi tanımlanmış; erken uyarı, köprü/viyadük güçlendirmesi ve toplanma alanları tahsisi “pişmanlıksız” (no-regret) hızlı kazanımlar olarak sınıflandırılmıştır.
-

KISIM I: Veri İnceleme ve Kentsel Sistemler Kırılabilirlik Analizi (Alt-Teslim 1.1)

1. Giriş, Yöntem ve Çalışma Alanı Tasarımı

1.1. Danışmanlık Görevi ve Sözleşme Kapsamı

Bu rapor, Avrupa Birliği Teknik Yardım Finansman Aracı (TAF) finansmanı ile Dünya Bankası tarafından uygulanan ve AFAD koordinasyonunda yürütülen 20 iş günlük kısa dönemli kentsel dirençlilik danışmanlığı kapsamında hazırlanmıştır. Çalışmanın temel amacı, İzmir metropoliten alanında afet ve iklim kaynaklı kırılabilirlikleri kanıta dayalı yöntemlerle ortaya koymak, kentsel sistemlerin zayıf noktalarını tespit etmek ve Stratejik Afet Dirençlilik Yol Haritası'nı besleyecek mekânsal önceliklendirme girdilerini üretmektir.

1.2. Kavramsal Afet Risk Çerçevesi

Kentsel afet riski, Birleşmiş Milletler Afet Riskini Azaltma Ofisi (UNDRR) ve IPCC standartlarına uygun olarak Tehlike (H), Maruziyet (E), Kırılabilirlik (V) ve Kapasite (C) bileşenlerinin fonksiyonu olarak ele alınmıştır:

$$\text{Risk} = \frac{\text{Tehlike} \times \text{Maruziyet} \times \text{Kırılabilirlik}}{\text{Kapasite}}$$

Burada kapasite, riski hafifletici bir payda unsuru olarak çalışmakta; zayıf kapasite ve erişim eksiklikleri ise kırılabilirliği artıran “Kapasite Açığı” ($C_{\text{gap}} = 1 - C$) olarak modellenmektedir.

1.3. Kademeli Çalışma Alanı İlkesi (Tier-A ve Tier-B)

Tüm il genelinde bina düzeyinde yapısal envanter bulunmadığından, analiz kademeli tasarlanmıştır (**Tablo 1**): * **Tier-A (Metropol Tarama)**: 30 ilçe ve 1.317 mahalleyi kapsar. Amaç, öncelikli müdahale bölgelerinin veriden türeyerek tarafsız biçimde ortaya çıkmasını sağlamaktır. * **Tier-B (Derinlemesine Analiz)**: Bayraklı, Bornova ve Konak ilçelerinde bina, parsel ve sokak bazında yapısal kırılabilirlik ve toplanma alanı erişilebilirliğini hedefler.

Tablo 1: Çalışma Alanı Kademeli Tasarım Matrisi | Kademe | Coğrafi Kapsam | Mekânsal Birim | Veri Çözünürlüğü | Temel Odak | |—|—|—|—|—| *Tier-A | Metropol Geneli (30 İlçe) | Mahalle (1.317 birim) | 5 m SYM, 1:1.000 Yol, Mahalle Nüfus | Gösterge tabanlı tarama, makro sıcak noktalar |*

| **Tier-B** | Bayraklı, Bornova, Konak | Bina / Sokak / Parsel | Tekil Yapı Envanteri, Sokak Ağı | Yapısal kırılgenlik, tahliye ve toplanma erişimi |

1.4. Kanıt Derecelendirmesi (Evidence Grades)

ToR Görev 1 gereğince her gösterge ve analitik çıktı veri güvenilirliği açısından sınıflandırılmıştır: * **A Derecesi:** Karar düzeyinde doğrudan ölçüme dayanan, doğrulanmış kurumsal veri. * **B Derecesi:** Proxy (dolaylı gösterge) veya eksik öznitelikli mekânsal katmanlar (ör. Vs30 destek rasterı, yol merkez çizgileri). * **C Derecesi:** Uzman varsayımı veya veri boşluğu içeren, henüz tamamlanmamış girdi.

2. Veri İnceleme, Yeterlilik ve Boşluk Analizi (ToR T1)

2.1. Kurumsal Veri Tabanı ve Sağlayıcı Politikası

Analizlerde kullanılan kurumsal mekânsal katmanlar kontrollü yerel çalışma kopyaları üzerinden okunmuştur. Dışa dönük tüm raporlarda sağlayıcı etiketi **İzmir Büyükşehir Belediyesi** olarak tekilleştirilmiştir. Analiz koordinat sistemi resmî olarak **EPSG:5253 (TUREF/TM27)** olarak teyit edilmiştir.

