T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOĞU KARADENİZ BÖLÜMÜNDE 1950-2020 YILLARI ARASI YAŞANAN TAŞKINLARIN MAKİNE ÖĞRENİMİ VE DİĞER METOTLAR İLE ANALİZİ

DOKTORA TEZİ

Ufuk YÜKSELER

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ömerul Faruk DURSUN

ARALIK 2024

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOĞU KARADENİZ BÖLÜMÜNDE 1950-2020 YILLARI ARASI YAŞANAN TAŞKINLARIN MAKİNE ÖĞRENİMİ VE DİĞER METOTLAR İLE ANALİZİ

DOKTORA TEZİ

Ufuk YÜKSELER

(36193621044)

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ömerul Faruk DURSUN

ARALIK 2024

İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Doğu Karadeniz Bölümünde 1950-2020 Yılları Arası Yaşanan Taşkınların Makine Öğrenimi ve Diğer Metotlar ile Analizi

Tezi Hazırlayan: Ufuk YÜKSELER

Doktora Tezi

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

2013 yılında büyük bir heyecanla başladığım İnönü Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü eğitimimi sırasıyla; 2017 yılında lisans, 2019 yılında Yüksek lisans ve 2024 yılı itibariyle Doktora eğitimi ile tamamlamaktayım. Tanıdığım ilk zamanlardan beri, bu 11 yıllık serüvenimde beni her zaman destekleyen, çalışmalarıma katkı sunan ve heyecanımı hep diri tutan başta tez danışmanım ve bundan da öte ailemden bir fert olarak gördüğüm Prof. Dr. Ömerul Faruk DURSUN'a teşekkürlerimi bir borç bilirim. Çalışma aşamasında yönlendirmeleriyle ve ortak yaptığımız yayınlarla kendilerinden çok şey öğrendiğim sayın Dr. Öğretim üyesi Enes GÜL'e, Dr. Öğretim Üyesi Ahmet TOPRAK'a ve Doç Dr. Mete YAĞANOĞLU'a şükranlarımı sunarım. Tüm çalışmalarım boyunca beni hep destekeyen annem, babam ve abilerime de teşekkür ederim. Tüm aşamalarda arkamı toplayan, bana çalışmalarımda hep destek olan Eşim Hicran'a ve yeni doğan oğlum Ömer Ahlas'a şükran duyuyorum.

Tez çalışmamız aşamasında bizi destekleyen İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Araştırma Fonu (Proje no: FDK-2022-2796)'na teşekkürleri borç bilirim.

ONUR SÖZÜ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Doğu Karadeniz Bölümünde 1950-2020 Yılları Arası Yaşanan Taşkınların Makine Öğrenimi ve Diğer Metotlar ile Analizi ” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların, hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Ufuk YÜKSELER

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ ..... **i**
ONUR SÖZÜ ..... **ii**
İÇİNDEKİLER ..... **iii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **vi**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **ix**
SEMBOLLER VE KISALTMALAR ..... **xiii**
ÖZET ..... **xv**
ABSTRACT ..... **xvi**
1. GİRİŞ **1**
2. LİTERATÜR ÖZETİ **3**
3. ÇALIŞMA SAHASI **22**
3.1 Artvin Taşkınları 24
3.1.1 Artvin (Şavşat) taşkını (2009) 25
3.1.2 Artvin (Hopa) taşkını (2015) 28
3.1.3 Artvin (Merkez) taşkını (2020) 31
3.1.4 Artvin (Arhavi) taşkını (2021) 34
3.2 Giresun Taşkınları 37
3.2.1 Giresun (Tirebolu) taşkını (1959) 38
3.2.2 Giresun (merkez) ve ilçeleri taşkınları (1965) 40
3.2.3 Giresun (Eynesil) taşkınları (1974) 42
3.2.4 Giresun (Yağlıdere) taşkınları (1990) 44
3.2.5 Giresun (merkez) taşkınları (1997) 46
3.2.6 Giresun (merkez) taşkınları (2006) 48
3.2.7 Giresun (Bulancak) taşkınları (2009) 50
3.2.8 Giresun (Eynesil) taşkınları (2016) 53
3.2.9 Giresun (merkez) taşkınları (2020) 55
3.3 Gümüşhane Taşkınları 58
3.3.1 Gümüşhane (Kelkit) taşkınları (1972) 59
3.3.2 Gümüşhane (merkez) taşkınları (1974) 62
3.3.3 Gümüşhane (Şiran) taşkınları (2004) 65
3.3.4 Gümüşhane (merkez) taşkınları (2017) 67
3.4 Ordu Taşkınları 70
3.4.1 Ordu (Fatsa ve Perşembe) taşkınları (2016) 71

3.4.2 Ordu taşkınları (2018) 73
3.5 Rize Taşkınları 75
3.5.1 Rize (Kalkandere, Güneysu) taşkınları (1973) 76
3.5.2 Rize (Pazar, Hemşin) taşkınları (1977) 79
3.5.3 Rize (Fındıklı, Pazar) taşkınları (1983) 81
3.5.4 Rize (Pazar) taşkınları (1988) 83
3.5.5 Rize (Çayeli, Güneysu, Pazar) taşkınları (1995) 85
3.5.6 Rize (Çayeli) taşkınları (2001) 88
3.5.7 Rize (Çayeli ve Güneysu) taşkınları (2002) 90
3.5.8 Rize (İyidere) taşkınları (2005) 92
3.5.9 Rize (İyidere) taşkınları (2010) 94
3.5.10 Rize (Fındıklı, Kalkandere) taşkınları (2016) 96
3.5.11 Rize (Çayeli) taşkınları (2017) 98
3.5.12 Rize (Çayeli) taşkınları (2020) 101
3.6 Trabzon Taşkınları 104
3.6.1 Trabzon (Akçabat) taşkınları (1963) 105
3.6.2 Trabzon (Akçabat) taşkınları (1990) 108
3.6.3 Trabzon taşkınları (1996) 110
3.6.4 Trabzon taşkınları (1998) 112
3.6.5 Trabzon taşkınları (2005) 114
3.6.6 Trabzon (Yomra) taşkınları (2013) 117
3.6.7 Trabzon (Beşikdüzü) taşkınları (2016) 119
3.6.8 Trabzon (Çaykara) taşkınları (2017) 122
3.6.9 Trabzon (Akçaabat) taşkınları (2018) 125
3.6.10 Trabzon (Araklı) taşkınları (2019) 127
4. MATERYAL VE YÖNTEM 131
4.1 Materyal 134
4.2 Yöntem 137
4.2.1 Geleneksel yöntemler 138
4.2.2 Makine öğrenimi yöntemleri 148
4.2.3 Doğrulama metotları 152
5. ARAŞTIRMA BULGULARI 154
5.1 Geleneksel Ve Makine Öğrenimi Yöntemlerinin Mukayesesi 155
5.1.1 Artvin taşkınları 155
5.1.2 Giresun taşkınları 161

5.1.3 Gümüşhane taşkınları 175
5.1.4 Ordu taşkınları 181
5.1.5 Rize taşkınları 184
5.1.6 Trabzon taşkınları 202
5.2 Makine Öğrenimi Yöntemlerinde Genelleme Problemleri 222
5.3 Bulgulardan Yeni Saha Tespiti 229
6. SONUÇLAR 245
7. KAYNAKLAR 247
8. ÖZGEÇMİŞ 266

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. AHP Hiyerarşi Çizelgesi (Saaty, 1977).....**139**
Çizelge 4.2. AHP Metotunda Kullanılan Parametrelerin Belirlenmesinde Kullanılan Yayınlar **142**
Çizelge 4.3.Taşkını Tetikleyen Faktörlerin Analitik Hiyerarşi Metoduna Göre Alt Kriter Katsayıları.....**144**
Çizelge 4.4. Taşkını Tetikleyen Faktörlerin Analitik Hiyerarşi Metoduna Göre Kriter Katsayıları.....**146**
Çizelge 4.5. M5RT Model Parametreleri **149**
Çizelge 5.1. Artvin Taşkınına (2009) uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri.....**156**
Çizelge 5.2. Artvin (Hopa) Taşkınına (2015) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri **157**
Çizelge 5.3. Artvin (Yusufeli) Taşkınına (2020) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri **159**
Çizelge 5.4. Artvin Taşkınına (2021) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri.....**160**
Çizelge 5.5. Giresun (Tirebolu) Taşkına (1959) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri **162**
Çizelge 5.6. Giresun Taşkınına (1965) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri.....**163**
Çizelge 5.7. Giresun (Eynesil) Taşkınına (1974) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri **165**
Çizelge 5.8. Giresun (Yağlıdere) Taşkınına (1990) Uygulan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri **166**
Çizelge 5.9. Giresun Taşkınına (1997) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri.....**168**
Çizelge 5.10. Giresun Taşkınına (2006) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri....**169**
Çizelge 5.11. Giresun (Bulancak) Taşkınına (2016) Ugulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri **171**
Çizelge 5.12. Giresun (Eynesil) Taşkınına (2016) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri **172**
Çizelge 5.13. Giresun Taşkınına (2020) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri....**174**
Çizelge 5.14. Gümüşhane (Kelkit) Taşkınına (1972) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri **175**
Çizelge 5.15. Gümüşhane Taşkınına (1974) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri **177**
Çizelge 5.16. Gümüşhane (Şiran) Taşkınına (2004) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri **178**
Çizelge 5.17. Gümüşhane Taşkınına (2017) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri **180**
Çizelge 5.18. Ordu (Fatsa, Perşembe) Taşkınına (2016) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri **181**
Çizelge 5.19. Ordu Taşkınına (2018) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri **183**
Çizelge 5.20. Rize (Kalkandere, Güneysu) Taşkınına (1973) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri.....**184**
Çizelge 5.21. Rize (Pazar, Hemşin) Taşkınına (1977) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri **186**
Çizelge 5.22. Rize (Fındıklı, Pazar) Taşkınına (1983) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri **187**
Çizelge 5.23. Rize (Pazar) Taşkınına (1988) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri **189**

Çizelge 5.24. Rize (Çayeli, Güneysu, Pazar) Taşkınına (1995) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri.....**190**
Çizelge 5.25. Rize (Çayeli) Taşkınına (2001) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri **192**
Çizelge 5.26. Rize (Çayeli, Güneysu) Taşkınına (2002) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri.....**193**
Çizelge 5.27. Rize (İyidere) Taşkınına (2005) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri **195**
Çizelge 5.28. Rize (İyidere) Taşkınına (2010) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri **196**
Çizelge 5.29. Rize (Fındıklı, Kalkandere) Taşkınına (2016) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri.....**198**
Çizelge 5.30. Rize (Çayeli) Taşkınına (2017) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri **199**
Çizelge 5.31. Rize (Çayeli) Taşkınına (2020) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri **201**
Çizelge 5.32. Trabzon (Akçaabat) Taşkınına (1963) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri.....**202**
Çizelge 5.33. Trabzon (Akçaabat) Taşkınına (1990) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri.....**204**
Çizelge 5.34. Trabzon Taşkınına (1996) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri...**206**
Çizelge 5.35. Trabzon Taşkınına (1998) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri..**208**
Çizelge 5.36. Trabzon Taşkınına (2005) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri.**2098**
Çizelge 5.37. Trabzon (Yomra) Taşkının (2013) Yöntemlerin Doğruluk Değerleri **211**
Çizelge 5.38. Trabzon (Beşikdüzü) Taşkınına (2016) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri.....**212**
Çizelge 5.39. Trabzon (Çaykara) Taşkınına (2017) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri.....**214**
Çizelge 5.40. Trabzon (Akçaabat) Taşkınına (2018) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri.....**215**
Çizelge 5.41. Trabzon (Araklı) Taşkınına (2019) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri.....**217**
Çizelge 5.42. Tüm Afetlere Uygulanan Yöntemlerin Noktasal Değerleri **219**
Çizelge 5.43. Tüm Afetlere Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri **219**
Çizelge 5.44. Tüm Afetlere Uygulanan Yöntemlerin Otalama Doğruluk Değerleri.....**220**
Çizelge 5.45. Tüm Afetlere Uygulanan Yöntemlerin Toplam Noktasal Değerleri.....**2209**
Çizelge 5.46. FR Metodunda Havzaların Parametre Sıralamaları Toplamı **221**
Çizelge 5.47. M5P Rule Tree Metodunda Havzaların Parametre Sıralamaları Toplamı ..**221**
Çizelge 5.48 AHP Metotu Taşkına Etkili Parametrelerin Katsayıları.....**222**
Çizelge 5.49. Kastamonu (Bozkurt) Taşkını (2021) Adaboost Metodu Doğruluk Değerleri **236**
Çizelge 5.50 Kastamonu (Bozkurt) Taşkını (2021) Decision Tree Metodu Doğruluk Değerleri.....**237**
Çizelge 5.51 Kastamonu (Bozkurt) Taşkını (2021) Extra Trees Metodu Doğruluk Değerleri **238**
Çizelge 5.52 Kastamonu (Bozkurt) Taşkını (2021) Gradient Boosting Metodu Doğruluk Değerleri.....**239**
Çizelge 5.53 Kastamonu (Bozkurt) Taşkını (2021) Hybrid Metodu Doğruluk Değerleri**240**
Çizelge 5.54 Kastamonu (Bozkurt) Taşkını (2021) K- Nearest Neighbors Metodu Doğruluk Değerleri.....**241**

Çizelge 5.55. Kastamonu (Bozkurt) Taşkını (2021) Logistic Regression Metodu Doğruluk Değerleri **242**
Çizelge 5.56. Kastamonu (Bozkurt) Afeti (2021) Neural Network Metodu Doğruluk Değerleri **243**
Çizelge 5.57. Kastamonu (Bozkurt) Afeti (2021) Random Forrest Metodu Doğruluk Değerleri **244**

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışma Sahasında Yaşanan Taşkınların Genel Görünümü **22**
Şekil 3.2. Çalışma Alanının İl Bazlı Toplam Yağış Miktarları **23**
Şekil 3.3. Yaşanan Taşkının Aylara Göre Dağılımı **23**
Şekil 3.4. Artvin İlinde Yaşanan Taşkınların Lokasyonu **24**
Şekil 3.5. Artvin (Şavşat) İlçesinde Yaşanan Afetin (2009) Görünümü **25**
Şekil 3.6. Artvin (Şavşat) Taşkın Sahası (2009) **26**
Şekil 3.7. Artvin (Şavşat) Taşkınında (2009) Taşkına Etkili Parametreler **27**
Şekil 3.8. Artvin (Hopa) İlçesinde Yaşanan Afetin Görünümü (2015) **28**
Şekil 3.9. Artvin (Hopa) Taşkın Sahası (2015) **29**
Şekil 3.10. Artvin (Hopa) Taşkınında (2015) Taşkına Etkili Parametreler **30**
Şekil 3.11. Artvin (Merkez) İlçesinde Yaşanan Afetin Görünümü (2020) **31**
Şekil 3.12. Artvin (Yusufeli) Taşkın Sahası (2020) **32**
Şekil 3.13. Artvin (Yusufeli) Taşkınında (2020) Taşkına Etkili Parametreler **33**
Şekil 3.14. Artvin (Arhavi) İlçesinde Yaşanan Afetin Görünümü (2021) **34**
Şekil 3.15. Artvin (Merkez) Taşkın Sahası (2021) **35**
Şekil 3.16. Artvin (Merkez) Taşkınında (2021) Taşkına Etkili Parametreler **36**
Şekil 3.17. Giresun İlinde Yaşanan Taşkınların Lokasyonu **37**
Şekil 3.18. Giresun (Tirebolu) Taşkın Sahası (1959) **38**
Şekil 3.19. Giresun (Tirebolu) Taşkınında (1959) Taşkına Etkili Parametreler **39**
Şekil 3.20. Giresun (Merkez) ve İlçeleri Taşkın Sahası (1965) **40**
Şekil 3.21. Giresun (Merkez) ve İlçeleri Taşkınında (1965) Taşkına Etkili Parametreler **41**
Şekil 3.22. Giresun (Eynesil) Taşkın Sahası (1974) **42**
Şekil 3.23. Giresun (Eynesil) Taşkınında (1974) Taşkına Etkili Parametreler **43**
Şekil 3.24. Giresun (Yağlıdere) Taşkın Sahası (1990) **44**
Şekil 3.25. Giresun (Yağlıdere) Taşkınında (1990) Taşkına Etkili Parametreler **45**
Şekil 3.26. Giresun (Merkez) Taşkın Sahası (1997) **46**
Şekil 3.27. Giresun (Merkez) Taşkınında (1997) Taşkına Etkili Parametreler **47**
Şekil 3.28. Giresun (Merkez) Taşkın Sahası (2006) **48**
Şekil 3.29. Giresun (Merkez) Taşkınında (2006) Taşkına Etkili Parametreler **49**
Şekil 3.30. Giresun (Bulancak) Taşkın Sahası (2009) **50**
Şekil 3.31. Giresun (Bulancak) Taşkın Görüntüleri (2009) **51**
Şekil 3.32. Giresun (Bulancak) Taşkınında (2009) Taşkına Etkili Parametreler **51**
Şekil 3.33. Giresun (Eynesil) Taşkın Sahası (2016) **53**
Şekil 3.34. Giresun (Eynesil) Taşkın Görüntüleri (2016) **54**
Şekil 3.35. Giresun (Eynesil) Taşkınında (2016) Taşkına Etkili Parametreler **54**
Şekil 3.36. Giresun (Merkez) Taşkın Sahası (2020) **56**
Şekil 3.37. Giresun (Merkez) Taşkın Görüntüleri (2020) **57**
Şekil 3.38. Giresun (Merkez) Taşkınında (2020) Taşkına Etkili Parametreler **58**
Şekil 3.39. Gümüşhane İlinde Yaşanan Taşkınların Lokasyonu **59**
Şekil 3.40. Gümüşhane (Kelkit) Taşkın Sahası (1972) **60**
Şekil 3.41. Gümüşhane (Kelkit) Taşkınında (1972) Taşkına Etkili Parametreler **61**
Şekil 3.42. Gümüşhane (Merkez) Taşkın Sahası (1974) **63**
Şekil 3.43. Gümüşhane (Merkez) Taşkınında (1974) Taşkına Etkili Parametreler **64**
Şekil 3.44. Gümüşhane (Şiran) Taşkın Sahası (2004) **65**
Şekil 3.45. Gümüşhane (Şiran) Taşkınında (2004) Taşkına Etkili Parametreler **66**
Şekil 3.46. Gümüşhane (Merkez) Taşkın Sahası (2017) **67**
Şekil 3.47. Gümüşhane (Merkez) Taşkın Görüntüleri (2017) **68**

Şekil 3.48. Gümüşhane (Merkez) Taşkınında (2017) Taşkına Etkili Parametreler **68**
Şekil 3.49. Ordu İlinde Yaşanan Taşkınların Lokasyonu.....**70**
Şekil 3.50. Ordu (Fatsa ve Perşembe) Taşkın Sahası (2016) **71**
Şekil 3.51. Ordu (Fatsa ve Perşembe) Taşkınında (2016) Taşkına Etkili Parametreler...**72**
Şekil 3.52. Ordu Taşkın Sahası (2018).....**73**
Şekil 3.53. Ordu Taşkınında (2018) Taşkına Etkili Parametreler **75**
Şekil 3.54. Rize İlinde Yaşanan Taşkınların Lokasyonu **76**
Şekil 3.55. Rize (Kalkandere, Güneysu) Taşkın Sahası (1973) **77**
Şekil 3.56. Rize (Kalkandere, Güneysu) Taşkınında (1973)Taşkına Etkili Parametreler**78**
Şekil 3.57. Rize (Pazar, Hemşin) Taşkın Sahası (1977).....**79**
Şekil 3.58. Rize (Pazar, Hemşin) Taşkınında (1977) Taşkına Etkili Parametreler **80**
Şekil 3.59. Rize (Fındıklı, Pazar) Taşkın Sahası (1983) **81**
Şekil 3.60. Rize (Fındıklı, Pazar) Taşkınında (1983) Taşkına Etkili Parametreler **83**
Şekil 3.61. Rize (Pazar) Taşkın Sahası (1988) **84**
Şekil 3.62. Rize (Pazar) Taşkınında (1988) Taşkına Etkili Parametreler.....**85**
Şekil 3.63. Rize (Çayeli, Güneysu, Pazar) Taşkın Sahası (1995) **86**
Şekil 3.64. Rize (Çayeli, Güneysu, Pazar) Taşkınında (1995) Taşkına Etkili Parametreler.....**87**
Şekil 3.65. Rize (Çayeli) Taşkın Sahası (2001) **88**
Şekil 3.66. Rize (Çayeli) Taşkınında (2001) Taşkına Etkili Parametreler **89**
Şekil 3.67. Rize (Çayeli ve Güneysu) Taşkın Sahası (2002) **90**
Şekil 3.68. Rize (Çayeli ve Güneysu) Taşkınında (2002) Taşkına Etkili Parametreler ...**91**
Şekil 3.69. Rize (İyidere) Taşkın Sahası (2005).....**92**
Şekil 3.70. Rize (İyidere) Taşkınında (2005) Taşkına Etkili Parametreler **93**
Şekil 3.71. Rize (İyidere) Taşkın Sahası (2010).....**94**
Şekil 3.72. Rize (İyidere) Taşkın Görüntüleri (2010) **95**
Şekil 3.73. Rize (İyidere) Taşkınında (2010) Taşkına Etkili Parametreler **96**
Şekil 3.74. Rize (Fındıklı, Kalkandere) Taşkın Sahası (2016).....**97**
Şekil 3.75. Rize (Fındıklı, Kalkandere) Taşkınında (2016) Taşkına Etkili Parametreler **98**
Şekil 3.76. Rize (Çayeli) Taşkın Sahası (2017) **99**
Şekil 3.77. Rize (Çayeli) Taşkın Görüntüleri (2017) **100**
Şekil 3.78. Rize (Çayeli) Taşkınında (2017) Taşkına Etkili Parametreler **100**
Şekil 3.79. Rize (Çayeli) Taşkın Sahası (2020) **102**
Şekil 3.80. Rize (Çayeli) Taşkın Görüntüleri (2020) **103**
Şekil 3.81. Rize (Çayeli) Taşkınında (2020) Taşkına Etkili Parametreler **104**
Şekil 3.82. Trabzon İlinde Yaşanan Taşkınların Lokasyonu **105**
Şekil 3.83. Trabzon (Akçabat) Taşkın Sahası (1963).....**106**
Şekil 3.84. Trabzon (Akçaabat) Taşkınında (1963) Taşkına Etkili Parametreler **107**
Şekil 3.85. Trabzon (Akçabat) Taşkın Sahası (1990).....**108**
Şekil 3.86. Trabzon (Akçaabat) Taşkınında (1990) Taşkına Etkili Parametreler **109**
Şekil 3.87. Trabzon Taşkın Sahası (1996).....**110**
Şekil 3.88. Trabzon Taşkınında (1996) Taşkına Etkili Parametreler **111**
Şekil 3.89. Trabzon Taşkın Sahası (1998).....**112**
Şekil 3.90. Trabzon Taşkınında (1998) Taşkına Etkili Parametreler **113**
Şekil 3.91. Trabzon Taşkın Sahası (2005).....**114**
Şekil 3.92. Trabzon Taşkını (2005) Görselleri (Solaklı Çayı) **115**
Şekil 3.93. Trabzon Taşkını (2005) Görselleri (Of – Çaykara karayolu).....**115**
Şekil 3.94. Trabzon Taşkınında (2005) Taşkına Etkili Parametreler **116**
Şekil 3.95. Trabzon (Yomra) Taşkın Sahası (2013).....**117**
Şekil 3.96. Yomra İlçesinde meydana gelen taşkın afetinin görüntüleri.....**118**

Şekil 3.97. Trabzon (Yomra) Taşkınında (2013) Taşkına Etkili Parametreler **118**
Şekil 3.98. Trabzon (Beşikdüzü) Taşkın Sahası (2016).....**120**
Şekil 3.99. Trabzon (Beşikdüzü) Taşkını (2016) Görüntüleri.....**121**
Şekil 3.100. Trabzon (Beşikdüzü) Taşkınında (2016) Taşkına Etkili Parametreler.....**121**
Şekil 3.101. Trabzon (Çaykara) Taşkın Sahası (2017).....**123**
Şekil 3.102. Trabzon (Çaykara) Taşkınında (2017) Taşkına Etkili Parametreler **124**
Şekil 3.103. Trabzon (Akçaabat) Taşkın Sahası (2018).....**125**
Şekil 3.104. Trabzon (Akçaabat) Taşkın Sahası (2018) Görselleri.....**126**
Şekil 3.105. Trabzon (Akçaabat) Taşkınında (2018) Taşkına Etkili Parametreler **127**
Şekil 3.106. Trabzon (Araklı) Taşkın Sahası (2019).....**128**
Şekil 3.107. Trabzon (Araklı) Taşkın Sahası (2019) Görselleri.....**129**
Şekil 3.108. Trabzon (Araklı) Taşkınında (2019) Taşkına Etkili Parametreler **130**
Şekil 4.1. Çalışmanın Akış Şeması.....**133**
Şekil 5.1. Artvin Taşkının (2009) Sonuç Haritası **156**
Şekil 5.2. Artvin (Hopa) Taşkının (2015) Sonuç Haritası.....**158**
Şekil 5.3. Artvin (Yusufeli) Taşkının (2020) Sonuç Haritası.....**159**
Şekil 5.4. Artvin Taşkının (2021) Sonuç Haritası **161**
Şekil 5.5. Giresun (Tirebolu) Taşkının (1959) Sonuç Haritası **162**
Şekil 5.6. Giresun Taşkının (1965) Sonuç Haritası.....**164**
Şekil 5.7. Giresun (Eynesil) (1974)Taşkının Sonuç Haritası **165**
Şekil 5.8. Giresun (Yağlıdere) Taşkının (1990) Sonuç Haritası **167**
Şekil 5.9. Giresun Taşkının (1997) Sonuç Haritası.....**168**
Şekil 5.10. Giresun Taşkının (2006) Sonuç Haritası.....**170**
Şekil 5.11. Giresun (Bulancak) Taşkının (2009) Sonuç Haritası **171**
Şekil 5.12. Giresun (Eynesil) Taşkının (2016) Sonuç Haritası **173**
Şekil 5.13. Giresun Taşkının (2020) Sonuç Haritası.....**174**
Şekil 5.14. Gümüşhane (Kelkit) Taşkının (1972) Sonuç Haritası.....**176**
Şekil 5.15. Gümüşhane Taşkının (1974) Sonuç Haritası **177**
Şekil 5.16. Gümüşhane (Şiran) Taşkının (2004) Sonuç Haritası **179**
Şekil 5.17. Gümüşhane (2017) Taşkının Sonuç Haritası **180**
Şekil 5.18. Ordu (Fatsa, Perşembe) Taşkının (2016) Sonuç Haritası.....**182**
Şekil 5.19. Ordu Taşkının (2018) Sonuç Haritası **183**
Şekil 5.20. Rize (Kalkandere, Güneysu) Taşkının (1973) Sonuç Haritası.....**185**
Şekil 5.21. Rize (Pazar, Hemşin) Taşkının (1977) Sonuç Haritası **186**
Şekil 5.22. Rize (Fındıklı, Pazar) Taşkının (1983) Sonuç Haritası.....**188**
Şekil 5.23. Rize (Pazar) Taşkının (1988) Sonuç Haritası.....**189**
Şekil 5.24. Rize (Çayeli, Güneysu, Pazar) Taşkının (1995) Sonuç Haritası.....**191**
Şekil 5.25. Rize (Çayeli) Taşkının (2001) Sonuç Haritası **192**
Şekil 5.26. Rize (Çayeli, Güneysu) Taşkının (2002) Sonuç Haritası.....**194**
Şekil 5.27. Rize (İyidere) Taşkının (2005) Sonuç Haritası **195**
Şekil 5.28. Rize (İyidere) Taşkının (2010) Sonuç Haritası **197**
Şekil 5.29. Rize (Fındıklı, Kalkandere) Taşkının (2016) Sonuç Haritası **199**
Şekil 5.30. Rize (Çayeli) Taşkının (2017) Sonuç Haritası **200**
Şekil 5.31. Rize (Çayeli) Taşkının (2020) Sonuç Haritası **201**
Şekil 5.32. Trabzon (Akçaabat) Taşkının (1963) Sonuç Haritası **203**
Şekil 5.33. Trabzon (Akçaabat) Taşkının (1990) Sonuç Haritası **205**
Şekil 5.34. Trabzon Taşkının (1996) Sonuç Haritası **207**
Şekil 5.35. Trabzon Taşkının (1998) Sonuç Haritası **208**
Şekil 5.36. Trabzon Taşkının (2005) Sonuç Haritası **210**
Şekil 5.37. Trabzon (Yomra) Taşkının (2013) Sonuç Haritası **211**

Şekil 5.38 Trabzon (Beşikdüzü) Taşkının (2016) Sonuç Haritası.....**213**
Şekil 5.39. Trabzon (Çaykara) Taşkının (2017) Sonuç Haritası **214**
Şekil 5.40. Trabzon (Akçaabat) Taşkının (2018) Sonuç Haritası **216**
Şekil 5.41. Trabzon (Araklı) Taşkının (2019) Sonuç Haritası **217**
Şekil 5.42. Logistic Regression Metodu Doğrulama Değerleri **224**
Şekil 5.43. SVC Metodu Doğrulama Değerleri.....**224**
Şekil 5.44. Kneighbors Metodu Doğrulama Değerleri.....**225**
Şekil 5.45. Decision Tree Metodu Doğrulama Değerleri.....**225**
Şekil 5.46. Random Forest Metodu Doğrulama Değerleri.....**225**
Şekil 5.47. Adaboost Metodu Doğrulama Değerleri.....**226**
Şekil 5.48. Gradient Boosting Metodu Doğrulama Değerleri.....**226**
Şekil 5.49. Extra Trees Metodu Doğrulama Değerleri.....**227**
Şekil 5.50. GaussianNB Metodu Doğrulama Değerleri.....**227**
Şekil 5.51. Parametrelerin Ağırlıklandırma Değerleri **228**
Şekil 5.52. Kastamonu (Bozkurt) Taşkın Sahası Görünümü (2021).....**229**
Şekil 5.53. Kastamonu (Bozkurt) Taşkın Sahası (2021).....**230**
Şekil 5.54. Kastamonu (Bozkurt) Taşkınında (2021) Taşkına Etkili Parametreler.....**232**
Şekil 5.55. Çalışma Sahasının Görünümü.....**234**
Şekil 5.56. Taşkın Sahası (a; Gerçek Durum, b; Adaabost metodu).....**235**
Şekil 5.57. Taşkın Sahası (a; Gerçek Durum, b; Decision Tree metodu) **237**
Şekil 5.58. Taşkın Sahası (a; Gerçek Durum, b; Extra Trees metodu) **2387**
Şekil 5.59. Taşkın Sahası (a; Gerçek Durum, b; Gradient Boosting metodu).....**239**
Şekil 5.60. Taşkın Sahası (a; Gerçek Durum, b; Hybrid metodu).....**240**
Şekil 5.61. Taşkın Sahası (a; Gerçek Durum, b; K-Nearest Neighbors metodu).....**241**
Şekil 5.62. Taşkın Sahası (a; Gerçek Durum, b; Logistic Regression metodu) **242**
Şekil 5.63. Taşkın Sahası (a; Gerçek Durum, b; Neural Network (MLP) metodu) **243**
Şekil 5.64. Taşkın Sahası (a; Gerçek Durum, b; Random Forrest metodu) **244**

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

AHP : Analitik Hiyerarşi Prosesi

FR : Frekans Oran

M5PRT : M5P Rule Tree Metodu

TWI : Topoğrafik Islaklık İndeksi

SPI : Akarsu Güç İndeksi

DY : Drenaj Yoğunluğu

NDVI : Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi

RI : Tesadüfilik Göstergesi

CI (Tİ) : Tutarlılık İndeksi

CR (TO) : Tutarlılık Oranı

PLO : Taşkını etkileyen bir parametrenin kendi alt kategorilerindeki taşkın varlığı yüzdesi

PIF : Taşkını etkileyen bir parametrenin her bir kategorisinin yüzdesi

CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri

YPpix : Taşkına etki eden parametre alt sınıfındaki piksel sayısı

∑Ypix : Taşkına etki eden toplam piksel sayısı

Ppix : Parametre alt sınıfındaki piksel sayısı

∑pix : Çalışma alanındaki toplam piksel sayısını ifade etmektedir.

P : Precision

R : Recall

ACC : Accuracy

AUC : Receiver Operationg Charecteristic Curve

F : F-Score Doğrulama Metodu

IOE : Entropi İndeksi Metodu

FMV : Bulanık Üyelik Değeri Metodu

IV : Bilgi Değeri Metodu

CIRF : Rastgele Çıkarım Ormanı Metodu

GBM : Gradyan Arttırma Modeli

XGB : Aşırı Gradyan Arttırma Modeli

RMSE : Ortalama Kare Hata Metodu

M5PRGT : M5P Regression Tree Metodu

BRT : Arttırılmış Regresyon Arttırma Analizi Modeli

FDA : Fonksiyonel Veri Analizi Modeli

GCM : Genel Doğrusal Model

LMDA : Taşkına etki eden parametre alt sınıfındaki piksel sayısı

WMS : Watershed Modeling System

RF : Rastgele Orman Modeli

GAM : Genelleştirilmiş Katkı Modeli

ROC : Alıcı Çalıştırma Karakteristiği

FHI : Taşkın Tehlike İndeksi

LR : Lojistig Regresyon Modeli

MCDA : Çok Kriterli Karar Analizi

FL : Bulanık Mantık Modeli

TFN : Yumuşak Bulanık Sayı Modeli

GEE : Google Earth Engine

SAR : Sentetik Açıklı Radar

DSİ : Devlet Su İşleri

AFAD : Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

SVM : Destek Vektör Makinesi Modeli

WOE : Kanıt Ağırlık Modeli

ANP : Analitik Ağ Süreci Modeli

EBF : Kanıtsal İnanç Fonksiyonu Modeli

OWA : Sıralı Ağırlık Ortalaması Modeli

YSA : Yapay Sinir Ağları

RS : Rastgele Alt Uzay Modeli

CNN : Evrişimli Sinir Ağları Modeli

RNN : Tekrarlayan Sinir Ağları Modeli

ÖZET

Doktora Tezi

DOĞU KARADENİZ BÖLÜMÜNDE 1950-2020 YILLARI ARASI YAŞANAN TAŞKINLARIN MAKİNE ÖĞRENİMİ VE DİĞER METOTLAR İLE ANALİZİ

Ufuk YÜKSELER

İnönü Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

268 + xvi sayfa

2024

Danışman: Prof. Dr. Ömerul Faruk DURSUN

Taşkın tahminleri, istatistiksel ve hidrolojik pek çok farklı modelleme yöntemi kullanılarak literatürde sıkça incelenmektedir. Ancak taşkınların önceden tahmini oldukça zordur. Bu zorluğun temel nedeni, taşkınlara etki eden çok sayıda parametrenin varlığıdır. Bu çalışmada, Türkiye'nin en fazla taşkın olaylarına maruz kalan bölgelerinden biri olan Doğu Karadeniz Bölümü, çalışma alanı olarak seçilmiştir. Bu kapsamda, havzada meydana gelen en büyük ölçekli 41 taşkın olayına ait detaylı bir envanter taraması yapılmış ve elde edilen veriler düzenlenerek taşkın yayılım haritaları oluşturulmuştur. Çalışmada, geleneksel ve yenilikçi taşkın tahmin yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları detaylı bir şekilde irdelenmiştir. Yenilikçi yöntemlerden makine öğrenimi yöntemine odaklanılarak, en uygun yöntem seçimi, veri sayısı, doğrulama yöntemi ve taşkın tetikleyici parametrelerin belirlenmesi gibi genelleme problemleri analiz edilmiştir. Ayrıca, geçmişte yaşanan taşkınlara dayanarak gelecekte yaşanması muhtemel taşkınların tahmini ve havzalar arası taşkın öngörüsü gibi konular da kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Makine öğrenimi yöntemleri ile yapılan analizlerde, 2338 havza için toplamda 11690 doğrulama sonucu elde edilmiştir. Bunun yanı sıra, taşkın oluşum nedenleri ve makine öğrenimiyle taşkın alanlarının önceden belirlenmesi gibi konularda literatürdeki yöntemlerin başarı düzeyleri değerlendirilmiştir. Çalışmada, M5P Rule Tree modelinin, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Frekans Oranı (FR) modellerine kıyasla oldukça başarılı tahminler yaptığı belirlenmiştir. Dokuz farklı makine öğrenimi yöntemiyle yapılan taşkın tahminleri sonucunda, doğru veri seti, parametre seçimi ve uygun doğrulama yöntemi ile en iyi sonuçların elde edilebileceği ortaya konmuştur. Ayrıca, incelenen yöntemlerin, gelecekte hiç verisi bulunmayan havzalar için de etkili ve başarılı tahmin sonuçları sağlayabileceği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Taşkın, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Frekans Oran Metodu (FR), Makine Öğrenimi, Doğu Karadeniz Bölümü

ABSTRACT

Phd Thesis

ANALYSIS OF FLOODS IN THE EASTERN BLACK SEA REGION BETWEEN 1950-2020 WITH MACHINE LEARNING AND OTHER METHODS

Ufuk Yükseler
Inönü University

Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering
268+ xvi pages
2024

Supervisor: Prof. Dr. Ömerul Faruk Dursun

Flood forecasting is frequently studied in the literature using various statistical and hydrological modeling methods. However, predicting floods in advance is inherently challenging. The primary reason for this difficulty is the presence of numerous parameters that influence flood events. In this study, the Eastern Black Sea region of Turkey, which experiences the highest number of flood disasters in the country, was selected as the study area. A detailed inventory analysis was conducted for 41 large-scale flood events in this basin, and the collected data were organized to create flood propagation maps. The study thoroughly examines the advantages and disadvantages of traditional and innovative flood forecasting methods. Particular attention was given to machine learning methods, focusing on generalization challenges such as selecting the most suitable method, optimal data quantity, validation techniques, and identifying the most effective flood-triggering parameters. Additionally, the study explored forecasting future flood events based on past occurrences and inter-basin flood prediction. Using machine learning techniques, a total of 11690 validation results were obtained for 2338 basins. Furthermore, the success rates of existing methods in addressing issues such as flood causes and pre-identification of flood-prone areas using machine learning were analyzed. The findings revealed that the M5P Rule Tree model performed significantly better in flood prediction compared to the Analytical Hierarchy Process (AHP) and Frequency Ratio (FR) models. Flood forecasts conducted with nine different machine learning methods demonstrated that the best results could be achieved through appropriate dataset selection, parameter identification, and validation methods. Additionally, the study found that these methods could effectively predict floods in basins with no prior data, providing promising results for future applications.

Keywords: Flood, Analytical Hierarchy Process (AHP), Frequency Ratio Method (FR), Machine Learning, Eastern Blacksea Region

1. GİRİŞ

Su kaynakları, insan yaşamı için gerekli en önemli ikinci unsur olduğu için kaynakların bulundukları yerler daima yerleşim ve yaşam merkezi haline gelmiştir. Öyle ki, Antik Mısır döneminde Nil Nehrinin taşkın dönemlerini temel alarak ilk güneş takvimi geliştirilmiştir. Bununla birlikte suyu kontrol altına alabilmek ve zararlarından korunmak için de çeşitli tedbirler almışlardır. Suyu kontrol altına alamayan pek çok medeniyet kuraklık ve taşkın nedeniyle yok olmuşlardır (Yükseler , 2019; Çeliker vd., 2021). Günümüz medeniyetlerinin sahip oldukları teknolojiler, suyun yaşam ihtiyaçlarının giderilmesi amacının yanısıra sanayileşme, enerji temini gibi pek çok alanda kullanımını da sağlamaktadır.

Akarsuların yataklarını terk ederek taşması sonucu oluşan taşkınlar, sularının sebep olduğu ve en sık yaşanan afetlerden bir tanesidir. Taşkınlar ülkemizde en sık yaşanan meteorolojik kökenli afet iken, yaşanma sıklığıyla depremden sonra ikinci sırada gelir (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2014). Taşkınlar, doğal ve beşeri faktörlerden meydana gelebilmektedir. Akarsu yataklarına veya akarsu düzenleyici yapılara müdahale edilmesi gibi pekçok beşeri faaliyetler taşkın oluşumuna yol açmaktadır. Taşkın afetlerinden korunmanın en etkili yöntemi, risk oluşturan yerlerin tespit edilip gerekli tedbirleri almaktır. Taşkından korunmak için yapılan tüm önlem çalışmaları ulusal düzeyde konumsal veri altyapısı gerektirir. Yapılan çalışmaların hassasiyeti de oldukça önem arzetmektedir. Bu nedenle, potansiyel taşkın ve sel alanlarının doğru yöntemlerle tespit edilmesi, her kademede kararlar alınması, yatırım projelerinin yönlendirilmesi, arazi kullanımı ve yerleşme politikalarının değerlendirilmesi açısından oldukça önemlidir (Statistical and Economic Commission for Europe, 2000).

