



T. C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

FİZİKSEL ZARAR GÖREBİLİRLİK İNDEKSİ TEMELLİ TAŞKIN RİSK ANALİZİ: ULUS YERLEŞMESİ ÖRNEĞİ (BARTIN)

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

ECENUR PATINLI

BURSA - 2025



T. C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

FİZİKSEL ZARAR GÖREBİLİRLİK ENDEKSİ TEMELLİ TAŞKIN RİSK ANALİZİ: ULUS YERLEŞMESİ ÖRNEĞİ (BARTIN)

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

ECENUR PATINLI

Danışman:
Prof. Dr. HASAN ÖZDEMİR

Bu çalışma Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projelerince desteklenmiştir.

Proje Kodları: SGA 2024- 2005 ve SHİZ- 2024- 1887

BURSA - 2025

ÖZET

Ecenur PATINLI
Bursa Uludağ Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Coğrafya Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

10 /06/ 2025

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hasan ÖZDEMİR
XXI + 160 sayfa

Fiziksel Zarar Görebilirlik İndeksi Temelli Taşkın Risk Analizi: Ulus Yerleşmesi Örneği (Bartın)

Taşkınlar, dünya genelinde ve Türkiye’de en yaygın ve şiddeti artan doğal afetler arasında yer almakta, sıklığı ve etkisi zaman içinde giderek artmaktadır. Bu çalışma, Türkiye’nin Bartın ilinin Ulus ilçe merkezinde taşkın kaynaklı fiziksel zarar görebilirliğin kapsamlı bir değerlendirmesini sunmaktadır. Çeşitli taşkın yinelenme aralığı (50, 100, 500 ve 1000 yıl) altında kritik altyapı bileşenlerine (binalar, yollar, köprüler ve trafolar) odaklanmaktadır. Metodoloji, su derinliği ve akış hızına dayalı tehlike değerlendirmesini, saha araştırmalarından ve kurumsal verilerden elde edilen zarar görebilirlik göstergeleri ile birleştirilmektedir. Her iki bileşen entegre edilerek bileşik bir taşkın riski puanı hesaplanmıştır. Test edilen on tehlike değerlendirme yöntemi arasında DEFRA yöntemi binalar, köprüler ve trafolar için en uygun yöntem olarak belirlenirken, Avustralya-1 altyapı özellikleriyle uyumluluğu nedeniyle yollar için tercih edilmiştir. Sonuçlar, binaların genel olarak düşük risk, yol ve köprülerin orta derecede risk gösterdiğini ve trafoların daha fazla maruziyet ve zarar görebilirlik nedeniyle yüksek risk olarak sınıflandırıldığını göstermektedir. Bu bulgular, acil durum planlamasında ve uzun vadeli taşkın azaltma stratejilerinde enerji altyapısına öncelik verilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Çalışma, bölgesel düzeyde taşkın riski yönetimi için mekânsal olarak ayrıntılı, gösterge tabanlı bir çerçeve sunmaktadır. Gelecekteki araştırmalar, model doğruluğunu artırmak ve uyarlanabilir, dirençli altyapı stratejilerinin geliştirilmesini daha fazla desteklemek için yerelleştirilmiş parametreleri içermelidir.

Anahtar kelimeler: tehlike, maruziyet, hassasiyet, fiziksel zarar görebilirlik, risk

ABSTRACT

Ecenur PATINLI
Bursa Uludag University
Geography Department
Mater's Thesis

10/ 06 / 2025

Supervisor: Prof. Dr. Hasan ÖZDEMİR
XXI + 160 pages

Flood Risk Analysis Based On Physical Vulnerability Index: Case of Ulus Settlement (Bartın)

Floods are among the most common and increasingly severe natural disasters worldwide and in Türkiye, with their intensity and impact over time. This study provides a comprehensive assessment of flood-induced physical vulnerability in the Ulus district center of Bartın Province, Türkiye. It focuses on critical infrastructure components- buildings, roads, bridges and transformers- under various flood return periods (50, 100, 500 and 1000 years). The methodology combines hazard assessment, based on water depth and flow velocity, with vulnerability indicators derived from field surveys and institutional data. A composite flood risk score was calculated by integrating both components. Among the ten hazard evaluation methods tested, the DEFRA method was identified as most suitable for buildings, bridges, and transformers, while the Australia-1 method was preferred for roads due to its compatibility with infrastructure characteristics. The results indicate that buildings generally exhibit low risk, roads and bridges show moderate risk, and transformers are classified as high risk due to their greater exposure and vulnerability. These findings highlight the need to prioritize energy infrastructure in emergency planning and long-term flood mitigation strategies. The study offers a spatially detailed, indicator-based framework for flood risk management at the regional level. By integrating field data and institutional sources, it provides a replicable model for more context-sensitive flood risk assessments. Future research should incorporate localized parameters to enhance model accuracy and further support the development of adaptive, resilient infrastructure strategies.

Anahtar kelimeler: hazard, exposure, sensitivity, physical vulnerability, risk

ÖNSÖZ

“...I am like a child who has only picked up a pebble by the sea, unaware of how vast the rest of the ocean is”...

Isaac Newton

“Fiziksel Zarar Görebilirlik İndeksi Temelli Taşkın Risk Analizi: Ulus Yerleşmesi Örneği (Bartın)” başlıklı bu çalışma; Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri (BAP) tarafından SGA-2024-2005 ve SHIZ-2024-1887 projeleri kapsamında desteklenmiştir.

Bu araştırma, Bartın ili Ulus yerleşmesinde taşkın riskinin çok boyutlu değerlendirilmesine odaklanmakta; özellikle altyapı unsurlarının fiziksel zarar görebilirlik düzeylerini dikkate alarak kapsamlı bir risk analizi sunmaktadır. Çalışmada kullanılan metodoloji, fiziksel tehlike ve zarar görebilirlik bileşenlerinin birlikte ele alınmasının, taşkın riski değerlendirmelerinde daha gerçekçi ve karar destekleyici sonuçlar üreteceğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, çalışma yalnızca tehlike odaklı analizlerin sınırlılıklarını vurgulamakla kalmamakta; aynı zamanda tehlike ile zarar görebilirliğin entegre bir biçimde değerlendirilmesinin, taşkın yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine önemli katkılar sağlayabileceğini göstermektedir. Bu yaklaşım, ulusal ve yerel ölçekte afet riski azaltma politikalarının bilimsel temele dayandırılması açısından da önem arz etmektedir.

Araştırmanın her aşamasında, teorik çerçeve saha verileriyle desteklenmiş; disiplinler arası bir anlayışla, yerel düzeyde uygulanabilirliği olan, bilimsel açıdan geçerli bir analiz hedeflenmiştir. Elde edilen bulguların, taşkın risk yönetimi çalışmalarına katkı sunması ve benzer çalışmalar için yol gösterici olması temennisiyle...

Lisans eğitimimden itibaren akademik yolculuğumun her aşamasında yolumu aydınlatan; bilimsel rehberliğinin yanı sıra araştırma yapma ve öğrenme tutkusunu aşılayan, uluslararası bir bakış açısı kazanmamda büyük katkı sağlayan, saha çalışmalarım sırasında yanımda bulunarak bizzat arazide bana eşlik eden kıymetli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Hasan ÖZDEMİR' e içten şükranlarımı sunarım. Ayrıca, saha çalışmaları süresince desteklerini

esirgemeyen arkadaşlarım Gülden ÇETİNKAYA ve Süleyman Sinan YASAK' a içtenlikle teşekkür ederim.

Bu çalışmanın yürütülmesi sürecinde verdikleri destek ve iş birliği için Bartın ili Ulus ilçe Belediye Başkanlığı'na ve Ulus Kaymakamlığı'na; özellikle saha çalışmaları sırasında gösterdikleri ilgi, anlayış ve katkılarından dolayı Ulus ilçesinde yaşayan tüm bölge halkına da teşekkürlerimi sunarım.

Ve ayrı olarak bu günlere gelmemde emeği bulunan aileme; özellikle hayatımın her alanında maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, tez çalışmam sırasında karşılaştığım zorluklarda yanımda olan ve bizzat sahada bana eşlik eden sevgili babam Ayhan PATINLI 'ya; her daim yanımda olan, sabrıyla ve desteğiyle bana güç veren canım annem Yasemin PATINLI 'ya ve kardeşim Ceren PATINLI 'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ecenur PATINLI

Bursa, 2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
ÖNSÖZ.....	X
İÇİNDEKİLER.....	XII
FOTOĞRAF LİSTESİ.....	XIV
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	XVI
TABLolar LİSTESİ.....	XIX
KISALTMALAR.....	XXI
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Değerlendirmesi	1
1.2. Amaç ve Kapsam.....	12
1.3. Çalışmanın Önemi ve Özgün Değeri	13
1.4. Çalışma Alanı	16
2. VERİ VE YÖNTEM	23
2.1. Uluslararası Yöntemler	26
2.2. Literatüre Dayalı Yöntemler	31
2.3. Sınırlılıklar ve Karşılaşılan Güçlükler.....	44
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	48
3.1. Taşkın Tehlike Analizi	48
3.1.1. DEFRA Yöntemi	48
3.1.2. ISPRA Yöntemi.....	50
3.1.3. Avustralya 1 Yöntemi.....	51
3.1.4. Avustralya 2 Yöntemi.....	53
3.1.5. Almanya Yöntemi	55
3.1.6. Hollanda Yöntemi	56

3.1.7.	<i>Stephenson Yöntemi</i>	58
3.1.8.	<i>Aleotti vd. Yöntemi</i>	59
3.1.9.	<i>Lazzarin Yöntemi</i>	60
3.2.	<i>Yöntemlerin Karşılaştırılması</i>	62
3.3.	<i>Fiziksel Zarar Görebilirlik Analizi</i>	70
3.3.1.	<i>Binaya Ait Zarar Görebilirliklerin Belirlenmesi</i>	70
3.3.2.	<i>Yollara Ait Zarar Görebilirliklerin Belirlenmesi</i>	99
3.3.3.	<i>Trafo Merkezlerine Ait Zarar Görebilirliklerin Belirlenmesi</i>	107
3.3.4.	<i>Köprülere Ait Zarar Görebilirliklerin Belirlenmesi</i>	116
3.4.	FİZİKSEL ZARAR GÖREBİLİRLİK TEMELLİ TAŞKIN RİSK ANALİZİ..	130
3.4.1.	<i>Bina Taşkın Risk Analizi</i>	130
3.4.2.	<i>Yol Taşkın Risk Analizi</i>	133
3.4.3.	<i>Köprü Taşkın Risk Analizi</i>	137
3.4.4.	<i>Trafo Taşkın Risk Analizi</i>	139
	SONUÇ ve ÖNERİLER	143
	KAYNAKÇA	146

FOTOĞRAF TABLOSU

Fotoğraf 1. Ulus yerleşiminde 2023 yılında meydana gelen bir taşkın (Ulus Belediyesi Arşivi, 2023)	21
Fotoğraf 2. Şekil 5’de gösterilen 2 numaralı çalışma noktası	22
Fotoğraf 3. Bina kat sayılarına örnek yapı	72
Fotoğraf 4. İnşaat türü malzemesine göre örnek yapılar a) güçlendirilmiş beton-çelik malzeme b) kâgir- yığma yapı c) ahşap yapı d) diğer yapı (konteyner) ...	73
Fotoğraf 5. Bina yaşına göre örnek yapılar a) yeni binalar b) orta yaşlı binalar c) eski bina	75
Fotoğraf 6. Bodrum varlığı olan yapılara örnekler	76
Fotoğraf 7. Bina koşul durumlarına örnek yapılar a) yaygın çatlak ve deformasyon b) genelleştirilmiş çatlama ve deformasyon c) yaygın çatlak ve deformasyon d) hasar çatlama olmayan yapı	78
Fotoğraf 8. İnşaat tipine göre örnek yapılar a) apartman b)müstakil c) diğer yapı.	80
Fotoğraf 9. Genel bina kullanım türüne göre örnek yapılar a) ticari yapı b) endüstriyel yapı c) daimî ikametgâh yapı d) sosyal bina (kapalı spor salonu) e) karışık yapı f) idari bina (Ulus Kaymakamlığı özel idare müdürlüğü)	82
Fotoğraf 10. Genel bina türüne örnek yapılar a) eğitim yapıları b) diğer yapı (atık toplama alanı) c) diğer yapı (garaj)	82
Fotoğraf 11. Bina statüsüne göre örnek yapılar a) terk edilmiş bina b) inşaat halinde bina c) boş bina	88
Fotoğraf 12. Miras statüsüne göre örnek yapılar	90
Fotoğraf 13. Kapı yönüne örnek binalar a) ön b) arka c) yan	93
Fotoğraf 14. Su basman varlığına örnek yapılar a) var, b) yok, c)kısmen.	94
Fotoğraf 15. Pencere malzemesine göre örnek yapılar a) pimapen b) demir c) alüminyum d) ahşap e) karışık pencere sistemi (1. kat pimapen, 2. Kat ahşap)	96
Fotoğraf 16. Genel pencere türüne göre örnek yapılar a) normal pencere b) penceresi olmayan yapı c) penceresi olmayan yapı d) endüstriyel cam bölmeli yapı	98

Fotoğraf 17. Yol türüne göre örnek yapılar a) asfalt b) parke döşeme c) karışık d) beton e) toprak f) stabilize	101
Fotoğraf 18. Yol drenaj sistemine göre örnek yapılar a) drenaj oluğu b) kare yağmur suyu drenaj ızgarası c1) Kanalizasyon kapağı c) Yağmur suyu drenaj ızgarası d) drenaj yok.....	103
Fotoğraf 19. Yol kaldırım varlığına göre örnek yapılar a) çift taraflı b) çift taraflı c) kaldırım yok d) tek taraflı	105
Fotoğraf 20. Yol genişliğine göre örnek yapılar a) 4.5 – 6 metre (dar yol) b) 6 – 12 metre (orta genişlik) c) 12 – 20 metre (geniş yollar) d) 20 – 36 metre (çok geniş yollar)	106
Fotoğraf 21. Trafo tipine göre örnek yapılar a) Beton köşk tipi trafo merkezi (Concrete kiosk type substation) b) Kompakt tip trafo merkezi (Compact Transformer Substation) c) Kompakt tip kare kabinli trafo (Compact Substation-Square Form) d) Kompakt tip trafo merkezi (Compact Transformer Substation)	109
Fotoğraf 22. Trafo malzeme türüne göre örnek yapılar a) Alüminyum kabin b) Betonarme yapı c) Demir kabin d) Galvanizli sac	112
Fotoğraf 23. Trafo yıpranma durumuna göre örnek yapılar a) yıpranma yok veya hafif yıpranmış b) Ağır yıpranmış c) Kısmen yıpranmış, ancak işlevsel	114
Fotoğraf 24. Köprü tiplerine örnek yapılar a) çelik b) betonarme c) betonarme	118
Fotoğraf 25. Köprü yapı türü sistemine göre örnek yapılar a) Kirişli köprü b) Kafesli köprü	119
Fotoğraf 26. Köprü koşul durumuna göre örnek yapılar a) Hasar çatlama yok b) Genelleştirilmiş çatlama ve deformasyon c) Hafif çatlak	120
Fotoğraf 27. Genişlik ve uzunluğa göre örnek yapılar a) Uzunluk b) Genişlik	122
Fotoğraf 28. Köprü kullanım türüne göre örnek yapılar a) karma kullanımlı köprüler b) yaya köprüleri.....	126
Fotoğraf 29. Köprülerin açıklık aralığına göre örneği	128

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Taşkın riskinin belirlenmesi (Chakraborty vd., 2022; Wang vd., 2022'den uyarlanılmıştır)	2
Şekil 2. Tehlike (aşılma olasılığı ve şiddeti) ile zarar görebilirliğin (maruz kalma ve duyarlılık) etkileşimi olan taşkın riski (Merz & Thieken, 2004'ten uyarlanmıştır).	3
Şekil 3. Çalışma alanının lokasyonu ve LİDAR veri sınırı ve Ulus Çayı Havzasının yüzey şekilleri (Ozdemir & Akbas, 2023a'dan düzenlenmiştir.)	17
Şekil 4. Köppen iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi (MGM, 2023)	19
Şekil 5. Çalışma sahasındaki bazı DSİ çalışmaları	22
Şekil 6. Entegre taşkın risk değerlendirme yaklaşımının kavramsal çerçevesi..	23
Şekil 7. Taşkınlarda bina stabilitesi için önerilen eşikler (Smith vd. 2014'ten uyarlanmıştır)	29
Şekil 8. Stephenson yöntemine göre Risk Index (RI) değerleri (Stephenson 2022'den düzenlenmiştir)	32
Şekil 9. Iso-W eğrileri ile zarar seviyesi sınırlarının gösterimi (Lazzarin vd., 2022)	34
Şekil 10. Ulus yerleşmesinde zarar görebilirlik özellikleri belirlenen trafo, yol, bina ve köprülerin dağılımı.....	36
Şekil 11. Toplanan verilerin gösterge sayısı ve toplam gösterge sayısı	37
Şekil 12. DEFRA yöntemi, tehlike sınıflarına göre binalar	49
Şekil 13. 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın akımlarının ISPRA yöntemine göre tehlike analizleri	51
Şekil 14. Avustralya 1 yöntemine göre taşkın tehlike sınıfları	52
Şekil 15. Avustralya 2 yöntemine göre taşkın tehlike sınıfları	54
Şekil 16. 50, 100, 500 ve 1000 yıllık akımların Almanya yöntemine göre tehlike sınıfları	56
Şekil 17. Hollanda yöntemi kapsamında, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın senaryolarının bütünleşik değerlendirilmesiyle elde edilen taşkın tehlike sınıflarına ait alan dağılımı (km ²).....	57
Şekil 18. Stephenson yöntemine göre farklı taşkın akımlarına ait tehlike sınıfları	58

Şekil 19. Aleotti vd.(2004) göre farklı taşkın akımlarına ait tehlike sınıfları	59
Şekil 20. Lazzarin (2022) yöntemine göre farklı taşkın akımlarına ait tehlike boyutları	62
Şekil 21. Taşkın Fiziksel Zarar Görebilirlik İndeksi (BİNA) Bileşenleri.....	71
Şekil 22. Binaya ait parametrelerin zarar görbilirlik dağılımları a) kat sayısı b) inşaat türü c) bina yaşı d) bodrum varlığı e) koşul durumu f) inşaat tipi	77
Şekil 23. Binaya ait parametrelerin zarar görbilirlik dağılımları a) genel bina türü kullanımı b) zemin kat kullanım durumu c) birinci kat kullanım durumu d) ikinci kat kullanım durumu e) bina statüsü f) miras statüsü.....	86
Şekil 24. Binaya ait parametrelerin zarar görbilirlik dağılımları a) bina konumu b) kapı yönü c) su basman varlığı d) pencere malzemesi e) genel pencere türü	91
Şekil 25. Yol Zarar Görebilirlik İndeksi bileşenleri.	100
Şekil 26. Yollara ait parametrelerin zarar görbilirlik dağılımları a) Yapı türü b) yol genişliği c) yol kullanım türü d) kaldırım varlığı e) drenaj sistemi	107
Şekil 27. Trafo merkezlerine ait zarar görbilirlik indeksi bileşenleri.....	108
Şekil 28. Trafoya ait parametrelerin zarar görbilirlik dağılımları a) trafo tipi b) trafo yüksekliği c) trafo platformu yüksekliği d) malzeme türü e) yıpranma durumu f) kapı yönü	115
Şekil 29. Köprülere ait zarar görbilirlik indeksi bileşenleri.....	117
Şekil 30. Köprülere ait parametrelerin zarar görbilirlik dağılımları a) yapı tipi b) yapı türü sistemi c) koşul durumu d) köprülerin genişlik ve uzunlukların toplam skoru	123
Şekil 31. Köprünün entegre olduğu yola örnek yapılar a) çevre yolu b) cadde c) sokak d) bağlantısız yol.....	124
Şekil 32. Köprüye ait zarar görbilirlik dağılımları a) entegre olduğu yol b) kullanım türü c) açıklık yüksekliği.....	129
Şekil 33. Ulus İlçe Merkezi Yerleşimi Senaryolara Göre Bina Taşkın Risk Analizi a) bina için alansal dağılışı (km ²)	131
Şekil 34. Bina İçin Taşkın Risk Skalası	131
Şekil 35. Ulus İlçe Merkezi Yerleşimi Senaryolara Göre Yol Taşkın Risk Analizi a) yol için alansal dağılışı (km ²).....	134

Şekil 36. Yol için taşkın risk skalası	135
Şekil 37. Ulus İlçe Merkezi Yerleşimi Senaryolara Göre Köprü Taşkın Risk Analizi a) köprü için alansal dağılışı (km ²)	138
Şekil 38. Köprü için taşkın risk skalası.....	138
Şekil 39. Ulus ilçe merkezi yerleşimi senaryolara göre trafo taşkın risk analizi	140
Şekil 40. Trafo için taşkın risk analizi	141



TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1. Taşkın tehlikesi sınıflandırması için literatürde bulunan mevcut yöntemler	25
Tablo 2. DEFRA yöntemine göre Binalara ait taşkın tehlike sınıfları	27
Tablo 3. ISPRA yöntemine göre taşkın tehlike sınıflandırmaları	27
Tablo 4. Avustralya 1 yöntemine göre tehlike sınıfları	28
Tablo 5. Almanya yöntemine göre taşkın tehlike sınıfları	30
Tablo 6. Hollanda yöntemine göre sınıflamalar	31
Tablo 7. Stephenson yöntemine göre yapılara ait taşkın tehlike sınıfları	31
Tablo 8. Aleotti yöntemine göre yapılara ait taşkın tehlike sınıfları	32
Tablo 9. SYGM'nin (SYGM, 2017) yaptığı çalışma ile Tez'de yapılacak olan çalışma arasındaki farklar	35
Tablo 10. Ulus yerleşmesini kapsayan alandaki taşkın zarar görülebilirliğini değerlendirmek için seçilen gösterge açıklamaları (farklı kaynaklardan derlenmiştir)	38
Tablo 11. DEFRA yöntemi uygulaması ile Ulus ilçe yerleşimi taşkın tehlikesi ve altyapı etkileşimlerinin incelenmesi.	48
Tablo 12. ISPRA yöntemi tehlike sınıflandırmasına göre etkilenen alanlar	51
Tablo 13. Avustralya 1 tehlike sınıflandırmasına göre etkilenen alanlar	53
Tablo 14. Avustralya 2 tehlike sınıflandırmasına göre etkilenen alanlar	54
Tablo 15. Almanya tehlike sınıflarına göre etkilenen alanlar	55
Tablo 16. Hollanda sınıflandırılmasına göre etkilenen alanlar	57
Tablo 17. Stephenson sınıflandırmasına göre etkilenen alanlar	59
Tablo 18. Aleotti ve diğerleri (2004) tehlike sınıflandırmasına göre etkilenen alanlar	60
Tablo 19. tehlike sınıflandırmasına göre etkilenen alanlar	61
Tablo 20. Yöntemlerin maruziyet açısından değerlendirme kriteri	64
Tablo 21. Yöntemlerin tehlike sınıfları açısından değerlendirilip karşılaştırılması	67
Tablo 22. Mahallelere göre kapı yönü sayıları	93
Tablo 23. Ulus ilçe merkezi yerleşimi trafo kabinleri envanteri.	116

Tablo 24. Köprülerin Uzunluk ve Genişliklerinin Envanteri ve Zarar Görebilirlik Değerleri	122
Tablo 25. Ulus ilçe merkezi yerleşimi köprü envanteri	124
Tablo 26. Bartın Ulus İlçe Merkezi Yerleşimi Taşkın Etkisi Altında Köprülerin Açıklık Yüksekliği Zarar Görebilirlik Envanteri	128
Tablo 27. Binalarda riskin yoğunlaştığı alanlar için çözüm önerileri	133
Tablo 28. Yollarda riskin yoğunlaştığı alanlar için çözüm önerileri	136
Tablo 29. Köprülerde riskin yoğunlaştığı alanlar için çözüm önerileri	139
Tablo 30. Trafolarda riskin yoğunlaştığı alanlar için çözüm önerileri	142



KISALTMALAR LİSTESİ

SYGM	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
HGM	Harita Genel Müdürlüğü
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
LİDAR	Light Detection and Ranging
İHA	İnsansız Hava Aracı
EDAŞ	Elektrik Dağıtım A.Ş.

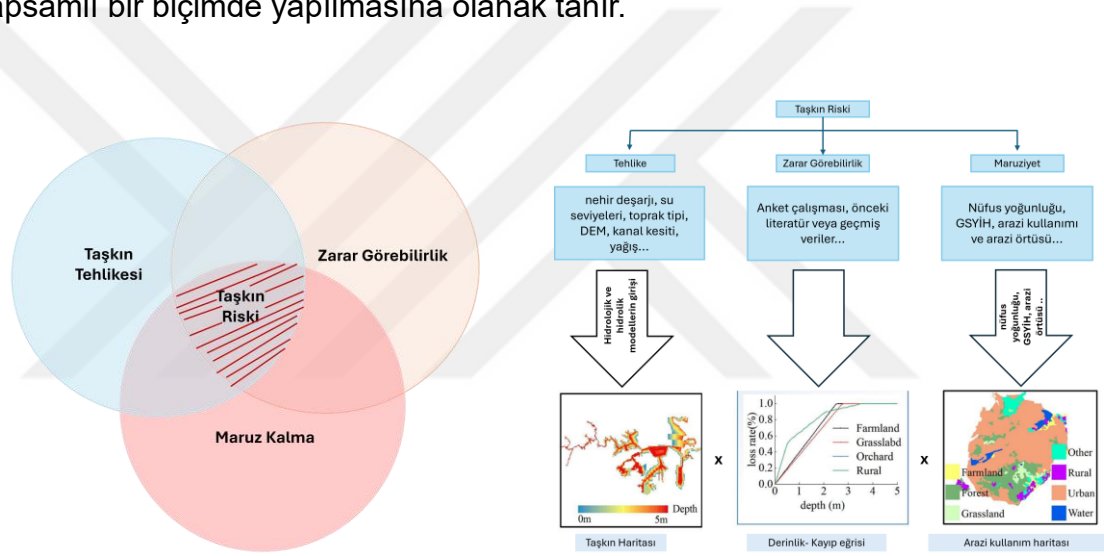
1. GİRİŞ

Küresel iklim değişikliği ve hızlı kentleşmeyle birlikte yağış olaylarının yoğunluğu ve sıklığı önemli ölçüde artmış, bu da dünya çapında çok sayıda yerleşmede sel felaketinin sıklıkla meydana gelmesine neden olmuştur (Wang vd., 2022). İklim özelliklerinde ve yağış türlerinde meydana gelen değişimler gelecekle ilgili senaryolar oluşmasına neden olmuştur. Bu senaryolardan yola çıkarak Akdeniz havzası içerisinde bulunan ülkemizde Marmara ve Karadeniz bölgelerinde yağışların artacağı, sel ve taşkınların oluşma olasılığının artabileceği sonucuna varılmıştır (Dalfes vd., 2007; Gürkan vd., 2016; IPCC, 2013). Dünya yüzeyinde meydana gelen afetlerin EM-Dat ve Sigma ile birlikte Munich R'nin NatCatSERWICE veri tabanına göre geçmişten günümüze bir artış yaşandığı görülmektedir (CRED, 2023; Kron vd., 2012). Bu değişikliklerle birlikte meydana gelen afetlerin pek çok can kaybına yol açmasıyla beraber toplumlar ve şehirlerde bulunan altyapı üzerinde önemli derecede etkileri olmaktadır ve evler, işyerleri, kamu hizmetleri gibi alanlara zarar vermektedir (Jonkman, 2005; Dodman vd., 2022; WHO, 2002). Taşkınların afet boyutuna ulaşmasında yukarıdaki nedenlere ek olarak günümüzde taşkınların insan hayatını daha fazla etkilemesinin sebebi taşkın potansiyeli olan akarsu yatakları çevresinde nüfusun artmaya devam etmesi, kentleşmenin büyümesi ve sayıların artmasıdır. Böylece bu alanların taşkın tehlikesine açık hale gelmesi ve riskin artmasıyla ortaya çıkacak kayıplar gelecekte de artmaya devam edecektir (Blöchl vd., 2019; Rentschler vd., 2022; Rentschler vd., 2023).

1.1. *Literatür Değerlendirmesi*

Taşkın tehlikesi bağlamında 'risk' kavramı Knight (1921) tarafından ortaya atılmış ve bir sisteme uyum sağlamanın çeşitli yönlerinde uygulanmıştır (Rehman vd., 2019). Bu sistemler incelenirken yapılan analizler, taşkına karşı alınması gereken önlemlerin belirlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Olası etkilerin öngörülmesi ve taşkın yönetimi stratejilerinin geliştirilmesinde matematiksel modeller kullanarak yapılmaktadır. Risk analizi, afet riskinin azaltılması ve sürdürülebilirlik biliminin ayrılmaz bir parçası olarak kabul edilmiştir (Zhou vd.,

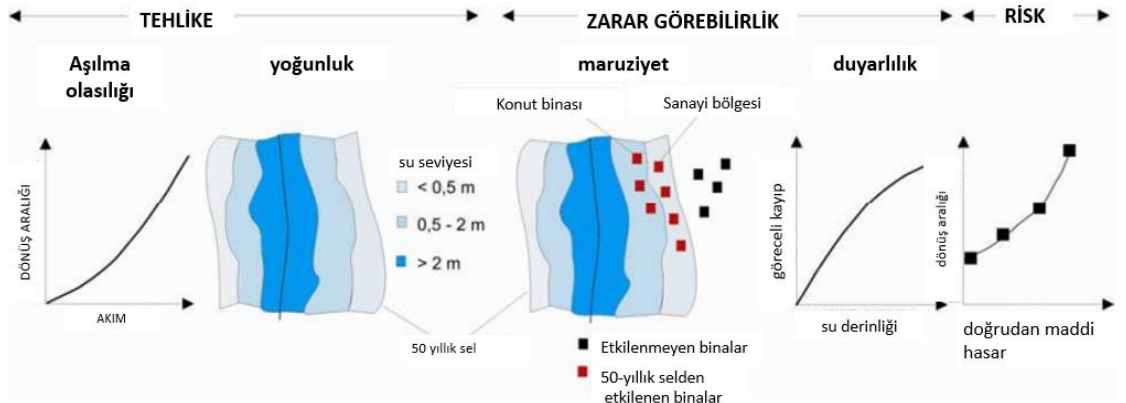
2015). Kok ve diğerleri (2015), bu analizleri can kaybı ve ekonomik hasar tahminleri olarak görmüş olsalar da günümüzde risk analizleri yaklaşımları senaryo tabanlı yöntemlere doğru evrim geçirmektedir (Zhang vd., 2020). Bu yeni yaklaşımlarda, fiziksel unsurların etkilerini doğru bir şekilde değerlendirmek için taşkın risk değerlendirmesi niceliksel bir yaklaşıma doğru bir değişim göstermiştir. Bu kapsamda taşkın risk analizi tehlike (H), maruziyet (EX) ve zarar görebilirliğin (V) bir fonksiyonu olarak ortaya çıkar (Schanze vd., 2006; Cho & Chang, 2017; Few, 2003; Karmakar vd., 2010; Ntajal vd., 2017; Albano vd., 2017; Armenakis vd., 2017; Tate vd., 2021) (Şekil 1). Bu faktörler, analizlerde kullanılan niceliksel yaklaşımların temelini oluştururken, taşkın risk değerlendirmesinin doğru ve kapsamlı bir biçimde yapılmasına olanak tanır.



Şekil 1. Taşkın riskinin belirlenmesi (Chakraborty vd., 2022; Wang vd., 2022'den uyarlanılmıştır)

Bu değerlendirmeler, genellikle bir taşkın potansiyel tehlikesini değerlendirmekle başlar. Taşkın tehlikesi, belirli bir alanda ve belirli bir zaman dilimi içerisinde zarar verici taşkın aşılma olasılığı ve kapsam, derinlik ve hız gibi karakterleri ile tanımlanır (Moel vd., 2015; Nofal & van de Lint, 2022). Bu taşkın riskinin bir parçasıdır ve nitel, yarı nitel veya nicel yöntemlerle değerlendirilebilir (Chen vd., 2005). Nicel yöntemler, hidrolojik senaryolara ve hidrolik modellemeye dayanır ve taşkın tehlike seviyelerini sınıflandırmak için uygun bir taşkın tehlike indeksi oluşturmayı ve hesaplamayı içerir. Bu indeks parametreleri, taşkın derinliği (FEMA, 2013; Martini & Loat, 2018; Merz vd., 2007;

National Research Council, 2009) ve akış hızı (Kreibich vd., 2009) genellikle taşkın tehlikesini belirlemede temel ölçütler olarak kabul edilen parametreler iken; taşkın varış zamanı, taşkın süresi, taşkın derinliği artış oranı (Ahmadisharaf vd., 2015; Bruijn vd., 2015; FEMA, 2013, Merz vd., 2007; Muñoz vd., 2020; Naeem vd., 2021; Santillan vd., 2016) ve taşkın sonrası durgun su derinliği, taşkın aşındırıcı potansiyeli ve moloz veya kirlenici yükü de diğer parametrelerdir. Bu göstergeler, parametreler ve ilgili tehlike sınıflandırması, taşkın tehlikesi değerlendirmesinin nihai amacı olan mekansal planlama, acil durum yönetimi ve insanların tahliyesi, yapıların ve altyapıların yapısal güvenliği ve tehdit altındaki varlıkların korunması (Bruijn vd., 2015) gibi alanlara uygun olarak seçilmelidir.. Halihazırda kullanılan yöntemlerde, tehlike değerlendirmesinin amacına bakılmaksızın taşkın derinliğinin tehlike çalışmalarında birincil girdi olarak kullanıldığını görmekteyiz. Bununla birlikte taşkın etkilediği unsurlara bağlı olarak farklı taşkın parametreleri de tehlike analizinde kullanılmaktadır (Şekil 2). Bu çalışmada tehlike analizlerindeki bu parametre değişkenliği göz önünde bulundurularak optimum parametre belirlenmesi gerçekleştirilecektir.



Şekil 2. Tehlike (aşılma olasılığı ve şiddeti) ile zarar görebilirliğin (maruz kalma ve duyarlılık) etkileşimi olan taşkın riski (Merz & Thieken, 2004'ten uyarlanmıştır).

Taşkın tehlike çalışmaları akarsu yatağını da içeren yüzey topografyası, sınır koşullarını oluşturan akarsu akım verileri ve yüzey pürüzlülüğü gibi üç temel aşamanın dikkate alındığı hidrodinamik modelleme ile gerçekleştirilmektedir (Ntajal vd., 2017). Bunlardan akım verileri ölçümlerin yapıldığı alanlarda Akım

Gözlem İstasyonlarından (AGİ), ölçümün yapılmadığı alanlarda yağış akış modellerinden veya küresel akım veri setlerinden elde edilir. Taşkın tehlike analizlerinde kullanılan hidrodinamik modellerin diğer önemli girdi verileri olan yüzey topografyasının temsili ve bunun yüzey pürüzlülüğü parametreleridir. Çoğu hidrodinamik model yapılarından bağımsız olarak, topografya ve yüzey pürüzlülük karakterizasyonundan büyük ölçüde etkilenmektedir (Albano vd., 2017; Armenakis vd., 2017; Tate vd., 2021; Moel vd., 2015; Nofal & van de Lint, 2022; Chen vd., 2005). Çünkü hem topografya hem de pürüzlülük katsayıları akış alanını ve hızı etkilemektedir. Topografik yüzeylerin temsil edildiği Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) çözünürlüğünün taşkın modellemesindeki rolü birçok çalışmada tartışılmıştır (FEMA, 2013; Martini & Loat, 2018; Merz vd., 2007; National Research Council, 2009; Kreibich vd., 2009; Ahmadisharaf vd., 2015; Ozdemir vd. 2013; Özdemir & Akbaş, 2023; Ozdemir & Akbas, 2025). Son yıllarda, ayrıntılı ve doğru topografik verilerin azlığından ayrıca hesaplama kaynaklarına olan yüksek talebin neden olduğu geleneksel sınırlamaların üstesinden gelinmiştir (Bruijn vd., 2015; Muñoz vd., 2020; Ahmadisharaf vd., 2015). Günümüzde çok sayıda iklim, meteorolojik ve hidrolojik uygulama için çok miktarda yüksek çözünürlüklü veri imkanı bulunmakla birlikte hidrodinamik modellerde çözünürlüğün artmasıyla model kullanımı kökten değişirken, karmaşıklıklar ve uygulama alanları ise artmaktadır (Naeem vd.,2021). Yüksek çözünürlüklü verilerin mevcudiyeti model karmaşıklığını, verimliliğini ve güvenilirliğini dengelemek için bir dizi problemi de beraberinde getirmektedir. Birçok araştırmacı modellerin kullanımına ilişkin aşırı gerçekçilik ve doğruluk beklentilerini azaltmayı önermiştir (Santillan vd., 2016; Merz vd., 2004). Özellikle nispeten lokal alanlarda yapılan hidrodinamik çalışmalarda yüksek çözünürlük bazı hataları çok daha belirgin şekilde ortaya çıkarmaktadır (Timmerman, 1981; Ahmadisharaf vd., 2015). Kentsel alanlarda hidrodinamik modeller kullanılarak yapılan taşkın tehlike çalışmalarında optimal çözünürlük için farklı görüşler ileri sürülmektedir. Bazı araştırmacılar (Paul, 2013; Merz vd., 2004; UNISDR, 2015; Ozdemir & Akbas, 2025) mekansal çözünürlüğün çalışma sahasındaki binaların ve yolların ortalama boyutlarıyla ilişkili olmaları gerektiğini söyleyip 5m çözünürlüğün şehirsal alanlarda yeterli olacağını, ancak küçük ölçekli (dar

sokaklar, yol bordürleri vb.) alanlarda ise daha yüksek çözünürlüğe (2m veya daha yüksek) ihtiyaç duyulacağını vurgulamışlardır. Farklı olarak pek çok çalışmada çözünürlüğün sürekli olarak yükseltilmesi (cm düzeyinde) hidrodinamik model çıktılarının yanıltıcı sonuçlar ortaya çıkaracağı vurgulanmıştır (Dang vd., 2011; Ahmadisharaf vd., 2015; Ozdemir & Akbas, 2025). Kuşkusuz model güvenilirliği için belirli bir kesinlik düzeyi gereklidir, ancak çözünürlüğün sürekli artması model sonuçlarının da doğru olacağı anlamına gelmemektedir. Taşkın modellerinde yapılan farklı araştırmalar, minimum bir çözünürlüğün olduğunu göstermiştir; bunun dışında herhangi bir şekilde çözünürlüğün artırılması, sonuçları önemli ölçüde iyileştirmenin aksine hatalı durumlar da ortaya koyabilmektedir (Balica vd., 2009; Merz vd., 2004; Kazmierczak & Cavan, 2011). Sonuç olarak modellerde çözünürlük model yapısı ve havza karmaşıklıkları göz önüne alınarak belirlenmelidir. Buna bağlı olarak 90 metre küresel ölçekten (Giupponi vd., 2013; Li vd., 2013; Bertsch vd., 2017) 30 metre ve altındaki (Bles vd., 2016; Özdemir, 2008; Kreibich vd., 2005; Chen vd., 2005) lokal ölçeğe kadar akarsular için hidrodinamik modeller gerçekleştirilmiştir. Küresel ve bölgesel hidrodinamik modellerde daha çok düşük SYM çözünürlükleri tercih edilirken, lokal (mahalle, ilçe veya akarsu kolu) alanlarda da cm çözünürlüğüne kadar inen SYM'ler kullanılmaktadır (Stephenson & D'Ayala, 2014). Yüzey topografyasını ve akarsu yatak formunu temsil eden yüksek çözünürlüklü (30m ve altı) SYM'lerin havza ve bölgesel ölçekte hidrodinamik modellerdeki kullanımı devam eden çalışmalar arasındadır (Papathoma-Köhle vd., 2007; Ahmadisharaf vd., 2015). Bu durum yüksek hesaplama gücüne sahip sistemlere duyulan gereksinimleri ön plana çıkarmaktadır. Diğer bir parametre olan yüzey pürüzlülüğü ise hidrodinamik modellerde sabit (kompozit) veya dağıtılmış pürüzlülük katsayıları olarak (Papathoma-Köhle, 2016) değerlendirilmektedir. Hidrodinamik modelde kullanılan SYM çözünürlüğüne bağlı olarak aynı doğruluk ve hassasiyette yüzey pürüzlülüğü parametresi dikkate alınmaktadır (Papathoma-Köhle vd., 2019). Yapılan çalışmalarda yüzey pürüzlülüğünün tek bir değer olmadığı, dağıtılmış modellerde suyun yayılımı gerçeğe daha yakın sonuçlar vermekte, taşkın suyunun derinlik ve hız dağılımlarını etkilemektedir (Stephenson & D'Ayala, 2014; Ozdemir vd. 2013).

Meydana gelen doğal afetler içerisinde rapor edilen afetlerin önemli bir bölümünü özellikle son 30 yılda taşkınlar oluşturduğundan (Uzielli vd., 2008), hidrodinamik taşkın modellerinin geliştirilmesi ve uygulanması ile ilgili çalışmalar küresel bir amaç haline gelmiştir. Bu kapsamda taşkın tehlikelerini ortaya koymak ve taşkın riskini azaltmak için hidrodinamik modeller ile dünyanın çeşitli yerlerinde küresel olarak çok sayıda çalışma yapılmıştır (Uzielli vd., 2015; Schwarz & Maiwald, 2008; Indirli, 2009; Du vd., 2013; Martelli, 2011; Mebarki vd., 2012; Kappes vd., 2012; Ahmadisharaf vd., 2015). Hidrodinamik modeller, taşkın risk haritalamasında (MirGodfrey vd., 2015; Miranda & Ferreira, 2018), taşkın hasar değerlendirmesinde (Wingfield vd., 2005; Loli vd., 2022), gerçek zamanlı taşkın tahmininde yaygın olarak kullanılmaktadır (Gauthier vd., 2018; Kasmalkar vd., 2020). Modellerin kullanımı ve yaygınlaşması neticesinde su altında kalması muhtemel alanların güvenilir ve doğru bir şekilde simülasyonlarının yapılması mümkündür. Akarsu yatağının temsil kabiliyetine bağlı olarak modeller 1 Boyutlu, 2 Boyutlu ve 3 Boyutlu modeller olarak gruplandırılabilir (Bhavathrathan & Patil, 2018). Her bir boyutun spesifik su hareketleri için kullanım kabiliyeti olsa da bu modeller içerisinde 2 boyutlu modeller literatürde en çok kullanılan ve taşkın suyunun yüzey topografyasındaki yayılım mekanizmasını en iyi yansıtabilen modeller olarak karşımıza çıkmaktadır (Bruijn vd., 2015; Muñoz vd., 2020; Bhavathrathan & Patil, 2018). Raster tabanlı hidrodinamik modellerden biri olan ve oldukça geniş kullanım alanına sahip olan LISFLOOD-FP'nin taşkın yayılımı tahmin etme performansı, uydudan gözlemlenen taşkın yayılımı haritaları kullanarak bölgesel ve küresel ölçekte test edilmiştir (Rojahn vd., 1992; Aghababaei vd., 2021; Li & Teo, 2019; Li vd., 2020). Raster tabanlı hidrodinamik model olan LISFLOOD-FP'nin diğer hidrodinamik modellerle (HEC-RAS, ISIS-FAST, TELEMAC-2 gibi) karşılaştırıldığı çalışmalarda model performansı ve gerçek taşkınla olan doğruluğu konusunda en iyi sonuçları gösterdiği tespit edilmiştir (Moel vd., 2015; Baky vd., 2020; Mukesh & Katpatal, 2021; Papathoma-Köhle vd., 2017).

Coğrafya alanında, zarar görebilirlik terimi, Timmerman'ın kavramsallaştırılmasından beri kullanılmaktadır (Timmerman, 1981; Paul, 2013). Taşkınların toplum üzerindeki etkilerini değerlendirmek için belirgin bir parametre

olan zarar görebilirlik (ing. *vulnerability*) (V) kavramı, potansiyel olarak zarar verici doğal olaylara maruz kalan risk altındaki unsurun içsel duyarlılığının ölçüsüdür ve yapılan çalışmaların odak noktalarından birini oluşturmaktadır. Maruz kalma analizi “Sel veya taşkın kim veya ne etkilenecek?” sorusuna cevap verir. Maruziyet, risk altında olan unsurların sayısı ve değeri ile ölçülebilir (Merz vd., 2004). Bunların taşkına maruz kalan unsurların zarar görme olasılığının anlaşılması ve değerlendirilmesi, uluslararası düzeyde vurgulanan bir gereklilik haline gelmiştir. Özellikle 2015-2030 Afet Riskinin Azaltılması İçin Sendai Çerçevesi (UNISDR, 2015) gibi küresel girişimler bu konuya önem verip odaklanmıştır. Merz vd. 2004 ile Dang vd. (2011) gibi araştırmacılar tarafından vurgulanan zarar görebilirlik, Balica vd. (2009), Kazmierczak ve Cavan (2011), Giupponi vd. (2013) ile Li vd. (2013) tarafından da bileşenlere ayrılma eğiliminde olduğu saptanmıştır. Bu kavramın ölçülmesi, maruz kalma (ing. *exposure*) (E) ile duyarlılık (ing. *sensitivity*) (S) bileşenlerinin çarpımının uyarlanabilir kapasiteye (ing. *adaptive capacity*) (C) bölünmesi yoluyla gerçekleştirilmektedir ($V = (E \times S) / C$). Bu kavramların arasındaki ilişki taşkın risk kavramının doğrudan tehlike ve zarar görebilirlik ile ilişkilendirilirken, kapasite ile ters orantılı olarak düşünülmektedir. Bugüne kadar gerçekleştirilen araştırmalar, özellikle belirli unsurlara odaklanmış olmasına rağmen, bu unsurların fiziksel olarak belirli kategori altında toplanarak incelenmesi konusu henüz literatürde yaygın değildir. Bu unsurlar özellikle konut/binalar, okullar, hastaneler, polis/itfaiye merkezleri, çiftlik, kayıt dışı işletmeler ve inşaat; yollar, köprüler, otoparklar, yağmur suyu drenaj sistemleri (Bertsch vd., 2017), elektrik hatları, metrobüs ana istasyonu gibi fiziksel altyapılar ve yaşam hatlarını oluşturur (Bles vd., 2016). Bu öğelerin yoğunluğu, konumlarına bağlı olarak uzaklık ve yakınlığı, yapı türü ve kullanılan malzeme gibi özellikleri zarar görebilirliklerin belirlenmesinde kullanılan bazı parametrelerdir (Özdemir vd., 2008).

Fiziksel zarar görebilirlik unsurların göstergeleri incelendiğinde ilk olarak karşımıza çıkan taşkın ve bina özellikleri ile taşkın hasar süreçleri arasındaki ilişkinin vurgulanmasıdır (Kreibich vd., 2005). Bina özellikleri arasında bina tipi (Chen vd., 2005; Stephenson & D'Ayala, 2014), yapı malzemesi (Papathoma-Köhle vd., 2007; 2016; 2019; Uzielli vd., 2008; Uzielli vd., 2015; Schwarz &

Maiwald 2008; Indirli, 2009; Du vd., 2013; Martelli, 2011; Mebarki vd., 2012; Kappes vd., 2012; Stephenson & D'Ayala, 2014; MirGodfrey vd, 2015; Miranda & Ferreira, 2018), kat sayısı (Papathoma-Köhle vd., 2007; 2016; 2019; Stephenson & D'Ayala, 2014; Indirli, 2009; Martelli, 2011; Mebarki vd., 2012; Kappes vd., 2012; Godfrey vd., 2015; Miranda & Ferreira, 2018) ve taşkın koruma önlemlerinin varlığı ya da yokluğu bulunmaktadır. Ana bina özelliklerinin yanında, nispeten küçük bina detayları da zarar görebilirliğin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Wingfield, Bell & Bowker, 2005). Örneğin bir bodrum penceresinin varlığı (Papathoma-Köhle vd., 2007; 2016; 2019) veya bir havalandırma açıklığının yokluğu, bina iç mekanlarının su altında kalıp kalmayacağını belirleyebilir. Bunlar dışında bina temeli (Martelli, 2011; Mebarki vd., 2012; Godfrey vd., 2015; Uzielli vd., 2015; Papathoma-Köhle vd., 2019), bina yaşı (Stephenson & D'Ayala, 2014; Uzielli vd., 2015; Miranda & Ferreira, 2018), bina çevresi (Kappes, Papathoma-Köhle, & Keiler, 2012; Godfrey vd., 2015; Papathoma-Köhle vd., 2019), bodrumun varlığı (Chen vd., 2005), duvar, duvar kaplama, çatı, dış kapılar, pencere (Papathoma-Köhle vd., 2007; 2016; 2019; Martelli, 2011; Kappes vd., 2012; Mebarki vd., 2012; Godfrey vd., 2015), binanın bakım durumu (Uzielli vd., 2008; Schwarz & Maiwald, 2008; Indirli, 2009; Mebarki vd., 2012; Kappes vd., 2012; Stephenson & D'Ayala 2014; Godfrey vd., 2015; Miranda & Ferreira, 2018; Papathoma-Köhle vd., 2019), iç duvarlar ve kaplaması, iç kapılar ve çerçevesi gibi parametreler taşkın değerlendirilmesinde bina için kullanılan diğer parametrelerdir. Bu parametreler, ayrı ayrı yürütülen çalışmalarda taşkın risk durumunu etkileme potansiyelleri üzerinde detaylı bir incelemeye tabi tutulmuştur. Ancak bu göstergelerin birlikte değerlendirilmesi sonucunda hangi göstergenin taşkın riskini etkileme durumunun daha baskın olduğu belirtilmemiştir. Bu bağlamda, yapılacak olan tezde, ulaşılabilecek gösterge verilerinin kullanılması yoluyla, söz konusu parametrelerin bir kategori ölçeğinde değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Bu değerlendirme süreci, risk analizi yapılmasına imkan sağlayarak, taşkın riskini etkileyen faktörlerin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasına yönelik önemli bir adım olacaktır.

İkinci olarak, incelenen köprülerde göstergelerden biri olan inşaat yaşı, malzeme bozulmasına bağlı olarak kırılgenlik üzerinde temel bir etkiye sahiptir

(Loli vd., 2022). Bunun yanında temelin gömülmesi, üstyapı malzemesi, yapı desteklerinin şekli ve köprü tipi parametreleri de ele alınmaktadır. Bu çalışmalar 30m çözünürlük SYM ve uydu görüntüleri üzerinden hazırlanmıştır. Loli ve diğerleri (2022), köprü zarar görebilirliğini değerlendirmek üzere iki aşamalı bir analiz gerçekleştirmiştir. Bu analiz, köprülerin özelliklerinin analizi ve ulaşım sistemi düzeyindeki etkilerini incelemeyi amaçlamıştır. Köprü özelliklerinin analizi, köprülerin yapı türü, inşaat tarihi, genişlik-uzunluğu, temel özellikleri, desteklerin genişliği, akarsuya göre yönlendirmesi ve geçmiş performanslarını ayrıntılı bir şekilde değerlendirmek amacıyla incelemiştir. Sistem düzeyindeki analiz ise, köprülerin entegre olduğu yol hiyerarşisi, üzerindeki trafik yükü ve köprünün genel sistem içindeki rolü ve önemi objektif bir şekilde ölçülmüştür. Çalışma bölgesi olan Ulus yerleşmesinin akarsu tarafından kısmen sınırlı yatak özelliklerine sahip olması, potansiyel taşkın durumlarına taşkın sularının tüm vadi tabanına yayılma olasılığını arttırmaktadır. Bu durum, özellikle köprü yapılarını daha yüksek bir risk altında bırakarak, taşkın riskinin bu altyapı elemanları üzerindeki olumsuz etkilerini vurgulamaktadır. Bu göstergelerin incelenmesi, sadece mühendislik perspektifinden ziyade coğrafi bir bakış açısından geniş bir perspektifte değerlendirme yapmayı amaçlamaktadır.

Üçüncü olarak karayolları açısından çok sayıda araştırmacı karayolu ağının zarar görebilirliği konusundaki araştırmalara büyük katkı sağlamıştır. Ulaşım ağının hizmet sağlama kabiliyeti riskli koşullar altında son derece önemlidir. Yol ağı esnekliği üzerine yapılan literatür, trafik akışı (Guthier vd., 2018; Kasmalkar vd., 2020), seyahat süresi (Bhavathrathan & Patil, 2018), çıkış noktası belirleme süresi (Bhavathrathan & Patil, 2018) ve araç emisyonları (Kasmalkar vd., 2020) gibi parametreler üzerinde durmaktadır. Bununla birlikte pek çok araştırmacı, ulaşım yolu herhangi bir şekilde engellendiğinde erişilebilir yolları ve kalan kapasiteyi belirleyerek bağlantı sorunlarına odaklanmıştır (Rojahn, Scawthorn, & Khater, 1992; Aghababaei, Costello, & Ranjitkar, 2021). Yakın zamanda ise araştırmacılar yapısal olmayan önlemlere dayalı yol ağı esnekliğine odaklanmışlardır (Li & Teo, 2019; Li vd., 2020). Zhang ve Alipour (2019), farklı dönemleri için birincil yol ağının riskini değerlendirmek için altyapı, topoloji ve akış tabanlı risk değerlendirmesini dikkate alarak taşkın tehlikesi için yol ağı zarar

görebilirliğini entegre etmiştir. Mukesh ve Katpatal (2021), topografik değişiklikler nedeniyle oluşan tehlikeli taşkın durumları için yol ağının zarar görebilirliklerini değerlendirmek için bir ölçüt önermiştir. Martín ve diğerleri (2011) farklı ağ senaryoları (deterministik ve rastgele sıralama) için bölgenin bölgesel erişebilirliğini belirlemek üzere yol ağının esnekliğini ölçmüştür. Karayollarının taşkın zarar görebilirlik göstergeleri, yukarıda belirtilen şekilde farklı çalışmalarda ayrı ayrı ele alınmış ve detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Bu çalışmanın temel amacı, bahsi geçen göstergeleri birleştirerek tek bir çerçevede toplama ve bütünleşik bir değerlendirme gerçekleştirmektedir. Literatür taraması sonucunda, benzer bir çalışma örneğiyle karşılaşılmamıştır, bu nedenle bu çalışma, karayollarının taşkın zarar görebilirlik göstergelerinin kapsamlı bir şekilde bir araya getirilmesi ve ek göstergelerin eklenmesi açısından özgün bir katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Dördüncü faktör olarak trafolarla ilgili göstergeler için yapılan literatür taramasında ortak bir çalışmanın olmadığı, yapılan çalışmaların da az sayıda olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte gömülü elektrik altyapısı, geçmişteki taşkın risk analizlerinde çok az ilgi gören bir çalışma alanıdır. Araştırmacılar, su hizmetleri, ulaşım ve bilginin yanı sıra modern toplumların temel ihtiyaçlarından biri olarak elektrik şebekesinin önemini vurgulamaktadır (Leandro vd., 2021). Ayrıca, farklı taşkın büyüklüklerinin etkisinin, arızalı trafo sayısındaki artış maksimum seviyeye ulaşana kadar göz önünde bulundurulduğu varsayılmıştır (Leandro vd., 2021). De Bruijn ve diğerleri (2019) çeşitli sektörler kritik altyapısının (güç kaynağı dahil) dayanıklılığı ve potansiyel dayanıklılık artırıcı önlemlerle ilgili paylaşılan analizlerin, dayanıklılığını değerlendirmek için nasıl kullanılabileceğini göstermiştir. Yukarıdaki göstergelerden elde edilen veriler kullanılarak, trafoların konumları ile taşkın alanları arasındaki etkileşimi analiz etmek ve trafoların maruz kalabileceği riskleri belirlemek amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama tekniklerinin kullanıldığı bir analiz süreci gerçekleştirilecektir. Elde edilen risk verileri temelinde, coğrafi anlamda özgün risk azaltma stratejileri geliştirilerek enerji altyapısının coğrafi sürdürülebilirliğini arttırmayı hedefleyen bu çalışma, trafoların taşkın riskine karşı daha hassas bir yaklaşım sunacak ve daha etkili risk azaltma stratejilerinin belirlenmesinde katkı sağlayacaktır.

Zarar görebilirliğin ölçümü, belirli bir şiddet düzeyinde yapısal ögenin ne derecede etkileneceğini ifade eder ve bu risk altındaki unsurların hassasiyetine bağlı olarak değişir (Baky, Islam, & Paul, 2020). Bu bağlamda, fiziksel zarar görebilirlik, taşkınların etkilerini taşıyan yapısal ögelerin özelliklerine ve bu ögelerin taşkınlar altında nasıl tepki verdiğine odaklanmaktadır. Taşkın tehlikesine karşı risk altındaki unsurların dayanıklılık kapasitesi, maruz kalma, duyarlılık, potansiyel etkiler ve uyum kapasitesi dahil olmak üzere birçok faktör dikkate alınır. Taşkından zarar görebilme olasılığını değerlendirmek için çeşitli yaklaşımlar önerilmiştir. Bu yöntemler arasında en yaygın kullanılanları; derinlik- kayıp ilişkisi fonksiyonları (Kappes vd., 2012; Papathoma-Köhle vd., 2017; Tarbotton vd., 2015), hasar matrisleri (Bründl vd., 2009; Papathoma-Köhle vd., 2017) ve zarar görme indeksleridir (Brikmann, 2006; Brito vd., 2017; Kappes vd., 2012; Moreira vd., 2021). Bu yöntemlerden özellikle ilk ikisi taşkın fiziksel zarar görebilirliğini belirlemek için kullanılmaktadır.

Gösterge kavramı, bir sistem veya durumun çeşitli yönlerini temsil eden ve genellikle farklı veri unsurlarını birleştiren belirli özellikleri ifade eder. Bu göstergeler, toplandığında indeks ve bileşik göstergeler olarak adlandırılır (Saisana vd., 2005). İndeksler, karar vericilere rehberlik etmek, verilerin yorumlanmasını kolaylaştırmak ve konuların genel bir özeti olarak hizmet eder. Ancak, indekslerin yanlış yapılandırılması veya yanlış yorumlanması durumunda yanıltıcı sonuçlar verebilir. Bu nedenle, indekslerin oluşturulmasında kullanılan normalleştirme, ağırlıklandırma ve toplama yöntemlerinin net bir şekilde anlaşılması gerekmektedir (Moreira vd., 2021). Ancak çalışmalarda Analitik Hiyeraşi Süreci (AHP) ağırlıklandırma yönteminin daha fazla kullanışlığı buna karşın farklı normalleştirme ve ağırlıklandırma tekniklerini karşılaştırdığı bir çalışma gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Ayrıca literatür taramasının sonuçlarına göre indekslerin duyarlılık, belirsizlik ve doğrulama analizlerinin oldukça sınırlı sayıda çalışmada gerçekleştirildiği belirlenmiştir. Bu durum, bu tür analizlerin kısıtlı bir biçimde ele alındığı ve genellikle ihmal edildiğini göstermektedir. Oluşturulan indekslerin sağlamlığı ve güvenilirliğini belirlemek açısından kritik bir rol oynamaktadır ve bu alanda yapılan çalışmaların sınırlılığını aşmak hedeflenmiştir.