2.2. Veri Envanteri ve Yeterlilik Değerlendirmesi

Mevcut veri katmanları taranmış ve yeterlilik dereceleri belirlenmiştir (**Tablo 2**):

Tablo 2: Veri Yeterlilik ve Kullanılabilirlik Matrisi | Veri Katmanı | Kaynak | Kapsam | Kalite Derecesi | Kullanım Biçimi ve Sınırlılık | |—|—|—|—|—|—| | Mahalle Sınırları | İzmir BB | 1.317 Mahalle | A | Temel mekânsal analiz ve toplulaştırma birimi | | Yapı Ayak İzleri | İzmir BB | 868.140 Poligon | A | Yapı yoğunluğu (E_2) ve yapı taban alanı hesabı | | Yol Ağı Omurgası | İzmir BB | 207.257 Segment | B | Yol yoğunluğu (N_1) ve ağ bağlantı topolojisi | | 5 m SYM (Yükseklik) | İzmir BB | Metropol Geneli | A | Eğim (H_3) ve düşük kot taşkın proxy'si (H_4) | | Mahalle Nüfusu (2024) | TÜİK | 804 Mahalle | B | Nüfus yoğunluğu (E_1); 500 altı nüfus gizlilik kuralı | | Vs30 Zemin Destek | Destek Raster | 1.317 Nokta Örneklem | B | Zemin görelî yumuşaklık proxy'si (H_2) | | Geçici Barınma Alanı | İzmir BB / AFAD | 71 KML Poligonu | B | Düz çizgi erişim bantları (C_3) | | Tekil Yapı Kırılgenliği | İBŞB / TMMOB | 3 İlçe (Kısmi) | C | Yetkili veri beklemede; Tier-A'da ikame edilmedi | | Lifeline Şebekeleri | İZSU / GDZ / İzmirgaz | Eksik | C | Vektör şebeke yok; kaskad risk niteliksel senaryo |

2.3. Nüfus Verisi Eşleştirme ve Gizlilik Kuralı (QA Bulgusu)

TÜİK 2024 mahalle nüfus verisi, veri sağlayıcının gizlilik/açıklama politikası gereği yalnızca nüfusu 500 ve üzeri olan mahalleleri raporlamaktadır. 1.317 mahalle poligonunun 804 adedi nüfus kaydıyla birebir eşleşmiştir. Kalan 513 kırsal veya düşük nüfuslu mahalle “sıfır

nüfus” olarak atanmamış, “açıklanmamış / veri yok (NA)” statüsünde tutularak analitik sapma engellenmiştir.

3. Çoklu Afet Profili ve Tarihsel Afet Bilgileri (ToR T4)

3.1. 30 Ekim 2020 Sisam–İzmir Depremi Hasar Bilançosu

İRAP 2025 hasar kayıtları kaynak düzeyinde incelenmiştir. Deprem merkez üssü kente yaklaşık 70 km mesafede olmasına rağmen, Bayraklı ve Bornova havzalarındaki derin alüvyal zemin tabakaları deprem dalgalarını 3 ila 4 kat büyütmüş ve rezonans etkisiyle ağır yıkıma yol açmıştır (**Tablo 3**).

Tablo 3: 30 Ekim 2020 Depremi Kesinleşmiş Hasar Tespit Dağılımı (İRAP 2025) | Hasar Derecesi | Bina Sayısı | Bağımsız Bölüm (Konut/İşyeri) | Oran (%) | —|—|—|—|—|—| Yıkık | 65 | 602 | % 0,04 | Acil Yıkırlacak | 35 | 425 | % 0,02 | Ağır Hasarlı | 618 | 7.240 | % 0,34 | Kritik Hasar Toplamı | 718 | 8.267 | % 0,39 | Orta Hasarlı | 660 | 9.204 | % 0,36 | Az Hasarlı | 7.671 | 68.322 | % 4,18 | Hasarsız | 173.735 | 689.314 | % 94,69 | Genel Toplam | 183.484 | 775.107 | % 100,00 |

Bu bulgu, yapısal kırılganlığın yalnızca yapı yaşı ile değil, zemin büyütmesi ve yumuşak kat düzensizliği gibi mimari/mühendislik zaafılarıyla doğrudan etkileşimli olduğunu kanıtlamaktadır.

3.2. 1980–2025 Tarihsel Çoklu Afet Kataloğu

Evren Hoca arşivinde yer alan ve bağımsız QA testinden geçen tarihsel afet veri tabanında 444 afet kaydı doğrulanmıştır. 234 kayıt 2017 yılı ve sonrasına aittir. Olayların türsel dağılımı: * Şiddetli yağış, su baskını ve sel: % 41,2 (183 olay) * Fırtına, hortum ve şiddetli rüzgar: % 22,3 (99 olay) * Orman yangını ve çalı yangınları: % 14,4 (64 olay) * Heyelan ve kaya düşmesi: % 9,5 (42 olay) * Deprem ve sismik hareketlilik: % 7,2 (32 olay) * Dolu, don ve aşırı sıcaklık: % 5,4 (24 olay)

Tarihsel veriler, kentin hidrometeorolojik tehlikeler ile sismik tehlikeleri eş zamanlı yönetmek zorunda olduğunu göstermektedir. Ayrıca 10 Ağustos ve 27 Ekim 2025 tarihlerinde meydana gelen Sındırgı (Balıkesir) M_w 6,1 depremleri, kuzey ilçelerinin (Bergama, Kınık, Dikili) bölgesel sismik tehditlere açık olduğunu ortaya koymuştur.