Taşkınların önlenmesi veya büyük kayıplar verilmemesi için gerekli tedbirlerin alınması, toplumun bilgilendirilmesi, taşkın öncesi ve sonrasında uygulanan ve uygulanacak olan kurumsal yapılanmaların geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Afet tehlike ve risklerinin makro ve mikro ölçekte belirlenip kent ölçeğinde arazi kullanım planlarının hazırlanması ve afetlere karşı zararlardan korunmak amacıyla mühendislik tedbirlerinin alınması afet konusunda yapılacak başlıca tedbirler arasındadır (Ergünay, 2002; Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, 2004). Ancak dünyada ve ülkemizde taşkın afeti ile ilgili yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunu afet sonrası müdahale aşamalarını içerdiği görülmektedir. Muhtemel tehlikelerden uzak tutmak ve taşkın olmadan riskleri minimum düzeye indirecek projeler geliştirmek gerekmektedir (Kadıoğlu, 2008).

Bu çalışmada; Türkiyenin en fazla taşkına maruz kalan Doğu Karadeniz bölümü en fazla can ve mal kaybına neden olan 41 adet afetin yaşanma sebeplerini ortaya çıkarabilmek amaçlanmıştır. Ayrıca taşkın yaşanan havzalarda riskli olan bölgeleri tespit edebilmek ve havzaları taşkından koruyabilmek için 3 aşamalı bir çalışma yürütülmüştür. Çalışmanın birinci aşamasında; geçmiş afet kayıtları kurum arşivlerinden detaylı olarak araştırılarak temin edilmiş ve sayısal ortama aktarılmıştır. Daha sonra literatürde en sık kullanılan ve geleneksel yöntemlerden kabul edilen AHP metotu, FR metotu ve son dönemlerde çok fazla çalışma alanı bulan makine öğrenimi yöntemlerinden M5P Rule Tree metodu kullanılmıştır. 9 adet taşkın tetikleyici parametre (yükselti, yağış, bakı, eğim, topoğrafik nemlilik indeksi, akarsu güç indeksi, normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi, toprak ve drenaj Yoğunluğu) çalışmaların altlığını oluşturmuştur. Yukarıda zikredilen 3 metod ile elde edilen sonuçlar 5 farklı doğruluk analizi yöntemleri (Accuracy, F-Score, Recall, Specifity, Alıcı İşlem Karakteristiği) ile yorumlanmıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında; taşkın konusunda oldukça iyi sonuçlar veren ve güncel makine öğrenimi yöntemlerinin olumlu ve olumsuz yanları tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın bu aşamasında literatürde makine öğrenimi ile ilgili önemli bir genelleme problemi olduğu görülmüş, makine öğrenimi yöntemi seçimi, tetikleyici parametre seçimi, ve doğruluk analizi yöntemlerinin seçimi hususunda incelemeler yapılmıştır. Bu amaçla 41 farklı havzada literatürdeki en güncel 9 farklı makine öğrenimi algoritması (Logistic Regression, Destek Vektör Sınıflandırılması, Kneighbors, Decision Tree, Random Forest, Adaboost, Gradient Boosting, Extra Trees, GaussianNB) ve 4 farklı doğrulama yöntemleriyle (Accuracy, F-Score, Recall ve Specifity) inceleme yapılmıştır.

Çalışmanın üçüncü aşamasında ise; makine öğrenimi yöntemleriyle havzalar arası tahmin yapılmaya çalışılmıştır. Bunun için Doğu Karadeniz bölümü ait geçmiş taşkın kayıtları (1950-2020 taşkın afetleri) kullanılarak 2021 Bozkurt taşkını tahmin edilmek istenmiştir. Bu sayede hem benzer havzalar arası hem de geçmiş kayıtlar ile gelecekte olması muhtemel taşkın tahmini aynı çalışmada gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 9 farklı makine öğrenimi yöntemi kullanılmış ve bu yöntemler diğer aşamalarda olduğu gibi 4 farklı doğrulama yöntemiyle test edilmiştir. Bu aşamanın literatüre en büyük katkısı geçmiş afet kayıtları neticesinde gelecekte yaşanabilecek afetleri farklı senaryolar (yağış, arazi kullanımı değişimi gibi) ile tahmin edebilmek ve bu doğrultuda planlama yapmaktır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Taşkın afeti geçmişten günümüze en sık yaşanan afetler arasındadır. Ancak özellikle son dönemlerde iklim değişimi etkisiyle yaşanan ani yağışlar, bu afetin yaşanma sıklığını arttırmaktadır. Bu nedenle insanoğlu uzun zamandan beri bu afete önlem alablimek için bu alanda ciddi çalışmalar yürütmektedir. Taşkın ile ilgili yapılan literatür çalışmalarının çoğunda taşkın ile ilgili çalışmalar çoklu kriterli karar verme yöntemleri (Ahp, Topsis, Electra vb.) veya gelecek maksimum debiden yola çıkılarak (Q_{100}, Q_{500} veya Q_{1000} gibi) Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı Hecras gibi yazılımlarla, bazı ön kabuller yapılarak çalışılmaktadır. Bu çalışma alanı uzun süreli ve yeni metotların gerisinde kaldığından dolayı geleneksel çalışma yöntemleri olarak ifade edilmektedir. Geleneksel olarak kabul edilen bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Rungo ve Olesen (2003), çalışmasında taşkın sahalarının modellemesinin doğru olarak yapılabilmesi için, son yıllarda taşkın sahaların belirlenmesinde iki boyutlu modeller kullandığını ifade etmiştir. Bu amaçla yaptığı çalışmada MIKE modellemisini kullanmıştır. MIKE taşkın modellemesinin, bir boyutlu veya iki boyutlu olarak modelleme yapılabilindiği ifade edilmiştir. Çalışmada MIKE 11 ve MIKE 21 modellemelerinin çalışmada detaylı olarak hesaplandığına değinilmişdir. MIKE21'in gösterdiği gelişmeler sayesinde; taşkın yayılımı ile ilgili gerçekçi simülasyonların yapılmasının mümkün olduğu ifade edilmiştir.

Sewell (2006), WMS ve ArcHydro Analysis modelleme teknikleri arasında karşılaştırma yapmıştır. Kullanılan her iki modelleme yönteminin de havza planlamasında kullanılabileceğini belirtmiştir. WMS'nin daha çok kıyı planlanmasında, ArcHydro Analysis'in ise su kaynaklarının planlanmasında uygun olduğu sonucuna ulaşmıştr.

Dewan (2007), yaptıkları çalışmada Bangladeş'de bulunan Büyük Dakka kentinde 1998 yılında meydana gelen taşkın olayına yönelik taşkın tehlike değerlendirmesini uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri konusunda bütünleşmiş bir yaklaşım kullanılarak incelemiştir. Çalışmada taşkın tehlike haritalarının oluşturulması amacıyla CBS kullanmanın uygun ve karmaşık olmayan bir yol olacağını savunmuşlardır. Yaptıkları analizde oluşturulan taşkın tehlike haritalarında Dakka kentinin büyük bir kısmının orta ve çok yüksek tehlike bölgelerinde olduğunu göstermişlerdir.

Fernández ve Lutz (2010), sel tehlikesi haritası çıkarmış ve San Miguelde Tucumán'ın güneydoğu bölgesinin, binde altının altındaki eğim değerleriyle birleşmesinin ve yetersiz olan kentsel akarsu alanlarının varlığının bir sonucu olarak genişletilmiş bir bölgede en yüksek sel tehlikesine sahip olduğunu tespit etmiştir.

Kobold (2010), WMS kullanılarak Slovenyanın su havzalarında su analizleri yapmıştır. Yapılan bu çalışmada nehirlerin havza modellemesinde HEC-1 programı kullanılırken, arazi analizi amacıyla WMS programını kullanmıştır. Yaptığı bu çalışmalarda kullanılan modellerin doğruluğunu mukayese etmiştir.

Dutta vd. (2010), Japonya Chiba'daki Ichinomiya Nehir Havzasında oluşabilecek taşkın durumlarının etkisi hususunda taşkın analizi sistemi geliştirilmiştir. Sunulan sistem fiziksel tabanlı dağıtılmış bir hidrolojik model ve taşkın kayıplarının tahminine ilişkin GIS tabanlı raster modelden oluşmaktadır. CBS ve hidrolojik model yardımıyla 50 ve 100 yılda gelebilecek yağış, akış miktarlarından havzanın etkilenme durumunu oluşturan analiz sistemiyle taşkının %70 oranında kontrol altına alınabileceğini ifade etmişlerdir.

Chen (2011), Tayvan bölgesinde meydana gelecek taşkın risklerinin kontrolünü sağlamak ve taşkınları azaltmak için çalışma yapmışlardır. Çalışmada AHP tekniğiyle hiyerarşik bir yapı geliştirmek, CBS kullanılarak taşkın tehlikelerini haritalamak ve bu iki metodu birleştirerek bunları Tayvan'ın merkezindeki kentsel ve kırsal ki farklı alana uygulamayı amaçlamıştır.

Selvanathan ve Dynmond (2010), yaptıkları çalışmada ArcGIS, FloodwayGIS ve Hec-RAS yazılımları kullanılarak taşkın risk analizinin incelenmesinde yazılımların başarısı ele alınmıştır.

Webster vd. (2012), Oxford'da bulunan Phillip nehrinde taşkın riski amaçlı çalışmada MIKE 11 ve MIKE 21 yazılımı ile taşkın modellemesi yapmışlardır. MIKE 21 yazılımı ile ulaştıkları sonuçların, tespit edilen gelgitler ile de genel bir farklılık göstermediğini ortaya koymuşlardır. MIKE 11 yazılımın ise elde ettikleri taşkın modellerininin sonuçlarını gerçek durumlarla karşılaştırıp, detaylı bir araştırma yapmışlardır.

Özşahin (2013), taşkın açısıdan oldukça tehlikeli ve riskli bir ülke olarak tanımladığı Arnavutluk toprakları CBS yöntemi ile incelenmesi amaçlı bir çalışma yapmıştır. Çalışmada 9 adet taşkına etkili parametre kullanılmıştır. Analiz sonucunda tüm arazilerin %36'sı riskli olarak tespit edilmiştir.

Patel ve Srivastava (2013), Hindistanın Gujarat bölgesindeki Surat ilçesinin taşkın bölge haritalarını oluşturmak amacıyla CBS verileri ve uydu görüntüleri entegre edilerek bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntülerle çeşitli bölgelerim taşkın risk alanları belirlemek için CBS yöntemleri kullanmışlardır. Çalışma alanlarının bazı bölgelerinde yüksek riskli alanlar bulunduğu ifade edilmiştir.

Özşahin (2013), çalışmada bir taşkın ülkesi olarak nitelendirilebilecek olan Arnavutluk'taki taşkın riskini CBS tekniklerinden yararlanılarak analiz etmiştir. Taşkına etki ettiği düşünelen

parametre olarak 9 parametre, ağırlıklı çakıştırma yöntemiyle birleştirilmiştir. Analiz sonucunda Arnavutluk topraklarının %45'i risksiz, %18,52'si orta derecede riskli ve %36'sının risk altında olduğu tespit edilmiştir. En riskli yerlerden biriyse başkent Tirana topraklarıdır. Taşkına etki eden parametrelerin ağırlık değerleri literatür çalışmasıyla elde edilmiştir.

Stafanidis vd. (2013), Kuzey Yunanistan'da bulunan Kassandara Yarım adasını AHP kullanarak doğal ve antropolojenik faktörlere dayalı sel tehlikesinin değerlendirilmesi amaçlı çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada havzaların morfometrik ve hidrografik özellikleri hesaplanmıştır. Ayrıca, doğal taşkın oluşum faktörleri incelenmiş ve ardından dere yataklarına yapılan antropojenik müdahaleler kayıt altına alınmıştır. Yukarıdaki unsurlar temelinde; doğal ve antropojenik faktörler için ayrı ayrı iki taşkın tehlike indeksi tanımlanmıştır. Bu indekslerin sonuçlarına göre çalışma alanı su havzaları tehlike sınıfına göre sınıflandırılmıştır. Oluşturulan haritalar neticesinde; doğal faktörlere göre oluşturulan haritalarda orta riskli alanlar yoğunluktayken, antropojenik faktörlere göre oluşturulan haritalarda yüksek riskli alanlar çoğunluktadır. Oluşturulan bu haritalar gerçekleşen olaylarla benzerlik gösterdiği görülmektedir. Taşkına etki eden parametrelerin ağırlıklı değerleri literatür çalışmalarından yola çıkılarak yapılmıştır. Çalışmada kullanılan doğal faktörler: arazi Kullanımı, kaya aşınması, eğim, akarsu eğriliği, geçirgenlik, yükseltidir. Çalışmada kullanılan antropojenik faktörler: yatak istilası, yetersiz kanal genişliği ve yetersiz teknik çalışmalardır.

Elsheikh vd. (2015), taşkın risk alanlarının belirlenebilinmesi amacıyla Maleyza ülkesinin Terengganu bölgesini seçmişlerdir. Çalışmada CBS ile potansiyel taşkın risk sahasını değerlendirmek için ÇKKV yöntemleri entegre edilmiştir. Havzada taşkına neden olduğu düşülen faktörlerden 4 adet faktör çalışmada kullanılmıştır. Çalışmada sayısallaştırılan taşkın risk haritasının önemi vurgulanmış olup CBS yöntemleri ile oluşturulan taşkın risk haritalarının önemi değerlendirilmiştir.

Arami vd. (2016), yaptıkları çalışmada İran'ın Golistan eyaletinde CBS ve ÇKKV kullanılarak alt havzalama yöntemiyle taşkın risk alanları belirlemeye çalışılmıştır. Bu çalışmada taşkına etki eden 9 morfolojik parametre kullanılmıştır. Havza risk sınıfları olarak çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere 5 sınıfa ayrılmıştır. Sonuçlara bakıldığında havzanın %44.44'lük alanı çok yüksek ve %22.22 alanı ise yüksek risk değerlerinde olduğu bulunmuştur. Bulunan bu alanlar tarım açısından öneminden dolayı olası taşkın önleme senaryosunda bu yöntemin önemi vurgulanmıştır.

Vargas (2016), Meksika'daki bulunan yedi nehirin taşkın risklerini belirlemek amacıyla MIKE 21 yazılımını kullanmıştır. Yaptığı çalışma ile taşkına maruz kalan alan için afetin bilançosu hesaplanmaya çalışılmıştır.

Hoseini vd. (2016), yaptıkları çalışmada İran'ın Güneybatı bölgesinde bulunan bir havzada taşkın tahliyesini sağlamak için pik akış debilerini WMS modülü ile hesaplamış ve HEC-1, TR55 ve TR20 ile taşkın tahminleri elde etmişlerdir. Her bir yöntem için sonuçları ayrı ayrı mukayese etmişlerdir.

Habiyakare vd. (2016), yaptıkları çalışmada Çin'de bulunan Dongting Gölü Havzası'nda oluşan taşkınlardan yola çıkarak Yangtze Nehri'ni de içine alan MIKE Flood yazılımı ile ortaya koymuşlardır. Nehrin modellenmesinde MIKE 11 modülünden, gölün modellenmesinde ise MIKE 21 yazılımında faydalanmışlardır. Taşkın sümülasyonunda, taşkın aşaması ve su seviyenin değişimi incelemişlerdir. Sonuç olarak; sudaki seviye değişimini en yüksek 10 metre seviyelerinde olabileceği bulunmuştur.

Avcı vd. (2017), çalışmada seçilen havza olan Malatya'nın Kuzeydoğusunda Ballı ve Memikan derelerindeki erozyon risk haritasını belirlemek için CBS kullanılmıştır. Bu amaçla 5 erozyona etkili parametre verileri kullanılmıştır. Erozyon üzerinde önemli olan faktörler önem derecelerine göre sınıflandırılmıştır. Analiz sonucuna göre erozyon duyarlılığı çok yüksek duyarlı alanların oranı %9'dur. Çalışmada kullanılan ağırlıklıklandırma katsayıları saha şartları incelenerek belirlenmiştir.

Yılmaz vd. (2017), yaptıkları çalışmada Çorum ilinin taşkın tehlikesi ÇKKV yöntemlerinden olan AHP yöntemiyle oluşturulmuştur. Oluşturulan taşkın tehlikesi altında olan alanlar geçmiş taşkın envanteri ile mukayese edilmiş olup, uyum içinde olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca taşkın koruma yapılarının lokasyonları bu noktalarla çakıştırılmış olup yapılan çalışmaların taşkın açısında çok riskli ve riskli bölgelerde olduğu görülmüştür. Yağış, arazi kullanımı, jeoloji, yükseklik, eğim, bakı, akarsuya uzaklık, alt havzaların büyüklüğü ve alt havza şekilleri bu çalışmada kullanılan parametrelerdir. Taşkına etki eden parametrelerin ağırlıkları literatür çalışması sonucunda elde edilmiştir.

Kömüşçü vd. (2020), 22 Ağustos 2020 tarihinde Giresun ve İlçelerinde meydana gelen şiddetli yağış ve taşkın olayının hidro-meteorolojik analizini yapmıştır. Bu çalışmada bölgede meydana gelen şiddetli yağışlar sinoptik pektifden ele alınarak, uydu-radar ve yer gözlemleri ile detaylı yağış analizi yapılmıştır. Çalışmada bulunan bulgular arasında Giresun Yağlıdere Sınır köyünde 24 saatlik yağış değeri 137,6 mm ile bölgedeki en yüksek değer olmuştur. Bu çalışmada meydana gelen taşkın felaketinin meydana gelmesinde şiddetli yağışların önemli rolü olduğunu ortaya koyarken; topoğrafik yapı, yerleşim alanlarının

konumu ve dere havzalarının jeomorfolojik yapısında felaketin boyutunun artmasında etkili olduğu görülmüştür.

Wasko vd. (2020), yaptığı çalışmada sel tahmininin arazi planlaması ve mühendislik çalışmalarında sıklıkla çalışılan bir alan olduğunu ifade etmiştir. Ancak bu çalışmalarda iklim değişikliği etkisinden dolayı meteorolojik parametreler günümüz koşullarından ziyade iklim değişikliğinin oluşturacağı etkileri göz ardı etmemek gerektiği ifade edilmiştir. Bu çalışmada iklim değişikliği sonucunda yaşanan sel olaylarının artışı, yapılan sel çalışmalarında iklim değişikliğinin eksikliği ve son dönemde yapılan iklim değişikliği etkisi altındaki sel afet çalışmalarını derleyen ciddi bir literatür çalışması yapılmıştır.

Mirzaei vd. (2020), yaptıkları bu çalışmada, EGB yöntemini taşkın duyarlılık modellemesinde ilk kez uygulamayı ve performansını FR, RF ve GAM modeli olmak üzere üç geliştirilmiş karşılaştırma yöntemiyle karşılaştırmayı amaçlamaktadır. Bu çalışma yükseklik, eğim derecesi, profil eğriliği, topoğrafik ıslaklık indeksi, nehirde uzaklık, bitki örtüsü indeksi, plan eğriliği, yağış, arazi kullanımı, akarsu güç indeksi ve litolojiden yararlanmıştır. Modeli çalıştırmak için saha araştırmaları ve ulusal raporlara dayanan 243 taşkın yeri tespit edilmiştir. Aynı sayıda lokasyon, çalışma bölgelerinde rastgele oluşturulmuş ve taşkın olmayan lokasyonlar olarak kabul edilmiştir. Tüm veriler %70 eğitim verisi %30 test verisi olarak ayrıştırılmıştır. Algoritmaların performansını değerlendirmek için ROC uygulanmıştır. Mevcut araştırmanın sonuçları, RF modelinin ve EGB'nin, AUC altında 0.985 ve 0.980, ardından sırasıyla 0.97 ve 0.953 AUC değerleriyle GAM ve FR algoritmaları ile en iyi performansa sahip olduğunu göstermektedir. RF modelinin değişken öneme sahip sonuçları, nehirlerle olan uzaklığın taşkın duyarlılık haritalaması FSM üzerinde önemli bir etki sahip olduğunu ve ardından profil eğriliği, eğim, twı, ve rakım olduğu görülmektedir. Taşkın duyarlılık modellemesinde RF ve EGB modellerinin yüksek performansları göz önüne alındığında bu tür çalışmalar için bu modellerin uygulanması önerilmektedir.

Dano vd. (2020), Suudi Arabistan'da son zamanlarda özellikle kıyı kentleri Dammam, Cidde ve vadilerle çevrili Riyadda olmak üzere, birçok şehirde ani sel felaketleri yaşandığını ifade etmiştir. Ancak, ani sel baskını tetikleyici faktörleri ve ani sel etkilerini hafifletmeye yönelik alternatif yaklaşımları değerlendirmek için uzmanların görüşleri üzerine yapılan çalışmalar yetersiz kaldığı düşünülmektedir. Bu nedenle bu çalışmada AHP anketine dayalı olarak 18 katılımcının görüşleri doğrultusunda sel risk haritaları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmanın amacı; ani taşkınları tetikleyen belirli iklimsel ve iklimsel olmayan faktörlerin etkisini ortaya koymak ve kıyı kenti olan Damman'da ani taşkın oluşumunu azaltmak için

en etkili alternatif yaklaşımlar hakkında uzmanların görüşlerini araştırmaktadır. Bulgular, ani taşkınların tetikleme olasılığının en yüksek yağışın %32'lik bir öncelik ağırlığına sahip olduğu, ardından arazi kullanımı (%19) ve eğimin (%18) geldiğini göstermektedir. Yükseklik ve toprak tipi, sırasıyla %16 ve %15 öncelik ağırlıkları ile en az tetikleyici faktörler olarak belirlenmiştir. Ayrıca çalışmanın bir başka konusu olan taşkın azaltma alternatif yaklaşımları konusunda anket düzenlenmiş ve bu çalışmalar neticesinde uzaktan afet uyarı sistemi (%16) ve halkın bilinçlendirilmesi (%15) taşkını azaltan yaklaşımlar olarak tespit edilmiştir.

Jothimani vd. (2020), yaptığı çalışmada Megech nehri havzasını dört alt havzada tasvir ederek, Alos Palsar sayısal yükselti modeli kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) programı ile birleştirilmiş Landsat-8 operasyonel arazi görüntüleyici ile drenaj ızgarası kırpılmıştır. Drenaj morfometrik parametreleri doğrusal, alan ve Rölyet gibi formüller kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda; çatallaşma oranı, drenaj yoğunluğu, akış uzunluğu, drenaj sıklığı gibi parametreler taşkına doğrudan etki eden parametrelerken; dolaşım oranı, form faktörü, uzama oranı, drenaj dokusu ve kompakt katsayısı taşkına ters etki eden parametreler olarak tespit edilmiştir.

Uddin vd. (2021), Bangladeş dünyada selden en çok etkilenen ülkelerden biri olduğundan dolayı bu çalışmada, Bangladeş'in sel afeti durumu Sentinel-1 SAR görüntüleri kullanılarak 2017 ve 2020 yılları arasındaki GEE görüntüleri birleştirilerek oluşturulmuştur. Yükseklik, arazi kullanımı, yeryüzü şekilleri, nüfus yoğunluğu, erişilebilirlik, yola uzaklık ve yerleşim yerlerine uzaklık gibi taşkına etki eden parametrelerle çalışılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda sele çok yüksek duyarlı alan toplam havzanın %13'ünü kapsamaktadır. Sel sığınağı olarak belirlenen alanların yaklaşık %8'i son derece yüksek uygun, %16'sı çok uygun ve %7'sinin düşük uygun olduğu görülmektedir.

Nsangou vd. (2021), yaptıkları bu çalışmada 96.5 km² olan Mfoundi havzası çalışılmıştır. Bu havza Kamerun'un başkentinde, tropikal nemli bir orman bölgesindedir. CBS ortamı ile birleştirilmiş AHP yaklaşımı kullanılarak FHI, yoğun literatür taraması ve saha araştırmalarından bölgede sel riskini en çok destekleyen parametre belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada kullanılan parametreler (yükseklik, drenaj yoğunluğu, yağış, eğim, nehirden uzaklık, topoğrafik ıslaklık indeksi, hidrolik iletkenlik, yer altı suyu seviyesi, jeoloji ve arazi örtüsü) arasından yükselti ve jeoloji bölgede sel oluşumunu en çok etkileyen faktörlerdir. FHI değerleri 4.16 ila 9.16 arasında değişmektedir. Bulunan bu değer ne kadar yüksekse, bu alan sel riskine karşı o kadar hassas olduğu vurgulanmıştır. Sel riski bakımından havza 5 sınıfa ayrılmıştır. Çok düşük alan toplam havzanın %9.50'si, düşük

alan %26'sı, orta alan %23'ü, yüksek alan %22'si ve çok yüksek alan %19.5'ini oluşturmaktadır. Elde edilen sel duyarlılık haritasının etkinliğini doğrulamak için benimsenen AUC değeri %8 olarak belirlenmektedir.

Goumrasa vd. (2021), Yapılan bu çalışmada Cezayir'in Chiffa vadisi havzasında yaşanan taşkınlar GIS ve AHP metoduyla tespit edilmeye çalışılmıştır. Taşkına neden olan parametrelerin seçimi ve parametrelerin taşkına etki ağırlıkları yapılan ayrıntılı literatür taramasına dayandırılmıştır. Çalışmada 9 adet (yükseklik, eğim, eğrisellik, topoğrafik ıslaklık indeksi, drenaj yoğunluğu, akım ağı, litoloji, günlük max. yağış ve arazi kullanımı) parametre kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan dem verileri 12.5 metre çözünürlüğe sahiptir ve ALOS PALSAR'dan temin edilmiştir. Argcis 10.2 spatial analizi kullanılarak yükselik, eğim, eğrilik ve akış birikimi haritaları oluşturulmuştur. Drenaj yoğunluğu katmanı farklı derelerin sıraları belirlendikten sonra hat yoğunluğu aracı kullanılarak üretilmiştir. Topoğrafik ıslaklık indeksi, Arcmap Raster Calculater komutu aracılığıyla hesaplanmıştır. Yapılan bu çalışmanın sonucuna göre toplam alanın %49.08'inin sele karşı yüksek ilE çok yüksek derecede hassas olduğunu göstermektedir.

Nofal (2021), yaptığı çalışmada selde oluşacak ekonomik kayıpları minimuma indirecek farklı risk yöntemleriyle çalışılmıştır. Her bir bileşenin maliyetini modellemek için Monte Carlo simülasyonu kullanıldı. Çalışmada örnek olarak Kuzey Caroline'daki Lumberton şehri simile edilmiştir. Lumberto şehrinin ortasından geçen Lumber nehrinin taşması sırasında oluşabilecek maddi kayıplar simüle edilmiştir. Ayrıca 26 farklı akarsu düzenleyici senaryosuyla taşkından korunma amaçlanmış ve senaryoların risk olasılıkları ifade edilmiştir.

Dano vd. (2021), Suudi Arabistan'da bulunan Damman nehrinin sel tetikleyici faktörlerini AHP yöntemiyle şekillendirerek sel risk haritasını çıkarmıştır. Yapılan bu çalışmada 18 uzman görüşü alınarak anket yapılmış ve sel etkileyici faktörlerin durumları bu uzman görüşüyle netleşmiştir. Yağış, eğim, yükseklik, toprak kirliliği ve arazi kullanımı gibi taşkın parametreleriyle yapılan bu çalışmada matrislerin tutarsızlık oranı 0.04 bulunmuştur. Genel olarak kabul edilebilinir tutar AHP metodolojisinde %10'a eşit veya daha düşük değerler olduğu ve bu nedenle çalışmanın başarılı olarak kabul edilebileceği ifade edilmiştir.

Ekmekcioğlu vd. (2021), yaptıkları çalışmada, dört farklı kurumdaki (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Afet Yönetim ve Koordinasyon Merkezi, Su Kanalizasyon İdaresi ve Üniversiteler) algı farklılıklarını araştırmak için hibrit bulanık AHP-TOPSİS yaklaşımı kullanmaktadırlar. Bu çalışmada İstanbul'daki her bir ilçenin ne düzeyde sel riski oluşturduğu oransal olarak bulunmuştur. Bu çalışmanın en önemli özelliği sel riskleri

oluştururken 4 ayrı kurumdan farklı meslek gruplarına sahip kişilerle yapılan anketler yer almaktadır. Ayrıca sel önleme çalışmaları ve afet sırasında mücadelede bulunacak bu 4 yönetim merkezinin afet farkındalıkları ve önleme çabalarında sel açısından riskli olan alanları belirlemede bir girdi kriteri olarak kullanılması, çalışmanın yazarı tarafından diğer makalelere bu konuda öncülük edeceği konusunu ifade edilmektedir.

Meral vd. (2021), yaptıkları çalışmada gelecek açısından tarım konusunda önem arz edebilecek bir şehir olan Bingöl ilindeki Çapakçur, Yeşilköy ve Yamaç mikro havzalarında taşkın risk alanlarını belirlemek için AHP, Kriging ve Ağırlıklı Toplam modelleri kullanılmıştır. Bu amaca uygun olarak Kriging, Shneiber formülü kullanılarak havzanın yağış haritası oluşturulmuştur. Taşkına etki eden parametreler; eğim, görünüş, akarsuya uzaklık, arazi kullanımı, bakı, jeoloji, toprak ve yağış haritaları AHP'e ve tutarlılık indekslerine göre hesaplanmıştır. Taşkına etki eden parametrelerin etki oranlar sırasıyla: yağış: 0.324, akarsuya uzaklık 0.207, eğim 0.168, jeoloji 0.101, toprak tipi 0.091, arazi kullanımı 0.087 ve bakı 0.022 olarak bulunmuştur. Son adımda hesaplanan tutarlılık indeksleri ağırlıklı toplam yöntemi üzerine bindirildiği ve ardından risk analizi yapıldığı görülmüştür. Çalışma sonucunda toplam alanın; %1.05'i risksiz, %7.70'i düşük riskli, %22.96 orta dereceli riskli, %49.42'si yüksek riskli, %18.86'sı ciddi riskli arazi olduğu görülmüştür.

Sarkar vd. (2021), yaptıkları çalışmada FR ve Entropi modeli ile birlikte Patra bölgesinde taşkın risk haritalaması için RS ve CBS kullanımını araştırmaktadır. Çalışmada yağış, sıcaklık, eğim, topoğrafik ıslaklık indeksi, bitki örtüsü, jeomorfoloji, drenaj yoğunluğu, akarsu güç indeksi, eğrilik, akış yönü, nüfus yoğunluğu, yoldan uzaklık, nehirden uzaklık ve arazi kullanım haritası gibi 14 parametre kullanılmıştır. Rakım, arazi kullanımı, yağış, eğim, nehirden uzaklık, topoğrafik ıslaklık indeksi ve drenaj yoğunluğu gibi değişkenler çalışma alanında taşkınlar oluşmasında önemli rol oynamıştır. Sel güvenlik açığı haritası oluşturulmuş ve çok yüksek, yüksek, orta, düşük ve çok düşük hassaslıkta taşkın alanları olarak sınıflandırılmıştır. Sonuçların doğrulanması, taşkın hassasiyeti haritalanması için FR modelinin daha gerçek, güvenilir olduğunu ve sele karşı hassas alanların ve potansiyel taşkın risk alanlarının belirlenmesine yardımcı olacağını gösteren ROC eğrisi oluşturulmuştur. Shannon Entropi İndeksine göre çalışma alanının %98'i yüksek risk altında bulunmuştur. Özellikle ilçenin güneydoğu ve kuzeybatı bölgelerinde yer alan alanlar çok yüksek sel riski altındadır. Blok bazında sel riski değerlendirilmesi, 23 bloktan 13'ünün toplan alanlarının %25'inden fazlasının çok yüksek sel riski altında olduğunu gösteriyor.

Natarajon vd. (2021), Bu çalışmada Cehnnai Caporation bölgesindeki Adyar, Cooum ve Kasasthalaiyar havzalarının 88 mikro havzası için FR modeli kullanılarak taşkın duyarlılık haritası yapılmıştır. 10 farklı bağımsız değişken (arazi kullanımı, yükseklik, eğimi topoğrafik ıslaklık indeksi, yüzey akışı, arazi şekli, litoloji, ana nehirden uzaklık, toprak dokusu ve toprak drenajı) ağırlıklı olarak dikkate alınarak FR modeli ile taşkın duyarlılık haritası oluşturulmuştur. 100 adet eğitim ve 23 adet test verisi lokasyonlarıyla çakıştırılmıştır. Arazinin %10.48'i çok yüksek ve %38.93'ü yüksek sınıfta bulunmaktadır. Bu analiz, tahmini %95.6 başarı oranıyla olduğu ROC analiz sonucunda görülmektedir.

Malik vd. (2021), Bu çalışmada Hindistanın Bengal bölgesinde bulunan Dwarkesuvar nehri havzasında taşkın duyarlılık analizi yapılmıştır. Taşkını tetikleyen 14 parametre ile çalışılmıştır. FL, MCDA, FR, LR olmak üzere 3 sezgisel ve 1 adet istatistiksel modellerle çalışılmıştır. Sonuçlara göre havzada; çok kriterli karar analizi %68.71, FR %68.7, bulanık mantık %60.56 ve logistik regresyon %48.51 oranlarıyla havzada riskli alanlar olduğu tespit edilmiştir. AUC analizine sahip ROC eğrisi, LR yönteminde %91.6 doğrulama değeriyle oldukça gerçekçi sonuca ulaşmıştır. FL, MCDA ve FR gibi modellerin sırasıyla AUC değeri 0.893, 0.857 ve 0.835 olarak bulunmuştur. LR modeline göre taşkın risk faktörleri arasında yükseklik 19.078 katsayısıyla taşkına en çok etki eden parametre olarak belirlenmiştir.

Ha vd. (2022), yaptığı çalışmada taşkın tehlike faktörü ve bunun taşkın etkilenebilirlik göstergeleri ile ilişkisine dayalı olduğunu Vietnamın Quang Binch eyaleti örneklemiyle ortaya koymaktır. Bu amaçla entegre bir makine öğrenimi, AHP, AdaBoost, LR ve AdaBoost-Logistik Regresyon gibi son dönemde sıklıkla kullanılan yöntemler kullanılmıştır. Quang Binch eyaleti 2007, 2010 ve 2020 yıllarında 671 sel baskın olay yeri oluşturmuş ve bu çalışmada kullanılmıştır. Taşkın modellerini oluşturmak ve doğrulamak için 14 taşkın koşullandırma faktörü kullanılmıştır. Sonuçlara göre; AdaBoost-Logistik topluluk modelinin AUC değeri 0.996 ile en iyi performansı verdiği görülmektedir. Çalışmanın sonucunda çalışma havzasının %40.99'u çok düşük riskli, %48.33 düşük riskli, %6.28 orta riskli, %6.04'ü riskli ve %3.36'sı ise aşırı riskli olduğu görülmüştür.

Wu vd. (2022), Yaptıkları çalışmada Zhejiang eyaletindeki bölgesel sel risklerini değerlendirmek için iki faktör ve on alt faktörden oluşan bir model kurulmuştur. Alt faktörlerin ilgili değerlendirme sistemindeki ağırlıkları, TFN ile değiştirilmiş ve AHP ile optimize edilmiş uzman sonuçlarından alınmıştır. 2 faktörün değerlerinin ağırlıklı ortalaması sel afet risk değeri olarak kullanılmıştır. Çalışma alanının %49.15'i son derece düşük riskli, %9.72'si düşük riskli, %9.74'ü orta riskli, %12.94'ü yüksek riskli, %18.45'i çok yüksek

riskli olarak bulunmuştur. Bu modelin değerlendirme sonuçlarının, sel felaketinin gerçek durumuyla tutarlı olduğu görülmüştür.

Utlu (2023), yaptığı çalışmada FR metodu ve Shannon Entropi yöntemini kullanarak Kastamonu İlinin Bozkurt ilçesinde bulunan Ezine Çayının taşkın risk haritasını çıkarılmıştır. Çalışmada 12 adet taşkına etki eden parametre kullanılmış olup FR yönteminin doğruluk değeri daha yüksek bulmuştur.

Bitek vd. (2023), yaptığı çalışmada 2012 yılında Samsun ilinde bulunan Mert Irmağı ve nehrin yan kolu olan Yılanlıdere'de meydana gelen taşkında çok sayıda can ve mal kaybı olan afet sahası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışmada CBS tabanlı Hec-GeoRAS ve HEC-RAS programı ile taşkın sahasında yapılan ıslah çalışmaları ve alanın durumu hakkında yorumlar yapılmıştır.

Doğan vd. (2023), Kamara deresindeki taşkın risk alanlarını belirlemek için HEC-RAS programı kullanılmış, Q_{50}, Q_{100}, Q_{500}, Q_{1000} debi değerlerine göre su yüzü profilleri oluşturulmuştur. Çalışma alanından iki adet yol geçişinin sular altında kaldığı, sahilde bulunan yerleşim yerleri ile değerli arazilerin taşkın riski altında olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Literatürde taşkın afeti ile ilgili pek çok çalışma bulunmaktadır. Ancak taşkın koşullarının doğası nedeniyle zaman ve mekan konusunu tahmin etmek karmaşık ve zordur. Bu nedenle literatürdeki mevcut çalışmaların çoğu verilerle ve basit varsayımlı fiziksel tabanlı modellemelere dayanır (Lohani vd., 2014). Fiziksel tabanlı modellerin büyük taşkınları tahmin etmede başarısını, küçük taşkın olaylarında gösterememektedir. Ayrıca bu modellerin hesaplama süresi, yöntemlerin güvenilirliği ve veri setlerinin kusursuz olma gereksinimi gibi nedenlerden dolayı çalışma anlamında sorunlar yaratmakta ve orta ölçekli başarılı sonuçlar vermektedir (Thompson, 2017; Burnash vd., 1973; Fawcett vd., 2013). Dezavantajlarının yanısıra uzun süredir kullanımından kaynaklı olarak bu yöntemler geleneksel yöntemler olarak ifade edilmiştir. Geleneksel olarak ifade edilen çalışmaların çoğunda görülmektedir ki taşkın konusunda yapılan bu çalışmalar bazı ön kabuller içermektedir. Bu ön kabullerin en büyük dezavantajı havza karakteristiklerinin gözardı edilmesidir. Taşkına neden olan parametreler içerisinde (akış, yağış, bakı, arazi kullanımı, jeoloji vb.) hangi parametrenin yaşanan taşkın afetine ne düzeyde etki ettiği, parametreler arasındaki ağırlıklandırma değerlerinin ne düzeyde olduğu belirlenmesi zordur. Bu nedenle bu bahsedilen çalışmalarda uzman görüşleri neticesinde parametrelerin ağırlıklandırma değerleri belirlenmektedir. Ancak havzanın karakteristiği düşünüldüğünde bu ön kabullerin her afet yaşanan bölgede aynı değerlere sahip olmadığı konusu mevcut çalışmaların en

büyük eksikliğidir. Geçmişte bölgede yaşanan afet durumlarından yola çıkarak afetin o bölgedeki yayılım haritasını oluşturmak ve etki eden değerleri havza bazlı düşünmek taşkın risk haritalarını daha anlamlı incelemeye yardımcı olmaktadır.

Bu bahse konu dezavantajlar makine öğrenimi gibi veriye dayalı gelişmiş modellerin kullanımını teşvik etmektedir. Bu modellerin en büyük avantajlarından biri yalnızca zamansal ve doğrusal olmayan verilerle formüle edilmesidir (Mosavi vd., 2018). Makine öğrenimi yöntemleri taşkınlar gibi karmaşık hidrolojik modelleri iyi şekilde modellediği çalışmalarda görülmüştür (Ortiz-Garcai, vd., 2014). Bu yöntemlerin hem kısa hemde uzun vadeli taşkınlardaki başarısı bu yöntemi literatürde en güncel çalışma alanları arasına sokmaktadır. Makine öğrenimi modellerinin taşkın tahmini amacıyla kullanılan bazı çalışmalar;

Kourgialas vd. (2011), Sel tehlikesi altında olan alanları belirlemek için CBS modellemesi kullanmışlardır. Yapılan bu yöntemde taşkına etki eden; akış birikimi, eğim, arazi kullanımı, yağış yoğunluğu, jeoloji, yükseklik gibi 6 parametreyle çalışılmıştır. Çalışma alanı olarak Yunanistan'ın Girit kentindeki Honya nehri seçilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda yükseklik faktörünün ağırlıklandırma katsayısı yağış yoğunluğu ağırlıklandırma katsayısından önemli ölçüde yüksektir. Tehlikeli alanlarla ilgili her bir faktörün kapsamlı bir değerlendirmesi için oranlar ve ağırlıklar birleştirilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Bu önerilen ağırlığın, her bir faktörün toplam ağırlığını veren etki oranı ile çarpılmasıyla elde edileceği ifade edilmiştir. Tüm faktörlerin ağırlıklarının toplamı genel toplam ağırlığını verdiği ifade edilmiştir. Her bir faktörün yüzdesi, toplam faktör ağırlığının genel toplama oranı olarak hesaplanmış ve faktörler GIS ortamında denklem kullanılarak birleştirilmiştir.