1.2. Amaç ve Kapsam

Bu araştırmanın temel amacı, iklim değışikliklerinin etkisi altında taşkın sıklığı ve şiddetindeki artışın, her bir akarsu için insan ve faaliyetlerinde potansiyel tehlike yaratmasıyla ilişkilendirilmiş ve 1m çözünürlüklü LiDAR SYM verileri esas alınarak hazırlanan 2 Boyutlu hidrodinamik model ile gerçekleştirilen 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın senaryolarına bağlı (Ozdemir & Akbas, 2023) tehlike analizlerinin, yerleşmeye ait fiziksel zarar görebilirlik parametrelerinin belirlenmesi ve bu bağlamda taşkın risk analizinin gerçekleştirilmesidir. Bu analitik çerçevede, taşkın olaylarının fiziksel unsurlar üzerindeki potansiyel etkilerinin detaylı bir şekilde incelenmesi ve bu etkilerin insan ve çevre üzerindeki olası sonuçlarının değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Araştırma, bilimsel bir yaklaşımla, artan taşkın olaylarının fiziksel unsurlar üzerindeki etkilerini anlama ve gelecekteki riskleri tahmin etme amacını taşımaktadır. Verilerin yüksek çözünürlükte ve detaylı olarak analiz edilmesi, taşkın senaryolarının daha keskin bir şekilde modellenmesini sağlayarak risk analizini daha güvenilir kılacaktır. Bu bağlamda, elde edilen sonuçlar fiziksel unsurlar temelindeki taşkın risklerini anlama, değerlendirme ve bu risklere karşı etkili müdahale stratejileri geliştirme konusunda önemli bir katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmada, fiziksel zarar görebilirlik analizinin mekansal gerçeklikle uyumlu biçimde yürütülmesi amacıyla, yerleşme coğrafyası temel bir analiz bileşeni olarak ele alınmıştır. Ulus ilçesinin yer şekilleri, drenaj yapısı, yerleşim örüntüsü ve altyapı ağları gibi coğrafi özellikleri, taşkın tehlikesinin etkilediği alanların belirlenmesinde doğrudan rol oynamaktadır. Özellikle akarsulara yakın düzlük alanlara kurulmuş yerleşimler ile vadi yamaçlarına yayılan yapılaşma desenleri, taşkın riski altındaki yapı ve altyapının konumsal dağılımını belirleyici bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Bu doğrultuda, analiz sürecinde yapıların eğim, yükseklik, akarsuya olan mesafe, ulaşım yollarına ve menfez ya da köprülere yakınlık gibi mekansal parametreleri, Coğrafi Bigi Sistemleri (CBS) ortamında değerlendirilmiştir. Bu parametreler, farklı taşkın periyotlarına dayalı senaryolarla ilişkilendirilerek, kırılganlık analizlerinin mekansal doğruluğunu artırmıştır. Böylece, çalışmanın yalnızca yapısal özelliklere değil, aynı zamanda bu yapıların bulunduğu fiziki çevreye de odaklanan bütüncül bir yaklaşım benimsenmiştir. Bu

kapsamda, çalışma hem taşkın risklerinin yerel düzeyde nasıl şekillendiğini hem de yerleşim desenlerinin bu risklere karşı kırılganlığını analiz ederek, afet yönetimi stratejilerine yön verecek veri temelli bir zemin oluşturmayı amaçlamaktadır.

Bu kapsamda tez çalışması içerisinde cevap aranan araştırma soruları şu şekildedir;

- Akım senaryolarına ait derinlik ve hız verisi tehlikenin değişkenliğini nasıl etkilemektedir?
- Uluslararası literatüre geçen fiziksel zarar görebilirlik özelliklerinden hangilerine ve ne detayda verisine ulaşılabilir? Bu verilerin fiziksel zarar görebilirlik analizleri için yeterlilik düzeyi nedir?
- Taşkın risk analizlerinde kullanılacak olan fiziksel unsurların zarar görebilirlik analizinde kullanılan göstergelerin değerlendirilmesinde kullanılan birçok yöntemlerden hangisi çalışma alanı için daha iyi sonuçlar vermektedir?
- Farklı taşkın senaryolarına bağlı risk analizinin değişkenliğinin düzeyi nedir ve çözüm önerileri nelerdir?

1.3. Çalışmanın Önemi ve Özgün Değeri

Dünyada ve ülkemizde değişen iklim özelliklerine bağlı olarak taşkınlardaki sıklık ve şiddetlerinin artması, büyük küçük fark etmeksizin insan ve faaliyetleri için tehlike potansiyeli barındırması, her bir akarsu için taşkın risk analizlerinin yapılmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu kapsamda birçok yönetim, ülkelere ait bu yıkıcı düzeydeki taşkınların etkisini ve zararını azaltmak için taşkın risk analizlerini gerçekleştirmiş ve yapmaya da devam etmektedir. Ülkemizde Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetim Genel Müdürlüğü tarafından su havzalarının Taşkın Yönetim Planları hazırlanmış ve bunlardan “Batı Karadeniz Havzası Taşkın Yönetim Planı” içerisinde (SYGM, 2019) Ulus yerleşmesine ait taşkın risk analizleri gerçekleştirilmiştir. Rapor içinde verilen açıklamalar çerçevesinde

Çalışma; veri, ölçek ve zarar görebilirlik analizleri bakımından birtakım farlılıkları bünyesinde barındırmaktadır (Tablo 1).

Bu tez çalışması kapsamında taşkın tehlike analizleri uluslararası bilim camiasında sıklıkla kullanılan (Muhadi vd., 2020; Chone vd., 2021; NOAA, 2012; şimşek, 2020; Zhang vd., 2016; zdemir & Akbaş, 2023; zdemir vd., 2013; Fewtrell vd., 211; Stroner vd., 2021) ve ülkemizde henüz yaygınlaşmamış 1m mekansal znrlkl LiDAR SYM verileri temelinde 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın akımlarına bağlı olarak grid bazlı ve 2 boyutlu hidrodinamik model olan LISFLOOD-FP ile (Bates & De Roo, 2000; Bates vd. 2010) taşkın su derinliği ve hızı belirlenmiştir. Raster tabanlı hidrodinamik model olması ve yüksek znrlkl olarak gerçekleştirilmesi, yapılan diğer çalışmalardan farklılığını ortaya koymaktadır. Riski oluşturan diğer bir parametre olan ve fiziksel unsurları oluşturan binalar, köprüler, yollar ve trafoların her biri için farklı taşkın senaryoları karşısındaki zarar görebilirlikleri analiz edilerek risk çalışması gerçekleştirilmiştir. Zarar görebilirlik özellikleri temelde literatürde yaygın olarak bina, yollar ve köprüler için alt göstergelerin kullanımı yaygın iken trafolar için herhangi bir kriter ve alt gösterge mevcut değildir. Bu nedenle bu çalışma ile gerek taşkın modelleri gerekse fiziksel yapıların maruziyetleri ve bunların zarar grebilirliklerinin belirlenmesi bakımından yüksek znrlkl ve detaylı olması nedeniyle diğer çalışmalardan ayrılmaktadır. Ayrıca bu çalışma ile taşkın riskinin maksimum olduğu mahalle veya alanlar için yapısal veya yapısal olmayan önlemler açısından çözüm nerileri getirilmiştir.

Bu alışma, zarar görebilirlik analizlerine yönelik mevcut ulusal literatürdeki eksiklikleri gidermek amacıyla çok boyutlu bir değerlendirme erevesi sunmayı hedeflemektedir. Geleneksel yaklaşımlarla sıklıkla yalnızca maruziyet odaklı taşkın risk analizleri yapılmakta olup, başka çalışmalarda zarar görebilirlik parametresi dahi dikkate alınmayarak risk analizine gidilmiştir (Sara, 2010; Dursun , 2022; şengün vd., 2019; Aktaş & Uncu, 2024; Sunkar & Tonbul , 2010). Afetlere karşı dirençlilik kapasitesini belirleyen sosyal, ekonomik ve fiziksel faktörler sistematik bir şekilde ele alınmamıştır (Taşkesen, 2011; zşahin, 2013; Ertürk vd., 2021).

Bu bağlamda, çalışma yalnızca yapıların su baskınlarına maruz kalma durumunu değil, aynı zamanda fiziksel özelliklerini ve kullanım fonksiyonlarını da dikkate almaktadır. Özellikle, bölgedeki fiziksel yapıların özelliklerinin dinamiklerini ve bunların zarar görebilirlik üzerindeki etkisini analiz ederek, risk değerlendirme süreçlerine daha bütüncül bir yaklaşım kazandırılması amaçlanmaktadır. Böylece, risk haritalarının ve afet yönetim planlarının daha gerçekçi ve uygulanabilir hale getirilmesi hedeflenmektedir.

Ayrıca, uluslararası literatürde de benzer eksikliklerin bulunduğu tespit edilmiştir. Çoğu çalışmada zarar görebilirlik analizlerinde tehlike sınıfları tam anlamıyla göz önünde bulundurulmazken, bu analizlerde etkili olabilecek bazı kritik parametrelerin ihmal edildiği görülmektedir. Örneğin trafolarının varlığı, binaların giriş kapılarının su akış yönü ile ilişkisi gibi birçok unsurların değerlendirme süreçlerinde yeterince dahil edilmediği belirlenmiştir. Oysa bu tür teknik ayrıntılar, afet etkilerinin doğru analiz edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, söz konusu eksikliklerin giderilmesi afet yönetimi ve zarar görebilirlik analizlerinin bilimsel dayanaklılığı güçlendirecek ve daha etkin politika önerilerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Seçilen parametreler ve alt parametreler, çalışmanın amacı ve incelenen bölgenin özelliklerine göre farklılık arz etmektedir. Bu çalışmada, örneklem olarak seçilen saha dikkate alınarak parametreler ve alt parametreler kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Bu doğrultuda, saha koşullarına özgü dinamikler göz önünde bulundurularak gerçekleştirilen analizlerin, zarar görebilirlik değerlendirmelerinde daha gerçekçi ve uygulanabilir sonuçlar üreteceği öngörülmektedir.

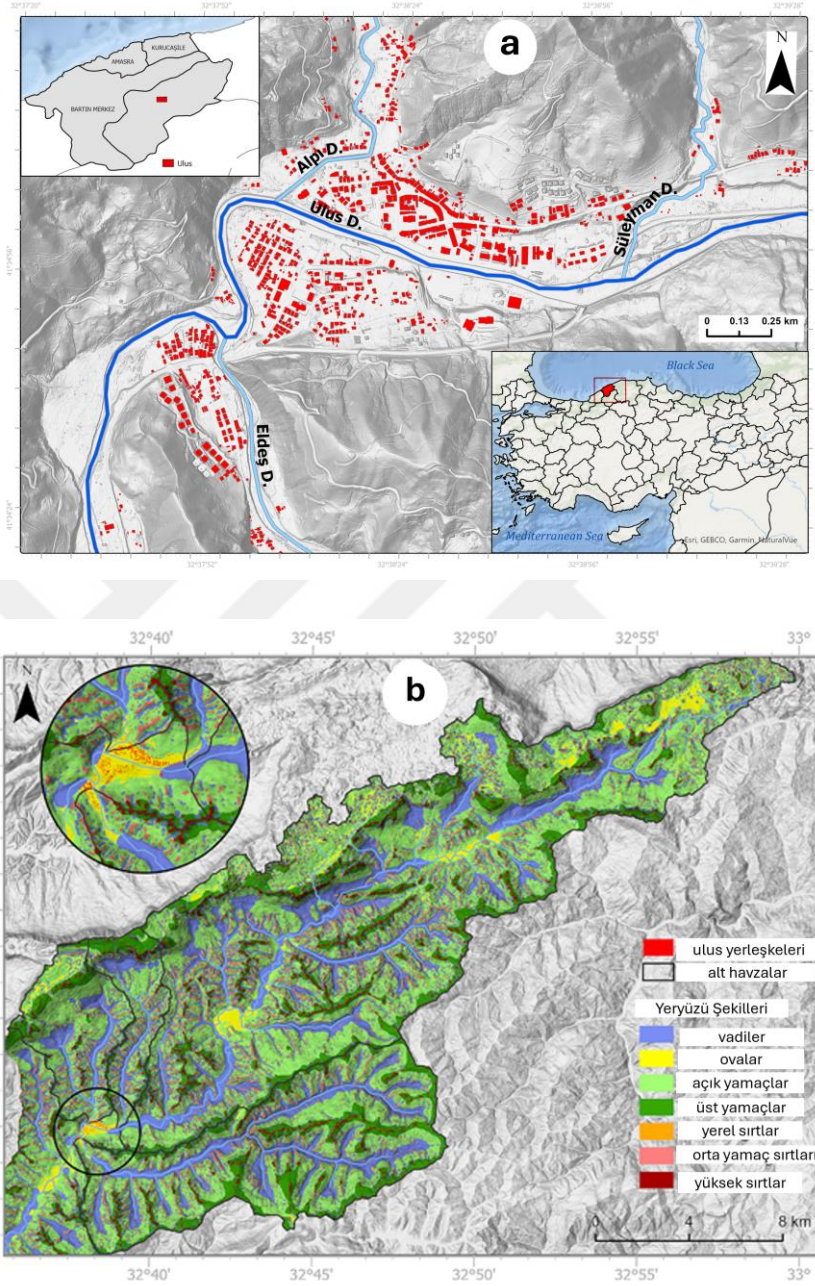
Sonuç olarak, bu çalışma mevcut yaklaşımları genişleterek daha kapsamlı ve bütüncül bir değerlendirme modeli önermektedir. Çalışılan her bir parametre için seçilen tehlike sınıfları ve fiziksel faktörleri bir arada ele alan bu model, hem ulusal hem de uluslararası literatüre önemli katkılar sunmaktadır. Böylelikle, afet riski yönetiminde daha etkin ve sürdürülebilir stratejilerin geliştirilmesine yardımcı olabilecek bilimsel bir temel oluşturulması amaçlanmaktadır.

1.4. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak seçilen Ulus ilçe merkezi, Bartın ili sınırlarında ve Bartın Çayı'nın bir kolu olan ve 367 km² alana sahip olan Ulus Çayı Havzası içerisinde 32°37' – 32°39' enlemleri ile 41°34' – 41°35' boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 3a). Çalışma kapsamında Ulus yerleşmesinin bulunduğu Ulus Çayı ana kolu ve bu kola katılan Süleyman Deresi, Alpi Deresi ve Eldeş Dereleri vadi tabanları boyunca odaklanılmıştır (Şekil 3a). Ulus ilçesi merkezi yaklaşık olarak 160-180 metre yükseklik aralığında olup, Ulus Çayı'nın taşkın yatağı içerisinde konumlanmıştır (Şekil 3b). Bu durum, Ulus yerleşimini taşkın tehlikesine karşı oldukça hassas hale getirmektedir. Yerleşim alanının hem doğal koşulları hem de yerleşim şekli, havzadaki taşkın risklerini artırıcı bir faktör olarak değerlendirilebilir (Şekil 3b).

Ulus yerleşmesinin içinde bulunduğu Ulus Çayı Havzanın litolojik yapısı, suyun yüzeyden yer altına sızma (infiltrasyon) kapasitesini doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Ulus Çayı Havzası, üç ana litolojik birimden oluşmaktadır. Bunlar; Jura kireçtaşları, Kretase kumtaşı, çamurtaşı ve silttaşı ardalanmaları ve Kuvaterner çökelleridir. Havzanın en yaşlı birimi olan Üst Jura kireçtaşları, yüksek geçirgenliğe sahip bir yapı sergilemektedir. Bu birim, suyun yer altına hızlı bir şekilde sızmasına olanak tanıyarak yüzey akışını azaltma potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte, bu kireçtaşı birimi havzanın yalnızca sınırlı bir kısmında yüzeylenmektedir. Üst Kretase dönemine ait kumtaşı, çamurtaşı ve silttaşı ardalanmalarından oluşan fliş formasyonu, havzanın büyük bir bölümünde yayılış göstermektedir. Fliş formasyonu, genellikle geçirimsiz veya düşük geçirgenlikli bir yapıya sahip olup, yüzey akışını artıran bir litolojik birim olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, özellikle yoğun yağış dönemlerinde taşkın riskini artıran önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca fliş üzerinde gelişen topraklar da ince taneli killi balçıktan iri taneli çakıllara kadar geniş bir tane boyutu yelpazesi sunmaktadır. Ancak, bu toprakların büyük bir kısmı düşük infiltrasyon kapasitesine sahiptir (Ercanoğlu, 2005). Sonuç olarak, fliş formasyonları üzerinde yoğunlaşan bu geçirimsiz veya düşük geçirgenli topraklar, yüzey akışını artırarak havzanın taşkın duyarlılığını arttırmaktadır. Vadi tabanında yer alan Kuvaterner alüvyal çökelleri ise genellikle orta düzeyde geçirgen bir yapıya sahiptir. Ancak,

bu alanlar suya doygun hale geldiklerinde taşkın riskini artırıcı bir etkiye sahip olabilir.



Şekil 3. Çalışma alanının lokasyonu ve LİDAR veri sınırı ve Ulu Çayı Havzasının yüzey şekilleri (Ozdemir & Akbas, 2023a'dan düzenlenmiştir.)

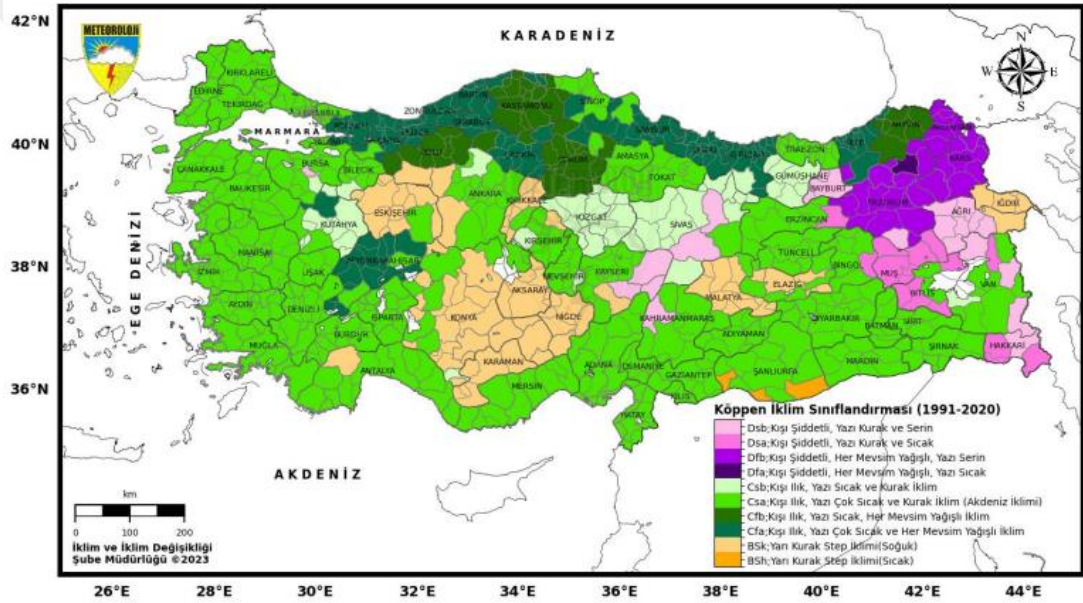
Çalışma alanının morfolojik özelliklerinin taşkın risk analizinde ele alınması, suyun hareketi ve birikim dinamiklerinin anlaşılması açısından kritik bir öneme sahiptir. Arazinin eğimi, suyun akış hızını ve taşkın potansiyelini belirleyen

temel bir faktördür. Dik eğimli alanlarda yüzey akışı hızlanırken taşkın riski artmakta; buna karşılık düz alanlarda suyun birikmesi ve geniş bir alana yayılması, fiziksel zarar görebilirliği artırmaktadır. Ayrıca, bölgedeki havza özellikleri ve akarsu yataklarının şekli, drenaj yoğunluğu ve vadi morfolojisi taşkınların oluşum ve yayılım mekanizmalarını etkiler. Geniş taşkın ovaları, suyun depolandığı ve taşkın etkilerinin yoğunlaştığı alanlar olarak ön plana çıkarken, dik yamaçlarda meydana gelen erozyon ve sediman taşınımı, akarsu yataklarının tıkanmasına ve taşkın şiddetinin artmasına neden olabilmektedir. Morfolojik özellikler aynı zamanda yerleşim ve arazi kullanımı ile doğrudan ilişkilidir; taşkın riskinin yüksek olduğu alçak alanlarda yerleşimlerin bulunması, fiziksel zarar görebilirlik düzeyini artırmaktadır. Dolayısıyla, morfolojik özelliklerin detaylı bir şekilde değerlendirilmesi, taşkın riski ve fiziksel zarar görebilirliğin doğru bir şekilde analiz edilmesine ve bu bağlamda etkin taşkın yönetim stratejilerinin geliştirilmesine olanak tanımaktadır.

Çalışma alanının iklim özelliklerinin taşkın risk analizinde ele alınması, taşkınların oluşum dinamiklerini anlamak açısından büyük önem taşımaktadır. Bölgedeki yağış miktarı, şiddeti ve mevsimsel dağılımı, yüzeysel akışı ve taşkın oluşumunu doğrudan etkileyen temel unsurlardır. Özellikle ani ve yoğun yağışlar, yüzeysel akışı artırarak taşkın riskini önemli ölçüde yükseltmektedir. Ayrıca mevsimel iklim değişimleri, kar erimeleri ile yağışın çakışması gibi taşkın riskini artıran faktörlere yol açabilmektedir. Bunun yanı sıra, toprağın nem oranı ve doymunluk durumu da iklim koşullarına bağlı olarak değişmekte, önceden doymun hale gelmiş toprakların yağışı emme kapasitesi sınırlı olduğundan taşkın olasılığını artırmaktadır. Bölgedeki meteorolojik ekstrem olayların (ani sağanaklar, fırtınalar) sıklığı ve şiddeti de taşkın riskini belirleyen önemli bir etkidir. İklim koşulları ayrıca bölgedeki su döngüsü ve akarsu rejimi üzerinde belirleyici rol oynayarak, akarsuların taşkın dönemlerindeki davranışını şekillendirmektedir.

Havza, Köppen-Gieger iklim sınıflandırılmasına göre Cfb (ılıman denizel) alt tipindedir ve yıllık ortalama 1050 mm yağış almaktadır (Öztürk vd., 2017) (Şekil 4). Çalışma alanında 1970- 2018 yılları arasında ölçülen yıllık ortalama yağış miktarı ise 967 mm olup, bu yağışlar özellikle Ekim-Aralık aylarında maksimum

seviyelere ulaşmaktadır. Akbaş ve Özdemir (2023) tarafından yapılan çalışmada, Bartın'ın Ulus ilçesi gibi Batı Karadeniz'in iç kesimlerinde kısa süreli ve yüksek şiddetli yağışların sıkça görüldüğü; bazı günlerde 24 saatte 60 mm'yi aşan yağışların kaydedildiği belirtilmiştir. Bu tür ekstrem yağışlar, havzadaki fliş litolojisi, düşük geçirgenliğe sahip toprak yapısı ve eğimli arazi ile birleştirildiğinde yüzeysel akışı önemli ölçüde artırmakta ve taşkın riskini güçlendirmektedir. Ayrıca, gridded ve yeniden azaltılmış veri setleri bu tür ekstrem olayların mekansal dağılımını daha doğru temsil ederek, bölgeye yönelik risk değerlendirmelerinde önemli bir veri kaynağı sunmaktadır.



Şekil 4. Köppen iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi (MGM, 2023)

Ortalama sıcaklık analizine göre, en sıcak ay Temmuz (22°C), en soğuk ay ise Ocak (3°C) olarak kaydedilmiştir (Akbaş & Özdemir, 2021). Düşük buharlaşma oranı ve yüksek bulutluluk, havzanın taşkın riskini artıran diğer iklimsel özelliklerdir. Yağışın yer altına sızma yerine yüzeyde birikmesi, taşkın oluşumunu kolaylaştırmaktadır.

Havzanın bitki örtüsü, iğne yapraklı ve geniş yapraklı ormanların karışımından oluşmaktadır (OGM, 2011). Ormanlık alanlar, yağışın yer altına

sızmasını destekleyerek yüzeysel akışı azaltabilmektedir. Ancak, bölgedeki ekonomik faaliyetler nedeniyle ormanların tahrip edilmesi, erozyonu artırmakta ve infiltrasyon kapasitesini düşürmektedir. Bu durum, taşkın riskinin artmasına yol açan kritik bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır.

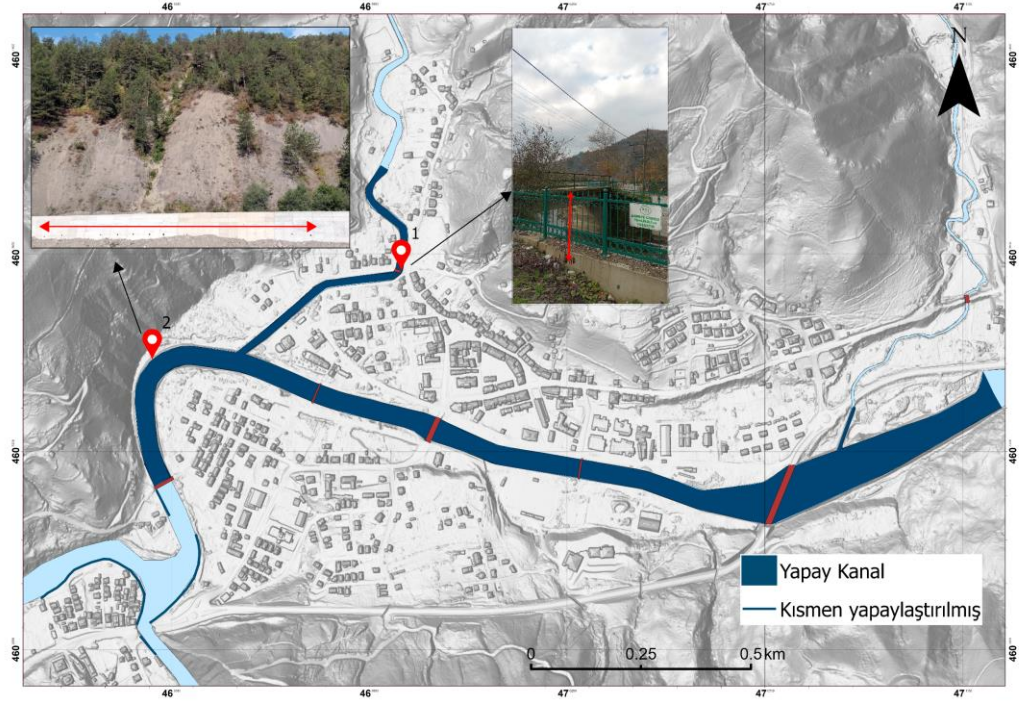
Çalışma alanının yerleşim ve arazi kullanımı ile ilişkisinin taşkın risk analizlerinde ele alınması, taşkın etkilerinin ve fiziksel zarar görülebilirliğin değerlendirilmesi açısından önemlidir. Özellikle dere yataklarının yapılaşmaya açılması, suyun doğal akışını engelleyerek taşkın riskini artırmaktadır. Altyapı sistemleri, drenaj yapıları ve taşkın kontrol önlemlerinin varlığı da bu riski belirleyen faktörler arasındadır. Bu kapsamda, kanal yataklarının yeniden inşa edilmesi veya iyileştirilmesi, akarsu debisinin kontrollü yönlendirilmesini sağlayarak taşkın hasarlarını azaltabilir. Kanal yataklarının doğru tasarlanması ve taşkın yönetim planlarına entegre edilmesi, bölgedeki fiziksel zarar görülebilirliğin azaltılmasına katkı sunmaktadır.

Bartın Çayı havzasında 1960 yılından bu yana kaydedilen otuz önemli taşkın olayının altısının, taşkın yatağı içinde bulunan Ulus yerleşimini etkilediği bilinmektedir (Fotoğraf 1; 2023) (DSİ, 2021). Özellikle 1998'den sonra, Bartın Çayı Havzası genelinde taşkınların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması amacıyla çeşitli mühendislik uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Ancak bu uygulamalar genellikle yerel bazlı çözümler olarak geliştirilmiş ve akarsu havzasının bütüncül fiziksel özelliklerine yeterince dikkat edilmemiştir (Turoğlu & Özdemir, 2005). Bu çalışmalardan biri, Ulus yerleşmesindeki Ulus Çayı yatağındaki ıslah çalışmalarıdır. 2015'ten itibaren, akarsu yatağı daraltılmış ve kanal içine alınmıştır (Şekil 5). Ulus yerleşmesi, geniş tabanlı vadi içerisinde yer aldığı için şehrsel gelişim sahanın morfolojik yapısına bağlı olarak çoğunlukla vadi içerisinde yayılım ve gelişim göstermektedir. Bu durum Ulus ilçe merkezinden geçen akarsulara bağlı olarak akarsu kaynaklı risklerin çalışılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu kapsamda Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) birçok akarsu havzasının Taşkın Risk Yönetimi'ne ait çalışmalar yapmış olup Batı Karadeniz Havzaları da bunlardan birisidir (SYGM, 2019). Bu çalışmada SYGM'nin Ulus yerleşmesine doğru akış gösteren akarsular için üretilmiş olduğu farklı taşkın tekerrürlerine ait akım değerleri de bu çalışmada dikkate alınmıştır. Çalışma alanında

gerçekleştirilen arazi çalışmaları neticesinde, belirli noktalarda Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından gerçekleştirilen bazı müdahale ve düzenlemelerin mevcut olduğu tespit edilmiştir. Bunlar Şekil 5'te gösterilen 1 ve 2 numaralı çalışmalardır. Çalışma sahası içerisinde SIZ-2023-1887 nolu proje kapsamında yapılan 2024 yazındaki arazi çalışmalarında, Alpı Dere üzerinde yerleşmeye girdiği alanda (Şekil 5, 1) DSİ tarafından 2023 yılında tamamlanmış kanal çalışmasının olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, Ulus Deresi ile Alpı Deresi'nin birleşim noktasında ve ilk çarpak oluşturduğu noktada (Şekil 5, 2; Fotoğraf 2), akarsu hızının artış gösterdiği durumlarda oluşan tahribat sonucu mevcut duvarın yıkıldığı ve bu nedenle yeniden bir duvar inşa edildiği belirlenmiştir.



Fotoğraf 1. Ulus yerleşiminde 2023 yılında meydana gelen bir taşkın (Ulus Belediyesi Arşivi, 2023)



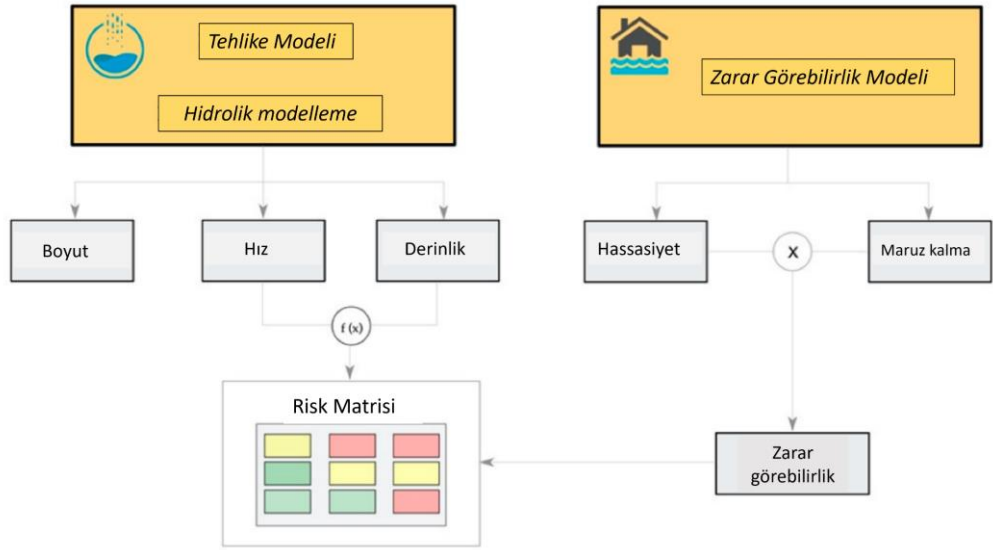
Şekil 5. Çalışma sahasındaki bazı DSİ çalışmaları



Fotoğraf 2. Şekil 5'de gösterilen 2 numaralı çalışma noktası

2. VERİ VE YÖNTEM

Taşkın risk çalışmalarının (Şekil 6) temelini oluşturan tehlike analizleri, literatürde sadece taşkın suyunun derinliğine bağlı olarak yapıldığı gibi (Tablo 1; örneğin 6,7) derinlik ve hızın birlikte değerlendirilmesiyle yapılan çalışmalar daha yoğundur (Tablo 2). Çünkü taşkınlara ait bu iki özelliğin kombinasyonu yapılar için tehlikenin boyutunu arttıran özellikler olarak karşımıza çıkar (DEFRA, 2006; Ozdemir & Akbas, 2023a). Taşkınların derinlik ve hız bileşenlerinin elde edilmesi hidrodinamik taşkın modelleme çalışmalarıyla gerçekleştirilir. Hidrodinamik modellerde temel girdileri yüzey topografyasını gösteren SYM, sınır koşullarını gösteren akım verileri ve taşkın suyunun sürtünme özelliğini gösteren Manning n sürtünme katsayıları oluşturur (Teng vd., 2016; Bates, 2022).



Şekil 6. Entegre taşkın risk değerlendirme yaklaşımının kavramsal çerçevesi (Ferreira vd., 2020'den değiştirilmiştir)

Çalışma kapsamında yüzey topografyasının temsilinde LİDAR tabanlı 1m mekansal çözünürlüklü SYM verisi kullanılmıştır. Bunda LİDAR verisinin 25 cm çözünürlüğünde üretilip 1 metreye dönüştürülmesi ve dolayısıyla yüzey topografyasındaki detayları bünyesinde barındırması etkili olmuştur (Ozdemir & Akbas, 2023b). Düşük çözünürlüklü verilerin taşkın analizlerinde hatalara

sebebiyet verebileceği ve yüzey topografyasının doğru temsil kabiliyetini azalttığı birçok çalışmada ispatlanmıştır (Ozdemir & Akbas, 2023a). Bu nedenle, LİDAR teknolojisiyle elde edilen SYM'ler taşkın modellerinin doğruluğunu arttırmak ve hidrolik analizlerin güvenilirliğini sağlamak amacıyla tercih edilmiştir. LİDAR SYM verisinin üretim aşamaları 3D veri, sınıflandırılmış ve örneklendirilmiş bir nokta bulutuna dönüştürülür. Son olarak, bu sınıflandırılmış veri, belirli sınıflara ayrılarak örnekleme enkesiti ile işlenir, böylece LİDAR verisi daha anlamlı ve kullanabilir hale gelir (Şimşek, 2020).

Çalışma kapsamında hidrodinamik modellerin ikinci temel girdisi olan sınır koşullarının belirlenmesidir. Özdemir ve Akbaş (2023a, b) tarafından Ulus Çayı ana koluna katılan tüm alt kollar için gerçekleştirilen SWAT (The Soil & Water Assessment Tool) yağış akış modeli temelinde (Arnold vd.,1998; Arnold vd., 2012) ve doğrulamasının da yine Ulus Çayı üzerindeki AGİ verisine bağlı olarak yapıldığı yıllık maksimum akım verilerine bağlı 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın akımları kullanılmıştır (Ozdemir & Akbas, 2023). SWAT, arazi kullanım yönetimi, taşkın pik akımı ve iklim değişikliği etkileri dahil olmak üzere kısa/uzun vadeli havza faaliyetlerini simüle eden fiziksel tabanlı ve yarı dağıtılmış bir modeldir (Abas vd., 2020; Ozdemir & Akbas, 2023a). Ayrıca, SYGM tarafından Ulus Çayı alt kolları için üretilmiş 50, 100 ve 500 yıllık akımlar da çalışma kapsamında kullanılan ikinci sınır verisi olmuştur. SYGM raporlarında 1000 yıllık akım verisine yer verilmemiş, değerlendirmeler 50, 100, 500 ve 1000 yıllık akımlar üzerinden yapılmıştır. Bu tez çalışmasında kullanılan hidrodinamik model, LISFLOOD-FP, akarsu, yağışa bağlı ve kıyı taşkın simülasyonları için kullanılan farklı hidrolik modelleri bünyesinde barındırmaktadır (Bated ve De Roo, 2000; Bates vd. 2010). Çalışmada, diğer modellere göre basitlik ve sağlamlık nedeniyle LISFLOOD-ACC adlı inertial model tercih edilmiştir. Modelde, suyun bir yüzeyden akarken karşılaştığı sürtünmeyi temsil eden Manninng n pürüzlülük katsayısı için çalışma alanının ortalama değerini temsil eden 0.035 değeri kullanılmıştır. Bu katsayı, akış yatağının ve çevresindeki yüzeyin karakteristiğine bağlı olarak değişir. Çalışma alanındaki bu değerlerin seçilmesi, modelin alanın gerçek özelliklerini daha iyi yansıtmaya ve hidrolik modellerin daha doğru sonuçlar üretmesine olanak tanır.

Çalışmada Q_{50} , Q_{100} , Q_{500} ve Q_{1000} yıllık taşkın akımlarına ait derinlik ve hız verileri aynı tekrarlama aralıklarına ait tehlike analizleri ve sınıflamaları için literatürde belirlenen çalışmalar temelinde gerçekleştirilmiştir. Yapılan literatür çalışmasına bağlı olarak 75 yayında derinlik ve hızın farklı şekillerde taşkın tehlike çalışmalarında kullanıldığı anlaşılmaktadır. Bu yayınlardan maruz kalan unsurların belirsiz olduğu ve Ulus yerleşmesinde yapılan modellemede taşkın süresi parametresi kullanılmadığı için 9 farklı yayın (Tablo 1) çalışma kapsamında tehlike analizi üretiminde ve sınıflandırılmasında kullanılıp karşılaştırması yapılmıştır. Bu yayınlar içerisinde 6 tanesi binalar için taşkın tehlike analiz çalışmalarını içermektedir.

Tablo 1. Taşkın tehlikesi sınıflandırması için literatürde bulunan mevcut yöntemler

No.	Kurum/ Ülke	Referans	Yöntem	İlgili Değişkenler	Taşkın Tehlikesi Göstergeleri	Taşkın Tehlikesi Sınıflandırması	Maruz Kalan Unsurlar
1	DEFRA, BİRLEŞİK KRALLIK	DEFRA Environment Agency (2006a), DEFRA Environment Agency (2006b)	Taşkın yoğunluğun a dayalı	Taşkın derinliği h, Akış hızı v, Moloz akışı parametresi DF	$HR = h(v+0.5) + DF$ DF= 0, 0.5, 1 (molozun önemli ölçüde daha büyük bir tehlikeye yol açma olasılığına bağlı olarak)	Düşük: $HR < 0.75$ Orta düzeyde: $0.75 \leq HR < 1.25$ Önemli: $1.25 \leq HR < 2.5$ Aşırı: $HR \geq 2.5$	Binalar
2	Finlandiya; ISPRA, İtalya	Majjala (2001), Clausen and Clark (1990), ISPRA (2012)	Taşkın yoğunluğun a dayalı	Taşkın derinliği h, akış hızı v	vh, v	Bina tipine göre hasar sınıflandırması: - Ankraisız ahsap binalar: Kısmi hasar: $vh \geq 2 \text{ m}^2/\text{s}$, Toplam hasar: $vh \geq 3 \text{ m}^2/\text{s}$ - Ankrallı ahsap binalar: Kısmi hasar: $vh \geq 3 \text{ m}^2/\text{s}$, Toplam hasar: $vh \geq 7 \text{ m}^2/\text{s}$ - Beton ve yığma binalar: Su altında kalma hasarı: $v < 2 \text{ m/s}$ ve $vh < 3 \text{ m}^2/\text{s}$ (Clausen & Clark, 1990); Kısmi hasar: $v \geq 2 \text{ m/s}$ ve $vh \geq 3 \text{ m}^2/\text{s}$ Toplam hasar: $v \geq 2 \text{ m/s}$ ve $vh \geq 7 \text{ m}^2/\text{s}$	Yapılar
3	-	Aleotti et al. (2004)	Taşkın yoğunluğun a dayalı	Taşkın derinliği h, akış hızı v	h, v	Cok düşük: $h < 0.25 \text{ m}$ ve $v < 0.25 \text{ m/s}$ Düşük: $(0.25 \text{ m} \leq h < 0.5 \text{ m}$ ve $v < 0.5 \text{ m/s})$ veya $(h \leq 0.25 \text{ m}$ ve $0.25 \text{ m/s} \leq v < 0.5 \text{ m/s})$ Orta: $(0.5 \text{ m} \leq h < 1 \text{ m}$ ve $v < 1 \text{ m/s})$ veya $(h \leq 0.5 \text{ m}$ ve $0.5 \text{ m/s} \leq v < 1 \text{ m/s})$ Yüksek: $h \geq 1 \text{ m}$ veya $v \geq 1 \text{ m/s}$	Yapılar
4	Avustralya Hükümet	Smith et al. (2014)	Taşkın yoğunluğun a dayalı	Taşkın derinliği h, akış hızı v	h, v, vh	H1: $vh \leq 0.3 \text{ m}^2/\text{s}$ ve $h < 0.3 \text{ m}$ ve $v < 2 \text{ m/s}$ H2: $(vh \leq 0.6 \text{ m}^2/\text{s}$ ve $h < 0.5 \text{ m}$ ve $v < 2 \text{ m/s}) \setminus H1$ H3: $(vh \leq 0.6 \text{ m}^2/\text{s}$ ve $h < 1.2 \text{ m}$ ve $v < 2 \text{ m/s}) \setminus H2$ H4: $(vh \leq 1 \text{ m}^2/\text{s}$ ve $h < 2 \text{ m}$ ve $v < 2 \text{ m/s}) \setminus H3$ H5: $(vh \leq 4 \text{ m}^2/\text{s}$ ve $h < 4 \text{ m}$ ve $v < 4 \text{ m/s}) \setminus H4$ H6: $vh > 4 \text{ m}^2/\text{s}$ veya $h > 4 \text{ m}$ veya $v > 4 \text{ m/s}$	İnsanlar, araçlar, binalar
5	Avustralya Hükümet	Smith et al. (2014)	Taşkın yoğunluğun a dayalı	Taşkın derinliği h, akış hızı v	h, v, vh	Bina tipine bağlı olarak farklı stabilite koşulları	Yapılar
6	Almanya	Krieger et al. (2017)	Taşkın yoğunluğun a dayalı	Taşkın derinliği h,	h	Düşük: $h < 0.1 \text{ m}$ Orta düzeyde: $0.1 \text{ m} < h < 0.3 \text{ m}$ Yüksek: $0.3 \text{ m} < h < 0.5 \text{ m}$ Cok yüksek: $h > 0.5 \text{ m}$	Binalar
7	N/A	Lazzarin et al. (2022)	Taşkın yoğunluğun a dayalı	Taşkın derinliği h, Froude sayısı Fr	Etik parametresi $W = (h/h_W)/(1 + 8Fr^2)$ burada h_W : referans su derinliği; α ve β : kalibrasyon faktörleri Özel durumlar (Kreibich vd., 2009): $\alpha = 1$ ve $\beta = 0$: W akış derinliğini ifade eder; $\alpha = 1$ ve $\beta = 1/2$: W enerji yüksekliğini ifade eder; $\alpha = 2$ ve $\beta = 2$: W akış kuvvetini ifade eder	-	İnsanlar, araçlar, binalar
8	Güney Afrika (Vaal Nehri)	Stephenson (2002)	Taşkın yoğunluğu ve olasılığına dayanan yöntemler	Taşkın derinliği h, akış hızı v, geri dönüş süresi T	$HR_I = HI \cdot RI$, HI (Tehlike Endeksi, 1 ile 3 arasında değişir) h, v ve vh 'nin bir fonksiyonudur ve RI (Risk Endeksi, 0 ile 2 arasında değişir) T'nin bir fonksiyonudur.	0-6 arasında değişen altı tehlike sınıfı tanımlayan matris yöntemi (5 hariç)	Binalar, Araçlar, İnsanlar
9	Hollanda	De Bruijn et al. (2015)	Taşkın yoğunluğu ve olasılığına dayanan yöntemler	Taşkın derinliği h, sel senaryosu Olasılık P,	FDH (flood damage hazard) (Sel hasarı tehlikesi)	$FDH = \sum_i P_i V_i$ V_i bina tipine bağlı olarak h'nin (grafik) bir hasar fonksiyonudur.	Binalar, altyapı

Bu çalışmada, taşkın tehlikesi analizinde kullanılan uluslararası ve akademik temelli yöntemler karşılaştırmalı olarak incelenmektedir. Uluslararası

yöntemler arasında, hükümetler veya resmi kuruluşlar tarafından geliştirilmiş ve uygulamaya yönelik standartlar içeren DEFRA (Birleşik Krallık), Finlandiya (ISPRA, İtalya), Avustralya Hükümeti, Almanya ve Hollanda yöntemleri yer almaktadır. Bu yöntemler, genellikle taşkın derinliği, akış hızı ve hidrolojik parametrelere dayalı sınıflandırmalar yaparak taşkın tehlikesinin belirlenmesine olanak tanımaktadır. Akademik yayınlara göre yöntemler ise Stephenson (2002), Aleotti vd. (2004) ve Lazzarin vd. (2022) tarafından geliştirilen yaklaşımları içermektedir. Bu yöntemler, genellikle saha çalışmaları ve bölgesel analizlerle desteklenmiş olup, bazı durumlarda ek faktörler (örneğin Froude sayısı, risk indeksi) kullanılarak taşkın etkisinin değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında, söz konusu yöntemlerin taşkın tehlikesini belirlemede kullanılan değişkenleri, gösterge setleri ve sınıflandırma kriterleri açısından detaylandırılarak açıklanmıştır.

2.1. Uluslararası Yöntemler

DEFRA (Birleşik Krallık Çevre Ajansı) tarafından geliştirilen taşkın tehlikesi değerlendirme yöntemi, taşkınların fiziksel etkilerini analiz etmek ve bu etkileri sınıflandırmak için kullanılan bir yaklaşımdır ve Eşitlik 1 ile ifade edilir:

$$FHR = h(v + 0.5) + DF \quad \text{Eşitlik 1}$$

Bu eşitlikte, h su derinliğini (m), v akış hızını (m/s), DF ise moloz faktörünü temsil eder. Formülde sabit bir değer olarak kullanılan 0.5, akış hızının sıfır olduğu durumlarda bile su derinliğinin taşkın tehlikesi üzerinde belirgin bir etkisi olduğunu ve bu durumun en düşük seviyede bile tehlike oluşturabileceğini ifade etmektedir. Moloz faktörü (DF) ise taşkın havzasındaki arazi kullanımı ve arazi koşullarına bağlı olarak değişkenlik göstermekte olup, genellikle 0 ile 1 arasında bir değer alır (DEFRA, 2003). Bu çalışma kapsamında riskin değişkenliğini ortaya koyabilmek için moloz faktörü değeri 0 olarak kabul edilmiştir.

DEFRA yöntemi, taşkın tehlikesini dört kategoriye ayırarak sınıflandırmaktadır (Tablo 2). Bu sınıflandırma, DEFRA/EA (2003) raporunda belirtilen sınıf aralıklarına dayanmaktadır ve taşkın tehlikesinin bina

sınıflandırmasında kullanılmak üzere raster veri analizinde uygulanmıştır (Şekil 1). (Özdemir&Akbaş, 2023). Yöntem, tabloda belirtildiği gibi özellikle binalar gibi taşkına maruz kalan unsurların değerlendirilmesine odaklanmıştır. Bu durum, yapıların taşkın sırasında karşılaşılabileceği zararları analiz etme konusunda faydalı bir araç sunmaktadır.

Tablo 2. DEFRA yöntemine göre Binalara ait taşkın tehlike sınıfları

Tehlike Değer Aralığı	Tehlike Sınıfı	Açıklama
< 2.5	Az	Geçici, basit yapılar
2.5 – 5	Orta	İyi yapılı ahşap yapılar
5 – 7	Yüksek	Tuğla yığma binalar
>7	Çok Yüksek	Betonarme yapılar

ISPRA, İtalya’da Araştırma ve Çevre Koruma Yüksek Enstitüsü (ISPRA) tarafından geliştirilmiş, doğal afetler ve çevresel risklerin değerlendirilmesinde kullanılan bir analiz yöntemidir. Bu yöntem, özellikle taşkın tehlikeleri bağlamında, fiziksel hasar, maruz kalma ve duyarlılık göstergeleri üzerinden tehlike ve risk yapmayı amaçlar. *ISPRA yöntemi*, yapısal özellikler (örneğin bina malzemesi, taşıyıcı sistem) ve taşkın parametreleri (örneğin su seviyesi, hız, süre) gibi çeşitli faktörleri dikkate alarak, hasar olasılıklarının ve şiddetinin belirlenmesine olanak tanır ve Eşitlik 2 ile ifade edilir;

$$\text{Hazard} = v.d$$

Eşitlik 2

Eşilikte su derinliği (h) ve akış hızı (v) temel alınarak yapılmıştır. Bu yaklaşım, taşkınların ve suyun etkilerinin yapı türlerine göre nasıl değişebileceğini anlamak için önemli bir çerçeve sunar. Çalışma, özellikle taşkın tehlikesinin yapılar üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla, Maijala (2001), Clausen ve Clark (1990) ile ISPRA (2012) gibi bilimsel kaynaklardan yararlanarak geliştirilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. ISPRA yöntemine göre taşkın tehlike sınıflandırmaları

Ev tipi	Kısmi hasar	Toplam hasar
Ahşap-çerçeve		
Desteksiz	$vh \geq 2 \text{ m}^2/\text{s}$	$vh \geq 3 \text{ m}^2/\text{s}$

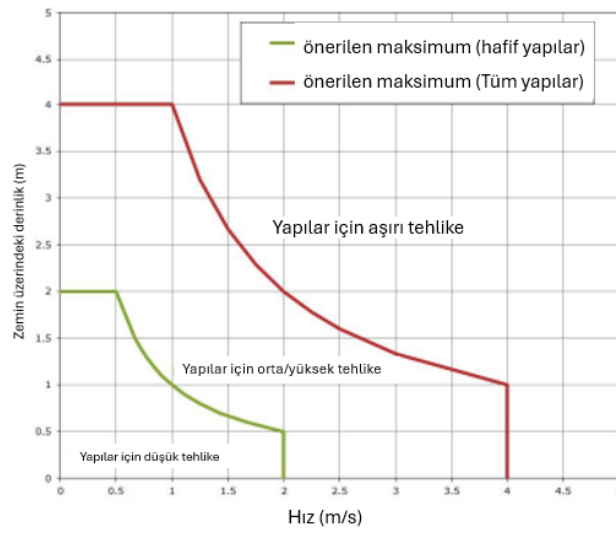
	Destekli	$vh \geq 3 \text{ m}^2/\text{s}$	$vh \geq 7 \text{ m}^2/\text{s}$
Taş, Beton & Tuğla		$v < 2 \text{ m/s}$ & $vh < 3 \text{ m}^2/\text{s}$	$v \geq 2 \text{ m/s}$ & $vh \geq 7 \text{ m}^2/\text{s}$
Hasar parametresi $vd \text{ (m}^2/\text{s)} = \text{akış hızı (v), su derinliği (d)}$			

Avustralya Hükümeti tarafından Smith ve diğerleri (2014) referans alınarak geliştirilen ‘*Avustralya 1 Yöntemi*’ taşkın tehlikesinin sınıflandırılmasında fiziksel değişkenlere dayalı kapsamlı bir yaklaşım sunmaktadır. Bu yöntemde, taşkın tehlikesinin belirlenmesinde iki temel değişken olan su derinliği (h) ve akış hızı (v) dikkate alınmıştır (Eşitlik 2). Söz konusu değişkenler, fiziksel yoğunluğu ve etkileri açısından kritik parametreler olarak öne çıkmakta ve bu doğrultuda sınıflandırılmıştır (Tablo 4). Bu sınıflandırma sistemi, taşkın tehlikesinin farklı seviyelerini ayrıntılı şekilde tanımlayarak, risk yönetimi ve afet planlaması süreçlerinde karar alıcılara önemli bir rehberlik sağlamaktadır. Özellikle taşkın bölgesinde yaşayan insanlar, taşınmaz varlıklar ve altyapı unsurları üzerindeki potansiyel etkilerin niceliksel olarak değerlendirilmesine imkân tanımaktadır.

Tablo 4. Avustralya 1 yöntemine göre tehlike sınıfları

Tehlike Sınıfları	Derinlik sınırı (m)	Hız sınırı (m/s)	Koşullar	Açıklama
H1	0.3	2.0	$H^*V \leq 0.3$	Araçlar, insanlar ve binalar için genellikle güvenli
H2	0.5	2.0	$H^*V \leq 0.6$	Küçük araçlar için güvensiz
H3	1.2	2.0	$H^*V \leq 0.6$	Araçlar, insanlar ve binalar için güvensiz
H4	2.0	2.0	$H^*V \leq 1.0$	İnsan ve binalar için güvensiz
H5	4.0	4.0	$H^*V \leq 4.0$	İnsanlar ve binalar için güvensiz. Bütün binalar yapısal olarak zarar görebilir. Bazı dayanıksız binalar yıkılabilir.
H6	-	-	$H^*V > 4.0$	İnsan ve binalar için güvensiz. Bütün bina tipleri yıkılabilir.

Avustralya Hükümeti tarafından Smith ve arkadaşları (2014) referans alınarak geliştirilen *Avustralya 2 Yöntemi*, taşkınların yapı stabilitesi üzerindeki etkilerini değerlendirmeye yönelik bir yaklaşımdır. Taşkın tehlikesi, taşkın derinliği (h) ve akış hızı (v) parametreleriyle tanımlanmakta (Eşitlik 2); bu iki parametrenin birleşimi taşkın yoğunluğunu oluşturmaktadır. Yöntem, farklı yapı türleri için tehlike seviyelerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Bina tipine bağlı stabilize koşulların farklılaşması, yapıların taşkınlara karşı dayanıklılığını etkilemektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Taşkınlarda bina stabilitesi için önerilen eşikler (Smith vd. 2014'ten uyarlanmıştır)

Kruger ve arkadaşları (2017) tarafından Almanya'da geliştirilen taşkın tehlike analizi yöntemi, özellikle taşkın derinliği (h) değişkenine odaklanmaktadır. Bu yöntemde taşkın tehlikesi, suyun derinliği temel alınarak dört farklı sınıfta değerlendirilmektedir (Tablo 5). Bu sınıflandırma, taşkınların etkilerini derinlik parametresine göre kategorize ederek, özellikle binalar gibi taşkına maruz kalabilecek fiziksel unsurlar üzerindeki etkilerin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır.

Tablo 5. Almanya yöntemine göre taşkın tehlike sınıfları

Tehlike Değer Aralığı	Tehlike Sınıfı
$h < 0.1\text{m}$	Düşük
$0.1\text{m} < h < 0.3\text{m}$	Orta Düzeyde
$0.3\text{m} < h < 0.5\text{m}$	Yüksek
$h > 0.5\text{m}$	Çok Yüksek

Hollanda Yöntemi, taşkın tehlikesini değerlendirmek için kapsamlı bir çerçeve sunan bir yaklaşımdır. Bu yöntem de Bruijn ve arkadaşlarının (2015) çalışmasına dayanmakta olup, taşkın yoğunluğu ve olasılığı gibi fiziksel faktörlere bağlılık göstermektedir. Taşkın tehlikesi değerlendirilmesinde, farklı taşkın senaryoları oluşturularak olasılık (P) ve hasar potansiyeli (V_D) gibi değişkenler bir araya getirmekte, bu sayede taşkın riskleri nicel olarak analiz edilmektedir. Kullanılan başlıca göstergeler arasında FDH (Flood Damage Hazard- Genel Hasar Tehlikesi) ve GDH (Generalized Damage Hazard- Genel Hasar Tehlikesi) yer almaktadır. FDH, taşkın derinliğine bağlı oluşabilecek fiziksel zararları ifade ederken, GDH daha geniş bir perspektifte taşkınların genel etkilerini değerlendirmektedir. Taşkın tehlikesinin sınıflandırılması, FDH'nin bina tipine ve hasar fonksiyonuna bağlı olarak hesaplanmasını içermektedir. Bu hesaplama Eşitlik 3 ile yapılmaktadır:

$$FDH = \sum_i P_i V_{D,i} \quad \text{Eşitlik 3}$$

Eşitlikte P taşkın meydana gelme olasılığını, V_D ise taşkın hasarlarının şiddetini göstermektedir. Bu yaklaşım, farklı taşkın senaryolarını ve risk seviyelerini değerlendirmek için etkili bir araç sağlamaktadır. Yöntem ayrıca, taşkın tehlikesine maruz kalan unsurları kapsamlı bir şekilde ele almaktadır. Bu unsurlar arasında insanlar, araçlar, binalar ve altyapılar bulunmaktadır. İnsanlar açısından can güvenliği, araçlar açısından maddi kayıplar, binalar açısından fiziksel hasar ve altyapılar açısından ise kritik sistemlerin etkilenmesi öne çıkan risklerdir (Tablo 6). Bu yöntem, taşkın risk yönetiminde karar vericilere önemli bir bilimsel temel sunmakta ve yerel ile ulusal ölçekte uygulanabilir bir değerlendirme mekanizması oluşturmaktadır.

Tablo 6. Hollanda yöntemine göre sınıflamalar

AKIMLAR (Q_{50} , Q_{100} , Q_{500} ve Q_{1000})	SINIFLAR
	$0 - 10^{-4}$
	$10^{-4} - 10^{-3}$
	$10^{-3} - 10^{-2}$
	$10^{-2} <$

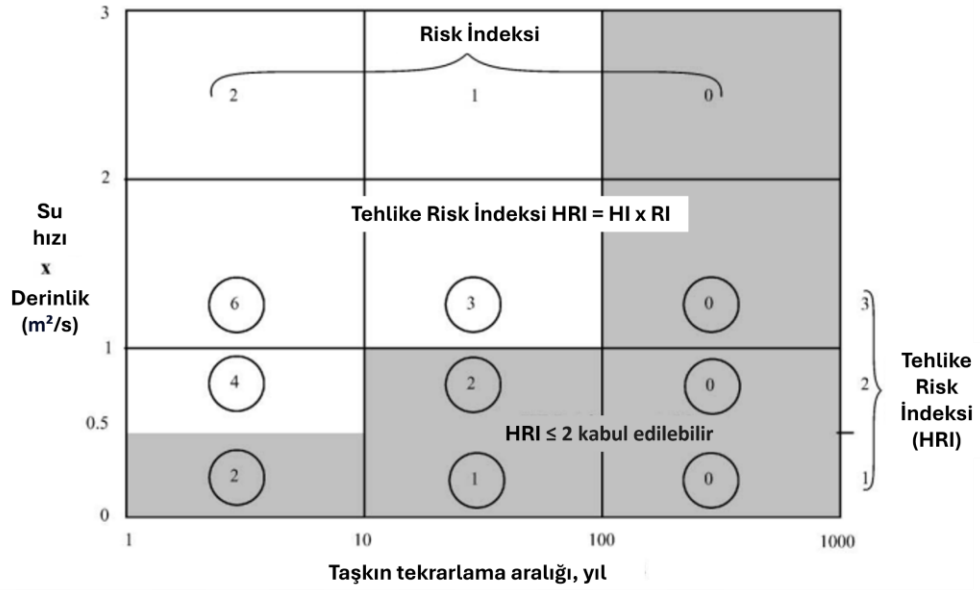
2.2. Literatüre Dayalı Yöntemler

Stephenson (2002) çalışması, taşkın tehlikesinin değerlendirilmesinde kullanılan ve taşkın yoğunluğu ile olasılığına dayanan bir yaklaşımı temsil eder. Bu yöntem, özellikle Güney Afrika'daki Vaal Nehri üzerinde yapılan çalışmalarla ilişkilendirilmiştir. Yöntemin temel amacı, taşkın tehlikesini çeşitli fiziksel parametreler ve taşkın koşulları üzerinden analiz ederek, tehlike seviyelerini belirlemektir. Yöntem kapsamında ele alınan ilgili değişkenler arasında taşkın derinliği (h), akış hızı (v) gibi taşkınla ilgili fiziksel ve istatistiksel özellikler yer almaktadır. Bu değişkenler, taşkın meydana getirebileceği potansiyel risklerin daha doğru bir şekilde tahmin edilmesi için kullanılmaktadır.

Taşkın tehlikesi, tehlike indeksi (HI) ve hız -derinlik bileşeni ($HR = HI \cdot RI$) gibi göstergelerle hesaplanmaktadır. HI değeri 1-3 (Tablo 7), risk indeksi (RI) ise 0-2 aralığında değişmekte olup (Şekil 8), her iki gösterge geri dönüş süresi (T) gibi parametrelerle ilişkilendirilerek taşkın şiddeti hem olasılık hem de yoğunluk açısından değerlendirilmektedir. Yöntemin sınıflandırma sistemi ise, taşkın tehlikesinin 0-6 arasında altı sınıfa ayırmakta ve fiziksel değişkenlere dayalı sistematik bir yaklaşımla tehlike düzeylerini derecelendirmektedir.

Tablo 7. Stephenson yöntemine göre yapılara ait taşkın tehlike sınıfları

Derinlik (h)	Hız (v)	HI	Açıklama
$h < 0.4$ m	$v < 0.8$ m/s	1	Düşük tehlike
0.4- 1.2 m	0.8- 1.4 m/s	2	Orta tehlike
$h > 1.2$ m	$v > 1.4$ m/s	3	Yüksek tehlike



Şekil 8. Stephenson yöntemine göre Risk Index (RI) değerleri (Stephenson 2022'den düzenlenmiştir)

Aleotti vd. (2004) tarafından sunulan taşkın tehlike sınıflandırması, taşkınların fiziksel ve yapısal etkilerini değerlendirmek için geliştirilen, hidrolik parametrelere dayalı bir yaklaşımdır. Bu sınıflandırma, taşkın derinliği (h veya d) ve akış hızı (v) gibi kritik faktörleri göz önüne alarak, taşkınların maruz kalan unsurlar üzerindeki potansiyel etkilerini analiz etmeyi hedefler. Özellikle, taşkın tehlikesini farklı düzeylere ayırarak hem mevcut risklerin anlaşılmasını hem de etkili bir yönetim ve müdahale planının oluşturulmasını mümkün kılar (Tablo 8).