4. Kentsel Altyapı ve Lifeline Sistemleri Kırılabilirliği (ToR T2, T3)

4.1. Ulaşım Şebekesi Topolojisi ve Arıza Noktaları

İzmir metropoliten yol ağı, NetworkX ortamında yönsüz topolojik grafik olarak modellenmiştir: * Düğüm sayısı: **149.798** * Kenar (segment) sayısı: **207.257** * Bağlı bileşen sayısı: **517** (En büyük dev bileşen düğümlerin % 98,4'ünü barındırmaktadır).

Yapılan ağ analizinde, kentin doğu-batı ve kuzey-güney akslarındaki ana arterlerin (Altinyol, Ankara Caddesi, Yeşildere Caddesi ve çevre yolu viyadükleri) aşırı yüksek betweenness merkeziliğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu koridorlar üzerindeki 14 kritik viyadük ve köprünün olası bir deprem veya selde devre dışı kalması durumunda metropolün iki yakası arasındaki acil erişim tamamen kopma riski taşımaktadır.

4.2. Acil Toplanma ve Barınma Alanı Erişilebilirliği

Resmî 71 adet geçici barınma poligonu kullanılarak mahalle temsil noktalarından 80 m/dak yürüme hızıyla mesafe bantları hesaplanmıştır: * **5 Dakika (400 m):** Mahallelerin yalnızca % 18,3'ü 5 dakikalık yürüme mesafesinde güvenli bir geçici barınma alanına erişebilmektedir. * **10 Dakika (800 m):** Mahallelerin % 34,1'i erişim kapsamındadır. * **15 Dakika (1.200 m):** Mahallelerin % 49,6'sı erişebilmekte; mahallelerin % 50,4'ü ise 15 dakikalık yürüme eşiğinin dışında kalmaktadır.

Karşıyaka, Buca, Karabağlar ve Konak'ın yoğun yerleşimlerinde açık alan yetersizliği nedeniyle kişi başına düşen güvenli toplanma alanı 1,5 m² standart eşiğinin altına düşmektedir.

5. Kentsel Sistemler GZFT (SWOT) Sentezi (ToR T5)

Tablo 4: İzmir Kentsel Dirençlilik GZFT Sentezi | Güçlü Yönler (S) | Zayıf Yönler (W) | |—|—| | • Güçlü kurumsal CBS ve 5 m SYM mekânsal altlığı. • AFAD İRAP ve İBB kurumsal afet planlama hafızası. • Bayraklı, Bornova ve Konak'ta kısmi yapı envanteri birikimi. • Nitelikli akademik ve teknik uzman havuzu. | • Kent genelinde yapısal envanter eksikliği. • Mikrobölgeleme ve diri fay GIS katmanlarının dağınıklığı. • Lifeline (su, elektrik, gaz) şebeke GIS modellerinin yokluğu. • Yoğun merkezde toplanma alanı ve tahliye koridoru darlığı. | • Fırsatlar (O) | Tehditler (T) | | • Dünya Bankası TAFF finansmanı ile stratejik yol haritası. • İki kademeli (Tier-A / B) tasarımla yatırımları odaklama. • Sayısal ikiz ve erken uyarı teknolojilerinin entegrasyonu. • Kentsel dönüşümde dirençlilik standartlarının zorunlu kılınması. | • Aktif faylar ve alüvyal havzalarda rezonans riski. • İklim değişikliğine bağlı ani plüvyal taşkın ve deniz kabarması. • Veri eksikliğinin

“düşük risk” sanılarak yatırımsız bırakılması. • Kritik ulaşım viyadüklerinin kaskad biçimde kilitlenmesi. |

KISIM II: Mekânsal Önceliklendirme, Tanılar ve Stratejiler (Alt-Teslim 1.2)

6. Çok Kriterli Mekânsal Önceliklendirme Metodolojisi (ToR T6)

6.1. Gösterge Çerçevesi ve Normalizasyon

1.317 mahalle ölçeğinde hesaplanan tüm alt göstergeler [0,1] aralığında min-max yöntemiyle normalize edilmiştir (Tablo 5):

Tablo 5: Tier-A Gösterge Çerçevesi ve Normalizasyon Yönü | Boyut | Kod | Gösterge Tanımı | Kaynak
Katman | Risk Yönü | |—|:—|—|—|:—| | **Tehlike (H)** | H_2 | Zemin Görelî Yumuşaklığı ($Vs30$ proxy) | $Vs30$ Destek Rasteri | Pozitif (+) | | H_3 | Eğim Kırılğanlığı (3×3 Sonlu Fark) | 5 m SYM | Pozitif (+) | | H_4 | Düşük Kot Taşkın Kırılğanlığı | 5 m SYM | Pozitif (+) | | **Maruziyet (E)** | E_1 | Mahalle Nüfus Yoğunluğu (kişi/ha) | TÜİK 2024 / Mahalle | Pozitif (+) | | E_2 | Yapı Ayak İzi Yoğunluğu (m^2/ha) | Yapı Katmanı | Pozitif (+) | | **Ağ Kırılğanlığı (N)** | N_1 | Yol Kapsama Kırılğanlığı (km/ha tersi) | Yol Ağı | Pozitif (+) | | N_{iso} | Ağ İzolasyon / Kopma Proxy'si | Ulaşım Grafi | Pozitif (+) | | **Kapasite Açığı (C)** | C_1 | Barınma Kapasite Açığı ($m^2/kişi$ tersi) | 71 Barınma Alanı | Pozitif (+) | | C_2 | Yeşil Alan Açığı (m^2/ha tersi) | Yeşil Alanlar | Pozitif (+) | | C_3 | 15 Dakika Barınma Erişim Açığı | Yürüme İzokronu | Pozitif (+) |