Rahmati vd. (2016), yaptıkları çalışmada CBS ve Çok Kriterli Karar Analizleri kullanarak İran'ın Yasooj bölgesinde sel tehlikesi bölgelerini sınıflamışlardır. Nehire uzaklık, Yükseklik, Arazi Kullanımı ve Arazi Eğimi gibi taşkına etki eden parametrelerle çalışılmıştır. Sooty ölçeğinde değerlendirme analizi kullanarak uzman görüleri doğrultusunda anket düzenlenmiş ve parametrelerin birbirine üstünlük değerleri incelenmiştir. Su altında kalma potansiyeline sahip bölgelerin belirlenmesi için 50 ve 100 yıl aralıklı taşkın değerleri HEC-RAS'a işlenmiştir. Çalışma sonucunda AHP-GIS tekniği özellikle veri bulunmayan yerlerde taşkın potansiyeli değerlendirilmesi açısından oldukça umut verici olduğu vurgulanmıştır.

Mojodaddi vd. (2017), Sel riskinin değerlendirilmesi için Çok Sensörlü Uzaktan Algılama Verilerini Coğrafi bilgi sistemleri entegreli çalışmış ve yapılan bu öğrenimi jeoloji uzamsal yaklaşımla bir araya getirmiştir. Yapılan bu çalışmada çalışma alanı olarak Malezyadaki

Damasana nehri seçilmiş, yöntem olarak FR, Radyal tabanlı bir fonksiyon çekirdeği kullanılarak SVM seçilmiştir. Doğrulama yöntemi olarak AUC kullanılmıştır. 110 adet taşkın yaşanan noktayla çalışılmış olup bu noktalarda %70 eğitim ve %30 test verisi olarak kullanılmıştır. Rakım, bakı, eğim, eğrilik, topoğrafik ıslaklık indeksi, tortu taşıma kapasitesi, topoğrafik pürüzlülük indeksi, nehirden uzaklık, jeoloji, akış yönü ve arazi kullanımı gibi 11 adet taşkına neden olan parametreyle çalışmıştır. Yapılan bu çalışma sonucunda FR yöntemine göre %89,7 ve SVM yöntemine göre %78,9 AUC doğruluk değeri çıkmış ve FR yönteminin taşkın öğreniminde daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Tehrany vd. (2017), FR, LR ve WOE yöntemleri ve bunların topluluk tekniklerini kullanarak sele eğilimli alanların CBS tabanlı mekânsal tahminlerini yapmıştır. Çalışma alanı olarak Çin'in Xing Quo kenti seçilmiştir. Doğrulama için AUC metodu kullanılmıştır. Sele etki eden: yükseklik, eğim, bakı, jeoloji, nehirden uzaklık, yoldan uzaklık, fay hatlarından uzaklık, toprak tipi, arazi kullanımı, yağış, normalleştirilmiş bitki örtüsü indeksi, akarsu gücü, topoğrafik ıslaklık, sediment taşıma indeksi ve eğrilik gibi 15 parametreyle çalışmıştır. Sonuç olarak WOE-LR topluluk tekniği en başarılı yöntem olarak öne çıkmıştır. Bağımsız WOE tekniğinin ise diğer yöntemlere göre daha gelişmiş sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. WOE yöntemi %88.07, LR yöntemi %70.78 ve FR yöntemiyse %60.05 gibi AUC doğruluk değerleri vermiştir.

Mehebub Sahana (2018), Hindistan'daki aşağı Kosi Nehri Havzasının geçmişte birçok sel afeti yaşadığını ancak yaşanan bu sellerin oluşmasında etkili olan faktörün ortaya koyulamadığını bu çalışmada bunu amaçladığını ifade etmiştir. FR ve bulanık mantık modelleri kullanarak sel duyarlılık analizleri yapmıştır. Yaptığı bu çalışma neticesinde afetin yaşandığı duruma en yakın sonuçları bulanık mantık yönteminde oluştuğu ve bu bölgelerde selin oluşmasına neden olan en etkili faktörün ani yoğun yağışın olduğunu ifade etmiştir.

Jorge Leandro (2019), Almanya'nın Münih şehrinde yaşanan sel olaylarından yola çıkarak, iklim değişikliğinin yaratacağı meteorolojik değişimler neticesinde sel olaylarının değişimini incelenmiştir. Bu çalışmada Yüksek emisyon senaryosu olan CRCM5 modeli ile gelecek yıllardaki iklim senaryoları ortaya koyulmuştur. 2050 ve 2070 yıllarındaki sıcaklık ve yağış durumları doğrultusunda sel yaşanma riski olan alanlar belirlenmiştir. Yapılan bu çalışma da Münih şehrinin bazı bölgelerinde yağış artışı nedeniyle sel yaşanma riski artarken diğer bölgelerinde kuraklık riski oluşmaktadır.

Tehrany vd. (2019), Taşkın duyarlılık haritalarının oluşturulmasında pek çok yöntem incelenmişken indeks yönteminin uygulanması daha önce incelenmediğini bu nedenle bu araştırmanın amacının indeks yöntemini değerlendirmek ve sonuçlarını FR ve LR

yöntemleriyle mukayese etmek olduğunu ifade etmiştir. Bu çalışmada (rakım, eğim, bakı, eğrilik, yoldan uzaklık, jeoloji, toprak, arazi kullanımı, topoğrafik ıslaklık indeksi, akarsu güç indeksi, arazi pürüzlülük indeksi, tortu taşıma indeksi, nehirden uzaklık) 13 adet taşkına eden parametreyle çalışılmış ve çalışma alanı olarak Avustralya'nın Brisbone kenti seçilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda LR metodu %79.45, FR metodu %67.33 doğruluk oranıyla çalışırken, Wİ metodu %78.18 doğruluk oranıyla ciddi anlamda sel öğrenmede etkilili olduğu ortaya çıkarılmıştır.

ZW Kundzewicz (2019), Çin' de daha önce yaşanan sel olaylarından oluşturulan sel altında kalmış haritaları yapay zeka modelleriyle tekrar oluşturmuştur. Yaptığı bu çalışmada derin öğrenme yöntemiyle oluşturulan haritaların gerçeğe en uygun sonuçlar verdiği ve sel yaşanan bölge tahmininde kullanılacak yöntem olabileceğini ifade etmiştir.

Mohammad Ahmadlou (2020), Çok katmanlı algılayıcı ve otomatik kodlayıcı sinir ağlarını birleştiren yeni bir derin öğrenme modeli kullanarak sel duyarlılık haritalama ve değerlendirilmesini içeren çalışma yapmıştır. Bu çalışma kapsamında İran'ın Golistan bölgesi ve Hindistanın yoğun taşkın yaşayan bölgeleri incelenmiştir. Yapay zeka modellerinde %91, 90.74 ve 93 değerlerine sahip önemli sonuçlar elde etmişlerdir. Bulunan bu bulgular neticesinde yapay zeka modellerinin taşkın noktalarını tespit etmede ciddi başarı gösterdiği ifade edilmiştir.

Binh Thai Pham (2020), Sel duyarlılık haritası oluşturmak amacıyla GIS tabanlı Hibrit modeller kullanarak İran'ın Golistan bölgesindeki afet durumunu incelemiştir. Sel yaşanan noktalardan yola çıkarak sel durumu öğrenmenin amaçlandığı bu çalışma neticesinde %93, 94.7 ve 93.2 gibi gerçeğe çok yakın sonuçlar elde etmiştir.

Peyman Yariyan (2020), İstatistiksel modellerle geliştirilmiş bir analitik ağ süreci kullanılarak sel duyarlılık haritalaması amaçlı çalışma yapmıştır. Çalışma alanı olarak İran Saqqez bölgesi seçilmiştir. Çalışmada ANP, FR, EBF ve OWA gibi yöntemler kullanılmıştır. Taşkına neden olan; eğim, yağış, topoğrafik ıslaklık indeksi, bakı, arazi kullanımı, yükseklik, eğrilik, akarsuya uzaklık ve jeoloji gibi parametrelerle çalışılmıştır. 42 adet taşkın yaşamış noktayla yapılan çalışmada verilerin %70'i eğitim, %30'u test olarak ayrıştırılmıştır. Sonuçları değerlendirmek için ROC doğrulama yöntemi kullanılmış ve ANP-FR metoduna göre doğruluk oranı %91, ANP-EBF metoduna göre %95.1 ve ANP-OWA metodunda %89.6 gibi yüksek oranda doğruluk değerine sahip sonuçlar çıkmıştır. Faktör oranı analizine göre, taşkın zonunun belirlenmesinde nehre olan mesafe, bakı ve rakım değişkenleri daha önemli parametreler olmaktadır.

Islam vd. (2020), Yapılan çalışmalarında; YSA, RF ve Destek Vektör makinesiyle birleştirilmiş Dagging ve RS olmak üzere 2 adet hibrit model olan toplam 4 adet makine öğrenimi yöntemiyle sel duyarlılık modelleri oluşturmuşlardır. Çalışmada Taşkına etki eden 12 parametreyle çalışılmıştır. Çalışma alanı olarak Bangladeş'in Kuzey bölgesi olan Teesta Nehri seçilmiştir. Toplam 413 adet taşkın noktasıyla çalışılmıştır. Taşkın faktörleri arasındaki etkiyi belirlemek için bilgi kazanımı ve çoklu bağlantı tanımlama testleri uygulanmıştır. Modelleri karşılaştırmak için Freidman, Wicoxcon işaretli sıra testi, ROC ve AUC modelleri kullanılmıştır. Tüm çalışılan yöntemlerde AUC testi sonuçları 0.80 değerinin üzerinde doruluk değerlerinde çıkmıştır. Dagging modeli üstün performansını sırasıyla RF, ANN, SVM ve RS takip etmiştir.

Da Kuang (2020), geçmişte yaşanan sel deneyimlerinden yola çıkarak LFF adı verilen yapay sinir ağları modeli geliştirmiştir. Geliştirilen bu model diğer sinir ağlarına göre çok daha fazla taşkın hassasiyeti oluştuğu görülmektedir.

Bates vd. (2020), Yapılan bu çalışmada RCP 4.5 emisyon yolu kapsamında 2035 ve 2050 yıllarında ABD Pluvial bölgesinde yaşanacak sel riski olan arazilerin nasıl bir değişim gösterdiğini incelemiştir. iklim senaryoları neticesinde deniz seviyeleri yükselmesinden kaynaklı oluşacak sel altında kalan alanların durumu incelenmiştir. Bu çalışmada su seviyesinin yayılım alanı HEC-RAS yardımıyla oluşturulmuştur. Yapılan bu çalışma sonucunda 2.200 km² genişliğinde bir alanın gelecekte su altında kalma riski olduğu ifade edilmiştir.

Panahi vd. (2020), CNN ve RNN kullanılarak İran'ın Golistan bölgesinin ani sel olasılığını tahmini konulu çalışma yapmışlardır. Çalışmada taşkınlar ve farklı etkileyen faktörler arasındaki uzamsal etkileşimi araştırmak için kademeli ağırlık değerlendirme oranı analizi (SWARA) kullanılmıştır. Çalışmada CNN ve RNN modelleri SWARA ağırlıkları kullanılarak eğitildiği ve alıcı iletişim testleri kullanılarak doğruluğu test edildiği görülmektedir. Sonuçlar CNN modelinde (AUC=0.832 ve RMSE= 0.144), RNN modelinden (AUC=0.814 ve RMSE=0.181) biraz daha iyi performans gösterdiği gözlenmiştir. Ayrıca bu modeller aynı çalışma alanında farklı modeller kullanan önceki çalışmalara kıyasla daha iyi bir taşkın tahmini gösterdiği ifade edilmiştir. Bu çalışmada eğim, bakı, rakım, plan eğriliği, topoğrafik ıslaklık indeksi, yağış, arazi kullanımı ve litoloji olmak üzere 8 adet taşkına etki eden parametreyle çalışılmıştır.

Ziarh vd. (2020), yaptıkları bu çalışmada taşkın faktörlerinin seçimi ve gerekçesi açısından oldukça önem arz eden çok kriterli karar analizleri kullanılmıştır. Bu amaçla sel olaylarının sıklıkla yaşandığı Malezya'da, sel riski haritalarının oluşturulması için afet ve entropi

teorisine dayalı ile çok kriterli karar yönteminin entegrasyonu kullanılmıştır. Çalışmada parametrelerin birbirine dereceleri anketle belirlenmiştir. Çalışma sonucunda özellikle kıyı bölgelerinin iç bölgelere göre sele karşı daha hassas oldukları gözlemlenmiştir. Bu entegre yöntemin tahmin başarısı %93 olarak belirlendiği ve bu sonuca göre önerilen yöntemin taşkın risk haritalanmasında iyi bir doğruluğa sahip olduğunu ifade edilmiştir.

Mahdi Valikhan Anaraki (2020), Hibrit yöntemlerle iklim değişikliğinin sel yaşanma durumuna etkisi konulu bir çalışma yapmıştır. Yaptığı bu çalışmada gelecek yıllardaki iklim senaryolarını tahmin etmek için, HADCM3 modelinin A2 ve B2 senaryoları ve CanESM2 modelinin RCP2.6, RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları kullanarak İranın Güney batısındaki Karun havzasının gelecek iklim senaryolarını oluşturmuştur. ANOVA ve Bulanık mantık yöntemleri kullanılarak oluşturulan farklı algoritmalar taşkın öğretiminde kullanılmıştır. Yapılan çalışma neticisinde HADCM3 modelindeki iklim senaryolarında taşkın yaşanma olasılığı %60 oranında diğer yöntemlere göre daha düşük sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur.

Akay (2021), çalışmasında bazı istatistiksel ve metodolojik yöntemler kullanarak sel tehlikesi altındaki alanları tespit etmek amacıyla Gökırmak Havzası üzerinde çalışmalar yapmıştır. Yapılan bu çalışmada; FR, Kanıtsal İnanç Aksiyonu (EBF), Kanıt Ağırlığı (WOE), Entropi İndeksi (IOE), Bulanık Mantık (FL), Temel Bileşim Analizi (PCA), AHP ve TOPSİS gibi farklı çalışma prensibine sahip birçok yöntem kullanmıştır. Bu yöntemlerin doğruluk değerleri ROC ve SCAI metotu ile tespit edilmiştir. Yükseklik, eğim, arazi kullanımı, görünüş, eğrilik, yağış, topoğrafik ıslaklık indeksi, toprak türü ve drenaj yoğunluğu gibi 9 adet taşkına etki eden parametre çalışmada altlık olarak kullanılmıştır. 139 taşkın yaşanmış, 140 adet taşkın yaşanmamış nokta olmak üzere toplam 279 adet noktayla çalışılmış olup; bunların 98 adeti test ve geri kalanı eğitim verisi olarak kullanılmıştır. Yapılan bu çalışma sonucunda ROC doğrulama indeksine göre en iyi sonuca IOE modeli, SCAI doğrulama indeksine göreyse PCA ve AHP yöntemleri bulunmuştur.

Koçyiğit vd. (2021), Temel bileşen analizi kullanılarak doğu akdeniz havzası ani taşkın potansiyelinin morfometrik yaklaşımla değerlendirilmesi konulu çalışma yapmışlardır. Yapılan bu çalışmada; havza 8 ana havza olmak üzere toplamda 775 adet alt havzaya ayrılmış ve 12 metamorfik parametre ile hesaplanmıştır. Alt havzalar taşkın yaşanma riskine göre 3'e ayrılmıştır. Yapılan mukayese sonunda akış-yağış ilişkisini anlayabilmek için bitki örtüsü, arazi kullanımı, havza jeolojisi ile havzadaki su kullanımının dikkate alınması gerektiği düşünülmüştür. Çalışmada parametrelerin üstünlük değerlerini bulmak için ağırlıklı toplama yaklaşımı ile temel bileşen analizi kullanılmıştır. 10 metre aralıklı

haritalarla çalışılmış, çalışmada Arcqis 10.1 yazılımı kullanılmıştır. Taşkına neden olan parametrelerden; Akarsu sıklığı, biçim faktörü (drenaj alanı/havza uzunluğu), dairesellik oranı, dallanma oranı, sıklık katsayısı, tekerrür oranı, yüzey akış yoğunluğu oranı, drenaj uzunluğu, genişlik uzunluk oranı, şekil faktörü, q katsayısı gibi 11 parametreyle çalışılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda taşkınların büyük çoğunluğunun ana kanal olarak bahsedilen bölgede yaşanma ihtimalinin daha sık olduğu görülmektedir. Ayrıca çalışma sonucunda çalışmada meteorolojik verilerin kullanılmamasının çalışmanın eksik yanı olduğu ve bu tarz çalışmalarda meteorolojik verilerin kullanılmasının çalışmayı güçlendireceği vurgulanmıştır.

Fezizadeh vd. (2021), Taşkın risk alanlarını belirlemek için entegre bir CBS yaklaşımı ve hibrit teknikler kullanmıştır. Yapılan bu çalışmada, IOE, FMV, FR ve IV yöntemleri kullanılmıştır. Toplam 78 adet taşkın yaşanmış noktayla yapılan bu çalışmada doğrulama yöntemi olarak AUROC seçilmiştir. Sırasıyla ROC değerleri incelendiğinde; FMV-IOE %96.9, FR-IOE %96.8 ve IV-IOE yöntemindeyse %96.3 gibi iyi sonuçlar görülmektedir. Bu arştırmanın sonuçlarına bakıldığında hibrit tekniklerinin kabiliyeti, bunların bulanık mantık ve CBS karar sistemleri ile entegrasyon analizlerini yapmada büyük başarı gösterdiği görülmektedir.

Janizadeh vd. (2021), gelecekte iklim ve arazi kullanımı değişikliklerinden etkilenen sel tehlikesinin mekânsal ve zamansal değişikliğinin haritalanması konulu bir çalışma yapmışlardır. Çalışma alanı olarak İran'ın Kuzeybatısındaki merkezi eyaletinin Kalvan havzası seçilmiştir. Toplam 512 adet taşkın yaşanan ve yaşanmayan noktada yapılan bu çalışmada 2050 yılındaki sel risk haritasını çıkarmak çalışmanın başlıca amacıdır. 2050 yılındaki iklim durumunu belirlemek için sirkülasyon modellerinden olan GCM 8.5 ve RCP 2.6 senaryolarıyla çalışılmıştır. Çalışmada taşkına etki eden 12 parametre (yükselti, eğim, bakı, plan eğriliği, profil eğriliği, nehirden uzaklık, yoldan uzaklık, toprak tipi, arazi kullanımı, litoloji, topoğrafik ıslaklık indeksi ve yağış) ile çalışılmıştır. Çalışmada CIRF, GBM, XGB ve bunların topluluk modelleri olan makine öğrenimi metotlarıyla çalışılmıştır. GBM modelinin 0.80, XGM modelinin 0.79, CIRF modelinin 0.78 ve topluluk modelinin 0.83 AUC doğruluk değerleri tespit etmiştir. RCP 2.6 senaryosuna göre sel riski olan alanlarda; çok düşük alanlarda %12.04 azalış, düşük alanlarda %8.56 azalış, orta alanlarda %1.56 artış, yüksek alanlar %11.55 artış ve çok yüksek alanlarda %7.49 artış görülmektedir. GCM 8.5 senaryosuna göre sel riski olan alanlarda; çok düşük alanlarda %14.48 azalış, düşük alanlarda %6.35 azalış, orta alanlarda %4.54 artış, yüksek alanlarda %10.61 artış ve çok yüksek alanlarda %5.67 artış görülmektedir. 1990 yılında %25.36 olan tarım arazisi,

2050 yılında %39.23; 1990 yılında %15.03 olan çıplak arazi, 2050 yılında %10.35 olarak bulgulanmıştır. Ayrıca 1990 yılında %58.09 olan meyve bahçesi, 2050 yılında %47.54; 1990 yılında %0.86 olan mera arazisi, 2050 yılında %1.88 ve 1990 yılında %0.67 olan tarım arazisi, 2050 yılında %1.00 olarak değişim yaşanması çalışma bulguları arasında görülmektedir.

Lei vd. (2021), Güney Korenin Seul kentinde yaşanan taşkın olaylarını derin öğrenme yaklaşımları kullanarak taşkınların tahmin edilmesi amaçlı bir çalışma yapmıştır. Yapılan çalışmada NNETC ve NNETR yöntemleri kullanmıştır. 295 adet taşkın yaşanan noktayla yapılan çalışmada 10 adet taşkına etki eden parametre kullanılmıştır. Doğrulama metodu olarak AUC ve RMSE kullanılmıştır. NNETC yönteminde AUC değeri %84 ve RMSE değeri 0.16 çıkarken, NNETR yönteminde AUC değeri %82 ve RMSE değeri 0.186 çıkmıştır. Her iki yöntemde de arazi engebelik indeksi en belirleyici faktör olarak ortaya çıkmıştır. Model çıktılarında %20'e varan göreceli hata olmasına rağmen, bu modellerin bir taşkın envanteri olması koşuluyla, kentsel alanlar için taşkın tehlike haritası oluşturmak konusunda güvenilir ve hızlı bir araç olduğu ifade edilmiştir.

Mahato vd. (2021), Taşkın duyarlık modellemeleri için yeni bir doğrulama modeli geliştirmişler ve bu modele saha tabanlı taşkın güvenlik açığı endeksi (IFV) adını vermişlerdir. Çalışma alanı olarak Hindistan ve Bangladeş arasındaki Atreyee nehri seçilmiş ve 131 taşkın yaşayan, 131 taşkın yaşamayan olmak üzere 262 noktayla çalışılmıştır. 7 adet taşkına etki eden parametre (yükseklik, akış yönü, arazi kullanımı, akış birikimi, eğrilik, eğim, nehirden uzaklık, akarsu güç indeksi ve topoğrafik ıslaklık indeksi) Rastgele Orman ve Radyal Tabanlı Fonksiyon olan makine öğrenimi metotlarıyla çalışma yapılmıştır. Topluluk modellemeleri makine öğrenimi yöntemlerine göre seli tahmin etmede daha başarılı sonuçlar vermiştir. Bu çalışmada AUC-ROC, Friedman testi ve Wilcoxon Signed Rank testi gibi doğrulama metotlarıyla çalışılmıştır.

El Haddad vd. (2021), BRT, FDA, GLM ve MDA kullanılarak Mısırın Wadi Qena havzasında geçmişte yaşanan taşkınların duyarlılık tahminlerini yapmışlardır. Yapılan bu çalışmada 342 adet sel baskını bölgesiyle çalışıldığı ve bu verilerin 239 adeti eğitim 103 adeti test verisi olarak kullanıldığı ifade edilmiştir. 9 adet taşkına etki eden parametreyle (eğim açısı, eğim uzunluğu, rakım, ana vadiden uzaklık, arazi kullanımı, litolojik veriler, eğrilik, eğim yönü ve topoğrafik ıslaklık indeksi) çalışıldığı, modellerin doğruluğu ROC ve AUC ile değerlendirilmiştir. Sırasıyla AUC değerleri incelendiğinde; BRT=0.783, FDA=0.958, GLM=0.816 ve MDA=0.821 olarak çıkmıştır. Sırasıyla ROC değerleri

incelendiğinde; BRT=0.812, FDA=0.856, GLM=0.862 ve MDA=0.769 olarak belirlenmiştir.

Tabari (2021), çalışmada küresel sel olayları ve aşırı yağış üzerinde gelecekteki iklim değişikliğinin etkisini belirlemek için Blok Maksimum ve Eşik Üstü yöntemleri arasında karşılaştırmalı bir analizle ele almaktadır. Aşırı yağış analizi CMIP5 genel sirkülasyon modeli olan GCM kullanılarak yapılırken, taşkın analizi CMIP5 GCM tarafından zorlanan beş küresel etki modelini içeren 20 üyeden oluşan çok modelli topluluğa dayanmaktadır. Sonuçlar, BM ve POT yöntemlerinin sel ve aşırı yağış yoğunlukları üzerinde anlaştıklarını, ancak büyüklük konusunda anlaşmadıklarını ortaya koymaktadır. Bu fark mevsimlere göre çok değişmektedir, aşırı yağış için %11 ve sel için %3.5 oranlarında oluşmaktadır.

Yükseler vd. (2023), taşkın risk alanlarının belirlenmesinde yapay zeka modellerinin başarısını ortaya koymaya çalışmıştır. Yaptığı çalışmada geleneksel metotlardan olan Lojistik regresyon metodunun yanı sıra yapay zeka modellerinden olan model karar ağaç metodu yöntemleri (M5PRT ve M5PRGT) kullanılmıştır. Çalışma alanı olarak ülkemiz sınırları içerisinde taşkın afetinde en çok can kayıplarına neden olan Of (Trabzon) ilçesindeki Solaklı deresi belirlenmiştir. Çalışma Arcgıs 10.5 yazılımıyla sayısallaştırılmıştır. Çalışma sonucunda M5PRT metodu %90 üzerinde doğruluk değerleriyle çalışmıştır. Taşkına en etkili 3 parametre çalışmada sırasıyla yükselti (%25.6), yağış (%21.7), eğim (%11.2) olarak belirlenmiştir.

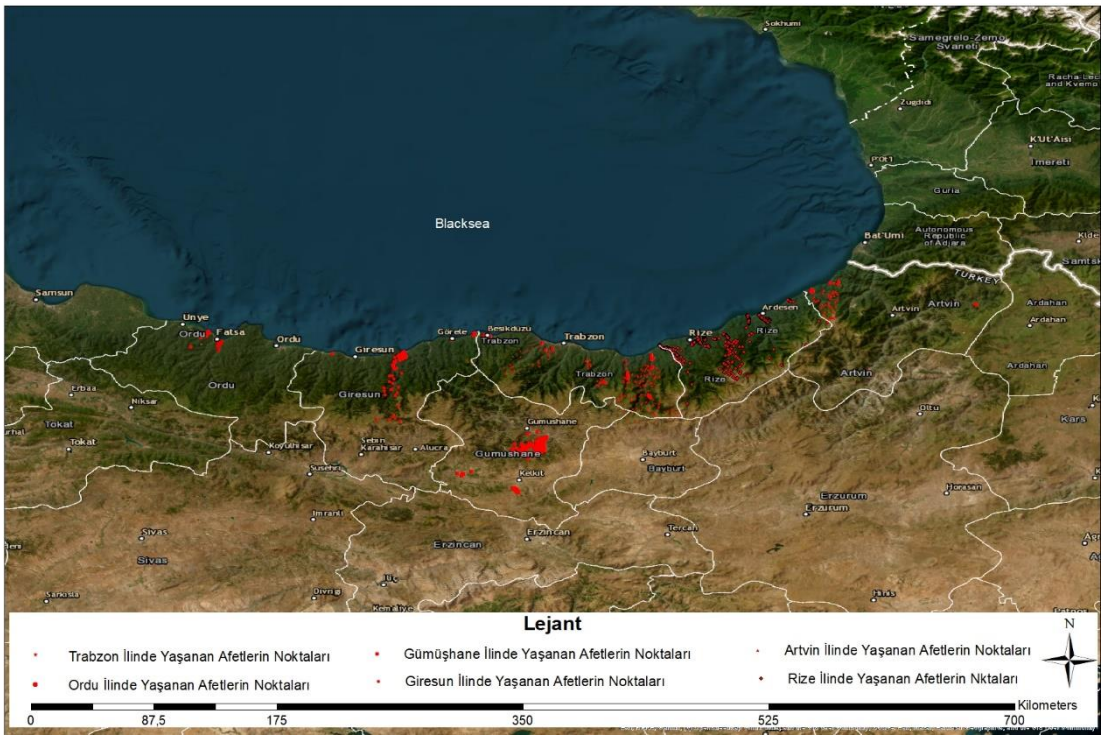
Peng vd. (2024), yaptıkları çalışmada Pekin ve Münih şehirlerinin iklim değişikliğinin etkisi altında sel riskleri değerlendirilmesi yapmışlardır. Pekin'de sel olayları 2000-2020 arasında artan bir eğilim gösterirken son yıllarda azalma yönünde bir eğilim başladığı ifade edilmiştir. Münihte sel riski merkez bölgelerde artış gösterirken banliyö bölgelerde azalma eğilimi göstermektedir.

Yapılan literatür araştırması sonucunda iki farklı kategoride taşkın çalışmalarının yapıldığı görülmüştür. Bunlar literatür özetinin ilk kısmında bulunan AHP, Hecras vb. çalışmalardır. Bu çalışmaların bazıları ÇKKV metotlarının bazıları seçilerek yapılan risk ve duyarlılık alanları tespit edilirken bazıları ise Hecras vb. yazılımlarla taşkın yayılım alanlarının tespitidir. Literatürün ikinci kısmında ise makine öğrenimi yöntemleriyle yapılan taşkın çaışmalarından oluşmaktadır. Bu çalışmada literatürün birinci kısmında çalışmaları verilen ÇKKV yöntemlerinden AHP ve FR metotlarının yanısıra literatürün ikinci kısmında çalışmaları verilen makine öğrenimi yöntemlerinden 9 farklı yöntem kullanılmıştır. Çalışma literatürdeki çalışmalardan farklı olarak 41 farklı taşkın havzası ile yöntemleri inceleme

imkanı sunmaktadır. Yöntemlerin havza alanı, veri sayısı gibi parametrelerden nasıl etkilendiği Doğu Karadeniz böümünde yaşanan 41 farklı taşkın havzası ile inceleme imkanı sunmaktadır. Makine öğrenimi yöntemleri ile yapılan çalışmalarda literatürde görülen genelleme problemlerine çözüm aranmıştır. 41 farklı havza 9 farklı makine öğrenimi yöntemi ve 5 farklı doğrulama yöntemiyle makine öğrenimi yöntemlerinin taşkın tahmininde başarı durumunu arttırıcı ve azaltıcı etmenler tespit edilmiştir. Ayrıca literatürdeki çalışmlarda havzaların kendi içindeki eğitiminden farklı havzalar arası eğitim denenmiş Doğu Karadeniz bölümünde yaşanan afetlerle Batı Karadeniz bölümünde yaşanan Kastamonu (Bozkurt) afeti tahmin edilmiştir. Bu tahmin sırasında literatürün aksine zaman serisi çalışılmış, geçmiş afetlerden gelecekteki afet tahmin edilmiştir. Makine öğrenimi yönteminin gelecek afetleri ve havzalar arası afet tahmininde de oldukça başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

3. ÇALIŞMA SAHASI

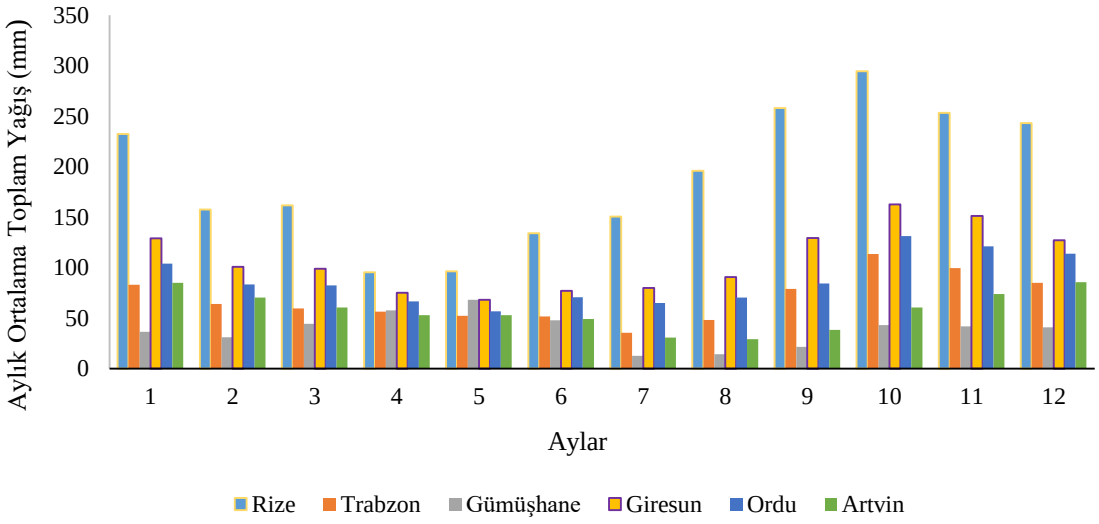
Çalışma alanı olarak Türkiye'nin en fazla taşkın afetine maruz kalan illerinin oluşturduğu Doğu Karadeniz bölümü seçilmiştir. Doğu Karadeniz bölümünde Türkiye Cumhuriyetinin kuruluşundan itibaren (1923 yılı) 100'e yakın taşkın yaşanmış ve yaşanan bu taşkınlarda 1000'in üzerinde can kayıpları meydana gelmiştir. Bu taşkınlarda can kayıplarının yanı sıra ciddi düzeyde ekonomik kayıplar da meydana gelmiştir (DSİ, 2006). Çalışmada kapsamında Doğu Karadeniz bölümü yaşanan, can ve mal kaybına neden olan 41 taşkın afeti incelenmiştir. Bu afetler; Artvin (4 afet), Trabzon (11 afet), Giresun (9 afet), Gümüşhane (4 afet), Ordu (2 afet) ve Rize (12 afet) illerinde meydana gelen taşkınlardan seçilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışma Sahasında Yaşanan Taşkınların Lokasyonu (Google Earth, DSİ, AFAD)

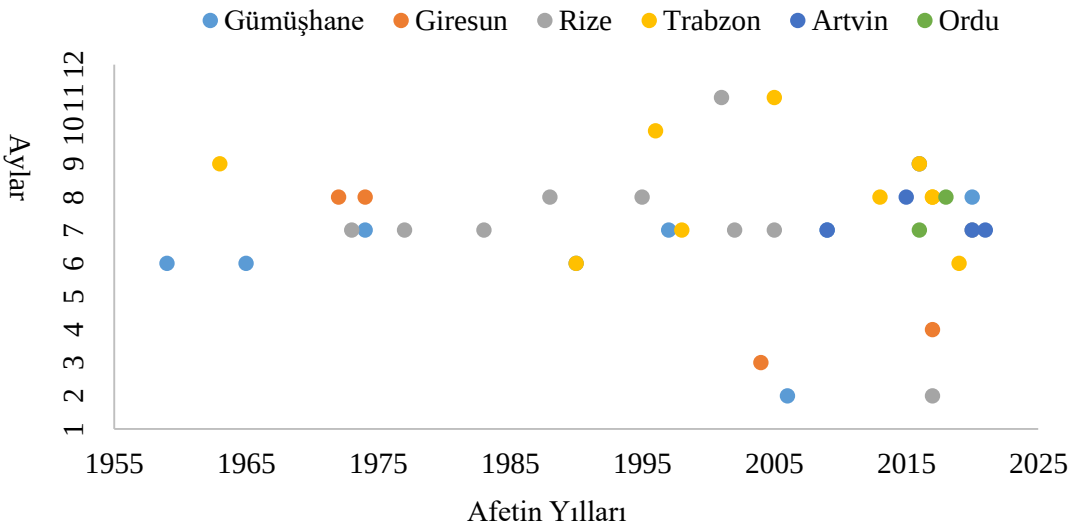
Çalışma alanının yıllık yağış ortalaması 1500 mm civarındadır. Bölgede orografik ve konvansiyonel yağışlar beraber görülmektedir (Alaz, 2005). Bölgede karla örtülü gün sayısı 10-20 gün arasındadır. 2000 metre ve üzerindeki rakımlarda bu süre 45 gün olarak güncellenmektedir. (Onur, 1964). Bölgede yükselti değerleri batıda 2000 ve üzeri değerlere ulaşırken 0 ila 3500 metre arasında yükselti değerleri değişkenlik göstermektedir. Bölgenin dağlık ve engebeli yapısının yanı sıra yağan aşırı yağışlarla beraber taşkın bu bölümde en fazla yaşanan doğal afet olmaktadır. Yağış değerlerinin en yüksek olduğu aylar Rize, Trabzon, Giresun ve Ordu İllerinde Ekim ayında; Gümüşhane İlinde Mayıs ayında ve Artvin İlinde Aralık ayında gerçekleşmiştir. Çalışma kapsamındaki illerden yıllık toplam yağış

değerleri incelendiğinde Rize (2302 mm) en çok yağış alan ildir. Rize ilini sırasıyla; Giresun (1290.5 mm), Ordu (1049.1 mm), Trabzon (828 mm), Artvin (689.3 mm) ve Gümüşhane (460.3 mm) değerlerinde yıllık toplam yağış alarak takip etmektedir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Çalışma Alanının İl Bazlı Toplam Yağış Miktarları (DSİ)

Çalışma alanında yaşanan taşkınların aylara göre dağılımı incelendiğinde çalışılan 41 afetten 14 tanesinde Temmuz ayında, 10 afetin ise Ağustos ayında yaşandığı görülmektedir. Toplam 41 afetin yaklaşık %70'i (29 afet) yaz aylarında (Haziran, Temmuz, Ağustos) yaşandığı görülmüştür (Şekil 3.3). Çalışılan havzalarda aylık toplam yağışlarda Ekim ayı en yağışlı aydır. Bu da göstermektedir ki meteorolojik parametre açısından toplam yağışlardan ziyade ani yoğun yağışlar taşkına dönüşmüştür.

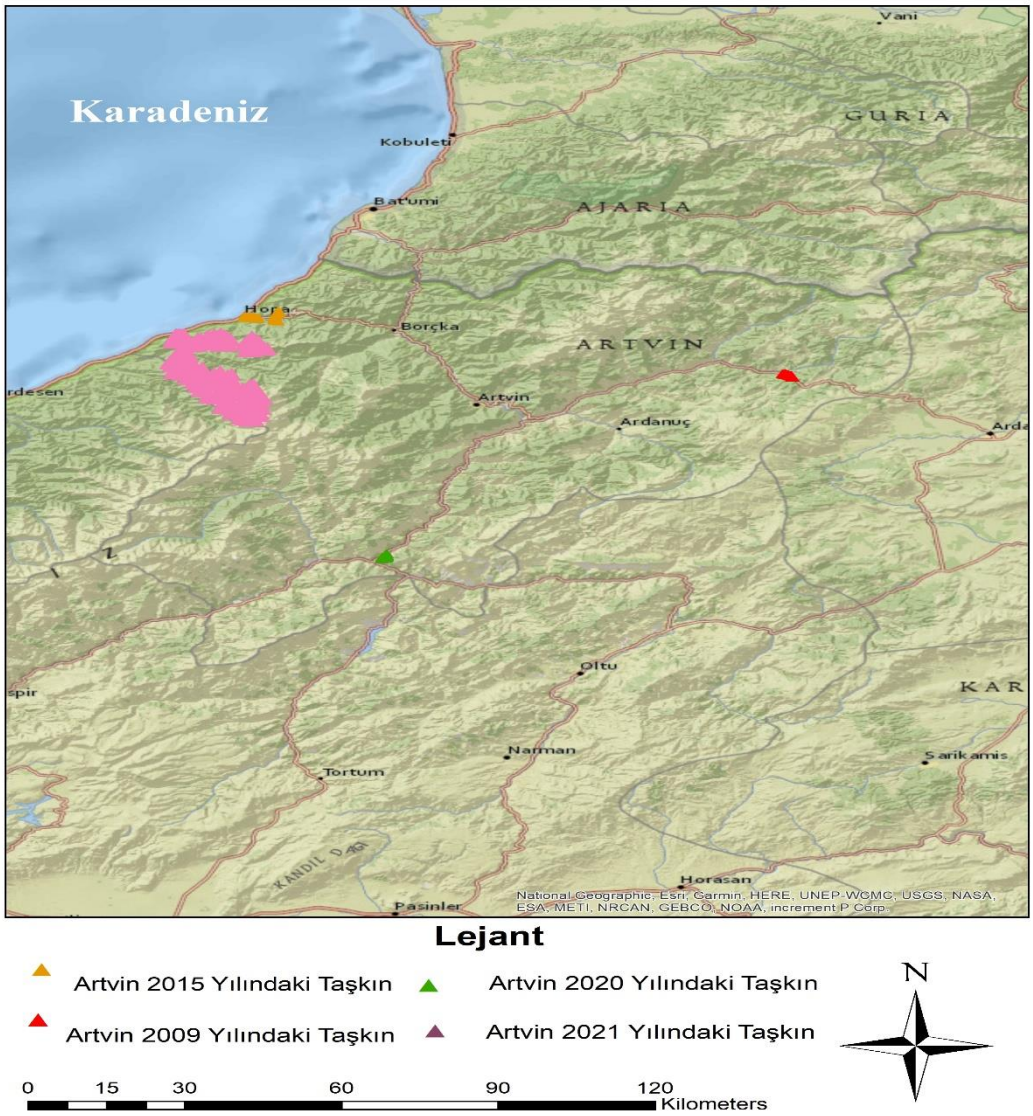


Şekil 3.3. Yaşanan Taşkının Aylara Göre Dağılımı (DSİ)

Çalışmada kullanılan tüm taşkın yaşanan nokta verileri DSİ 1996; DSİ 2006; Cumhurbaşkanlığı Acil ve Afet Koordinasyon Merkezi raporlarından yola çıkılarak oluşturulmuş ve bu raporların okunması ve yeniden derlenmesi ile oluşturulmuştur. Bu nedenle çalışmada her bir bilgi için ayrı ayrı atıf yapılmamıştır. Bu durumun nedeni 3 kaynak noktası olarak alınan raporların harmanlanması ile çalışma altlığı oluşturulmuştur (DSİ 1996; DSİ 2006; Cumhurbaşkanlığı Acil ve Afet Koordinasyon Merkezi).