Tablo 8. Aleotti yöntemine göre yapılara ait taşkın tehlike sınıfları

Tehlike Seviyesi	Koşullar
Çok Düşük	$h < 0.25$ m ve $v < 0.25$ m/s
Düşük	$(0.25 \text{ m} \leq h \leq 0.5 \text{ m ve } v < 0.5 \text{ m/s})$ veya $(h \leq 0.25 \text{ m ve } 0.25 \text{ m/s} \leq v < 0.5 \text{ m/s})$
Orta	$(0.5 \leq h < 1 \text{ m ve } v < 1 \text{ m/s})$ veya $(h \leq 0.5 \text{ m ve } 0.5 \text{ m/s} \leq v < 1)$
Yüksek	$h \geq 1 \text{ m veya } v \geq 1 \text{ m/s}$

Lazzarin ve arkadaşları (2022) tarafından geliştirilen yöntem, taşkın yoğunluğuna dayalı bir yaklaşım sunmaktadır. Yöntemde taşkın derinliği (h) ve Froude sayısı (Fr) gibi temel değişkenler kullanılmaktadır. Froude sayısı şu şekilde ifade edilmektedir (Atıf gerekli):

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}} \quad \text{Eşitlik 4}$$

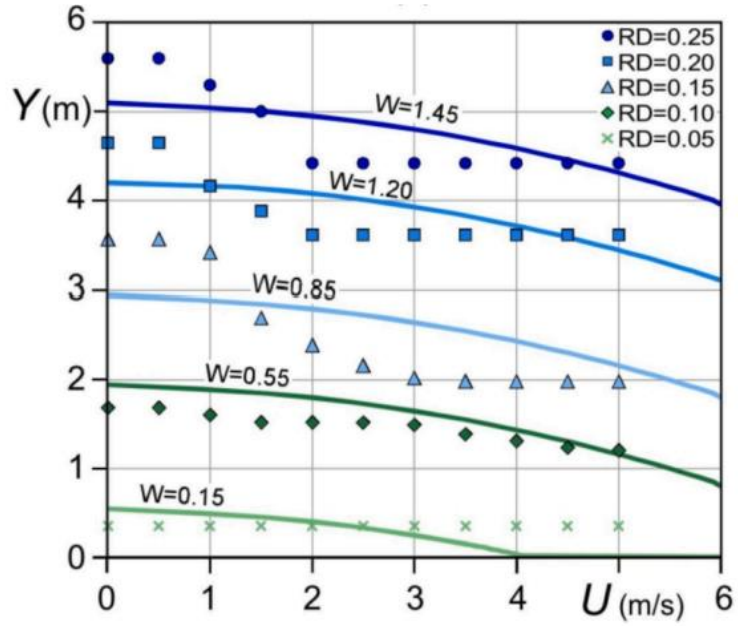
Eşitlikte Fr, bir akışın dinamik özelliklerini ifade eden Froude sayısını, v akışkanın hızını (m/s), g yerçekimi ivmesini (m/s^2) ve h, su derinliğini (m) ifade etmektedir. Yerçekimi ivmesi (g) sabit bir değer olup, genellikle $9.8 m/s^2$ olarak alınmaktadır. Froude sayısı, akış rejiminin belirlenmesinde önemli bir parametre olarak kullanılmaktadır. Akışın Froude sayısına bağlı olarak kritik altı (yavaş akış) veya süper kritik (hızlı akış) bir rejimde değerlendirilebilir. Bu bakımdan Froude sayısı, özellikle hidrolik ve akışkanlar mekaniği çalışmalarında sıkça kullanılan bir kriterdir. Taşkın tehlikesi göstergesi, etki parametresi (W) üzerinden Eşitlik 5'teki gibi ifade edilmektedir:

$$W = \left(\frac{h}{h_w} \right)^\alpha \cdot (1 + \beta Fr^2) \quad \text{Eşitlik 5}$$

Eşitlikte h_w referans su derinliğini (kıyaslama için kullanılan standart değer), α ve β ise kalibrasyon faktörlerini temsil etmektedir. α kalibrasyon faktörü, su derinliğinin etkisinin büyüklüğünü belirlerken, β kalibrasyon faktörü, akışın Froude sayısının (hız ve derinlikle ilişkili) etkisini kontrol eder. Çalışmada yapılarla ilgili olarak α için su derinliğinin binaya etkisi açısından 1, β değeri için ise 0.3 değeri uygun olarak elde edilmiştir (Lazzarin vd. 2022).

Bu çalışmada elde edilen hidrodinamik yük göstergesi (W) değerlerinin sınıflandırılmasında, Lazzarin vd. (2022) tarafından sunulan şekil referans alınmıştır (Şekil 8). Bu şekil, INSYDE modeli kullanılarak iki katlı yığma binalar için sabit bağıl hasar seviyelerine karşılık gelen iso-W eğrilerini göstermektedir. Grafik, su derinliği (Y), akış hızı (U) ve bunların birleşimiyle elde edilen W değeri arasındaki ilişkiyi net bir şekilde ortaya koymakta ve bu W değerlerinin hangi hasar düzeyine karşılık geldiğini doğrudan görselleştirmektedir. Bu sınıflandırma yönteminin tercih edilmesinde, çalışmada analiz edilen bina tipolojisi ile ilgili

modelde varsayılan yapı türü arasındaki uyum etkili olmuştur. Ayrıca, W değerlerinin doğrudan hasar seviyeleriyle ilişkilendirilebilmesi, sınıflamanın uygulanabilirliğini artırmaktadır. Şekil 8 literatürde kabul görmüş, bilimsel olarak güvenilir ve uluslararası alanda tanınan bir modelden elde edilmesi, bu yaklaşımın geçerliliğini güçlendirmektedir. Bu nedenle, çalışmada hesaplanan W değerleri, Şekil 9'da sunulan eğriler esas alınarak düşük, orta, yüksek ve çok yüksek hasar düzeyleri şeklinde sınıflandırılmıştır.



Şekil 9. Iso-W eğrileri ile zarar seviyesi sınırlarının gösterimi (Lazzarin vd., 2022)

SYGM tarafından hazırlanan Batı Karadeniz Havzası Taşkın Yönetim Planı'nda (SYGM, 2017), bu çalışma sürecinde ortaya çıkan temel ayrımlar ve bunlara bağlı stratejik yaklaşımlar ayrıntılı şekilde ele alınmış; aynı zamanda bu tezde kullanılan yöntemin dayandığı yaklaşımı da ortaya koymuştur (Tablo 9). Buna göre tez çalışması içerisinde kullanılan model yapısı, altlık SYM veri kaynağı ve çözünürlüğü, tehlike sınıflamasında kullanılan parametreler sınıfları ve sınır koşullarının oluşturulduğu veri yapısı ve sınıfları bakımından farklılık göstermektedir.

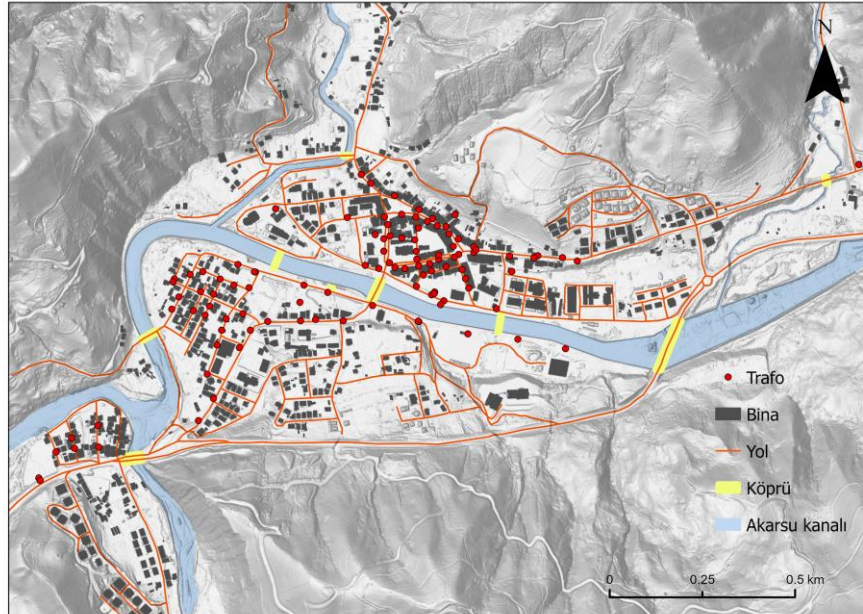
Tablo 9. SYGM'nin (SYGM, 2017) yaptığı çalışma ile Tez'de yapılacak olan çalışma arasındaki farklar

		<i>SYGM- Batı Karadeniz Havzası Taşkın Yönetim Planı</i>	<i>Proje Çalışması</i>
1	Model	Taşkın derinlik haritaları, mesh tabanlı 2 boyutlu hidro-dinamik modeller kullanılarak hazırlanmıştır. Bu amaçla, MIKE 21 ve HEC-RAS yazılımları kullanılmıştır. Her iki yazılımda mesh tabanlı 2B modelleme yapabilmekte olup, taşkın tehlike haritaları bu modellerin çıktılarına dayanılarak oluşturulmuştur.	Yağış- akış modeli kullanılarak elde edilen ve farklı akış verilerini içeren raster tabanlı 2B hidrodinamik model olan LIFFLOOD – FP 2D kullanılmıştır.
2	Topografik veriler ve SYM	DSİ tarafından hazırlanan Bartın Çayı Islah Projesi kapsamında alınmış olan Bartın ırmağı ayrıntılı batimetri haritasının (sonar),Çaycuma için 1/1000 ölçekli halihazır haritanın, dere yatağının sağ ve sol sahilinde 1/1000 ölçekli şeritvari haritaların, HGM'den alınmış olan 1/25000 ölçekli haritaların bütünleştirilmesi ile elde edilmiş olan haritalar kullanılmış ve bunlarda elde edilen haritalar, CBS programı ile birleştirilerek sayısal yükseklik modeli (SYM) oluşturulmuştur.	1m yüksek çözünürlüklü LİDAR SYM kullanılmıştır. Delta LİDAR firması, Cessna T206H tipi uçak ve Riegl LMS – Q680i hava LİDAR sensörüyle veri toplarken konum doğruluğunu arttırmak için yer kontrol noktaları belirleyip GNSS alıcısının doğruluğunu sağlamak için statik GNSS istasyonu kurulmuştur. Elde edilen LİDAR verileri, ±8 cm yatay ve ±6 cm düşey konum doğruluğuna sahiptir ve sınıflandırma işlemi sonrasında 25 cm çözünürlükte SYM verisi üretilmiş ve 1m çözünürlüğe dönüştürülerek kullanılmıştır.
3	Parametrelerin kullanımı (hız, derinlik)	Elde edilen taşkın su derinliği, taşkın yayılım ve taşkın hızı verileri bir araya getirilerek taşkın tehlike haritaları hazırlanmıştır. Tehlike sınıflandırmasında insan için kullanılan sınıflandırma baz alınmış olup bu sınıflandırma diğer tehlike altındaki unsurlara da uygulanmıştır.	Taşkına maruz kalan unsurların özellikleri bakımından hız, derinlik parametreleri kullanılarak bina, yol, köprü ve trafo için belirlenen sınıf aralıkları çalışmada kullanılmıştır.
4	Tekerrür Aralıkları	Taşkın, Q_{50} , Q_{100} ve Q_{500} yıllık tekerrür aralıkları değerlendirilmiştir. İnceleme, akım gözlem istasyonlarının bulunmadığı bölgelerde, birim hidrograf sentetik yöntemlerle belirlenmiştir. Bu sentetik yöntemler arasında, Devlet Su İşleri (DSİ) sentetik yöntemi ile Mockus ve Sneyder gibi teknikler bulunmaktadır (SYGM, 2017).	Taşkın analizlerinde, Q_{50} , Q_{100} , Q_{500} ve Q_{1000} yıllık tekerrür aralıkları GEV dağılımıyla hesaplanmıştır. SWAT yağış-akış modeli, bu tekerrür aralıklarını kullanarak taşkınları tahmin etmek için temel alınmıştır (Özdemir & Akbas, 2023a).

Taşkın risk çalışmalarının temel bileşenlerinden biri olan zarar görülebilirlik analizleri, taşkınların neden olabileceği hasarların boyutlarını ve etkilerini belirlemeye odaklanmıştır. Bu tez çalışmasında ise analizler, fiziksel unsurlar temel alınarak sınırlandırılmış olup, bu unsurların daha ayrıntılı ve derinlemesine incelenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada bina, yol, köprü ve trafo merkezlerine ait konum bilgileri LİDAR, İHA görüntüleri ve Ulus Belediyesi'nden temin edilen 1:1000'lik halihazırlar üzerinden tespit edilmiştir. Mevcut hali hazırda 2016 yılına ait olduğu sadece bazı güncellemeler yapıldığı için 2018 çekimli LİDAR ve 2021 çekimli İHA ortofotolarından son güncellemeler yapılmıştır. LİDAR görüntüsü hava platformuyla 18 Temmuz 2018 tarihinde Delta LİDAR firması tarafından Cessna T206H tipi uçakla ve Riegl LMS- Q680i hava LİDAR sensörüyle çekimi yapılmış verilerden üretilmiştir (Özdemir & Akbas 2023 a,b). İHA görüntüsü ise DJI Mavic 2 Pro, 20MP Hasselblad L1D-20c gimbal kameraya sahip olan drone ile 18-24 Temmuz 2021 tarihleri arasında, 120m yükseklikten, %80 ön ve yan bindirme ile batarya süresi ve sayısına bağlı olarak bölünmüş 15 küçük

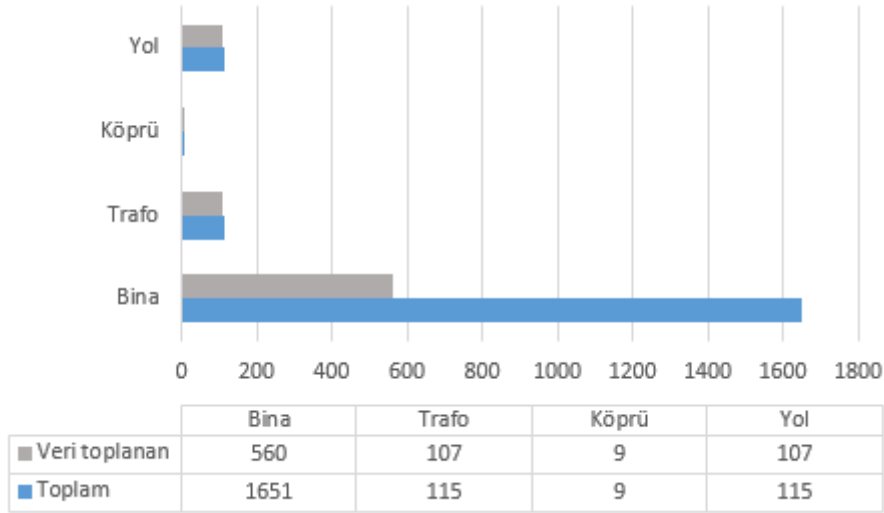
alandan oluşacak şekilde 4479 görüntüden oluşan çekimlerden üretilen ortofotoyu oluşturmaktadır (Ozdemir & Akbas, 2023b).

Ulus yerleşmesinin belirlenecek fiziksel yapılarına ait zarar görbilirlik analizleri Tablo 10'da verilen gösterge ve alt göstergeler çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Bu analiz kapsamında aynı zamanda 2024 yılında BAP projesi olarak verilen SHIZ-2024-1887 nolu hızlı destek proje sonuçlarına bağlı olarak şekillenmiştir. Bu hızlı destek projesinde fiziksel zarar görbilirlik analizi gerçekleştirilmiş olup bu kapsamda sahada 2024 yılı yazında arazi çalışmaları yapılmıştır. Ulus Belediye'sinden elde edilen 1:1000'lik hali hazırlar çerçevesinde şekillendirilen arazi çalışmaları kapsamında ilgili yerel kamu birimlerinden veriler temin edilmiş ve saha gözlemleri ve ölçüleriyle bina, yollar, köprüler ve trafo merkezleri ile ilgili zarar görbilirliği belirlemede kullanılacak veriler toplanmıştır (Şekil 10). Bu çalışma kapsamında ilgili analizlerde ortaya çıkan eksiklik ve hatalar yine Tablo 10 çerçevesinde saha çalışmaları yapılarak giderilmiştir. Literatürle tespit edilen fiziksel zarar görbilirlik göstergeleriyle ilgili bölgeye özgü verilerin entegre edilmesi ve analizlerin daha sistematik bir temele oturtulması sağlanmıştır.



Şekil 10. Ulus yerleşmesinde zarar görbilirlik özellikleri belirlenen trafo, yol, bina ve köprülerin dağılımı.

Veri toplama süreci, altyapı bileşenlerinin envanterinin oluşturulabilmesi amacıyla titizlikle yürütülmüştür. Saha çalışmalarının sınırlı kapsamı göz önünde bulundurularak, 1000 yıllık taşkın suyuyla doğrudan temas eden yapılar ve altyapı bileşenleri önceliklendirilmiştir. Bu bağlamda, arazide yapılan saha çalışmaları, verilerin doğruluğunu ve güvenilirliğini sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır. Çalışma alanında toplamda 1651 bina bulunmakta olup, bu binalardan 560'ı suyla temas etmiştir ve bu yapılara dair detaylı veriler toplanmıştır (Şekil 11). Elektrik altyapı bileşenleri de veri toplama sürecinin önemli bir kısmını oluşturmuş, bu bağlamda toplamda 115 trafo yer almakta olup, suyla temas eden 107 trafonun verileri toplanmıştır (Şekil 11). Trafo sayılarının bir kısmı Ulus Belediyesi'nin verilerinden doğrulanmıştır. Veriler 2014 yılı ve öncesine ait olduğu için 2014 yılı ve sonrasında yapılan trafolar saha gözlemleri ile tespit edilmiştir.



Şekil 11. Toplanan verilerin gösterge sayısı ve toplam gösterge sayısı

Altyapı açısından önemli bir diğer parametre olan köprüler için toplamda köprünün verileri eksiksiz bir şekilde toplanmıştır. Yollar ise toplamda 115 adet olup, bu yolların 107'sine dair veriler toplanabilmiştir (Şekil 11). Yollarla ilgili verilerin toplanmasında, hem yerel hem de ulusal kurumlarla iş birliği yapılmış, özellikle Ulus Belediyesi ile yakın bir iletişim kurulmuştur. Arazi çalışmalarının gerçekleşmesi, sadece mevcut altyapının envanterini oluşturmakla kalmamış,

aynı zamanda veri toplama sürecinin saha gözlemleriyle desteklenmesi, toplanan verilerin doğruluğunu teyit etme açısından kritik bir rol oynamaktadır. Veri toplama sürecinin başarısı için bu kurumlarla yapılan iş birliği büyük bir önem taşımıştır. Eksikliklerin giderilmesi amacıyla saha çalışmaları gerçekleştirilmiş ve toplanan verilerin doğruluğu saha gözlemleri ile teyit edilmiştir. Bu süreçte, suyla temas eden altyapı bileşenlerinin detaylı envanteri oluşturulmuş, böylece bölgedeki taşkın zararlarının daha sağlıklı bir şekilde değerlendirilmesi sağlanmıştır. Sonuç olarak, bu kapsamlı veri toplama çalışması, sadece altyapı bileşenlerinin envanterini oluşturmakla kalmamış, aynı zaman bölgedeki taşkın risklerinin belirlenmesi ve yönetilmesi için kritik bir veri seti sağlamıştır.

Tablo 10. Ulus yerleşmesini kapsayan alandaki taşkın zarar görülebilirliğini değerlendirmek için seçilen gösterge açıklamaları (farklı kaynaklardan derlenmiştir)

Göstergeler	Alt Göstergeler	Özellikleri	Zarar görülebilirlik üzerindeki etkinin tanımı ve gerekçesi	Referanslar
BİNA- 1	Kat sayısı (bina yüksekliği) (KSD)	*2 (zemin +2) *1 (zemin+1) *0 (Tek katlı)	Kat sayısı, taşkın sırasında üst katların korunmasını sağlarken, zemin katın fiziksel zarar görülebilirliğini artıran kritik bir faktördür. Ayrıca, uzun süreli taşkın maruziyeti temel stabilitesini zayıflatarak bina güvenliği açısından önemli tehdit oluşturur.	Papathoma-Köhle vd., 2007; 2016; 2019; Stephenson & D'Ayala 2014; Indirli, 2009; Martelli, 2011; Mebarki vd., 2012; Kappes vd., 2012; Godfrey vd., 2015; Miranda & Ferreira, 2018; Fedeski & Gwilliam, 2007; Brikmann vd., 2013)
BİNA- 2	Yapı malzemesi (YM) / inşaat türü malzemesi (İTM)	*Kagir- Yığma *Güçlendirilmiş Çelik beton- malzeme *Ahşap yapı *Diğer	Taşkın analizlerinde bina inşaat türünün doğru belirlenmesi, yapıların farklı malzeme ve tasarımlarının taşkın riskine karşı gösterdiği direnç düzeylerinin farklılık arz etmesi nedeniyle taşkın etkilerini azaltmak ve insan güvenliğini sağlamak açısından büyük önem taşır.	(Schwarz & Maiwald 2008; Papathoma-Köhle vd., 2007; 2016; 2019; Uzielli vd., 2008; 2015; Indirli 2009; Du vd., 2013; Martelli, 2011; Mebarki vd. 2012; Kappes vd., 2012; Stephenson & D'Ayala 2014; Godfrey vd., 2015; Miranda & Ferreira, 2018; Ferreira & Santos, 2020)
BİNA- 3	Bina yaşı (gözlem) (BYD)	*Yeni binalar *Orta binalar *Eski binalar	Yeni binalar, modern malzeme ve teknikler sayesinde daha dirençliken, orta yaşlı binalar kısmen risk taşıyabilir. Eski binalar ise yapısal zayıflıklar nedeniyle daha yüksek zarar görülebilirliğe sahiptir.	(Stephenson & D'Ayala, 2014; Uzielli vd., 2015; Miranda & Ferreira, 2018; Holand, Lujala & Rød, 2011; Fedeski & Gwilliam, 2007; Gain vd., 2015)

BİNA- 4	Bodrumun varlığı (BVD)	*Var *Yok	Bodrum varlığı, taşkın zarar görülebilirliği artırır. Bodrum bulunan yapılar, su birikimi ve yapısal hasara daha açıktır. Bodrumu olmayan yapılar ise daha düşük risk taşır.	(Papathoma-Köhle vd., 2007; 2016; 2019; Chne vd., 2005)
BİNA- 5	Koşul/ Korunma Durumu (BKD)	*Hasar çatlama yok *Hafif çatlak * Yaygın çatlak ve deformasyon *Genelleştirilmiş çatlama deformasyon * Belirgin çatlama-malzeme kaybı	Bir binanın koşul durumu, yapının maruz kaldığı hasar düzeyinin ve genel dayanıklılığının bir göstergesi olarak, belirgin çatlaklar içeren bir bina ile çatlak olmayan bir bina arasındaki farklılıkların, taşkınlara karşı dirençlilik seviyelerini belirlemedeki önemini ortaya koyar.	(Ferreira & Santos, 2020)
BİNA- 6	İnşaat tipi (İTD)	*Müstakil *Apartman *Diğer	Müstakil yapılar, doğrudan suya maruz kalma riski taşırken, apartmanlar üst kat avantajı sağlar. Diğer yapılar ise tasarım ve konumlarına göre farklı risk seviyelerine sahip olabilir.	(ABCB, 2011; Fedeski & Gwilliam, 2007; Kazmierczak & Cavan, 2011; Brikmann, vd., 2013; Gain vd., 2015)
BİNA- 7	Genel bina türü /kullanımı (GBKT)	*Ticari ve idari binalar *Sosyal binalar *İdari binalar *Endüstriyel binalar *Eğitim binaları *Diğer *Karışık	Bina türü, taşkın hasarını etkiler. Ticari binalar ekonomik kayıplara, sosyal binalar hizmet aksamasına, idari binalar yönetim süreçlerinin bozulmasına neden olabilir. Endüstriyel, eğitim ve karışık binalar da farklı riskler taşır	(Figueiredo, Romão , & Paupério, 2021)
BİNA- 8	Zemin kat kullanım durumu (ZKKD)	*Ticari binalar *Sosyal binalar *Mesken *İdari binalar *Endüstriyel binalar *Eğitim binaları *Diğer	Zemin kat kullanım durumu, binaların taşkına karşı fiziksel zarar görülebilirliğini belirler. Bina türüne göre suya maruziyet ve hasar riski değişir, bu da can kaybı, ekonomik zarar ve hizmet aksamalarına yol açabilir.	
BİNA- 9	Birinci kat kullanım durumu (BKKD)	*Ticari binalar *Sosyal binalar *Mesken *İdari binalar *Endüstriyel binalar *Eğitim binaları *Diğer	Birinci kat kullanım durumu, binaların taşkına karşı fiziksel zarar görülebilirliğini etkiler. Bölgede önem sırasına göre ticari ve ve endüstriyel yapılar ekonomik kayıplara, sosyal ve eğitim binaları hizmet aksamalarına, meskenler ise eşya zararına duyarlıdır. Bu nedenle risk yönetiminde dikkate alınmalıdır.	
BİNA- 10	İkinci kat kullanım durumu (IKKD)	*Ticari binalar *Sosyal binalar *Mesken *Endüstriyel binaları *Eğitim binaları *Diğer	İkinci kat kullanım durumu, taşkın riskini azaltarak fiziksel zarar görülebilirliği düşürür. Ticari ve endüstriyel binalarda ekipman korunurken, sosyal ve eğitim binalarında hizmet devam edebilir, meskenlerde ise can güvenliği artar. Ancak taşkın seviyesine göre durum değişebilir.	
BİNA- 11	Bina statüsü (BSD)	*Terkedilmiş *İnşaat halinde *Kullanımda *Boş	Terkedilmiş ve inşaat halindeki yapılar, bakım eksikliği nedeniyle daha savunmasızdır. Dolu binalar, can ve mal kaybı riski taşırken, boş binalar yalnızca yapısal hasara maruz kalır.	

BİNA- 12	Miras statüsü (MSD)	*Ulusal *Sınıflandırılmamış	Ulusal statüdeki yapılar, koruma kısıtlamaları nedeniyle güçlendirme ve müdahalede sınırlamalar taşıyabilir. Sınıflandırılmamış yapılar ise daha esnek önlemler alabilir.	Ferreira & Santos, 2020)
BİNA- 13	Bina konumu	*Üst bilge *Taşkın yatağı *Leve arasında	Bina konumu, taşkın yatağına yakınlıkta maruziyet ve dolayısıyla zarar görülebilirlik düzeyi artar.	(Coulibaly vd., 2015; Islam vd., 2013)
BİNA- 14	Kapı yönü (KYD)	*Ön *Arka *Yan (sağ-sol)	Kapı yönü, yapının taşkın gibi doğal afetlerde suya karşı maruz kalacağı etkileri ve suyun yapıya giriş yönlerini belirler. Bu parametre, yapıdaki farklı yönlerin taşkın sırasında ne kadar savunmasız olduğunu ve hangi kapıların daha fazla zarar görebileceğini ortaya koyarak, tahliye planları ve korunma stratejilerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynar.	
BİNA- 15	Su basman varlığı (SBVD)	*Var *Yok *Kısmen	Olması, su girişini geciktirerek riski azaltır, yokluğu ise yapıyı doğrudan suya maruz bırakır. Kısmen var olması, su seviyesine bağlı olarak değişken riski oluşturur.	
BİNA- 16	Pencere malzemesi (PMD)	*Pimapen *Demir *Alüminyum *Ahşap *Karışık	Pimapen suya dayanıklı ancak sızıntıya açık, demir sağlam ama paslanabilir, alüminyum hafif fakat eğilebilir, ahşap su çekerek çürüyebilir. Karışık malzemeler farklı dayanıklılıklara sahiptir. Suya dayanıklı pencere kullanımı, zarar görülebilirliği azaltır.	
BİNA- 17	Genel pencere malzemesi (GPM)	*Endüstriyel cam bölme *Normal	Genel pencere malzemesi, taşkın zarar görülebilirliği açısından önemlidir. Endüstriyel cam bölmeler daha dayanıklıyken, normal cam kırılma yapıyla su girişini hızlandırabilir. Dayanıklı pencere sistemleri, taşkın riskini azaltmada kritik rol oynar.	
YOL- 1	Yapı Malzemesi (YM) / Yol türü	*Toprak *Stabilize *Parke döşeme *Beton *Asfalt *Diğer	Taşkın yollarının inşasında kullanılan malzeme ve yapısal dayanıklılık, taşkın yönetimi açısından hayati öneme sahiptir, bu yolların taşkınlar sırasında çözülme, erozyon veya yıkım riski taşıyıp taşımadığını belirlemek için kapsamlı bir değerlendirme yapılmalıdır. Yolda kullanılan malzemelerin su akış dinamikleri ve çevresel etmenlerle uyumlu olması, taşkın durumlarında yolun stabilitesini sağlamak için kritik öncülleridir.	

YOL- 2	Yol Genişliği (YG)		Taşkın sırasındasuyun akış yõnõ ve hız üzerindeki etkisini değerlendirmek tahliye ve ulaşım kapasitesini belirlemek için kullanılır.	(Kazakis, Kougias & Patsialis, 2015)
YOL- 3	Yol kullanım durumu (gõzlem) (YKD)	*Düşük *Orta *Yüksek	Yoğun kullanılan yollar, büyük aksamalara yol açarken, düşük yoğunluktaki yolların etkisi daha sınırlıdır.	(Gauthier vd., 2018; Kasmalkar vd., 2020)
YOL- 4	Kaldırım Varlığı (KVD)	*Yok *Tek taraflı *Çift taraflı	Kaldırım varlığı, taşkın sırasında suyun akış yõnõnõ, drenaj kapasitesini ve yaya güvenliğini etkiler.	
YOL- 5	Drenaj sistemleri (DS)	*Var *yok	Yolun çevresindeki su yönetimi altyapısı õnemlidir. Drenaj kanalları, yağmur suyu tahliyesi sistemleri, suyun yol üzerindeki birikmesini engeller ve yolun taşkın sırasında zarar görmesini azaltabilir.	
TRAFO- 1	Trafo tipi	*Beton köşk trafo merkezi *Kompakt tip kare kablınli trafo *Kompakt tip dikdõrtgen kablınli trafo *Kompakt tip trafo merkezi	Trafo tipi, yapısal dayanım ve yerleştirme biçimi açısından farklılık gösterdiğinden, özellikle kompakt tip trafolar beton köşklere kıyasla taşkınlara karşı daha yüksek zarar görebilirlik riski taşımaktadır.	
TRAFO-2	Yükseklik (TYD)	-	Taşkın sularına maruziyet ve ulaşım sürekliliği açısından kritik bir faktõrdür.	
TRAFO- 3	Trafo platformu (TP)	-	Taşkın sırasında elektrik altyapısının zarar görme riskini belirler.	
TRAFO- 4	Malzeme türü (MT)	*Alüminyum kabin *Betonarme bina *Demir *Galvanzili Sac	Malzeme türü, suya dayanıklılık ve korozyon direnci açısından farklılık gösterdiğinden, galvanizli sac ve alüminyum kabinler taşkın anında daha yüksek zarar görebilirlik riski taşıırken, betonarme yapılar daha dayanıklı kabul edilir.	
TRAFO- 5	Yıpranma durumu (TYD)	*Optimal durumda veya hafif yıpranmış *Kısmen yıpranmış, ancak işlevsel *Ağır yıpranmış veya kullanılmaz durumda	Taşkın sırasında elektrik arzının sürekliliğini ve güvenliğini etkiler.	

TRAFÖ- 6	Kapı yönü (TKY)	*Ön *Arka *Yan	Taşkın anında suyun içeri girişini ve ekipmanların zarar görme olasılığını etkiler.	
KÖPRÜ- 1	Yapı türü (YT)	*Betonarme *Ahşap *Çelik	Betonarme yapılar yüksek dayanıklılık gösterirken, ahşap yapılar suya karşı hassas olup yüksek zarar görebilirlik taşır; çelik yapılar ise paslanma riskine bağlı orta düzeyde zarar görebilirlik sergiler.	(Loli vd., 2022)
KÖPRÜ- 2	Yapı Tipi (YT)	*Kirişli *Kafes	Yapı türü sistemini tespit etmek, bir yapının çevresel etkilere ve dış tehditlere karşı gösterdiği dayanıklılığı ve kırılma düzeyini değerlendirmeye olanak tanır	
KÖPRÜ- 3	Koşul /durum (KD)	*Hasar çatlama yok *Yaygın çatlak ve deformasyon *Genelleştirilmiş çatlama deformasyon *Belirgin çatlama-malzeme kaybı	Yapısal hasar tespiti, çökme riskini değerlendirerek can ve mal kayıplarını önlemeye yardımcı olur.	
KÖPRÜ- 4	Köprünün Genişliği (KPG)		Geniş köprüler, suyun akışına daha az direnç göstererek taşkın basıncını azaltabilir. Dar köprüler ise suyun sıkışmasına neden olarak yapısal hasar riskini artırır.	(Loli vd., 2022)
KÖPRÜ- 5	Köprünün Uzunluğu (KPU)		Uzun köprüler, suyun geçişini kolaylaştırırken, kısa köprüler akışı daraltarak su seviyesi ve hidrolik baskıyı artırabilir.	
KÖPRÜ- 6	Köprülerin entegre olduğu yol hiyerarşisi (KEYH)	*Çevre yolu *Cadde *Sokak *Bağılantısız	Ulaşım ağının işleyişi ve afet direnci açısından önemlidir. Farklı yol türleri, taşkın sırasında ve sonrasında erişilebilirlik, tahliye ve müdahale süreçlerini etkileyerek risk yönetiminde belirleyici rol oynar.	Loli vd., 2022)
KÖPRÜ- 7	Kullanım türü (KTD)	*Karayolu köprüleri *Demiryolu köprüleri *Yaya köprüleri *Kombine köprüler	Köprülerin kullanım türü, taşkın zarar görebilirliğini belirler. Karayolu ve demiryolu köprüleri ağır yük taşıdığı için yapısal bütünlük kritik önemdedir. Yaya köprüleri hafif yapıları nedeniyle daha savunmasızdır. Kombine köprüler tasarımına bağlı olarak farklı riskler taşır.	
KÖPRÜ- 8	Açıklık Yüksekliği (AYD)		Açıklık yüksekliği, taşkın anında köprünün suyu geçirme kapasitesini belirlediğinden, düşük açıklık yüksekliği suyun akışını engelleyerek tıkanma ve taşkın baskısı riskini artırır; bu da fiziksel zarar görebilirliği yükseltir.	

Fiziksel yapılar olarak çalışma kapsamında değerlendirilen binalar, yollar, köprüler ve trafo merkezlerinin her bir alt göstergeye bağlı olarak zarar görebilirlikleri veri içeriklerine bağlı olarak normalleştirme, ağırlıklandırma ve toplama işlemlerine tabi tutularak kendi içerisinde bir değerlendirmeye gidilmiştir.

Normalleştirme aykırı değerlerin etkisini azaltarak veriledeki anormallikleri azaltmaya yardımcı olmaktadır (Jacobs vd., 2004; Nardo vd., 2008). Bu adım aykırı değerlerin etkisini azaltarak verilerdeki anormallikleri azaltmaya yardımcı olur. Göstergelerin normalleştirilmesiyle ilgili en çok kullanılan yaklaşım min- maks yöntemidir, bunu z skoru ve referansa olan uzaklık takip etmektedir. Bu kapsamda min.-maks. yöntemi seçilmiş ve uygulanmıştır.

Ağırlıklandırma ve toplamada ise fiziksel zarar görebilirliğin parametrelerinin önceliklerini yansıtmak amacıyla göstergelere ağırlıklar atanır Ancak, uygun bir ağırlıklandırma düzeni bulmak bazen zor olabilmektedir. Bu durumda genellikle eşit ağırlıkların kullanılması tercih edilir; bu da tüm kriterlerin eşit derecede önemli olduğu anlamına gelmektedir (de Brito vd., 2018). Göstergelerin ağırlıklarının belirlenmesinin ardından, toplanır. En yaygın toplama yöntemleri doğrusal ve geometriktir. Doğrusal toplama, göstergelerin ağırlıklı toplamından meydana gelirken, geometrik toplama göstergelerin üslerine atanmış ağırlıklarla çarpılmasının sonucunu temsil eder (Nardo vd., 2008). Bu çalışmada eşit ağırlıklandırma yöntemi tercih edilmiştir çünkü göstergelerin her biri fiziksel zarar görebilirliğin farklı ve tamamlayıcı yönlerini temsil etmektedir. Bu bağlamda, göstergeler arasında hiyerarşik bir önceliklendirme yapmak, değerlendirme sürecine öznellik katma riski taşıyabilir. Eşit ağırlıklandırma, çok ölçütlü karar verme süreçlerinde sıkça başvurulan ve özellikle göstergeler arası karşılatırabilirlik sağlandığında geçerli kabul edilen bir yöntemdir. Ayrıca, bu yaklaşım analizin şeffaflığını ve tekrar edilebilirliğini artırarak metodolojik tutarlılık sağlamaktadır.

Bu çalışma sonucunda her fiziksel yapıya ait alt gösterge temelli ve sonrasında gösterge temelli zarar görebilirlikleri mekansal olarak belirlenmiştir. Bu çalışma çıktıları sonraki çalışmalar olan taşkın risk analizinde girdi verisi olarak kullanılmıştır.

Her bir fiziksel yapıya ait taşkın tehlike ve zarar görebilirlik analizi sonuçları birlikte değerlendirilerek Ulus yerleşmesinin fiziksel yapılara bağlı taşkın risk analizleri farklı senaryolar temelli Eşitlik 6 kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

$$TaşkınRisk_b = TaşkınTehlike_b \times ZararGörebilirlik_{btüm} \quad \text{Eşitlik 6}$$

Eşitlikte b bina fiziksel yapılarını ve btüm ise yapı göstergesi altındaki tüm alt göstergelerin ağırlıklandırılmış zarar görebilirlik analizi sonucunu ifade etmektedir. Bu değer SHIZ-2024-1887 nolu hızlı destek proje sonuçlarına bağlı olarak şekillendirilmiştir. Sonuç olarak, Özdemir ve Akbaş'ın (2023) taşkın tekrarlama piklerine ait akım verilerinin (50, 100, 500 ve 1000 yıllık) iki farklı risk analizi her bir yapı için gerçekleştirilmiş taşkın risk analizleri arasındaki benzerlikler ve farklılıklar çalışmanın devamında ortaya konmuştur.

2.3. Sınırlılıklar ve Karşılaşılan Güçlükler

Türkiye’de taşkın risk çalışmalarında karşılaşılan zorluklar, genellikle veri eksiklikleri, altyapı yetersizlikleri ve kurumsal koordinasyon eksikliklerinden kaynaklanmaktadır. Bu güçlükler, taşkın risklerinin doğru bir şekilde değerlendirilmesi ve yönetilmesinde önemli engeller teşkil etmektedir. İlk olarak, taşkın risk analizleri için gerekli olan verilerin eksikliği, analizlerin doğruluğunu doğrudan etkileyen bir faktördür. Yerel yönetimlerin ve ilgili kamu kurumlarının taşkınlarla ilgili verileri sistematik bir şekilde toplama, saklama ve erişime açma konusundaki yetersizlikleri, özellikle geçmiş taşkın verileri, topografik haritalar ve altyapı özelliklerine dair verilerin eksik veya güncel olmamasına neden olmaktadır. Bu durum, doğru ve kapsamlı bir taşkın risk değerlendirmesi için büyük bir engel teşkil etmektedir. Bartın Ulus yerleşmesine ait bina yaşı bodrum pencere açıklığı, köprülerin inşaat yaşı, köprülerin geçmiş hasarları, köprüler üzerindeki trafik yükü ve yollardaki seyahat süresi, yolun yaşı ve araç emisyonlarının verileri elde edilememiştir. Bu durumun temel nedenleri, söz konusu verilere erişimde yaşanan sınırlılıklar, bazı verilerin bölgesel düzeyde kayıt altına alınmamış olması, verilerin dağınık olması ve elde edilen bilgilerin doğruluğunun yeterli düzeyde teyit edilememesidir. Bu tür verilerin eksikliği, analizde güvenilirliği riske atabileceğinden çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır.

Ulus Belediyesi'nin kayıt ortamında, her bir bina için bina yaşı verileri arşivlerde mevcut olmasına rağmen, bu veriler toplu ve düzenli bir şekilde kaydedilmemiştir, dolayısıyla analize dahil edilmemiştir. Söz konusu kayıtların elde edilebilmesi için, arşiv kayıtlarının tek tek incelenerek çıkarılması ve bu sürecin gerçekleştirilmesi için uygun bir çalışma düzeninin kurulması gerekmektedir. Ancak, bu işlem gerçekleştirilemediği için bina yaşı parametresi fiziksel zarar görülebilirlik analizine dahil edilmemiştir. Bodrum pencere açıklığı parametresi, özel mülk statüsü nedeniyle konutların giriş yapılamadığı için tam olarak ölçülmemiştir. Ayrıca, sahada yapılan incelemelerde bu parametre için standart bir ölçüm yöntemi kullanılmadığı ve bodrum pencere açıklıklarının farklı karakteristik özellikler sergilediği belirlenmiştir. Bu durum, karşılaştırılabilir veri elde edilmesini engellemiş ve söz konusu parametrenin analize dahil edilmesini mümkün kılmamıştır. Köprülerin inşaat yaşına ilişkin arşiv kayıtlarına erişim sağlanamamış olup, bu nedenle söz konusu parametre değerlendirilmemiştir. Köprülerin geçmişteki hasar durumu, geçmiş hasar kayıtlarının eksik veya düzensiz olması, bu göstergenin analiz kapsamına alınmasını engellemiştir. Köprülerin trafik yüküne dair ölçüm verileri mevcut olmadığından; bölgeye ait seyahat süresi verilerin eksikliği ve yol ağının heterojen yapısı, güvenilir bir değerlendirme performansını güçleştirdiği ve araç emisyonlarına ilişkin bölgesel ölçümlerinin bulunmaması ve bu verilerin farklı koşullara bağlı olarak değişkenlik göstermesi nedeniyle bu parametre çalışmaya dahil edilmemiştir. Elektrik hatları analizden çıkarılmıştır. Bunun birkaç nedeni bulunmaktadır. İlk olarak, bu verilerin temini ve erişimi, genellikle zorlu olmuştur; elektrik hatlarına ilişkin veriler, dağıtım şirketleri tarafından sınırlı bir şekilde sağlanmış ve bu verilerle ilgili erişim kısıtlamaları söz konusu olmuştur. Ayrıca, elektrik hatlarıyla ilgili veri toplama ve analiz süreci, önemli ölçüde zaman ve kaynak gerektirmiştir. Özellikle saha çalışmaları ve ilgili kurumlardan veri temin edilme süreci, uzun bir zaman dilimini kapsamaktadır. Bir diğer etken, veri kalitesinin yeterli düzeyde olmamasıdır; mevcut verilerin doğruluğu ve güvenilirliği sağlanamadığı takdirde, bu verilerle yapılan analizlerin geçerliliği sorgulanabilir hale gelmiştir. Son olarak, çalışmada yapılan analizler genellikle daha doğrudan etkilenen unsurlara, yani binalar ve altyapılara odaklanmıştır. Elektrik hatları, dolaylı etkiler gösterdiğinden, bu

unsurların analiz kapsamında daha düşük önceliğe sahip olmasına neden olmuştur. Tüm bu faktörler göz önünde bulundurulduğunda, elektrik hatlarının analizden çıkarılmasına karar verilmiştir.

Kurumsal ve yönetsel düzeydeki koordinasyon eksiklikleri de önemli bir engel oluşturmaktadır. Türkiye'deki bazı bölgelerde bu aktörler arasında koordinasyon eksiklikleri ve yetersiz mevzuat düzenlemeleri bulunmaktadır. Örneğin, Karayolları ve Başkent EDAŞ'ın Ulus Belediyesi ile yeterince işbirliği içinde olmaması, taşkın yönetimi süreçlerinde altyapı çalışmalarında aksamalara yol açmaktadır. Bu durum, özellikle taşkın sonrası yolların onarımı, elektrik hatlarının kesintisiz işleyişi gibi kritik alanlarda etkisini göstermekte ve acil durum müdahalelerinde gecikmelere neden olmaktadır. Bunun yanı sıra, yerel düzeyde taşkın yönetim politikalarının uygulanması konusunda yaşanan zorluklar, sürecin etkinliğini azaltan bir faktördür. Yerel yönetimlerin taşkın risk yönetimi politikalarını uygulama kapasitelerinin sınırlı olması, özellikle bütçe yetersizlikleri, teknik personel eksikliği ve halkın katılımının sağlanamaması gibi sorunlarla daha belirgin hale gelmektedir. Bu sorunların çözümü için kurumlar arası koordinasyon mekanizmalarının güçlendirilmesi, taşkın yönetimine dair mevzuatın yeniden düzenlenerek işbirliğini teşvik edici hükümler içermesi gerekmektedir. Ayrıca halkın taşkın riski ve alınması gereken önlemler konusunda bilinçli olmaması, bölgede erken uyarı sistemi bulunmaması durumunda risk azaltma stratejilerinin etkinliğini daha da sınırlamaktadır. Bu bilinç eksikliği, bireylerin taşkın tehlikesine karşı proaktif davranmasını engellemekte, alınabilecek basit önlemlerin dahi uygulanmamasına yol açmaktadır. Örneğin, tahliye planlarının oluşturulması ve uygulanması, suyun yönünü değiştirmek için kullanılan geçici yapılar veya evlerin taşkına dayanıklı hale getirilmesi gibi bireysel ve topluluk düzeyindeki önlemler genellikle halkın farkındalık düzeyine bağlıdır. Erken uyarı sisteminin eksik olduğu bir bölgede, halkın kendi güvenliğini sağlama konusunda bilinçli olması çok daha kritik hale gelir. Bu eksiklik, olası can ve mal kayıplarını artırarak, taşkın risk yönetimi stratejilerinin kapsamlı ve sürdürülebilir bir şekilde uygulanmasını engeller.

Taşkın risk çalışmalarında karşılaşılan önemli zorluklardan biri de arazi çalışmalarında karşılaşılan kısıtlamalardır. Taşkın risk analizlerinin doğruluğu için

saha verilerinin toplanması kritik bir öneme sahiptir. Ancak, arazi çalışmaları sırasında yeterli yetkinin sağlanamaması, bu süreci önemli ölçüde engellemektedir. Örneğin, yapıların ve çevrelerinin incelenmesi amacıyla evlerin bahçelerine veya özel mülklere girişin yasal ya da toplumsal nedenlerle mümkün olmaması, kritik veri noktalarına erişimi sınırlandırarak analizlerin kapsamını daraltmaktadır. Bu tür durumlar, özellikle altyapıya ilişkin detayların yerinde incelenmesini gerektiren çalışmalarda büyük bir eksiklik yaratmaktadır. Ayrıca, yerel halkın taşkın risk çalışmaları hakkında yeterince bilgilendirilmemesi ya da bu çalışmalara karşı çekinceli yaklaşması, araştırmacıların sahada karşılaştığı diğer bir güçlük olarak öne çıkmaktadır. Bu tür sınırlılıklar, taşkın risk değerlendirme sürecinin etkin bir şekilde yürütülmesini zorlaştırmakta ve elde edilen sonuçların güvenilirliğini düşürmektedir. Dolayısıyla, arazi çalışmalarını destekleyecek şekilde yerel düzeyde daha geniş yetkiler verilmesi ve toplumsal farkındalığın artırılmasına yönelik stratejiler geliştirilmesi gerekmektedir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Taşkın Tehlike Analizi

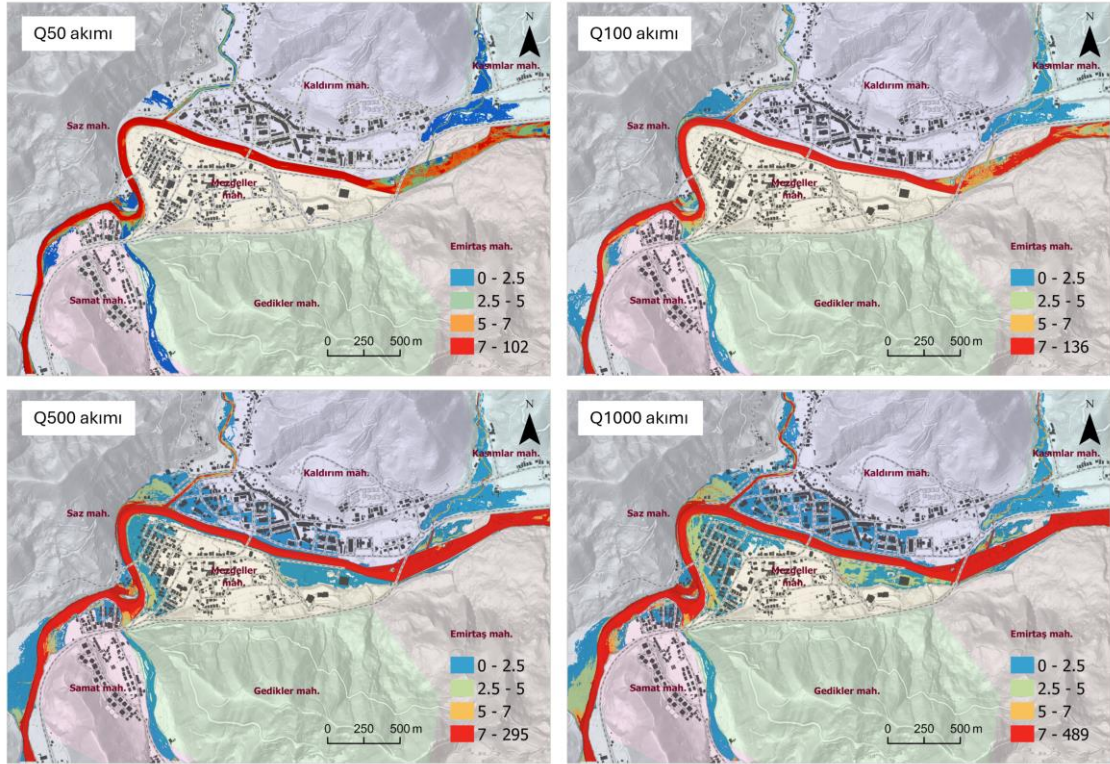
3.1.1. DEFRA Yöntemi

Bu yöntem çalışma alanı olan Ulus ilçe merkezi yerleşimindeki taşkın tehlikesi, farklı tekrar periyotlarına (50, 100, 500 ve 1000 yıllık) göre değerlendirilmiştir (Tablo 11) (Şekil 12). DEFRA yöntemindeki tehlike sınıfları, Ulus ilçesindeki taşkın riski değerlendirmelerinde etkili bir şekilde uygulanabilir. Bu yöntem, taşkın derinliği ve hızına dayalı olarak taşkın tehlikesini dört temel sınıfa ayırmaktadır. Taşkın tehlikesi ve senaryo analizlerinden elde edilen verilere göre, Q_{500} ve Q_{1000} senaryolarında, çok yüksek tehlike alanları 0.12 km²'den 0.27 km²'ye, düşük tehlike alanları ise 0.12'den 0.41 km²'ye çıkarak riskin merkezden çevreye doğru yayıldığını ortaya koymaktadır. Yüksek tehlike alanlarının 0.05 km²'den 0.03 km²'ye düşmesi ise bu bölgelerin çok yüksek veya orta tehlike kategorilerine kaymasından kaynaklanmaktadır. Mekansal analizler ayrıca, Mezgeller, Saz ve Kaldırım mahallelerinin uzun dönemli senaryolarda önemli taşkın derinliklerine maruz kaldığını; Kasımlar ve Samat mahallelerinde tehlikenin arttığını, Gedikler ve Emirtaş mahallelerinin ise görece daha az etkilendiğini göstermektedir.

Tablo 11. DEFRA yöntemi uygulaması ile Ulus ilçe yerleşimi taşkın tehlikesi ve altyapı etkileşimlerinin incelenmesi.

Tekrar Periyodu	Taşkın Alanı	Çok Yüksek Tehlike (Kırmızı)	Yüksek Tehlike (Sarı)	Orta Düzeyde Tehlike (Açık Yeşil)	Düşük Tehlike (Mavi)	Alan (km ²)
50 yıl	Dere yatağı ile sınırlı	Sadece dere çevresindeki binalar	-	-	-	 0.12
						 0.05
						 0.05
						 0.12
						Toplam: 0.34
100 yıl	Belirgin şekilde genişlemiş	Dere yatağı çevresindeki binalar artmış	-	-	Yerleşim alanları etkilenmeye başlar	 0.15
						 0.05
						 0.04

						0.16
						Toplam: 0.40
500 yıl	Daha geniş alan	Yerleşim yerlerinin büyük kısmı etkilenmiş	Artmış	Artmış	-	0.38
						0.05
						0.03
						0.24
						Toplam: 0.70
1000 yıl	Neredeyse tüm yerleşim alanı etkilenmiş	Dere yatağına yakın binalar tamamen çok tehlikeli	Orta ve yüksek tehlike alanları yaygınlaşmış	-	-	0.41
						0.12
						0.03
						0.27
						Toplam: 0.83



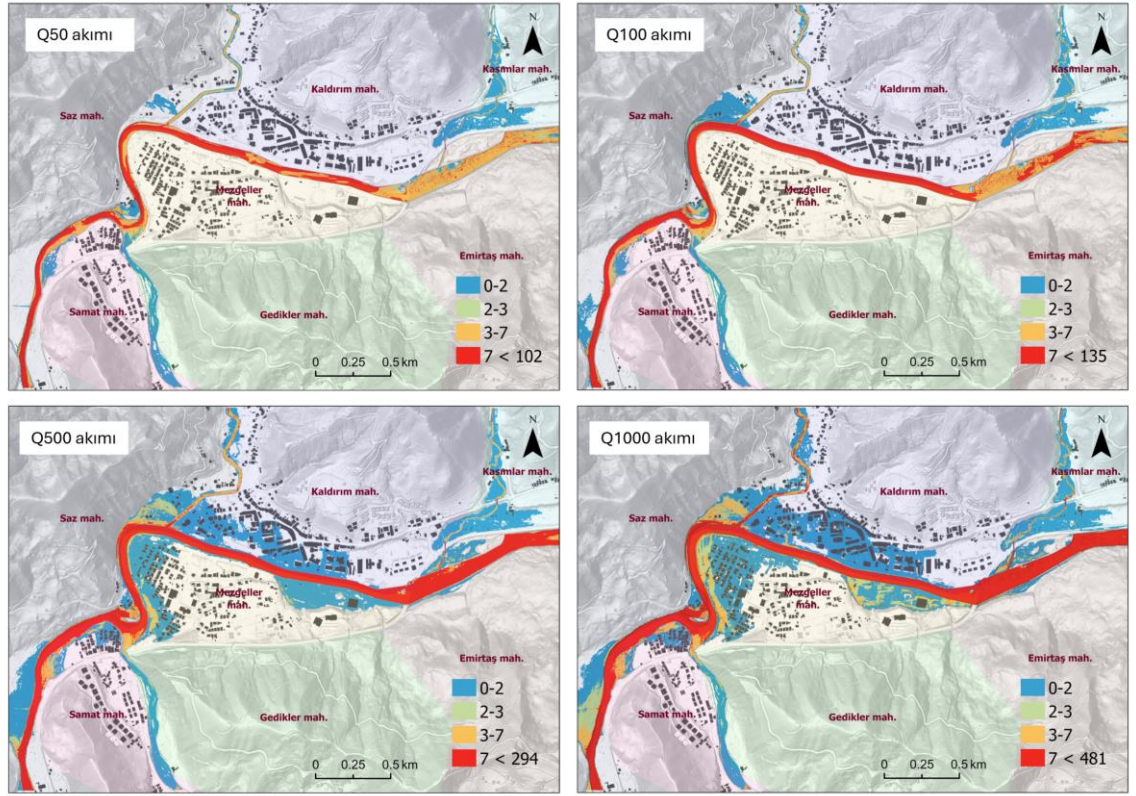
Şekil 12. DEFRA yöntemi, tehlike sınıflarına göre binalar

3.1.2. ISPRA Yöntemi

Çalışmanın entegre amacı doğrultusunda, ISPRA yöntemi detaylı bir şekilde incelenerek çalışma alanı ile eklenmiştir. Bu entegrasyon süreci kapsamında 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın akımlarını simüle eden detaylı analizler gerçekleştirilmiş ve elde edilen bulgular doğrultusunda beton, yığma, desteksiz ve destekli ahşap yapı türleri için taşkın sınıflarını esas alan tehlike haritaları hazırlanmıştır (Şekil 13). Bu haritalar, söz konusu taşkın senaryolarının farklı zaman dilimlerinde olası durumların ortaya çıkmasını, taşkın riskinin daha iyi anlaşılmasına ve değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. (Tablo 12).

Bu yöntemde, yüksek tehlike bölgelerinin ($>7 \text{ m}^2/\text{s}$) belirgin şekilde genişlediğini göstermektedir; bu alan Q_{50} senaryosunda 0.09 km^2 iken Q_{1000} 'de 0.26 km^2 'ye çıkmaktadır (Tablo 15). Bu kritik değerler özellikle Mezgeller, Kaldırım ve Saz mahallelerinde yoğunlaşmakta olup, ahşap ve yığma yapıların yapısal hasar görme olasılığı oldukça yüksektir. Orta düzet tehlike aralıkları ($2-7 \text{ m}^2/\text{s}$, Kasımlar ve Emirtaş mahallelerinde daha yaygın olup, bu bölgelerde kısmi hasar riski olduğunu göstermektedir. Gedikler mahallesi ise $<2 \text{ m}^2/\text{s}$ aralığında kaldığından, göreceli daha az etkilenmesi beklenmektedir. Bu analizler, taşkın tehlikesine karşı hassas yapı türlerinin belirlenmesi ve afet yönetim stratejilerinin geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Tehlike analizi, farklı bina türleri arasındaki risk farklarını vurgulamakta ve öncelikli müdahale gereksinimlerini ortaya koymaktadır.

ISPRA yönteminin Bartın Ulus ilçe merkez yerleşiminde uygulanabilirliği, yerel taşkın verilerinin (su derinliği ve akış hızı) sağlanmasıyla mümkün kılınmıştır. Bu veriler doğrultusunda yapılan taşkın hız ve derinlik temelli analizler, farklı taşkın senaryolarında yapı türlerinin duyarlılığını ortaya koymuş ve hasar haritalarının oluşturulmasına olanak tanınmıştır. Ancak Ulus ilçesi yerleşim merkezi içerisinde destekli ya da desteksiz yapılar tespit edilemediği için bu yöntem çalışma alanı için uygun değildir.