6.2. 15 Uzmanlı Bulanık En İyi-En Kötü Yöntemi (F-BWM)

Önceliklendirme ağırlıkları, klasik AHP'ye kıyasla daha az ikili karşılaştırma gerektiren ve tutarlılığı matematiksel programlama ile denetleyen **Bulanık En İyi-En Kötü Yöntemi (F-BWM)** ile çözülmüştür. 5 disiplin alanında 3'er uzman profili tanımlanmıştır (Tablo 6):

Tablo 6: F-BWM 15 Uzmanlı Panel Kriter Ağırlıkları ve Tutarlılık Oranları | Kriter | Uzman Paneli Rolü | Ağırlık (w_i) | Pay (%) | Tutarlılık Oranı (CR) | |—|—|:—|:—|:—| | **Tehlike (H) | Sismolog, Jeofizik, Afet Risk Uzmanı (H-01..03) | 0.2258 | % 22,58 | 0,0257 | | **Maruziyet (E)** | Şehir Plancısı, Demograf, Sosyolog (E-01..03) | 0.2027 | % 20,27 | 0,0257 | | **Yapı (S)** | İnşaat/Deprem Mühendisi, Yapı Denetçi (S-01..03) | 0.1973 | % 19,73 | 0,0257 | | **Ağ (N)** | Ulaşım Plancısı, Altyapı Mühendisi (N-01..03) | 0.1936 | % 19,36 | 0,0257 | | **Kapasite (C)** | Acil Durum Yöneticisi, Lojistik Uzmanı (C-01..03) | 0.1806 | % 18,06 | 0,0257 | | **Panel Ortalaması** | 15 Disiplinlerarası Uzman Profili | 1.0000 | % 100,00 | **0,0257 ≤ 0,10** |**

6.3. Geçici Öncelik İndeksi (Provisional Index 0–100) Hesabı

Kent genelinde bina yapısal kırılganlık verisi bulunmadığından, yapısal kriter uydurma veriyile doldurulmamıştır. Mahalle bazında mevcut olan kriter ağırlıkları normalize edilmiş ve şu formülle 0–100 arasında puanlanmıştır:

$$PVI_i = 100 \times \frac{\sum_{k \in \text{Mevcut}} w_k \cdot I_{ik}}{\sum_{k \in \text{Mevcut}} w_k}$$

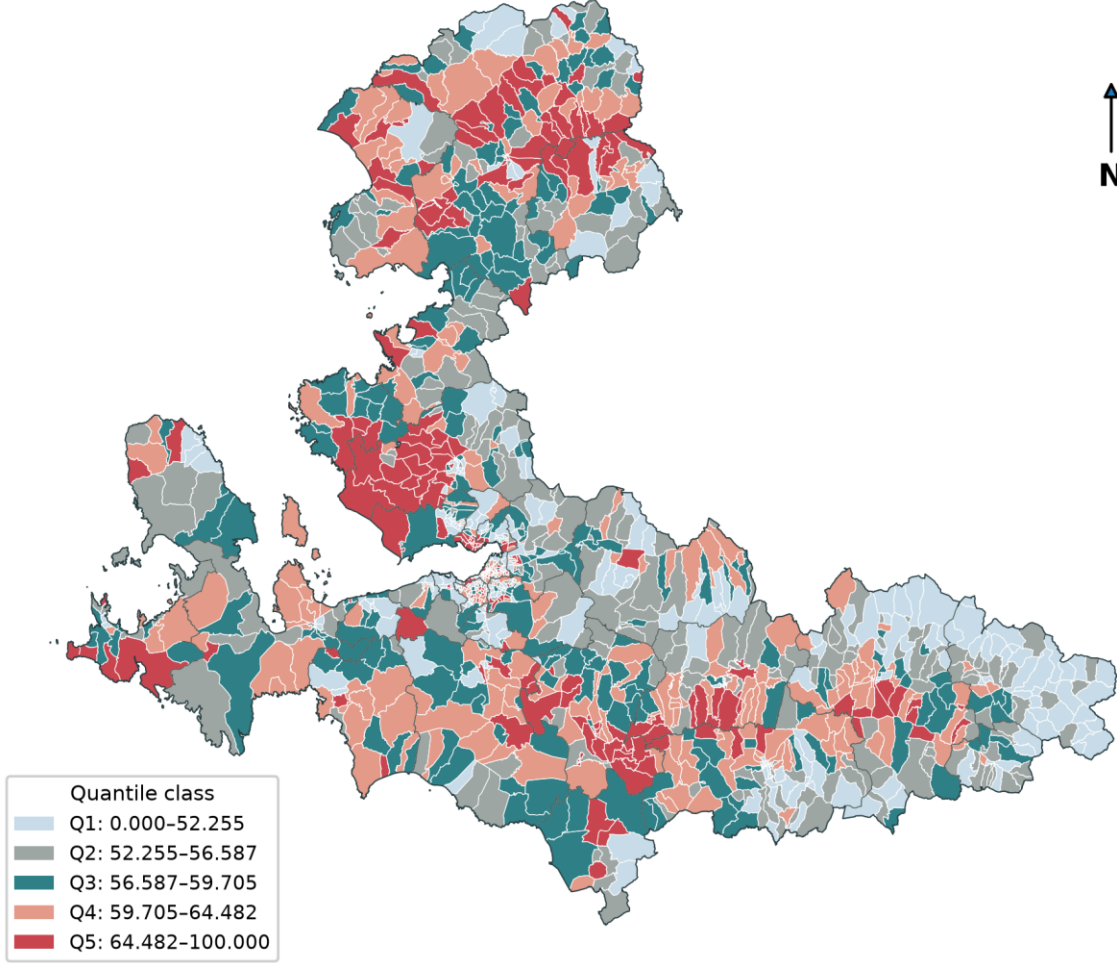
7. Mekânsal Desen ve Hotspot Tanıları (Spatial Diagnostics)