3.1 Artvin Taşkınları

Çalışma kapsamında Artvin ilinde yaşanan afetlerde 2009 yılında 5 kişi, 2015 yılında 11 kişi, 2020 yılında 4 kişi ve 2021 yılında 3 kişi olmak üzere 23 kişi vefat etmiş ve ciddi mal kayıpları meydana gelmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Artvin İlinde Yaşanan Taşkınların Lokasyonu (Google Earth, DSİ, AFAD)

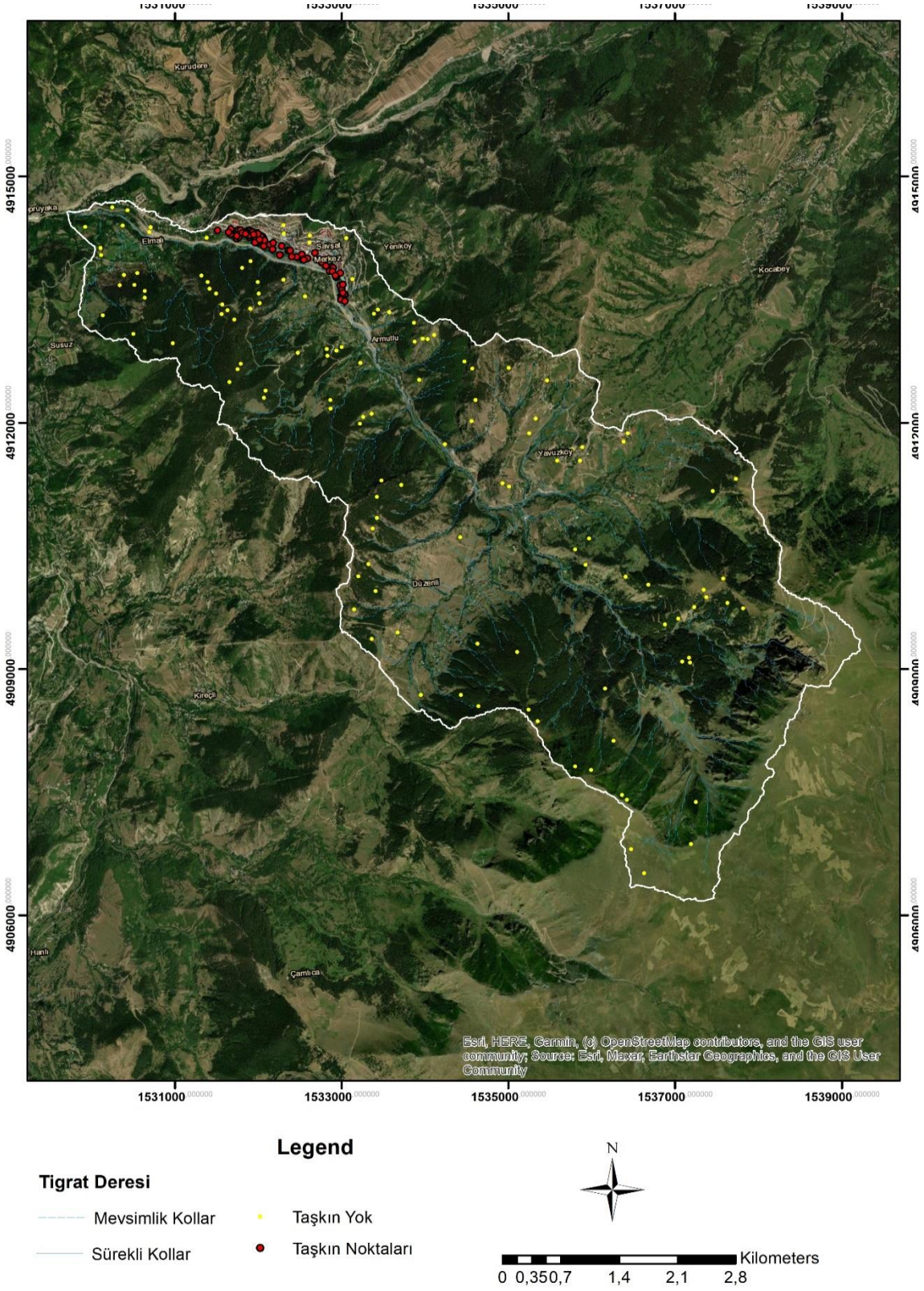
3.1.1 Artvin (Şavşat) taşkını (2009)

15.07.2009 tarihinde Artvin ili Şavşat ilçesi sınırları içerisindeki Tigrat deresinin taşması nedeniyle afet meydana gelmiştir. İlçenin Yeni mahalle mevkiinde Tigrat deresindeki bentlerin yıkılması sonucu meydana gelen taşkında, dere kenarındaki 2 ev çökmüştür. Göçük altında kalan iki vatandaş vefat etmiş ayrıca 3 kişi afet sonucunda kaybolurken, derenin taşması sonucu iki köprü yıkılmıştır. Yaşanan bu afette toplamda 5 kişi hayatını kaybederken ciddi maddi kayıplar meydana gelmiştir. Aynı bölgede bir başka afette 24.09.2009 tarihinde Artvin ilinin Borçka ilçesinin sınırları içerisinde bulunan İçkale deresi ve Çuhala çayının taşması sonucunda meydana gelmiştir. Artvin'in Borçka ilçesinde Kale köyünde 5 katlı bir apartman çökmüş; enkazdan 3 kişi çıkartılmıştır. Demirciler köyünde ise, evinde sel sularına kapılan 80 yaşındaki bir kadın ölmüştür. Borçka karayolu yakınlarında bulunan köprü ayağında bir kadın cesedi bulunmuş ve toplamda 5 kişinin hayatını kaybettiği bu afette ciddi maddi hasarlar meydana geldiği görülmüştür (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Artvin (Şavşat) İlçesinde Yaşanan Afetin (2009) Görünümü

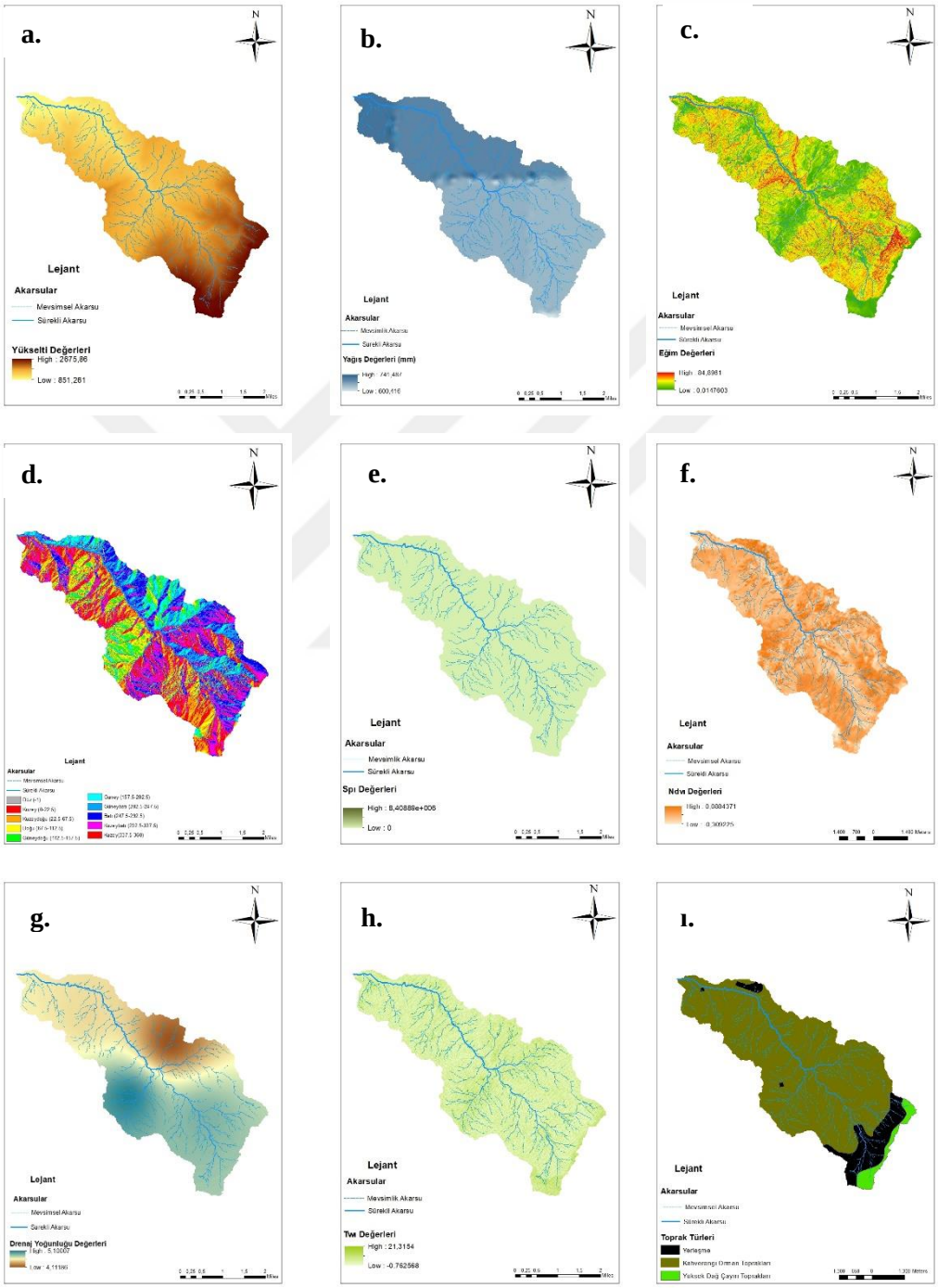
Yaşanan afet 100 adet taşkın yaşanan 100 adet taşkın yaşanmayan noktayla incelenmiştir. 200 adet veriden; 140 adet veri eğitim verisi olarak, 60 adet veri ise test verisi olarak kullanılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Artvin (Şavşat) Taşkın Sahası (2009) (Google Earth, DSİ, AFAD)

Çalışma sahasında yükselti değerleri 851 ve 2675 metre arasında değişmektedir Afet yaşanan noktalarda havzanın orta yükseklikte alanlarına denk gelmektedir (Şekil 3.7.a). Yağış değerleri çalışma sahasında 600 ila 741 mm olarak değişmekte, 2009 yılındaki afet

700 mm üzerinde yağış alan noktalara denk gelmektedir (Şekil 3.7.b). Eğim değerleri havzada oldukça değişkenlik göstermekten düz alanlardan 85º arasında eğim değerleri oluşmaktadır. (Şekil 3.7.c) Havza kahverengi orman toprakları, yüksek dağ çayırları ile kaplı bir alandan meydana gelmiş olup afet sahası yerleşim alanları ve kahverengi orman topraklarından oluşmuştur (Şekil 3.7.ı)



Şekil 3.7. Artvin (Şavşat) Taşkınında (2009) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

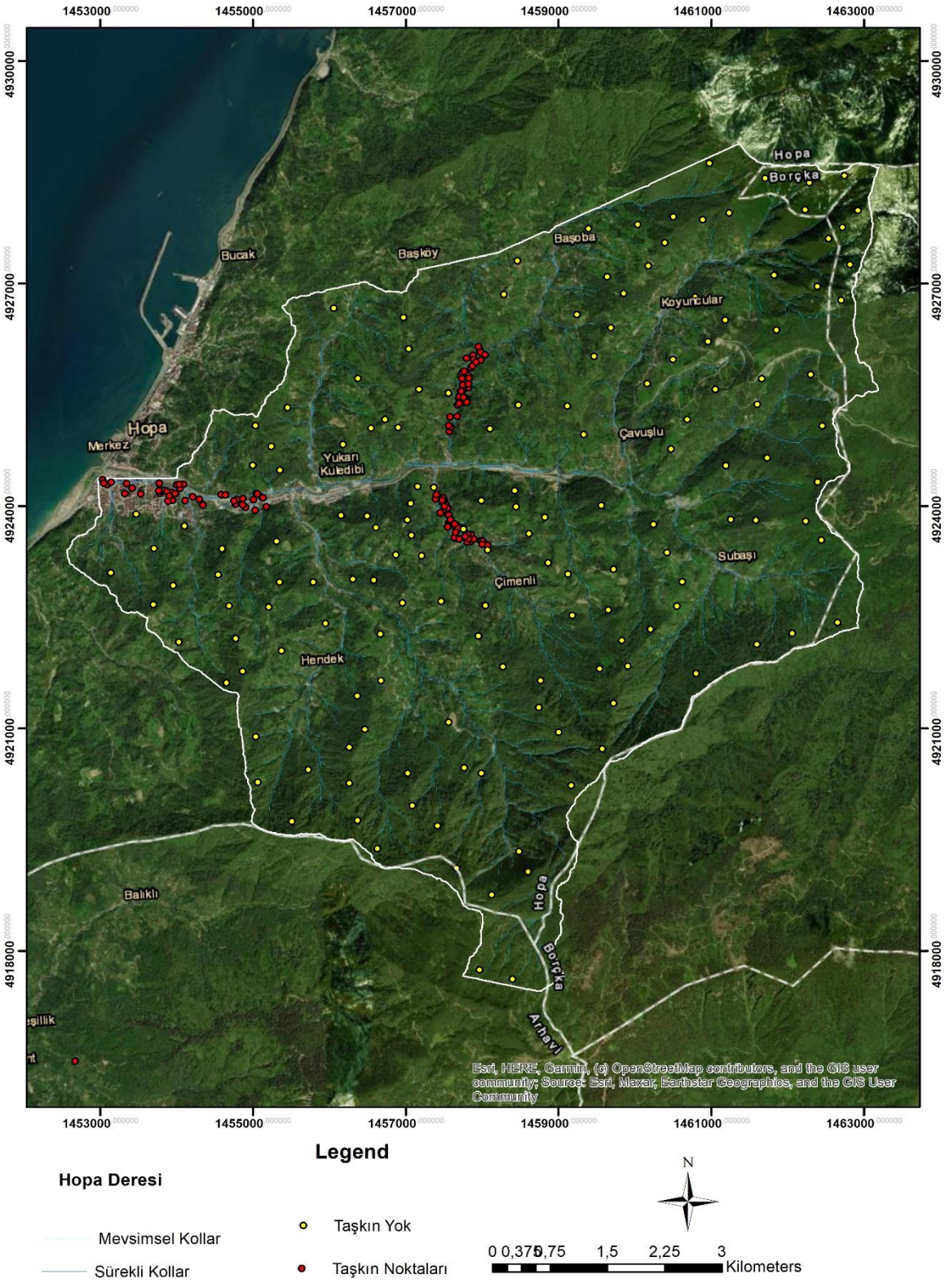
3.1.2 Artvin (Hopa) taşkını (2015)

24.08.2015 tarihinde Artvin İlinin Hopa ilçesinde bulunan Hopa deresinin taşması nedeniyle ilçe merkezinde taşkın afeti meydana gelmiştir. Meydana gelen selin ardından Hopa'da çok sayıda ev ve işyeri sular altında kalmıştır. İlçedeki yağış nedeniyle Hopa deresi'nin taşması sonucu sanayi bölgesindeki çok sayıda iş yeri sel suları altında kalırken, derenin taşıdığı ağaç ve molozlar yüzünden sanayi sitesi ile hopa ilçesindeki tır parkı'nda bulunan yaklaşık 300 araçta hasar oluşmuştur. Bu afette 11 vatandaş hayatını kaybederken ciddi maddi hasarlar meydana gelmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Artvin (Hopa) İlçesinde Yaşanan Afetin Görünümü (2015)

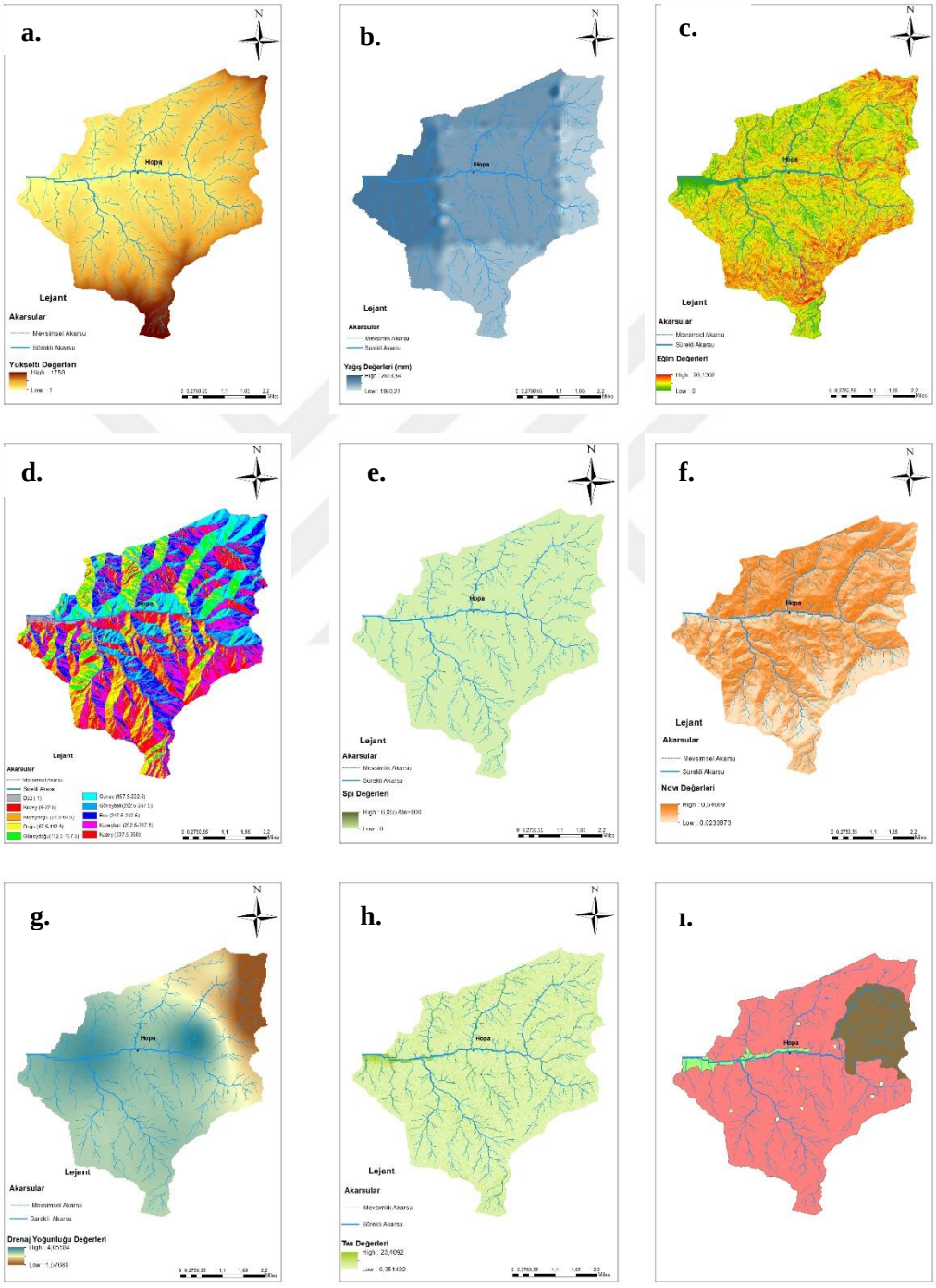
Yaşanan afette Artvin merkezi Hopa ilçesinin yanısıra Çimenli köyü afetten etkilenmiştir. Afet sahası yerleşim yerlerine oldukça yakın olması afetin bilançosunu arttırmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Artvin (Hopa) Taşkın Sahası (2015) (Google Earth, DSİ, AFAD)

Afet sahasının meydana geldiği havzada akarsular denize dökülmekte ve bu nedenle yükselti değerleri havza içerisinde 0 ila 1760 metre arasında değişkenlik göstermektedir (Şekil 3.10.a). Havzada yağış değerleri 1800-2600 mm arasında oldukça yüksek değerlere sahiptir

(Şekil 3.10.b). Eğim değerleri incelendiğinde düz alanların genelde sahil kısımlarında bulunduğunun havzanın memba kısmının yüksek eğim değerlere ulaştığı görülmektedir (Şekil 3.10.c). Havzada kahverengi orman topraklarının yanı sıra alüvyal topraklar bulunmakta ve afet sahası genellikle alüvyal toprak tipine denk geldiği görülmektedir (Şekil 3.10.ı)



Şekil 3.10. Artvin (Hopa) Taşkınında (2015) Taşkına Etkili Parametreler
(a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

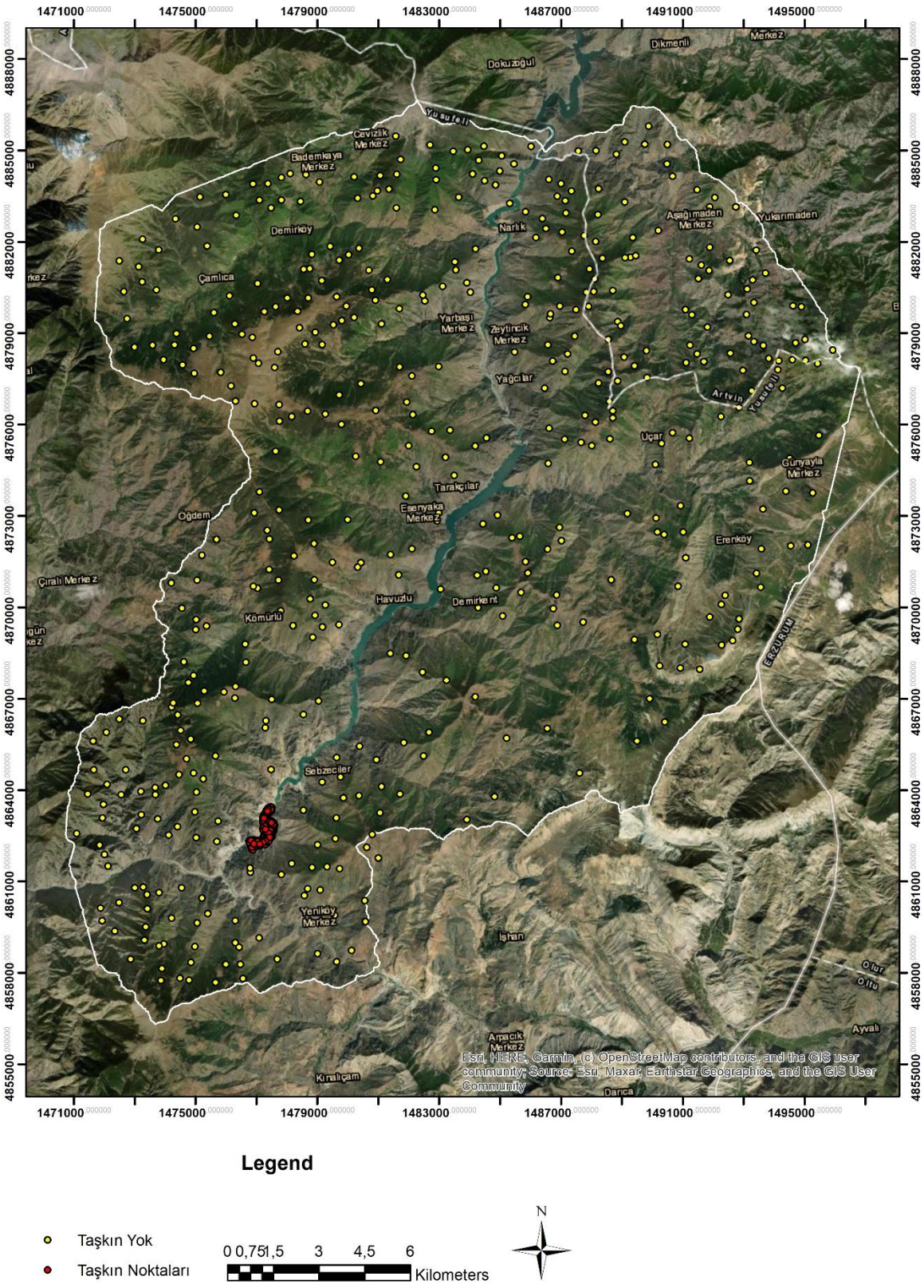
3.1.3 Artvin (Merkez) taşkını (2020)

13.07.2020 tarihinde Artvin ilinin Yusufeli ilçesi içerisinde bulunan Yusufeli akarsuyunun taşması nedeniyle ilçe merkezinde taşkın afeti meydana geldi. Yusufeli barajının şantiyesini basan sular 4 işçinin vefat etmesine neden olmuştur (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Artvin (Merkez) İlçesinde Yaşanan Afetin Görünümü (2020)

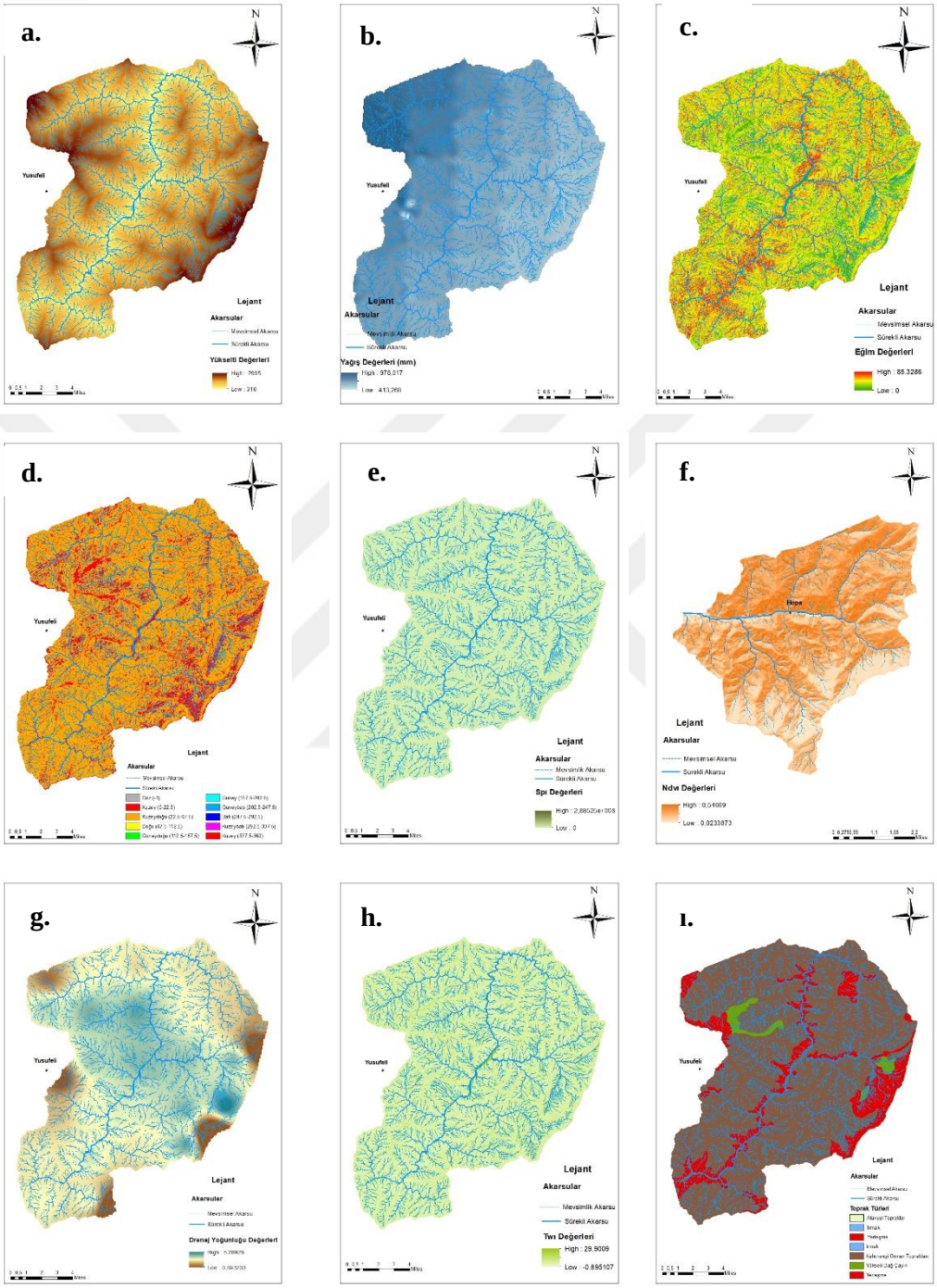
Afet sahası Artvin ilinin Yusufeli ilçesinde yapılan baraj inşaat alanına su baskını sonucu meydana gelmektedir. Şantiye sahasının yanlış yer seçimi nedeniyle yoğun yağan yağışlar sonucunda şantiye alanlarında taşkın meydana gelmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Artvin (Yusufeli) Taşkın Sahası (2020) (Google Earth, DSİ, AFAD)

Afetin yaşandığı Çoruh nehri havzasında yükselti değerleri 310-2995 metre arasında değişmektedir (Şekil 3.13.a). Yağış değerleri 413-976 mm arasında değişmektedir (Şekil

3.13.b). Havza yüksek eğim değerlerine sahip bir havzadır (Şekil 3.13.c). Havzada alüvyal toprak, yerleşim yerleri, kahverengi orman toprakları ve yüksek dağ çayırlarından oluşan toprak tiplerine sahiptir (Şekil 3.13.ı)



Şekil 3.13. Artvin (Yusufeli) Taşkınında (2020) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

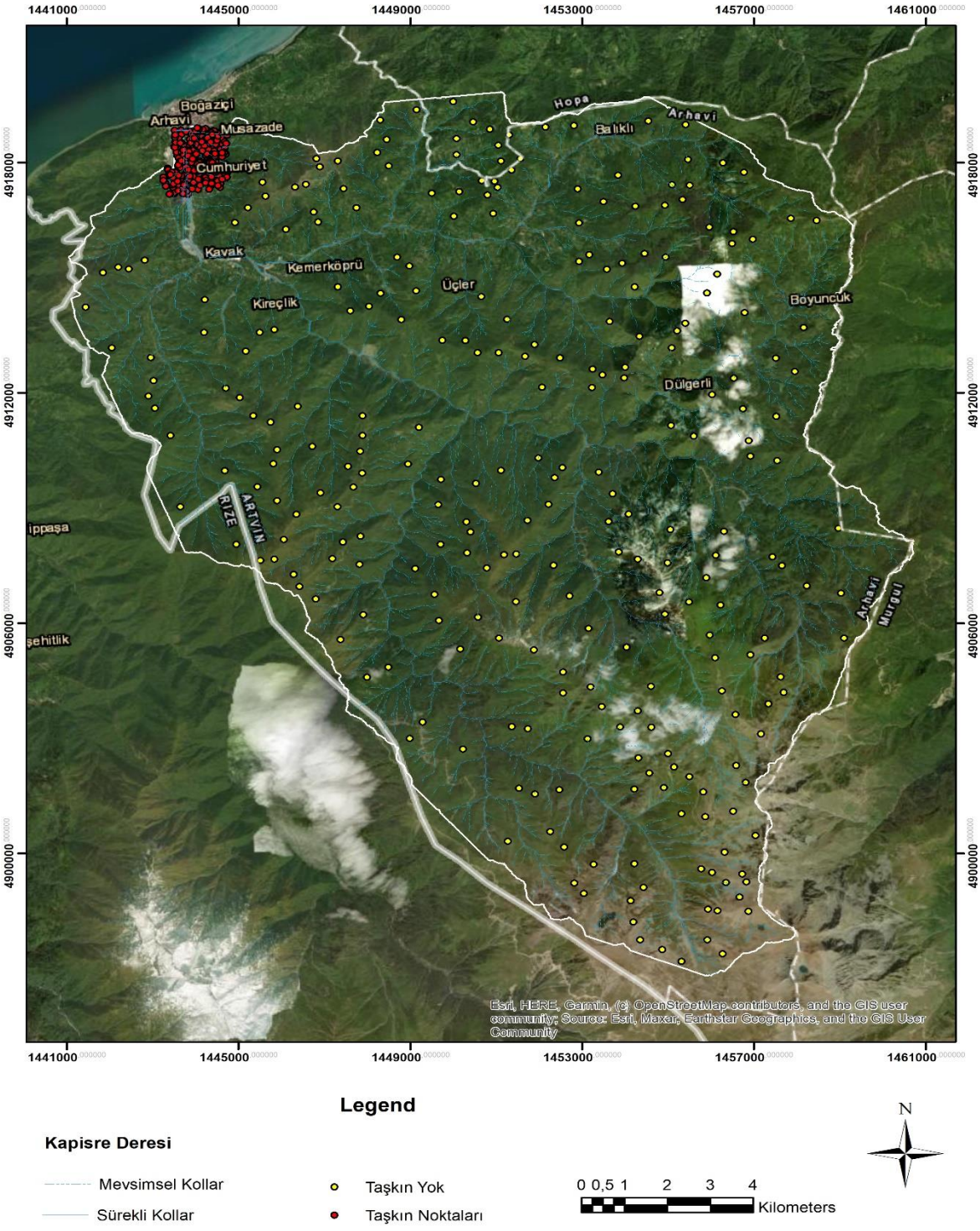
3.1.4 Artvin (Arhavi) taşkını (2021)

25.07.2021 tarihinde Artvin ilinin sınırları içerisinde bulunan Kapisre deresinin taşması nedeniyle Arhavi ve Murgul ilçesinde taşkın afetleri meydana gelmiştir. Yaşanan bu afet sonucunda 430 ev ve iş yerinin zemin ve bodrum katları suyla dolmuş, araçlar sürüklenmiştir. İlçede alt ve üst yapıda ağır hasarlar oluşmuş, tarım arazileri ve karayolları çökmüş, su, elektrik ve telefon hatları zarar görmüştür. 10 bina, 9 konut, 18 bağımsız bölüm ile 2 ahır yıkılmış, 6 bina, 3 ev ve 9 bağımsız bölüm ağır hasar görmüştür. 253 bina, 1144 bağımsız bölüm ile 44 konut ise sel ve heyelanlardan etkilenerek hasar almıştır. Yaşanan bu afette 3 kişi hayatını kaybetmiştir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Artvin (Arhavi) İlçesinde Yaşanan Afetin Görünümü (2021)

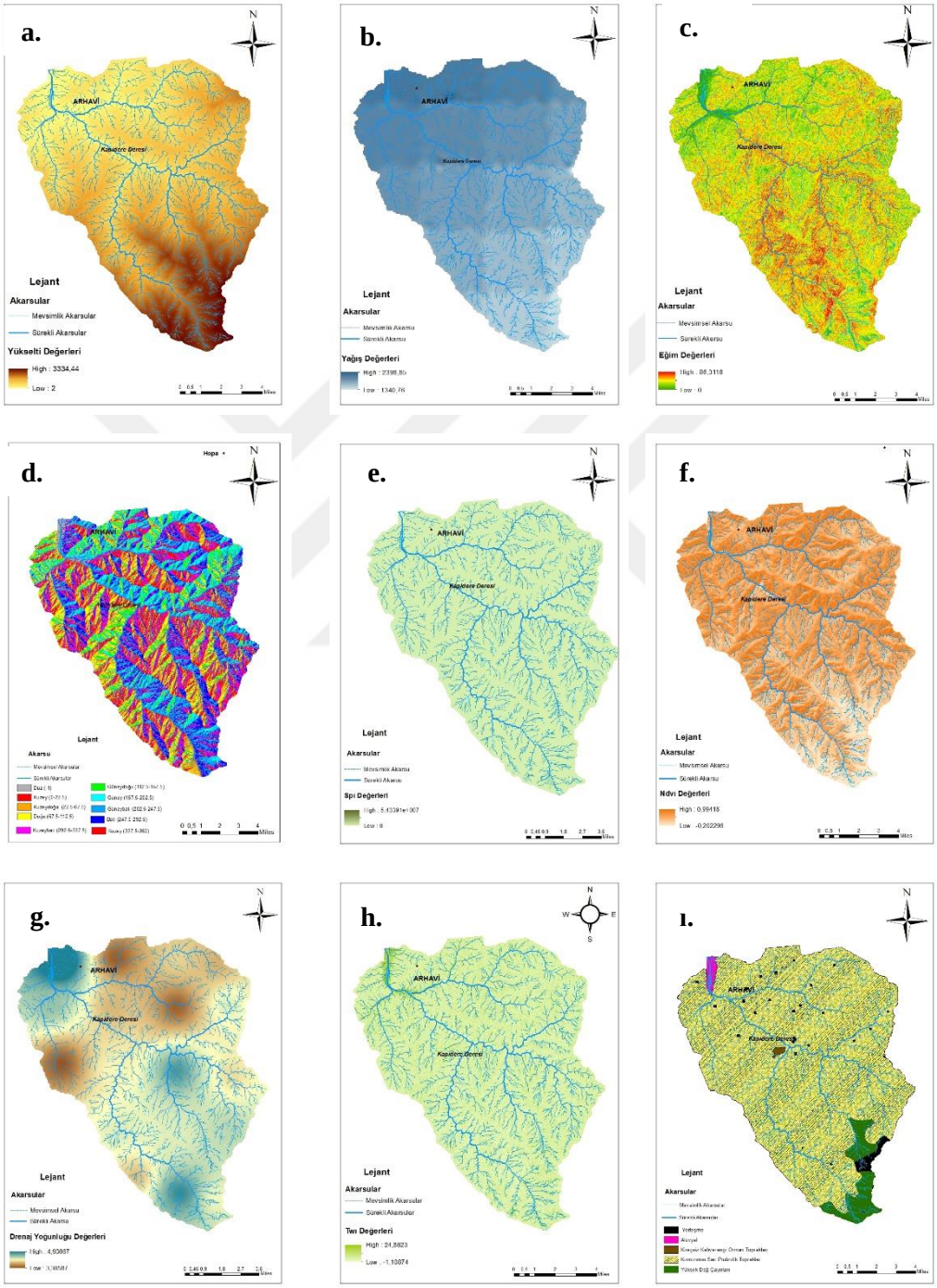
Artvin ilinin sınırları içerisinde bulunan kapisre deresinin taşması sonucunda Arhavi ilçesinin Cumhuriyet, Musazade, Boğaziçi mahallelerinde taşkın olayı meydana gelmiştir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Artvin (Merkez) Taşkın Sahası (2021) (Google Earth, DSİ, AFAD)

Artvinde 2021 yılında yaşanan taşkın afeti kapisre deresinin Karadenize döküldüğü akarsunun mansap kısmındaki yerleşim yerlerinde meydana gelmiştir. Bu afetin yaşandığı kapisre deresinin havzasına bakıldığında havzanın yükselti değerleri 2-3340 metre yüksekliği arasında değişmektedir (Şekil 3.16.a). Yağış değerleri 1340-2400 mm arasında değişmekte olup havzanın yüksek yağış alan yerlerinde afet meydana gelmiştir (Şekil

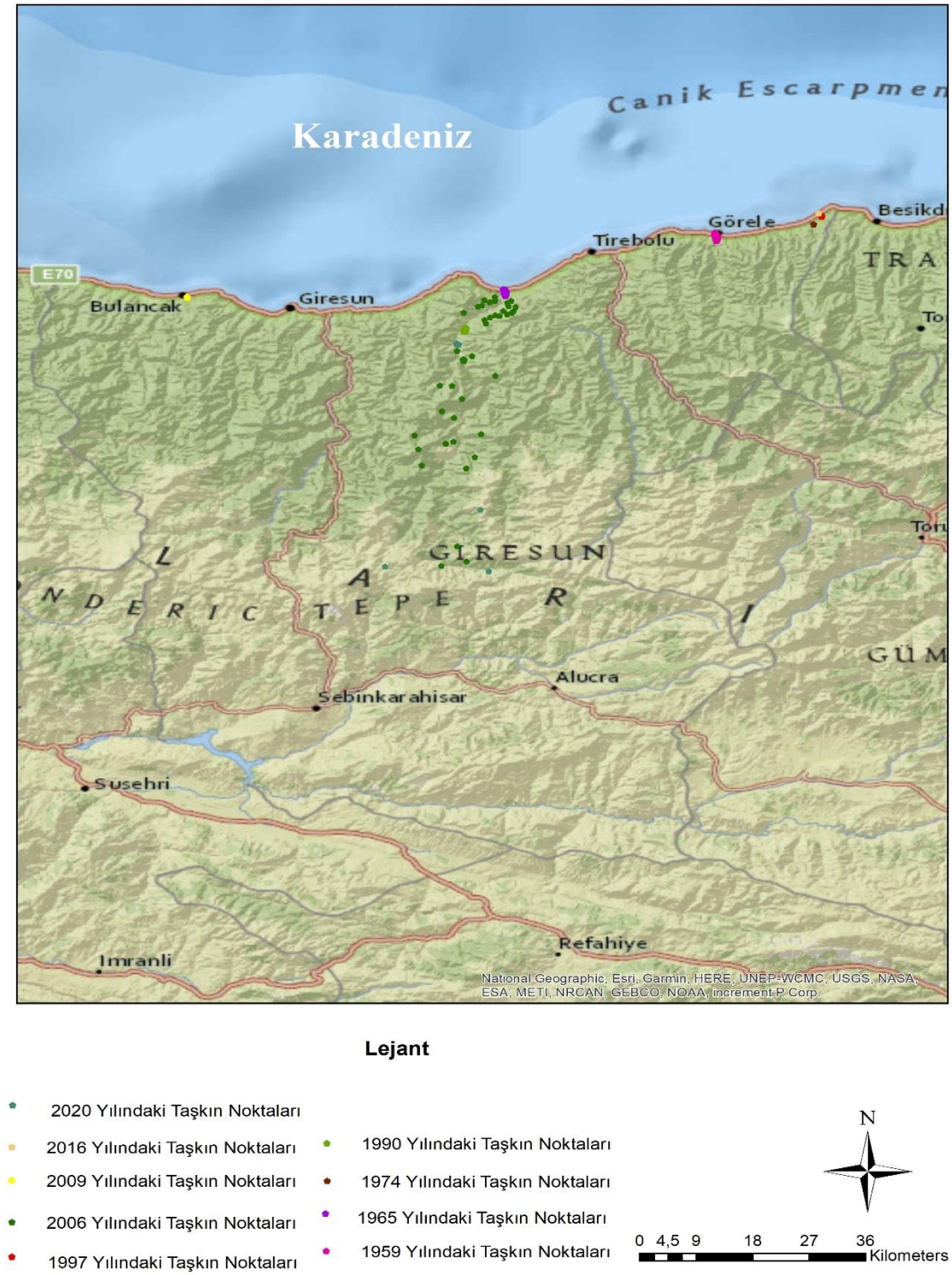
3.16.b). Havza yüksek ve değişken eğim değerleri sahip olup bu değerler 0-88º arasında değişmektedir. Taşkın afetinin yaşandığı saha düşük eğim değerlerine sahiptir (Şekil 3.16.c). Alüvyal topraklar, kireçsiz kahverengi orman toprakları, kırmızımsı sarı podzolik topraklar ve yüksek dağ çayırları toprak tiplerinden oluşan havzada afet alüvyal toprak tiplerinden meydana gelmektedir (Şekil 3.16.ı).