Şekil 13. 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın akımlarının ISPRA yöntemine göre tehlike analizleri

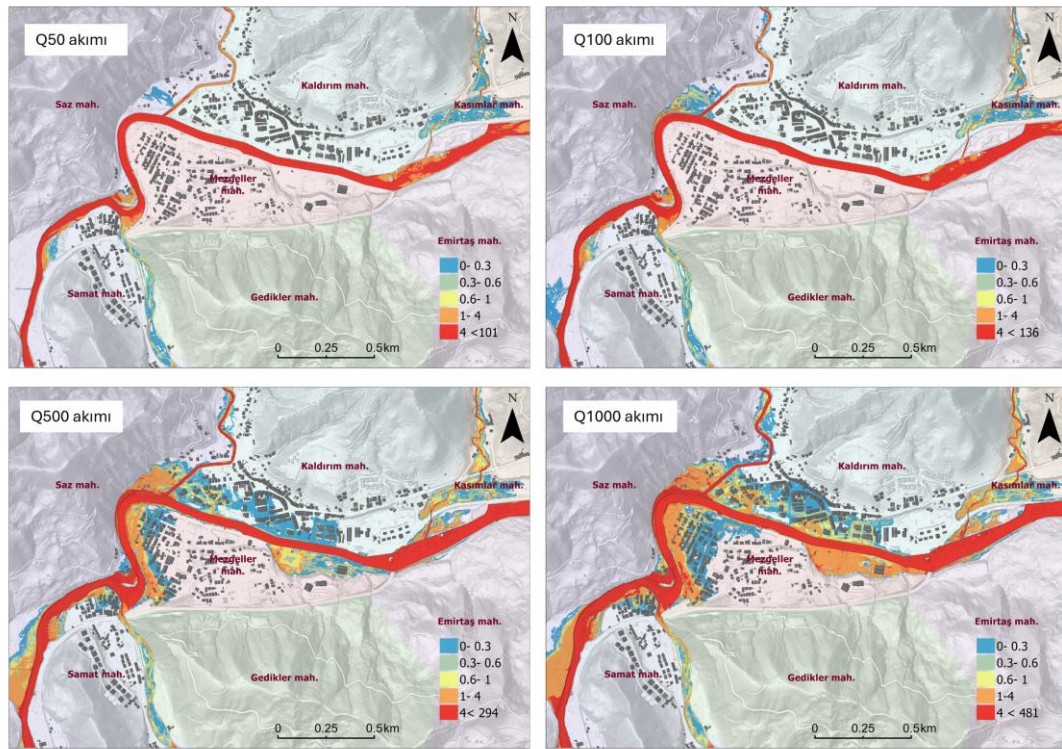
Tablo 12. ISPRA yöntemi tehlike sınıflandırmasına göre etkilenen alanlar

AKIMLAR	Q50	Q100	Q500	Q1000
ALAN (KM ²)	0.12	0.15	0.39	0.42
	0.02	0.02	0.03	0.07
	0.11	0.09	0.06	0.08
	0.09	0.14	0.23	0.26
	Toplam: 0.34	Toplam: 0.40	Toplam: 0.71	Toplam: 0.83

3.1.3. Avustralya 1 Yöntemi

Avustralya 1 Yöntemi'ne göre farklı periyotları (50, 100, 500 ve 1000 yıl) için taşkın tehlike sınıflarının mekânsal dağılımı Şekil 14'te sunulmaktadır. Haritalar, taşkın periyoduna bağlı olarak tehlike seviyelerinin şiddetinin ve etki alanının kademeli şekilde arttığını göstermektedir. Kısa periyotlu taşkınlar (50 ve 100 yıl)

genellikle dere yatağı ve yakın çevresi ile sınırlı kalmaktadır. Bu periyotlarda tehlike, dere kenarındaki yapılar üzerinde sınırlı bir etki göstermekte, yerleşim alanlarının büyük bir kısmı düşük risk seviyesinde kalmaktadır. Ancak, uzun periyotlu taşkınlar (500 ve 1000yıl), taşkın yayılım alanının genişlediğini ve risk seviyelerinin belirgin bir şekilde arttığını ortaya koymaktadır. Özellikle 1000 yıllık periyotta, yerleşim alanlarının büyük bir bölümü yüksek tehlike seviyeleri (H5 ve H6) ile ilişkilendirilmekte olup, bu durum, bu alanlarda ciddi yapısal hasar ve yıkım riskini ifade etmektedir.



Şekil 14. Avustralya 1 yöntemine göre taşkın tehlike sınıfları

Yapılan analizlere göre, özellikle Mezgeller, Kaldırım ve Kasımlar mahallelerinin tüm senaryolarında taşkın tehdidine en çok maruz kalan yerleşim alanları olduğu anlaşılmaktadır. Q₅₀ senaryosunda 0.18 km²'lik alanın çok yüksek tehlike sınıfında yer aldığı görülürken, bu alan Q₁₀₀₀ senaryosunda 0.31 km²'ye ulaşmaktadır. Bu durum, en yüksek tehlike sınıfındaki artışın özellikle yoğun yapılaşmanın olduğu Mezgeller ve çevresindeki alanlarda gerçekleştiğini göstermektedir. Q₅₀₀ ve Q₁₀₀₀ senaryolarında Saz, Kasımlar ve Kaldırım

mahallelerinde orta ve yüksek tehlike sınıflarının daha yaygın hale geldiği ve bu mahallelerdeki taşkın riskinin arttığı dikkat çekmektedir. Emirtaş mahallesinde ise genel olarak düşük tehlike sınıfına giren alanlar bulunmakla birlikte, Q_{1000} senaryosunda sınırlı olsa da artış göstermektedir. Tablo 13'teki veriler, özellikle yüksek (turuncu) ve çok yüksek (kırmızı) tehlike sınıflarına ait alanların toplamda 0.25 km^2 'den (Q_{50}) 0.53 km^2 'ye (Q_{1000}) çıktığını ortaya koymakta ve debi arttıkça hem taşkın yayılımının hem de şiddetinin arttığını doğrulamaktadır.

Tablo 13. Avustralya 1 tehlike sınıflandırmasına göre etkilenen alanlar

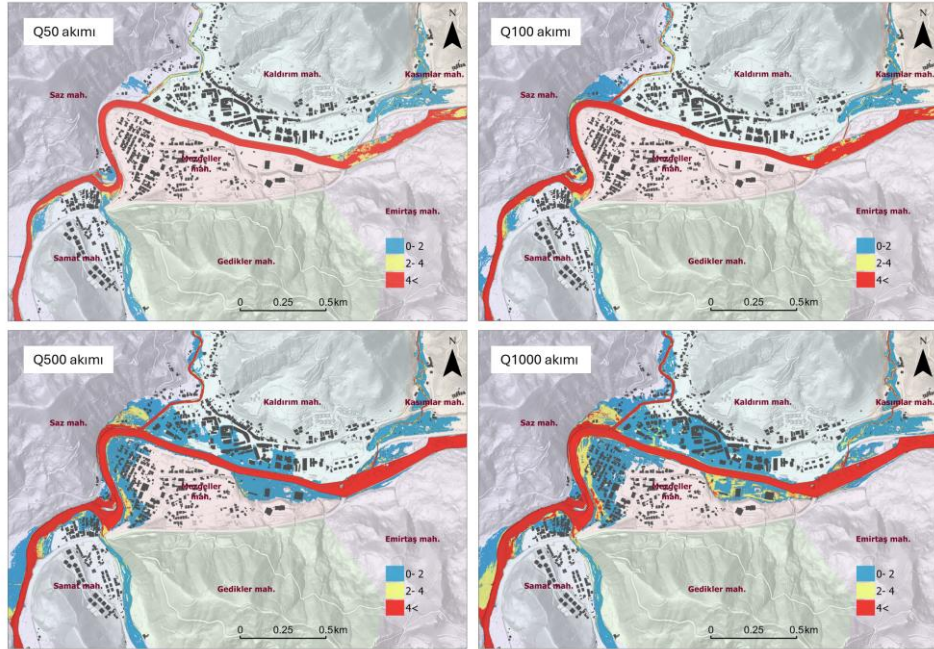
AKIMLAR	Q50	Q100	Q500	Q1000
ALAN (KM ²)	 0.06	 0.08	 0.16	 0.15
	 0.01	 0.03	 0.07	 0.07
	 0.01	 0.01	 0.06	 0.07
	 0.07	 0.06	 0.13	 0.22
	 0.18	 0.21	 0.28	 0.31
	Toplam: 0.33	Toplam: 0.39	Toplam: 0.70	Toplam: 0.82

3.1.4. Avustralya 2 Yöntemi

Haritaların her biri farklı senaryoları temsil etmektedir; bu durum, taşkın tehlikesinin mekânsal ve zamansal değişkenliğini analiz etmek açısından önemli bilgiler sağlamaktadır. Yerleşim alanlarının çevresindeki kırmızı bölgelerin varlığı, planlama süreçlerinde özellikle bu alanların taşkın riski azaltma stratejilerine dahil edilmesi gerektiğini vurgular. Ayrıca, mavi ve sarı alanların genişliği, hafif yapıların konumlandırılması ve altyapı planlaması açısından stratejik öneme sahiptir.

Ulus yerleşmesi, coğrafi ve morfolojik yapısı nedeniyle taşkınlara duyarlı bir yerleşim alanıdır. Yöntemin sağladığı taşkın tehlike sınıflandırması, bölgedeki yapıların taşkına karşı dayanıklılık durumunu anlamak ve risk yönetimi stratejileri geliştirmek için yararlı olabilir. Ancak, haritalardan elde edilen sonuçlar, düşük tehlike alanlarının geniş bir yayılım gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, yöntemin bölgedeki yerel taşkın dinamiklerini ve yapıların özelliklerini tam anlamıyla yansıtamayabileceğini düşündürmektedir. Yapılan analizler neticesinde Q_{50} akımında toplam 0.35 km^2 allan etkilenirken, bu değer Q_{1000} akımında 0.83

km²'ye çıkmaktadır. Q₅₀ akımında en çok etkilenen mahalleler arasında Mezgeller mahallesi ve Kasımlar mahallesi öne çıkmakta, özellikle bu mahallelerde 4 metreden fazla tehlike sınıfındaki alanların yoğunluğu dikkat çekmektedir (Şekil 15). Q₁₀₀ akımı ile birlikte Saz ve Samat mahallelerinin de düşük ve orta tehlike sınıflarında (0-2 m ve 2-4 m) taşkından etkilendiği gözlemlenmiştir. Q₅₀₀ ve Q₁₀₀₀ senaryolarında ise tehlike sınıfı genişleyerek Kaldırım Mahallesi'nin büyük kısmını, Kasımlar mahallesini ve Mezgeller mahallesinin tamamını kapsamaktadır. Alan bazında en fazla artış 0-2 m tehlike sınıfında yaşanmış olup, Q₅₀'de 0.12 km² olan bu değer Q₁₀₀₀'de 0.42 km²'ye ulaşmıştır (Tablo 14).



Şekil 15. Avustralya 2 yöntemine göre taşkın tehlike sınıfları

Tablo 14. Avustralya 2 tehlike sınıflandırmasına göre etkilenen alanlar

AKIMLAR	Q50	Q100	Q500	Q1000
ALAN (KM ²)	0.12	0.15	0.39	0.42
	0.05	0.04	0.04	0.10
	0.18	0.21	0.28	0.31
	Toplam: 0.35	Toplam: 0.40	Toplam: 0.71	Toplam: 0.83

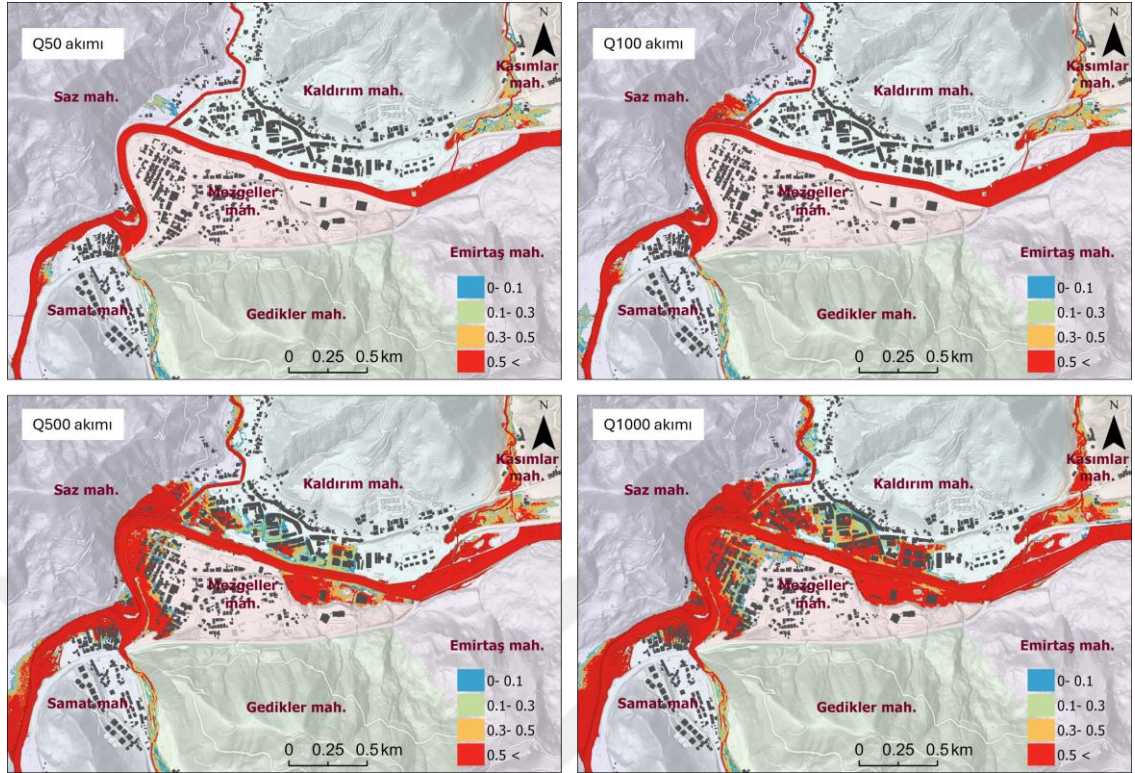
3.1.5. Almanya Yöntemi

Almanya yöntemine göre gerçekleştirilen taşkın tehlike sınıflandırması, Ulus yerleşim alanında 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın senaryoları temel alınarak dört farklı tehlike düzeyinde değerlendirme sunmaktadır (Şekil 16). Tablo 15'e göre, özellikle Q₅₀₀ ve Q₁₀₀₀ senaryolarında, yüksek tehlike sınıfındaki yüzey alanı belirgin şekilde artmakta, sırasıyla 0.51 ve 0.63 km²'ye ulaşmaktadır. Haritalar incelendiğinde bu genişleme; Mezgeller, Kaldırım, Kasımlar, Saz ve Emirtaş mahallelerinde taşkın tehlikesinin yoğunlaştığı, Q1000 senaryosunda ise bu mahallelerin çok yüksek tehlike sınıfına girdiğini göstermektedir.

Yöntemin uygulanabilirliği açısından bakıldığında, Almanya yönteminin taşkın derinliği temelli sınıflandırma sunması nedeniyle genel bir tehlike haritalaması için işlevsel olduğu görülmektedir. Ancak bu yöntem, yerel yapı stokunun özelliklerini (örneğin bina dayanımı, kat sayısı veya zemin özellikleri) doğrudan dikkate alınmadığı gibi, taşkın akış hızı, süresi ve sediment yükü gibi kritik parametreleri de dışarda bırakmaktadır. Bu nedenle, Ulus gibi topografyası karmaşık ve yapılaşması çeşitlilik gösteren bölgelerde yöntemin doğrudan uygulanması, fiziksel zarar görülebilirlik analizleri için sınırlı bir bakış açısı sunulabilir.

Tablo 15. Almanya tehlike sınıflarına göre etkilenen alanlar

AKIMLAR	Q50	Q100	Q500	Q1000
ALAN (KM ²)	 0.02	 0.03	 0.04	 0.04
	 0.04	 0.04	 0.08	 0.07
	 0.02	 0.03	 0.08	 0.08
	 0.26	 0.30	 0.51	 0.63
	Toplam: 0.34	Toplam: 0.40	Toplam: 0.71	Toplam: 0.82



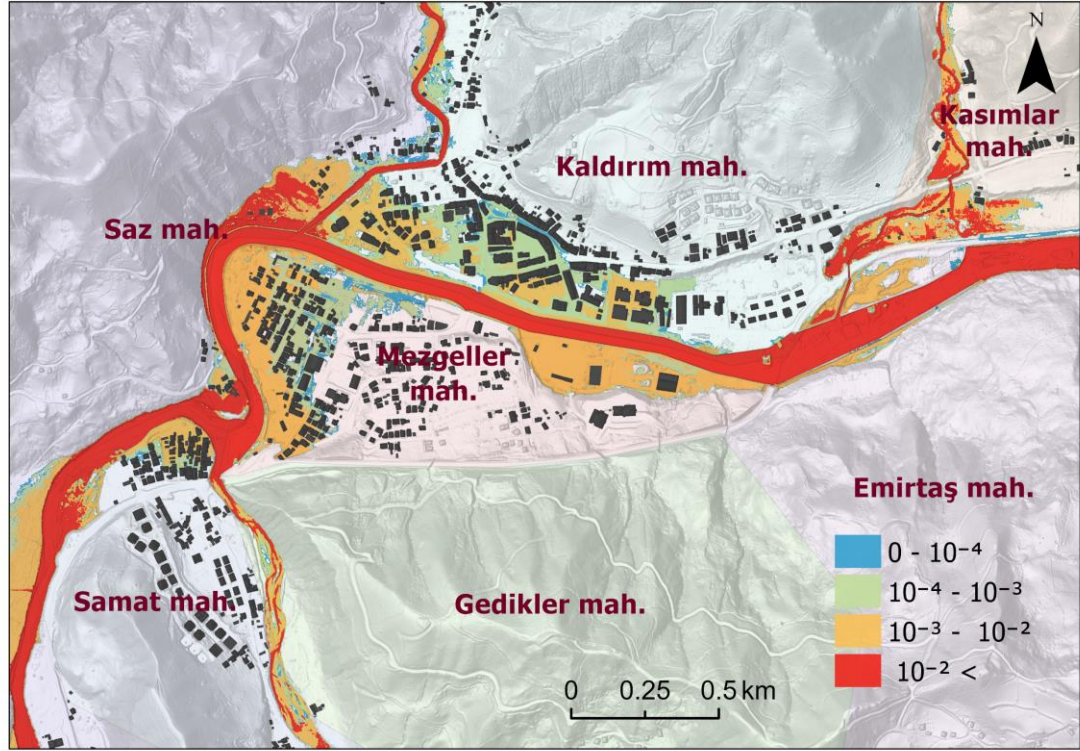
Şekil 16. 50, 100, 500 ve 1000 yıllık akımların Almanya yöntemine göre tehlike sınıfları

3.1.6. Hollanda Yöntemi

Hollanda Yöntemi, taşkın tehlikesi değerlendirmesi için sağlam bir nicel çerçeve sunmakta olup, taşkın olasılığı (P) ile potansiyel zarar (VD) değişkenlerinin entegrasyonu yoluyla Fiziksel Hasar Tehlikesi (FDH) hesaplanmaktadır. İncelenen alanda, Q₅₀, Q₁₀₀, Q₅₀₀ ve Q₁₀₀₀ senaryolarının birleşimiyle toplamda 0.83 km²'lik taşkın riski taşıyan bir alan belirlenmiştir. Bu alanın ayrıntılı olarak sınıflaması ve alanları Tablo 16'da verilmiştir.

Mahalle ölçeğinde yapılan mekânsal analizler, taşkın riskinin yerleşim dokusu üzerindeki dağılımını detaylı şekilde ortaya koymaktadır (Şekil 17). Mezgeller mahallesi, taşkın yatağına doğrudan bitişik konumlanması ve yüksek yapı stoğu nedeniyle en yüksek FDH değerlerine sahip alanlardan biridir. Saz mahallesi özellikle akarsuya yakın alanlarda yüksek tehlike zonlarına sahiptir. Kaldırım mahallesi, taşkın olasılığı orta düzeyde olup hem turuncu (10^{-3} - 10^{-2}) hem de kırmızı ($10^{-2} <$) sınıfındaki alanları barındırmaktadır. Kasımlar mahallesi,

sınırlı alanda yüksek yoğunluklu tehlike alanları taşımakta iken Emirtaş ve Gedikler mahalleleri taşkın tehlikesi açısından görece daha güvenlidir.



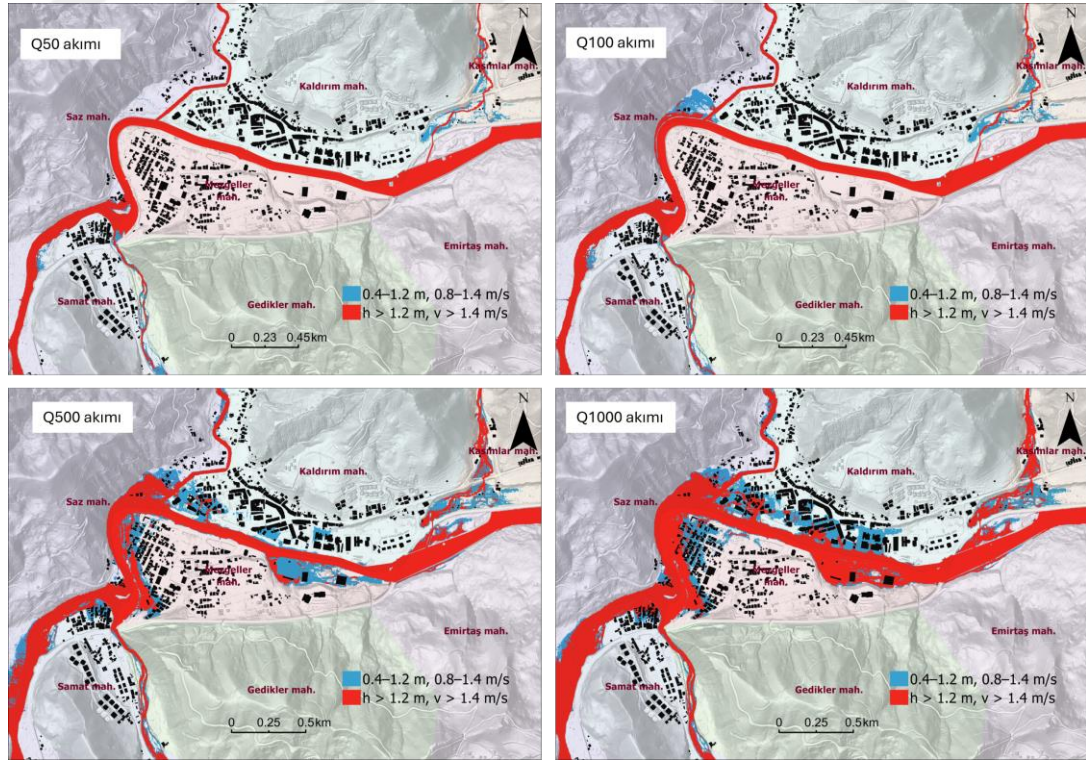
Şekil 17. Hollanda yöntemi kapsamında, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın senaryolarının bütünleşik değerlendirilmesiyle elde edilen taşkın tehlike sınıflarına ait alan dağılımı (km²)

Tablo 16. Hollanda sınıflandırılmasına göre etkilenen alanlar

AKIMLAR	Q50, Q100, Q500 ve Q1000
ALAN (KM ²)	0.04
	0.15
	0.31
	0.33
	Toplam: 0.83

3.1.7. Stephenson Yöntemi

Stephenson (2002) yöntemine göre Ulus için gerçekleştirilen değerlendirmede, farklı tekrar periyotlarına (Q_{50} , Q_{100} , Q_{500} ve Q_{1000}) ait tehlike düzeyleri, su derinliği ve akım hızı verilerine dayalı oluşturulan Hazard Index (HI) üzerinden analiz edilmiştir. HI sınıflandırmasına göre düşük (1), orta (2) ve yüksek (3) tehlike bölgeleri belirlenmiş; 50 ve 100 yıllık senaryolarda sırasıyla Risk Index (RI) değerleri 2 ve 1 olarak kabul edilerek HRI ($HI \times RI$) hesaplanmış, böylece risk düzeyi mekânsal olarak haritalanmıştır (Şekil 18). Buna karşın, 500 ve 1000 yıllık senaryolarda $RI=0$ olduğu için HRI değeri sıfırlanmış ve yalnızca fiziksel tehlike düzeyleri dikkate alınmıştır. Haritalar ve Tablo 17 incelendiğinde, taşkın periyodu arttıkça hem yüksek tehlike alanlarının hem de toplam etkilenme yüzeyinin genişlediği; örneğin Q_{50} 'de 0.30 km^2 olan toplam etkilenen alanın, Q_{1000} 'de 0.73 km^2 'ye ulaştığı görülmektedir. Özellikle Kaldırım, Mezgeller ve Kaldırım mahallelerinde, Q_{50} ve Q_{100} senaryolarında bile yüksek tehlike ($h > 1.2 \text{ m}$, $v > 1.4 \text{ m/s}$) bölgelerinin yerleşim alanlarını etkilediği belirlenmiştir.



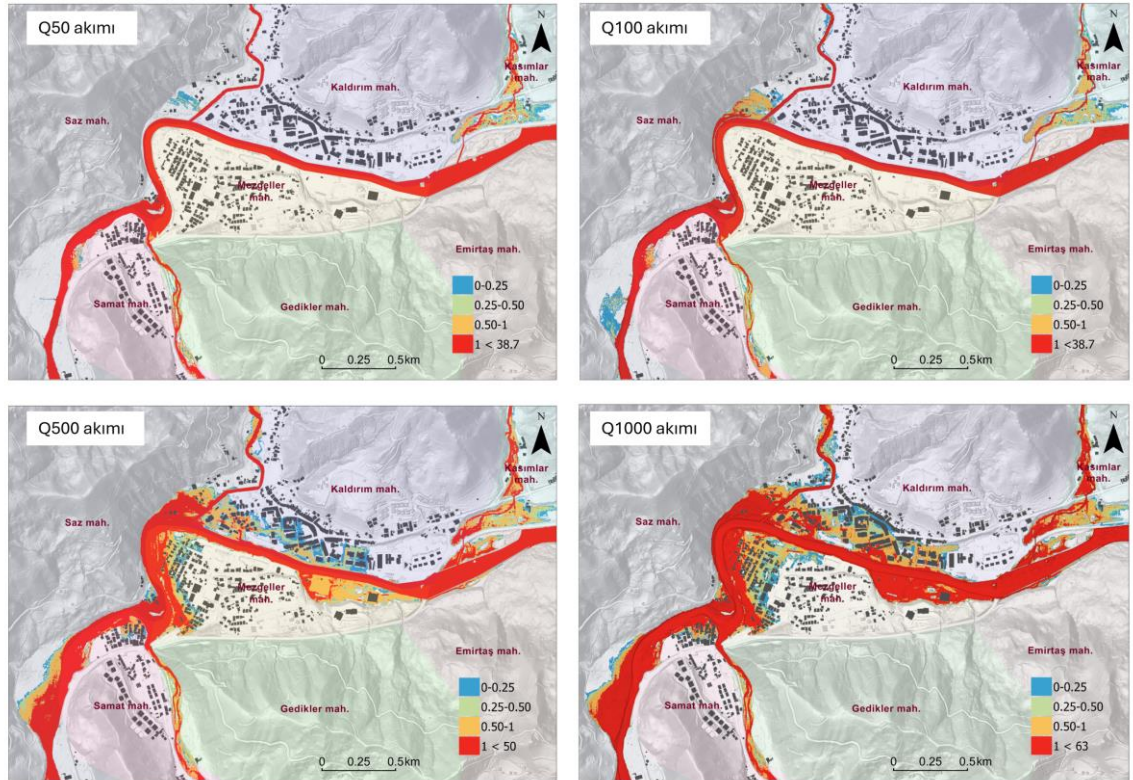
Şekil 18. Stephenson yöntemine göre farklı taşkın akımlarına ait tehlike sınıfları

Tablo 17. Stephenson sınıflandırmasına göre etkilenen alanlar

AKIMLAR	Q50	Q100	Q500	Q1000
ALAN (KM ²)	0.03	0.05	0.17	0.16
	0.27	0.30	0.44	0.57
	Toplam: 0.30	Toplam: 0.35	Toplam: 0.61	Toplam: 0.73

3.1.8. Aleotti vd. Yöntemi

Aleotti ve diğerleri (2004) tarafından geliştirilen tehlike sınıflandırmasına dayalı olarak sınıflandırılan bu haritalar 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın tekrarlamaya periyotlarının tehlike düzeylerini mekansal bir bağlamda ortaya koymaktadır. Her bir harita, taşkınların büyüklüğüne ve tekrarlamaya periyoduna bağlı olarak, taşkın alanlarının genişliğinde ve tehlike seviyelerinde nasıl bir değişiklik olduğunu göstermektedir (Şekil 19).



Şekil 19. Aleotti vd.(2004) göre farklı taşkın akımlarına ait tehlike sınıfları

Bu yöntemle göre, Q₅₀ akımında tehlike alanı 0.34 km² iken, bu alan Q₁₀₀₀ akımında 0.82 km²'ye ulaşmaktadır. Bu artış, taşkın periyodu büyüdükçe özellikle

yerleşim alanlarının taşkın tehdidi altında kaldığını göstermektedir. Haritalar incelendiğinde, özellikle Mezgeller mahallesi her dört senaryoda da yoğun biçimde yüksek tehlike sınıfında ($1<$) yer almakta, yapılaşmanın dere yatağına yakın olması nedeniyle ciddi risk altındadır. Kaldırım mahallesinde ise orta ve yüksek tehlike alanlarının Q_{500} ve Q_{1000} periyotlarında belirgin şekilde arttığı görülmektedir. Saz mahallesinde taşkın tehlikesi Q_{500} sonrası yayılım göstermektedir. Samat mahallesinin dereye yakın kesimleri Q_{500} 'den itibaren riskli alana dahil olurken, Gedikler ve Emirtaş mahalleleri daha çok düşük ve orta tehlike sınıfında yer almakta, ancak Q_{1000} senaryosunda bu alanlarda da risk artmaktadır.

Hazırlanan haritalar, tekrarlama periyodunun artışıyla birlikte taşkın alanlarının genişlediğini ve tehlike seviyelerinin yükseldiğini açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Özellikle 500 ve 1000 yıllık tekrarlama periyotlarında, risk altında bulunan unsurların hem sayısında hem de çeşitliliğinde belirgin bir artış gözlemlenmiştir (Tablo 18). Aleotti ve diğerleri (2004) tarafından geliştirilen taşkın tehlike sınıflandırma yönteminin Bartın Ulus'un dere yataklarına yakın yerleşim alanları ve alçak seviyelerdeki coğrafi yapıları, taşkın derinliği (h) ve akış hızı (v) parametrelerine dayalı olarak belirlenen tehlike sınıflarına uygunluk gösterebilir.

Tablo 18. Aleotti ve diğerleri (2004) tehlike sınıflandırmasına göre etkilenen alanlar

AKIMLAR	Q50	Q100	Q500	Q1000
ALAN (KM ²)	 0.01	 0.03	 0.05	 0.05
	 0.01	 0.03	 0.07	 0.06
	 0.03	 0.05	 0.15	 0.14
	 0.29	 0.29	 0.44	 0.57
	Toplam: 0.36	Toplam: 0.40	Toplam: 0.71	Toplam: 0.82

3.1.9. Lazzarin Yöntemi

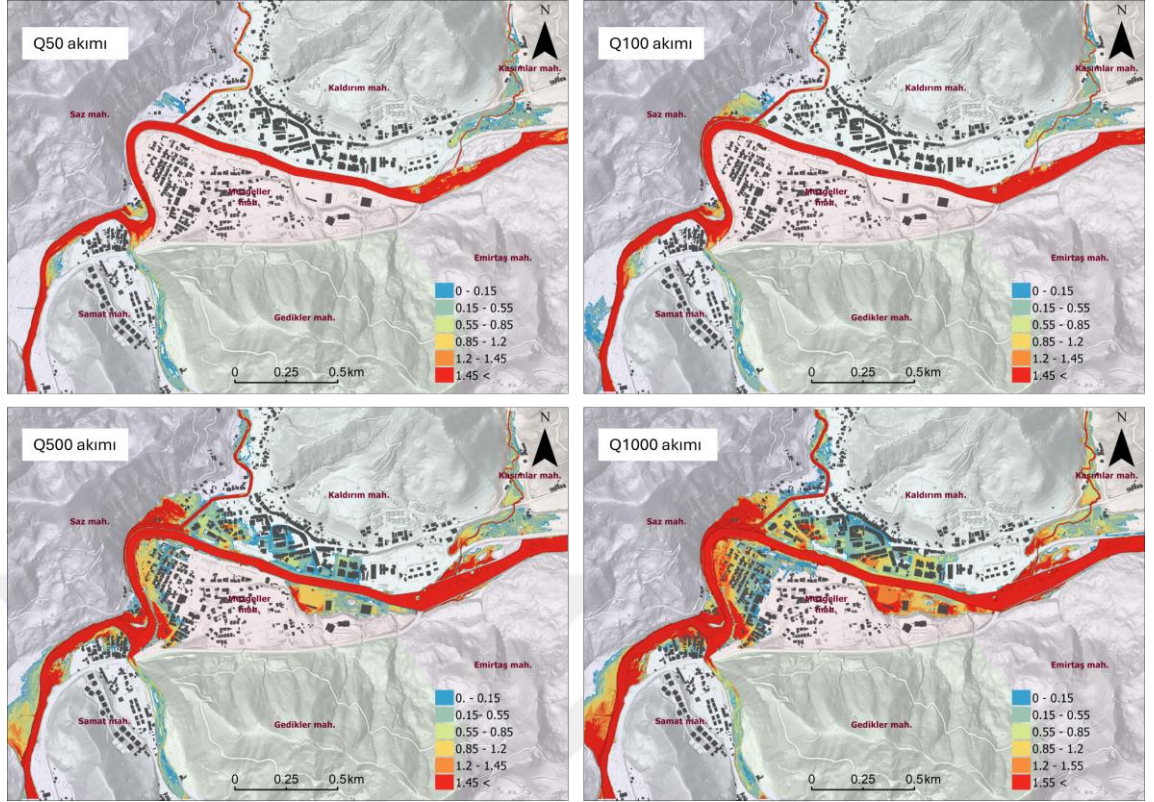
Ulus yerleşim alanı için Lazzarin ve arkadaşlarının (2022) taşkın tehlike sınıflandırma yöntemi, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın periyotları için

uygulanmıştır (Şekil 20). Farklı akım senaryolarına göre incelendiğinde, hem büyüklüğü hem de şiddeti artmaktadır. Toplam etkilenen alan Q_{50} senaryosunda 0.35 km^2 iken, Q_{1000} senaryosunda 0.84 km^2 'ye ulaşmaktadır. Özellikle $W > 1.45$ sınıfına giren alanlar, Q_{50} 'de 0.209 km^2 iken Q_{1000} 'de 0.381 km^2 'ye kadar genişlemektedir (Tablo 19). Bu doğrusal olmayan artış, aşırı taşkın olaylarının kentsel alanlar üzerindeki orantısız etkisini vurgulamaktadır. Lazzarin vd., (2022) tarafından da belirtildiği gibi, su derinliği, akış hızı ve froude sayısı gibi hidrodinamik göstergeleri içeren tehlike değerlendirmeleri, taşkınların fiziksel etkilerini nicel olarak değerlendirmek için sağlam bir bilimsel çerçeve sunmaktadır.

Mezgeller mahallesi, tüm senaryolarda en yüksek risk altında olan bölge olarak öne çıkmakta; Q_{500} ve Q_{1000} olaylarında neredeyse tamamen $W > 1.45$ sınıfına girmektedir. Benzer şekilde, Saz mahallesi dar vadi yapısı ne akarsuya yakınlığı nedeniyle özellikle yüksek akım senaryolarında büyük ölçüde etkilenmektedir. Kaldırım ve Kasımlar mahalleleri ise daha düşük periyotlu taşkınlarda orta düzey tehlike sergilerken, Q_{500} ve Q_{1000} senaryolarında yüksek tehlike sınıflarının ($W > 1.2$) önemli ölçüde genişlediği gözlenmektedir. Emirtaş ve Samat mahalleleri görece olarak daha az risk altındayken, Q_{1000} senaryosunda bu mahallelerde de tehlike artışı yaşanmaktadır. Bu mekânsal farklılıklar, topografya, yapı yoğunluğu ve akarsuya yakınlığın taşkın tehlikesi üzerindeki belirleyici rolünü yansıtmaktadır.

Tablo 19. tehlike sınıflandırmasına göre etkilenen alanlar

AKIMLAR	Q50	Q100	Q500	Q1000
ALA (KM ²)	 0.028	 0.051	 0.062	 0.056
	 0.059	 0.070	 0.162	 0.142
	 0.020	 0.026	 0.083	 0.095
	 0.023	 0.025	 0.069	 0.091
	 0.020	 0.018	 0.034	 0.079
	 0.209	 0.239	 0.313	 0.381
	Toplam: 0.35	Toplam: 0.40	Toplam: 0.72	Toplam: 0.84



Şekil 20. Lazzarin (2022) yöntemine göre farklı taşkın akımlarına ait tehlike boyutları

3.2. Yöntemlerin Karşılaştırılması

Yöntemlerin karşılaştırılması, Ulus yerleşim alanındaki taşkın risklerinin en iyi şekilde modellenmesine olanak tanıyacak yöntemlerin belirlenmesini ve hangi metodolojilerin daha güvenilir sonuçlar sağladığının ortaya konması hedeflenmiştir. Bu karşılaştırmalı analizlerin bulguları, bölgedeki taşkın risklerinin daha hassas bir şekilde tahmin edilmesini mümkün kılacak ve potansiyel taşkın olaylarına karşı etkin risk yönetimi stratejilerinin gelişmesine katkı sağlayacaktır. Sonuçlar, taşkın tehlikesinin değerlendirilmesinde kullanılan farklı yöntemlerin bölgesel özelliklere nasıl uyum sağladığını ve hangi metodolojik yaklaşımların daha sağlam ve geçerli tahminler sunduğunu göstermeyi amaçlamaktadır.

Çalışma kapsamında, taşkın tehlikesinin mekânsal dağılımını daha kapsamlı biçimde değerlendirebilmek amacıyla literatürde yaygın olarak kullanılan 9 farklı tehlike sınıflandırma yöntemi karşılaştırılmıştır. Bu yöntemler arasında DEFRA (Birleşik Krallık), ISPRA (İtalya), Avustralya-1 ve Avustralya-2, Almanya, Hollanda, Stephenson, Aleotti ve Lazzarin yer almaktadır. Her bir

yöntem, taşkın derinliği ve/veya akış hızı gibi parametreleri dikkate alarak farklı sınıflandırma kriterleri ve eşik değerler üzerinden tehlike düzeylerini belirlemektedir. Bu yöntemlerin sonuçları, çalışmanın örneklem alanına uygulanarak raster tabanlı haritalar oluşturulmuş ve karşılaştırmalı analizlerde kullanılmıştır. Mekânsal çıktılar, konumsal örtüşme, dağılım benzerlikleri ve yüksek tehlike zonlarının farklılıkları açısından harita temsilleri üzerinden nitel olarak değerlendirilmiştir. Böylece, yöntemler arasında ortaya çıkan sınıflandırma farkları yorumlanarak, çalışma alanının fiziki özelliklerine en uygun yöntemlerin belirlenmesine katkı sağlamıştır.

Tablo 20’de, Ulus ilçesinde farklı taşkın tehlike değerlendirme yöntemlerinin maruziyet alanlarını, renk kodlarıyla gösterilen tehlike sınıfları üzerinden karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır. Tehlike seviyeleri maviden kırmızıya sınıflandırılmaktadır. Ayrıca, her yöntem farklı tekrar periyotları için hesaplanan taşkın alanlarını bu tehlike sınıflarına göre ayırarak yöntemlerin risk düzeylerine karşı duyarlılığını değerlendirmeyi mümkün kılar. Yöntemler yalnızca taşkın alanlarının büyüklüğüyle değil, tehlike sınıfı çeşitliliği açısından da önemli farklılıklar göstermektedir. Örneğin, Stephenson ve Aleotti yöntemleri, yalnızca iki sınıf kullanarak oldukça sade ve genel bir değerlendirme sunmakta; bu durum, yerel düzeyde detaylı planlama yapmak için yetersiz kalabilir. Diğer yandan Lazzarin yöntemi, toplamda altı tehlike sınıfı ile en ayrıntılı sınıflandırmayı sunarak yüksek çözünürlüklü zarar görabilirlik analizleri için avantaj sağlamaktadır. DEFRA, ISPRA, Almanya ve Avustralya yöntemleri genellikle dört veya beş sınıf kullanarak hem yeterli ayrıntıyı hem de yorumlanabilirliği koruyan dengeli bir yapı sunmaktadır.

Bu bağlamda, yöntemlerin farklı tekrar periyotlarına göre çok yüksek tehlike sınıfında sunduğu taşkın alanı da anlamlı bir karşılaştırma ölçütü sunmaktadır. Örneğin, Almanya yöntemi 1000 yıllık taşkında 0.63 km² ile en yüksek maruziyet alanı sunarken, onu Stephenson 80.57 km²) ve Lazzarin (km²) yöntemleri takip etmektedir. Bu, söz konusu yöntemlerin risk azaltım planlamasında daha korumacı bir yaklaşım sunduğunu göstermektedir. Öte yandan, Avustralya-1 ve Aleotti gibi yöntemler, düşük ve orta düzeyli tehlikelere odaklanarak daha genel ve geniş ölçekli analizlere yöneliktir. Sonuç olarak her

yöntemin hem tehlike sınıflamaları hem de alan bazlı maruziyet çıktıları, yöntemin kullanım amacına göre değerlendirilmelidir.

Tablo 20. Yöntemlerin maruziyet açısından değerlendirme kriteri

	Tehlike Yöntemi	Tekrar Periyodu	Taşkın Alanı (km ²)	Tekrar Periyodu	Taşkın Alanı (km ²)
1	DEFRA yöntemi	50 yıllık	 0.12  0.05  0.05  0.12	500 yıllık	 0.38  0.05  0.03  0.24
		100 yıllık	 0.15  0.05  0.04  0.16	1000 yıllık	 0.41  0.12  0.03  0.27
2	ISPRA yöntemi	50 yıllık	 0.12  0.02  0.11  0.09	500 yıllık	 0.39  0.03  0.06  0.23
		100 yıllık	 0.15  0.02  0.09  0.14	1000 yıllık	 0.42  0.07  0.08  0.26
3	Avustralya-1 yöntemi	50 yıllık	 0.06  0.01  0.01  0.07  0.18	500 yıllık	 0.16  0.07  0.06  0.13  0.28
		100 yıllık	 0.08  0.03	1000 yıllık	 0.15  0.07

			 0.01  0.06  0.21		 0.07  0.22  0.31
4	Avustralya-2 yöntemi	50 yıllık	 0.12  0.05  0.18	500 yıllık	 0.39  0.04  0.28
		100 yıllık	 0.15  0.04  0.21	1000 yıllık	 0.42  0.10  0.31
5	Almanya yöntemi	50 yıllık	 0.02  0.04  0.02  0.26	500 yıllık	 0.04  0.08  0.08  0.51
		100 yıllık	 0.03  0.04  0.03  0.30	1000 yıllık	 0.04  0.07  0.08  0.63
6	Hollanda yöntemi	50 yıllık 100 yıllık 500 yıllık 1000 yıllık	 0.04  0.15  0.31  0.33		
7	Stephenson yöntemi	50 yıllık	 0.03  0.27	500 yıllık	 0.17  0.44
		100 yıllık	 0.05  0.30	1000 yıllık	 0.16  0.57
8	Aleotti yöntemi	50 yıllık	 0.01  0.01  0.03  0.29	500 yıllık	 0.05  0.07  0.15  0.44
		100 yıllık	 0.03	1000 yıllık	 0.05

			0.03 0.05 0.29		0.06 0.14 0.57
9	Lazzarin yöntemi	50 yıllık	0.028 0.059 0.020 0.023 0.020 0.209	500 yıllık	0.062 0.162 0.083 0.069 0.034 0.313
		100 yıllık	0.051 0.070 0.026 0.025 0.018 0.239	1000 yıllık	0.056 0.142 0.095 0.091 0.079 0.381

Taşın tehlikesi değerlendirme yöntemleri, sınıflandırma şemaları ve dayandıkları hidrolojik parametreler açısından önemli ölçüde farklılık göstermektedir (Tablo 21). DEFRA ve Stephenson yöntemleri, hız-derinlik bileşenine (vh) dayalı beş tehlike sınıfı kullanarak ayrıntılı risk sınıflandırması sunarken Avustralya 2 sınıflandırmayı üç sınıfa indirgeyerek kullanım kolaylığı için hassasiyetten potansiyel olarak ödün vermektedir. Almanya ve yöntemi yalnızca su derinliğine (h) odaklanarak hız kaynaklı etkileri hesaba katma kapasitelerini sunulurken, Aleotti vd. (2004) ve Avustralya 1 hem hızı hem de derinliği bir araya getirerek daha kapsamlı ancak karmaşık bir yaklaşım sunmaktadır. Özellikle Lazzarin vd. (2022) ve Hollanda yöntemleri gibi güncel yaklaşımların, daha rafine eşik değerleri sunarak detaylı tehlike derecelendirmesi sağladığı dikkat çekmektedir. Hollanda yönteminin, özellikle olasılığa dayalı (örneğin 10^{-4} gibi) yaklaşımlar içermesi, risk değerlendirmesini daha istatistiksel bir temele oturtuğunu göstermektedir. Buna karşın, Stephenson yöntemi gibi bazı

yaklaşımlar, hem su derinliği hem de hız için eş zamanlı eşik koşulları belirleyerek fiziksel etkileşimi daha bütüncül bir şekilde değerlendirmektedir. Bu çeşitlilik, yöntem seçiminde kullanılacak bölgesel koşulların, verinin çözünürlüğünün ve değerlendirme amacının belirleyici rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Tablo 21. Yöntemlerin tehlike sınıfları açısından değerlendirilip karşılaştırılması

Yöntem	Tehlike Sınıf Sayısı	Tehlike Aralıkları
DEFRA Yöntemi	5	<2.5
		2.5-5
		5-7
		>7
ISPRA Yöntemi	4	0-2
		2-3
		3-7
		7<
Aleotti vd. (2004) Yöntemi	4	0.25
		0.50
		1
		$1 \leq v_h$
Avustralya 1 Yöntemi	5	$v_h \leq 0.3$
		$v_h \leq 0.6$
		$v_h \leq 1$
		$v_h \leq 4$
		$v_h > 4.0$
Avustralya 2 Yöntemi	3	$v_h \geq 2$
		$v_h \geq 4$
		$v_h < 4$
Almanya Yöntemi	4	$h < 0,1 \text{ m}$
		$0.1\text{m} < h < 0.3 \text{ m}$
		$0.3 \text{ m} < h < 0.5 \text{ m}$

		$h > 0.5 \text{ m}$
Lazzarin vd.(2022) Yöntemi	5	0.15
		0.55
		0.85
		1.20
		$1.45 <$
Stephenson Yöntemi	3	$h < 0.4\text{m}, v < 0.8 \text{ m/s}$
		$0.4\text{-}1.2 \text{ m}, 0.8\text{-}1.4 \text{ m/s}$
		$h > 1.2 \text{ m}, v > 1.4 \text{ m/s}$
Hollanda Yöntemi	4	$0\text{-} 10^{-4}$
		$10^{-4}\text{-} 10^{-3}$
		$10^{-3}\text{-} 10^{-2}$
		$10^{-2}<$

Bu çalışmada, Ulus ilçesi merkezi yerleşimdeki altyapı elemanlarının taşkın riskleri, farklı taşkın tehlikesi analiz yöntemleriyle değerlendirilmiştir.

Binaların taşkın tehlikesine maruz kalma durumunu değerlendirmek amacıyla, DEFRA (2005) tarafından geliştirilen yöntem tercih edilmiştir. Bu yöntemin seçilmesinde temel etken, yalnızca hidrolik parametrelere değil, aynı zamanda yapıların kırılma ve dayanım özelliklerine de dayalı olmasıdır.

Köprüler için ise, literatürde köprüye özgü tehlike sınıflandırmalarının sınırlı olması nedeniyle DEFRA yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntemin taşkın tehlikesine ilişkin eşik değerleri göreceli olarak yüksek belirlemesi, taşıyıcı sistem bakımından daha dayanıklı olan köprü yapılarının maruz kalabileceği risk seviyelerini daha gerçekçi biçimde yansıtmakta ve bu nedenle uygulanabilir bir seçenek olarak değerlendirilmektedir.

Yol altyapısının taşkın tehlikesine karşı duyarlılığını değerlendirmek amacıyla Smith vd. (2014) tarafından geliştirilen taşkın tehlikesi Avustralya-1 sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır. Söz konusu yöntem, su derinliği (h) ve akış hız (v) gibi temel hidrolik parametrelere dayalı olarak hem ayrı ayrı hem de birleşik biçimde (vh) değerlendirilen beş farklı tehlike seviyesi (H1-H5) tanımlanmakta; bu yönüyle

yolların geçilebilirliğini, araç güvenliğini ve altyapı üzerindeki taşkın etkilerini analiz etmek açısından kapsamlı ve sahaya uyarlanabilir bir çerçeve sunmaktadır. Alternatif yöntemler arasında değerlendirilen Lazzarin vd. (2022) tarafından önerilen W parametresi hidrodinamik kuvvetleri daha karışık denklemlerle ifade etmekte ve referans su derinliği ile enerji katsayısı gibi kalibrasyon gerektiren değişkenlere dayandığı için yerel uygulamalarda veri ihtiyacını artırmaktadır. DEFRA (2006b) yöntemi her ne kadar su derinliği (h), akış hızı (v) ve moloz taşıma potansiyeli (DF) gibi kapsamlı parametrelere dayansa da, sınıflandırma sistemi daha çok bina tipi ve hasar potansiyeli üzerinden şekillenmekte olup yol altyapısının dinamik tepkilerini analiz etmek için doğrudan uygun değildir. Almanya (yöntemi yalnızca su derinliği parametresiyle sınıflandırma yaptığı için yollar gibi hidrodinamik etkilerin kritik olduğu yapılar için sınırlı bilgi sunmaktadır. Hollanda ve Stephenson (2002) yöntemleri ise tehlike düzeylerini olasılık temelli olarak belirlemekte ve mikro ölçekli yol altyapısı analizleri için doğrudan uygulanabilir sınıflandırmalar içermemektedir. Bu bağlamda, Avustralya-1 yöntemi hem mevcut hız ve derinlik verileriyle uyumlu olması hem de taşkın parametrelerini yolların fiziksel özellikleriyle ilişkilendirebilmesi açısından bu çalışmada tercih edilmiştir.

Trafo üniteleri için yapılan tehlike sınıflandırması, su derinliği (h) ve akış hızı (v) çarpımına dayalı olarak hesaplanan hidrolik risk indeksi (HR, m^2/s) kullanılarak yapılmıştır. Bu yöntemde belirlenen eşik değerlerin, uluslararası literatürde kabul görmüş taşkın tehlikesi değerlendirme kriterleriyle uyumlu olmasına özen gösterilmiştir. Özellikle İsviçre PLANAT sistemi tarafından geliştirilen doğal tehlike değerlendirme yaklaşımı, HR değerine dayalı sınıflandırmaları esas almakta ve düşük tehlike için $HR < 0.5 m^2/s$, yüksek tehlike için ise $HR > 2.0 m^2/s$ eşikleri tanımlanmaktadır (Bründl vd.,2009) Benzer biçimde, Avrupa Birliği RiskMap projesi, taşkın derinliğine dayalı olarak 0.5m, 1.0m ve 2.0m eşiklerine göre dört sınıf tanımlanmış, bu aralıkların özellikle yapısal hasardak geçiş noktalarını yansıttığını belirtmiştir (GFDRR, 2021). Ramsbottom vd. (2006) tarafından geliştirilen dört kademeli hidrolik tehlike sınıflandırması da HR temelli risk analizlerinin uygulanabilirliğini ortaya koymakta; Maranzoni vd. (2022) ise çeşitli çalışmaları inceledikleri literatür taramasında bu

yöntemin farklı yapı tiplerine uygulanabilirliğini vurgulamaktadır. Her ne kadar söz konusu eşikler çoğunlukla binalar için tanımlanmış olsa da, trafo üniteleri de taşkın sırasında akış kuvvetine doğrudan maruz kalan sabit altyapı birimleri olduğundan, bu tür eşiklerin bu yapılar için de geçerli olduğu kabul edilmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada kullanılan HR eşikleri; $\leq 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$ (düşük tehlike), $0.5-1.0 \text{ m}^2/\text{s}$ (orta risk), $1.0-2.0 \text{ m}^2/\text{s}$ (yüksek risk) ve $\geq 2.0 \text{ m}^2/\text{s}$ (çok yüksek risk) olacak şekilde dört sınıfa ayrılmıştır. Söz konusu sınıflandırma, hem literatürdeki uluslararası uygulamalarla uyum sağlamakta hem de trafo ünitelerinin yerel koşullara bağlı taşkın riskini sayısal olarak ifade etmeye olanak tanımaktadır. Böylece geliştirilen sistem, yalnızca ampirik gözlemlere değil, bilimsel olarak desteklenmiş, geçerliliği kanıtlanmış kriterlere dayanmaktadır.

3.3. Fiziksel Zarar Görebilirlik Analizi

3.3.1. Binaya Ait Zarar Görebilirliklerin Belirlenmesi

Binalar için Taşkın Zarar Görebilirlik İndeksi (BTZGİ), yapıların taşkın tehlikesine maruz kalma düzeyini ve bu tehlike karşısında zarar görme potansiyelini belirlemeye yönelik bütüncül bir değerlendirme modelidir (Şekil 21). Maruziyet bileşeni, yapının taşkın tehdidine ne derece açık olduğunu ortaya koyar. Hassasiyet bileşeni ise yapının fiziksel dayanıklılığını belirleyen parametreleri kapsar. Bu bileşenler birlikte ele alındığında, bir yapının taşkın karşısındaki kırılganlık düzeyi nicel olarak değerlendirilebilir. Binalar, taşkınlardan en fazla etkilenen yapısal unsurlar arasında yer almaktadır. Binalar hem insan yaşamını doğrudan tehdit eden can kayıplarına neden olabilmekte hem de ekonomik kayıpların büyüklüğü açısından kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, çalışma kapsamında binaların zarar görebilirliğin ayrıntılı olarak değerlendirilmesi, bölgesel risk haritalarının oluşturulması ve taşkın yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi açısından merkezi bir rol oynamaktadır. BTZGİ, öncelikli müdahale alanlarının belirlenmesine ve risk azaltıcı yapısal ve yapısal olmayan stratejilerinin geliştirilmesine olanak tanıyan önemli bir analiz aracıdır.



Şekil 21. Taşkın Fiziksel Zarar Görebilirlik İndeksi (BİNA) Bileşenleri

Binalara ait zarar görebilirlik analizleri Şekil 20’de verilen hassasiyet bileşenleri kendi içerisinde gruplandırılarak aşağıda her birine ait sonuçları açıklanmıştır.

Binaların kat sayısı, taşkın zarar görebilirliği üzerinde belirleyici bir faktör olup, hem can güvenliği hem de yapısal hasar açısından önemli etkiler yaratmaktadır (Şekil 22a). Kat sayısının artması, taşkın sırasında üst katlara çıkış imkânı sağlayarak can kaybı riskini azaltırken, zemin ve bodrum katların taşkın sularına maruz kalma olasılığını artırmaktadır. Düşük katlı yapılar, tamamen su altında kalma riski taşırken, yüksek katlı binalarda taşkın kaynaklı zararlar daha çok alt katlarda yoğunlaşmaktadır (Fotoğraf 3). Tek katlı yapılar (zemin+0), taşkın sularına doğrudan maruz kaldıklarından, en yüksek zarar görebilirlik seviyesine sahiptir. Su baskını, iç mekân kaplamaları, elektrik tesisatları ve taşıyıcı elemanlar üzerinde ciddi hasara neden olurken, uzun süreli su teması temel sistemlerinde bozulmalara yol açmaktadır. İki katlı yapılar (zemin+1), üst katın korunmasına imkân tanısa da zemin katın tamamen su altında kalması yapı malzemelerinde bozulmalara ve temel sistemlerinde deformasyonlara neden olmaktadır. Üç katlı yapılar (zemin+2), taşkın sırasında üst katlara sığınma olanağı sunduğundan nispeten daha düşük zarar görebilirliğe sahiptir; ancak zemin ve birinci katlar suyun etkisine açık olup, su basıncı ve nem kaynaklı uzun vadeli yapısal hasar riskleri taşımaktadır. Sonuç olarak, taşkın zarar görebilirliği bina kat sayısı ile ters

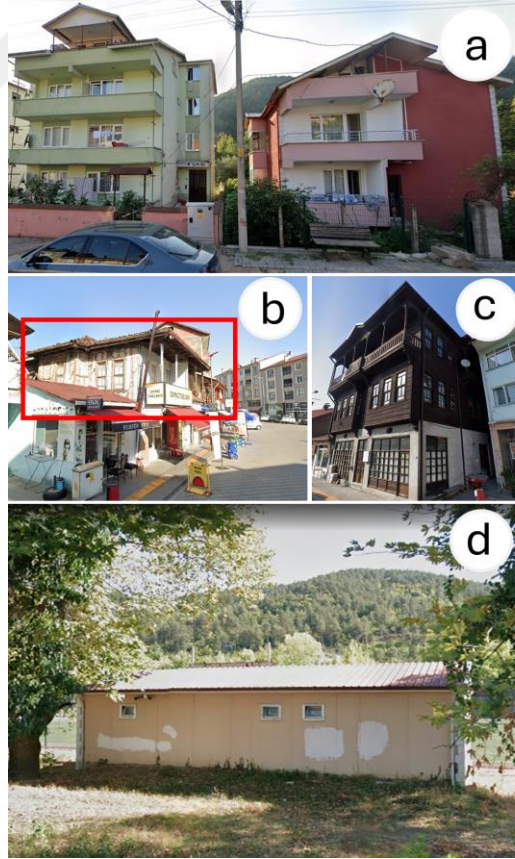
orantılı olup, kat sayısının artması ile yapısal hasar riski azalmaktadır. Çalışma alanında genellikle zemin ve 1 katlı binaların sayısı diğer yapılarak göre daha fazladır (Çalışılan binaların %56.9). Ana akarsu kollarına yakın alanlarda bu binaların dağılışı gösterdiğini net bir şekilde görülmektedir (Şekil 22a)



Fotoğraf 3. Bina kat sayılarına örnek yapı

İnşaat türü malzemesine göre belirlenen zarar görebilirlik özellikleri taşkınların etkisinin ortaya çıkarmada belirleyici bir etkiye sahiptir. Yapının inşa edildiği malzeme türü, taşkın sularına karşı dayanıklılığını doğrudan etkilemektedir. Şekil 21b'deki analiz sonuçları incelendiğinde, çalışma alanındaki yapıların taşkınlara karşı farklı seviyelerde zarar görebilirlik gösterdiği açıkça görülmektedir. Saha çalışması kapsamında elde edilen bu bilgilere bağlı olarak incelenen 543 binanın 433'ü beton ve çelik, 57 tanesi kâgir-yığma yapı, 23 tanesi ahşap yapı ve 30 tanesi diğer yapıdır. Bu farklılıkların temelinde yapıların inşasında kullanılan malzeme türleri, yapısal sistem özellikleri ve taşkın maruziyeti karşısındaki dayanım düzeyleri yatmaktadır. Güçlendirilmiş beton ve çelikten inşa edilmiş yapılar (Fotoğraf 4a), yüksek basınç ve çekme dayanımına sahip olmaları nedeniyle taşkınlara karşı en düşük zarar görebilirlik seviyesine sahiptir. Bu tür yapılar, suyun yarattığı hidrostatik ve hidrodinamik basınçlara karşı direnç gösterebilmekte, yapısal bütünlüklerini uzun süre koruyarak çökme, malzeme kaybı ya da deformasyon gibi riskleri en aza indirmektedir. Kâgir ve yığma yapılar (Fotoğraf 4b) daha yüksek bir zarar görebilirlik düzeyine sahiptir. Bu yapılar, tuğla, taş ve harç gibi suya karşı geçirgen malzemelerden oluşmakta,

taşkın sularının uzun süreli etkisi altında malzeme dayanımını kaybederek duvar çatlakları, yüzey bozulmaları ve yerel çökmelerle karşı karşıya kalmaktadır. Rijit sistem yapıları (bir malzemenin veya yapı elemanının şekil değiştirmeye karşı gösterdiği direnç) olması nedeniyle esnekliklerinin düşük olması da hasar riskini artırmaktadır. Ahşap yapılar ise (Fotoğraf 4c), fiziksel zarar görebilirlik açısından en yüksek riski taşıyan yapı grubunu oluşturmaktadır. Ahşap malzemenin lifli yapısı nedeniyle su emilimi oldukça yüksektir; bu da çürüme, şişme ve mekanik özelliklerin hızla bozulmasına yol açmakta, taşıma kapasitesinin kısa sürede kaybına neden olmaktadır. Ayrıca bu tür yapılar genellikle hafif olduklarından, taşkın akıntısıyla birlikte yer değiştirme ve tamamen sürüklenme riski taşımaktadır. Diğer yapı kategorisine giren binalar da (Fotoğraf 4d) benzer şekilde yüksek kırılabilirlik sergilemekte olup, çoğunlukla geçici, düşük kaliteli ve taşkınlara karşı korunaksız malzemelerden inşa edilmiş olmaları yıkılma ya da ağır yapısal hasar görme olasılıkları oldukça fazladır.