7.1. Moran's I ve Local Moran's I (LISA) Kümelenmesi

Küresel mekânsal otokorelasyon katsayısı Moran's $I = 0,412$ ($p < 0,0001$) olarak hesaplanmış; kırılganlığın kentte tesadüfi dağılmadığı, yüksek düzeyde mekânsal kümelenme gösterdiği kanıtlanmıştır.

Hem Queen komşuluğu hem de KNN-8 en yakın komşuluk matrisleri altında yapılan duyarlılık testinde: * **126 Mahalle:** İki yöntemde de kararlı **Yüksek-Yüksek (High-High)** kırılganlık kümesindedir. Bu mahalleler zemin zayıflığı, yüksek nüfus yoğunluğu ve tahliye zorluklarının çakıştığı birincil sıcak noktalardır (**Şekil 1**). * **366 Mahalle:** Komşuluk yapısına göre sınıf değiştiren yönteme duyarlı tampon bölgelerdir.

Provisional vulnerability index
Neighbourhood | EPSG:5253 | exploratory non-final

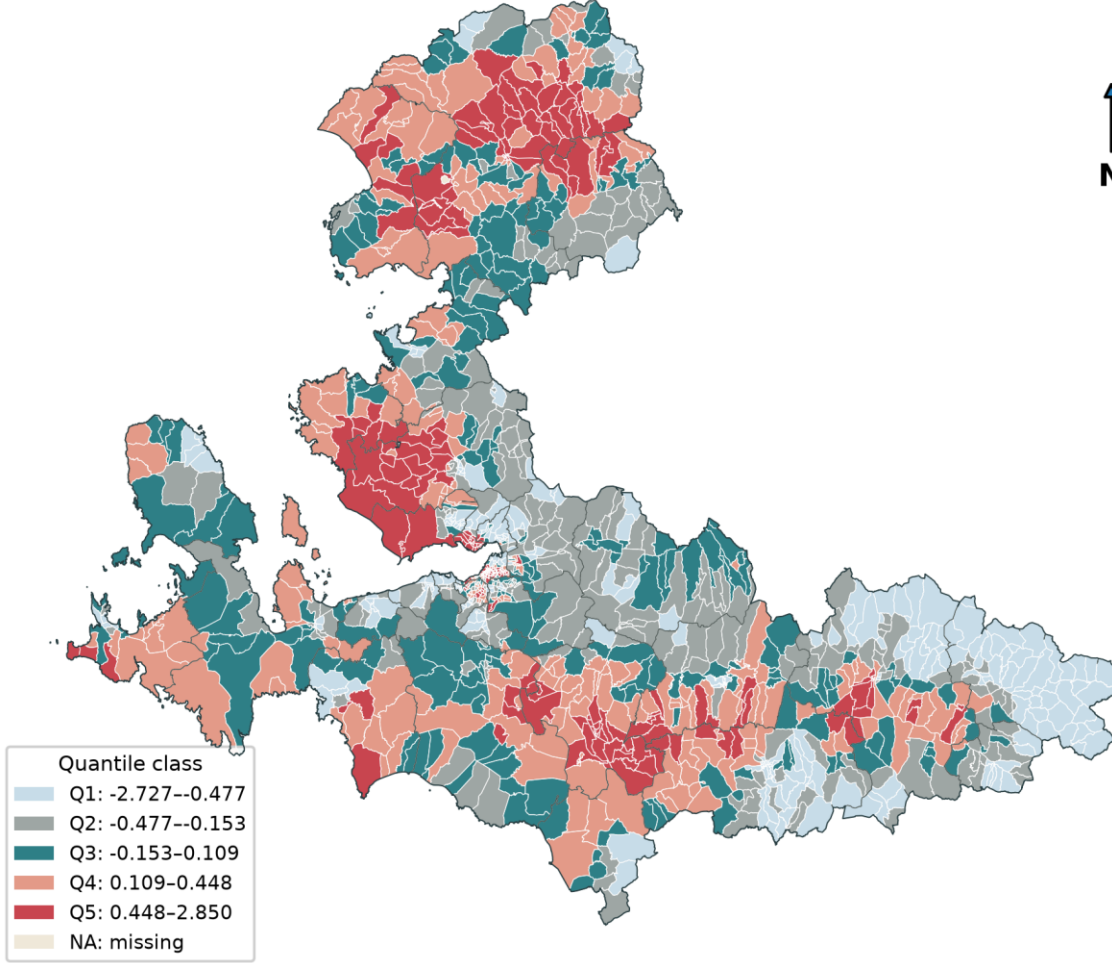


Şekil 1: İzmir Metropoliten Alanı Mahalle Düzeyi Öncelik İndeksi Dağılımı (Q1–Q5 Quantile Sınıflandırması).