Şekil 3.16. Artvin (Merkez) Taşkınında (2021) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.2 Giresun Taşkınları

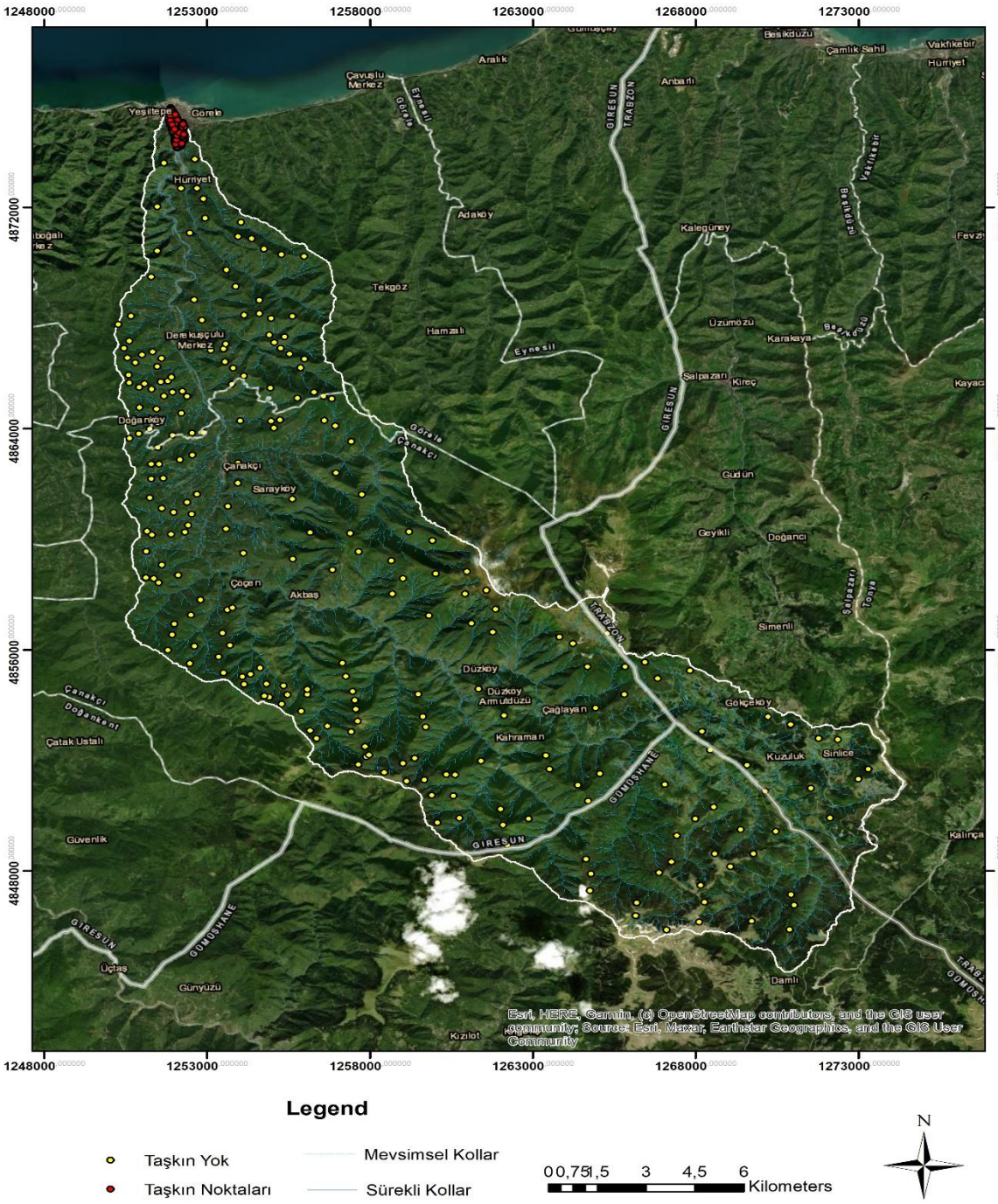
Giresun ilinde 1959, 1965, 1974, 1990, 1997, 2006, 2009, 2016 ve 2020 yıllarında olmak üzere 9 taşkın çalışma kapsamında incelenmiştir. Bu afetlerde toplamda 42 kişi vefat etmiştir (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Giresun İlinde Yaşanan Taşkınların Lokasyonu (Google Earth, DSİ, AFAD)

3.2.1 Giresun (Tirebolu) taşkını (1959)

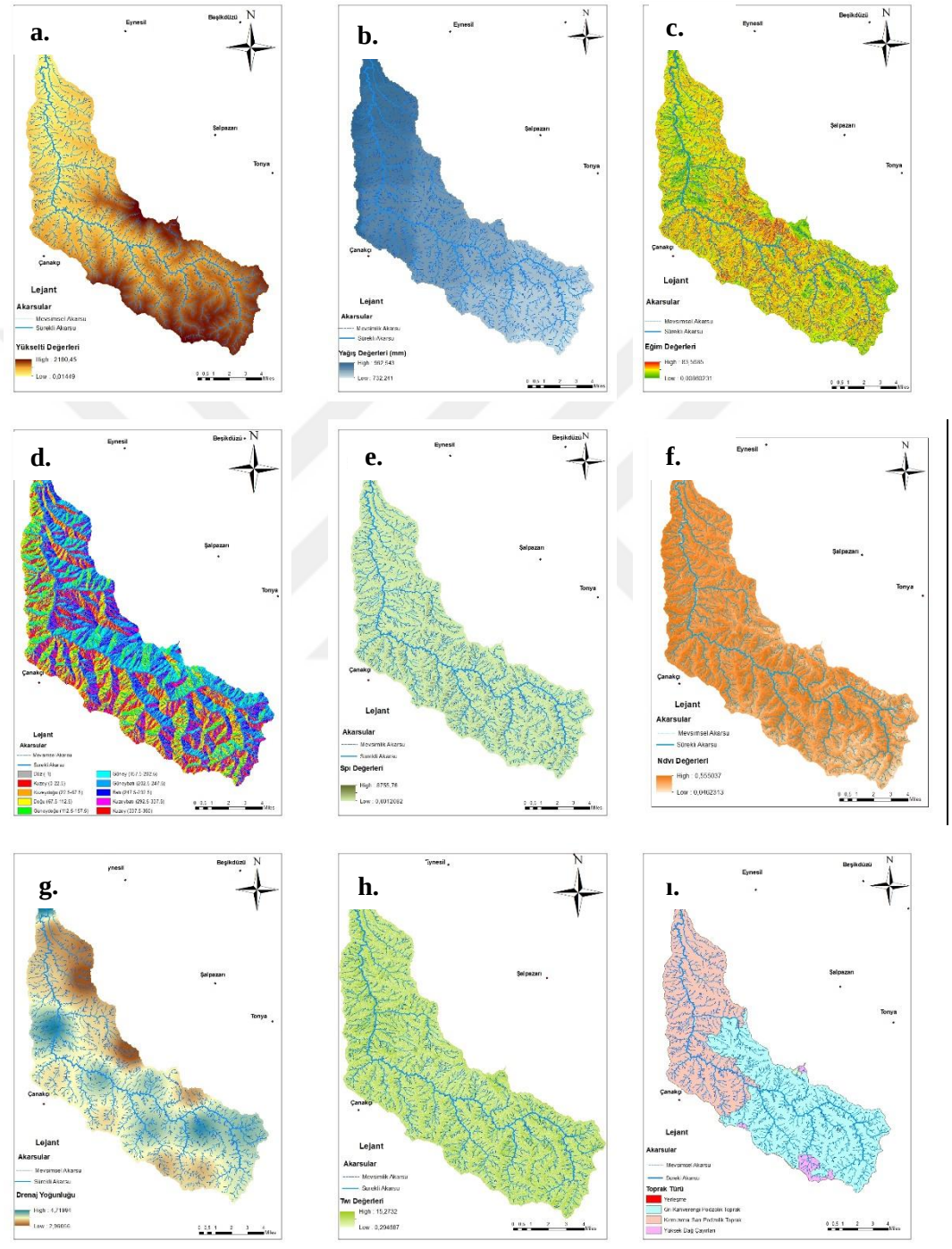
19.05.1959 tarihinde Giresun İli Tirebolu İlçesinde bulunan Aksu, Yağlıdere, Keşap ve Pazarsuyu derelerinin taşması nedeniyle Tirebolu ilçesinde farklı noktalarda sel afeti meydana gelmiştir. Yaşanan bu afette 13 kişi vefat etmiş ve 20 kişi yaralanmıştır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Giresun (Tirebolu) Taşkın Sahası (1959) (Google Earth, DSİ, AFAD)

1959 yılında yaşanan afet sahası incelendiğinde havzanın yükselti değerleri 0-2188 metre arasında değiştiği ancak afetin yaşandığı noktalar 0 metre yüksekliğe yakın olan havzanın

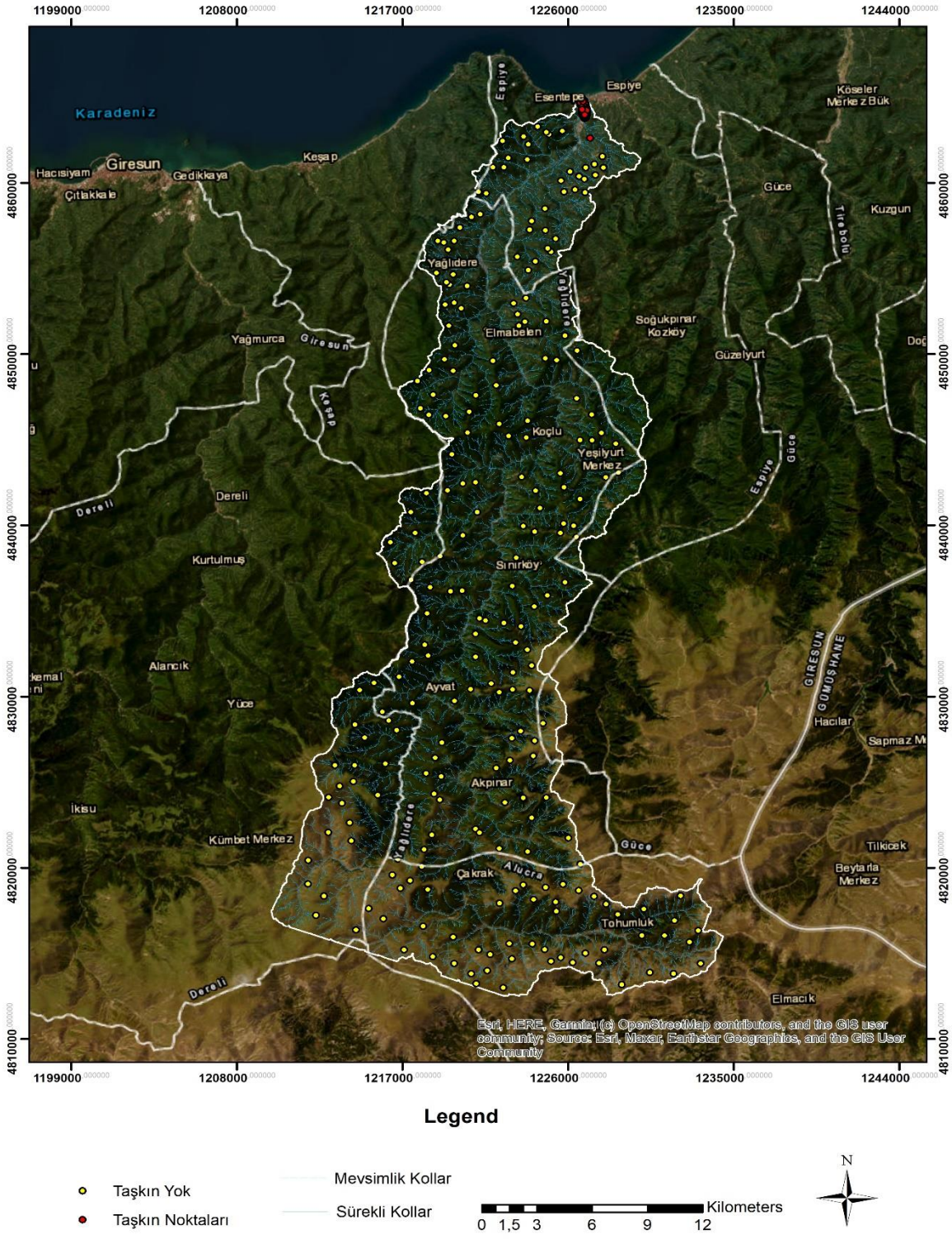
denize döküldüğü mansap kısmında meydana geldiği görülmektedir (Şekil 3.19.a). Havzanın yağış yükseklikleri 730-960 mm arasında değişmektedir (Şekil 3.19.b). Havzada gri kahverengi podzolik topraklar, kırmızımsı sarı podzolik topraklar ve yüksek dağ çayırlarından meydana gelen havzada afet yerleşim alanlarında yaşanmaktadır (Şekil 3.19.ı).



Şekil 3.19. Giresun (Tirebolu) Taşkınında (1959) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

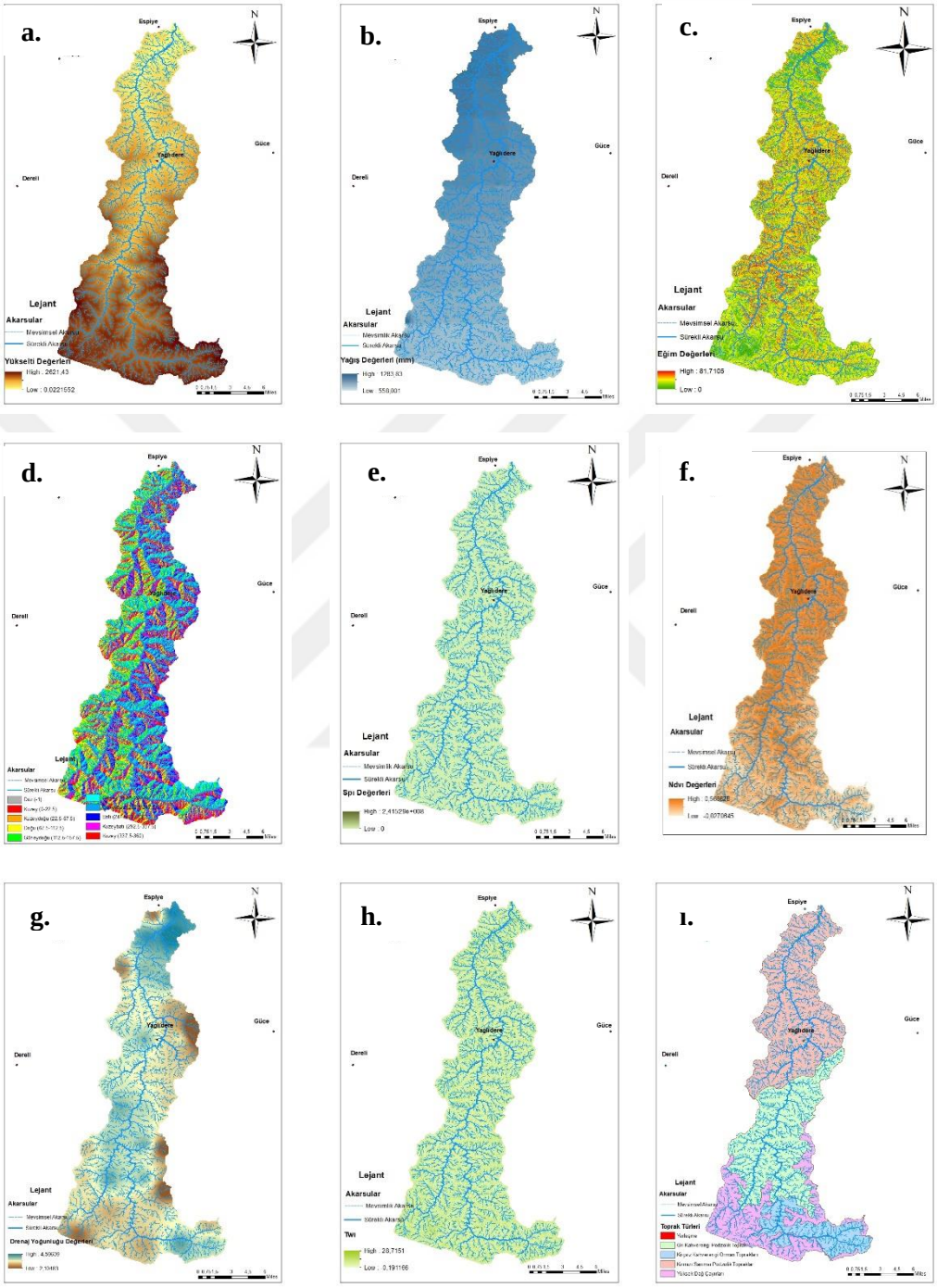
3.2.2 Giresun (merkez) ve ilçeleri taşkınları (1965)

25.06.1965 tarihinde Giresun iline bağlı Aksu, Yağlıdere ve Gelevera deresinin taşması nedeniyle Merkez, Yağlıdere ve Espiye ilçelerinde taşkın afeti yaşanmıştır. Yaşanan bu afette 2 kişi vefat etmiş olup ciddi maddi hasarlar meydana gelmiştir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Giresun (Merkez) ve İlçeleri Taşkın Sahası (1965) (Google Earth, DSİ, AFAD)

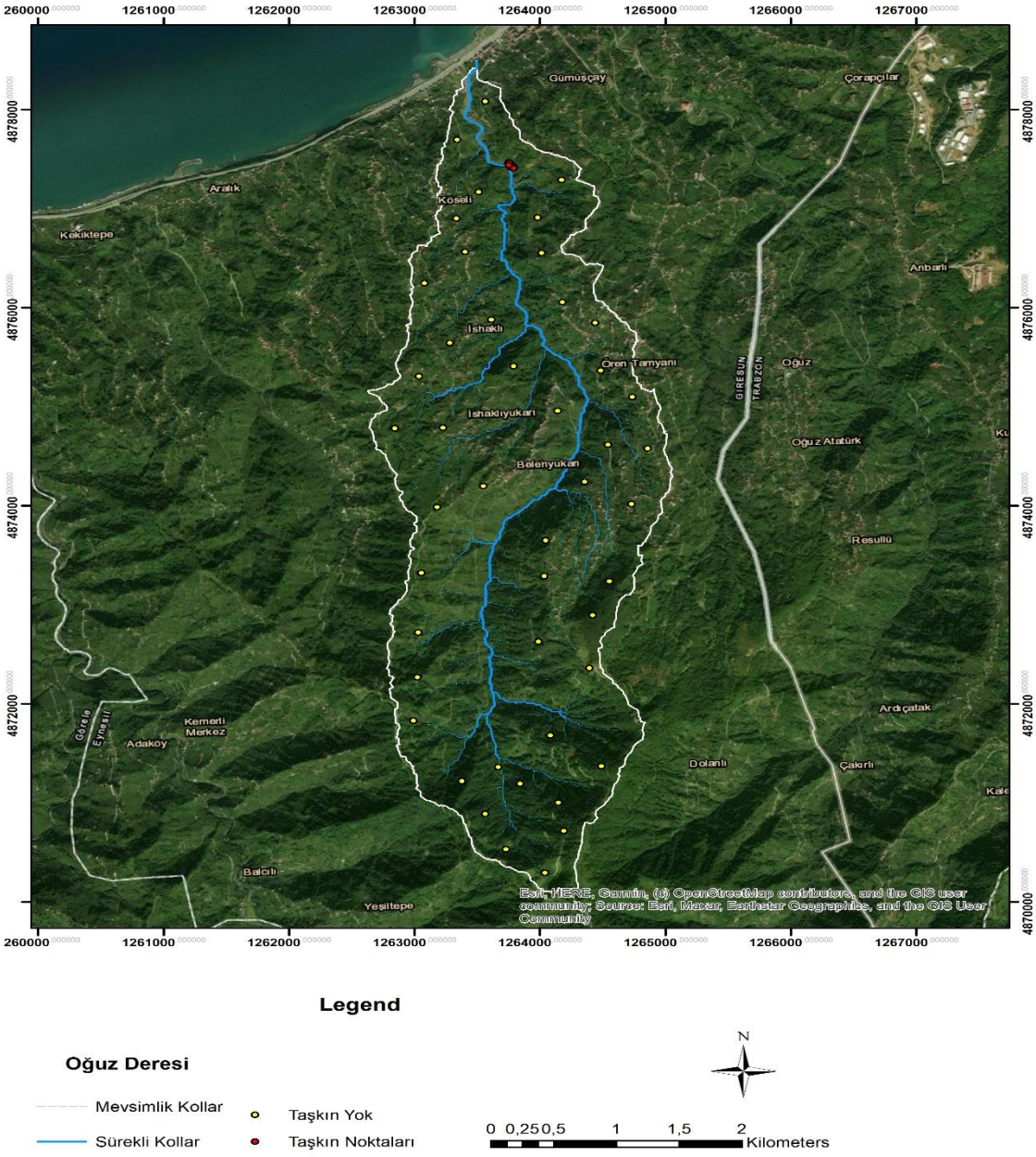
1965 yılında Giresun ilinde bulunan farklı derelerin aynı anda taşması sonucu oluşan taşkın havzasında yükselti değerleri 0-2620 metre değişmektedir (Şekil 3.21.a). Yağış değerleri 558-1283 mm arasında değişmektedir (Şekil 3.21.b)



Şekil 3.21. Giresun (Merkez) ve İlçeleri Taşkınında (1965) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

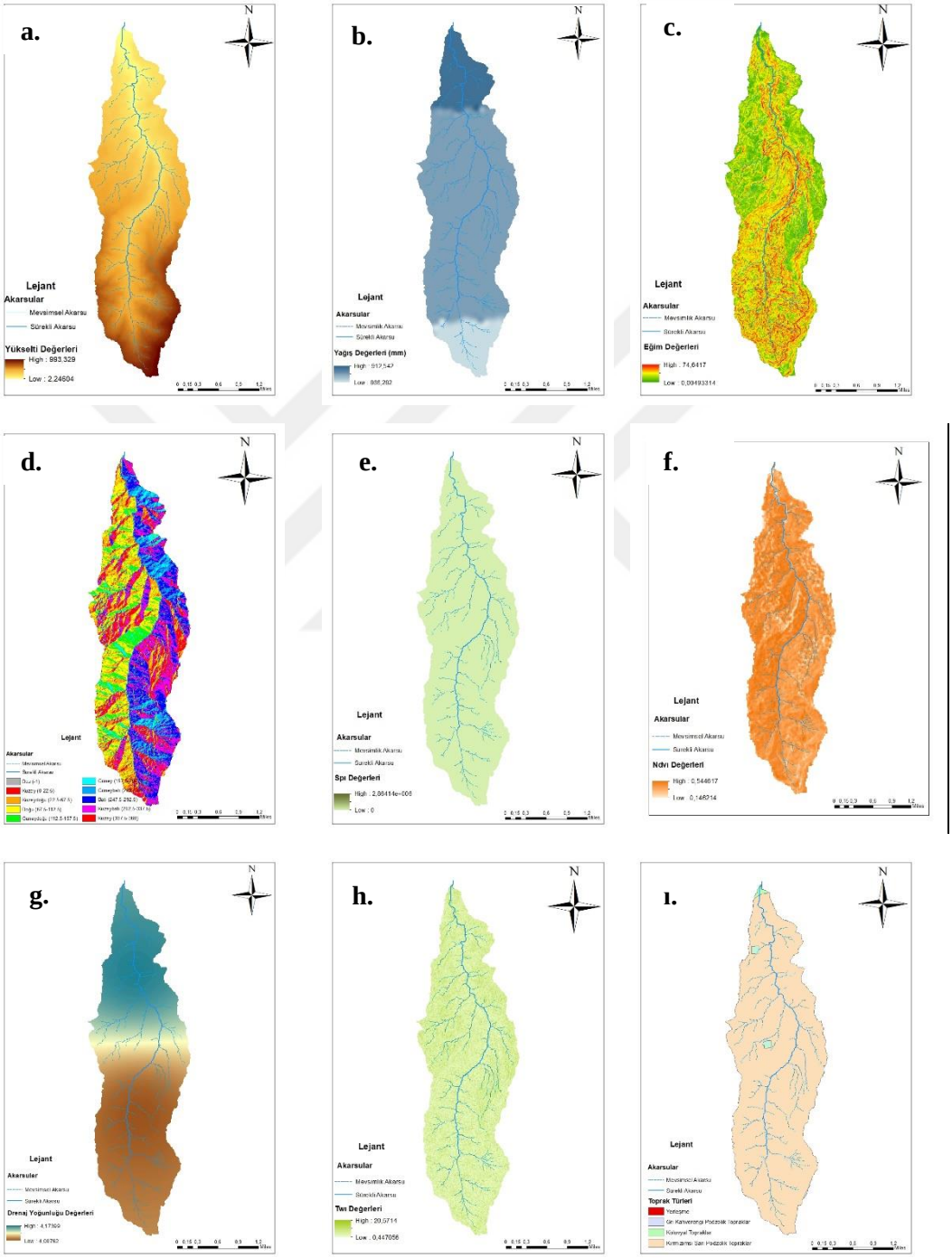
3.2.3 Giresun (Eynesil) taşkınları (1974)

28.07.1974 tarihinde Giresun ilinde bulunan Oğuz ve Girgine derelerinin taşması nedeniyle Eynesil ilçe merkezinde taşkın afeti meydana gelmiştir. Oğuz deresi havzasında 50 dönüm, Gizgine deresi havzasında 20 dönüm arazi ve iki adet köprü hasar görmüştür. 4 adet ev de kısmen tahrip olmuştur. Bu derelerde daha önceden taşkın afeti yaşanmadığından, yapılmış bir taşkın koruma tesisi bulunmamaktadır. Taşkın havzasının %90'ında bitki örtüsü %10'unda mısır tarlaları ve açık alan yer almaktadır. Yaşanan bu afette can kaybı meydana gelmemiştir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. Giresun (Eynesil) Taşkın Sahası (1974) (Google Earth, DSİ, AFAD)

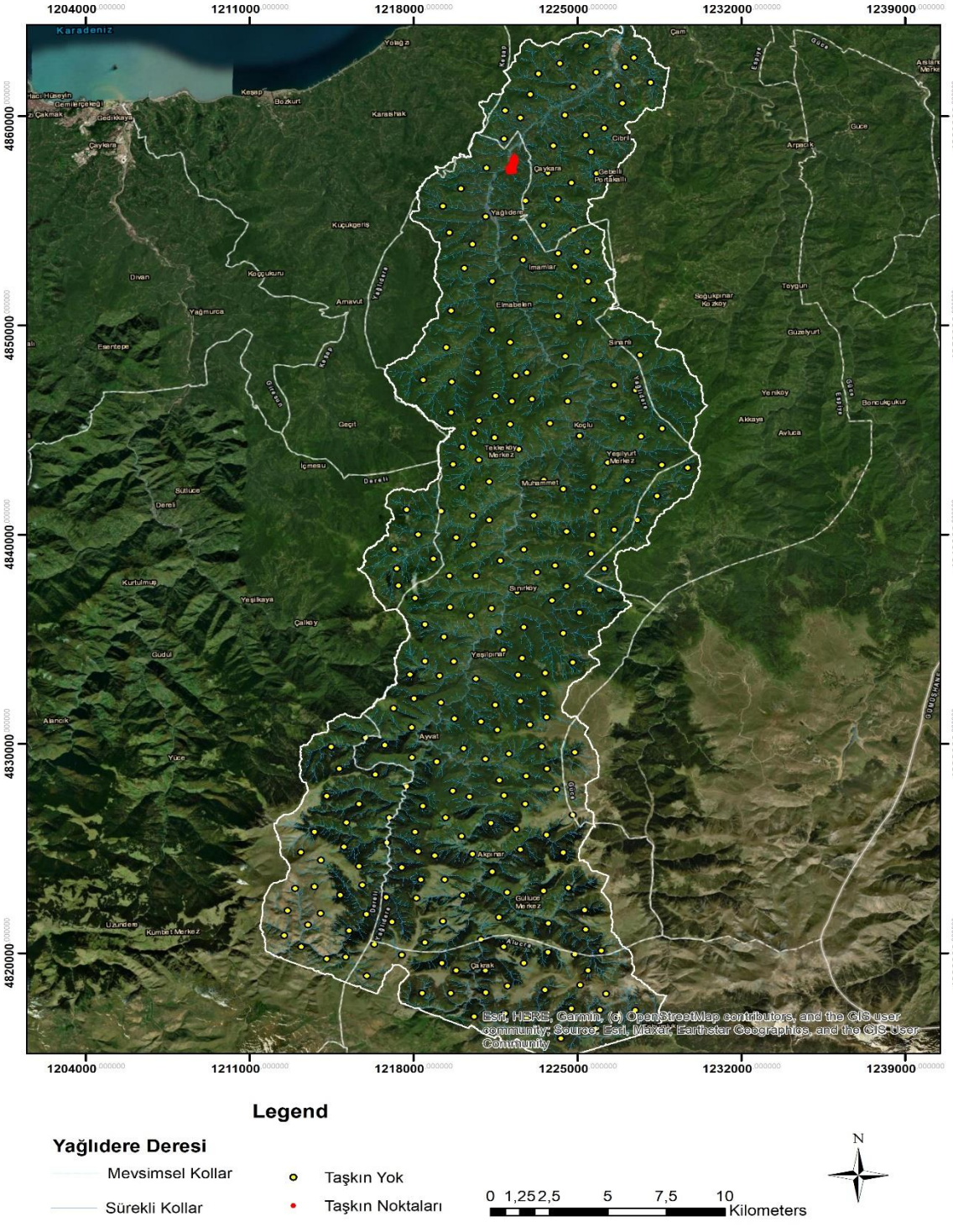
Havzada yükselti değerleri 993- 2246 metre arasında değişmektedir (Şekil 3.23.a). Yağış yüksekliği değerleri 838-932 mm arasındadır (Şekil 3.23.b). Eğim değerleri 0-74 derece arasında değişmekte afet yaşanan noktalarda eğim değerleri 0 dereceye yakın olmaktadır (Şekil 3.23.c). Havzadaki toprak tipleri gri kahverengi podzolik topraklar, kolüvyal topraklar ve kırmızımsı sarı podzolik topraklar olarak değişkenlik göstermektedir (Şekil 3.23.ı)



Şekil 3.23. Giresun (Eynesil) Taşkınında (1974) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

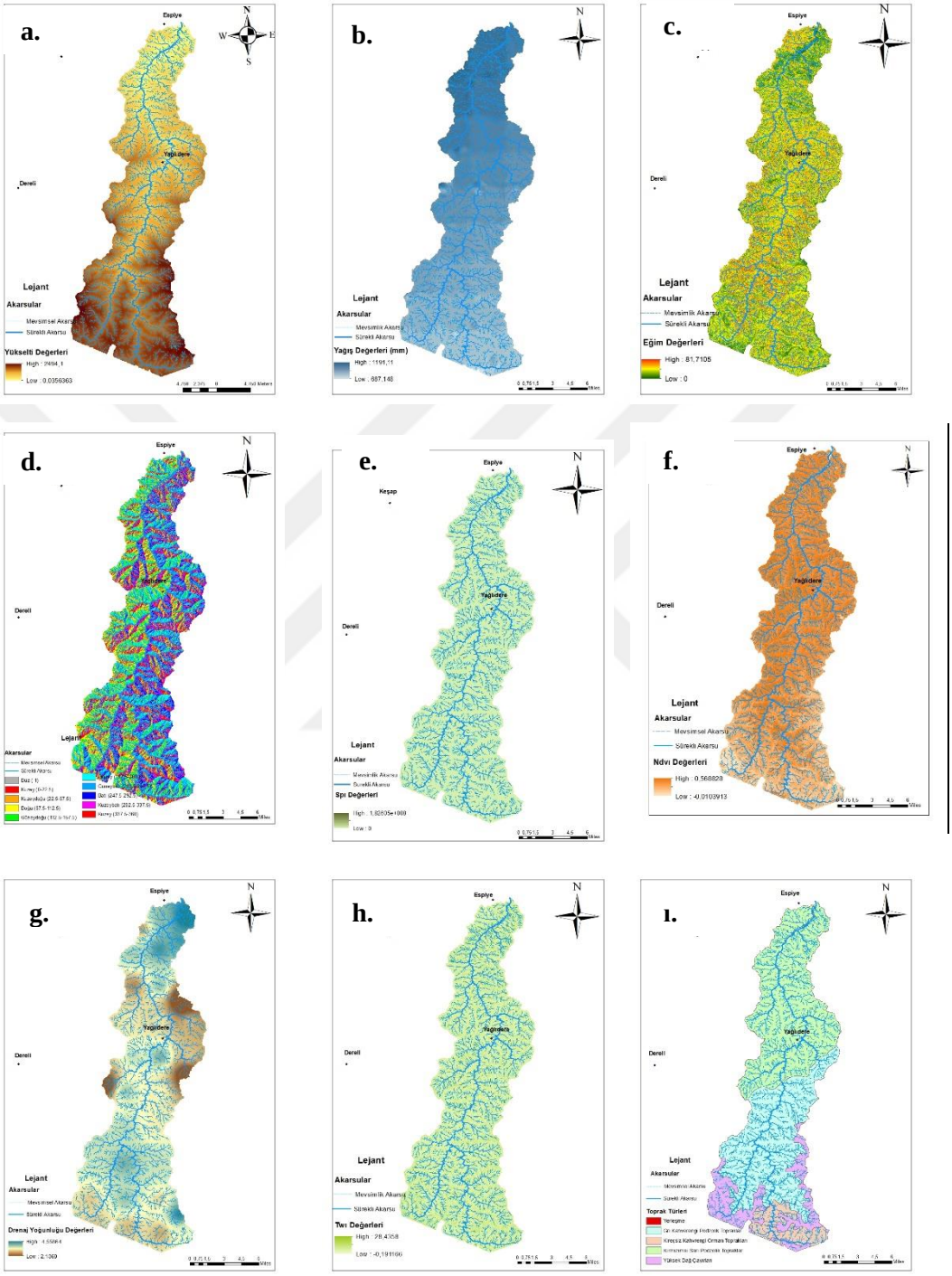
3.2.4 Giresun (Yağlıdere) taşkınları (1990)

20.06.1990 tarihinde Giresun ilinde bulunan Yağlıdere deresinin taşması nedeniyle Yağlıdere ilçesinde taşkın meydana gelmiştir. Yaşanan bu afette 1 kişi vefat etmiş 9 kişi yaralanmıştır. Yağlıdere ilçesinin bağlantı yollarında çökmeler meydana gelmiştir (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. Giresun (Yağlıdere) Taşkın Sahası (1990) (Google Earth, DSİ, AFAD)

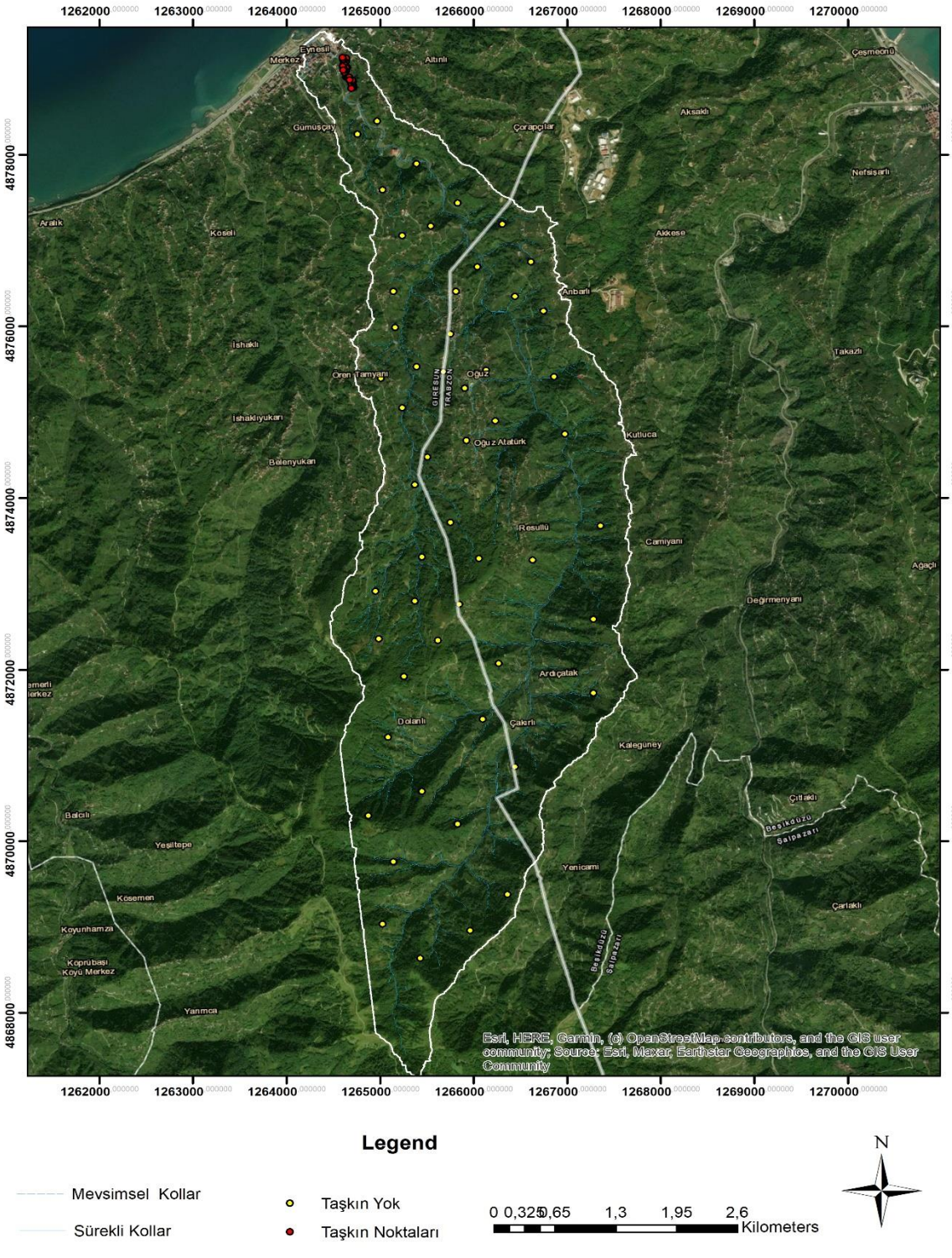
Taşkın yaşayan havzanın yükselti değerleri 0-2500 metre (Şekil 3.25.a), yağış yüksekliği değerleri 0-1192 mm arasında değişmektedir (Şekil 3.25.b). Eğim değerleri havza içerisinde değişkenlik göstermiş olup 0-82 derece arasında değerler görülmektedir (Şekil 3.25.c)



Şekil 3.25. Giresun (Yağlıdere) Taşkınında (1990) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

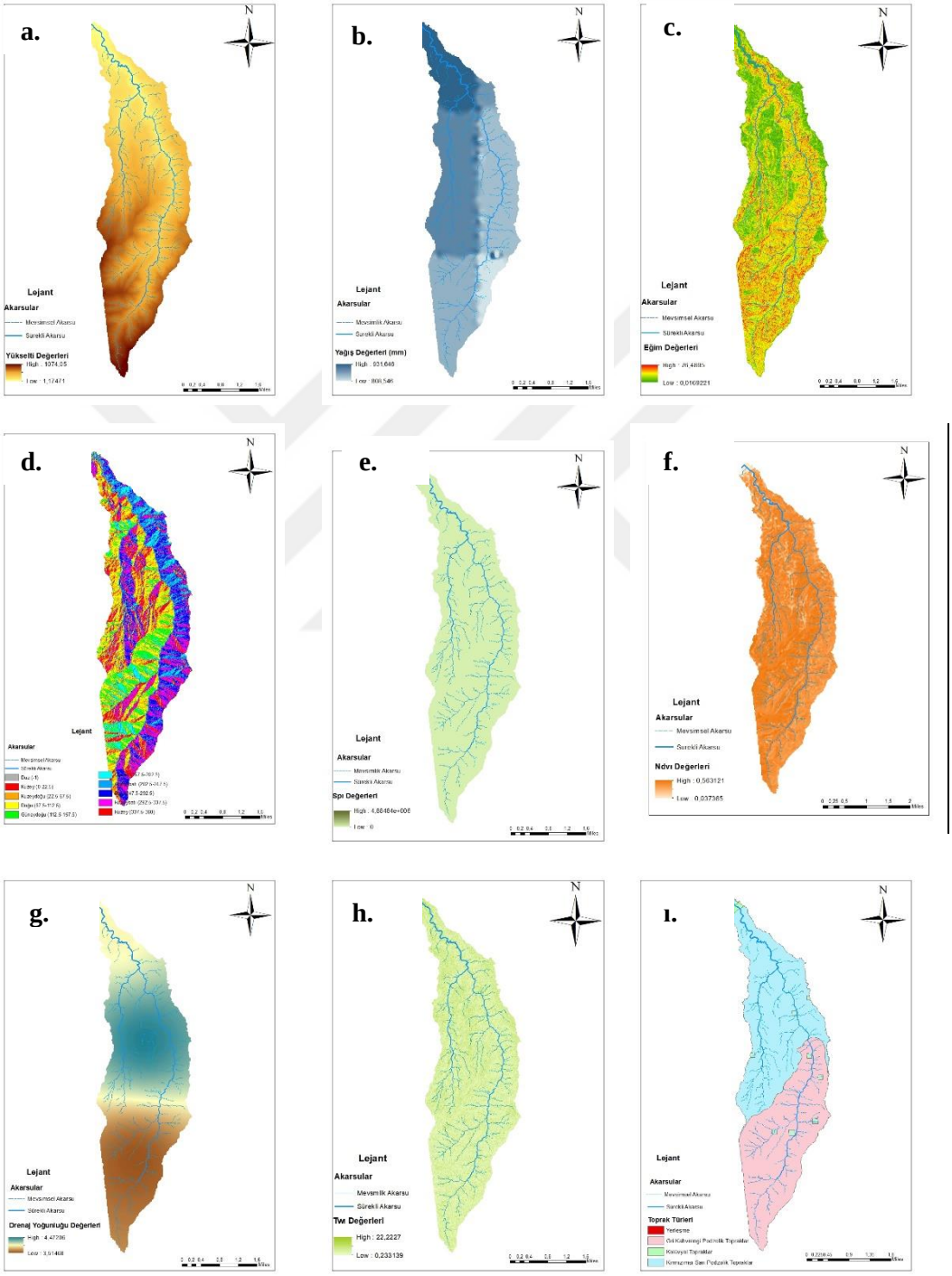
3.2.5 Giresun (merkez) taşkınları (1997)

03.07.1997 tarihinde Giresun ilinin sınırları içerisinde bulunan Topallı, Murcuklu ve Boncuklu derelerinin taşması nedeniyle Espiye ve Eynesil ilçelerinde taşkın afeti meydana gelmiştir. Yaşanan bu afette 5 kişi vefat etmiş olup, 10 kişi yaralanmıştır. Ciddi maddi hasarlar meydana gelmiştir (Şekil 3.26).