Fotoğraf 4. İnşaat türü malzemesine göre örnek yapılar a) güçlendirilmiş beton- çelik malzeme b) kâgir- yığma yapı c) ahşap yapı d) diğer yapı (konteyner)

Gözlem yoluyla belirlenen bina yaşına göre atanan değerler, taşkın zarar görebilirlik seviyeleri üzerinde etkisinin değerlendirildiği diğer bir parametredir. Yapıların inşa edildiği döneme bağlı olarak taşıyıcı sistem özellikleri, yapı malzemeleri ve mühendislik standartları farklılık gösterebilmekte; bu da taşkınlara karşı gösterilen dayanıklılığı doğrudan etkileyebilmektedir. Özellikle eski yapıların, taşkın etkilerine karşı daha kırılgan bir yapı sergilediği gözlenmektedir. Bu nedenle bina yaşı, yapım yılına ait inşaat standartlarını genellikle yansıtmaması nedeniyle fiziksel zarar görebilirlik analizlerinde dikkate alınması gereken kritik bir parametre niteliğindedir. Şekil 22c'de, bölgedeki binalar yaşlarına göre yeni, orta ve eski olmak üzere üç sınıfa ayrılmış; bu sınıflar haritada sırasıyla mavi, sarı ve kırmızı renklerle gösterilmiştir. Yeni binalar (mavi) (Fotoğraf 5a), modern inşaat teknikleriyle inşa edilmiş, yüksek dayanıklılık gösteren, gelişmiş su yalıtım sistemlerine ve sağlam drenaj altyapısına sahip yapılardır. Bu yapılarda cephe kaplamalarında gözle görülür bir aşınma bulunmamakta, taşıyıcı sistem elemanlarında ise herhangi bir çatlak ve deformasyon gözlenmemektedir. Bu nedenle taşkın sırasında suyun yapıya giriş seviyesi düşük olmaktadır. Ancak, uzun süreli su maruziyeti durumunda, kapiler etkiyle nemin yapı içerisinde yükselmesi ve iç duvarlarda nem birikmesi gibi dolaylı etkilerle bazı iç hasarlar oluşabilmektedir. Bununla birlikte, her yeni bina mutlak anlamda yüksek dayanıklılığa sahip değildir; zira yapıların taşkına karşı direnç düzeyi, yalnızca inşa tarihine değil, aynı zamanda kullanılan yapı malzemelerinin kalitesine ve uygulama sürecindeki mühendislik standartlarına da bağlıdır. Binaların sahadaki sayısı 91 olup toplam incelenen binanın %16.8'ini oluşturmaktadır. Orta yaşlı binalar (sarı) (Fotoğraf 5b) ise genellikle 20 ila 59 yıl arasında bir yaşa sahip olup, dış cephe kaplamalarında yüzey bozulmaları, boya dökülmeleri ve çatlaklar dikkat çekmektedir. Bu yapılarda su yalıtımı kısmen yetersiz kalmakta, özellikle taşıyıcı sistemlerde küçük ve orta ölçekli çatlaklar görülmektedir. Taşkın sırasında zemin katların doğrudan etkilenmesi, suyun zamanla üst katlara sızmasına yol açarak yapı içerisinde nem, paslanma, küf oluşumu gibi sorunlara neden olabilmektedir. Bu binalar sahada 370 tane olarak belirlenmiş olup %68.14 kısmını oluşturmaktadır. Eski binalar (kırmızı) (Fotoğraf 5c) ise 50 yıl ve üzeri bir yaşa sahip olup, taşıyıcı sistemlerinde ciddi çatlaklar, malzeme yorgunluğu, dış

cephede sıva kayıpları ve yapısal deformasyonlar ile karakterize edilmektedir. Bu tür binalarda ahşap döşemeler, eski çatı kaplamaları ve zayıflamış yapı malzemeleri, taşkın yapının genel dayanıklılığı üzerindeki olumsuz etkisini daha da artırmaktadır. Sahadaki eski bina sayısı ise 78 tane olup bu da %14.4'lük bir kısmı oluşturmaktadır. Tüm bu sınıflandırma, bina yaşına dair resmi verilerin eksikliği nedeniyle doğrudan gözlemlere dayanmaktadır. Saha çalışmaları sırasında yapıların dış görünüşleri, kullanılan inşaat malzemeleri, cephe kaplamalarının durumu, çatlak oluşumları, paslanma belirtileri ve taşıyıcı sistemlerdeki deformasyonlar dikkate alınarak, binaların yaşlarına ilişkin nitel bir değerlendirme yapılmış ve bu değerlendirme zarar görbilirlik analizinde temel bir yöntem olarak kullanılmıştır.

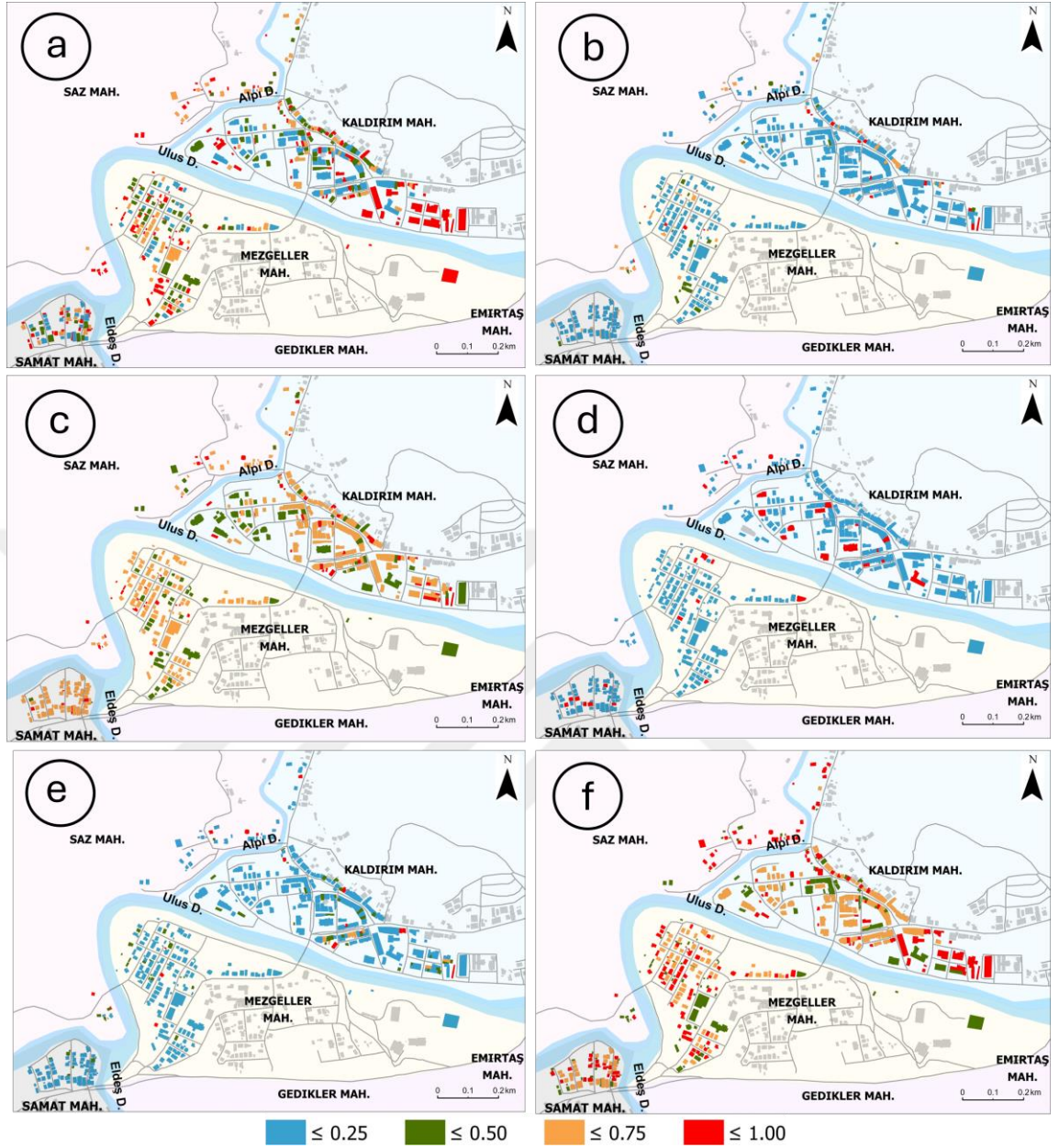


Fotoğraf 5. Bina yaşına göre örnek yapılar a) yeni binalar b) orta yaşlı binalar c) eski bina

Binalarda bodrum katının varlığı, taşkın zarar görebilirlik seviyeleri üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir (Şekil 22d). Bodrum katları, taşkın anında suyun binaya girmesiyle ilk yöneleceği ve suyun birikme eğilimi göstereceği alanlar olup, yapının maruz kaldığı hidrodinamik ve hidrostatik kuvvetleri artırarak yapısal hasar riskini yükseltmektedir. Ayrıca, bodrum katları suyun içeri sızmasını kolaylaştıran malzeme bozulması, küf oluşumu ve iç mekân kayıplarını artıran unsurlar arasında yer almaktadır. Bu bağlamda, bodrum katın varlığı, taşkın kaynaklı zararların boyutunu ve niteliğini etkileyen kritik bir parametre olup, taşkın zarar görebilirlik analizlerinde dikkate alınması gereken önemli bir faktördür (Schröter vd., 2014; Chen vd.,2005). Özellikle su tahliye sistemlerinin yetersiz olduğu durumlarda, taşkın sonrası suyun uzaklaştırılması güçleşmekte ve bu durum yapısal hasarın kalıcı hale gelme riskini artırmaktadır. Analiz sonuçlarına göre, bodrum katına sahip yapılar (kırmızı), özellikle akarsu kenarlarında yoğunlaşarak yüksek taşkın riski altında bulunmaktadır. Bu binalar Ulus Çayı sağ taşkın yatağında yerleşmenin yoğunlaştığı alanda ve ayrıca Alpı Deresi'nden sonra menderes yaptığı alanın kayma yamacındaki kısımda ve yine Eldeş Dere'nin Ulus Çayı'na katıldığı alandaki mendereslenmenin kayma yamacında bulunan yerleşmelerde yoğunluk kazanmaktadır. Buna karşılık, bodrum katı bulunmayan yapılar (mavi), taşkın suları ile etkileşimi daha sınırlı olmakta, suyun bina içerisine giriş yaptığı durumlarda ise taşkın suyu temel seviyesinde kalmakta ve bodrum katı bulunan yapılarda kıyaslandığında yapısal hasarın boyutu daha düşük olmaktadır. Sonuç olarak, bodrum katı bulunmayan yapılar nispeten daha düşük zarar görebilirlik seviyesine sahiptir.



Fotoğraf 6. Bodrum varlığı olan yapılara örnekler.



Şekil 22. Binaya ait parametrelerin zarar görülebilirlik dağılımları a) kat sayısı b) inşaat türü c) bina yaşı d) bodrum varlığı e) koşul durumu f) inşaat tipi

Binaların durumu ve koşulları, taşkın sırasında suyun iç mekâna girişini doğrudan etkileyen önemli parametrelerden birisidir. Şekil 22e’de kırmızı ile işaretlenen yapılar ise en yüksek zarar görme seviyesine sahip olup, ciddi yapısal bozulmalar, çökme riski ve malzeme kayıplarını içermektedir (Fotoğraf 7a). Bu yapılar, dış ve iç duvarlarda büyük çatlaklar, kolon ve kirişlerde ciddi

deformasyonlar, çatı sistemlerinde kaymalar, daha önceki taşkınlar sonucunda suyun etkisiyle betonarme malzemesinin aşınması ve temel sistemlerinde kritik zayıflamalar gibi ciddi hasarlarla karakterizedir. Sarı ile belirtilen yapılar, daha ileri düzeyde hasara sahip olup, yaygın çatlaklar ve kolon-kiriş deformasyonları ile karakterizedir. Bu kategoride, duvarlarda 1-2 cm genişliğinde çatlaklar, taşıyıcı elemanlarda eğilmeler ve temel sistemlerinde hafif kaymalar gözlemlenebilir (Fotoğraf 7b). Mavi ile belirtilen yapılar, yalnızca yüzeysel etkilerle sınırlı olup, herhangi bir yapısal zarar görmemiştir (Fotoğraf 7d). Açık yeşil ile işaretlenen binalarda ise dış ve iç duvarlarda yüzeysel çatlaklar ve kapı-pencere çerçevelerinde hafif deformasyonlar gözlemlenebilmektedir (Fotoğraf 7c). Analizler, akarsuya yakın bölgelerde kırmızı ve sarı renge sahip nispeten eski ve tahrip olmuş yapıların yoğunlaşması, olası taşkınlara karşı binaların maruziyetini arttıran özellik olarak karşımıza çıkacaktır.



Fotoğraf 7. Bina koşul durumlarına örnek yapılar a) yaygın çatlak ve deformasyon b) genelleştirilmiş çatlama ve deformasyon c) yaygın çatlak ve deformasyon d) hasar çatlama olmayan yapı

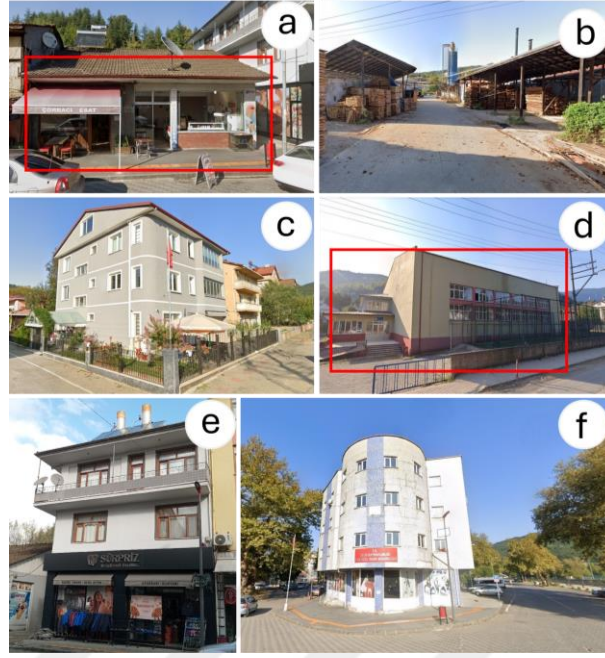
İnşaat tipine binaların sınıflandırılması taşkınlara karşı zarar görebilirlik düzeylerinin belirlenmesinde kullanılan diğer bir parametredir. Bu bağlamda, inşaat tipi, yapıların taşkın tehlikesine maruz kalma ve hasar görme olasılıklarının değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken önemli bir parametre olarak öne çıkmaktadır. Apartman tipi yapılar genellikle korunmakta, ancak zemin ve bodrum katı ciddi risk altına girebilmektedir (Fotoğraf 8a). Apartmanların ortak alanlarının zarar görmesi, yapı içi tahliyeyi ve müdahaleyi zorlaştırarak can güvenliği açısından da tehdit oluşturabilmektedir. Müstakil yapılar ise çoğunlukla tek katlı olması nedeniyle taşkın sularının yükselmesi halinde yapının tamamı doğrudan etkilenebilmektedir (Fotoğraf 8b). Bu durum, özellikle bireysel kullanımda olan ve bakım-onarım kapasitesi sınırlı olan bu yapı türlerinin fiziksel zarar görebilirliğini artırmaktadır. Diğer kategoriye giren yapılar -örneğin endüstriyel tesisler, tarım yapıları, sosyal donatı alanları gibi- ise hem kullanım amacı hem de yapı malzemesi ve planlama bakımından çeşitlilik göstermektedir (Fotoğraf 8c). Bu tür yapılar genellikle düşük zemin kotlarında konumlandırıldığında, taşkın sularına daha fazla maruz kalmakta ve hasar potansiyeli artmaktadır. Çalışma sahası olan Ulus yerleşmesinde yapı tiplerinin dağılımına bakıldığında, 198 binanın apartman (%36.5), 185 binanın müstakil (%34.1) ve 187 binanın diğer yapı türlerine (%34.4) ait olduğu belirlenmiştir. (Şekil 22f). Harita üzerinde yapılan mekânsal analizlere göre, müstakil yapılar (kırmızı) özellikle Samat, Saz ve Mezgeller mahallelerinde yoğunlaşmaktadır. Apartman tipi yapılar (turuncu) Kaldırım mahallesi başta olmak üzere Ulus deresinin kuzeyinde ve Alpi deresinin çevresinde kümelenmiş durumdadır. Diğer yapı türleri (mavi) ise Mezgeller mahallesi güney bölgelerinde ve akarsu yatağına yakın bazı yerleşim alanlarında yer almaktadır.



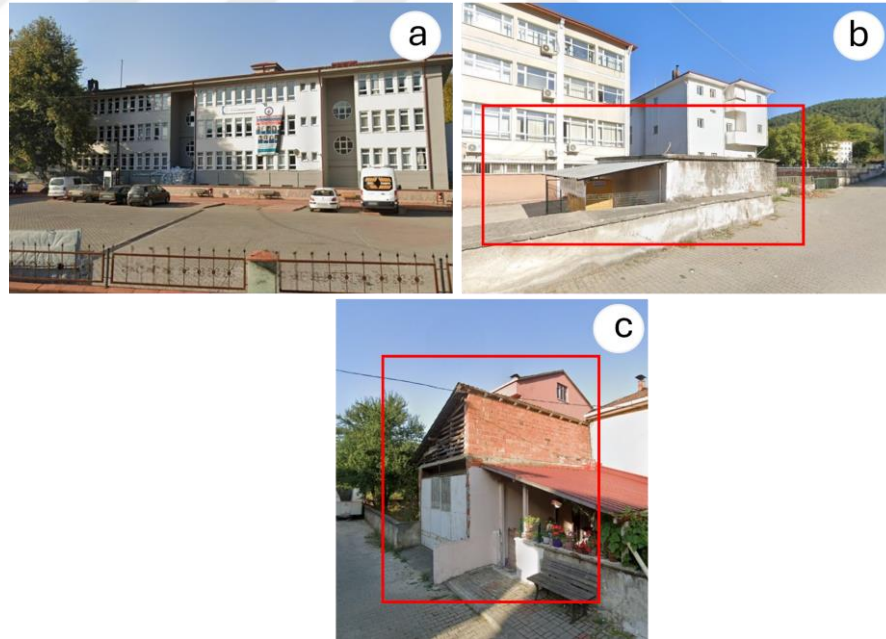
Fotoğraf 8. İnşaat tipine göre örnek yapılar a) apartman b)müstakil c) diğer yapı.

Genel bina kullanım türüne göre belirlenen değerler, taşkın zarar görebilirlik seviyeleri üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır (Şekil 23a). Binaların kullanım amacı, taşkın anında maruz kalınan riskin niteliğini ve taşkın sonrası ortaya çıkabilecek zararların boyutunu doğrudan etkilemektedir. Konut, ticari, endüstriyel ve kamusal yapıların taşkın karşısındaki hassasiyetleri farklılık gösterdiğinden, taşkın zarar görebilirlik analizlerinde bina kullanım türü önemli bir parametre olarak değerlendirilmektedir. En düşük zarar görebilirlik seviyesine sahip yapılar mavi renkle (0-0.25 aralığı), en yüksek seviyeye sahip yapılar ise kırmızı renkle işaretlenmiştir (0.75-1 aralığı). Ticari (Fotoğraf 9a) ve idari binalar (Fotoğraf 9f) en yüksek zarar görebilirlik grubunda yer almakta olup, su baskınları nedeniyle ekonomik kayıplar hem de kamu hizmetlerinde aksaklıklar yaşanmaktadır. Zemin katlarda bulunan ticari işletmelerde stok kaybı ve altyapı zararları görülürken, idari binalarda elektronik cihazlar ve belgeler su baskınlarından etkilenmektedir. Daimî ikametgahlar (Fotoğraf 9c), sosyal yapılar

(Fotoğraf 9d) ve karışık kullanımlı binalar da (Fotoğraf 9e) yüksek zarar görebilirlik seviyesine sahiptir. Konutlarda zemin katlarda bulunan yaşam alanları taşkın sırasında eşyaların zarar görmesine yol açarken, altyapı hasarları onarım süreçlerini uzatarak binaları uzun süre yaşanmaz hale getirebilmektedir. Sosyal binalar, geniş salon yapıları nedeniyle taşkın etkilerine açık olup, özellikle hastanelerde tıbbi cihazlar ve ilaç depoları zarar görebilmektedir. Karışık kullanımlı binalarda ise hem konut hem de ticari alanlar bulunması nedeniyle çift yönlü bir zarar potansiyeli söz konusudur. Eğitim (Fotoğraf 10a) ve endüstriyel binalar (Fotoğraf 9b) orta düzeyde zarar görebilirlik taşımaktadır. Okullarda zemin katlardaki sınıflar, laboratuvarlar ve eğitim materyalleri zarar görerek eğitimi aksamaktadır. Ahşap sanayiye dayalı endüstriyel binalar ise suya karşı hassas olup, taşkın sırasında üretim süreçlerinin durmasına ve yapısal bozulmalara neden olmaktadır. Diğer yapılar (depolar, otoparklar vb.) (Fotoğraf 10b ve 10c) ise en düşük zarar görebilirlik grubunda yer almakta, işlev kaybı yaşansa da yapısal bütünlükleri genellikle korunmaktadır. Genel olarak, ticari ve idari binalar en yüksek risk grubunda yer alırken, konutlar, sosyal yapılar ve karışık kullanımlı binalar önemli ölçüde zarar görebilirlik potansiyeline sahiptir. Eğitim ve sanayi orta seviyede etkilenirken, diğer kullanıma sahip yapılar daha düşük zarar görebilirlik taşımaktadır. Toplam 543 binanın 185'i (%34.1) ikametgâh, 148'i (%27.3) karışık kullanım, 95'i (%17,5) diğer yapılar, 44'ü (%8.1) endüstriyel, 39'u (%7.2) ticari, 15'i (%2.8) sosyal, 7'si (%1.3) eğitim ve 7'si (%1.3) idari binadır. Haritada bu kullanım türleri; mavi renk ile diğer yapılar, yeşil renk ile endüstriyel yapılar, turuncu renk ile karışık ve ikametgâh amaçlı yapılar, kırmızı ile ticari ve idari yapılar gösterilmiştir. Endüstriyel binalar ağırlıklı olarak Kaldırım mahallesinin güneydoğusunda yoğunlaşırken, ikametgâh ve karışık kullanımlı yapılar özellikle Samat, Mezgeller ve Saz mahallelerinde yoğun biçimde konumlanmıştır. Ticari ve idari yapılar ise büyük ölçüde Kaldırım mahallesi ve Ulus deresi çevresinde kümelenmiş olup merkez akslara yakın alanlarda yer almaktadır.



Fotoğraf 9. Genel bina kullanım türüne göre örnek yapılar a) ticari yapı b) endüstriyel yapı c) daimî ikametgâh yapı d) sosyal bina (kapalı spor salonu) e) karışık yapı f) idari bina (Ulus Kaymakamlığı özel idare müdürlüğü)



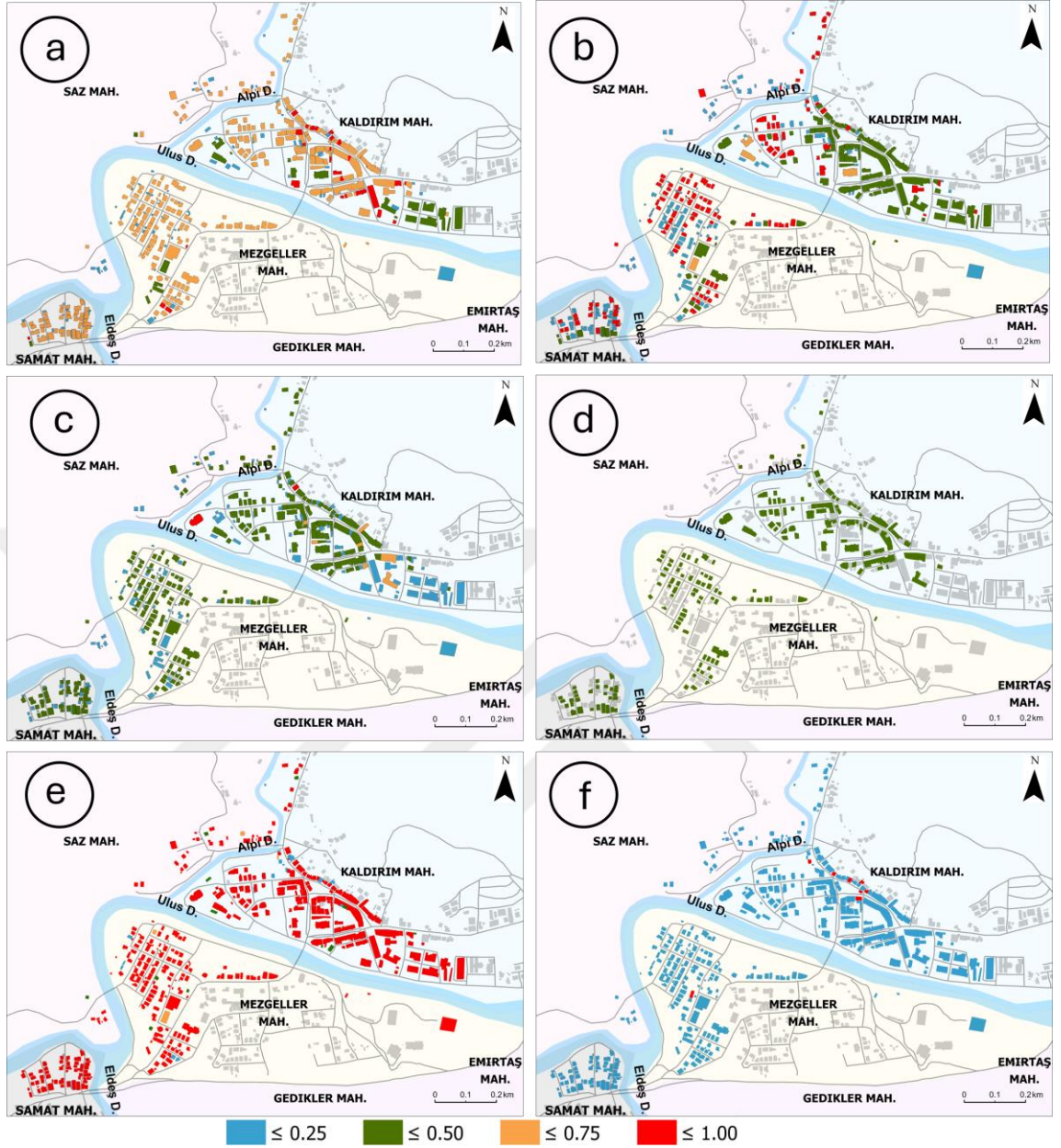
Fotoğraf 10. Genel bina türüne örnek yapılar a) eğitim yapıları b) diğer yapı (atık toplama alanı) c) diğer yapı (garaj)

Zemin kat kullanım türüne göre belirlenen değerler, taşkın zarar görülebilirlik seviyeleri üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Zemin katların kullanım amacı, taşkın anında maruz kalınabilecek zararların türünü ve şiddetini doğrudan etkileyebilmektedir. Ticari yapılar, taşkın sularına maruz kaldığında yalnızca fiziksel zarar görmekle kalmayıp, faaliyetlerin kesintiye uğraması, müşteri kaybı, stokların tahrip olması ve tedarik zincirinde bozulmalar gibi çok yönlü ekonomik kayıplara yol açabilmektedir. Bu tür etkiler, bölgesel ekonomiyi doğrudan etkileyen önemli sonuçlar doğurur. Endüstriyel yapılar açısından ise, taşkınlar büyük ölçekli üretim kayıplarına ve yüksek maliyetli ekipman zararlarına neden olabilir. Meskenler, genellikle konut alanlarında yoğunlaştığından, taşkın sırasında bireylerin fiziksel güvenliğini tehdit eden, taşınmazların zarar görmesine yol açan ve tahliye, temizleme ile yeniden inşa gibi zorlu süreçleri beraberinde getiren yapılardır. Özellikle zemin katlarda yaşayanlar için risk daha yüksektir. Eğitim ve sosyal yapılar ise kamu hizmetlerinin sürekliliği açısından kritik öneme sahiptir. Taşkınlar bu tür yapılarda ise dersliklerin, sosyal alanların veya dini mekanların kullanılmaz hale gelmesine neden olabilir. Eğitim sürecinin kesintiye uğraması ve sosyal dayanışma merkezlerinin zarar görmesi, toplumun afet sonrası toparlanma kapasitesini olumsuz etkileyebilir. İdari yapıların zarar görmesi, kamu hizmetlerinde gecikmelere; bilgi ve belge kayıplarına, karar alma süreçlerinde aksamalara neden olabilmektedir. Son olarak, diğer yapı türleri genellikle depo, otopark veya benzeri yardımcı işlevleri olan yapılar olsa da taşkın sularına maruz kaldıklarında işlev kaybı yaşanmakta, bazen dolaylı ekonomik etkiler ortaya çıkabilmektedir. Yapının türüne ve kullanım amacına bağlı olarak taşkın etkileri çeşitlilik göstermektedir (Şekil 23b). Yapılan saha çalışmaları sonucunda zemin kat kullanımına göre dağılımı incelendiğinde; 195'i ticari (%35.9), 126'sı mesken (%23.2), 179'u diğer kullanımda (%33.0), 19'u sosyal (%3.5), 11'i endüstriyel (%2.0), 6'sı eğitim (%1.1) ve 4'ü idari (%0.7) yapı olarak sınıflandırılmıştır. Mesken ve idari kullanım (kırmızı) ağırlıklı olarak Mezgeller, Samat ve Saz mahallelerinde, Kaldırım mahallesinin batısında, ticari ve eğitim yapıları (yeşil) ise yoğun biçimde Kaldırım ve Alpi deresinin hattında konumlanmıştır. Diğer kullanım türleri (mavi) ise Samat, Mezgeller ve Emirtaş mahallelerinde dağınık bir şekilde yer almaktadır.

Birinci katların kullanım özellikleri, zemin katlar kadar olmasa da taşkın zarar görebilirlik seviyelerinin belirlenmesinde önemli bir etkiye sahiptir diğer bir kullanım türüdür (Şekil 23c). Birinci katın hangi amaçla kullanıldığı, taşkın sularının yapıya vereceği zararın niteliğini ve kapsamını doğrudan etkilemektedir. Alt gruplara atanan değerler doğrultusunda, suyun genellikle zemin katta yoğunlaştığı, ancak aşırı yağış ve taşkın koşullarında birinci kata kadar ulaşılabilceği kabul edilmiştir. Bu durum, yapıların alt katlarının amacına göre farklı kırılma seviyelerine sahip olmasına neden olmaktadır. Özellikle meskenler, birinci katların yaygın olarak yaşam alanı olarak kullanılması sebebiyle, taşkınlardan doğrudan etkilenen başlıca yapı türüdür. Nitekim analiz sonuçları, birinci kat kullanımında açık ara farkla en yüksek oranla (%53.2) mesken kullanım türünün öne çıktığını ortaya koymaktadır; bu durumu ise %1.8 ile sosyal bina ve ticari bina kullanımları takip etmektedir. Meskenlerin yaygınlığı, yalnızca fiziksel yapıların zarar görmesiyle sınırlı kalmamakta; aynı zamanda taşkınlara maruz kalan nüfusun fazla olması, bireysel can güvenliği, taşınmaz kayıpları, geçici barınma ihtiyacı ve uzun süren toparlanma süreçleri gibi önemli sosyal ve ekonomik sorunlara yol açmaktadır. Ticari yapılar ise, her ne kadar alan olarak daha küçük bir yer kaplasalar da taşkın anında faaliyetlerin durması, gelir kaybı, iş gücü kesintisi ve tedarik zincirinde aksama gibi zincirleme ekonomik etkiler nedeniyle kırılma yapı sergilemektedir. Saha özelinde, birinci katlarda endüstriyel yapıların bulunmaması, Ulus ilçesinin sanayi yoğunluğunun düşük olduğunu ve daha çok konut ile küçük ölçekli ticari işletmelere dayalı bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Diğer kullanım türleri ise esnek fonksiyonlara sahip olmaları ve genellikle daha az yoğun nüfus barındırmaları nedeniyle taşkınlardan görece daha az etkilenmekte, ancak yine de yapı türüne bağlı olarak yerel düzeyde çeşitli işlevsel kayıplar yaşanabilmektedir. Mesken kullanımlı birinci katlar başta Samat, Mezgeller mahallelerinde ve Kaldırım mahallesinin doğusunda yoğunlaşırken; ticari, sosyal ve idari kullanımlar, daha çok Kaldırım mahallesi ve Ulus deresi çevresinde yoğunlaşmaktadır.

İkinci katın kullanım türüne göre belirlenen zarar görebilirlik zemin ve birinci katların kullanımı kadar olmasa da taşkın zarar görebilirliği açısından dikkate

alınması gereken diğer bir özelliktir. Taşkın derinliğinin artış gösterdiği durumlarda, ikinci katlarda yer alan işlevlerin niteliği ve barındırdığı değerler, potansiyel zararların kapsamını doğrudan etkilemektedir. Bu kategoride yapılan puanlama, taşkın sırasında ve sonrasında ikinci katın maruz kalabileceği zarar görülebilirlik durumları dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Taşkınların etkileri çoğunlukla zemin katta yoğunlaşmakla birlikte, suyun yapılar üzerinde oluşturduğu hidrostatik ve dinamik basınçlar, yapının taşıyıcı sisteminde dengesiz yük dağılımına neden olarak üst katlarda da çeşitli yapısal sorunlara yol açabilmektedir. Bu sorunlar arasında duvarlarda çatlaklar, tavan deformasyonları ve genel yapı bütünlüğünde zayıflamalar yer almaktadır. Ayrıca, taşkın sularının uzun süreli maruziyeti, yapı malzemeleri içinde kapilarite yoluyla nemin yukarı yönlü hareket etmesine neden olmakta; bu da özellikle beton, tuğla ve ahşap gibi malzemelerde küf oluşumu, dayanım kaybı ve iç mekân hava kalitesinin bozulması gibi sorunları beraberinde getirmektedir. Elektrik ve mekanik sistemlerin büyük bölümü zemin kattan itibaren tüm kata yayıldığından, taşkın sularıyla temas eden sistemler ikinci katlarda da kısa devre, yangın, ısıtma ve havalandırma sorunları yaratabilir. Kimyasal açıdan yoğun taşkın suları, metal yapı elemanlarında oksitlenmeye, bağlantı noktalarında deformasyonlara ve yapı stabilitesinde bozulmalara sebep olabilir. Şekil 23d’de verilen verilere göre, ikinci kata sahip binaların yayılışı oldukça fazladır. İncelenen toplam 543 binadan 229 tanesi ikinci katı olan binalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu katlarda zarar görülebilirliği açısından en yüksek oran meskenlerde görülmektedir. Bu yapıların, taşkın sonrası dolaylı etkilerden en fazla etkilenen kullanım türü olduğu söylenebilir. Yapılan saha çalışmaları sonucunda ikinci kat kullanımına göre dağılımı incelendiğinde; 214’ü (%39.4) mesken, 7’si (%1.3), 4’ü (%0.7) idari, 2’si (%0.4) eğitim ve 2’si (%0.4) diğer kullanım olarak sınıflandırılmıştır. Mesken kullanımı, başta Samat, Mezgeller ve Kaldırım mahallelerinde yoğunlaşmakta; sosyal ve idari kullanımlar ise sınırlı sayıda olmakla birlikte Kaldırım mahallesinin güneybatısında ve Ulus deresi çevresinde yer almaktadır.



Şekil 23. Binaya ait parametrelerin zarar görbilirlik dağılımları a) genel bina türü kullanımı b) zemin kat kullanım durumu c) birinci kat kullanım durumu d) ikinci kat kullanım durumu e) bina statüsü f) miras statüsü

Bina statüsüne göre belirlenen değerler, taşkın risk yönetimi açısından kapsamlı bir değerlendirme sunmaktadır. Şekil 23e’de bina statüsü ve zarar görbilirlik dağılımı verilmiştir. Dolu binalar, taşkın anında en yüksek risk grubunu temsil etmektedir. İçinde yaşayan bireylerin varlığı, ani gelişen taşkın olaylarında tahliye sürecindeki aksaklıklar ve ticari alanlarda meydana gelen ekonomik

kayıplar, taşkın etkisini büyük ölçüde artırmaktadır. Ayrıca, taşkın anında tahliye sürecinin yetersiz kalması ve erken uyarı sistemlerinin etkin olmaması, insan hayatı üzerinde ciddi tehlikeler oluşturulabilir. Terk edilmiş binalar (Fotoğraf 11a) ise, bakım eksiklikleri nedeniyle taşıyıcı sistemlerinin zayıflaması ve taşkın sırasında suyun basıncına karşı koyamaması nedeniyle yüksek risk taşımaktadır. Terk edilmiş yapılar genellikle yapısal zayıflıklar ve su yalıtımı eksiklikleri nedeniyle taşkınlardan daha fazla etkilenir. Bu tür binaların çevresindeki dolu binalara zarar verme riski de bulunmaktadır. Bir terk edilmiş binanın yıkılması, çevresindeki yapıların duvarlarına veya altyapı sistemlerine zarar verebilir ve bu durum taşkın etkisini daha da artırarak geniş alanlara yayılmasına yol açabilir. İnşaat halindeki binalar (Fotoğraf 11b) ise, tamamlanmamış taşıyıcı sistemleri ve suyla temas ettiklerinde yapısal dayanıklılığın azalması nedeniyle taşkınlarda yüksek kırılma eğilimi gösterir. İnşaat sırasında suyun taşıyıcı kolonlara ve temel sistemlerine nüfuz etmesi, demir donatılarda korozyona yol açarak yapının uzun vadede dayanıklılığını düşürebilir. Ayrıca, inşaat malzemelerinin suya maruz kalması, çevreye zarar verebilir ve taşkın daha geniş alanlara yayılmasına neden olabilir. İnşaat alanlarında bulunan kum, çakıl ve diğer malzemeler taşkın suyu ile taşınarak drenaj sistemlerini tıkayabilir ve taşkın etki alanını artırabilir. Boş binalar (Fotoğraf 11c), dolu binalara kıyasla daha düşük risk grubunda yer almasına rağmen, uzun süre suya maruz kaldıklarında yapısal bozulmalar yaşama ihtimalleri artmaktadır. Bu binalarda su yalıtımı eksikse veya inşaat malzemeleri suya dayanıklı değilse, beton çatlaması, ahşap yapı elemanlarının çürümesi ve metal bileşenlerin paslanması gibi yapısal hasarlar meydana gelebilir. Yapılan analizler neticesinde Ulus yerleşmesindeki bina statülerine ilişkin değerlendirmede en yüksek orana sahip grubun 493 adet ile (%90.8) dolu binalar olduğu belirlenmiştir. Dolu binaları sırasıyla boş (%5) ve terk edilmiş yapılar (%2.6) takip ederken, en düşük sayıya sahip grubun inşaat halindeki binalar (%0.7) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 23e). Ancak bina statüsü faktörü zaman içerisinde hızlı değişkenliğe sahip olup, mevcut statüsünden farklı bir duruma geçiş yapabileceği unutulmamalıdır. Yapılan saha çalışmaları sonucunda bina statüsüne göre dağılımı incelendiğinde dolu binalar özellikle Kaldırım, Samat ve Mezgeller mahallelerinde yoğunluk göstermektedir. Boş, terk

edilmiş ve inşaat halindeki yapılar ise sınırlı sayıdadır ve dağınık bir mekânsal örüntü sergilemektedir.



Fotoğraf 11. Bina statüsüne göre örnek yapılar a) terk edilmiş bina b) inşaat halinde bina c) boş bina

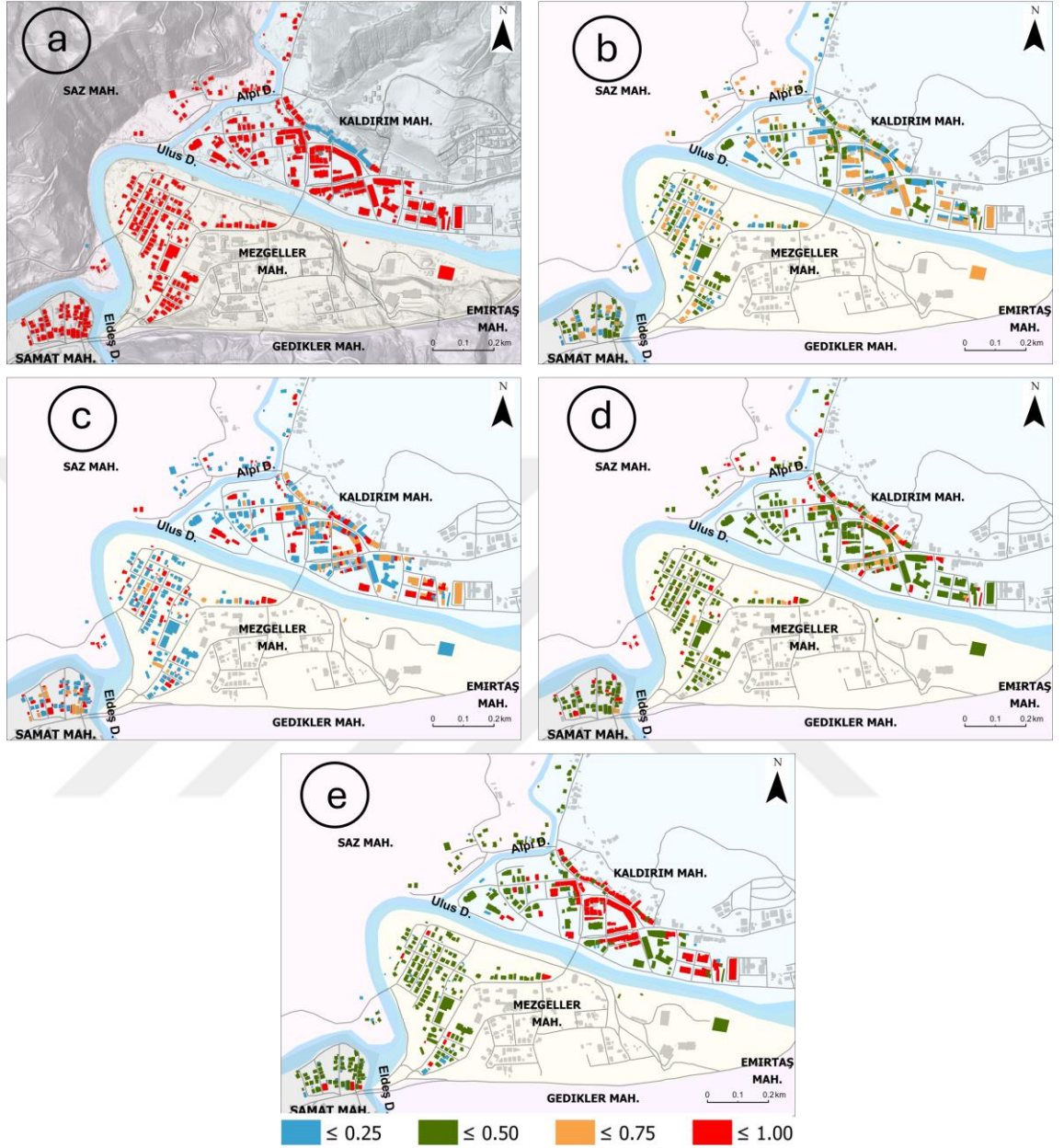
Miras statüsüne sahip yapıların korunması gereken kültürel ve tarihi değerleri göz önüne alındığında, bu tür yapıların taşkınlara karşı kırılganlık düzeylerinin değerlendirilmesi hem fiziksel hasar risklerinin hem de kültürel kayıpların önlenmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu nedenle, miras statüsü, zarar görabilirlik analizlerinde dikkate alınması gereken önemli bir parametre olarak öne çıkmaktadır (Fotoğraf 12). Şekil 23f, bu yapıların taşkın zarar görabilirlik seviyeleriyle olan ilişkisini ortaya koyarak, taşkın riski karşısındaki kırılganlık düzeylerini anlamaya yönelik önemli bir değerlendirme

sunmaktadır. Tescilli yapılar, geleneksel inşaat teknikleri ve özgün mimari detaylarıyla kültürel bir değer taşısalar da bu özellikler aynı zamanda onları fiziksel afetlere karşı daha kırılgan hale getirmektedir. Özellikle taşkın durumlarında, bu yapılarda kullanılan malzeme türleri -genellikle suya karşı hassas doğal taş, ahşap ya da eski tip harç- suya maruz kaldığında ciddi yapısal deformasyonlara neden olabilmektedir. Ayrıca bu yapıların korunması, “2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu (KTVKK, 1983)” kapsamında olduğu için herhangi bir müdahale veya onarım süreci, koruma kurallarından izin alma zorunluluğu nedeniyle zaman alıcı ve maliyetlidir. Türk Medeni Kanunu’nun 728. Maddesi doğrultusunda (TMK, 2001), taşkın sonrası yapılacak restorasyonlarda orijinal malzeme ve tekniklerin kullanılması zorunluluğu, müdahale sürecini daha da karmaşık hale getirmektedir. Tüm bu etkenler, tescilli yapıların taşkın zarar görebilirlik düzeyini yükseltmekte, afet sonrası müdahalelerde ise ciddi yapısal ve bürokratik engeller oluşturmaktadır. Buna karşılık, sınıflandırılmamış yapılar hem daha düşük hasar riski taşımakta hem de taşkın sonrası onarım ve müdahale süreçlerinde daha esnek çözümler sunabilmektedir. Dolayısıyla yapı statüsünün taşkın zarar görebilirlik üzerindeki etkisi oldukça belirgindir. 6306 Sayılı Kanun, riskli yapıların güçlendirilmesini öngörse de tescilli yapılar için 2863 Sayılı Kanun’un getirdiği sınırlamalar süreci karmaşıklaştırmaktadır. Bulgular, yapı statüsünün taşkın zarar görebilirlik üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir. Sahadaki yapılar bu kapsamda ele alındığında 543 binanın 533’ü (%98) miras statüsüne sahipken, yalnızca 10’u (%1.8) tescilli kültür varlığı olarak belirlenmiştir. Tescilli binalar (kırmızı) 6’sı Kaldırım mahallesinde -ulus deresinin kuzey kıyısında-, 2’si Alpi deresi çevresinde, 1’i Mezgeller mahallesinde yer almaktadır.



Fotoğraf 12. Miras statüsüne göre örnek yapılar

Bina konumları, taşkın zarar görülebilirlik seviyeleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Şekil 24a analizine göre, taşkın yatağında konumlanan ve kırmızı renkle gösterilen yapılar, en yüksek zarar görülebilirlik seviyesine sahip bölgeleri oluşturmaktadır. Akarsuyun doğal akış yönünde konumlanmaları nedeniyle yoğun su akışı ve hidrodinamik kuvvetlere maruz kalan bu yapılar, temellerinde, taşıyıcı elemanlarında ve duvarlarında ciddi deformasyonlara uğrayarak dayanıklılıkları kaybetmektedir. Uzun süreli su teması, malzeme aşınmasına, çatlak oluşumuna ve temel stabilitesinin bozulmasına yol açarak çökme riskini artırmaktadır. Leve (taşkın setleri) arasında veya akarsu kıyısında bulunan sarı renkle gösterilen yapılar, taşkın yatağındaki binalara kıyasla daha düşük zarar görülebilirlik seviyesine sahiptir. Ancak, taşkın setlerinin aşılması veya suyun birikmesi durumunda benzer yapısal riskler taşırlar. Su basıncının artması, taşıyıcı elemanlarda ve temel sistemlerinde bozulmalara, duvarlarda çatlaklara neden olabilir. Mavi renkle gösterilen ve üst bölgelerde konumlanan yapılar, yükselti avantajı sayesinde doğrudan taşkın sularından etkilenmez. Ancak, eğimli arazilerde yoğun yağış sonrası oluşan yüzey akışı, bina temellerinde aşınmaya ve zemin stabilitesinin bozulmasına yol açabilir. Çalışma alanının özgün arazi yapısı nedeniyle, yapıların büyük bir kısmı taşkın yatağında yer almaktadır.

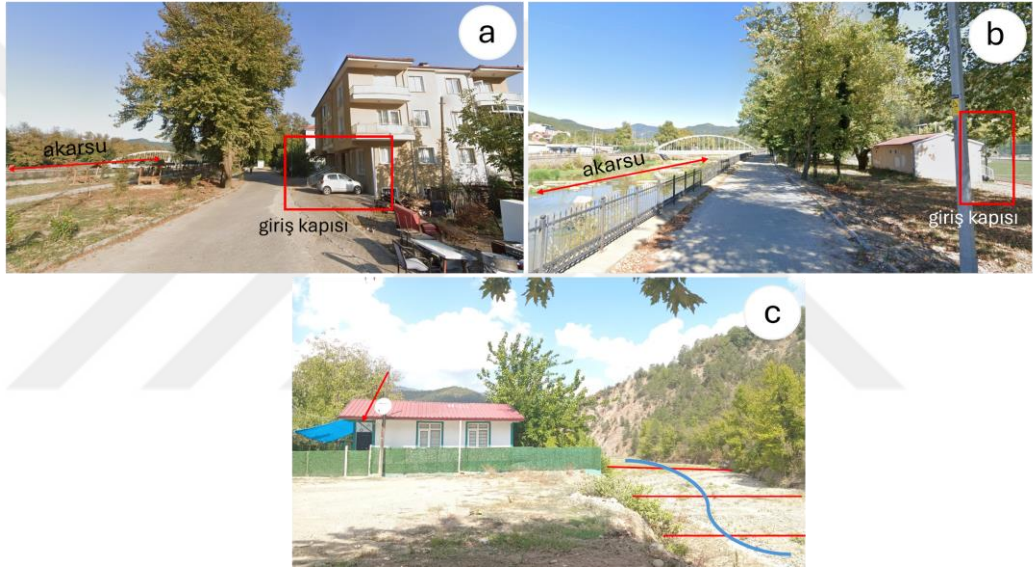


Şekil 24. Binaya ait parametrelerin zarar görülebilirlik dağılımları a) bina konumu b) kapı yönü c) su basman varlığı d) pencere malzemesi e) genel pencere türü

Binaların giriş kapılarının yönü, taşkın sırasında suyun iç mekâna girişini doğrudan etkileyen bir parametre olarak düşünülmüştür. Akarsuyun aktığı yatak şekli dikkate alındığında, taşkın riski altındaki binaların değerlendirilmesinde, binaların akarsu yatağına yakınlıkları temel alınmıştır. Bu bağlamda, binaların konumu ve her iki akarsu yatağına olan mesafeleri göz önünde bulundurularak, taşkın sırasında suyun bina içlerine girmesi ve yapıların zarar görme olasılıkları değerlendirilmiştir. Turuncu gruptaki binaların giriş kapıları doğrudan akarsuya bakmakta olup (Fotoğraf 13a), taşkın sırasında yüksek hız ve debiye sahip suyun bina içerisine girmesi, ciddi yapısal ve içeriksel hasarlara yol açmaktadır. Bu sebeplerden dolayı yüksek risk olduğundan 0-1 arası skalada bu cephe yönüne 0.7 değer atanmıştır. Bunları sayısı değerlendirmeye alınan toplam 543 bina içerisinde 160 (%29.5) tanedir. Mavi gruptaki binalar ise akarsuya ters yönde konumlanan giriş kapılarıyla doğrudan suya maruz kalmamaktadır (Fotoğraf 13b), ancak uzun süreli su birikimi, bodrum katlarının suyla dolması ve temelde su basıncı deformasyonu gibi risklerle karşılaşabilmektedir. Bu sebeplerden dolayı risk çok fazla olmadığından 0-1 arası skalada bu cephe yönüne 0.2 değeri atanmıştır. Bunların sayısı ise 155 (%28.5) tanedir. Yeşil gruptaki binalar ise doğrudan suya bakmamakla birlikte, yan cephelerinin akış yönüne maruz kalması nedeniyle suyun duvar boşluklarından, pencerelerden veya havalandırma açıklıklarından içeri sızma riski taşımaktadır (Fotoğraf 13c). Bu durum, yapısal çatlaklıklar ve geçirgen malzemeler nedeniyle uzun vadede yapısal bozulmalara yol açabilir. Bunların sayısı ise 211 (%38.9) tanesidir (Şekil 24b) (Tablo 13). Bina giriş kapılarının yönü, kültürel ve bölgesel yapılaşma farklılıklarından kaynaklanmakta olup, geleneksel yerleşim düzenleri, iklimsel koşullar ve dini faktörler bu yönelimleri etkileyebilir (Kamalipour & Zaroudi, 2014). Taşkın riski açısından değerlendirildiğinde, bu farklılıklar suyun binalara giriş biçimini ve hasar potansiyelini önemli ölçüde etkilemektedir.

Tablo 22. Mahallelere göre kapı yönü sayıları

Mahalle	Arka	Ön	Yan	Toplam
Kaldırım	88	94	85	267
Kasımlar	0	1	2	3
Mezgeller	44	37	74	155
Samat	19	9	33	61
Saz	4	19	119	42



Fotoğraf 13. Kapı yönüne örnek binalar a) ön b) arka c) yan.

Su basman varlığı, taşkın sırasında binaların suya maruz kalma riskini doğrudan etkilediği için zarar görülebilirlik analizlerinde önemli bir parametre olarak değerlendirilir (Şekil 24c). Ayrıca şehir taşkınları açısından da yağışın akışa geçtiği şehir içi alanlarda yapıları bu derinliği fazla olmayan sulardan korumak için ideal yapısal özellik olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu unsur, yapıların taşkın sularına karşı direnç seviyesini belirlemede kritik bir rol oynar ve taşkın yönetimi kapsamında alınabilecek önlemlerin belirlenmesine katkı sağlar. Su basmanı, taşkın suyunun bina içerisine girişini büyük ölçüde engelleyerek iç mekanlardaki zararları azaltmakta ve yapısal bütünlüğün korunmasına katkı sağlamaktadır

(Fotoğraf 14a). Ancak uzun süreli su teması, özellikle temel sistemlerinde ve dış cephelerde nem kaynaklı bozulmalara yol açarak yapıların dayanıklılığını zayıflatabilir. Öte yandan, su basmanı bulunmayan yapılar (Fotoğraf 14b), taşkın açısından en savunmasız grubu oluşturmaktadır. Dere kenarına yakın konumlanan bu yapılar, taşkın sırasında doğrudan suya maruz kaldıkları için yüksek akıntı hızı ve hidrodinamik kuvvetlerden kaynaklanan ciddi yapısal hasarlara açıktır. Kısmen su basmanı bulunan yapılar (Fotoğraf 14c) ise belirli bir seviyeye kadar taşkın etkilerini azaltabilmekte, ancak su seviyesi kritik eşikleri aştığında iç hasarlar kaçınılmaz hale gelmektedir. Bu analiz, bölgedeki yapılaşma sürecinde su basman yüksekliğinin taşkın riskine karşı kritik bir koruyucu unsur olarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Çalışma alanı içerisinde su basmanına sahip binaların sayısı 248 ile ele alınan binaların %45.7 oluşturmaktadır. Yine bu binalardan 189 tanesinde (%34.8) su basmanı tespit edilememiştir. Özellikle akarsu kollarına yakın alanlardaki binaların su basmanı seviyelerinin olması binaları belirli taşkın derinliklerinden koruma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 24c). Genel dağılım incelendiğinde su basmanı olmayan yapılar, ağırlıklı olarak Kaldırım ve Samat mahallelerinde, dere yataklarına yakın ve eğimin düşük olduğu alanlarda yoğunlaşmaktadır. Su basmanı olan binalar, daha çok Mezgeller mahallesinin güneyinde yoğunlaşırken, kısmi su basmanı ise dağınık olarak Mezgeller, Kaldırım ve Samat mahallelerinde gözlemlenmektedir.



Fotoğraf 14. Su basman varlığına örnek yapılar a) var, b) yok, c)kısmen.

Pencere malzemesi binaların zarar görebilirliğin ortaya koyan diğer bir parametredir. Pencereilerin özellikle yapıların suya karşı dayanıklılık düzeylerinin değerlendirilmesinde önemli bir yapısal parametre olarak öne çıkmaktadır. Şekil 24d'de sunulan pencere malzemesi türleri ile taşkın zarar görebilirlik sınıfları, taşkın riski yönetimi açısından dikkatle analiz edilmesi gereken veriler sunmaktadır. Pencere malzemeleri, su geçirgenliği, mekanik dayanıklılığı, uzun süreli nem ve suya maruziyet sonucu oluşabilecek bozulma düzeyleri bakımından önemli farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar, taşkın sonrasında yapıların maruz kalabileceği fiziksel zarar düzeyini ve onarım maliyetlerini doğrudan etkilemektedir. Çalışma sahasında en yaygın olarak karşılaşılan pencere türü pimapendir (Fotoğraf 15a). Pimapenli bina sayısı 194 olup toplam binanın %35.7 oluşturur. Demir pencereler (Fotoğraf 15b) mekanik dayanımı yüksek olmakla birlikte, taşkın sonrası en fazla bakım gerektiren türlerden biridir. Uzun süre suya maruz kalan demir yüzeylerde paslanma ve korozyon gelişmekte, özellikle kaynak bölgelerinde yapısal zayıflamalar ortaya çıkmaktadır. Sahada demir pencere olarak gözlemlenen bina sayısı ise 53 olup toplam binanın %9.8'ini oluşturur. PVC esaslı yapısı sayesinde pimapenler su geçirmez özellik göstererek taşkın sırasında daha düşük zarar alma eğilimindedir. Bununla birlikte, yüksek su basıncında contaların yetersiz kalması durumunda içeriye su sızabilmekte; uzun süre nemli ortamda kalması halinde esneklik kaybı, şekil bozulmaları ve mikro çatlaklar oluşabilmektedir. Alüminyum pencereler (Fotoğraf 15c) ise suya ve pasa karşı dayanıklıdır, ancak taşkın sırasında oluşabilecek basınca bağlı olarak profillerinde bükülme ve bağlantı noktalarında deformasyon görülebilir. Sahada alüminyum pencereli bina sayısı 99 tane gözlemlenmiş olup toplam bina sayısının %18.2'sini oluşturur. Ahşap pencereler (Fotoğraf 15d) ise taşkın karşısında en hassas malzeme grubunu oluşturmaktadır. Ahşap, higroskopik bir malzeme olduğundan suyu hızla emer; bu da eğilme, çatlama ve biyolojik bozulma gibi sorunlara yol açar. Sahada ahşap pencereli bina sayısı 86 olup toplam bina sayısının %15.8'ini oluşturur. Karışık malzemelerden oluşan pencere sistemlerinde ise (Fotoğraf 15e), farklı yapı elemanlarının genleşme katsayısı uyumsuzlukları nedeniyle dengesiz deformasyonlar meydana gelebilmekte, bu da hem hava sızdırmazlığını azaltarak taşkın sonrası daha büyük yapısal

sorunlara yol açmaktadır. Bu kategorideki bina sayısı 38 olup toplam bina sayısının %7'sini oluşturmaktadır. Çalışma alanında pimapen ve alüminyum pencere kullanılan yapıların genellikle düşük zarar görbilirlik sınıfına atanırken; buna karşın ahşap, demir ve karışık pencere sistemlerinin yüksek zarar görbilirlik sınıflarına atanmıştır.

Pencere malzemelerinin mekânsal dağılımı incelendiğinde, pimapen pencerelerin yerleşmenin batı ve kuzeybatı kesimlerinde yoğunlaştığı, alüminyum pençelerin ise doğu kesiminde daha yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir (Şekil 24d). Ahşap pencereler ağırlıklı olarak yerleşmenin kuzey bölgesinde konumlanmakta olup, demir ve karışık malzemelerden oluşan pencere sistemlerinin ise yerleşme genelinde düzensiz ve dağınık bir dağılım sergilediği tespit edilmiştir. Bu dağılım, yapılaşma biçimi, inşaat malzemelerine erişim ve yapıların kullanım amaçlarıyla ilişkilendirilebilecek önemli mekânsal farklılıkları yansıtmaktadır.