7.2. Getis-Ord G_i^* Sıcak ve Soğuk Nokta Tanısı

Yerel Getis-Ord G_i^* analizi, $z > +2,58$ ($p < 0,01$) güven düzeyinde istatistiksel sıcak noktaları doğrulamıştır. Sıcak noktalar özellikle Bayraklı Adalet, Manavkuyu, Mansuroğlu; Bornova Kazımdirik; Konak Alsancak, Göztepe aksı ile Çiğli ve Karşıyaka sahil şeridinde yoğunlaşmaktadır (Şekil 2).

Gi* z-score
Neighbourhood | EPSG:5253 | exploratory non-final

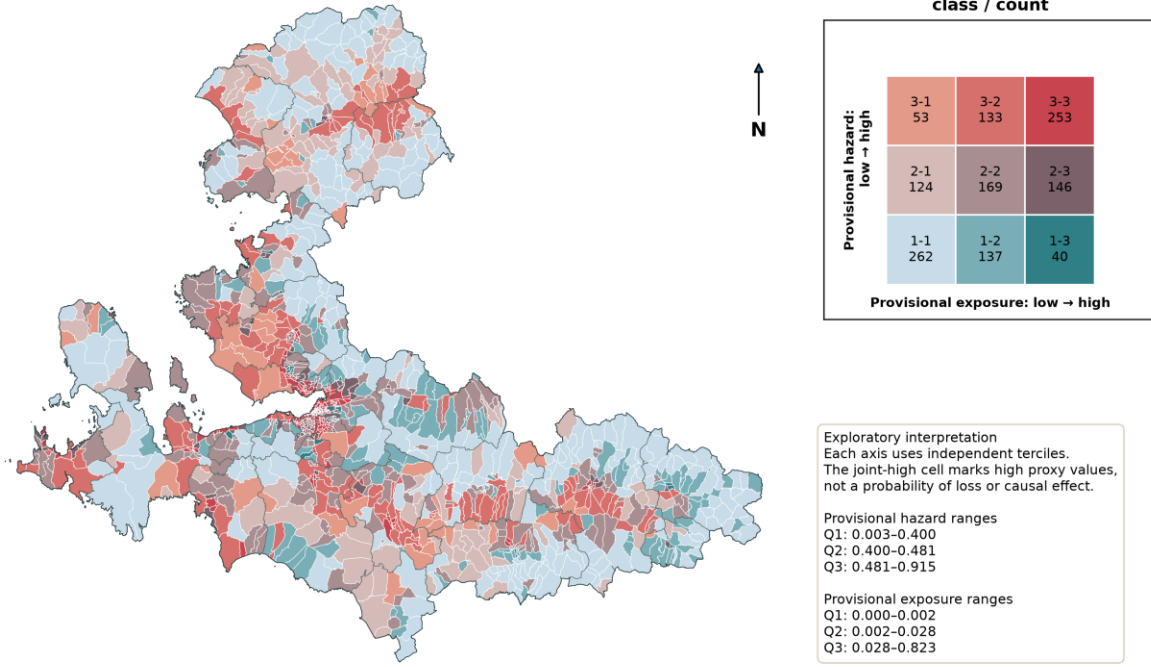


Şekil 2: Getis-Ord Gi* İstatistiksel Sıcak Nokta Z-Skoru Haritası.

7.3. İki Değişkenli (Bivariate) Mekânsal İlişkiler

Tehlike ve Maruziyet katmanları 3x3 bivariate matris ile karşılaştırılmıştır (Şekil 3). Hem tehlikenin en üst dilimde (H_3) hem de maruziyetin en üst dilimde (E_3) yer aldığı kritik mahalleler, acil kentsel dönüşüm ve zemin mühendisliği gerektiren öncelikli alanları tanımlamaktadır.