Şekil 3.26. Giresun (Merkez) Taşkın Sahası (1997) (Google Earth, DSİ, AFAD)

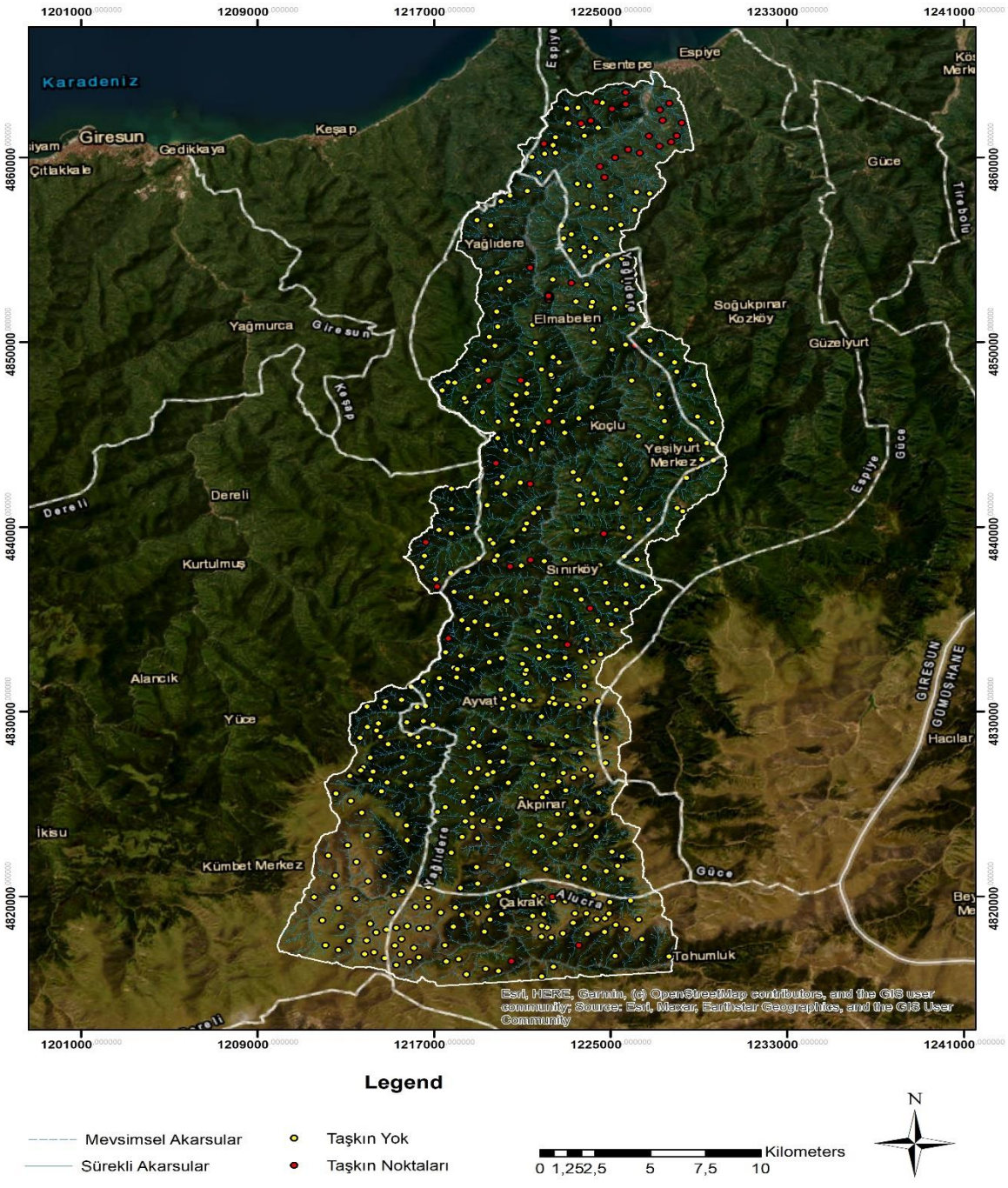
Havzada yükselti değerleri 1-1274 metre arasında değişmektedir (Şekil 3.27.a). Yağış yüksekliği değerleri 806-931 mm arasındadır (Şekil 3.27.b). Eğim değerleri 0-76 derece arasında değişmekte afet yaşanan noktalarda eğim değerleri 0 dereceye yakın olmaktadır (Şekil 3.27.c). Havzadaki toprak tipleri gri kahverengi podzolik topraklar, kolüvyal topraklar ve kırmızımsı sarı podzolik topraklar olarak değişkenlik göstermektedir (Şekil 3.27.ı)



Şekil 3.27. Giresun (Merkez) Taşkınında (1997) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.2.6 Giresun (merkez) taşkınları (2006)

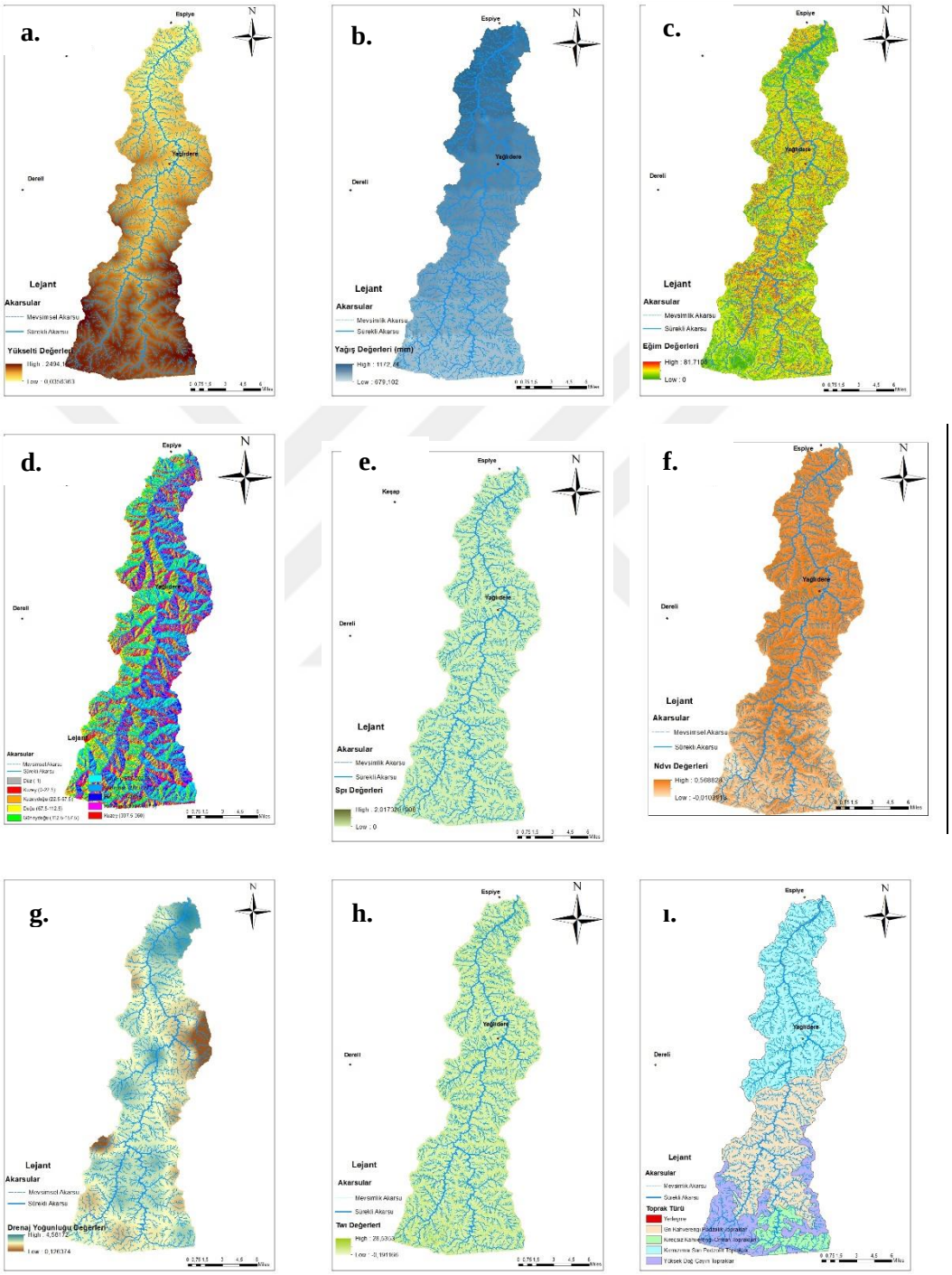
7.02.2006 tarihinde Giresun İli sınırları içerisinde bulunan Değirmendere, Yolağzı, Gelevera, Keşap, Kızılelma deresinin taşması nedeniyle Keşap ve Yağlıdere ilçelerinde taşkın meydana gelmiştir. Yaşanan bu taşkında 2 vatandaş vefat etmiş, 4 vatandaş yaralanmıştır (Şekil 3.28).



Şekil 3.28. Giresun (Merkez) Taşkın Sahası (2006) (Google Earth, DSİ, AFAD)

Havzada yükselti değerleri 0-2246 metre arasında değişmektedir (Şekil 3.29.a). Yağış yüksekliği değerleri 679-1172 mm arasındadır (Şekil 3.29.b). Eğim değerleri 0-81 derece

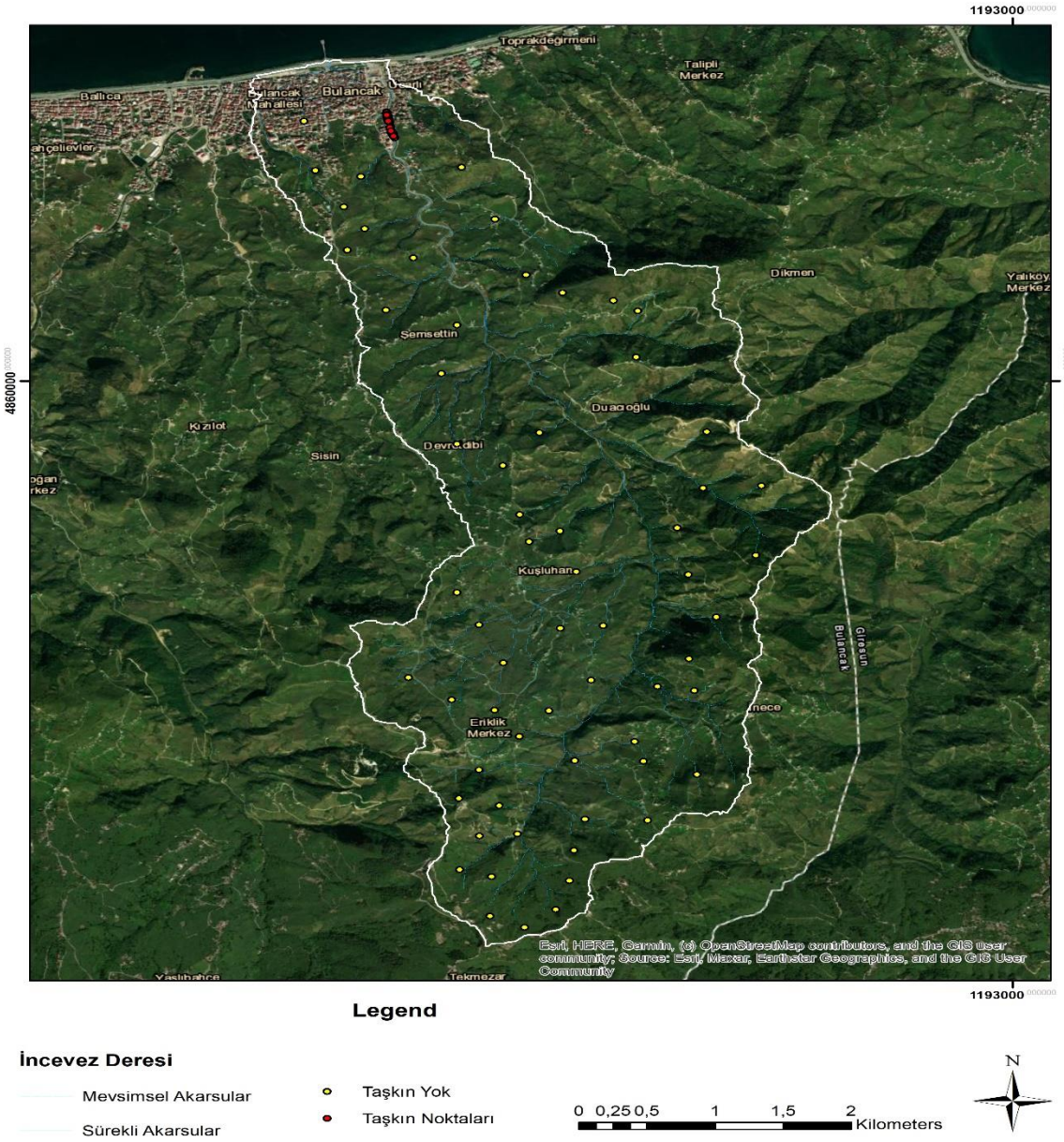
arasında değişmekte afet yaşanan noktalarda eğim değerleri 0 dereceye yakın olmaktadır (Şekil 3.29.c). Havzadaki toprak tipleri gri kahverengi podzolik topraklar, yüksek dağ çayırları, kireçsiz kahverengi orman toprakları ve kırmızımsı sarı podzolik topraklar olarak değişkenlik göstermektedir (Şekil 3.29.ı)



Şekil 3.29. Giresun (Merkez) Taşkınında (2006) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.2.7 Giresun (Bulancak) taşkınları (2009)

21.07.2009 tarihinde Giresun ilinin sınırları içerisinde bulunan İncevez deresinin taşması sonucunda Giresun ilinin Bulancak ilçesinde taşkın afeti meydana gelmiştir. Yaşanan bu afette 2 kişi hayatını kaybederken ciddi maddi kayıplar meydana gelmiştir. Giresun Valiliği, ilk tespitlere göre, kentte ve Bulancak ilçesinde yağış nedeniyle 462 konut, 6 resmi kurum, 179 iş yeri ve 103 aracın zarar gördüğünü bildirmiştir. Bulancık ilçesi ve Kovanlık beldesi arasındaki bağlantı yolunun zarar görmesi nedeniyle ulaşım durmuştur. Ayrıca Bulancık ilçesinde 2 katlı bir ev yıkılmıştır (Şekil 3.30). Taşkınla beraber taşınan rusubat çoğu karayollarında ulaşımı engellemiştir (Şekil 3.31).

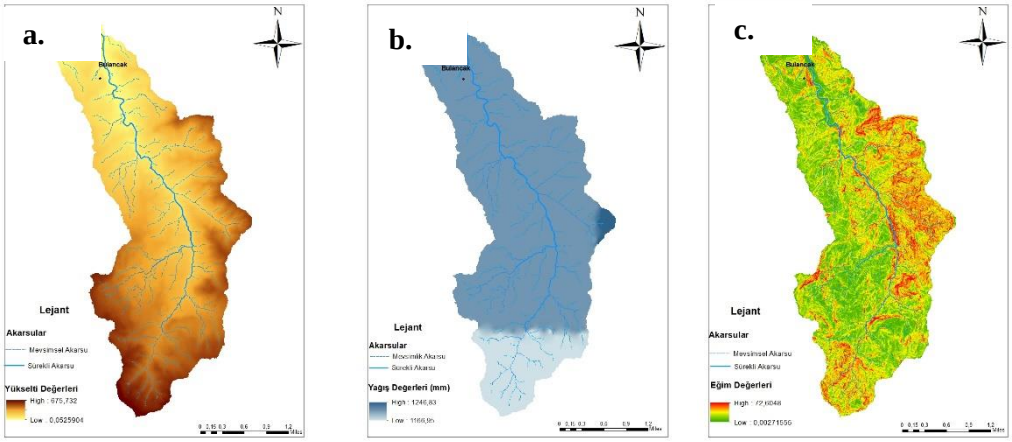


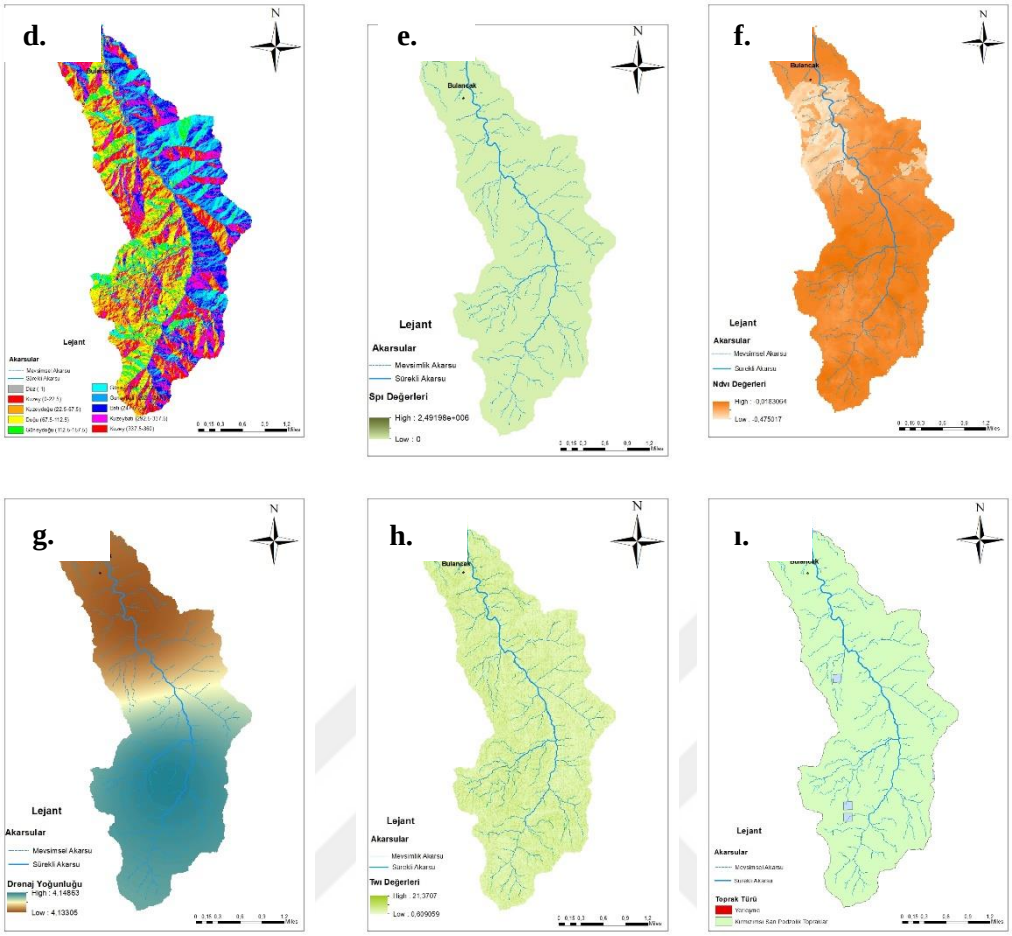
Şekil 3.30. Giresun (Bulancak) Taşkın Sahası (2009) (Google Earth, DSİ, AFAD)



Şekil 3.31. Giresun (Bulancak) Taşkın Görüntüleri (2009)

Taşkın afetinin yaşandığı havza taşkın tetikleyen 9 parametre ile incelenmiştir. Afet havzasının yükselti değerleri deniz seviyesinden 675 metre yükseklik değerlerine ulaşmaktadır (Şekil 3.32.a). Yağış değerleri 1100 ve 1250 mm civarlarından değişmekte, yağış yükseklikleri havzanın mansap kısmı olan Karadenize döküm noktalarında artmaktadır (Şekil 3.32.b). Havzada eğim değerleri 0 ila 72 ° derece arasında değişmektedir (Şekil 3.32.c). Havzada yerleşim yerlerinin yanısıra kırmızımsı sarı podzolik toprak türleri bulunmaktadır (Şekil 3.32.ı)

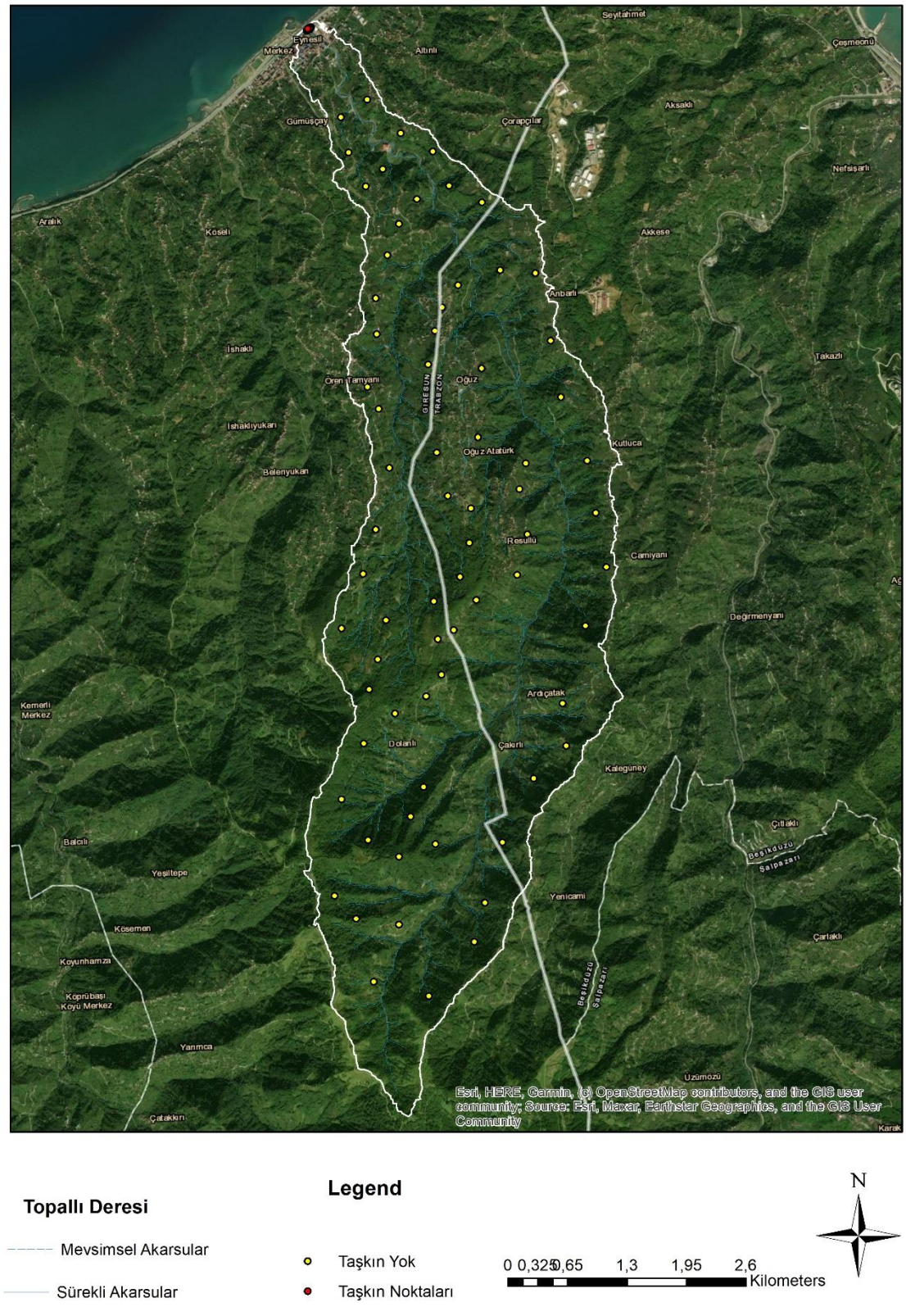




Şekil 3.32. Giresun (Bulancak) Taşkınında (2009) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.2.8 Giresun (Eynesil) taşkınları (2016)

22.09.2016 tarihinde Giresun İlinin Eynesil ilçe sınırları içerisinde bulunan Topallı deresinin taşması nedeniyle ilçe merkezinde pekçok ev sular altında kalmıştır (Şekil 3.33).



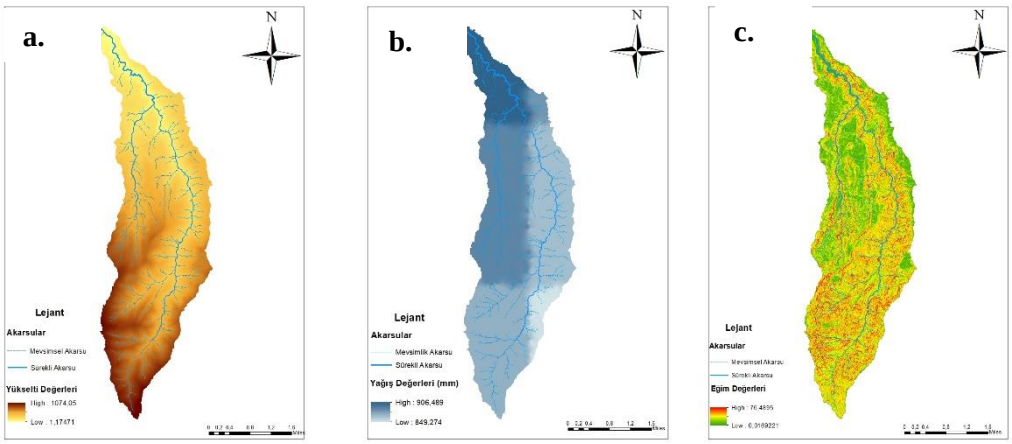
Şekil 3.33. Giresun (Eynesil) Taşkın Sahası (2016) (Google Earth, DSİ, AFAD)

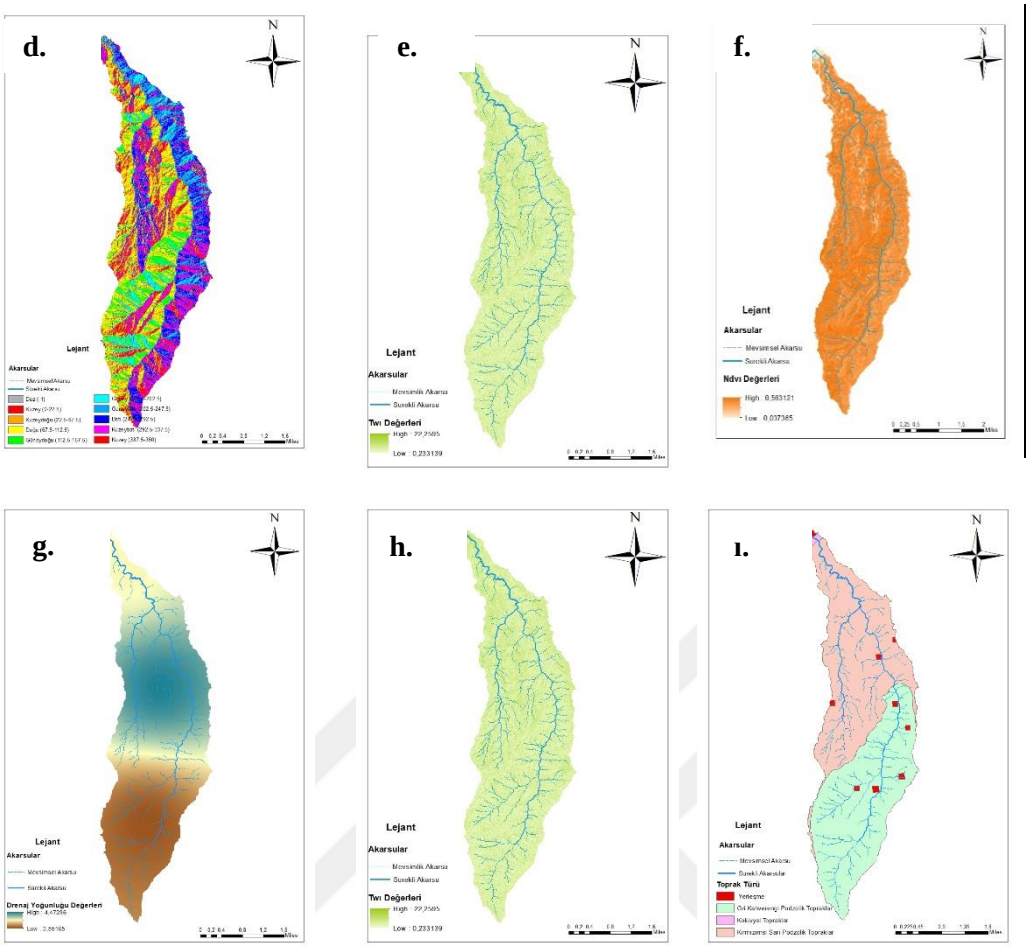
Yaşanan bu afette can kaybı yaşanmazken ciddi maddi hasarlar meydana gelmiştir. İlçe merkezinde hayvan ahırlarının sular altında kalması nedeniyle birçok hayvan telef olmuştur. Yaşanan taşkın olayı ile beraber ciddi miktarda rusubat da taşınmış ve bununla beraber afetin bilançosu artmıştır (Şekil 3.34).



Şekil 3.34. Giresun (Eynesil) Taşkın Görüntüleri (2016)

2016 yılında Giresun ilinin Eynesil ilçesinde yaşanan bu afette ilçe merkezinin bulunduğu kısımlar ciddi düzeyde zarar görmüştür. Akarsu havzasının bulunduğu alanda yükselti değerleri 0 ila 1000 metre yükselti değerleri arasında değişmekte, afet genellikle deniz seviyesine yakın bölgelerde ciddi can ve mal kayıplarına neden olmaktadır (Şekil 3.35.a). Yağış değerlerinin havzanın mansap kısımlarında 906 mm'lere ulaşırken memba kısmında 850 mm civarındadır (Şekil 3.35.b). Havzada yerleşim yerlerinin yanısıra gri kahverengi podzolik topraklar, kolüvyal topraklar ve kırmızımsı sarı podzolik topraklar görülmektedir (Şekil 3.35.ı).

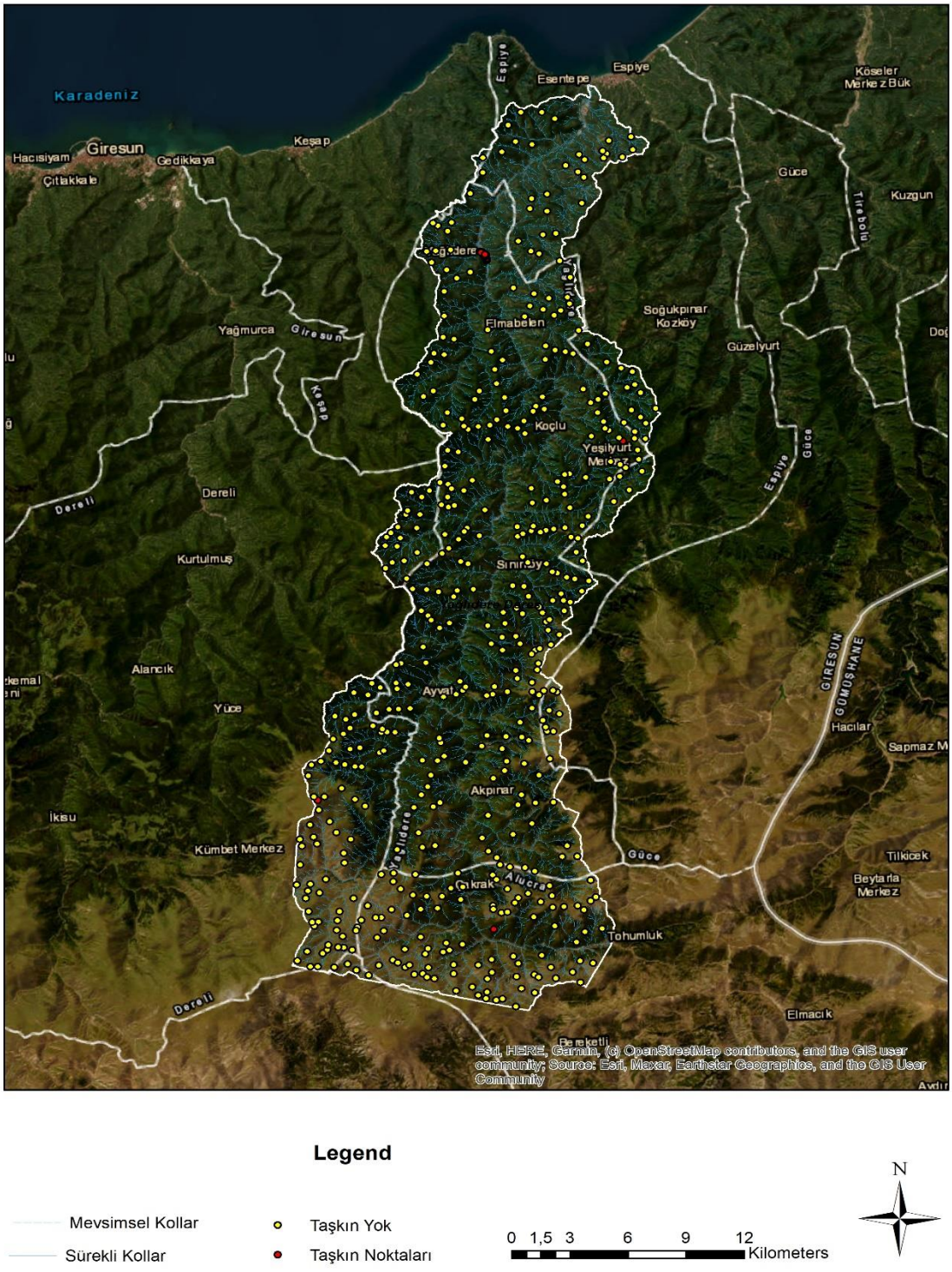




Şekil 3.35. Giresun (Eynesil) Taşkınında (2016) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.2.9 Giresun (merkez) taşkınları (2020)

22.08.2020 tarihinde Giresun ili sınırları içerisinde bulunan Dereli ve Yağlıdere derelerinin taşması nedeniyle Giresun ilinin Dereli, Yağlıdere ve Doğankent ilçe merkezlerinde taşkın meydana gelmiştir (Şekil 3.36).



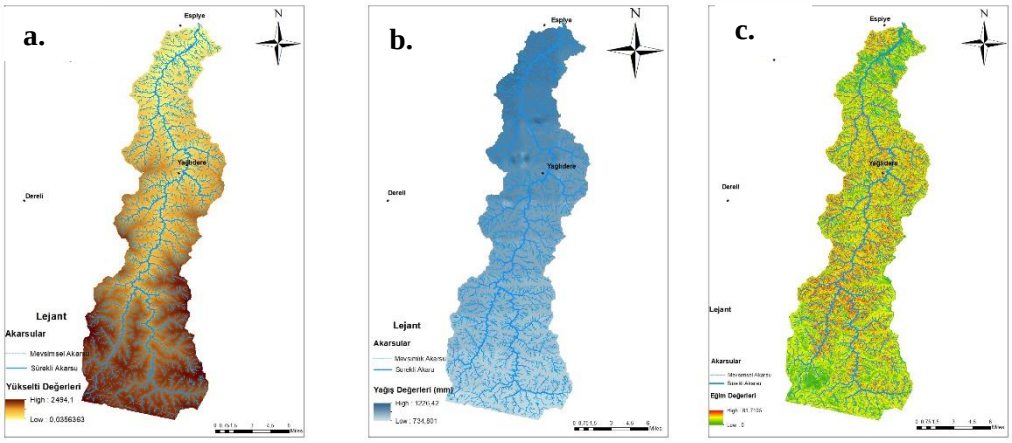
Şekil 3.36. Giresun (Merkez) Taşkın Sahası (2020) (Google Earth, DSİ, AFAD)

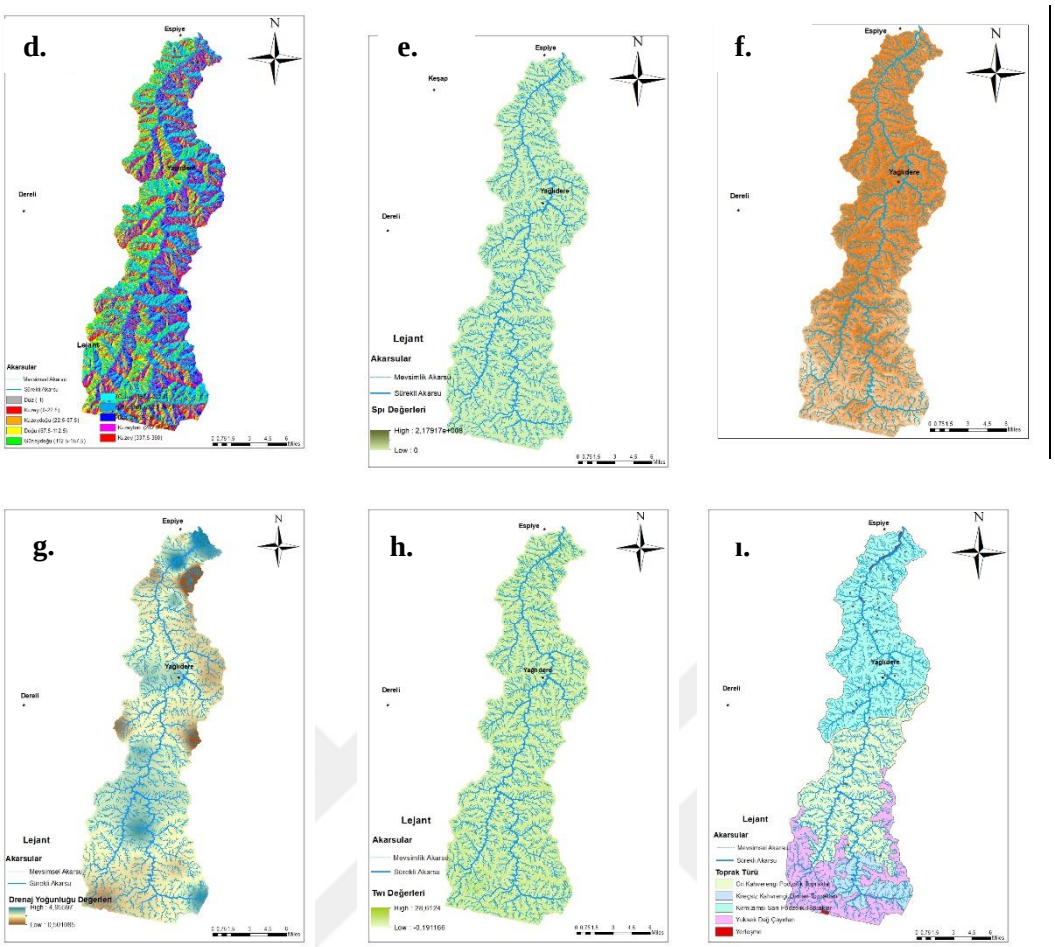
Yaşanan bu taşkında 17 kişi hayatını kaybetmiş ve 12 kişi yaralanmıştır. Bu afet nedeniyle 17 bina yıkılırken 361 bina ağır hasar almıştır. Giresun ve Dereli ilçesi arasındaki karayolunun ağır hasar alması nedeniyle ulaşım sağlanamamıştır (Şekil 3.37).