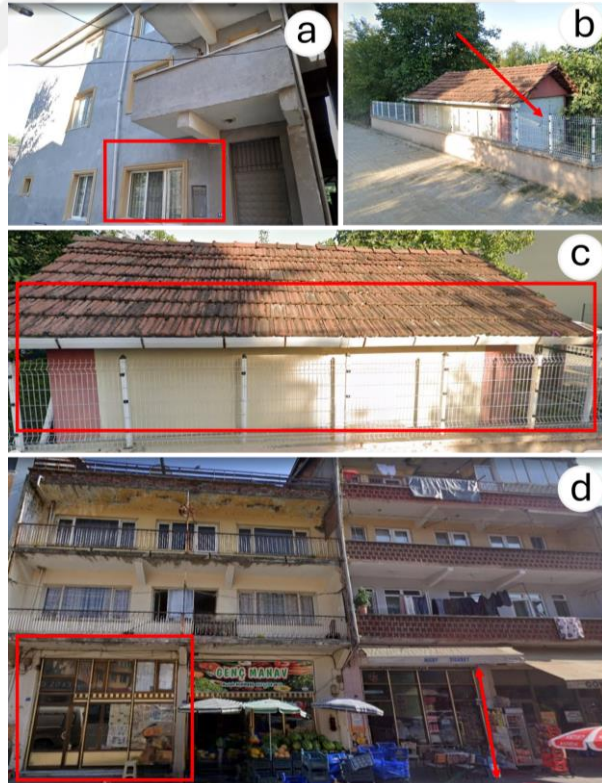


Fotoğraf 15. Pencere malzemesine göre örnek yapılar a) pimapen b) demir c) alüminyum d) ahşap e) karışık pencere sistemi (1. kat pimapen, 2. Kat ahşap)

Genel pencere türüne göre belirlenen değerler, binaların taşkından zarar görebilirlik seviyelerinin belirlenmesinde kullanılan diğer bir parametredir. Çalışma alanında pencere türlerinin sınıflandırılmasının temel nedeni, zemin katlardaki kullanım farklılıklarından dolayı, taşkın suyu yükselimlerinde suyun ilksel olarak binaya giriş yapabileceği zayıf direnç alanları olması nedeniyledir. Söz konusu yapı özellikleri, pencere türüne bağlı olarak taşkınlara karşı gösterilen direnç düzeylerinin farklılık göstermesine neden olmakta; bu nedenle pencere türü, zarar görebilirlik analizinde dikkate alınması gereken önemli bir yapı özelliği olarak değerlendirilmektedir. Taşkın bölgelerinde pencerelerin türüne göre yapılan zarar görebilirlik sınıflandırması, her pencere tipinin taşkın sırasında gösterdiği direnç düzeyine dair önemli bilgiler sunmakta ve yapı güvenliği açısından kritik bir rol oynamaktadır (Şekil 24e). Normal cam ile donatılmış yapılar genel kullanımda yaygın olarak tercih edilmekte olup, taşkınlara karşı belirli bir direnç seviyesine sahiptir (Fotoğraf 16a). Bu cam türleri, standart kalınlıkta üretilmekte ve çoğu konut tipinde pencere sistemlerinde yer almaktadır. Endüstriyel camlara kıyasla daha küçük boyutlara sahip olmaları, kırılma risklerini azaltmakta ve yapıya gelen su basıncını daha homojen şekilde dağıtmaktadır. Bu nedenle, taşkın sırasında camın tamamen kırılarak suyun hızla içeri dolmasını engelleyebilir. Sahada bu tip binaların sayısı 288 olup toplam binanın %53'ünü oluşturur. Buna karşılık, penceresi olmayan yapılar taşkın sularına karşı doğal bir bariyer oluşturarak nispeten daha dayanıklı bir yapı sergiler (Fotoğraf 16b, Fotoğraf 16c). Su giriş noktalarının azalması, iç mekânda hasarın minimum kalmasını sağlar. Ancak bu tür yapılarda da kapılar, havalandırma boşlukları veya zemin kotundaki açıklıklar gibi ikincil giriş yollarının iyi yalıtılması önemlidir. Aksi takdirde, bu açıklıklardan giren su zamanla aynı oranda hasara neden olabilir. Sahada bu tip binaların sayısı 69 olup toplam binanın %12.7'sini oluşturur. Endüstriyel cam bölmeli yapılar, taşkın zarar görebilirliği bakımından en kırılgan pencere türünü temsil eder (Fotoğraf 16d). Cam yüzeylerinin geniş olması nedeniyle taşkın anında kırılma riskleri artmaktadır. Geniş yüzeyli camların maruz kaldığı basınç daha yüksek olacağından, belirli bir taşkın seviyesinden sonra bu camların da çatlama veya kırılma olasılığı yüksektir. Bu durum, iç mekâna suyun girmesine neden olduğu gibi, kırılan cam parçaları insanlar açısından ikincil

yaralanmalara yol açabilecek güvenlik risklerini de beraberinde getirir. Sahada bu tip binaların sayısı 182 olup toplam binanın %33.5 oluşturur. Ulus Çayı'nın sağ taşkın yatağı üzerinden daha çok yayılış gösteren bu binalar, genellikle ticari binaların yoğunlaştığı yerlerde yayılış gösterir (Şekil 24e). Akarsulara yakın ve eğimli arazilerde bulunan yapılarda bu pencerelerin varlığı, riski daha da artırmakta, özellikle ani ve yüksek debili taşkınlarda ciddi zararlar ortaya çıkmaktadır.

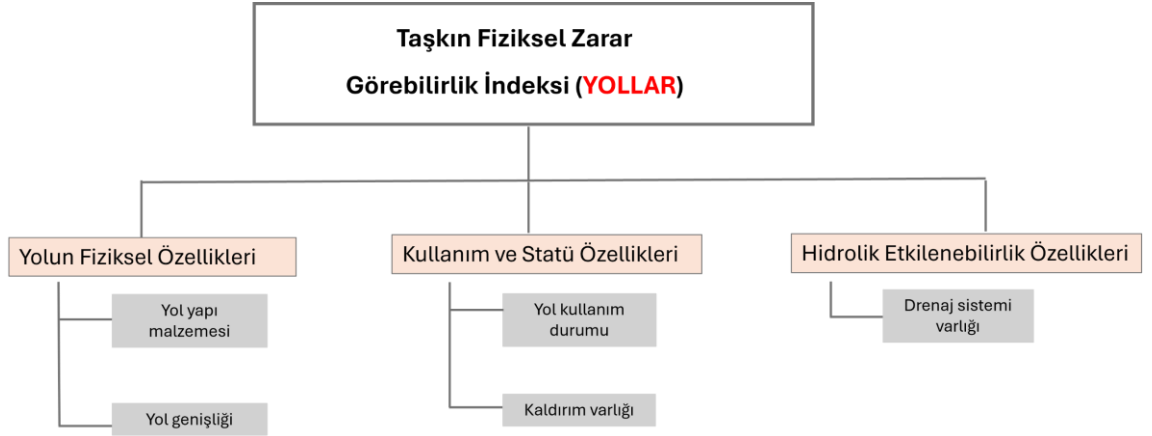
Çalışma alanında yapılar analizler neticesinde (Şekil 24e), pencere türlerine göre yapı dağılımında en yaygın olarak normal camlı pencerelere sahip yapıların bulunduğu, bunu endüstriyel cam bölmeli yapıların izlediği ve en az sayıda ise penceresiz yapıların yer aldığı tespit edilmiştir. Endüstriyel cam bölmeli yapılar, özellikle yerleşmenin kuzey kesiminde yoğunlaşmakta olup, bu durum bölgenin fiziksel planlama özellikleri ve kullanım amaçlarıyla ilişkili olduğunu göstermektedir.



Fotoğraf 16. Genel pencere türüne göre örnek yapılar a) normal pencere b) penceresi olmayan yapı c) penceresi olmayan yapı d) endüstriyel cam bölmeli yapı

3.3.2. Yollara Ait Zarar Görebilirliklerin Belirlenmesi

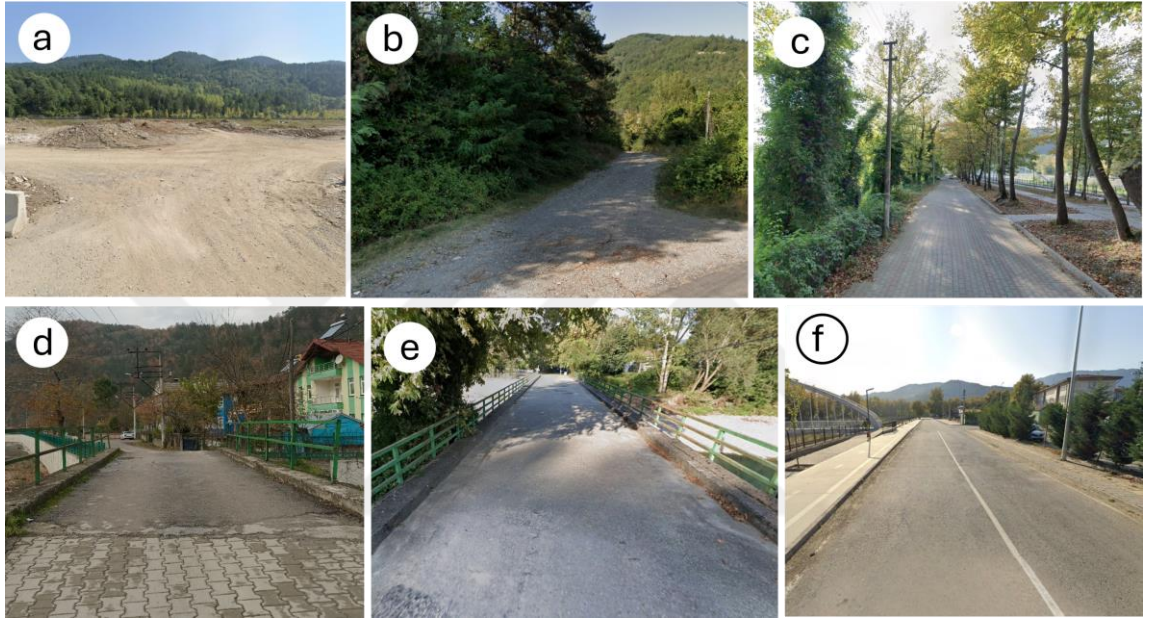
Yollar için Taşkın Zarar Görebilirlik İndeksi (YTZGİ), kara ulaşım altyapısının taşkın tehlikesine karşı maruziyetini ve fiziksel zarar görme potansiyelini değerlendiren analitik bir araçtır. Maruziyet bileşeni, altyapının taşkına açık olma derecesini ortaya koyar. Hassasiyet bileşeni ise, taşkın anında ve sonrasında meydana gelebilecek zararları öngörmeyi amaçlar. Bu faktörlerin birlikte analiz edilmesi, özellikle taşkınlara sık maruz kalan alanlarda yolların ulaşım sürekliliği açısından ne ölçüde risk taşıdığını belirlemeye olanak tanır (Şekil 25). Çalışma kapsamında yollar, sadece mekânsal hareketliliği sağlayan ulaşım ağları değil; aynı zamanda afet öncesi erken uyarı sistemlerine erişim, tahliye güzergahlarının işlerliği, afet anındaki müdahale kapasitesi ve afet sonrası iyileştirme süreçlerinin başarısı açısından hayati öneme sahip altyapı öğeleri olarak ele alınmaktadır. Özellikle Ulus gibi kırsal karakterli bölgelerde yolların taşkın sonucu zarar görmesi, yalnızca ulaşımı kesintiye uğratmakla kalmamakta, aynı zamanda yerleşimlerin dış dünya ile olan bağlantısını keserek can kaybı riskini artırmakta ve afet yönetin süreçlerini sekteye uğratmaktadır. Bu bağlamda YTZGİ kapsamında yapılacak değerlendirmeler, bölgedeki ulaşım altyapısının mevcut kırılganlık düzeyini belirlemek, öncelikle müdahale gerektiren yol kesimlerini tespit etmek ve taşkınlara karşı dirençli bir ulaşım planlaması geliştirmek açısından son derece önemlidir. Ayrıca bu indeks, yerel yönetimlerin afet risklerini azaltma politikalarına teknik bir zemin oluşturarak, kaynakların etkin kullanımına ve sürdürülebilir ulaşım stratejilerinin oluşturmaya katkı sunmaktadır.



Şekil 25. Yol Zarar Görebilirlik İndeksi bileşenleri.

Yolların yapı malzemesine göre belirlenen zarar görebilirliği, taşkınlara karşı dikkate alınan önemli bir parametredir. Her malzeme türü, taşkın suyu ile temas ettiğinde farklı dayanıklılık düzeyleri sergilemekte ve bu farklılıklar yol altyapısının fiziksel bütünlüğünü doğrudan etkilemektedir. Özellikle geçirimsiz ve dayanıklı yüzeyler (örneğin beton ve asfalt), kısa süreli su temasına karşı yüksek direnç gösterirken; toprak ve stabilize gibi geçirgen ve mekanik açıdan zayıf malzemeler, suya doygunlukla birlikte çökme, erozyon ve yüzey deformasyonlarına açık hale gelmektedir. Parke döşemeli yollar, su sızıntısına karşı kısmi direnç gösterse de, taşkınla birlikte kilitli yapıların bozulması riski taşır. Malzeme kombinasyonu karışık yollar ise, her bir bileşenin farklı tepkileri nedeniyle düzensiz bozulmalara uğrayabilir. Çalışma sahasına bulunan yollara ait malzeme özellikleri saha gözlemleri ile belirlenmiş olup bunlara ait mekânsal dağılışı verilmiştir (Şekil 26a). Toprak ve stabilize yolların (Fotoğraf 17a ve 17b), özellikle Alpi deresi, Eldeş deresi ve Mezgeller mahallesi çevresi gibi yerleşim dışı ve kırsal alanlara yakın bölgelerde yoğunlaştığı; bu yolların, taşkın durumlarında yüksek geçirgenlikleri ve yapısal zayıflıkları nedeniyle daha fazla risk taşıdığı görülmektedir. Parke döşeme yolların (Fotoğraf 17c) ise Mezgeller, Samat ve Kaldırım Mahalleleri gibi yerleşim merkezlerinde orta yoğunlukta kullanıldığı, bu nedenle maliyet-etkinliği ve orta düzeyli dayanıklılığıyla sınırlı risk taşıdığı gözlemlenmektedir. Karışık yol yapısına (Fotoğraf 17d) sahip bölgelerin de geçiş alanlarında yer aldığı, farklı zemin türlerinin birlikte kullanıldığı alanlarda altyapı dayanımının farklılık gösterebileceği anlaşılmaktadır. Beton yollar

(Fotoğraf 17e), Ulus deresinin batı yakasında sınırlı bir alanda, kamu kurumları ve eğitim yapıları çevresinde yoğunlaşmakta, bu da yapısal sağlamlığının öncelendiği noktaları göstermektedir. Asfalt yol tercihi (Fotoğraf 17f) ise ana ulaşım akslarında bulunmakta ve yerleşim merkezinin dış bağlantılarını sağlayan arterlerde yer almaktadır. Bu yollar taşkın sırasında ulaşılabilirliği korumak açısından kritik bir rol oynamaktadır.



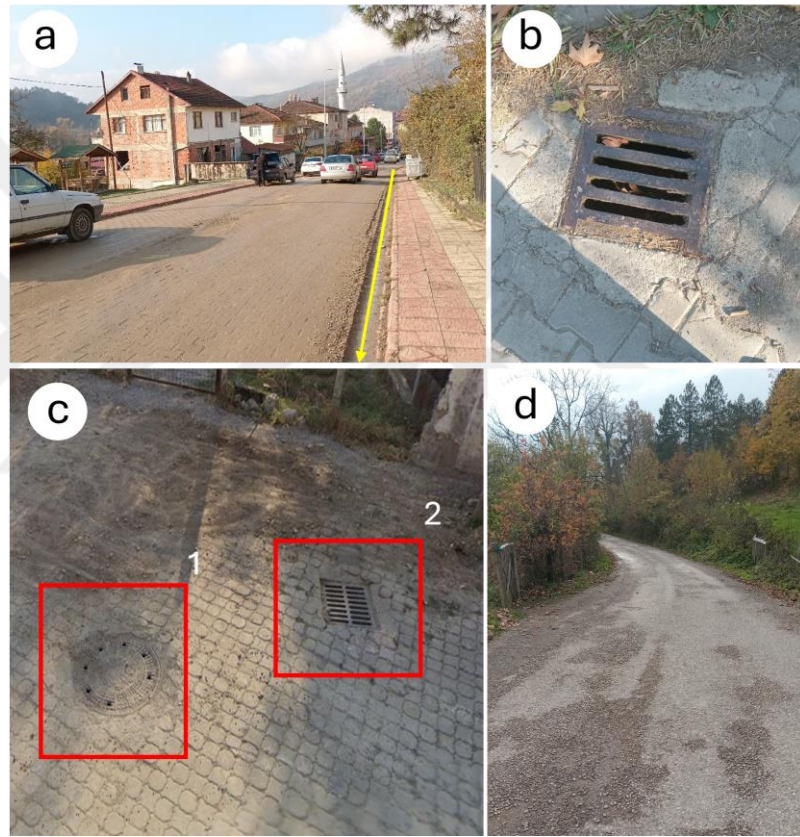
Fotoğraf 17. Yol türüne göre örnek yapılar a) asfalt b) parke döşeme c) karışık d) beton e) toprak f) stabilize

Yolların kullanım düzeyi, gözlem yoluyla belirlenen diğer bir zarar görülebilirlik özelliğidir. İlçe merkezine ait yol kullanım yoğunluğu analizi incelendiğinde (Şekil 26b), yüksek kullanım yollarının ilçenin merkezinden geçerek doğu-batı yönünde ana ulaşımı sağladığı ve özellikle ticari, idari ve kamusal alanlara erişimde kritik bir rol oynadığı görülmektedir. Harita verisine göre kırmızı renkle gösterilen bu yüksek kullanım yolları, Alpi D. Ulus D. ve Süleyman D. boyunca uzanarak Samat, Mezgeller, Kaldırım ve Gedikler mahallelerini birbirine bağlamakta, böylece taşkın anında bu yolların zarar görmesi durumunda yalnızca fiziksel altyapı kaybı değil, aynı zamanda tahliye gecikmeleri ve ulaşım kesintileri gibi

ciddi toplumsal etkiler ortaya çıkabilmektedir. Orta düzey kullanım yollarının (turuncu) genellikle mahalle içi dolaşımı sağladığı ve destekleyici ağ olarak işlev gördüğü; bu yolların zarar görmesinin ise sınırlı ölçekte etki yaratabileceği değerlendirilmektedir. Mavi renkle gösterilen düşük kullanım yollarının ise özellikle Alpi D., Eldeş D. çevresi ve mahalle aralarında konumlandığı, bu nedenle taşkın anında zarar görseler bile, altyapı açısından daha az kritik ancak bölgesel izolasyon riski açısından önemli olabileceği anlaşılmaktadır. Dolayısıyla yolun kullanım durumu, taşkın kaynaklı fiziksel zararların yanı sıra işlevsel kayıpların da boyutunu belirleyen önemli bir etkidir.

Yolların drenaj sistemi varlığına göre belirlenen zarar görülebilirlik taşkın dönemleri açısından dikkate alınan diğer bir yol özelliğidir. Drenaj sistemine sahip yollar, yüzeysel suyun kontrollü biçimde uzaklaştırılmasına olanak tanıyarak taşkın anında su birikimini azaltmakta ve böylece yol yüzeyinin ve alt yapısının korunmasını sağlamaktadır. Bu durum, yolun yapısal bütünlüğünü korurken aynı zamanda ulaşım sürekliliğini de destekler. Buna karşılık drenaj sistemi bulunmayan yollar, suyun yüzeyde birikmesine ve zeminin doygunluğuna ulaşarak taşıma kapasitesinin düşmesine neden olmakta, bu da yolun çökmesine, deformasyonuna veya tamamen kullanılmaz hale gelmesine yol açabilmektedir. Ayrıca yollarda eğimin olduğu alana doğru suyu kanalizasyon etmesi de diğer bir etkisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla drenaj sisteminin varlığı, yolların taşkın karşısındaki direnç seviyesini belirleyen ve potansiyel zararların boyutunu doğrudan etkileyen bir kriterdir. Ulus ilçe merkezi yerleşimine ait analizde, yolların drenaj sistemi durumları ortaya koymakta ve genel olarak drenaj sisteminin yetersiz olduğunu göstermektedir (Şekil 26c). Harita verilerine göre drenaj sistemine sahip yollar yeşil renkle, sistemin bulunmadığı yollar ise kırmızı renkle gösterilmiştir. Analiz sonucunda, başta Mezgeller, Samat ve Süleyman D. çevresinde olmak üzere yalnızca sınırlı sayıda yol kesiminde drenaj altyapısının bulunduğu, buna karşın Alpi D., Ulus D. ve Kaldırım mahallesi gibi kritik ulaşım bağlantılarını içeren geniş bir alanın drenaj sisteminden yoksun olduğu görülmektedir. Yerleşim alanlarını birbirine bağlayan yollar ile tahliye güzergahlarında drenaj eksikliği özellikle dikkat çekici olup, bu durum yoğun yağışlarda ulaşımın kesintiye uğraması, tahliye süreçlerinin aksaması ve acil

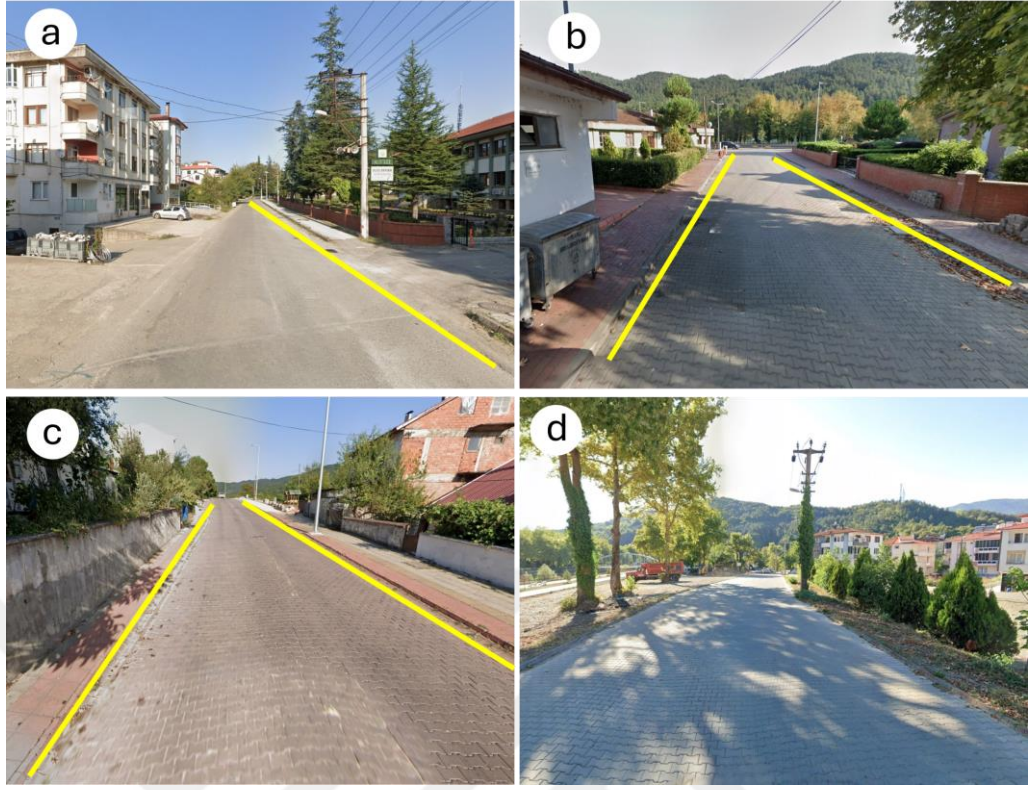
müdahale ekiplerinin bölgeye erişiminin engellenmesi gibi ciddi riskler doğurabilir (Fotoğraf 18d). Drenaj sisteminin gözlemlendiği yolların (Fotoğraf 18a, 18b ve 18c) sayısı sınırlı olup mevcut drenaj sistemlerinin de taşkının büyüklüğü ve karakterine bağlı olarak tamamen güvenli olduğu söylenemez; bu sistemler zamanla tıkanabilir, bakım eksiklikleri ya da kapasite yetersizlikleri nedeniyle yine taşkın riski yaratabilir. Yerleşim yerinin su kaynaklarına yakınlığı da dikkate alındığında, sadece drenaj sistemlerinin varlığı değil, aynı zamanda bu sistemlerin etkin işletim ve düzenli bakımı büyük önem taşımaktadır.



Fotoğraf 18. Yol drenaj sistemine göre örnek yapılar a) drenaj oluğu b) kare yağmur suyu drenaj ızgarası c1) Kanalizasyon kapağı c) Yağmur suyu drenaj ızgarası d) drenaj yok

Yolların kaldırım varlığı da yolların zarar görebilirliğinin belirlenmesinde kullanılan diğer bir parametredir. Kaldırımlar, hem yaya güvenliğini sağlamaları hem de yüzey suyu akışını yönlendirmeleri açısından taşkın olaylarında yapısal

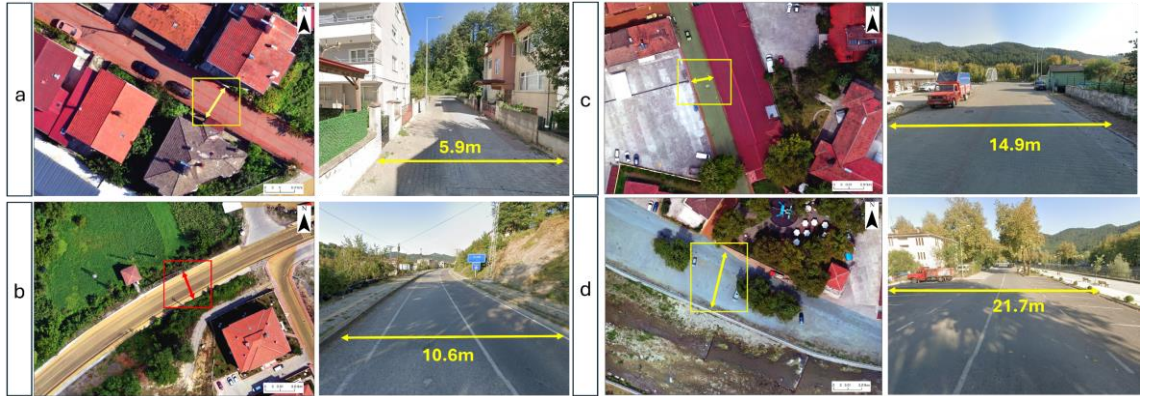
bir bariyer işlevi görebilmektedir. Özellikle su derinliğin az olduğu veya azaldığı alanlarda yol yüzeyinden çevreye yayılımı azaltan bir unsur olarak karşımıza çıkar. Ulus ilçe merkezi yerleşimine ait kaldırım altyapısını gösteren analiz, taşkın riski açısından fiziksel zarar görülebilirlik durumunu değerlendirmek için önemli ipuçları sunmaktadır (Şekil 26d). Tek taraflı kaldırıma sahip yollar (Fotoğraf 19a) ise sınırlı bir koruma sağlamakla birlikte, taşkın gibi ani su baskınlarında yetersiz kalabilir. Turuncu renkle gösterilen tek taraflı kaldırımlı yollar, Mezgeller ve Kaldırım mahallelerinde görülmekte ve sınırlı düzeyde koruma sağlamaktadır. Çift taraflı kaldırımı bulunan yollar (Fotoğraf 19b ve 19c), hem yaya güvenliği hem de suyun kontrollü akışı açısından daha avantajlı olup, fiziksel zarar görme olasılığı diğer bölgelere göre daha düşüktür. Harita verilerine göre yeşil renkle gösterilen yollar, çift taraflı kaldırıma sahip olup genellikle Ulus D., Süleyman D. ve Samat mahallesi çevresindeki ana bağlantı akslarında yoğunlaşmıştır; bu yollar taşkın anında hem yaya güvenliği hem de suyun yönlendirilmesi açısından daha dayanıklı kabul edilmektedir. Kaldırım bulunmayan yolların (Fotoğraf 19d) (Şekil 26d) taşkın sırasında doğrudan suya temas etme riski taşımaktadır. Kaldırım eksikliği, yalnızca yaya güvenliğini azaltmakla kalmaz; aynı zamanda yağmur suyu tahliyesini de zorlaştırır. Çünkü kaldırım yapıları genellikle yol kenarlarında suyun yönlendirilmesini sağlayan eğimler ve yağmur suyu ızgaralarıyla birlikte tasarlanır. Kırmızı renkle gösterilen kaldırımsız yollar ise başta Alpi D., Kaldırım mahallesi ve akarsu kollarına yakın sokaklar olmak üzere oldukça geniş bir alana yayılmakta, bu da söz konusu alanların doğrudan su temasına açık olduğunu göstermektedir. Ancak sahadaki gözlemlerde bazı yollarda kaldırım olsa dahi yağmur suyu ızgaralarına rastlanılmamıştır. Bu tür altyapılar olmadığında, yağmur suyu kontrolsüz şekilde birikerek doğrudan yapı temellerine, yol yüzeyine ve çevresine zarar verebilir. Ayrıca bu alanlarda yayaların ve araçların güvenli tahliyesi de zorlaşmaktadır.



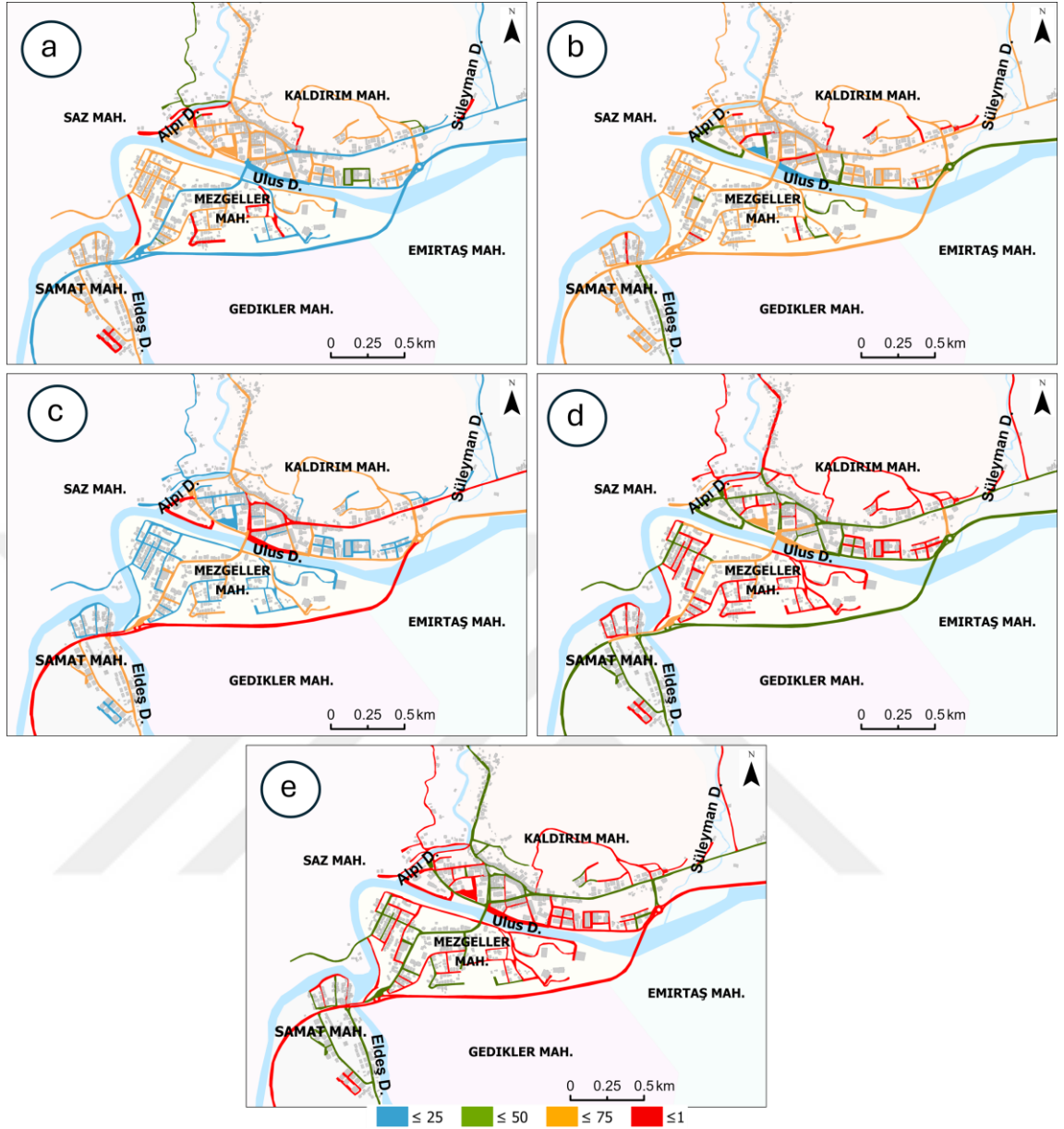
Fotoğraf 19. Yol kaldırım varlığına göre örnek yapılar a) çift taraflı b) çift taraflı c) kaldırım yok d) tek taraflı

Yol genişliği taşkınlara karşı yolların zarar görebilirliğinde kullanılan diğer bir parametredir. Geniş yollar, suyun daha hızlı dağılmasına ve drenaj sistemlerinin etkinliğinin artmasına olanak tanıyarak yapısal hasar riskini azaltabilirken, dar yollar suyun birikmesine ve akışın yön değiştirmesine neden olarak fiziksel zararların artmasına zemin hazırlamaktadır. Ayrıca, yol genişliği altyapı kapasitesiyle doğrudan ilişkili olduğundan, afet anındaki erişebilirlik, tahliye ve müdahale süreçlerini de etkilemektedir. Bu parametre belirlenirken 1m çözünürlüklü Lidar saha görüntüsünde her bir yol kesiti için üç farklı noktadan genişlik ölçümleri alınmış ve bu değerlerim aritmetik ortalaması hesaplanarak temsili bir genişlik değeri elde edilmiştir. Bu yöntem, yolun farklı bölümlerindeki genişlik değişimlerini dikkate alarak daha gerçekçi ve yerel durumu yansıyan bir değerlendirme yapılmasına olanak tanımaktadır. ArcGIS'te ölçümler gerçekleştirilmiş; seçilen noktalar yolun başlangıcı, ortası ve sonu olacak şekilde konumlandırılmıştır. Elde edilen ortalama genişlik değerleri daha sonra taşkın

zarar görebilirlik analizine dahil edilmiştir. Bu yaklaşım, özellikle genişliği değişken yolların taşkın sırasındaki su akışı ve birikimi üzerindeki rolünü daha doğru şekilde analiz etmeye olanak sağlamaktadır. Ulus ilçe merkezindeki yol genişliklerine bakıldığında (Şekil 26e), Kırmızı renkle gösterilen 4.5–6 metre aralığındaki dar yolların (Fotoğraf 20a) özellikle Alpı D., Süleyman D. ve Kaldırım mahallesi gibi yerleşim içi mahalle bağlantılarında yoğunlaşmış olup, acil durum erişimi, araç geçişi ve yüzey suyu tahliyesi açısından daha kırılgan bir yapıya sahiptir. Turuncu renkle gösterilen 6–12 metrelik yolların (Fotoğraf 20b) ise merkez mahallelerde yaygın şekilde dağıldığı ve ulaşım ağının büyük bölümünü oluşturduğu görülmektedir. Yeşil renkle gösterilen geniş yollar (12-20m ve üzeri) (Fotoğraf 20c ve Fotoğraf 20d), ana ulaşım akslarını ve yerleşim merkezini çevreleyen yolları oluşturmakta; bu yollar hem trafik akışı açısından hem de taşkın gibi afet anlarında tahliye ve müdahale kolaylığı açısından avantaj sağlamaktadır. Yol genişliği, özellikle yoğun yağışlarda suyun akış yönü ve yayılım alanı üzerinde doğrudan etkili olabileceğinden, bu farklılıklar taşkın etkilerinin dağılımı açısından önem taşımaktadır.



Fotoğraf 20. Yol genişliğine göre örnek yapılar a) 4.5 – 6 metre (dar yol) b) 6 – 12 metre (orta genişlik) c) 12 – 20 metre (geniş yollar) d) 20 – 36 metre (çok geniş yollar)

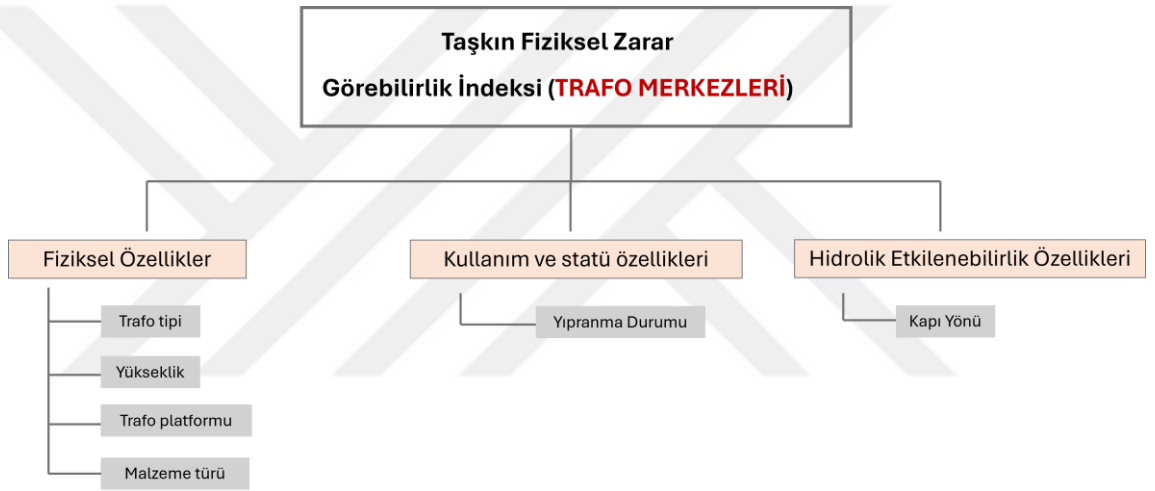


Şekil 26. Yollara ait parametrelerin zarar görbilirlik dağılımları a) Yapı türü b) yol genişliği c) yol kullanım türü d) kaldırım varlığı e) drenaj sistemi

3.3.3. Trafo Merkezlerine Ait Zarar Görebilirliklerin Belirlenmesi

Trafo Merkezlerine ait zarar görbilirliklerin belirlenmesi, taşkın tehlikesi altındaki enerji altyapısının mevcut risklere karşı kırılganlığının sistematik ve nicel bir biçimde analiz edilmesini amaçlayan bir değerlendirme sürecidir. Elektrik iletim ve dağıtım sistemlerinin kilit noktalarından biri olan trafo merkezleri, yaşanabilecek bir taşkın olayında yalnızca fiziksel hasar açısından değil, aynı

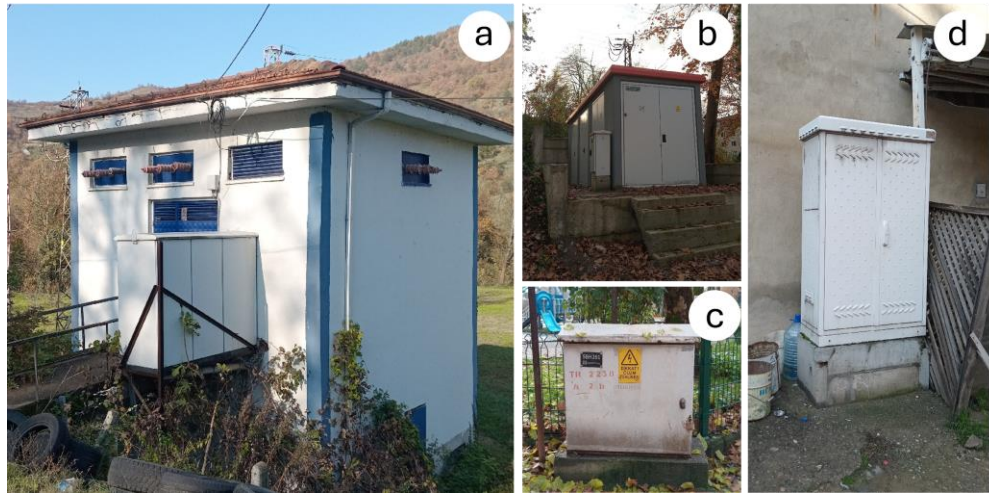
zamanda çok daha geniş çaplı sosyoekonomik etkiler bakımından da yüksek risk taşıyan yapılardır. Maruziyet bileşeni, trafo merkezlerinin taşkın tehlikesine ne ölçüde açık olduğunu nicel yaklaşımla ortaya koymayı amaçlar. Hassasiyet bileşeni ise, trafo merkezlerinin fiziksel ve teknik özelliklerine odaklanır (Şekil 27). Bu bileşenlerin entegrasyonu sayesinde, her bir trafo merkezinin taşkın karşısındaki kırılganlık düzeyi nicel olarak ölçülebilmekte ve Taşkın Zarar Görebilirlik İndeksi kapsamında sınıflandırılabilmektedir. Enerji arz güvenliğinin sağlanması ve kritik altyapı sürekliliğinin korunması açısından bu tür analizlerin karar verici kurumlar tarafından göz önünde bulundurulması büyük önem taşımaktadır.



Şekil 27. Trafo merkezlerine ait zarar görebilirlik indeksi bileşenleri

Trafo tipi, taşkın zarar görebilirlik seviyelerinin belirlenmesinde önemli belirleyici başka bir faktördür. Farklı trafo tiplerinin yapısal ve fonksiyonel özellikleri, taşkın anında meydana gelen su baskınına karşı dayanıklılıklarını etkileyerek, her bir yapının zarar görme olasılıklarını farklı seviyelerde belirlemektedir. Beton köşk tipi trafo merkezleri (MEGEP, 2007) (Fotoğraf 21a), genellikle zemin seviyesinin üzerinde inşa edilmesine rağmen, taşkın sırasında çevre altyapısının durumu ve su seviyelerinin yükselmesi trafonun zarar görmesine neden olabilir. Su, giriş noktalarından içeri sızarak elektriksel bileşenlere zarar verebilir, izolasyon kaybına yol açabilir ve ciddi arızalar

meydana getirebilir. Sahada bu tip trafo sayısı 3 olup ve toplam trafo sayısının %2.8'ini oluşturur. Kompakt tip trafo merkezleri (Fotoğraf 21b) ise büyük yapılar olup, birden fazla trafonun bulunduğu kompleks yapılar olduğundan taşkın anında suyun etkisiyle büyük çapta zarar görebilirlik ve tüm enerji dağıtım sisteminin çökmesine neden olabilir. Sahada bu tip trafo sayısı 2 olup ve toplam trafo sayısının %1.9'unu oluşturur. Kompakt tip kare kabinli (Fotoğraf 21c) ve dikdörtgen kabinli trafolar (Fotoğraf 21d), dış mekânda yer alıp su geçirmez özelliklerle tasarlanmış olsa da taşkın sırasında su seviyesinin yüksekliği kabinlere sızarak içindeki bileşenlere zarar verebilir ve kısa devreler gibi elektriksel arızalara yol açabilir. Kompakt tip kare kabinli trafo sahada 100 tane olup toplam trafo sayısının %93.4'ünün oluştururken, dikdörtgen kabinli trafolar ise 2 tane olup toplam trafo sayısının %1.9'unu oluşturur. Ulus ilçe merkezindeki trafo merkezlerinin dağılımı incelendiğinde (Şekil 28a), kompakt tip kare kabinli trafoların yoğun bir şekilde görülmektedir. Beton köşk tipi trafoların sayısı oldukça sınırlı olup, taşkın durumunda bireysel bazda etkilenme olasılıkları yüksektir. Kompakt tip dikdörtgen kabinli trafolar ve kompakt tip trafo merkezleri ise az sayıda bulunmakta, ancak bu merkezler yüksek kapasiteleri nedeniyle arıza durumunda geniş ölçekli kesintiler sebep olabilecek kritik öneme sahiptir (Tablo 23).



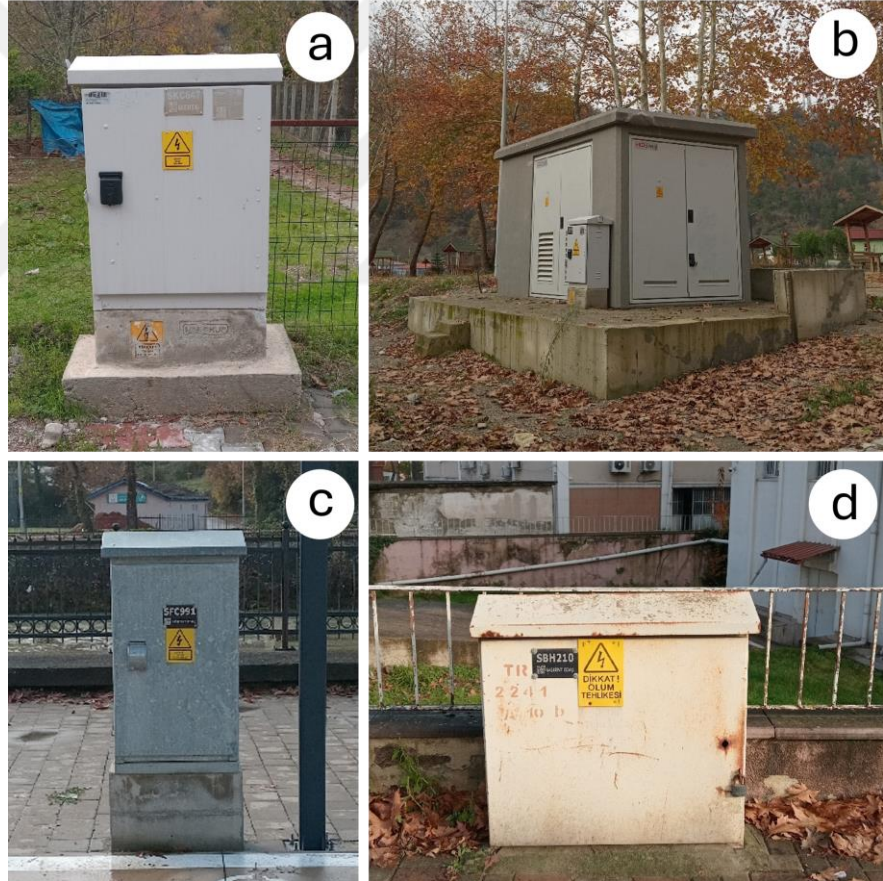
Fotoğraf 21. Trafo tipine göre örnek yapılar a) Beton köşk tipi trafo merkezi (Concrete kiosk type substation) b) Kompakt tip trafo merkezi (Compact Transformer Substation) c) Kompakt tip kare kabinli trafo (Compact Substation- Square Form) d) Kompakt tip trafo merkezi (Compact Transformer Substation)

Trafo ünitelerinin yüksekliği, taşkın anında maruz kalınan su seviyesine karşı fiziksel korunmayı doğrudan etkileyen belirleyici bir parametredir. Taşkın sırasında su derinliği ve debisinin yapılar üzerindeki etkisi göz önünde bulundurulduğunda, trafonun yüksekliği, yapının işlevselliğini sürdürebilme kapasitesi açısından kritik bir rol üstlenmektedir (Şekil 28b). Bu bağlamda, yüksekliği 0.75-1.31 cm aralığında olan trafolar “düşük yükseklik” grubuna girerek, taşkın sularına doğrudan maruz kalma olasılığı en yüksek olan ve dolayısıyla en kırılgan yapı sınıfını oluşturmaktadır. 1.31-1.87 cm aralığındaki trafolar ise “orta-düşük yükseklik” sınıfında yer almakta olup, görece daha az risk barındırmakla birlikte su seviyesinin bu yapıların alt ekipmanlarına ulaşabilme ihtimali hale mevcuttur. “Orta-yüksek yükseklik” olarak 1.87-2.43 cm aralığındaki trafolar, suyun erişebileceği seviyenin üstünde konumlandıkları için taşkın riskine karşı daha dirençli kabul edilmektedir. 2.43 cm yüksekliğindeki trafolar ise “yüksek yükseklik” grubunda değerlendirilmekte olup, taşkın suyu ile doğrudan temas olasılığı düşüktür. Bu nedenle bu gruptaki trafolar en düşük fiziksel zarar görebilirlik seviyesine sahiptir.

Trafo platformu yüksekliği, taşkın sırasında suyun yapıya ulaşma riskini belirleyen önemli bir diğer parametredir. Bu çalışmada kullanılan yükseklik aralıkları (0-95 cm), taşkın derinliklerine karşı yapısal bileşenlerin maruziyetini değerlendirmek amacıyla belirlenmiştir. Özellikle trafo taban kotunun yerden yüksekliği, taşkın su seviyesinin altında kaldığında trafo ünitesinin işlevselliği büyük ölçüde zarar görebilmekte, elektrik kesintilerine ve altyapı sistemlerinde aksamalara yol açabilmektedir. Çok düşük yüksekliği (0-23.75 cm) taşkın sularına en açık olan grubu oluştururken, yüksek yükseklik (71.25-95 cm) görece daha güvenli kabul edilir. Bu sınıflar, bölgedeki taşkın derinlikleri ve risk seviyelerine göre belirlenmiş olup, zarar görebilirlik analizlerinde referans eşikler olarak kullanılmıştır. Yapılan analizler neticesinde, çok düşük ve düşük yerden yüksekliğe sahip trafoların Mezgeller, Samat ve Alpi deresi çevresinde yoğunlaştığı, bu bölgelerin taşkın riski açısından daha kırılgan olduğu görülmektedir. Buna karşılık, yüksek kotlu trafoların Kaldırım mahallelerinde yer alması, bu alanların taşkına karşı daha dirençli bir altyapıya sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 28c).

Trafo malzeme türü, taşkına karşı zarar görülebilirlik seviyesinin belirlenmesinde bir parametre olarak öne çıkmaktadır. Malzeme türü, taşkın anında maruz kalınan fiziksel etkilere karşı dayanıklılığı doğrudan etkilediğinden, trafoların işlevselliğinin sürdürülmesi ve altyapı sistemlerinin kesintisiz çalışması açısından kritik bir rol üstlenmektedir. Alüminyum kabinler (Fotoğraf 22a) ise doğal olarak korozyona dayanıklı bir yapıya sahiptir. Oksijenle temas ettiğinde oluşan ince alüminyum oksit tabakası, metal yüzeyi dış etkenlerden izole ederek uzun ömürlü bir koruma sağlar. Bu sayede, paslanma açısından en dirençli metal olup, özellikle deniz kenarı gibi agresif koşullarda dahi yapısal bütünlüğünü uzun süre koruyabilir (ASM International, 2005). Ancak, alüminyumun hafifliği yapısal dayanımını sınırladığı için, taşkın durumunda orta kırılma seviyesiyle değerlendirilir. Betonarme binalar (Fotoğraf 22b) ise, suya ve dış etkenlere karşı en yüksek yapısal direnç gösteren trafo türlerinden biridir. Dayanıklılık açısından en az kırılma yapıları olmakla birlikte, taşınabilirlikleri olmaması ve yüksek maliyetleri, uygulanabilirliklerini sınırlandırmaktadır. Sonuç olarak, paslanma hızı açısından değerlendirildiğinde; demir en hızlı paslanan, ardından galvanizli sac gelen, en son ise alüminyumun en yavaş paslanan ve en dayanıklı malzeme olduğu görülmektedir. Demir kabinler (Fotoğraf 22c), dayanıklı ve sağlam yapısına rağmen, çevresel nem ve oksijenle hızla reaksiyona girerek demir oksit (pas) oluşturur. Özellikle koruyucu kaplamadan yoksun yüzeylerde, dış ortam koşullarına maruz kaldığında paslanma çok kısa sürede başlar. Bu da taşkın suyu ile teması halinde yüksek kırılma seviyesine neden olur (Ikechukwu & Pauline, 2015; Fontana, 1986). Galvanizli sac (Fotoğraf 22d) ise temelinde çelik ya da demir içerir, fakat yüzeyi çinko kaplama ile korunmaktadır. Bu çinko katman paslanmaya karşı koruma sağlar; ancak zamanla aşınırsa ya da fiziksel hasar alırsa, alttaki demir yüzey paslanmaya başlar. Bu nedenle galvanizli saclar, paslanma hızında demirden daha dayanıklı olsa da uzun süreli taşkın teması durumunda orta-yüksek kırılma seviyesine ulaşır. Ulus yerleşim merkezine ait trafo malzeme türü dağılım haritası incelendiğinde, trafo altyapısında malzeme seçimlerinin mekânsal olarak farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır (Şekil 28d). Ulus yerleşim merkezi genelinde, trafo malzeme dikkate alındığında en yaygın olarak kullanılan yapı tipinin alüminyum kabinler olduğu görülmektedir. Alüminyum

kabinler toplamda 62 adet ile sahada en yoğun bulunan trafo türü olup, özellikle akarsuyun güney kesiminde belirgin bir yoğunlaşma göstermektedir. Bu durum, alüminyumun korozyona karşı direnç gösterdiği ve hafif yapısı sayesinde sahada daha sık tercih edilmesiyle ilişkilendirilebilir. Galvanizli sacdan yapılmış trafolar ise 36 adetle ikinci sırada yer almakta olup bu kaplama zamanla aşınabileceğinden uzun vadeli risk taşımaktadırlar. Betonarme binalar, 6 adet ile sınırlı sayıda bulunmasına rağmen, taşkın ve diğer fiziksel etkilere karşı en yüksek dayanımı sağlayan yapı tipidir. Sahadaki demir kabinler ise yalnızca 3 adet olup, yüksek paslanma potansiyeli ve suyla temas ettikçe dayanım kaybı yaşaması nedeniyle en kırılgan malzeme grubunu oluşturmaktadır.



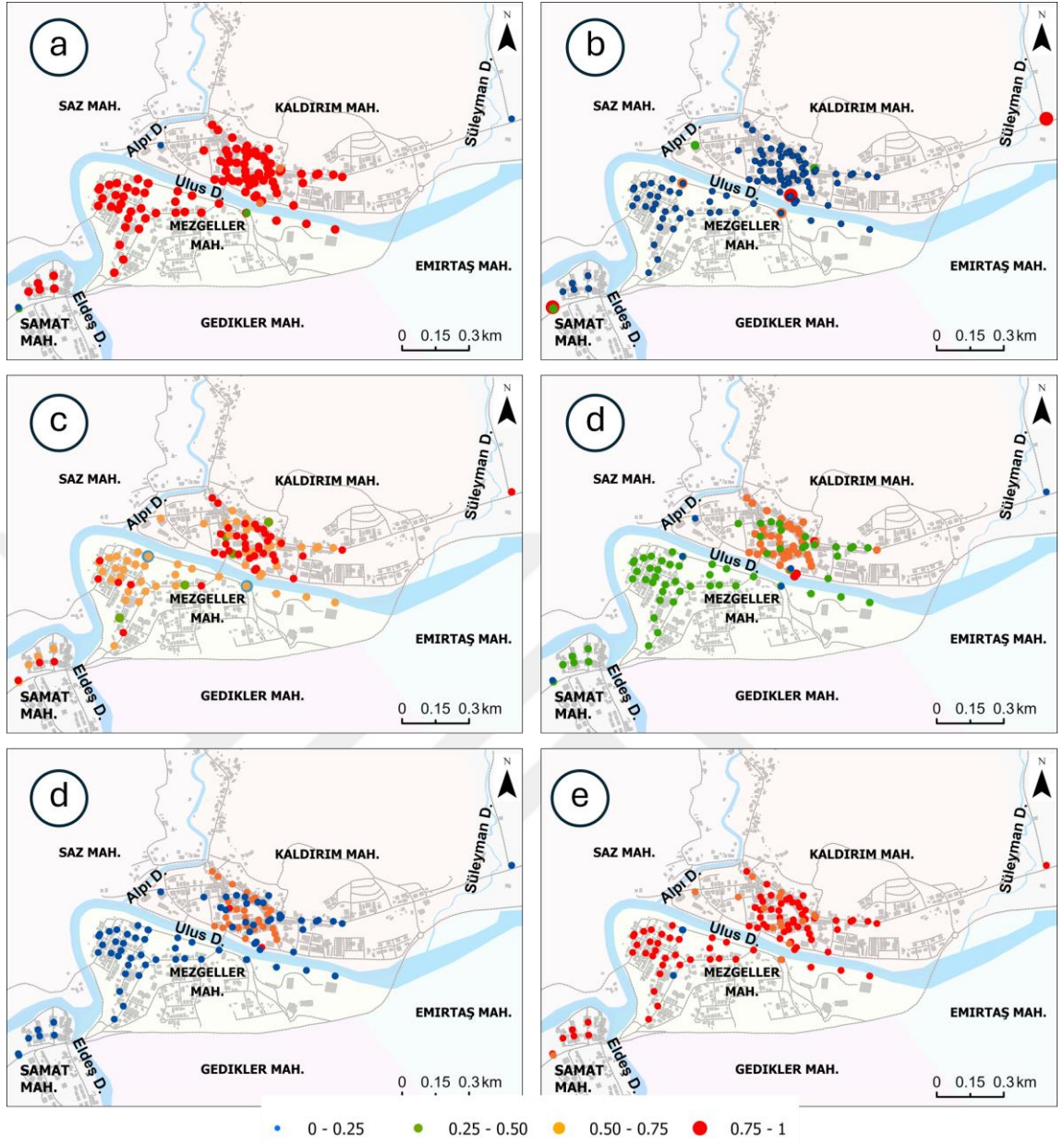
Fotoğraf 22. Trafo malzeme türüne göre örnek yapılar a) Alüminyum kabin b) Betonarme yapı c) Demir kabin d) Galvanizli sac

Trafo yıpranma durumuna göre belirlenen değerler, taşkın zarar görebilirlik seviyelerinin belirlenmesinde kullanılan diğer bir parametredir. Yıpranma bulunmayan veya yalnızca hafif düzeyde yıpranmış trafolar (Fotoğraf 23a), koruyucu dış kaplamalarının, yalıtım sistemlerinin ve iç donanımlarının büyük ölçüde işlevini koruması sayesinde, taşkın sırasında suya karşı daha yüksek direnç gösterebilir. Bu tür trafolarda, sızdırmazlık elemanları ve elektriksel izolasyon malzemeleri hala etkili olduğundan, suyun iç sistemlere nüfuz etmesi ihtimali daha düşüktür. Öte yandan, kısmen yıpranmış ancak işlevselliğini sürdüren trafolarda (Fotoğraf 23b), dış kabukta çatlaklar, conta ve izolasyon elemanlarında deformasyon gibi hasarlar görülebilir. Bu durum taşkın sırasında suyun kabin içine sızmasını kolaylaştırarak, trafonun iç bileşenlerinde kısa devreler, elektriksel arızalar ve işlev kaybı riskini artırır. Ağır yıpranmış veya kullanılmaz durumda olan trafolar ise (Fotoğraf 23c), zaten zayıflamış olan yapısal bütünlükleri ve yalıtım sistemlerinin işlevini büyük ölçüde yitirmiş olması nedeniyle, taşkın sularının etkisine karşı son derece savunmasızdır. Bu tür trafolarda taşkın anında ani ve tam sistem çökmesi, enerji hatlarında geniş çaplı arızalar ve çevresel güvenlik tehditleri meydana gelebilir. Ayrıca, ağır yıpranmış trafoların içerdiği yağ ve kimyasal maddeler, taşkın sularına karışarak çevresel kirliliği artırabilir. Dolayısıyla, trafo yıpranma durumu yalnızca fiziksel hasar potansiyelini değil, aynı zamanda taşkın sonrası sistem toparlanma süresini ve çevresel riskleri de doğrudan etkileyen belirleyici bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Sahadaki trafoların yıpranma durumları değerlendirildiğinde (Şekil 28e), yıpranmamış veya hafif yıpranmış trafoların ilçe yerleşim merkezinin ortasında akarsu yatağının kuzey kenarında ve diğeri Ulus ilçe yerleşim girişinde toplamda 77 tane, kısmen yıpranmış trafoların Ulus Çayı'nın kuzey ve güney kesiminde toplamda 28 tane olarak yayıldığı tespit edilmiştir. Ağır yıpranmış veya kullanılmaz durumdaki 2 trafonun ise ilçe merkezinde ve akarsuya yakın alanlarda Kaldırım mahallesinin orta kesiminde yoğunlaşmaktadır. Özellikle ağır yıpranmış trafoların taşkın riski yüksek bölgelerde yoğunlaşması, taşkın anında enerji altyapısında ciddi arızalar ve hizmet kesintileri yaşanabileceğini göstermekte; bu durum bölgedeki fiziksel zarar görebilirlik seviyesinin belirlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır.



Fotoğraf 23. Trafo yıpranma durumuna göre örnek yapılar a) yıpranma yok veya hafif yıpranmış b) Ağır yıpranmış c) Kısmen yıpranmış, ancak işlevsel

Trafo merkezi kapı/kapak yönü taşkın zarar görülebilirlik seviyelerinin belirlenmesinde etkili bir parametredir. Bu çalışmada, akış yönünde bulunan yan kapı ile diğer yan girişli kapılar arasında fark dikkate alınmamıştır. Ön kapıdan hızlı su girişi, trafonun temel işlevini yitirmesine, koruma sistemlerinin devre dışı kalmasına ve geri dönüşü maliyetli olan sistemsel arızalara neden olabilirken; yan veya arka girişli yapılar, kademeli su basmasıyla müdahale süresinin uzamasına ve potansiyel kurtarma/koruma operasyonlarının etkinliğinin artmasına imkân tanıyabilir. Ulus ilçe yerleşim merkezinde yapılan değerlendirmeye göre (Şekil 28f), kırmızı renkle gösterilen ve akış yönüne bakan ön cephe kapıları, ilçe merkezinde yoğunlukla akarsu kollarına yakın alanlarda konumlanmakta ve yüksek düzeyde zarar görülebilirlik riski taşımaktadır. Sarı renkle gösterilen yan cephe kapıları orta risk seviyesinde yer almakta ve yüksek tehlikeli bölgelerde konumlanmaktadır. Mavi renkle belirtilen arka cephe kapıları ise düşük risk seviyesini temsil etmektedir, ancak bu gruptaki trafo sayısı azdır. Saha çalışmasında, 107 trafo merkezinden 89'unun ön cephe, 15'inin yan cephe ve yalnızca 3'ünün arka cephe kapısına sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 23).