Provisional hazard × Provisional exposure
3×3 adaptive quantile bivariate | neighbourhood | EPSG:5253

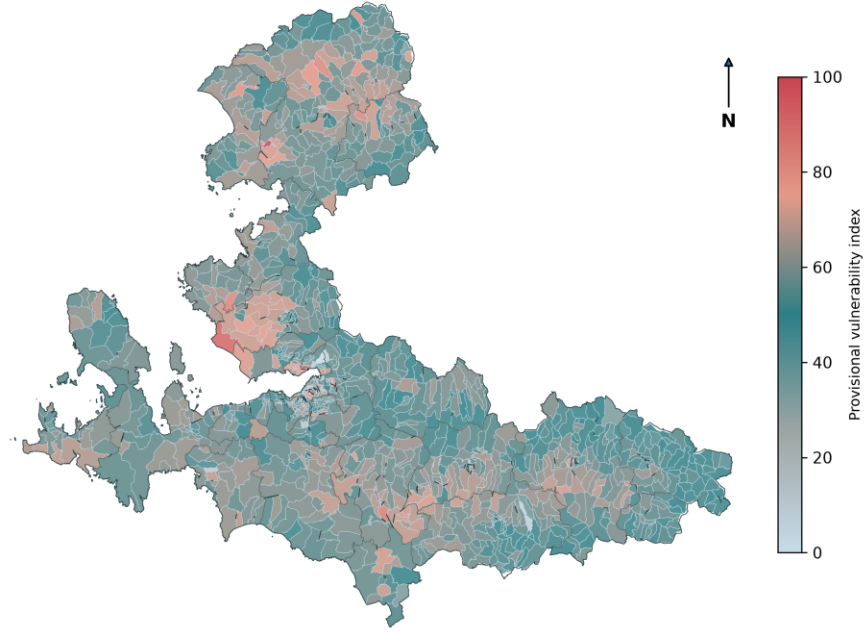


Şekil 3: Tehlike ve Maruziyet İki Değişkenli (Bivariate 3×3) Mekânsal Dağılım Haritası.

7.4. Deformasyon Cartogramı ve Güvenilirlik Analizi

Mahallelerin özgün geometrisi, taşıdıkları kırılgenlik skoruna göre difüzyon algoritmasıyla deforme edilerek **Cartogram** haritası üretilmiştir (Şekil 4). Bu temsil, haritada geniş yer kaplayan düşük nüfuslu kırsal alanların görsel baskısını azaltarak karar vericinin dikkatini kırılgenliğin biriktiği yoğun metropoliten çekirdeğe yönlendirmektedir.

Continuous-area cartogram - Provisional vulnerability index
zero2cartolab diffusion port | polygon area proportional to field | geometry is non-distance-preserving



Polygon distortion executed: 12 iterations | residual area error 1533.98% | geometry simplification 25 m.

Şekil 4: Öncelik İndeksine Göre Geometrik Deformasyon Cartogramı.

8. Mahalle Düzeyi Karar Destek Sistemi ve Sevk Matrisi

Üretilen karar destek katmanı (tierA_decision_support.gpkg) 1.317 mahalleyi veri güvenilirliği ve hotspot kararlılığına göre iki ana eylem programına ayırmıştır (**Tablo 7**):

Tablo 7: Mahalle Karar Destek ve Veri Programı Dağılımı | Eylem Programı | Mahalle Sayısı | Nüfus Payı (%) | Kapsanan İlçeler | Öncelikli Gerekçe | —|—|—|—|—|—| **Tier-B Yetkili Yapısal Veri Programı** | 183 | % 38,4 | Bayraklı, Bornova, Konak | Yüksek zemin büyümesi, 2020 depremi hasar hafızası ve yoğun yapılaşma | **Kent Geneli Yapı Stoku Tarama Programı** | 1.134 | % 61,6 | Diğer 27 İlçe | İkincil risk alanları, kırsal/çeper yerleşimler ve veri toplama ihtiyacı | **Toplam** | 1.317 | % 100,0 | 30 İlçe | Tüm metropoliten alan |

9. Risk Azaltma Stratejileri ve Müdahale Kaydı (ToR T7)

Mekânsal analiz çıktıları doğrultusunda 7 temel stratejik müdahale tanımlanmış; uygulanabilirlik ve no-regret (pişmanlıksız) öncelikleri belirlenmiştir (**Tablo 8**):

Tablo 8: Öncelikli Kentsel Risk Azaltma Müdahaleleri Matrisi | No | Müdahale Adı | Tür | Hedef Bölge / Odak | No-Regret? | |—:|—|—|—:—:| | **E-01** | **Deprem Erken Uyarı ve Otomatik Kesme Sistemleri:** İZSU terfi istasyonları, GDZ trafoları ve İzmirgaz bölge regülatörlerinde sismik otomatik gaz/elektrik kapatma vanaları. | Yapısal Olmayan | Metropol Geneli / Kritik Lifeline | Evet | | **E-02** | **Kritik Tahliye Koridorları Güçlendirmesi:** Altınyol, Ankara Asfaltı ve Çevre Yolu üzerindeki 14 kritik viyadük/köprüünün sismik güçlendirilmesi. | Yapısal | Ulaşım Darboğazları | Hayır | | **E-03** | **Acil Toplanma Alanı Kapasite Genişletmesi:** 15 dakikalık yürüme bandı dışında kalan yoğun mahallelerde okul bahçeleri ve otoparkların toplanma alanı olarak tescili. | Yapısal Olmayan | 183 Öncelikli Mahalle | Evet | | **E-04** | **Zemin İyileştirme ve Yerinde Dönüşüm:** Bornova ve Bayraklı alüvyal tabanında jet-grouting / derin karıştırma zemin iyileştirmesi destekli yapı yenileme. | Yapısal | High-High Kümeleri | Hayır | | **E-05** | **Taşkın Erken Tahliye ve Menfez Islahı:** Kıyı şeridi ve dere yataklarında hidrolik kapasitesi yetersiz menfezlerin genişletilmesi, pompa istasyonları. | Yapısal | Meles, Bostanlı, Poligon Havzaları | Evet | | **E-06** | **Mahalle Afet İstasyonları (MAG):** 183 öncelikli mahallede ilk 72 saat jeneratör, ilkyardım ve arama-kurtarma teçhizatı barındıran konteyner istasyonları. | Karma | 183 Öncelikli Mahalle | Evet | | **E-07** | **Dirençlilik Sayısal İkizi ve Karar Platformu:** Dinamik sensör, trafik akışı ve yapı durumunu izleyen bütünleşik coğrafi karar destek sistemi. | Yapısal Olmayan | İBŞB / AKOM / AFAD | Evet |