Şekil 3.37. Giresun (Merkez) Taşkın Görüntüleri (2020)

Havzada yükselti değerleri 0-2494 metre arasında değişmektedir (Şekil 3.38.a). Yağış yüksekliği değerleri 734-1126 mm arasındadır (Şekil 3.38.b). Eğim değerleri 0-81 derece arasında değişmektedir (Şekil 3.38.c). Havzadaki toprak tipleri gri kahverengi podzolik topraklar, yüksek dağ çayırları, kireçsiz kahverengi orman toprakları ve kırmızımsı sarı podzolik topraklar olarak değişkenlik göstermektedir (Şekil 3.38.ı)

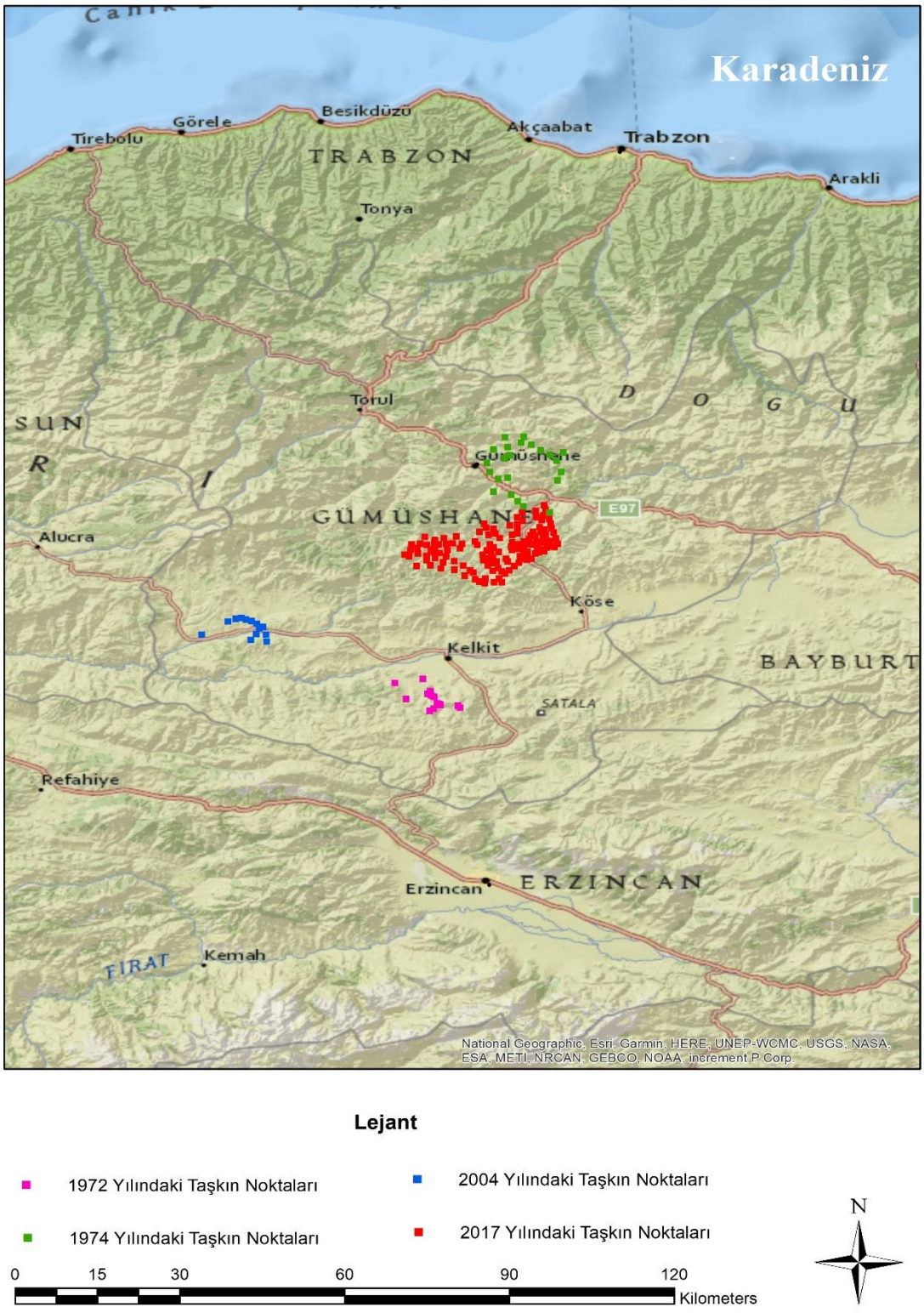




Şekil 3.38. Giresun (Merkez) Taşkınında (2020) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.3 Gümüşhane Taşkınları

Gümüşhane ilinde 1972, 1974, 2004 ve 2017 yıllarında olmak üzere 4 afet çalışma konusu olarak seçilmiş olup bu afetlerde 7 can kaybı meydana gelmiştir (Şekil 3.39).

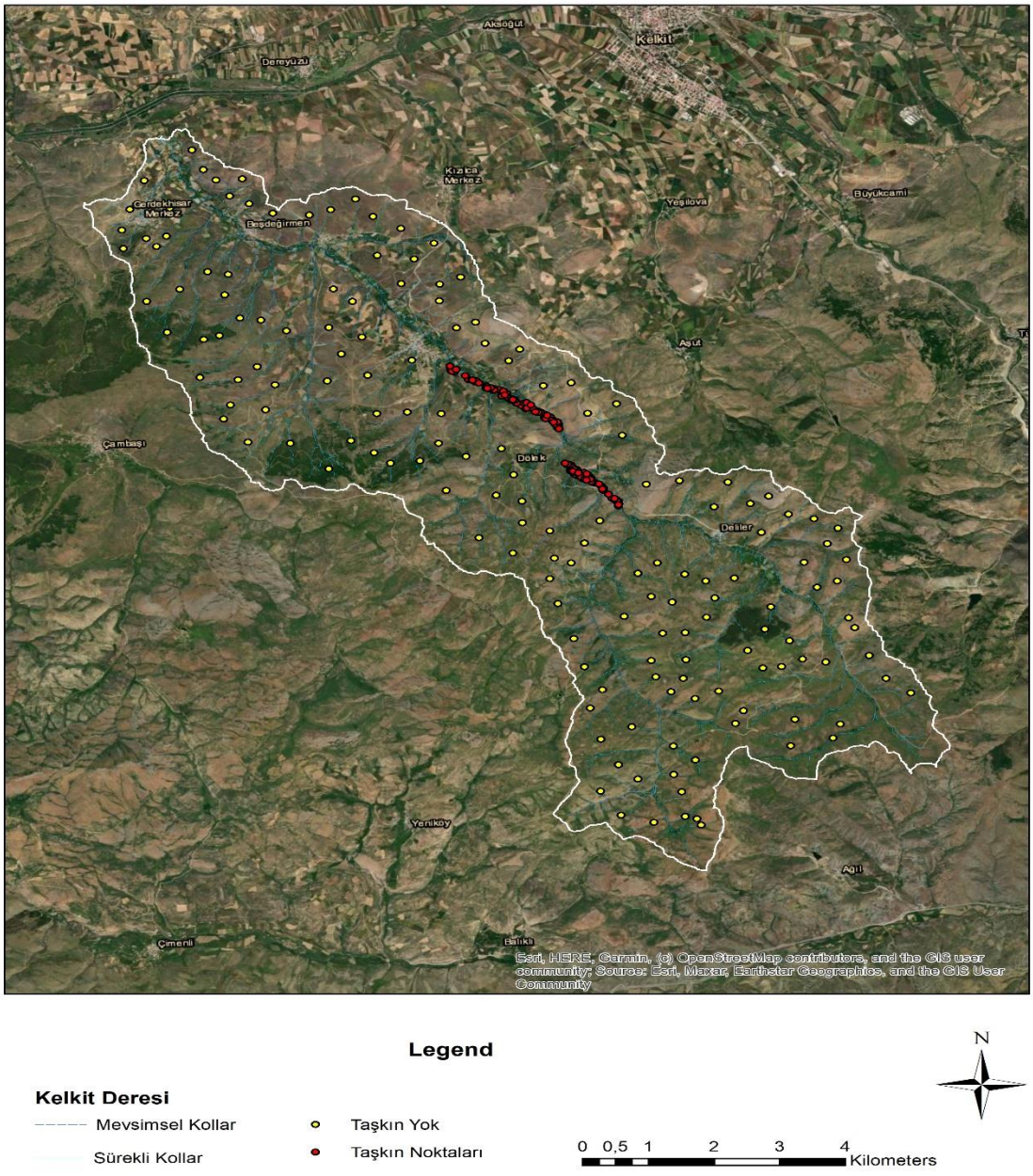


Şekil 3.39. Gümüşhane İlinde Yaşanan Taşkınların Lokasyonu(Google Earth, DSİ, AFAD)

3.3.1 Gümüşhane (Kelkit) taşkınları (1972)

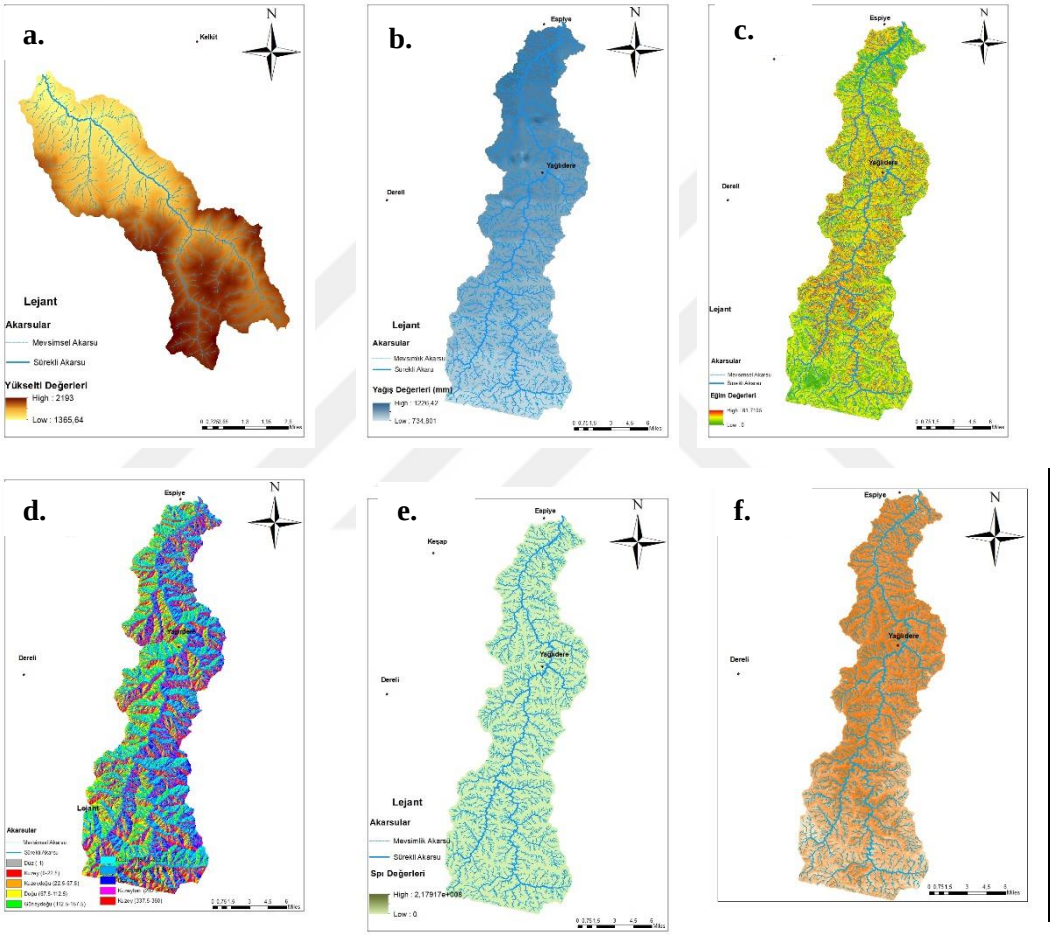
Taşkın, sağanak yağışlar sonucunda Boğazın, Sadak, Tılısbık, Hınzır, Çepin, Elmelek, Komun, Koşmaşat, Köse, Cibekler derelerinin ve Kelkit çayı ile Sidirge suyunun taşması sonucunda meydana gelmiştir (Şekil 3.40). Taşkına maruz kalan yerleşim yerleri yukarı

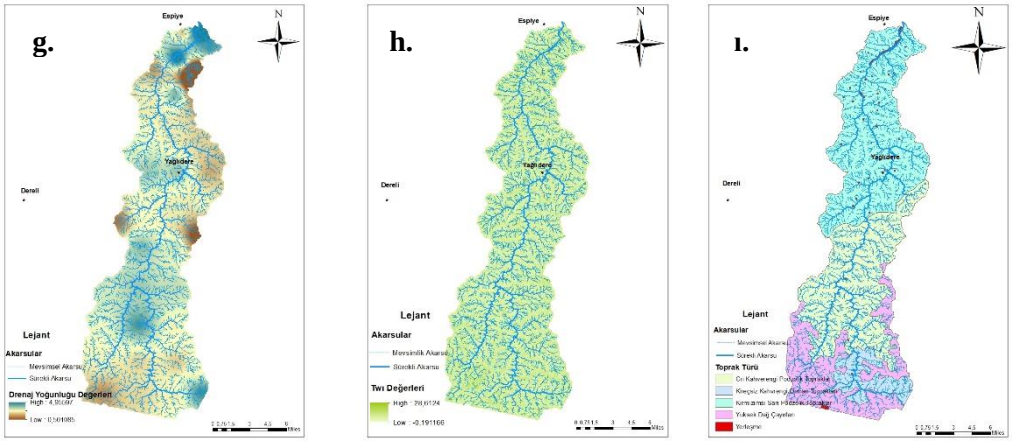
Kelkit havzasını meydana getiren köylerden oluşmaktadır. Bunlar Aziz, Alaçat, Babakonağı, Beşdeğirmen, Çambaşı, Çakırlar, Dayısı, Dölek, Elmelik, Kılıççı, Sökmen, Bizgili, Gökçeköy, Köse ve Yuvacık köyleridir. Taşkın esnasında can kaybı meydana gelmemiş ancak büyük oranda arazi ve çok sayıda ev zarar görmüştür ve birçok hayvan telef olmuştur. Tarımsal zararların birçoğu ekili arazide oluşmuş, 1583 dekar alan kullanılamayacak hale gelmiştir. Taşınmaz mallardan 19 mesken ve 7 samanlık hasar görmüştür. Köylerdeki mevcut hasarlar çoğunlukla arazilerde olması nedeniyle derelerin ayrı ayrı ıslahıyla bu sorunun çözülebiliceği ifade edilmiştir.



Şekil 3.40. Gümüşhane (Kelkit) Taşkın Sahası (1972) (Google Earth, DSİ, AFAD)

Afet yaşanan havzada yükselti değerleri oldukça yüksek değerlere ulaşmakta, bu değerler 1365 ve 2193 metre arasında değişmektedir (Şekil 3.41.a). Havzada eğim değerleri çok yüksek noktalar olmakta 81° ve 0 ° arasında eğim değerleri değişmektedir (Şekil 3.41.c).). Havzadaki toprak tipleri gri kahverengi podzolik topraklar, yüksek dağ çayırları, kireçsiz kahverengi orman toprakları ve kırmızımsı sarı podzolik topraklar olarak değişkenlik göstermektedir (Şekil 3.41.ı)

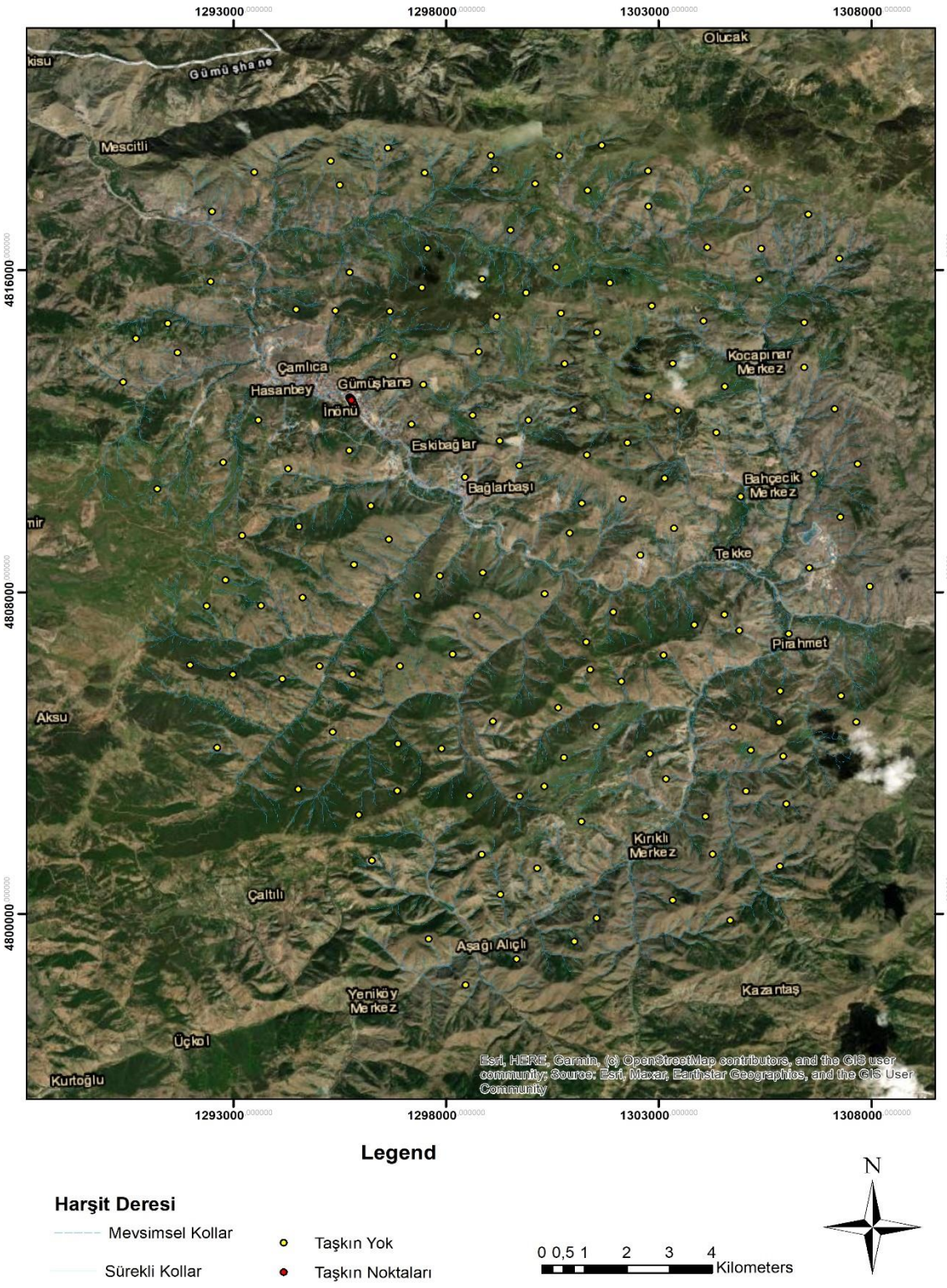




Şekil 3.41. Gümüşhane (Kelkit) Taşkınında (1972) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.3.2 Gümüşhane (merkez) taşkınları (1974)

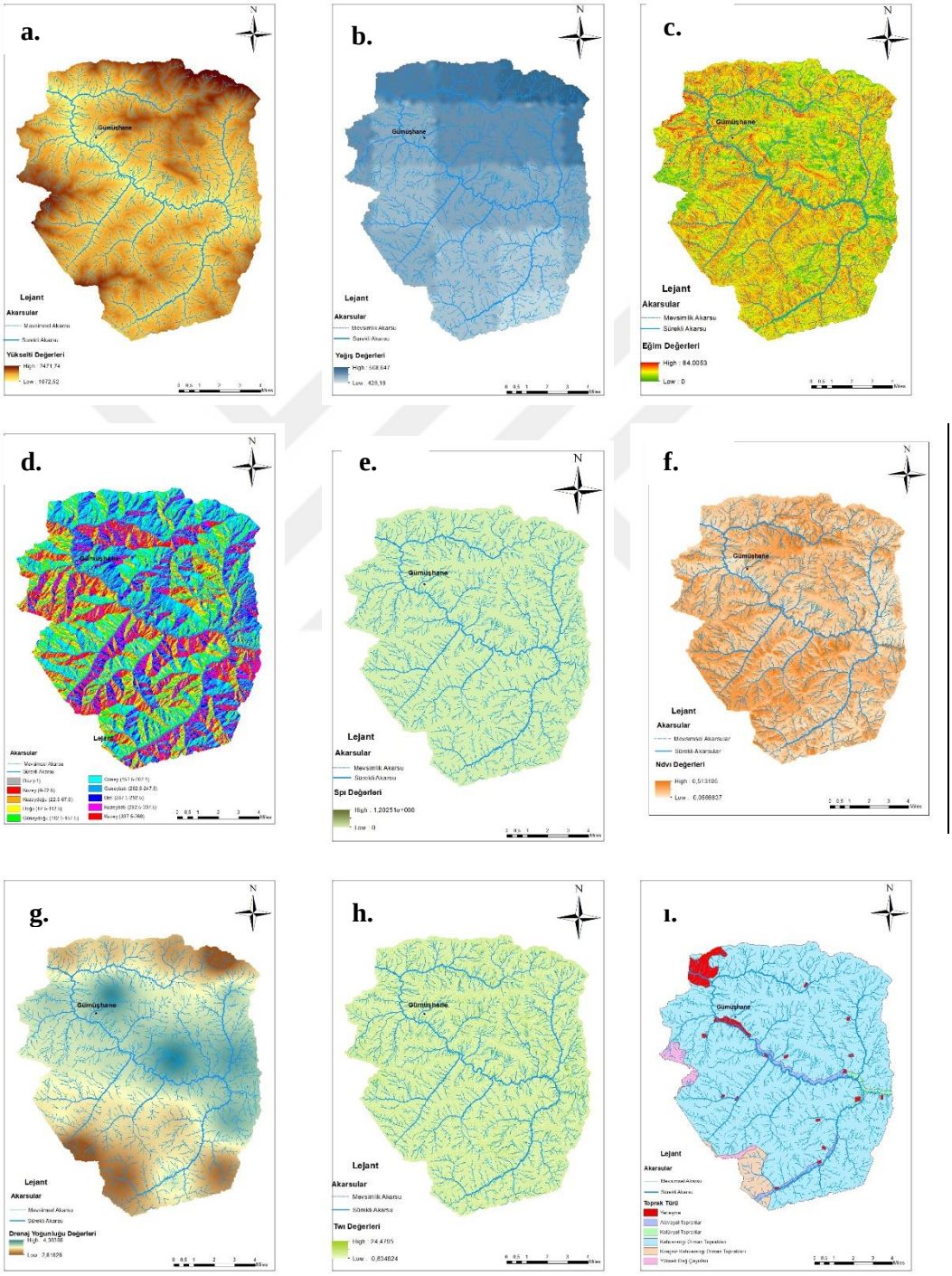
19.08.1974 tarihinde Gümüşhane ilinde bulunan Harşit çayının taşması neticesinde Harşit köyü sular altında kalması sonucunda 3 kişi vefat etmiş 2 kişi yaralanmıştır. Bu afetten 18 gün önce 01.08.1974 tarihinde şiddetli yağışlar nedeniyle pek çok yer etkilenmiştir. 1 Ağustos 1974 tarihinde Gümüşhane – Merkez ilçeye bağlı Akçakale, Tekke, Pirahmet, Yeniyol, Arzular, Kale, Süle, Nazlıçayır köylerini içine alan bölgedeki taşkın Harşit çayı ve yan dereleri üzerinde meydana gelmiştir (Şekil 3.42). Bölge meyve ve sebze yetiştirilen kısımlar hariç bölge bitki örtüsünden yoksundur ve bu nedenle erozyona açık bir alandır. Taşkın ve yağışların büyük ölçüde zarar vermesinin nedenlerinden biri de budur. Can kaybı olmamasına rağmen büyük ölçüde zarar meydana gelmiştir. Taşkın suları dere yataklarının kenarındaki arazilerde bulunan mahsulü tahrip etmiş ve ciddi miktarda iri taneli kum, çakıl gibi malzemeleri bırakmıştır. Ayrıca 86 adet küçükbaş hayvan sulara kapılarak kaybolmuştur.



Şekil 3.42. Gümüşhane (Merkez) Taşkın Sahası (1974) (Google Earth, DSİ, AFAD)

Gümüşhane ilinde 1974 yılında yaşanan taşkın afeti birden çok derenin taşması ile meydana gelmiştir. Bu afetin yaşandığı havzaya bakıldığında havzanın yükselti değerleri 1072-2471 metre yüksekliği arasında değişmektedir (Şekil 3.43.a). Yağış değerleri 426-526 mm arasında değişmekte olup havzanın yüksek yağış alan yerlerinde afet meydana gelmiştir

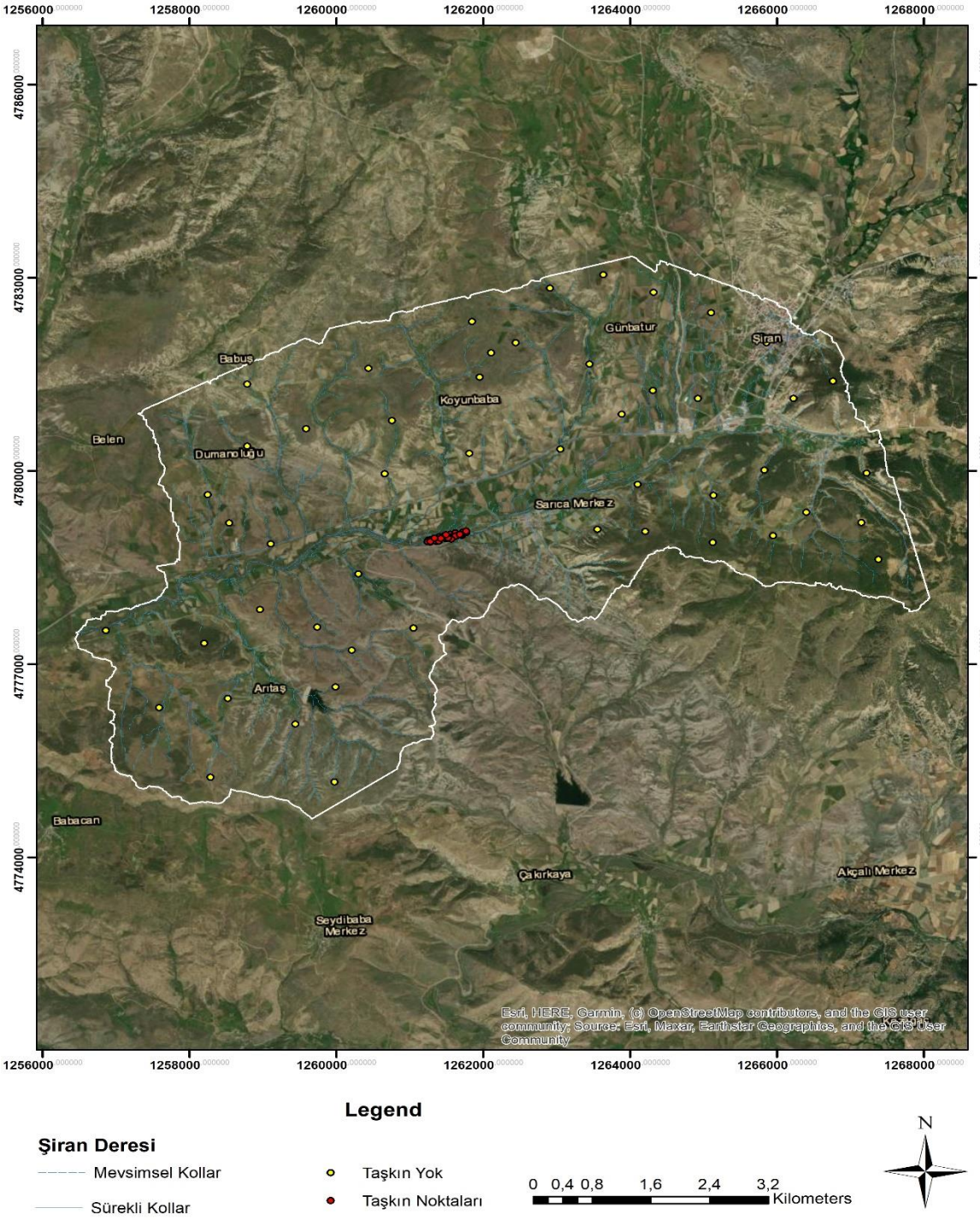
(Şekil 3.43.b). Havza yüksek ve değişken eğim değerleri sahip olup bu değerler 0-84º arasında değişmektedir. Taşkın afetinin yaşandığı saha düşük eğim değerlerine sahiptir (Şekil 3.43.c). Alüvyal topraklar, kolüvyal topraklar, kireçsiz kahverengi orman toprakları, kahverengi orman toprakları ve yüksek dağ çayırları toprak tiplerinden oluşan havzada afet yerleşim yerlerinde meydana gelmektedir (Şekil 3.43.ı).



Şekil 3.43. Gümüşhane (Merkez) Taşkınında (1974) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.3.3 Gümüşhane (Şiran) taşkınları (2004)

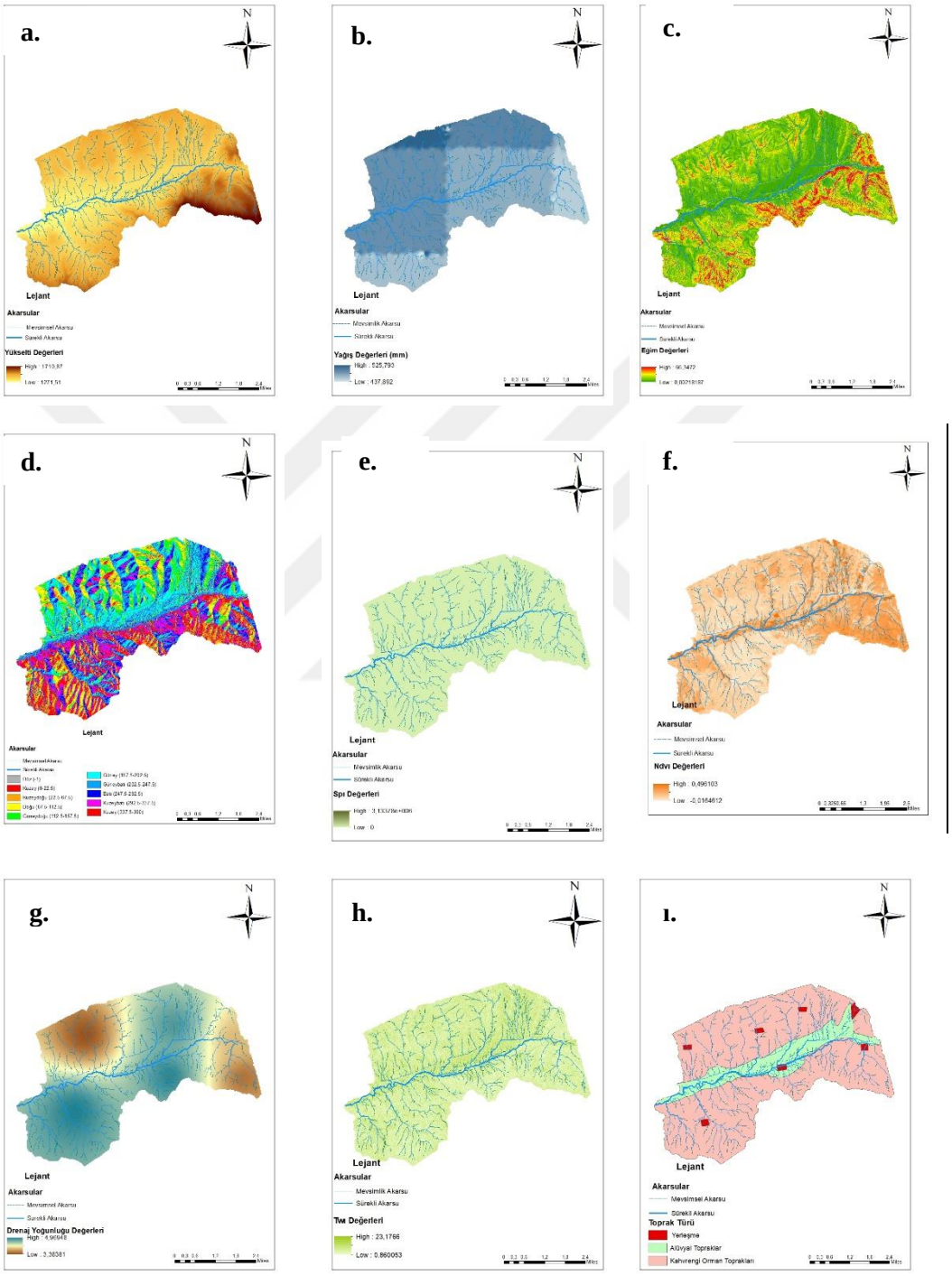
2 Mart 2004 tarihinde Gümüşhane'ye bağlı Şiran ilçesinde Şiran çayının taşması neticesinde tarım arazileri sular altında kalmıştır (Şekil 3.44). Yaşanan afette can kaybı yaşanmazken maddi hasarlar meydana gelmiştir.



Şekil 3.44. Gümüşhane (Şiran) Taşkın Sahası (2004) (Google Earth, DSİ, AFAD)

Taşkın afetinin yaşandığı havza taşkın tetikleyen 9 parametre ile incelenmiştir. Afet havzasının yükselti değerleri 1271 metreden 1710 metre yükseklik değerlerine ulaşmaktadır

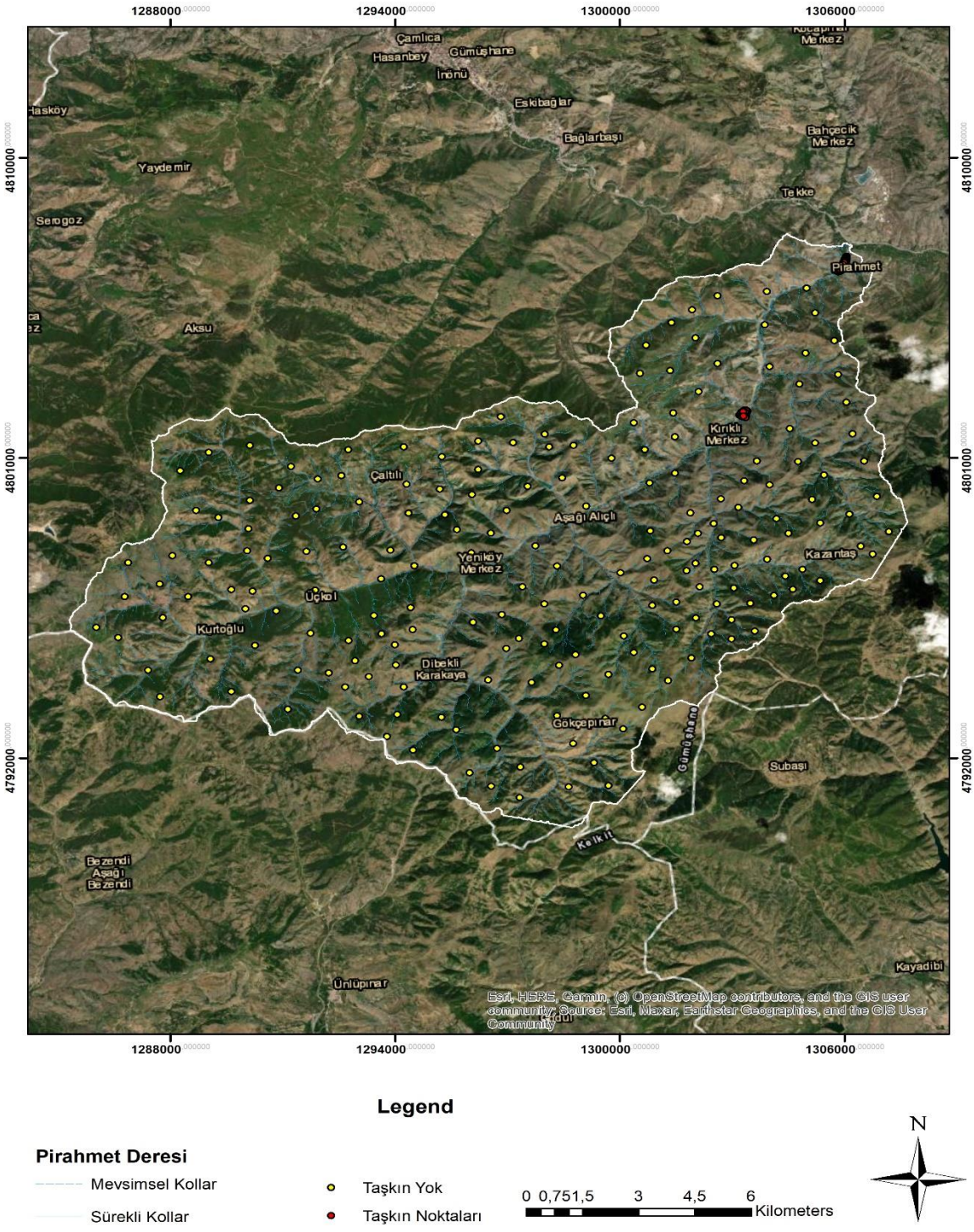
(Şekil 3.45.a). Yağış değerleri 437 ve 525 mm civarlarından değişmektedir (Şekil 3.45.b). Havzada eğim değerleri 0 ila 66 derece arasında değişmektedir (Şekil 3.45.c). Havzada yerleşim yerlerinin yanısıra alüvyal ve kahverengi orman toprak türleri bulunmaktadır (Şekil 3.45.ı)



Şekil 3.45. Gümüşhane (Şiran) Taşkınında (2004) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.3.4 Gümüşhane (merkez) taşkınları (2017)

14.04.2017 tarihinde Gümüşhane ilindeki Pir Ahmet deresinin taşması neticesinde Pir Ahmet ve Esenyurt köyleri sular altında kalmıştır (Şekil 3.46). Yaşanan bu afette can kaybı yaşanmazken tarım alanları sular altında kalmış ve 4 adet ev yıkılmıştır (Şekil 3.47).