Şekil 28. Trafoya ait parametrelerin zarar görbilirlik dağılımları a) trafo tipi b) trafo yüksekliği c) trafo platformu yüksekliği d) malzeme türü e) yıpranma durumu f) kapı yönü

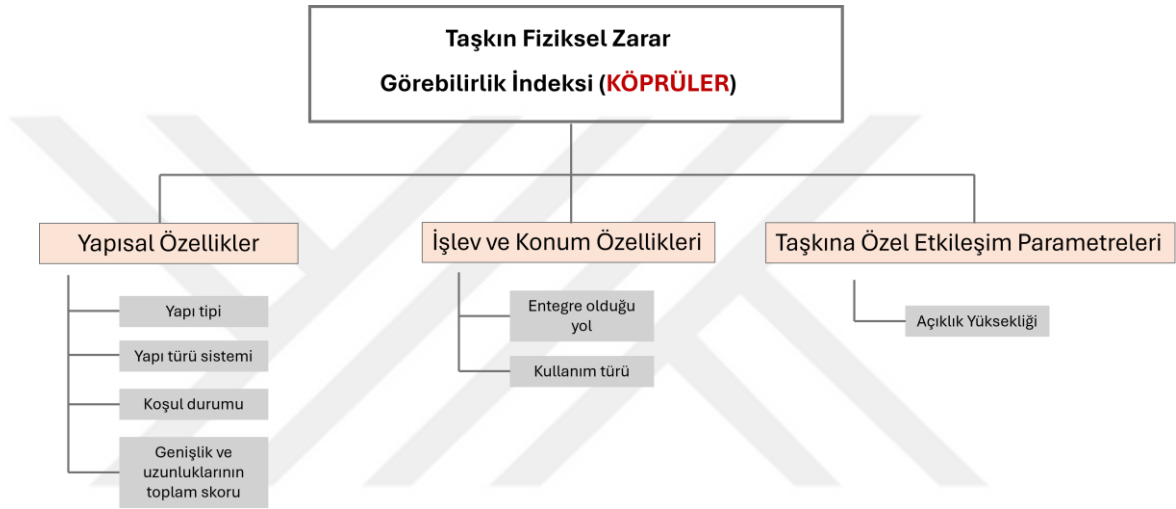
Tablo 23. Ulus ilçe merkezi yerleşimi trafo kabinleri envanteri.

Malzeme Türü	Betonarme Bina	Galvanizli sac	Alüminyum kabin	Demir kabin
	6	36	62	3
Kapı yönü	Ön	Arka	Yan	
	89	3	15	
Trafo tipi	Beton köşk tipi trafo merkezi	Kompakt tip kare kabinli trafo	Kompakt tipi dikdörtgen kabinli trafo	Kompakt tip trafo merkezi
	3	100	2	2
Yıpranma durumu	Yıpranma yok veya hafif yıpranmış	Kısmen yıpranmış, ancak işlevsel	Ağır yıpranmış veya kullanılmaz halde	
	77	28	2	
Trafo yüksekliği	Düşük yükseklik: 0.75 – 1.31 m	Orta-düşük yükseklik: 1.31 – 1.87 m	Orta- yüksek yükseklik: 1.87 – 2.43	Yüksek yükseklik: 2.43 – 3.00
	3	2	3	99
Trafo platformu yüksekliği	Çok düşük yükseklik: 0 – 23.75 cm	Düşük yükseklik: 23.75 – 47.5 cm	Orta yükseklik: 47.5 – 71.25	Yüksek yükseklik: 71.25- 95 cm
	43	56	6	2

3.3.4. Köprülere Ait Zarar Görebilirliklerin Belirlenmesi

Köprülerin taşkınlara karşı zarar görebilirliğin belirlenmesi, afet risk yönetimi, ulaşım altyapısının sürdürülebilirliği ve kritik yapısal sistemlerin korunması açısından stratejik bir öneme sahiptir. Özellikle taşkınların sık ve şiddetli olarak yaşandığı bölgelerde, köprüler yalnızca fiziksel hasar açısından değil, aynı zamanda can ve mal güvenliğini doğrudan etkileyen, ekonomik ve sosyal işleyişin devamlılığı için kritik nitelikteki yapılardır. Maruziyet bileşeni, köprünün taşkın tehdidi ile ne ölçüde karşı karşıya olduğunu ortaya koymakta ve taşkın fiziksel etkilerine maruz kalma olasılığını belirlemektedir. Öte yandan, hassasiyet bileşeni köprünün fiziksel dayanım kapasitesi ve mühendislik özellikleri esas alınmaktadır. Bu iki bileşenin bütüncül ve sistematik biçimde analiz edilmesi, köprülerin taşkın

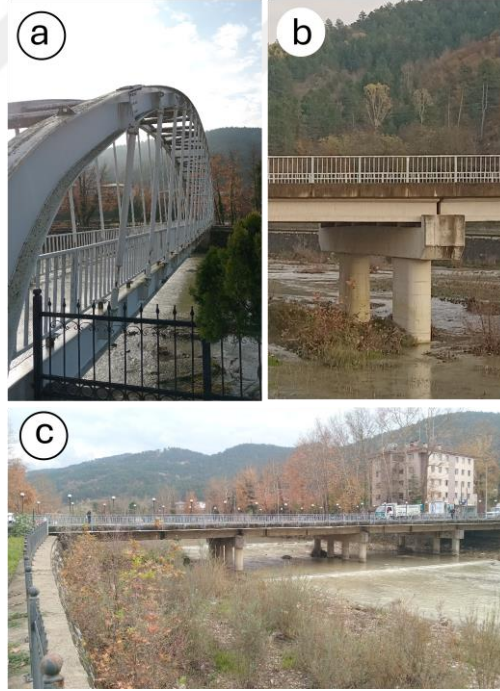
riski karşısındaki kırılganlık düzeylerinin nicel olarak belirlenmesini mümkün kılmakta ve bu sayede hem mevcut yapı stokunun risk profillerine göre sınıflandırılmasına hem de öncelikli müdahale gerektiren alanların belirlenmesinde katkı sağlamaktadır (Şekil 29). Bu çalışmada analiz edilen köprüler, veri düzenliliği ve yorun kolaylığı sağlamak amacıyla BR001 ile başlayarak BRxx formatında kodlanmıştır. Her bir köprüye ait fiziksel, yapısal ve konumsal özellikler bu kodlar üzerinden değerlendirilmiş ve taşkın zarar görbilirlik analizi bu sistematik yapı çerçevesinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 29. Köprülere ait zarar görbilirlik indeksi bileşenleri.

Farklı yapı malzemeleri, taşkın sırasında meydana gelebilecek hidrodinamik kuvvetler, su akışıyla moloz ve uzun süreli suya maruz kalma gibi etkilere karşı farklı dayanıklılık düzeyleri sergilemektedir. Bu bağlamda, beton, çelik ve ahşap köprüler için belirlenen değerler, her bir yapı türünün taşkın etkilerine karşı kırılganlık seviyesini yansıtmakta ve köprülerin fonksiyonel sürekliliği ile yapısal bütünlüğü üzerinde önemli rol oynamaktadır. Dolayısıyla bu sınıflandırma, taşkın riski yönetimi kapsamında yapılacak önceliklendirme ve müdahale planlamalarında dikkate alınması gereken kritik bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Ulus ilçe merkezinde yapılan değerlendirmede beton köprüler genellikle yüksek dayanım ve stabilite sunarken, yoğun ve sürekli su akışına karşı daha uzun ömürlü performans sergileyebilmektedir (Şekil 30a). Çelik köprüler ise esnek yapıları ve dayanıklılıkları sayesinde oldukça güvenli

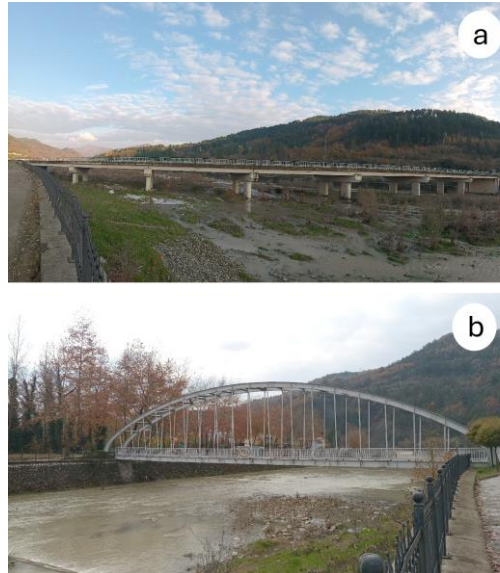
köprüler olarak değerlendirilebilir. Ahşap köprüler ise biyolojik bozulma, çürüme ve suya karşı düşük dirençleri sebebiyle taşkınlara karşı en kırılgan yapı türü olarak değerlendirilmektedir. Bu farklılıklar, taşkın sonrası altyapı işlevselliği ve ulaşım sürekliliği açısından köprülerin zarar görebilirlik düzeylerinin değerlendirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Çelik köprülerin (Fotoğraf 24a) daha az sayıda olmakla birlikte, betonarme köprülerle benzer işlevleri destekleyici nitelikte konumlandığı ve yüksek düzeyde bir dayanıklılık sunduğu söylenebilir. Betonarme köprülerin (Fotoğraf 24b ve 24c) ise yerleşim alanı boyunca dengeli bir biçimde dağıldığı görülürken, özellikle yerleşim merkezinin batısında ve doğusunda kritik geçiş noktalarında konumlandıkları dikkat çekmektedir (Tablo 25). Bu durum, yüksek dayanıklılığa sahip betonarme köprülerin ulaşım sürekliliği açısından stratejik konumlara yerleştiğini göstermektedir. Bu dağılım, yerleşim merkezi içindeki taşkınlara karşı farklı yapı türlerinin zarar görebilirlik düzeylerini mekânsal olarak ortaya koymaktadır.



Fotoğraf 24. Köprü tiplerine örnek yapılar a) çelik b) betonarme c) betonarme

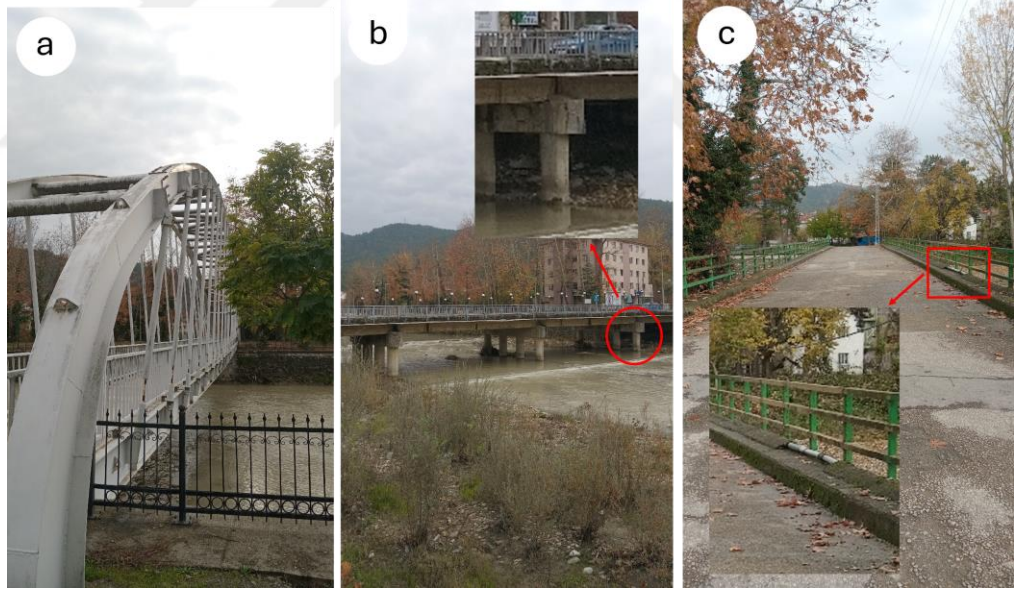
Farklı taşıyıcı sistemler, taşkın sırasında hidrolik basınç, yüzeysel akış kuvvetleri ve sürüklenen malzeme etkilerine karşı farklı düzeylerde dayanıklılık

göstermektedir (Totschnig & Fuchs, 2013). Ulus ilçe merkezi yerleşimi incelendiğinde, Alpi deresi (BR008), Süleyman deresi (BR003) ve Ulus deresindeki 2 köprü (BR001 ve BR002) kafes sistemli köprü iken; Ulus deresi üzerindeki 3 köprü (BR004, BR005 ve BR006) ve Eldeş deresi üzerindeki (BR007) köprü kirişli köprüdür. (Tablo 25) (Şekil 30b). Kirişli köprüler (Fotoğraf 25a), yerleşim merkezi boyunca yaygın bir şekilde konumlanmakta ve modern yapım tekniklerine dayansa da düz ve yatay kiriş sistemleri nedeniyle taşkın anında suyun etkisini doğrudan alan, daha savunmasız yapılar olarak öne çıkmaktadır (Torabi, Shafei, & Alipour, 2025; Buka-Vaivade vd., 2025). Özellikle düşük kotta yer alan, açıklığı sınırlı olan kirişli köprüler taşkın sırasında suyun birikmesine, geri tepmesine veya taşıdığı malzeme nedeniyle tıkanmasına yol açabilir. Bu durum hem fiziksel zarar riskini artırmakta hem de ulaşım sürekliliğini kesintiye uğratarak afet sonrası müdahale süreçlerini sekteye uğratmaktadır. Öte yandan kafes sistemli köprüler (Fotoğraf 25b), geleneksel mühendislik teknikleriyle inşa edilmekte olup, yükü yanlara dağıtan yapısıyla akarsu akışını yönlendirmede daha dirençli bir karakter sergilemektedir. Bu yapılar, doğal malzeme kullanımı ve özgün mimari özellikleri sayesinde, taşkın debisinin yüksek olduğu durumlarda suyun köprü altından geçişini kolaylaştırarak tıkanma riskini azaltmaktadır.



Fotoğraf 25. Köprü yapı türü sistemine göre örnek yapılar a) Kirişli köprü b) Kafesli köprü

Köprüler yalnızca taşıyıcı sistemler olarak değil, aynı zamanda mekânsal işlevsellik, ulaşım sürekliliği ve afetlere karşı bölgesel dirençlilik açısından da kritik bir rol oynamaktadır. Hasar ve çatlak bulunmayan köprüler yapısal bütünlüğü koruyarak taşkın sırasında işlevini sürdürebilme kapasitesine sahipken; yaygın çatlak ve deformasyonlu köprüler (orta düzeyde zafiyet göstererek taşkın anında kısmi işlev kaybına neden olabilir. Genelleştirilmiş çatlama ve deformasyonlar taşıyıcı sistemin sistematik zayıflığını yansıtarak yapının dayanıklılığını düşürmekte, belirgin çatlama ve malzeme kaybı ise taşkın anında tamamen işlevsiz hale gelme riskini artırmaktadır. Ulus ilçe merkezindeki köprülerin yapısal durumları, hasar düzeylerine göre farklılık göstermektedir (Şekil 30C). Bazı köprülerde herhangi bir çatlama ya da deformasyon bulunmamakta (Fotoğraf 26a), 4 tane köprüde ise hafif çatlak gözlenmiştir (Fotoğraf 26c). Merkezde yer alan köprüde ise yaygın deformasyonlar mevcuttur (Fotoğraf 26b).



Fotoğraf 26. Köprü koşul durumuna göre örnek yapılar a) Hasar çatlama yok b) Genelleştirilmiş çatlama ve deformasyon c) Hafif çatlak

Köprülerin taşkınlara karşı fiziksel zarar görebilirliklerinin değerlendirilmesinde, yapı boyutlarına ilişkin bazı yapısal özelliklerin (genişlik ve uzunluk) etkili olduğu bilinmektedir. Karşılaştırılabilirlik sağlamak için min-maks

normalizasyon yöntemi uygulanmıştır. Genişlik parametresi, hidrolik akışa karşı oluşturduğu direnç nedeniyle ters orantılı olarak değerlendirilmiştir. Daha dar köprülerin akışı engelleyerek daha yüksek hidrolik basınca maruz kalacağı ve bu nedenle daha zarar görebilir olduğu varsayılmıştır. Normalizasyon formülü:

$$\text{Skor}_{\text{genişlik}} = \frac{\max - x}{\max - \min}$$

Burada x ile ilgili köprünün genişliğini, *max* en geniş köprünün değerini, *min* ise en dar köprü değerini temsil etmektedir. Bu şekilde dar köprüler 1'e yakın, geniş köprüler ise 0'a yakın skorlar almıştır. Uzunluk parametresi ise, köprünün ne kadar uzun olursa olsun taşkınla temas eden yüzeyinin ve potansiyel olarak risk altındaki eleman sayısının o kadar fazla olacağı varsayımıyla doğru orantılı olarak değerlendirilmiştir. Uzunluk için kullanılan normalizasyon formülü şu şekildedir:

$$\text{Skor}_{\text{uzunluk}} = \frac{x - \min}{\max - \min}$$

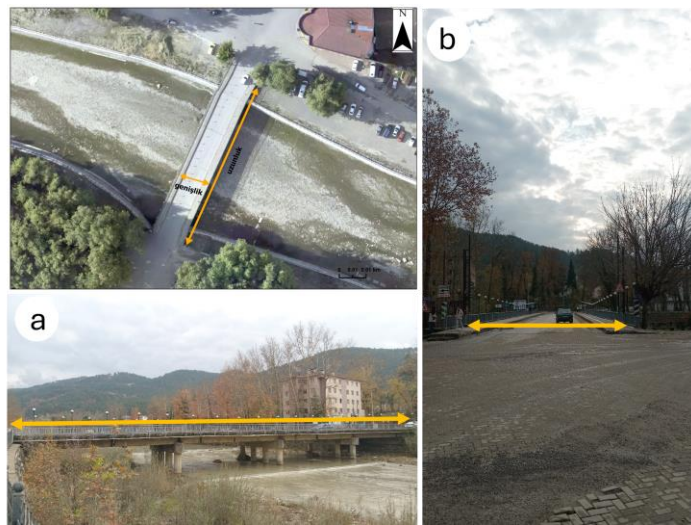
Burada da x köprünün uzunluğu, *max* en uzun köprüyü ve *min* en kısa köprüyü ifade etmektedir. Böylece daha uzun köprüler daha yüksek zarar görebilirlik skorları ile değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada ,Ulus ilçe merkezindeki köprüler, bulundukları akarsu tipine göre “ana kol” (Ulus deresi) ve “yan kol” (Süleyman, Alpi ve Eldeş dereleri) olmak üzere iki gruba ayrılmış, her grup için min-maks normalizasyon yöntemi ayrı ayrı uygulanmıştır. Genişlik ve uzunluk parametrelerine dayalı olarak elde edilen zarar görebilirlik skorlarının ortalaması alınarak her bir köprü için toplam bir fiziksel zarar görebilirlik skoru hesaplanmış ve bu skorlar, köprülerin yalnızca boyutsal özellikleri dikkate alınarak taşkınlara karşı görece duyarlılığını yansıtan göstergeler olarak değerlendirilmiştir. Ana kol köprüleri genel olarak daha homojen bir kırılma yapısı olarak öne çıkmıştır; bu grupta BR006 en düşük skorla en dayanıklı, BR004 ise en kırılma yapısı olarak öne çıkmıştır (Tablo 24). Yan kol köprülerinde ise daha belirgin bir çeşitlilik gözlenmiştir; BR003 kısa yapısıyla en düşük kırılma skoruna sahipken, BR007'nin (kuzey) uzunluğu

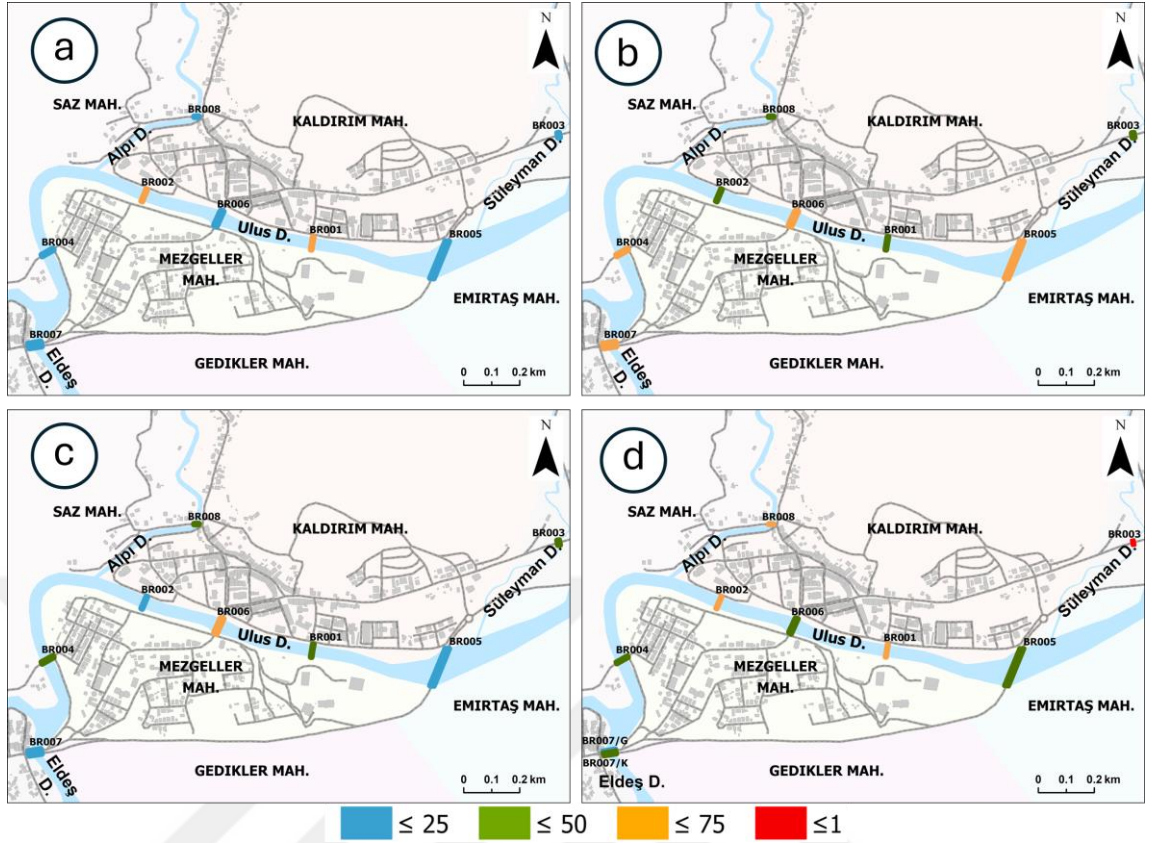
nedeniyle tüm köprüler içinde en yüksek skorla en kırılgan yapı olarak belirlenmiştir (Şekil 30d) (Fotoğraf 27).

Tablo 24. Köprülerin Uzunluk ve Genişliklerinin Envanteri ve Zarar Görebilirlik Değerleri

Köprü No	Akarsu tipi	Genişlik (m)	Genişlik Skoru	Uzunluk (m)	Uzunluk Skoru	Toplam Skor (ortalama)
BR001	Ana kol	3.35	0.85	47.3	0.31	0.59
BR002	Ana kol	3.35	0.85	47.3	0.31	0.59
BR003	Yan kol	5.4	1	9.5	1	1
BR004	Ana kol	7.3	0.55	50.8	0.35	0.45
BR005	Ana kol	13.9	0.01	143.6	1	0.5
BR006	Ana kol	12.4	0.12	57.9	0.40	0.26
BR007 (kuzey)	Yan kol	6.86	0.68	42.65	0.1	0.34
BR007 (güney)	Yan kol	10.6	0.1	42.65	0.1	0.1
BR008	Yan kol	4.9	0.76	12.55	0.09	0.54



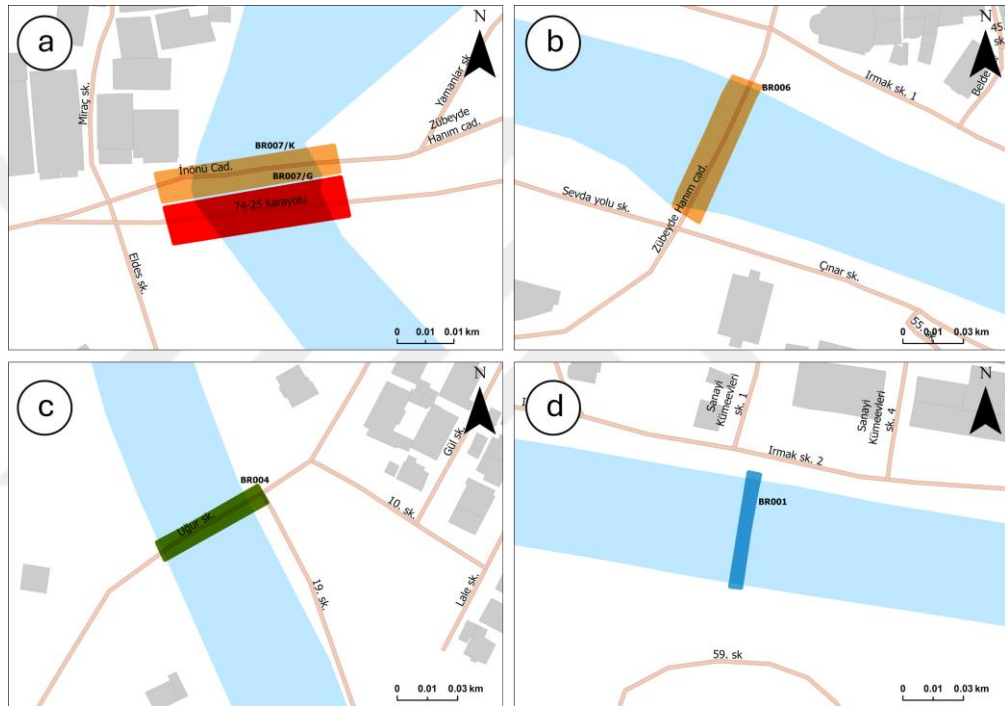
Fotoğraf 27. Genişlik ve uzunluğa göre örnek yapılar a) Uzunluk b) Genişlik



Şekil 30. Köprülere ait parametrelerin zarar görbilirlik dağılımları a) yapı tipi b) yapı türü sistemi c) koşul durumu d) köprülerin genişlik ve uzunlukların toplam skoru

Köprünün bağlandığı yolun niteliği, taşkın sırasında altyapı üzerindeki işlevsel önemi ve ulaşım sürekliliği üzerindeki etkisi açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bu doğrultuda, entegre olunan yol türüne göre belirlenen değerler, köprünün taşıdığı stratejik önemi ve taşkın etkilerine karşı kırılganlık düzeyini belirleyerek, zarar görbilirlik analizlerinde belirleyici bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Böylece, afet yönetimi ve risk azaltma stratejilerinin geliştirilmesinde daha doğru ve öncelikli müdahale planlamalarına altlık oluşturtulmaktadır. Uluş ilçe merkezi yerleşim özelinde yapılan değerlendirmede (Şekil 32a) (Tablo 25) çevre yolu ile entegrasyonu bulunan BR005 ve BR007/G kodlu köprü (Şekil 31a), yüksek trafik hacmi ve bölgesel ulaşım üzerindeki belirleyici rolü nedeniyle taşkın anlarında zarar görmesi durumunda ilçe giriş-çıkışlarını ve acil müdahale yollarını doğrudan etkileyebilecek kritik bir altyapı unsurudur. Cadde ile bağlantılı köprüler olan BR003, BR006 ve BR007 (Şekil 31b), ilçe içi ulaşımın ana akslarını

oluşturmaları nedeniyle taşkın hasarına uğramaları halinde şehir içi trafik akışını sekteye uğratabilir. Sokak ile entegre olan BR004 ve BR008 kodlu köprüler (Şekil 31c), daha sınırlı ölçekli bağlantılar sağlamakta olup, özellikle mahalle içi geçişler ve kısa mesafeli tahliyeler açısından önem arz etmektedir. Yol bağlantısı bulunmayan köprüler arasında yer alan BR001 ve BR002 (Şekil 31d), düşük kullanım düzeyine sahip olmalarına rağmen, taşkın anında çevresinde izolasyon yaratma riski taşıyarak alternatif tahliye yollarının işlevsiz kalmasına neden olabilir.



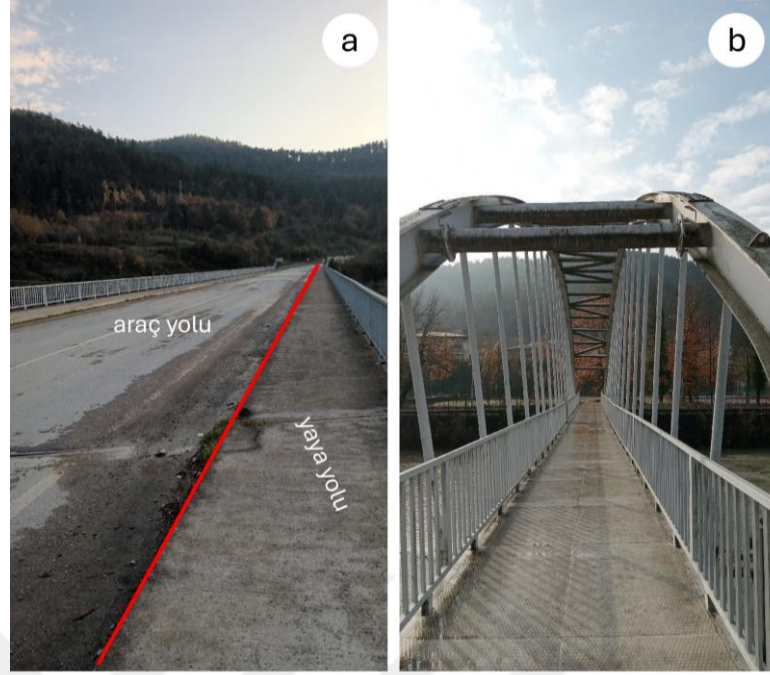
Şekil 31. Köprünün entegre olduğu yola örnek yapılar a) çevre yolu b) cadde c) sokak d) bağlantısız yol

Tablo 25. Ulus ilçe merkezi yerleşimi köprü envanteri.

Köprülerin entegre olduğu yol	Cadde	Sokak	Çevre yolu	Bağlantısız	
	3	2	2	2	
Koşul/Durum	Hasar çatlama yok	Hafif çatlak	Yaygın çatlak ve deformasyon	Genelleştirilmiş çatlama ve deformasyon	Belirgin çatlama ve deformasyon
	4	4	0	1	0
Yapı tipi	Betonarme		Çelik		

	7		2	
Yapı türü sistemi	Kirişli köprü		Kafesli köprü	
	5		4	
Kullanım türü	Karayolları köprüsü	Demiryolu köprüleri	Yaya köprüleri	Karma kullanımlı köprüler
	0	0	2	7
Açıklık Yüksekliği	0 -2m	2 – 4m		4- 6.30m
	0	2		5

Köprülerin kullanım türüne göre yapılan sınıflandırma, taşkın zarar görebilirlik seviyelerinin belirlenmesinde bir başka kriterdir. Her bir kullanım türü, taşıdığı işlevsel yük ve stratejik açısından farklı mekânsal risk profillerine sahiptir. Özellikle karayolları köprüleri, motorlu taşıt trafiğinin sürekliliğini sağlamaları nedeniyle, taşkın anında yapısal hasar görmeleri durumunda ulaşımın aksamasına, tahliye ve acil müdahale süreçlerinin gecikmesine yol açarak yüksek düzeyde sosyoekonomik etki yaratabilir. Yaya köprüleri ise daha küçük açıklıklara sahip olup, genellikle yerel geçişler için kullanıldığından fiziksel olarak daha kırılgan yapılardır; ancak afet sırasında toplulukları güvenli geçişi için hayati önem taşırlar. Karma kullanımlı köprüler ise hem yaya hem de araç geçişine olanak tanıdıkları için taşkın anında kritik bir işlev görür. Bu köprülerin zarar görmesi, tahliye ve müdahale süreçlerini olumsuz etkileyerek bölgenin ulaşım sürekliliğini riske atar. Çalışma alanındaki köprülerin kullanım türüne göre mekânsal dağılımı değerlendirildiğinde, sadece yaya köprülerinin daha çok yerleşim merkezinin yoğun olduğu ve iki yakadaki mahalleler arası yaya geçişini kolaylaştıracak konumlara inşa edildiği görülmektedir (Şekil 32b). Bu durum, yaya sirkülasyonunun yüksek olduğu bölgelerde bu tür köprülerin önemli bir işlev üstlendiğini göstermektedir ve toplam 3 tanedir (Fotoğraf 28b). Ancak yaya köprülerinin kullanım açısından tek tip olarak hizmet etmesi afet anındaki zarar görebilirliğini azaltmaktadır. Buna karşılık karma kullanımlı (araç + yaya) köprülerin yerleşim alanının sınır bölgelerinde ve ana ulaşım akslarında konumlandığı görülmekte olup toplam 5 tanedir (Tablo 25) (Fotoğraf 28a). Bu köprüler, sahip oldukları kullanım çeşitliliği bakımından zarar görebilirliği yüksek köprüler olarak değerlendirilmiştir.



Fotoğraf 28. Köprü kullanım türüne göre örnek yapılar a)karma kullanımlı köprüler b) yaya köprüleri

Köprülerin taşkınlara karşı fiziksel zarar görebilirliğin değerlendirilmesinde, açıklık yüksekliği (clearance) önemli bir parametre olarak kabul edilmektedir. Açıklık yüksekliği, köprünün alt kotu (low chord) ile üst kotu (high chord) arasındaki fark olarak tanımlanır (Fotoğraf 29). Bu değer, köprünün altından serbestçe geçebilecek su yüksekliğini ifade eder. Bu çalışmada, diğer parametreler gibi köprü açıklıkları da kullanılarak zarar görebilirlik değerleri 0 ile 1 arasında normalize edilmiştir. Normalize edilmiş zarar görebilirlik değeri, her bir köprü için aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$Z = 1 - \left(\frac{\text{Açıklık}}{\text{Maksimum Açıklık}} \right)$$

Bu formülde maksimum açıklık, analiz edilen köprüler arasında gözlemlenen en yüksek açıklık değeridir. Açıklık değeri azaldıkça, köprünün hidrolik kapasitesi düşmekte, tıkanma riski artmakta ve dolayısıyla taşkın anında zarar görme olasılığı yükselmektedir. Ulus ilçe merkezindeki köprüler, konuları ve yapısal parametreleri dikkate alınarak taşkın zarar görebilirliği açısından

değerlendirilmiştir (Şekil 32c). Zarar görebilirlik değerleri, köprülerin kot seviyesi ve açıklık genişliği gibi değişkenler üzerinden hesaplanmıştır. Ulus ilçe merkezinde taşkın riski altındaki köprülerin açıklık yüksekliğine dayalı fiziksel zarar görebilirlik analizi, köprülerin konumlandığı akarsu tipine göre anlamlı farklar göstermektedir. Ana kolu oluşturan Ulus Çayı üzerindeki köprüler (BR001, BR002, BR004, BR005, BR006) için zarar görebilirlik hesaplamalarında referans olarak 5.40 cm'lik maksimum açıklık değeri esas alınmıştır. Bu köprülerin açıklıkları 3.27 cm ile 4.75 cm arasında değişmekte olup, açıklık azaldıkça zarar görebilirlik skoru artmaktadır. Örneğin, BR001'in açıklık değeri 3.27 cm olup 0.39'luk bir zarar skoru ile bu gruptaki en kırılgan yapılar arasında yer almaktadır. Diğer yandan, yan kollar üzerinde yer alan köprüler (BR003 – Süleyman D., BR007 – Eldeş D., BR008 – Alpi D.) için analizler, her bir dere yatağının maksimum derinliğine göre ayrı ayrı yapılmış; bu yaklaşım, morfolojik farklılıkların hesaba katılması açısından daha sağlıklı bir değerlendirme sağlamıştır. Yan kollardaki köprülerin açıklık değerleri düşük olmasına rağmen, referans değerlerin daha küçük olması nedeniyle (örneğin BR007 için maksimum açıklık 4.40 cm) zarar görebilirlik skorları oldukça yüksek çıkmıştır (Tablo 26). Bu durum, özellikle dar yataklı ve yüksek debi taşıma kapasitesi sınırlı olan yan kolların taşkın sırasında daha erken tıkanma ve taşma potansiyeli taşıdığını göstermektedir. Sonuç olarak, köprü açıklıklarının normalize edilerek değerlendirilmesi, her bir yapının kendi hidrografik bağlamı içerisinde ele alınmasını sağlayarak, taşkın riskine karşı daha hassas ve yerel düzeyde etkili bir kırılganlık analizine olanak tanımaktadır. Bu bağlamda, köprülerin fiziksel dayanıklılıklarının belirlenmesinde yalnızca boyutsal değil, aynı zamanda mekânsal ve morfolojik faktörlerin birlikte ele alınması gerekliliği ön plana çıkmaktadır.

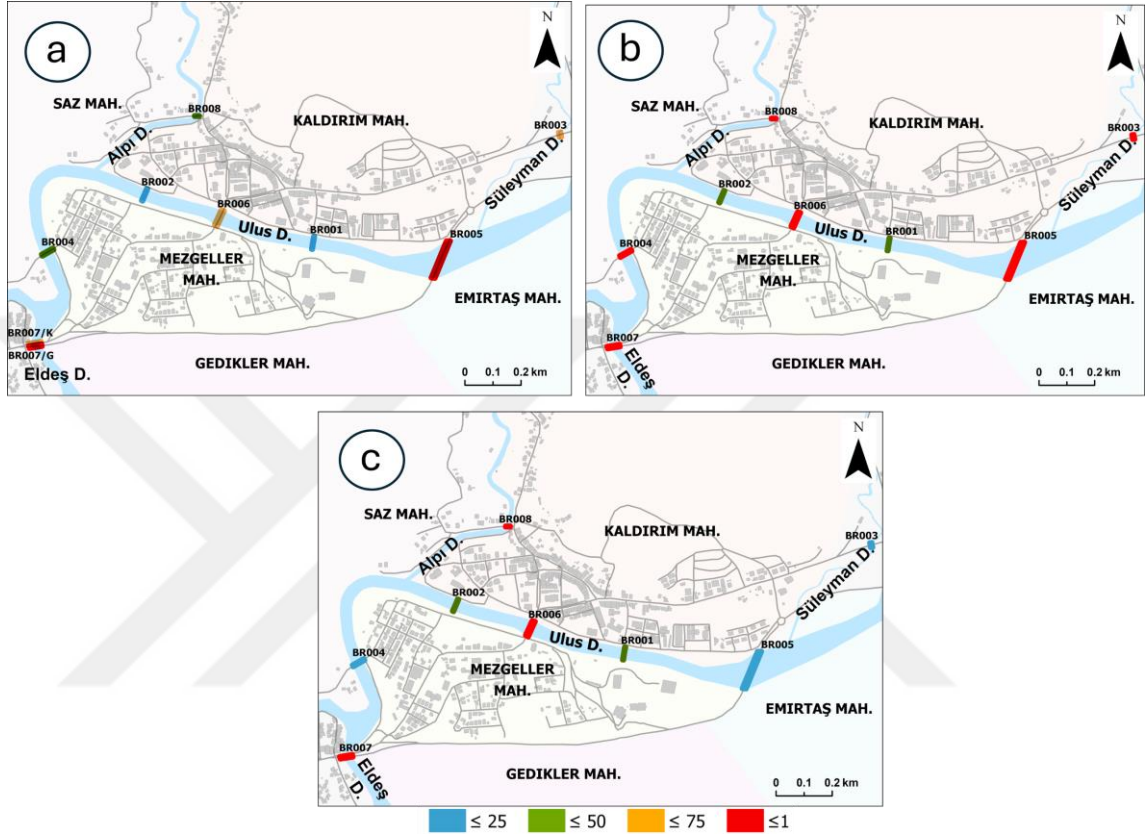


Fotoğraf 29. Köprülerin açıklık aralığına göre örneği

Tablo 26. Bartın Ulus İlçe Merkezi Yerleşimi Taşkın Etkisi Altında Köprülerin Açıklık Yüksekliği Zarar Görebilirlik Envanteri

Köprü No	Akarsu tipi	High Chord (cm)	Low Chord (cm)	Açıklık (cm)	Maksimum Açıklık	Zarar görülebilirlik
BR001	Ana kol	0.63	3.90	3.27	5.40	0.39
BR002	Ana kol	0.60	4.00	3.40	5.40	0.37
BR003	Yan kol	0.90	7.20	6.30	6.30	0.1
BR004	Ana kol	0.65	5.00	4.35		0.19
BR005 (Alt)	Ana kol	1.30	5.40	4.10	5.40	0.24
BR005 (Üst)	Ana kol	1.40	6.80	5.40	5.40	0.1
BR005 (ortalama)	Ana kol	1.35	6.10	4.75	5.40	0.12

BR006	Ana kol	2.00	3.10	1.10	5.40	0.80
BR007	Yan kol	1.10	2.25	1.40	6.30	0.82
BR008	Yan kol	0.70	2.60	1.90	6.30	0.81



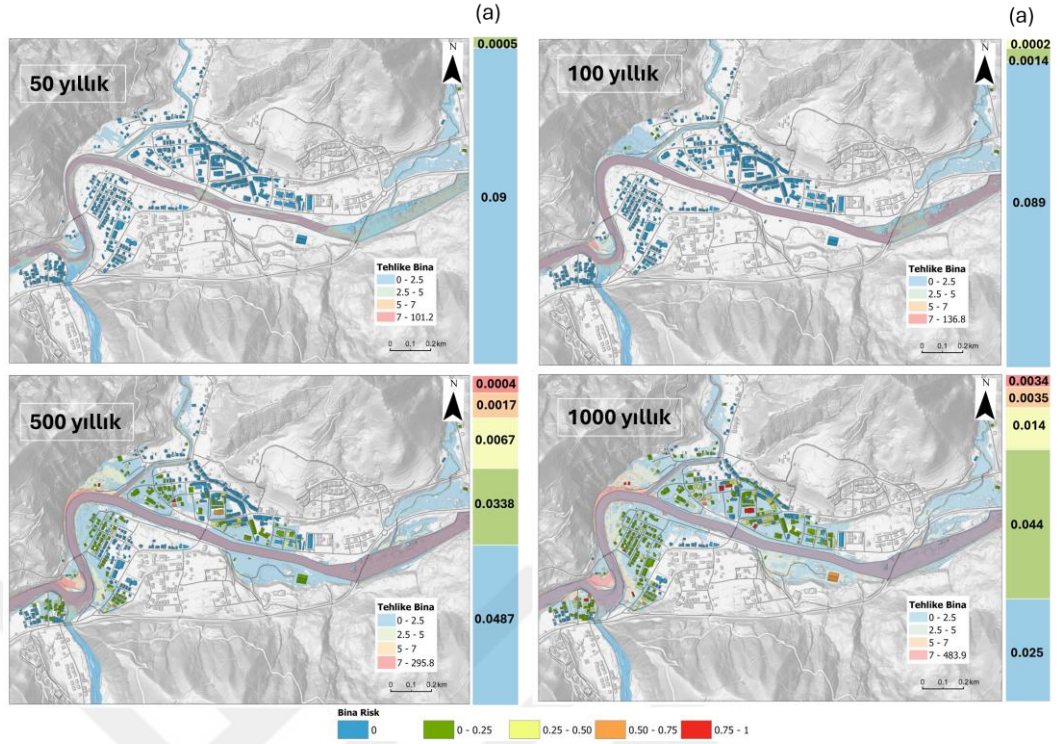
Şekil 32. Köprüye ait zarar görbilirlik dağılımları a) entegre olduğu yol b) kullanım türü c) açıklık yüksekliği

3.4. FİZİKSEL ZARAR GÖREBİLİRLİK TEMELLİ TAŞKIN RİSK ANALİZİ

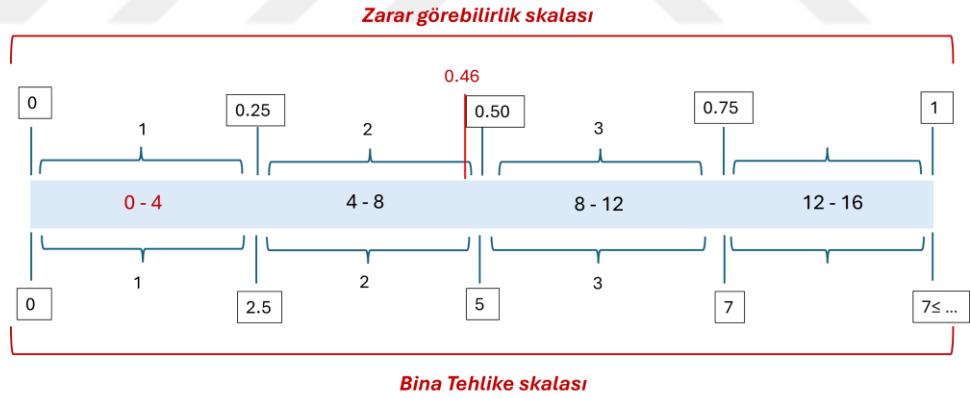
3.4.1. Bina Taşkın Risk Analizi

Bartın ili Ulus ilçe merkezine ait bu analizde, farklı taşkın periyotlarına göre bina bazında taşkın risk dağılımını göstermektedir (Şekil 33). 50 ve 100 yıllık senaryolarda taşkın riski daha sınırlı bir alanda etkili olurken, özellikle dere yatağına yakın binaların dahi düşük risk altında olduğu görülmektedir. Bu periyotlarda etkilenen bina sayısı azdır ve risk seviyeleri oldukça düşüktür. Ancak 500 ve 1000 yıllık senaryolarda taşkın alanı önemli ölçüde genişlemekte, akarsuyun kuzey ve batı yönlerinde daha fazla yapıyı etkisi altına almaktadır. Bu durum, yerleşim alanının büyük bir bölümüne maruz kalsa da risk olmadığı görülmektedir. 500 yıllık senaryoda birçok bina orta risk düzeyine ulaşmakta, 1000 yıllık periyotta ise risk düzeyi en yüksek seviyelere çıkmaktadır (0-4 arasındaki skalaya göre) (Şekil 34).

Tehlike ve zarar görebilirlik unsurları birlikte değerlendirildiğinde, bazı yapılar birden fazla risk düzeyinde yer almıştır. Bu durum yapıların farklı taşkın senaryoları altında maruz kaldığı değişken tehlike ve zarar görebilirlik koşullarından kaynaklanmaktadır. Analiz sürecinde, taşkın yönetimi açısından en kritik senaryonun belirlenebilmesi amacıyla, her bir yapı için en olumsuz durumu temsil eden en yüksek risk düzeyi esas alınarak değerlendirme yapılmıştır. Bu yaklaşım, yapıların taşkın tehdidine karşı en kırılgan olduğu durumu ön plana çıkararak, olası zararların en yüksek düzeyde tahmin edilmesini sağlamaktadır. Böylelikle, risk azaltma stratejilerinin planlanması ve önceliklendirilmesinde daha gerçekçi ve koruyucu bir bakış açısı geliştirilebilmiştir. Haritadaki alan değerleri, taşkından etkilenen binaların mekânsal yayılımını değerlendirmek açısından önem taşımaktadır. Örneğin, 50 yıllık taşkın senaryosunda en yüksek risk grubundaki binaların toplam alanı sadece 0.0005 km² (orta risk) iken, bu alan 1000 yıllık senaryoda 0.44 km²'ye (yüksek risk) kadar çıkmaktadır. Aynı şekilde, orta ve düşük risk sınıflarındaki yapıların kapladığı alanlar da taşkın senaryolarına göre artış göstermektedir.



Şekil 33. Ulus İlçe Merkezi Yerleşimi Senaryolara Göre Bina Taşkın Risk Analizi a) bina için alansal dağılışı (km²)



Şekil 34. Bina İçin Taşkın Risk Skalası

Bu çalışmada yapılar için hesaplanan zarar görülebilirlik değerleri 0 ile 1 arasında normalize edilerek değerlendirilmiş ve dört sınıfa ayrılmıştır: 0 – 0.25 (birinci sınıf – çok düşük zarar görülebilirlik), 0.25 – 0.50 (ikinci sınıf – düşük), 0.50 – 0.75 (üçüncü sınıf – orta) ve 0.75 – 1 (dördüncü sınıf- yüksek). Tehlike düzeyleri ise , maksimum akış derinliği esas alınarak 0-1, 1-2, 2-3 ve 3-4 şeklinde dört

gruba ayrılmıştır. Bu iki parametrenin çarpılmasıyla elde edilen bileşik risk değerleri teorik olarak 0 ile 16 arasında değişmektedir. Ancak analiz edilen alan özelinde, bu değerlerin yalnızca 0 ile 4 arasında sınırlı kaldığı tespit edilmiştir. Bu durum, çalışmada değerlendirilen yapıların tamamının çok düşük risk düzeyinde yer aldığını, yani orta ve yüksek risk gruplarının oluşmadığını ortaya koymaktadır.

Haritada görselleştirilen renk skalası da bu bulguyu destekler niteliktedir; 0 ile 1 arasında gösterilen renk dağılımı, aslında bileşik risk değerlerinin 0 ile 4 arasındaki sınıflamasını temsil etmektedir. (Şekil 34). Dolayısıyla haritada yer alan renk geçişleri, risk düzeyinin düşük sınırlarda yoğunlaştığını yansıtmaktadır. Ayrıca, yapıların ortalama zarar görebilirlik değeri 0.46 olarak hesaplanmış olup, bu da ikinci sınıfa (0.25 – 0.50) karşılık gelmekte ve yerleşim alanındaki yapı stoğunun büyük oranda düşük zarar görebilirlik düzeyinde yer aldığını göstermektedir.

Aşağıda, bina riskinin yoğunlaşmaya başladığı alanlar için çözüm önerileri sunulmaktadır (Tablo 25). Bu, önerilen önlemlerin maliyet-etki düzeylerine göre karar vericiler tarafından değerlendirilmesine ve önceliklendirilmesine olanak sağlar. Örneğin, binalar için zarar görebilirliği artıran dolayısıyla riskin artmasına yol açan faktörlerden biri de endüstriyel cam bölmeli bina sayısının fazla olmasıdır. Cam malzemenin kırılkan yapısı nedeniyle, bu tür yapılar taşkın sırasında su basıncına ve sürüklenen cisimlere karşı daha savunmasızdır. Bu durum, hem yapısal zarar görebilirlik riskini artırmakta hem de bina içindeki can ve mal güvenliğini tehlikeye atmaktadır. Bu nedenle, cam taşkına dayanıklı malzemelerle güçlendirilmesi, alt katlardaki cam yüzeylerinin azaltılması ve su geçirmez bariyer sistemlerinin kullanılması gibi yapısal önlemlerle bu risk azaltılabilir.

Tablo 27. Binalarda riskin yoğunlaştığı alanlar için çözüm önerileri

Önlem	Açıklama	Maliyet
Halkı bilinçlendirme çalışmaları	Broşür, toplantı, eğitim ve uyarı tabelaları ile farkındalık yaratma	Düşük
Erken uyarı sistemleri (SMS, siren vb.)	Su seviyesi takibi ve halkı zamanında bilgilendirme	Düşük – Orta
İmar planlamaları düzenlemeleri	Yeni yapılaşmanın riskli alanlarda sınırlandırılması	Düşük – Orta
Yeşil altyapı (geçirgen yüzey, yağmur bahçesi)	Suyun akış hızını ve etkisini azaltan doğal çözümler	Orta
Bina temellerini yükseltilmesi	Yeni veya güçlendirme yapılacak binalarda su kotunun üzerine çıkılması	Orta – Yüksek
Taşkın duvarları ve setler	Akarsu kenarlarına yapılacak fiziksel engeller	Yüksek
Yeniden yerleşim ve alan kullanımı değişikliği	En yüksek riskli bölgelerde yapıların taşınması ya da alanın boşaltılması	Çok Yüksek

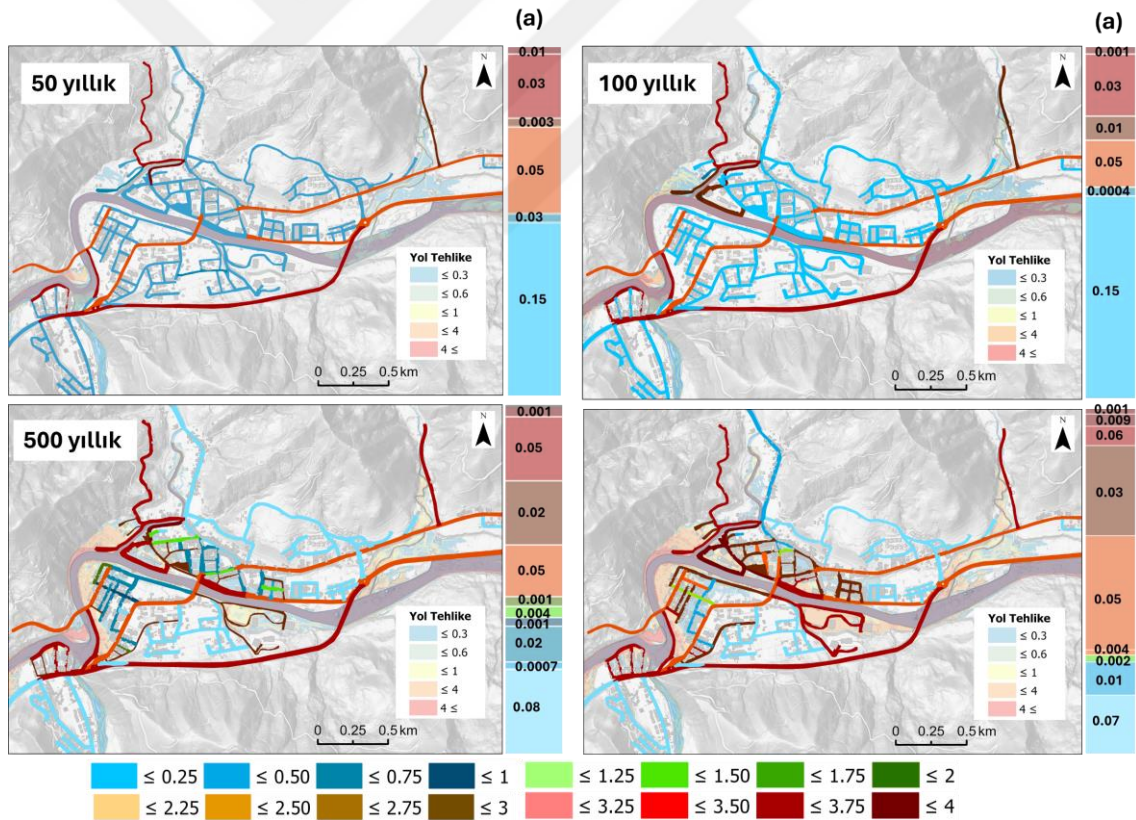
3.4.2. Yol Taşkın Risk Analizi

Bartın Ulus ilçe merkezindeki 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın periyotlarına göre hazırlanan risk analizleri incelendiğinde (Şekil 35), taşkın risk altında kalan yol ağının zamanla genişlediği ve bazı yolların risk seviyeleri arttığı gözlenmiştir. 50 yıllık taşkın senaryosunda düşük riskli yolların (0–0.3) yoğunlukta olduğu, özellikle yerleşimin güneybatı ve kuzeybatı kesimlerinde – akarsuyun çarpak yaptığı ve kıvrımlaştığı bölgelerde – tehlike seviyelerinin belirgin hale geldiği görülmektedir. Bu alanlarda yolların büyük bölümü mavi renkli olup düşük tehlike düzeyindedir. Ancak lokal olarak bazı segmentlerin kırmızıya döndüğü ve görece yüksek tehlike taşıdığı anlaşılmaktadır.

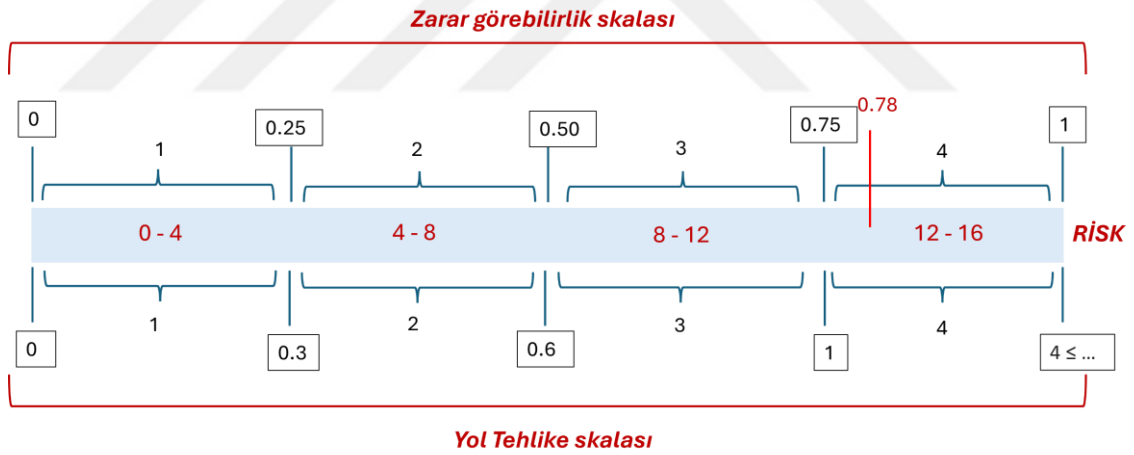
100 yıllık periyotta, özellikle batı ve güneydoğu yönünde birkaç yol segmentinin daha taşkın zonuna girdiği ve risk sınıfının orta düzeye çıktığı

görülmektedir. Şekil 35'e göre bu dönemde de risk genellikle orta tehlike aralığında seyretmektedir.

500 ve 1000 yıllık senaryolarda ise risk seviyeleri daha da artmakta, taşkın etkisi doğu ve kuzey yönlü yeni yol ağlarını kapsamaktadır. Şekildeki risk dağılımına göre bu senaryolarda kırmızı ve kahverengi tonların baskın hâle geldiği ve bazı yolların yüksek tehlike zonlarına (2–3 m arası derinlik) girdiği net bir biçimde görülmektedir. Akarsu üzerinden geçen yolların, köprüler üzerinde yer aldığı ve taşkın sırasında kritik bir öneme sahip olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle 500 ve 1000 yıllık senaryolarda bazı köprü geçişleri orta ve yüksek risk grubuna girmektedir. Şekilde bu geçişler turuncu ve kırmızı renkte kodlanmış olup, hem taşkın tehlikesi hem de yol bağlantı ağının sürekliliği açısından öncelikli müdahale gerektiren konumlarda yer almaktadır.



Bartın ili Ulus ilçe merkezindeki yollar için yürütülen çalışmada, zarar görebilirlik değerleri 0 ile 1 arasında normalize edilerek üç sınıfa ayrılmıştır: 0 – 0.33 arası (düşük), 0.33 – 0.66 arası (orta) ve 0.66 -1 arası (yüksek) zarar görebilirlik düzeyi olarak tanımlanmıştır. Tehlike düzeyleri ise maksimum akış derinliği esas alınarak 0-0.3m (düşük), 0.3- 0.6m (orta), 0.6-1m (yüksek) ve 1-4m (çok yüksek) olmak üzere dört gruba ayrılmıştır. Bu iki parametrenin çarpımıyla elde edilen bileşik risk değerleri teorik olarak 0 ile 16 arasında değişmekte olup, analiz edilen alana özgü hesaplamalarda bu değerlerin 0 ile 14 arasında sınırlı kaldığı tespit edilmiştir (Şekil 36). Bu bulgu, çalışma alanındaki yolların yüksek risk grubunda yer aldığını, risk seviyelerinin daha orta ve yüksek aralıklarda yoğunlaştığını göstermektedir. Ayrıca yollar için hesaplanan ortalama zarar görebilirlik değeri 0.78 olarak belirlenmiş olup, bu da orta zarar görebilirlik düzeyine karşılık gelmektedir. Risk dağılımı analizinde de bu bulgular desteklenmekte; risk değerlerinin 0 ile 14 arasında değiştiğini ve orta-yüksek risk sınıflarında yoğunlaştığını yansıtmaktadır.



Şekil 36. Yol için taşkın risk skalası

Aşağıda yol için riskin yoğunlaşmaya başladığı alanlar için çözüm önerileri sunulmaktadır (Tablo 26). Bu, önerilen önlemlerin maliyet-etki düzeylerine göre karar vericiler tarafından değerlendirilmesine ve önceliklendirilmesine olanak tanır. Örneğin çoğu yollarda etkin bir drenaj sisteminin bulunmaması zarar görebilirliği ve riski artıran faktörlerden birisidir. Bu noktada riski azaltmak için

drenaj sistemleri kurulmalı, mazgal ve menfezler düzenli temizlenmelidir. Yol eğimleri doğru tasarlanması, su geçirimsiz malzeme kullanılmalı ve suyun tahliyesi için yol kenarına hendekler yapılabilir. Bu önlemler yolun suya karşı dayanıklılığın artırır.