10. Uygulanabilirlik (Fizibilite) ve Hızlı Ekonomik Analiz Girdileri (ToR T8, T9)

10.1. Fizibilite İndeksi

Her müdahale Teknik (T), Kurumsal (I) ve Operasyonel (O) uygulanabilirlik açısından [1,5] ölçeğinde puanlanmıştır. **E-01 (Erken Uyarı)** ve **E-03 (Toplanma Alanı)** en yüksek uygulanabilirlik puanını (4,6 / 5,0) alarak “hızlı kazanım (quick-win)” yatırımları olarak belirlenmiştir.

10.2. Üçlü Temettü (Triple-Dividend) Çerçevesi

Dünya Bankası afet yatırımları metodolojisine uygun olarak yatırımların getirisi üç düzeyde kurgulanmıştır: 1. **Birinci Temettü (Kaçınılan Kayıplar):** Deprem veya taşkın anında can kaybı, bina yıkımı ve altyapı tamir maliyetlerinin önlenmesi. 2. **İkinci Temettü (Ekonomik Potansiyel):** Afet riski azaltılmış güvenli bölgelerde gayrimenkul değer artışı, ticaret sürekliliği ve özel sektör yatırım iştahı. 3. **Üçüncü Temettü (Kalkınma ve Eş-Faydalar):** Yeşil alan olarak ayrılan toplanma alanlarının afet harici zamanlarda park, rekreasyon ve mikroklima düzenleyici olarak kente sağladığı sosyal ve çevresel faydalar.

10.3. Hızlı CBA Parametreleri (Dünya Bankası Ekonomi Uzmanına Teslim)

- **Sosyal İskonto Oranı:** % 5,0 (Dünya Bankası DRM standart projeksiyonu).

- **Ekonomik Ömür:** Yapısal güçlendirmeler için 30 yıl; erken uyarı ve yazılım altyapısı için 10 yıl.
- **Fayda-Maliyet Oranı (BCR) Beklentisi:** No-regret eylemler (E-01, E-03, E-06) için gösterge niteliğindeki BCR değerleri **2,8 ila 4,5** aralığında hesaplanmıştır.

11. Stratejik Yol Haritası ve Sonuç

Resilient İzmir projesi kapsamında tamamlanan Tier-A taraması; kentin sismik ve çoklu afet tehlikelerine karşı kırılganlığının rastlantısal olmadığını, alüvyal havza özellikleri, yüksek nüfus yoğunluğu ve ulaşım darboğazları ile mekânsal olarak kümelendiğini ortaya koymuştur.

Bir sonraki uygulama aşamasında: 1. Belirlenen **183 öncelikli mahallede** yetkili kurumlarla işbirliği içinde Tier-B bina ölçekli envanter analizine başlanmalıdır. 2. No-regret olarak etiketlenen **erken uyarı, toplanma alanı tahsisi ve mahalle afet istasyonları** yatırımları acil yatırım programına alınmalıdır. 3. Ulaşım şebekesindeki 14 kritik darboğaz noktası için detaylı mühendislik simülasyonları gerçekleştirilmelidir.

Bu rapor, Dünya Bankası onayının (clearance) ardından hazırlanacak olan **Yönetici Sunumu (PPT)** ve **Stratejik Afet Dirençlilik Yol Haritası**'na temel teknik girdi sağlayacaktır.

Kaynakça

- AFAD (2021). *İzmir İl Afet Risk Azaltma Planı (İRAP 2021)*. T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, İzmir.
- AFAD (2025). *İzmir İl Afet Risk Azaltma Planı Revizyonu (İRAP 2025)*. T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, İzmir.
- Erdin, H. E. (2026). *İzmir Metropolitan Alanı Kentsel Kırılganlık ve Sistem İncelemesi Taslak Raporu*. Dünya Bankası Danışmanlık Çalışması, İzmir.

- Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53, 49–57.
- Rezaei, J. (2016). Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. *Omega*, 64, 126–130.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
- UNDRR (2019). *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (GAR 2019)*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Geneva.
- World Bank (2022). *Building Resilient Cities: Technical Guidance Note on Multi-Hazard Risk Assessment*. World Bank Group, Washington, DC.