Tablo 28. Yollarda riskin yoğunlaştığı alanlar için çözüm önerileri

Maliyet Düzeyi	Önlem	Açıklama
Düşük	Geçici yönlendirme ve uyarı işaretleri	Taşkın anında alternatif güzergahları işaretleyerek trafik güvenliğini sağlar.
	Mobil pompa ve kum torbaları	Su birikintilerinin hızlı tahliyesi için acil çözümler.
	Drenaj temizliği	Bariyer önleri, rögar ağızları ve yol yüzeyleri temizlenerek su toplanması engellenir.
Orta	Yükseltilmiş asfalt ve beton kaplama	Riskli yol kesimlerinde kotun yükseltilmesi ve su geçirimsizliğinin azaltılması
	İyileştirilmiş yol ve hendek drenaj sistemi	Kenar hendeklerine yağmur suyu ızgaraları ve yeraltı borulama yapılarak su uzaklaştırılır.
	Permeable (su geçirgen) yüzey malzemeleri	Su birikintileri azaltmak için yol kaplamasında gözenekli plakalar kullanımı
Yüksek	Dere ıslahı ve set yapıları	Yol koridoru boyunca inşa edilecek set ve bentlerle taşkın geçişinin kontrol altına alınması
	Yeni taşkın bypass yolu veya viyadük	Yüksek riskli ana güzergahın alternatif bir hattının inşa edilerek sürekli erişimin güvence altına alınması

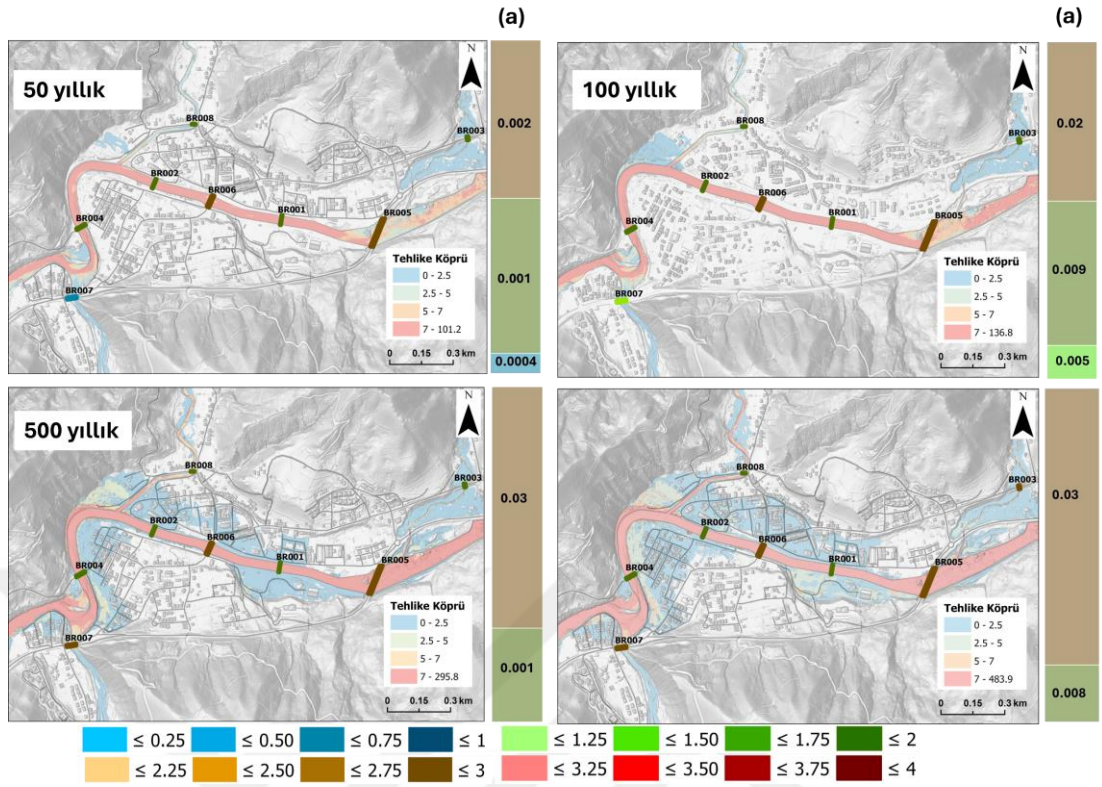
3.4.3. Köprü Taşkın Risk Analizi

Köprüler, genellikle trafik yükleri, rüzgâr etkileri, sismik hareketler ve çevresel koşullar göz önünde bulundurularak dayanıklı biçimde tasarlanan yapılardır. Bu tür yapıların yüksek gerilme ve basınç kuvvetlerine karşı direnç gösterebilmesi, yapısal tasarımın temel unsurlarındandır. Ayrıca, uzun vadeli kullanım sürecinde karşılaşılabilecek deformasyon, yorulma ve korozyon gibi etkiler de mühendislik hesaplamalarına dâhil edilir. Bu nedenlerle, köprülerin taşkın gibi doğal afetlerde belirli bir düzeyde direnç göstermesi beklenir.

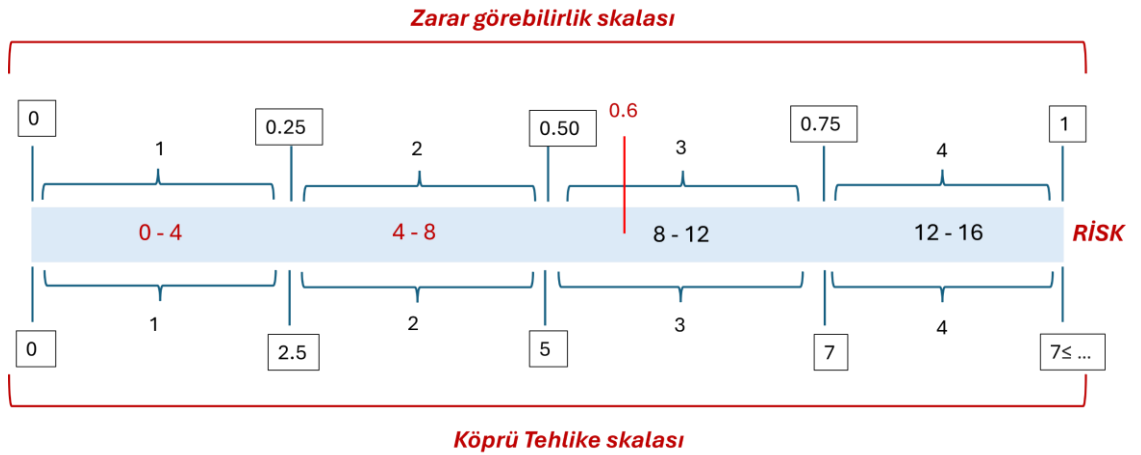
Bartın Ulus ilçe merkezine ait taşkın senaryolarına göre oluşturulan risk dağılımları, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık tekrar periyotlarına göre taşkınlardan etkilendiğini ancak bu etkinin şiddetinin senaryoya göre değişkenlik gösterdiğini açıkça ortaya koymaktadır (Şekil 37).

Köprülerin her taşkın periyot aralığında değerin değinmediği gözlenmiştir. her dört tekrar periyoduna ait senaryoların yerleşim alanı üzerindeki etkilerinin benzer olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, 50 ve 100 yıllık taşkınlar arasındaki hidrolik farkın sınırlı kaldığı, bölgenin topografik yapısının taşkın yayılımını belirli bir eşikte tuttuğu anlaşılmaktadır. Ancak 500 yıllık senaryoda, BR004 köprüünün risk skoru 1.5'in üzerine çıkmış ve orta–yüksek risk sınıfına geçmiştir. Bu eğilim, 1000 yıllık senaryoda daha da belirginleşmekte; BR004 3'ün üzerinde risk değerleri tespit edilmiştir.

Bu artışın temel nedeni, fiziksel altyapının zarar görebilirlik düzeyi sabit kalmakla birlikte, taşkın alanının genişlemesi ve su seviyesinin artması gibi tehlike parametrelerinin şiddetlenmesiyle toplam riskin önemli ölçüde artmasıdır. Zarar görebilirlik değeri köprüler için 0.6 olarak alınmış ve değişen taşkın tehlikesi ile birlikte risk seviyesi artış göstermiştir. Haritada kullanılan renk skalası, 0–4 aralığındaki normalize edilmiş göreceli risk değerlerini yansıtmaktadır. Bu değerler, gerçek taşkın tehlike skorlarının (örneğin 0–4, 4–8, 8–12 aralıkları) köprüye etki eden şiddet düzeyine göre ölçeklendirilmiş halini ifade etmektedir (Şekil 37).



Şekil 37. Ulus İlçe Merkezi Yerleşimi Senaryolara Göre Köprü Taşkın Risk Analizi a) köprü için alansal dağılışı (km²)



Şekil 38. Köprü için taşkın risk skalası

Aşağıda, köprü için riskin yoğunlaşmaya başladığı alanlar için çözüm önerileri sunulmaktadır (Tablo 27), Bu önerilen önlemlerin maliyet-etki

düzeylerine karar vericiler tarafından değerlendirilmesine ve önceliklendirilmesine olanak tanır.

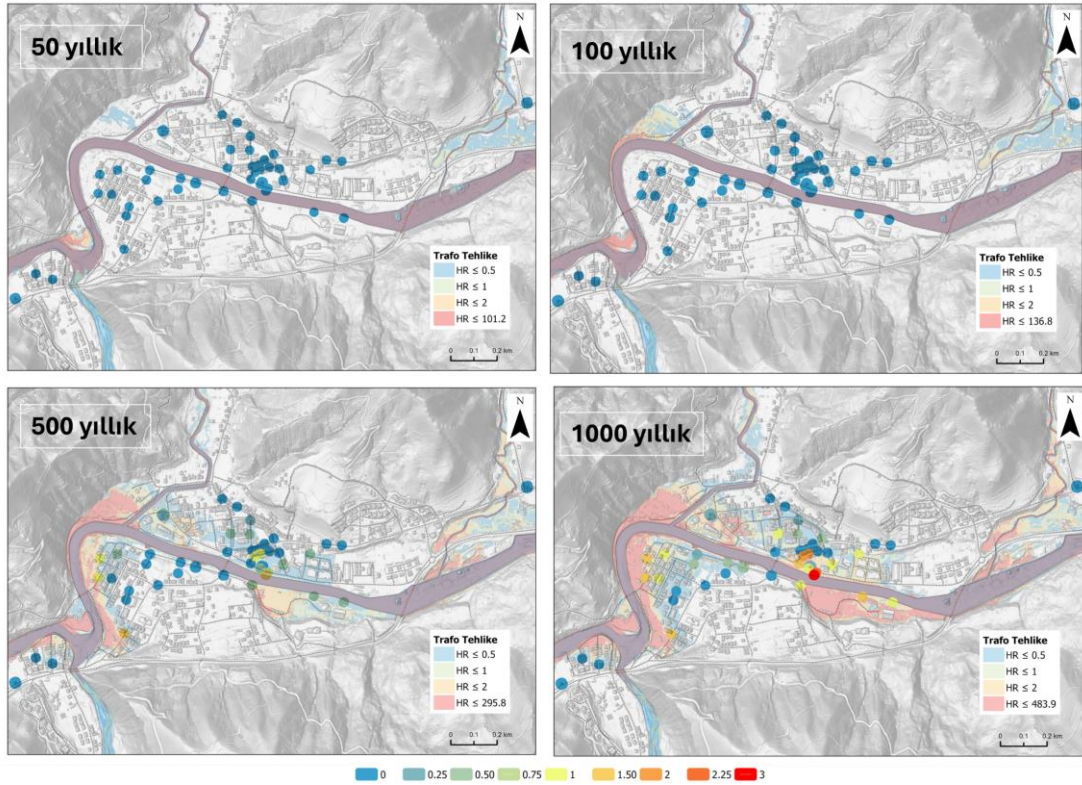
Tablo 29. Köprülerde riskin yoğunlaştığı alanlar için çözüm önerileri

Maliyet Düzeyi	Önlem	Açıklama
Düşük	Erken uyarı sistemleri kurulması	Taşkın öncesi SMS, siren, mobil uygulama ile halkın uyarılması
	Trafik yönlendirme levhaları ve acil durum planı	Riskli köprüler için taşkın anında alternatif güzergahların belirlenmesi
	Periyodik bakım ve temizlik	Köprü altı atıkların taşkın debisini engellemesini önlemek
Orta Orta	Yapısal güçlendirme	Ayakların ve kemerlerin beton takviyesiyle taşkına karşı dayanıklılığının artırılması
	Menfez ve su tahliyesi kapasitesinin artırılması	Su geçişini kolaylaştırmak için menfez boyutlarının artırılması
	Köprünün kotunun yükselmesi	Su taşkın seviyesinin üzerine çıkarılması
	Yeni köprü inşası (riskli köprülerin yerine)	Tümden yenilenmiş, daha yüksek kotlu, taşkına dayanıklı köprü yapılması

3.4.4. Trafo Taşkın Risk Analizi

Bartın'ın Ulus merkez ilçesinde bulunan trafo istasyonlarının değerlendirildiği risk analizi, artan taşkın tekrarlama aralıkları (50, 100, 500 ve 1000 yıl) altında altyapı esnekliği açısından önemli mekânsal örüntüler ortaya koymaktadır (Şekil 39). Önemli bir coğrafi gözlem, akarsu yatağına yakın alçak bölgelerde bulunan trafo istasyonlarının sürekli olarak yüksek tehlike bölgelerine daha fazla maruz kalmasıdır. Gerçekleştirilen taşkın analizi sonuçlarına göre, 50 ve 100 yıllık taşkın senaryolarına trafo istasyonlarının hiçbirinin risk altında olmadığı tespit edilmiştir.

Ancak 500 yıllık senaryoda, özellikle akarsuya yakın konumlanan trafoların orta risk seviyelerine ulaştığı, 1000 yıllık senaryoda ise bazı trafoların yüksek risk grubuna geçtiği görülmektedir. Özellikle yerleşimin batısında ve merkezine yakın kesimlerde risk artışı belirginleşmiş; bazı trafolar, 2.25 üzeri risk değerlerine ulaşarak kritik altyapı unsurları haline gelmiştir. Ayrıca, taşkın dönüş periyodu arttıkça koyu renkli (yüksek tehlikeli) bölgelerin mekânsal kapsamının genişlediği görülmektedir. Bu genişleme sadece hidrolojik baskının yoğunlaşmasıyla değil, aynı zamanda bu bölgelerdeki mevcut altyapının yapısal bütünlüğüyle gözle görülür bir düşüşle de ilişkilidir. Bu tür bulgular, proaktif afet riski azaltma stratejilerine duyulan kritik ihtiyacı vurgulamaktadır.

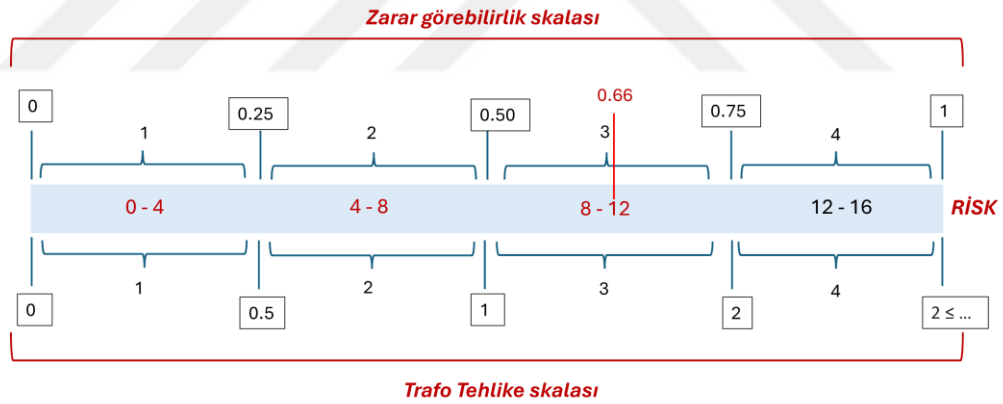


Şekil 39. Ulus ilçe merkezi yerleşimi senaryolara göre trafo taşkın risk analizi

Trafo tehlike ve kırılganlığının çarpımı olarak türetilen risk seviyeleri, 0 ile 16 arasında bir ölçeğe kategorize edilir. 1000 yıllık taşkın senaryosunda, bazı trafo noktaları 2 tehlike oranını (HR) aşmaktadır (Şekil 40); bu da orta düzeyde

bir zarar görebilirlik (0.66) ile birleştirildiğinde, risk değerlerinin 8-12 aralığına düşmesine neden olarak “yüksek riskli “ bir sınıflandırmaya işaret etmektedir (Şekil 40).

Bartın Ulus yerleşmesindeki trafolarla riskin yoğunlaşmaya başladığı alanlar için çözüm önerileri sunulmaktadır (Tablo 28). Bu, önerilen önlemlerin maliyet-etki düzeylerine göre karar vericiler tarafından değerlendirilmesine ve önceliklendirilmesine olanak sağlar. Örneğin, trafo merkezleri için zarar görebilirlik riskini artıran faktörlerden biri de trafo kapılarının suyun geliş yönüne bakacak şekilde konumlandırılmasıdır. Bu durum yalnızca enerji kesintilerine neden olmakla kalmaz, aynı zamanda kamu güvenliği açısından da yüksek risk oluşturmaktadır. Bu nedenle, trafo merkezlerinin kapılarının mümkünse suyun geliş yönüne ters istikamette konumlandırılması, kapıların su geçirmez malzemelerle güçlendirilmesi, ilave su bariyer sistemlerinin kullanılması veya giriş noktalarına yükseltilmiş eşikler uygulanması gibi yapısal önlemlerle bu risk azaltılabilir.



Şekil 40. Trafo için taşkın risk analizi

Tablo 30. Trafolarada riskin yoğunlaştığı alanlar için çözüm önerileri

Önlem	Maliyet Düzeyi	Açıklama
Geçici veya sabit taşkın bariyerlerinin kurulması	Düşük	Uygulaması kolay ve kısa sürede devreye alınabilir; trafonun doğrudan su ile temasını engeller.
Su geçirmez muhafaza sistemlerinin kullanılması	Düşük-Orta	Trafoların iç donamını koruyarak yapısal bütünlüğünü artırır; bakım ihtiyacını azaltır.
Erken uyarı sistemleri ve otomatik kapanma mekanizmalarının entegrasyonu	Orta	Taşkın anında sistemin otomatik olarak devre dışı kalmasını sağlayarak olası fiziksel zararları önler.
Trafoların daha yüksek yükseltilmiş platformlar üzerine yerleştirilmesi	Orta-Yüksek	Su seviyesinin üzerine çıkılarak trafonun taşkın sırasında zarar görmesini engellenir; mühendislik altyapısı gerektirir.
Trafoların daha güvenli alanlara taşınması	Yüksek	Uzun vadede en sürdürülebilir çözüm; taşkın riski düşük alanlara yerleştirme ile kalıcı koruma sağlar.
Alternatif enerji besleme hatlarının kurulması	Yüksek	Enerji arzının devamı için yedekli sistem oluşturulur; afet anında kritik altyapıların enerji ihtiyacını güvence altına alır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma Türkiye'nin Bartın ilinde yer alan Ulus ilçe merkezi yerleşimi taşkın kaynaklı fiziksel zarar görebilirliğine ilişkin ilk ayrıntılı değerlendirmelerden birini temsil etmektedir. Analiz, çeşitli taşkın geri dönüş periyotları (50, 100, 500 ve 1000 yıl) altında binalar, yollar, trafolar ve köprüler gibi kritik altyapı bileşenlerine yönelik tehlike ve zarar görebilirlik değerlendirilmesine odaklanılmıştır. Çalışmada benimsenen metodoloji, tehlike bileşenini derinlik ve hız üzerinden tanımlanırken, zarar görebilirlik bileşeni saha araştırmaları ve kurum bazlı gösterge verilerinden türetilmiştir. Bu iki bileşen çarpılarak bileşik risk değerleri hesaplanmıştır.

Tehlike analizinde, su derinliği ve akış hızına dayalı analizler oluşturulmak için bölgeye özgü taşkın modelleme verileri kullanılmış ve sonuçta tehlike değerleri elde edilmiştir. Bu analizler, farklı taşkın geri dönüş süreleri altında mekânsal kapsamı ve etkilenen alanları göstermektedir. Değerlendirilen dokuz farklı tehlike yöntemi arasında ger bir altyapı unsuru için en uygun olanlar belirlenmiş; binalar, köprüler ve trafolar için DEFRA yöntemi tercih edilirken, yollar için Avustralya-1 yöntemi uygulanmıştır. Bu seçim, her yöntemin yapısal özellikleri ve altyapı türleriyle olan uyumu göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Çalışmada, Birleşik Krallık Çevre Ajansı tarafından geliştirilen DEFRA yöntemi ile Smith ve diğerleri tarafından önerilen çerçeve kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. DEFRA yöntemi, ayrıntılı sınıflandırma ve ağırlıklandırma şeması ile karakterize edilirken; Avustralya-1 daha sade, operasyonel açıdan uygulanabilir bir çerçeve sunmaktadır. Her iki metodolojiden elde edilen sonuçların karşılaştırılması, belirli kritik alanlarda yöntemlere özgü farklılıklar ortaya koysa da genel anlamda tutarlı mekânsal risk modelleri elde edilmiştir. Bu farklılıkların, özellikle hassas altyapıların (örneğin, ana yol bağlantıları ve akarsu geçişli köprüler) mekânsal dağılımına ve yöntemlerin gösterge ağırlıklandırma yaklaşımlarına bağlı olarak geliştirilmiştir. Ayrıca trafolar için sınıflandırma yaklaşımı, trafo taban yüksekliklerinin 0 – 0.95 metre arasında değiştiğini ve trafo yüksekliklerinin de 0.75 cm – 3m arasında değiştiğini ortaya koyan saha verilerine dayanarak uyarlanmıştır. Bu bilgilere dayanarak, binalar, yollar, köprüler ve trafo altyapı bileşenlerinin maruz kalma seviyeleri değerlendirilmiştir.

Zarar görebilirlik değerlendirmesi sürecinde, kullanılan parametrelerin belirli bir amaca hizmet etmesinden ziyade, genel bir çerçeve sunması hedeflenmiştir. Bu nedenle, alt parametreler arasında farklı öncelik veya önem düzeyini yansıtan bir ağırlıklandırma yapılmamış, tüm alt parametreler eşit öneme sahip olacak şekilde değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım, çalışmanın kapsamı doğrultusunda zarar görebilirliğin çok boyutlu ancak dengeli bir şekilde ele alınmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Zarar görebilirlik katsayıları binalar için 0.46, yollar için 0.78, köprüler için 0.6 ve trafolar için 0.66 olarak belirlenmiştir. Daha sonra, her bir unsur için ayrı bileşik risk puanları hesaplanarak taşkın riskinin kapsamlı bir değerlendirilmesi yapılmıştır.

Sonuçlara göre binalar, yapısal özellikleri ve konumları nedeniyle nispeten sınırlı etkiye işaret eden Risk Grubu 1’de (düşük risk) sınıflandırılmıştır. Çalışma sahasında taşkından en çok etkilenen yapıların akarsuya yakın konumda bulunan, düşük kotlarda yer alan yetersiz ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, bazı durumlarda akarsuya yakın konumda yer alan yapıların daha düşük risk düzeyine sahip olduğu, buna karşın daha uzak mesafedeki yapıların ise daha yüksek risk altında bulunduğu tespit edilmiştir. Bu durum, taşkın riskinin yalnızca mekânsal konumla sınırlı olmadığını; yapı malzemesi gibi çok boyutlu etmenlerin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Binalar, Risk Grubu 2’ye (orta risk) ulaşarak orta düzeyde bir risk yansıtmıştır. Trafolar ve Köprüler ise yüksek zarar görebilirlik ve tehlike çıktıkları nedeniyle Risk Grubu 3’e (yüksek risk) ait olarak tespit edilirken yolların risk düzeyinin Risk Grubu 4 (çok yüksek risk) olduğu saptanmıştır. Bu bulgular enerji altyapısının diğer unsurlara göre daha yüksek riske sahip olduğunun altını çizmekte ve acil durum müdahalesinde ve uzun vadeli taşkın azaltma planlamasında önceliklendirme ihtiyacını vurgulamaktadır.

Bulgular yerel ölçekte afet riskinin azaltılmasında stratejik planlama için değerli bir referans görevi görmekte, taşkına dirençli altyapının geliştirilmesi ve bilinçli politika oluşturma için içgörüler sunmaktadır. Sonuçlar mekânsal planlama stratejileri, bölgesel taşkın yönetimi çerçeveleri ve acil durum hazırlık planları dahil olmak üzere gelecekteki girişimleri bilgilendirebilmektedir. Ayrıca, sahaya dayalı göstergeleri ve kurumsal verileri bir araya getiren bu çalışma, entegre risk

değerlendirme metodolojileri için bir emsal teşkil etmektedir. Daha geniş ölçekli risk değerlendirmeleri, iklim değişikliği senaryolarını içeren gelecek modellemeleri ve afet müdahale çalışmalarında öncelik belirleme için bilimsel bir temel sunmaktadır. Gelecekte yapılacak araştırmalar, sahaya özgü parametreleri modelleme sürecine entegre ederek risk değerlendirmelerinin hassasiyetini ve uygulanabilirliğini artıracaktır. Bu iyileştirme, bölgesel taşın riski yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi için daha sağlam bir temel sağlayacak, yerel koşullara daha iyi uyarlanmalarını ve taşkın tehlikelerinin ortaya çıkardığı benzersiz zorlukların ele alınmasında daha etkili olmalarını sağlayacaktır. Bu tür çabalar nihayetinde daha bilinçli karar vermeyi destekleyecek ve bölgesel düzeyde uyarlanabilir, dirençli altyapı politikalarının uygulanmasını teşvik edecektir.

KAYNAKÇA

- ABCB. (2011). *Construction of Buildings in Flood Hazard Areas*. Australian: Australian Building Codes Board.
- Aghababaei , M., Costello, S., & Ranjitkar, P. (2021). Measures to evaluate post-disaster trip resilience on road networks. *Journal of Transport Geography* 95, s. 103154.
- Ahmadisharaf, E., Kalyanapu, A., & Chung, E. (2015). valuating the Effects of Inundation Duration and Velocity on Selection of Flood Management Alternatives Using Multi-Criteria Decision Making. *Water Resources Management*, s. 2543-2561.
- Akbaş, A., & Özdemir, H. (2021). Yağış-Akış Modellerinde ArcSwat Uygulaması: Bartın Çayı Havzası Örneği. E. Akköprü, & M. Döker içinde, *Coğrafya Araştırmalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları* (s. 107-128). Ankara: Pegem Akademi.
- Akbas, A., & Ozdemir, H. (2023). Comparing Satellite, Reanalysis, Fused and Gridded (In Situ) Precipitation Products Over Türkiye. *International Journal of Climatology vol.152, no.3-4*, s. 981-997.
- Akbas, A., Freer, J., Ozdemir, H., Bates, P., & Turp, M. (2020). What about reservoirs? Questioning anthropogenic and climatic interferences on water availability. *Hydrological ProcessesVolume 34*, s. 5441-5455.
- Aktaş, O., & Uncu, L. (2024). Jeo-İstatistiksel Veriler Işığında Bilecik İlinin Taşkın Risk Analizinin Değerlendirilmesi. 12. *Uluslararası Değişen Dünyada Sosyal Beşeri İdari ve Eğitim Bilimleri Kongresi*, (s. 1130-1150). İzmir.
- Albano, R., Mancusi, L., & Abbate, A. (2017). Improving flood risk analysis for effectively supporting the implementation of flood risk management plans: The case study of "Serio" Valley. *Environmental Science & Policy* , s. 158-172.
- Aleotti , P., Polloni, G., Tropeano, D., & Turconi, L. (2004). Numerical modeling to determine risk scenarios in an alpine alluvial fan. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 77, s. 154-162.
- Apel, H., Aronica, G., Kreibich, H., & Thielen, A. (2009). Flood risk analyses—how detailed do we need to be? *Natural Hazards* 49, s. 79-98.
- Armenakis, C., Du, E. X., Natesan, S., Persad, R. A., & Zhang, Y. (2017). Flood Risk Assessment in Urban Areas Based on Spatial Analytics and Social Factors. *Geosciences*, s. 1-15.

- Arnold, J., Morasi, D., Gassman, P., Abbaspour, K., White, M., Srinivasan, R., & Kannan, N. (2012). SWAT: Model Use, Calibration, and Validation. *Trans. ASABE* 55 (4), s. 1491-1508.
- Arnold, J., Srinivasan, R., Muttiah, R., & Williams, J. (1998). Large Area Hydrologic Modeling And Assessment Part 1: Model Development. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, s. 73-89.
- ASM International. (2005). *ASM Handbook Volume 13B*. Printed in the United States of America: Materials Park, Ohio 44073-0002.
- Baky, M. A., Islam, M., & Paul, S. (2020). Flood Hazard, Vulnerability and Risk Assessment for Different Land Use Classes Using a Flow Model . *Earth Systems and Environment* , s. 225-244.
- Balica, S., Douben, N., & Wright, N. (2009). Flood vulnerability indices at varying spatial scales. *Water Science & Technology*, s. 2571-2580.
- Bates, P. (2022). Flood inundation prediction. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 54.
- Bates, P., & De Roo, A. (2000). A simple raster-based model for flood inundation simulation. *Journal of Hydrology*, s. 57-77.
- Bates, P., Horritt, M., & Fewtrell, T. (2010). A simple inertial formulation of the shallow water equations for efficient two dimensional flood inundation modelling. *Journal of Hydrology* 387, s. 33-45.
- Bertsch, R., Glenis, V., & Kilsby, C. (2017). Urban Flood Simulation Using Synthetic Storm Drain Networks. *Water* 9 (12), s. 2-15.
- Bhavathrathan, B. K., & Patil, G. R. (2018). Algorithm to compute urban road network resilience. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol. 2672, s. 104-115.
- Bhola, P. K., Leandro, J., & Disse, M. (2020). Building hazard maps with differentiated risk perception for flood impact assessment. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 20, s. 2647-2663.
- Bles, T., Bessembinder, J., Chevreuil, M., Danielsson, P., Falemo, S., Venmans, A., . . . Löfroth, H. (2016). Climate change risk assessments and adaptation for roads - results of the ROADAPT project. *Transportation Research Procedia*, s. 58-67.
- Blöchl, G., Hall, J., Viglione, A., Perdigao, R. A., Parajka, J., Merz, B., . . . Zivkovic, N. (2019). Changing climate both increases and decreases European river floods. *Nature*, s. 108-111.

- Bozkurt, Y., & Erdin , N. (2011). *Ağaç Teknolojisi*. İstanbul : İstanbul Üniversitesi Basım ve Yayınevi Müdürlüğü.
- Brikmann, J. (2006). Indicators and criteria for measuring vulnerability:Theoretical bases and requirements, in:Measuring VulnerabilityTowards Disaster Resilient Societies. New York, Paris: United Nations University Press,Tokyo.
- Brikmann, J., Cardona, O., Carreño, M., Barbat, A., Pelling, M., Schneiderbauer, S., . . . Welle, T. (2013). Framin vulnerability, risk and societal responses: The MOVE framework. *Natural Hazards*, s. 193-211.
- Brito, M., Evers, M., & Höllermann, B. (2017). Prioritization of flood vulnerability, coping capacity and exposure indicators through the Delphi technique: A case study in Taquari-Antas basin, Brazil. *International Journal of Disastet Risk Reduction*, s. 119-128.
- Bründl, M., Romang, H. E., Bischof, N., & Rheinberger, C. M. (2009). The risk concept and its application in natural hazard risk management in Switzerland. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, s. 801–813.
- Bründl, M., Romang, H., Bischof, N., & Rheninberger, C. (2009). The risk concept and its application in natural hazard risk management in Switzerland. *Natural Hazards and Earth System Sciences* (9), s. 801-813.
- Buka-Vaivade, K., Nicoletti, V., & Gara, F. (2025). Advancing bridge resilience: a review of monitoring technologies for flood-prone infrastructure. *Open Research Europe* 5:26.
- Chakraborty, L., Thistlethwaite, J., Scott, D., Henstra, D., Minano, A., & Rus, H. (2022). Assessing social vulnerability and identifying spatial hotspots of flood risk to inform socially just flood management policy. *Society for Risk Analysis*, s. 1058-1078.
- Chen, A., Hsu, M., Chen, T., & Chang, T. (2005). An integrated inundation model for highly developed urban areas. *Water Science and Technology*, 51 (2), s. 221-229.
- Cho , S. Y., & Chang, H. (2017). Recent research approaches to urban flood vulnerability, 2006-2016. *Nat Hazard*, s. 633-649.
- Chone, G., Biron, P., Belanger, T., Mazgaranu , L., Neal , J., & Sampson, C. (2021). An assessment of large-scale flood modelling based on LİDAR data. *Hydrological Processes* 35(8), s. 1-13.
- Clauen, L., & Clark, P. (1990). The development of criteria for predicting dambreak flood damages using modelling of historical dam failures.

Proceedings of the International Conference on River Flood Hydraulics (s. 369–380). John Wiley & Sons .

Coulibaly, J., Mbow, C., Sileshi, G. W., Beedy, T., Kundhlande, G., & Musau, J. (2015). Mapping Vulnerability to Climate Change in Malawi: Spatial and Social Differentiation in the Shire River Basin. *American Journal of Climate Change*, s. 282-294.

CRED. (2023). *2022 Disasters in numbers*. Brussels, Belgium: EM-DAT.

Dalfes, N., Karaca, M., & Şen, Ö. (2007, Nisan). Türkiye İçin İklim Değişikliği Senaryoları: Ön Çalışmalar. *İklim Değişikliği & Türkiye*. Ankara, Çankaya, Türkiye: Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) Türkiye Ofisi.

Dang, N., Babel, M., & Luong, H. (2011). Evaluation of flood risk parameters in the Day River Flood Diversion Area, Red River Delta, Vietnam. *Natural Hazards* , s. 169-194.

de Brito, M. M., Evers, M., & Almoradie, A. D. (2018). Participatory flood vulnerability assessment: a multi-criteria approach. *Hydrology and Earth System Sciences*, s. 373-390.

de Bruijn, K., Klijn, F., Pas, v., & Slager, C. (2015). Flood fatality hazard and flood damage hazard: combining multiple hazard characteristics into meaningful maps for spatial planning. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15, s. 1297-1309.

de Bruijn, K., Maran , C., Zygnerski, M., Jurado, J., Burzel, A., Jeuken, C., & Obeysekera , J. (2019). Flood Resilience of Critical Infrastructure: Approach and Method Applied to Fort Lauderdale, Florida. *Water* 11(3), s. 1-21.

de Moel, H., Jongman, B., Kreibich, H., Merz, B., Penning-Rowsell, E., & Ward, P. (2015). Flood risk assessments at different spatial scales. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* , s. 865-890.

DEFRA/Environmental Agency. (2003). Flood Risks to People Phase 1. R&D Technical Report FD2317. UK: DEFRA/Environmental Agency Flood and Coastal Defence R&D Programme.

DEFRA/Environmental Agency. (2006). *Flood Risks to People Phase 2 Defra/Environment Agency Flood and Coastal Defence R&D Programme*. UK: Defra/Environment Agency Flood and Coastal Defence R&D Programme.

Dodman, D., Hayward, B., Pelling, M., Castan Broto, V., Chow, W., Chu, E., . . . Ziervogel, G. (2022). *Cities, Settlements and Key Infrastructure*. In:

Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. UK and New York: IPCC Altıncı Değerlendirme Raporu.

DSİ. (2021). *Directorate General for State Hydraulic Works*. Retrieved from www.dsi.gov.tr adresinden alındı

Du, J., Yin, K., Nadim, F., & Lacasse, S. (2013). Quantitative vulnerability estimation for individual landslides. *Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, (s. 2281-2184). Paris.

Europlas (2024). *europlas.com*. <https://europlas.com.vn/en-US/blog-1/is-pvc-waterproof-understanding-its-durability> adresinden alındı

Evans, B., Chen, A., Djordjević, S., Webber, J., Gómez, A. G., & Stevens, J. (2020). Investigating the Effects of Pluvial Flooding and Climate Change on Traffic Flows in Barcelona and Bristol. *sustainability* 12 (6), s. 2-18.

Fedeski, M. H., & Gwilliam, J. A. (2007). Urban sustainability in the presence of flood and geological hazards: The development of a GIS- based vulnerability and risk assessment methodology. *Landscape and Urban Planning*, s. 50-61.

FEMA. (2013). Federal guidelines for inundation mapping of flood risks associated with dam incidents and failures (FEMA P-946). US: Federal Emergency Management Agency.

Ferreira, T., & Santos, P. (2020). An Integrated Approach for Assessing Flood Risk in Historic City Centres. *Water*, s. 2-17.

Few, R. (2003). Flooding, vulnerability and coping strategies: local responses to a global threat. *Progress in Development Studies*, s. 43-58.

Fewtrell, T., Duncan, A., Sampson, C. C., Neal, J. C., & Bates, P. D. (2011). Benchmarking urban flood models of varying complexity and scale using high resolution terrestrial LIDAR data. *Physics and Chemistry of the Earth* 36, s. 281-291.

Figueiredo, R., Romão, X., & Paupério, E. (2021). Component-based flood vulnerability modelling for cultural heritage buildings. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 61, s. 1-11.

Fontana, M. (1986). *Corrosion Engineering, 3rd Edition*, New York.: McGraw-Hill.

Gain, A. K., Mojtahed, V., Biscaro, C., Balbi, S., & Giupponi, C. (2015). An integrated approach of flood risk assessment in the eastern part of Dhaka City. *Natural Hazards*, s. 1499-1530.

- Gauthier, P., Furno, A., & Faouzi, N.-E. E. (2018). Road Network Resilience: How to Identify Critical Links Subject to Day-to-Day Disruptions? *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*.
- GFDRR. (2021). *EU RiskMap Project: Flood hazard and vulnerability guidelines. Global Facility for Disaster Reduction and Recovery*. Washington, U.S.A.
- Giupponi, C., Giove, S., & Giannini, V. (2013, June). A dynamic assessment tool for exploring and communicating vulnerability to floods and climate change. *Environmental Modelling & Software*, s. 136-147.
- Godfrey, A., Ciurean, R., van Westen, C., Kingma, N., & Glade, T. (2015). Assessing vulnerability of buildings to hydro-meteorological hazards using expert based approach - An application in Nehoiu Valley, Romania. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, s. 229-241.
- Görüm , T. (2019). Landslide recognition and mapping in a mixed forest environment from airborne LiDAR data. *Engineering Geology* 258, s. 1-17.
- Gürkan, H., Arabaci , H., Demircan, M., Eskioğlu, O., Şensoy, S., & Yazici, B. (2016, Aralık 05). GFDL-ESM2M Modeli Temelinde RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryolarına Göre Türkiye İçin Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, s. 77-88.
- Holand, I. S., Lujala, P., & Rød, J. K. (2011). Social vulnerability assessment for Norway: A quantitative approach. s. 1-17.
- Ikechukwu, E., & Pauline, E. (2015). Environmental Impacts of Corrosion on the Physical Properties of Copper and Aluminium: A Case Study of the Surrounding Water Bodies in Port Harcourt. *Open Journal of Social Sciences*,3, s. 143-150.
- Indirli, M. (2009). Organization of a Geographic Information System (GIS) Database on Natural Hazards and Structural Vulnerability for the Historic Center of San Giuliano Di Puglia (Italy) and the City of Valparaiso (Chile). *International Journal of Architectural Heritage*, s. 276-315.
- IPCC. (2013). Climate Change 2013. *The Physical Science Basis, Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, England: IPCC. http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf adresinden alındı
- Islam, M. S., Swapan, M. S., & Haque, S. M. (2013). Disaster risk index: How far should it take account of local attributes? *International Journal of Disaster Risk Reduction*, s. 76-87.

- ISPRA. (2012). *Proposta metodologica per l'aggiornamento delle mappe di pericolosità e di rischio [Methodological proposal for updating hazard and risk maps]*. Italian Higher Institute for Environmental Protection and Research (in Italian).
- Jacobs, R., Smith, P., & Goddard, M. (2004). *Measuring performance: An examination of composite performance indicators*. York: Centre Health Economics University of York.
- Jonkman, S. N. (2005). Global Perspectives on Loss of Human Life Caused by Floods. *Natural Hazards*, s. 151-175.
- Kamalipour, H., & Zaroudi, M. (2014). Sociocultural Context and Vernacular Housing Morphology: A Case Study. *Current Urban Studies*, 2014, 2, s. 220-232.
- Kappes, M., Papathoma-Köhle, M., & Keiler, M. (2012). Assessing physical vulnerability for multi-hazards using an indicator-based methodology. *Applied Geography*, s. 577-590.
- Karmakar, S., Simonovic, S. P., Peck, A., & Black, J. (2010). An Information System for Risk- Vulnerability Assessment to Flood. *Journal of Geographic Information System*, s. 129-146.
- Kasmalkar, I. G., Serafin, K. A., Miao, Y., Bick, A., Ortolano, L., Ouyang, D., & Suckale, J. (2020). When floods hit the road: Resilience to flood-related traffic disruption in the San Francisco Bay Area and beyond. *Science Advances* 6(32), s. 2432.
- Kazakis, N., Kougias, I., & Patsialis, T. (2015). Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index-based approach and Analytical Hierarchy Process: Application in Rhodope–Evros region, Greece. *Science of The Total Environment*, s. 555-563.
- Kazmierczak, A., & Cavan, G. (2011). Surface water flooding risk to urban communities: Analysis of vulnerability, hazard and exposure. *Landscape and Urban Planning*.
- Knight, F. (1921). *Risk, Uncertainty and Profit*. Library of Economics and Liberty.
- Koks, E., Jongman, B., T.G.Husby, & Botzen, W. (2015). Combining hazard, exposure and social vulnerability to provide lessons for flood risk management. *ScienceDirect*, s. 42-52.

- Kreibich, H., Piroth, K., Seifert, I., Maiwald, H., Kunert, U., Schwarz, J., . . . Thieken, A. (2009). Is flow velocity a significant parameter in flood damage modelling? *Natural Hazards and Earth System Sciences*, s. 1679-1692.
- Kreibich, H., Thieken, A., Müller, M., & Merz, B. (2005). Flood damage and influencing factors: New insights from the August 2002 flood in Germany. *Water Resources Research*, Vol 41, s. 1-16.
- Krieger, K., Schmitt, T., & Illgen, M. (2017). Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge nach DWAMerkblatt M 119 . *[Risk management in municipal flood protection according to booklet DWA M 119]GWF Wasser/Abwasser 158* (s. 34–39). içinde (in German).
- Kron, W., Steuer, M., Löw, P., & Wirtz, A. (2012, March 2). How to deal properly with a natural catastrophe database – analysis of flood losses. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, s. 535-550.
- Lazzarin, T., Viero, D. P., Molinari, D., Ballio, F., & Defina, A. (2022). Flood damage functions based on a single physics- and data-based impact parameter that jointly accounts for water depth and velocity. *Journal of Hydrology* 607,127485.
- Leandro, J., Cunneff, S., & Viernstein, L. (2021). Resilience Modeling of Flood Induced Electrical Distribution Network Failures: Munich, Germany. *frontiers in Earth Science Volume 9*.
- Li, C., Fang, Q., Ding, L., Cho, Y., & Chen, K. (2020). Time-dependent resilience analysis of a road network in an extreme environment. *Transportation Research Part D*, s. 102395.
- Li, C., Li, N., Wu, L. C., & Hu, A. J. (2013, July). A relative vulnerability estimation of flood disaster using data envelopment analysis in the Dongting Lake region of Hunan. *Natural Hazards and Earth System Science*, s. 1723-1734.
- Li, S., & Teo, K. (2019). Post-disaster multi-period road network repair: work scheduling and relief logistics optimization. *Annals of Operations Research*, Vol. 283 Nos 1/2, s. 1345-1385.
- Loli, M., Kefalas, G., Dafis, S., Mitoulis, S. A., & Schmidt, F. (2022). Bridge-specific flood risk assessment of transport networks using GIS and remotely sensed data. *Science of the Total Environment*.
- Maijala, T. (2001). *Development of rescue actions based on dam-break flood analysis (Final Report)*. Helsinki, Finland: Finnish Environment Institute.

- Maranzoni, A., D'Oria, M., & Rizzo, C. (2022, August 18). Quantitative flood hazard assessment methods: A review. *Journal of Flood Risk Management* 21, s. 1-31.
- Martelli, K. (2011). The Physical Vulnerability of Urban Areas Facing the Threat of Inundation from Lahars and Flash Floods: Application to the Case Study of Arequipa, Peru. *Doctoral dissertation*.
- Martín, B., Ortego, E., Cuevas-Wizner, R., & Ledda, A. (2021). Assessing road network resilience: An accessibility comparative analysis. *Transportation Research Part D* , s. 102851.
- Martini, F., & Loat, R. (2018). *Handbook on good practices for flood mapping in Europe*. EXCIMAP (European Exchange Circle on Flood Mapping): European Environment Agency.
- Mebarki, A., Valencia, N., Salagnac, J., & Barroca, B. (2012). Flood hazards and masonry constructions: a probabilistic framework for damage, risk and resilience at urban scale. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, s. 1799-1809.
- MEGEP (Mesleki Eğitim Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi). (2007). *Elektrik Elektronik Teknolojisi Transformatör merkezleri*. Ankara: T.C. Milli Eğitim Bakanlığı.
- Merz, B., & Thieken, A. (2004). Flood risk analysis: Concepts and challenges . *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, s. 27-34.
- Merz, B., Apel, H., & Gocht, M. (2004). Entwick-lung eines probabilistischen Ansatzes zur Bestimmung desDeichversagens durch Überströmen. *Risks from Natural Hazards*, s. 77-84.
- Merz, B., Kreibich, H., & Apel, H. (2008). Flood risk analysis: uncertainties and validation. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 60, s. 89-94.
- Merz, B., Thieken, A., & Gocht, M. (2007). Flood risk mapping at the local scale: concepts and challenges. In: Advances in natural and technological hazards research. vol 13. *Springer,Dordrecht*, s. 231-251.
- MGM. (2023). *Köppen İklim Sınıflandırılmasına Göre Türkiye İklimi*. İklim ve Ziraî Meteoroloji Dairesi Başkanlığı İklim ve İklim Değişikliği Şube Müdürlüğü.
- Miranda, F. N., & Ferreira, T. M. (2018). A simplified approach for flood vulnerability assessment of historic sites. *Natural Hazards* 96, s. 713-730.
- MirGodfrey, A., Ciurean, R., Van Westen, C., Kingma, N., & Glade, T. (2015). Assessing vulnerability of buildings to hydro-meteorological hazard using

- expert based approach- An application in Nehoiu Valley, Romania. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, s. 229-241.
- Moel, H. d., Jongman, B., Kreibich, H., Merz, B., Penning-Rowsell, E., & Ward, P. J. (2015). Flood risk assessments at different spatial scales. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, s. 865-890.
- Moreira, L. L., de Brito, M. M., & Kobiyama, M. (2021). Review article: A systematic review and future prospects of flood vulnerability indices. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, s. 1513-1530.
- Muhadi, N. A., Abdullah, A. F., Bejo, S. K., Mahadi, M. R., & Mijic, A. (2020). The Use of LiDAR-Derived DEM in Flood Applications: A Review. *Remote Sensing*, 12(14), s. 2308.
- Mukesh, M., & Katpatal, Y. (2021). "Impact of the change in topography caused by road construction on the flood vulnerability of mobility on road networks in urban areas. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering, Vol. 7* *ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering, Vol. 7* No.3, s. 5021001.
- Muñoz, D., Moftakhari, H., & Moradkhani, H. (2020). Compound Effects of Flood Drivers and Wetland Elevation Correction on Coastal Flood Hazard Assessment. *Water Resources Research* 56(7) e2020WR027544.
- Naeem, B., Azmat, M., Tao, H., Ahmad, S., Khattak, M. U., Haider, S., . . . Goodell, C. R. (2021). Flood Hazard Assessment for the Tori Levee Breach of the Indus River Basin, Pakistan. *Water* 13(5), s. 604.
- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., & Tarantola, S. (2008). *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and user guide*. Paris: Secretary-General of the OECD.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Coastal Services Center. (2012). *"Lidar 101: An Introduction to Lidar Technology, Data, and Applications."*. Revised. Charleston, SC: NOAA Coastal Services Center.
- National Research Council. (2009). Mapping the zone: Improving flood map accuracy. *The National Academies Press*.
- Nofal, O. M., & van de Lint, J. (2022). Understanding flood risk in the context of community resilience modeling for the built environment: research needs and trends. *Sustainable and Resilient Infrastructure* , s. 171-187.

- Ntajal, J., Lampety, B. L., Mahamadou, I. B., & Nyarko, B. K. (2017). Flood disaster risk mapping in the Lower Mono River Basin in Togo, West Africa. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, s. 93-103.
- OGM. (2011). *Bartın, Ulus ve Safranbolu Orman İşletme Müdürlüklerine ait Orman Amenajman Harita ve Planları*. Ankara: OGM.
- Özdemir, H. (2008). FARKLI SENARYOLARA GÖRE TAŞKIN RİSK ANALİZİ: HAVRAN ÇAYI ÖRNEĞİ (BALIKESİR). *TMMOB AFET SEMPOZYUMU*, (s. 155-165). Ankara.
- Özdemir, H. (2008). Taşkınların Tahmini ve Risk Analizinde CBS UZAL ve Hidrolik Modellemenin Entegrasyonu. Edirne: Taşkın Konferansı.
- Özdemir, H. (2013). Taşkın çalışmaları açısından topografik haritalardan ve DEM'den üretilmiş akarsu morfometrik özelliklerin karşılaştırılması. İstanbul: İstanbul Üniversitesi.
- Ozdemir, H., & Akbas, A. (2023a). Is there a consistency in basin morphometry and hydrodynamic modelling results in terms of the flood generation potential of basins? A case study from the Ulus River Basin (Türkiye). *Journal of Hydrology*, s. 129926.
- Ozdemir, H., & Akbas, A. (2023b). Sayısal Yükseklik Modellerindeki Mekansal Çözünürlük Değişkenliğinin Taşkın Tehlike Analizine Etkileri. *Journal of Geography*, 46, s. 137-156.
- Özdemir, H., & Akbaş, A. (2025). Evaluating the capability of UAV-Derived DEMs for flood hazard analysis. *PYHSICAL GEOGRAPHY*, s. 1-21.
- Özdemir, H., Sampson, C., de Almeida, G., & Bates, P. (2013). Evaluating scale and roughness effects in urban flood modelling using terrestrial LIDAR data. *Hyrdology and Earth System Sciences* 17 (10), s. 4015-4030.
- Özşahin, E. (2013, Eylül). Arnavutluk'ta Taşkın Risk Analizi . *Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi*, 12, s. 91-109.
- Öztürk, M., Çetinkaya, G., & Aydın , S. (2017). Köppen-Geiger İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye'nin İklim Tipleri. *Coğrafya Dergisi - J. Geogr.* 35, s. 17-27.
- Papathoma-Köhle, M. (2016). Vulnerability curves vs. vulnerability indicators: application of an indicator-based methodology for debris-flow hazards. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, s. 1771-1790.
- Papathoma-Köhle, M., Gmes, B., Sturm, M., & Fuchs, S. (2017). Matrices, curves and indicators: A review of approaches to assess physical vulnerability to debris flows. *Earth-Science Reviews*, s. 272-288.

- Papathoma-Köhle, M., Neuhauser, B., Ratzinger, K., Wenzel, H., & Dominey-Howes, D. (2007). Elements at risk as a framework for assessing the vulnerability of communities to landslides. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, s. 765-779.
- Papathoma-Köhle, M., Schlögl, M., & Fuchs, S. (2019). Vulnerability indicators for natural hazards an innovative selection and weighting approach. *Scientific Reports (9)- nature research*.
- Paul, S. K. (2013). Vulnerability Concepts and its Application in Various Fields: A Review on Geographical Perspective. *Journal of Life and Earth Science*, s. 63-81.
- Ramsbottom, D., Tarrant, O., & Cooper, A. (2006). Sources of flooding on floodplains of the tidal Thames. *Proceedings of the 41st Defra Flood and Coastal Management Conference*, (s. 1-15). University of York, UK.
- Rehman, S., Sahana, M., Hong, H., Sajjad, H., & Ahmed, B. (2019). A systematic review on approaches and methods used for food vulnerability assessment: framework for future research. *Natural Hazard*.
- Rentschler, H., Avner, P., Su, R., & Hallegatte, S. (2023, May 23). Rapid urban growth in flood zones: Global trends in exposure since 1985. *Let's Talk Development*. World Bank.
- Rentschler, J., Salhab, M., & Jafino, B. (2022, June 28). Flood risk already affects 1.81 billion people. Climate change and unplanned urbanization could worsen exposure. *Development and a Changing Climate*. World Bank.
- Rojahn, C., Scawthorn, C., & Khater, M. (1992). Transportation lifeline losses in large eastern earthquakes. *Lifeline Earthquake Engineering in the Central and Eastern US, ASCE*, s. 87-101.
- Saisana, M., Saltelli, A., & Tarantola, A. (2005). Uncertainty and sensitivity analysis techniques as tools for the quality assessment of composite indicators. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)* (168,2), s. 307-332.
- Santillan, J., Marqueso, J., Makinano-Santillan, M., & Serviano, J. (2016). Beyond flood hazard maps: Detailed flood characterization with remote sensing, GIS and 2D modelling. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII-4/W1*, s. 315-323.
- Saral, A. (2010). Çok Kriterli Karar Verme ve Bilgi Difüzyonu Yöntemleri Yardımıyla, Taşkın Risk Analizi Yazılımının Gerçekleştirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü.

- Schanze, J., Zeman, E., & Marsalek, J. (2006). *Flood risk management: hazards, vulnerability and mitigation measures*. Dordrecht: Springer.
- Schröter, K., Kreibich, H., Vogel, K., & Merz, B. (2014). How useful are complex flood damage models? *Water Resources Research*, 50(4), s. 3378–3395.
- Schwarz, J., & Maiwald, H. (2008). Damage and loss prediction model based on the vulnerability of building types. *4th International Symposium on Flood Defence: Managing Flood Risk, Reliability and Vulnerability* (s. 74). Toronto, Ontario, Canada.
- Şengün, M. T., Karadeniz, E., & Şaman, B. (2019). Tavşanlı Deresinde (Sivas-Hafik) Taşkın Risk Analizi. *İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi*.
- Shand, T., Cox, R., Blacka, M., & Smith, G. (2011, . February). Australian Rainfall and Runoff Revision Project 10: Appropriate Safety Criteria for Vehicles - Literature Review. *Australian Rainfall and Runoff Revision Project 10. Stage 2 Report. Prepared by the Water Research Laboratory. P10/S2/020*.
- Şimşek, İ. (2020). Sel-Taşkın Modellerinde Haca Lidar Verilerinin Kullanımı: Ulus Çayı Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi.
- Smith, G., Davey, E., & Cox, R. (2014). Updating National Guidance on Best Practice Flood Risk Management. Australia: WRL Technical Report 2014/07.
- Stephenson , D. (2002). Integrated flood plain management strategy for the Vaal. *Urban Water*, 4, s. 423-428.
- Stephenson, V., & D'Ayala, D. (2014). A new approach to flood vulnerability assessment for historic buildings in England. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, s. 1035-1048.
- Stroner, M., Urban, R., & Linkova, L. (2021). A New Method fot UAV Lidar Precision Testing Used for the Evaluation of an Affordable DJI ZENMUSE L1 Scanner. *Remote Sensing* 13, s. 4811.
- Sunkar, M., & Tonbul , S. (2010). İluh Deresi Havzası'na (Batman) Yönelik Sel Ve Taşkın Riski Analizleri. *e-Journal of New World Sciences Academy Nature Sicences* 5 (4), s. 255-237.
- SYGM. (2017). *Taşkın Yönetimi*. Ankara: Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- SYGM. (2019). *Batı Karadeniz Havzası Taşkın Yönetim Planı*. Ankara: Tarım ve Orman Bakanlığı.
- Tarbotton, C., Dall'Osso, F., & Dominey-Howes, D. (2015). The use of empirical vulnerability functions to assess the response of buildings to tsunami

impact: Comparative review and summary of best practice. *Earth-Science Reviews*, s. 120-134.

Taşkesen, C. (2011). Taşkın Risk Yönetiminde Zarar Görebilirlik Analizleri. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul : Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Tate, E., Rahman, M., Emrich, C. T., & Sampson, C. C. (2021). Flood exposure and social vulnerability in the United States. *Natural Hazard*, s. 435-457.

Teng, J., Jakeman, A., Vaze, J., Croke, B., Dutta, D., & Kim, S. (2016). Flood inundation modelling: A review of methods, recent advances and uncertainty analysis. *Environmental modelling & software*.

Timmerman, P. (1981). *Vulnerability, Resilience and the Collapse of Society. A Review of Models and Possible Climatic Applications*. Toronto, Canada: Institute for Environmental Studies, University of Toronto.

Torabi, T., Shafei, B., & Alipour, A. (2025). Intensity Measures for Flood Hazards in Fragility Assessments of Bridges. *The 1st International Conference on Net-Zero Built Environment* (s. 1539-1547). Springer.

Totschnig, R., & Fuchs, S. (2013). Mountain torrents: Quantifying vulnerability and assessing uncertainties. *Engineering Geology*, s. 31-44.

Turluğlu Ertürk , E., Kaya, N., & Mercan , S. (2021). Taşkın Risk Haritalarının Oluşturulması: Trabzon İli Vakfıkebir İlçesi Kirazlı Deresi Örneği. *Afet ve Risk Dergisi 4 (1)*, s. 84-98.

Türkiye Cumhuriyeti . (2001, 11 22). Türk Medeni Kanunu. *Kanun No. 24607*. Resmi Gazete (No.18113).

Türkiye Cumhuriyeti . (2012, 5 31). Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun. *Kanun No. 6306*. Resmi Gazete (No. 28309).

Türkiye Cumhuriyeti. (1983, 7 21). Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu. *Kanun No. 2863*. Resmi Gazete (No.18113).

Turoğlu, H., & Özdemir, H. (2005). *Bartın'da Sel ve Taşkınlar*. İstanbul: Çantay Kitabevi.

UNISDR. (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. Sendai.

Uzielli , M., Catani , F., Tofani, V., & Casagli, N. (2015). Risk analysis for the Ancona landslide—II: estimation of risk to buildings. *Landslides*, s. 83-100.

- Uzielli, M., Nadim, F., Lacasse, S., & Kaynia, A. (2008). A conceptual framework for quantitative estimation of physical vulnerability to landslides. *Engineering Geology*, s. 251-256.
- Wallingford, H. (2006a). *Flood Risk to People Phase 2, FD2321/TR1*. UK: Guidance Document, Defra/Environmental Agency.
- Wallingford, H. (2006b). *Flood Risk to People Phase 2, FD2321/TR2*. UK: Guidance Document, Defra/ Environmental Agency.
- Wang, L., Cui, S., Li, Y., Huang, H., Manandhar, B., Nitivattamamon, V., & Huang, W. (2022). A review of the flood management: from flood control to flood resilience. *Heliyon*, s. 1-12.
- WHO. (2002, 30 June–2 July). Floods: climate change and adaptation strategies for human health. *report on a WHO meeting*. London, United Kingdom: World Health Organization. Regional Office for Europe.
- Wingfield, J., Bell, M., & Bowker, P. (2005). *Improving the flood resilience of buildings through improved materials, methods and details*. United Kingdom: CIRIA Report Nr WP2c, CIRIA.
- Zhang, M., Du, S., Scussolini, P., Ward, P. J., Wen, J., Wang, L., . . . Aerts, J. C. (2020, March). Hard or soft flood adaptation? Advantages of a hybrid strategy for Shanghai. *Global Environmental Change* 61, s. 1-10.
- Zhang, M., Liu, Z., & Van Dijk, M. (2019). Measuring urban vulnerability to climate change using an integrated approach, assessing climate risks in Beijing. *Environmental Science*.
- Zhang, W., Qi, J., Wan, P., Wang, H., Xie, D., Wang, X., & Yan, G. (2016). An Easy-to-Use Airborne LIDAR Data Filtering Method Based on Cloth Simulation. *Remote Sensing* 8(6), s. 501.
- Zhou, Y., Liu, Y., Wu, W., & Li, N. (2015). Integrated risk assessment of multi-hazards in China. *Natural Hazards*, s. 257-280.