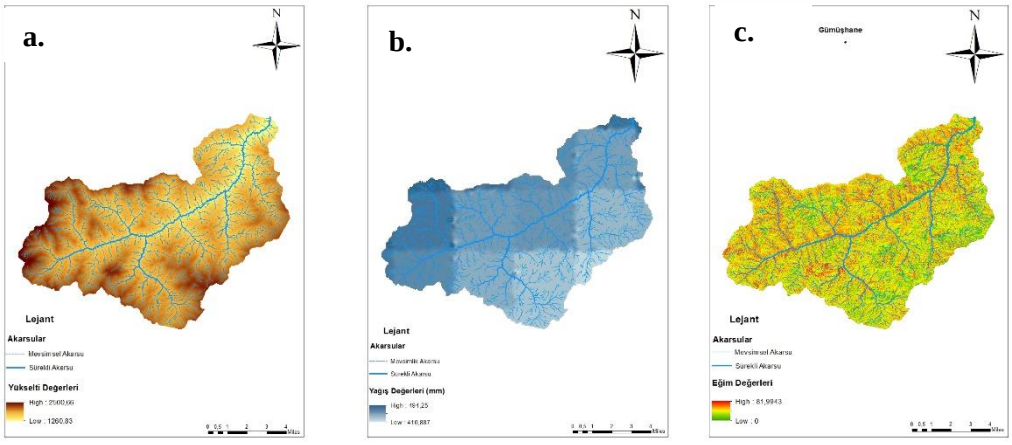


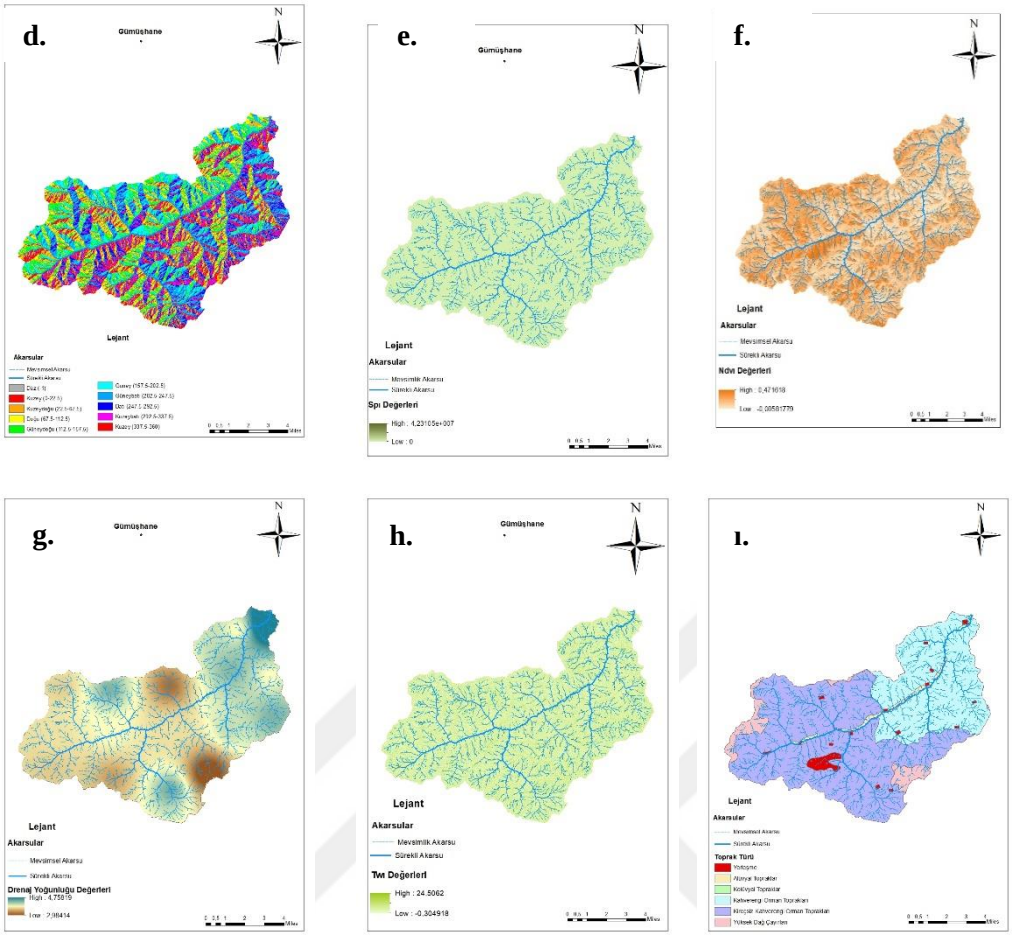
Şekil 3.46. Gümüşhane (Merkez) Taşkın Sahası (2017) (Google Earth, DSİ, AFAD)



Şekil 3.47. Gümüşhane (Merkez) Taşkın Görüntüleri (2017)

Çalışma sahasında yükselti değerleri 1260 ve 2500 metre arasında değişmektedir Afet yaşanan noktalarda havzanın orta yükseklikli alanlarına denk gelmektedir (Şekil 3.48.a). Yağış değerleri çalışma sahasında 410 ila 1181 mm olarak değişmektedir (Şekil 3.48.b). Eğim değerleri havzada oldukça değişkenlik göstermekte, düz alanlar ile 82º arasında eğim değerleri oluşmaktadır. (Şekil 3.48.c) Havzada kahverengi orman toprakları, kireçsiz kahverengi orman toprakları, alüvyal topraklar, kolüvyal topraklar ve yüksek dağ çayırları ile kaplı bir alandan meydana gelmiş olup afet sahası alüvyal topraklar ve kahverengi orman topraklarından oluşmuştur (Şekil 3.48.ı)





Şekil 3.48. Gümüşhane (Merkez) Taşkınında (2017) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.4 Ordu Taşkınları

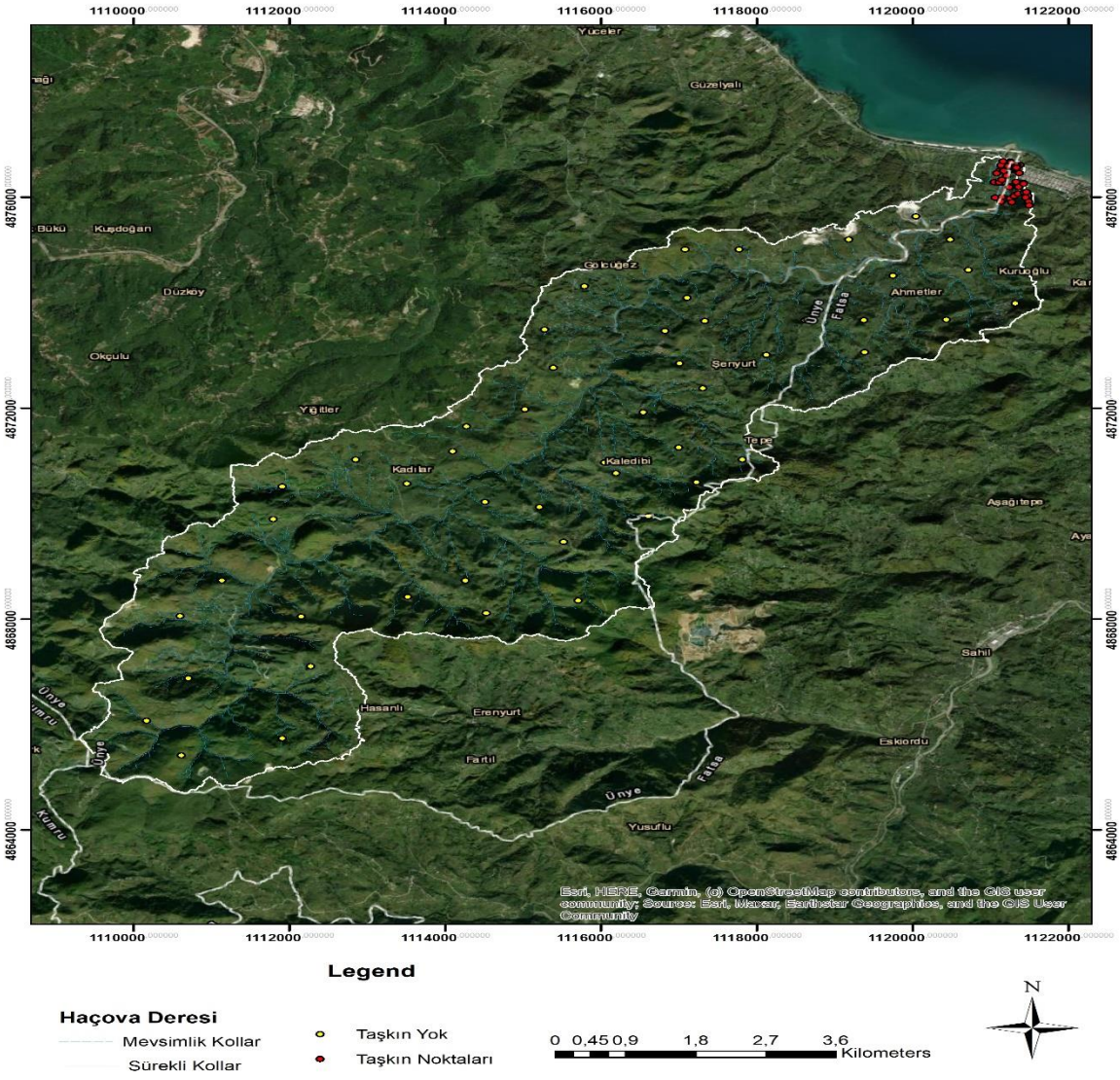
Ordu ilinde 2016 ve 2018 olmak üzere 2 taşkın bu çalışma kapsamında incelenmiş ve bu afetlerde toplam 6 kişi vefat etmiştir (Şekil 3.49)



Şekil 3.49. Ordu İlinde Yaşanan Taşkınların Lokasyonu (Google Earth, DSİ, AFAD)

3.4.1 Ordu (Fatsa ve Perşembe) taşkınları (2016)

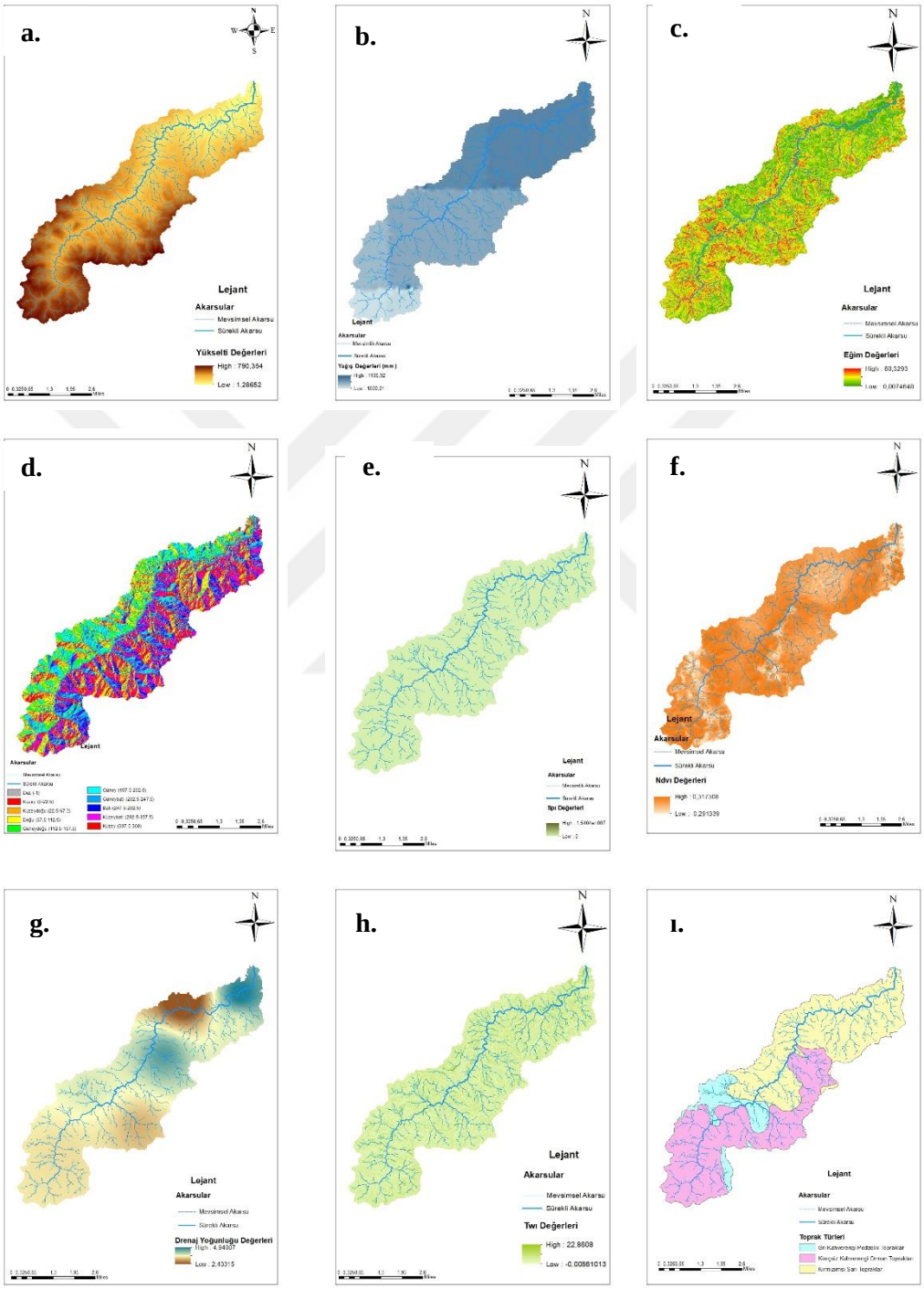
05.07.2016 tarihinde Akçaova ırmağının taşması nedeniyle Ordunun Perşembe ve Fatsa ilçeleri sular altında kalmıştır. Son 50 yılın en yoğunu olarak belirlenen yağış nedeniyle bölgede kırmızı alarm verilmiştir. Sel nedeniyle Fatsa-Çamaş-Çatalpınar-Aybastı-Reşadiye yolunun bir kısmı, Fatsa-Ilıca-Aslancami yolunun tamamı ulaşıma kapanmıştır (Şekil 3.50). Yine aynı bölgede Özel Sanayi Sitesi'nde bulunan dükkânların tamamı da sular altında kalmıştır. 4 kişi vefat ederken ciddi ekonomik kayıplar meydana gelmiştir.



Şekil 3.50. Ordu (Fatsa ve Perşembe) Taşkın Sahası (2016) (Google Earth, DSİ, AFAD)

2016 yılından Ordu ilinin Fatsa ve Perşembe ilçelerinde yaşanan bu afette ilçe merkezlerinin bulunduğu kısımlar ciddi düzeyde zarar görmüştür. Akarsu havzasının bulunduğu alanda yükselti değerleri 0 ila 790 metre yükselti değerleri arasında değişmekte, afet genellikle deniz seviyesine yakın bölgelerde ciddi can ve mal kayıplarına neden olmuştur (Şekil

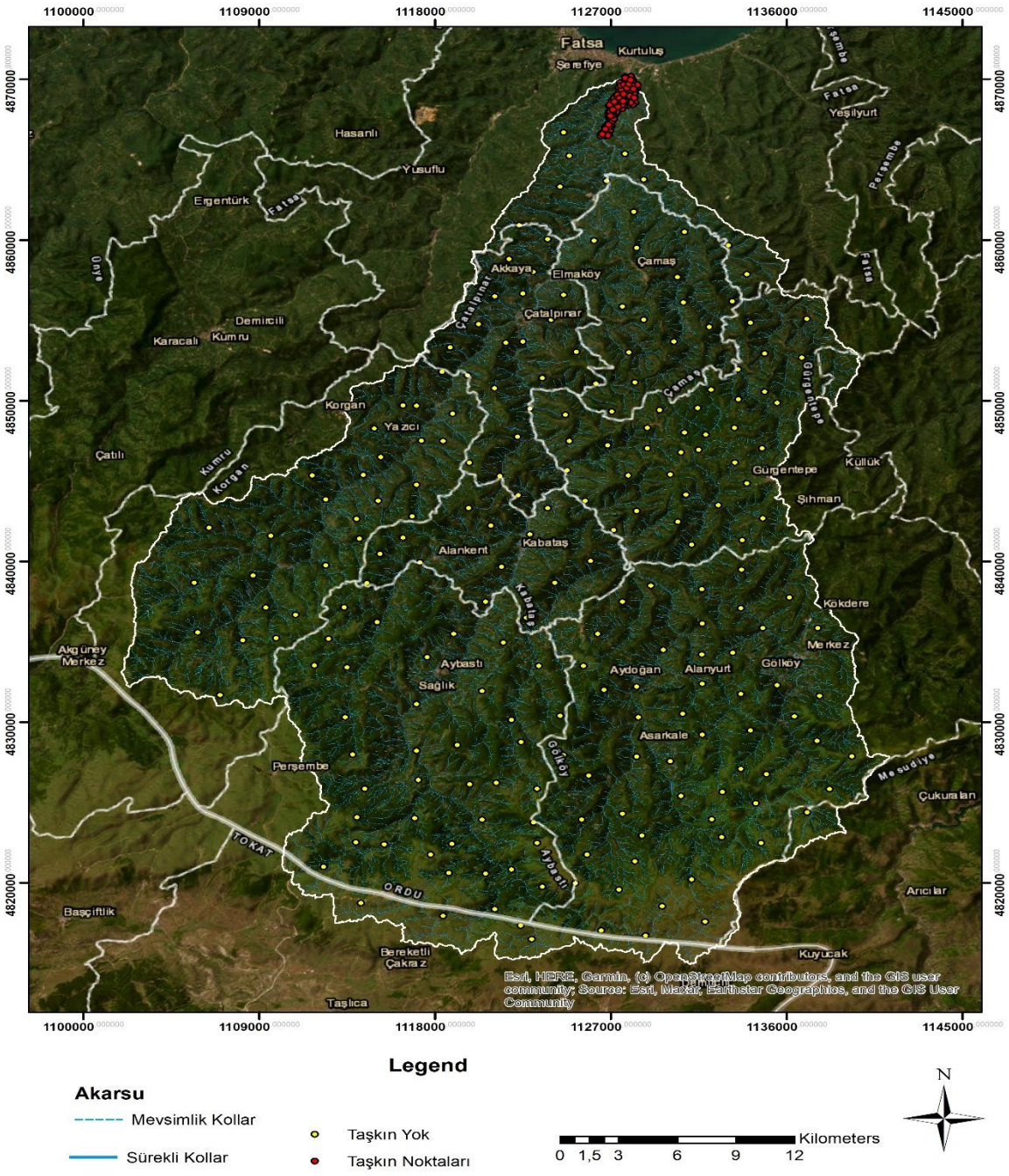
3.51.a). Yağış değerlerinin havzanın mansap kısımlarında 1180 mm'lere ulaşırken memba kısmında 1020 mm civarındadır (Şekil 3.51.b). Havzada taşkını etkileyen 9 parametreninde havza içerisindeki durumu incelenmiş ve sayısallaştırılmıştır (Şekil 3.51).



Şekil 3.51. Ordu (Fatsa ve Perşembe) Taşkınında (2016) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

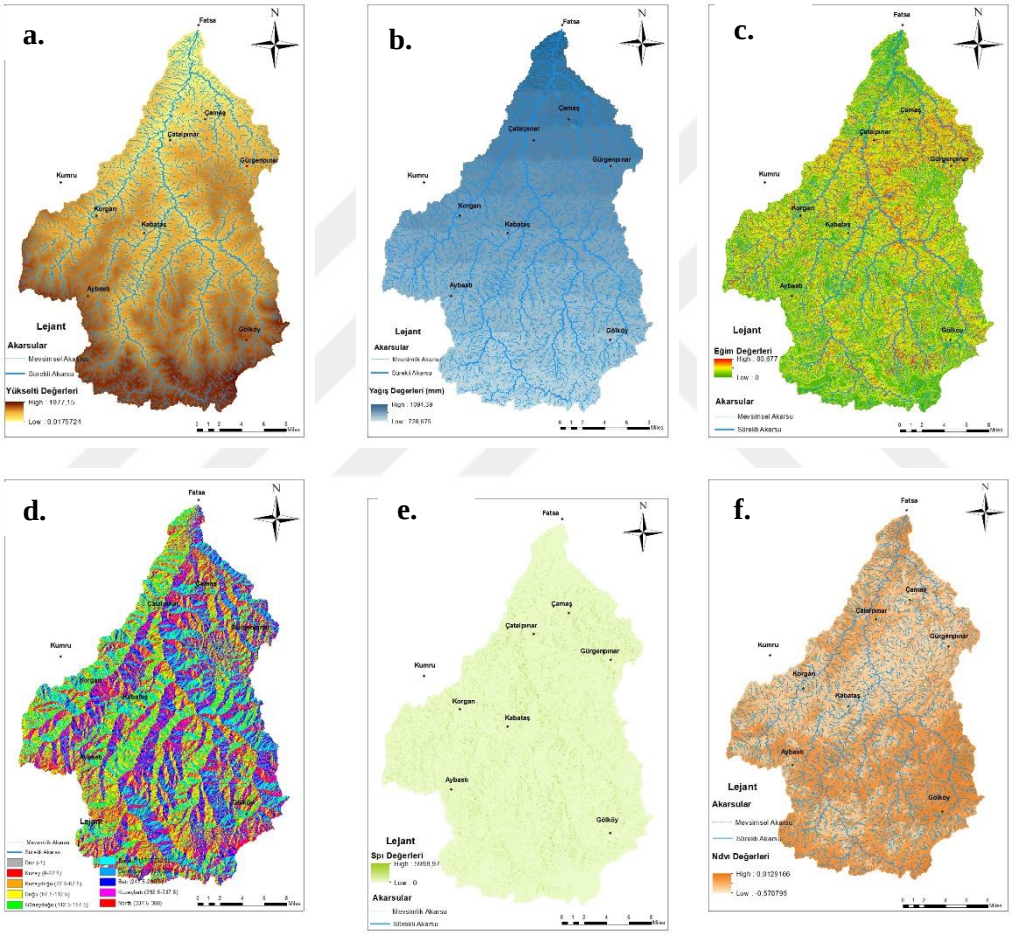
3.4.2 Ordu taşkınları (2018)

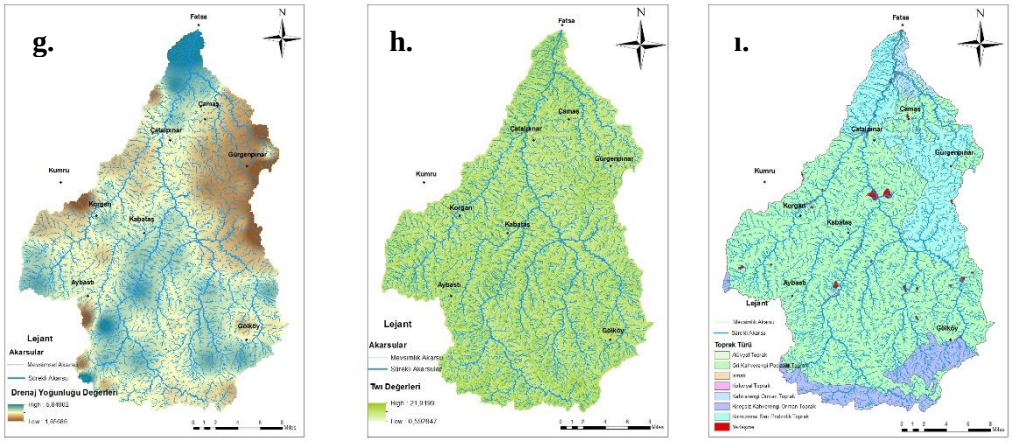
09.08.2018 tarihinde Ordu ilinde metrekareye düşen ortalama 80 kilogram yağışla birlikte Ünye, Fatsa ve Perşembe ilçeleri başta olmak üzere 7 ilçede derelerin taşmasıyla 8 büyük köprü çökmüştür. Heyelan ve yıldırım düşmesi sonucu 7 kişi yaralanmıştır. 100'e yakın mahallede ciddi hasarlar meydana gelmiştir. 2 vatandaş vefat ederken 8 vatandaşta yaralanmıştır (Şekil 3.52).



Şekil 3.52. Ordu Taşkın Sahası (2018) (Google Earth, DSİ, AFAD)

2018 yılında Ordu ilinin merkezi ve 7 ilçesinde yaşanan bu afette il ve ilçe merkezlerinin bulunduğu kısımlar ciddi düzeyde zarar görmüştür. Akarsu havzasının bulunduğu alanda yükselti değerleri 0 ila 1977 metre yükselti değerleri arasında değişmekte, afet genellikle deniz seviyesine yakın bölgelerde ciddi can ve mal kayıplarına neden olmuştur (Şekil 3.53.a). Yağış değerlerinin havzanın mansap kısımlarında 1091 mm'lere ulaşırken memba kısmında 728 mm civarındadır (Şekil 3.53.b). Havzada yerleşim yerlerinin yanısıra gri kahverengi podzolik topraklar, alüvyal topraklar, kolüvyal topraklar, kahverengi orman topraklar, kireçsiz kahverengi orman topraklar ve kırmızımsı sarı podzolik topraklar görülmektedir (Şekil 3.53.ı).

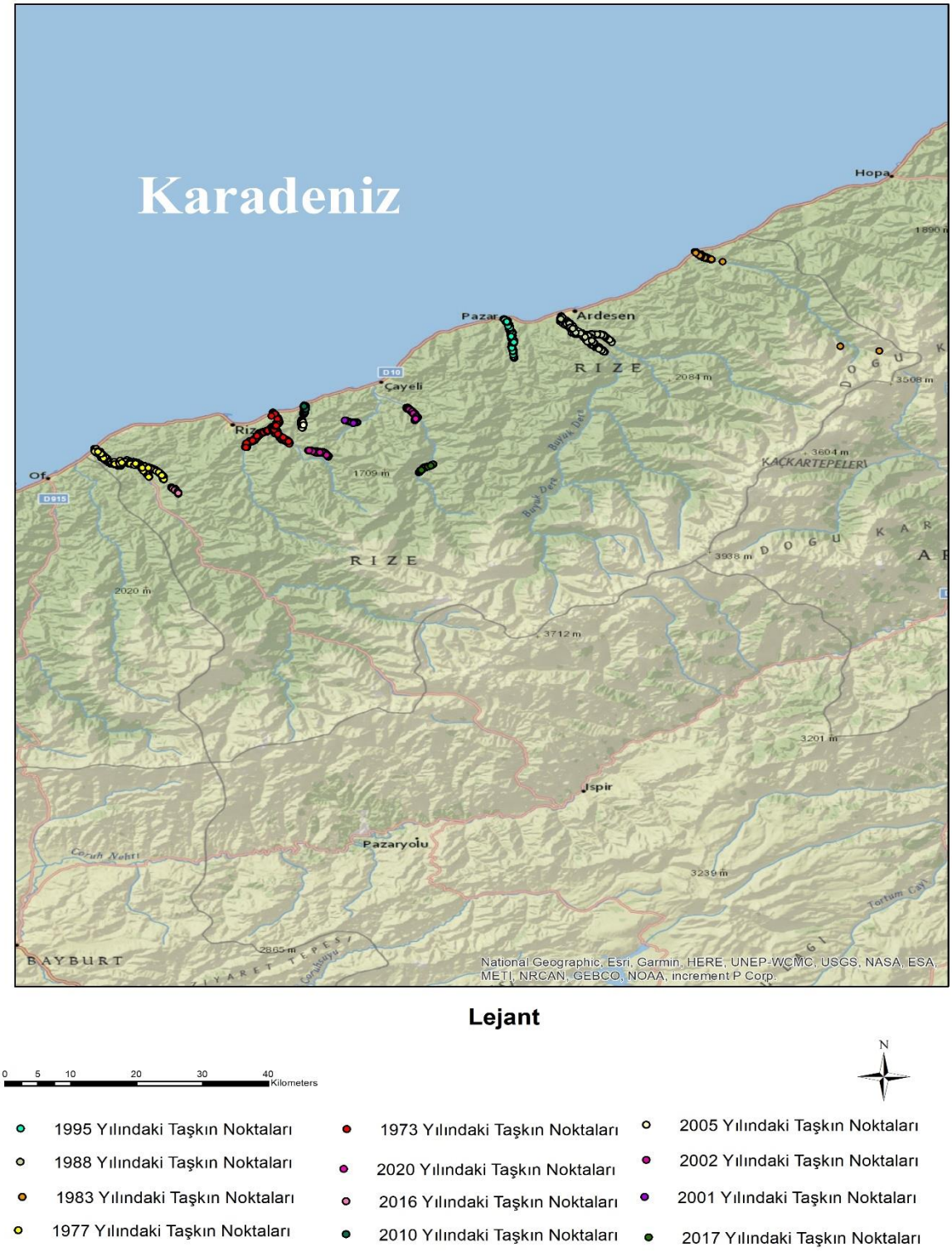




Şekil 3.53. Ordu Taşkınında (2018) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.5 Rize Taşkınları

Rize ilinde 1973, 1977, 1983, 1988, 1995, 2001, 2002, 2005, 2010, 2016, 2017 ve 2020 yıllarında olmak üzere toplamda 12 afet çalışma kapsamında incelenmiştir. Bu afetlerde 139 kişi vefat etmiştir (Şekil 3.54).

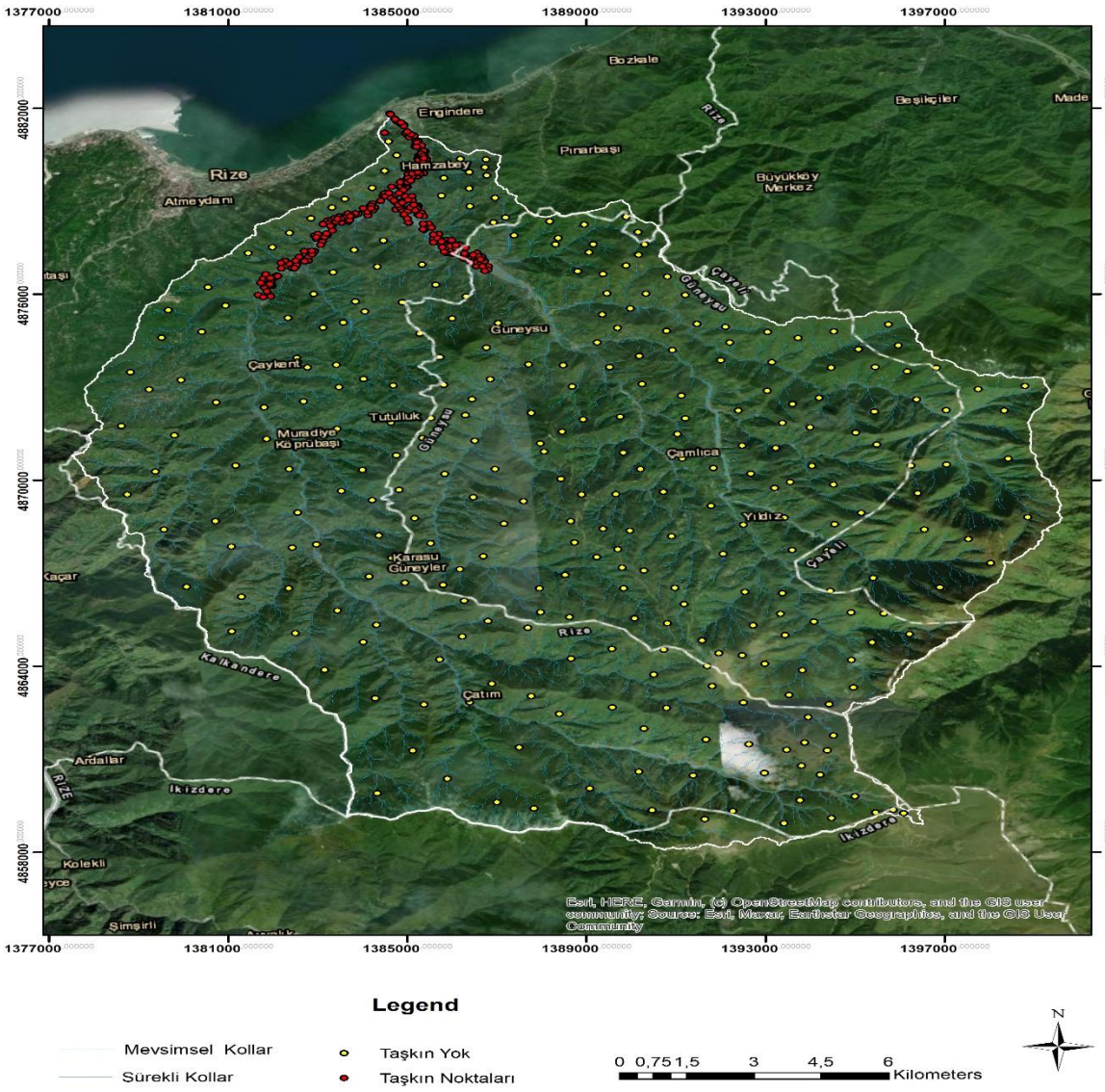


Şekil 3.54. Rize İlinde Yaşanan Taşkınların Lokasyonu (Google Earth, DSİ, AFAD)

3.5.1 Rize (Kalkandere, Güneysu) taşkınları (1973)

14.07.1973 tarihinde Rize'nin Güneysu bucağı ve Kalkandere ilçelerinde taşkın meydana gelmiştir. Rize – Güneysu bucağı ile Kalkandere ilçesi ve çevresinde etkili olan taşkın

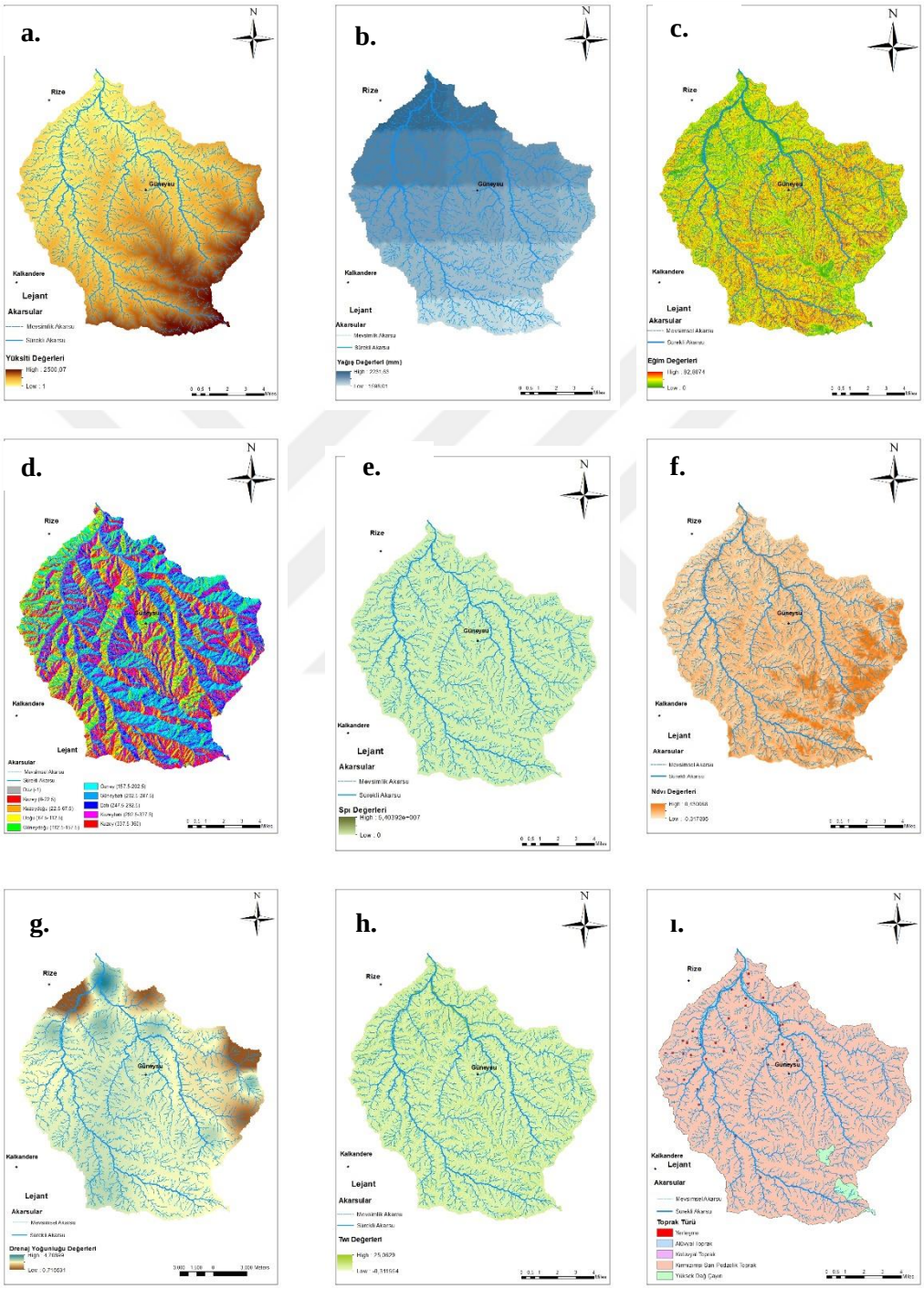
Taşlıdere ve İyidere'de meydana gelmiştir. Şiddetli yağış yaklaşık 4 saat sürmüş ve özellikle köylerde etkili olmuştur. Pazar köyünde 2 ev yıkılmış ve enkaz altında kalan 7 kişi hayatını kaybetmiştir. Diğer köylerde meydana gelen hasarlar heyelana bağlı olarak oluşmuştur. Toplamda 11 kişi vefat etmiş ve ciddi mal kayıpları yaşanmıştır. Taşkın yaşanan sahanın afet haritası Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir (Şekil 3.55).



Şekil 3.55. Rize (Kalkandere, Güneysu) Taşkın Sahası (1973) (Google Earth, DSİ, AFAD)

1973 tarihinde Rize ilinin Kalkandere ve Güneysu ilçelerinde taşkın meydana gelmiştir. Yaşanan bu afet olayı 9 taşkın tetikleyici parametre ile incelenmiştir (Şekil 3.56). Afet yaşanan akarsuların oluşturduğu havzada yükseklik değerleri çok değişkenlik göstermekte, deniz seviyeinden 2500 metre yükselti değerlerine oluşmaktadır (Şekil 3.56.a). Havzanın akarsuya döküldüğü kısımlar yağış değerlerinin yüksek olduğu noktaları meydana getirmiş ve bu bölgelerde yağış değerleri 2231 mm değerlerine ulaşmıştır (Şekil 3.56.b). Havza

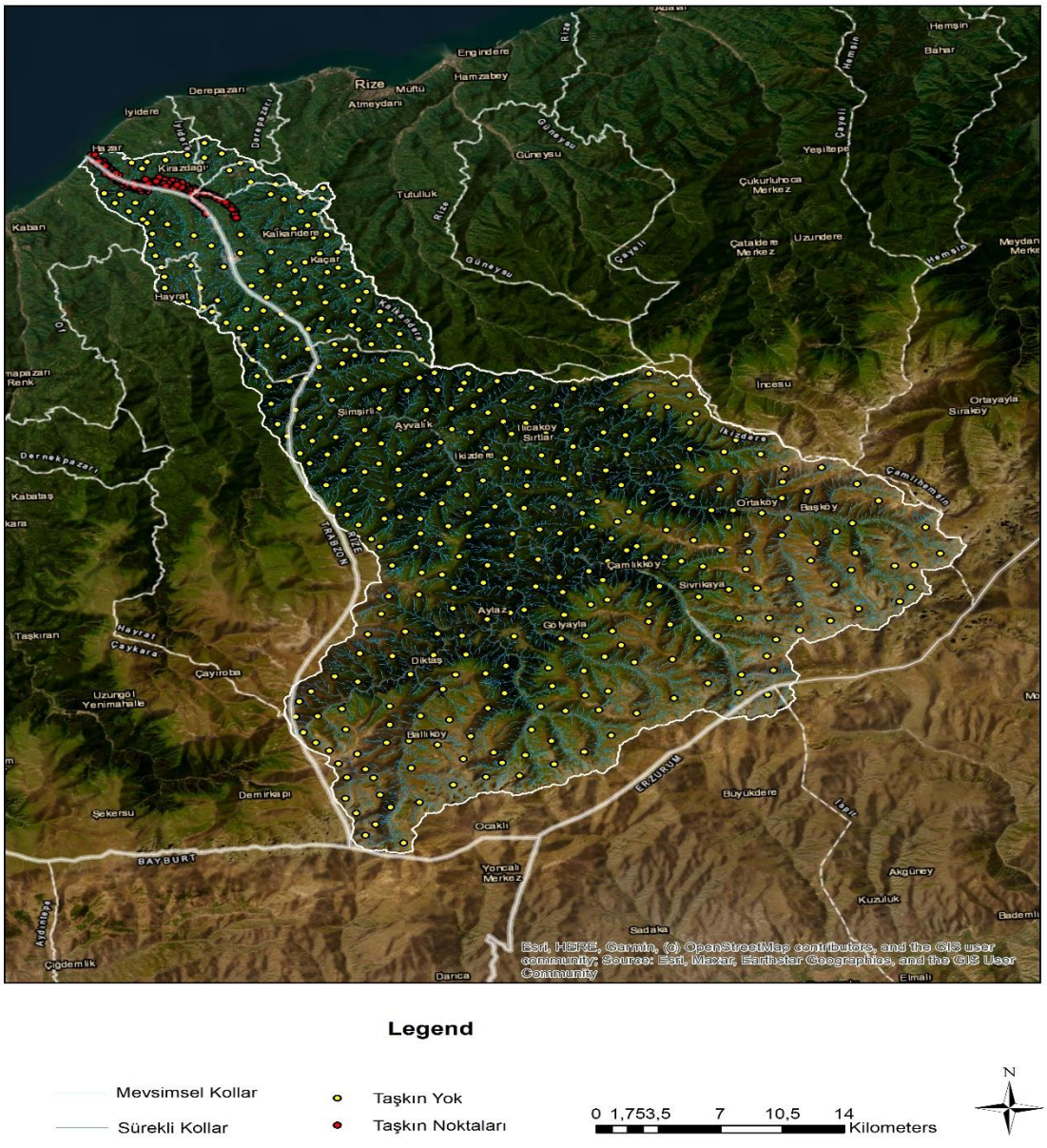
değişken eğim değerlerine ulaşmış 0 ila 82 derece arasında eğim değerleri bulgulanmıştır (Şekil 3.56.c). Havzada yerleşim yerlerinin yanısıra alüvyal topraklar, kolüvyal topraklar, kırmızımsı sarı podzolik topraklar ve yüksek dağ çayırları olarak havza değişken toprak türlerine sahiptir (Şekil 3.56.ı).



Şekil 3.56. Rize (Kalkandere, Güneysu) Taşkınında (1973)Taşkına Etkili Parametreler (a; Yükselti, b;Yağış, c;Eğim, d;Bakı, e; SPI, f; NDVI, g; Drenaj Yoğunluğu, h; TWI, ı; Toprak Türü)

3.5.2 Rize (Pazar, Hemşin) taşkınları (1977)

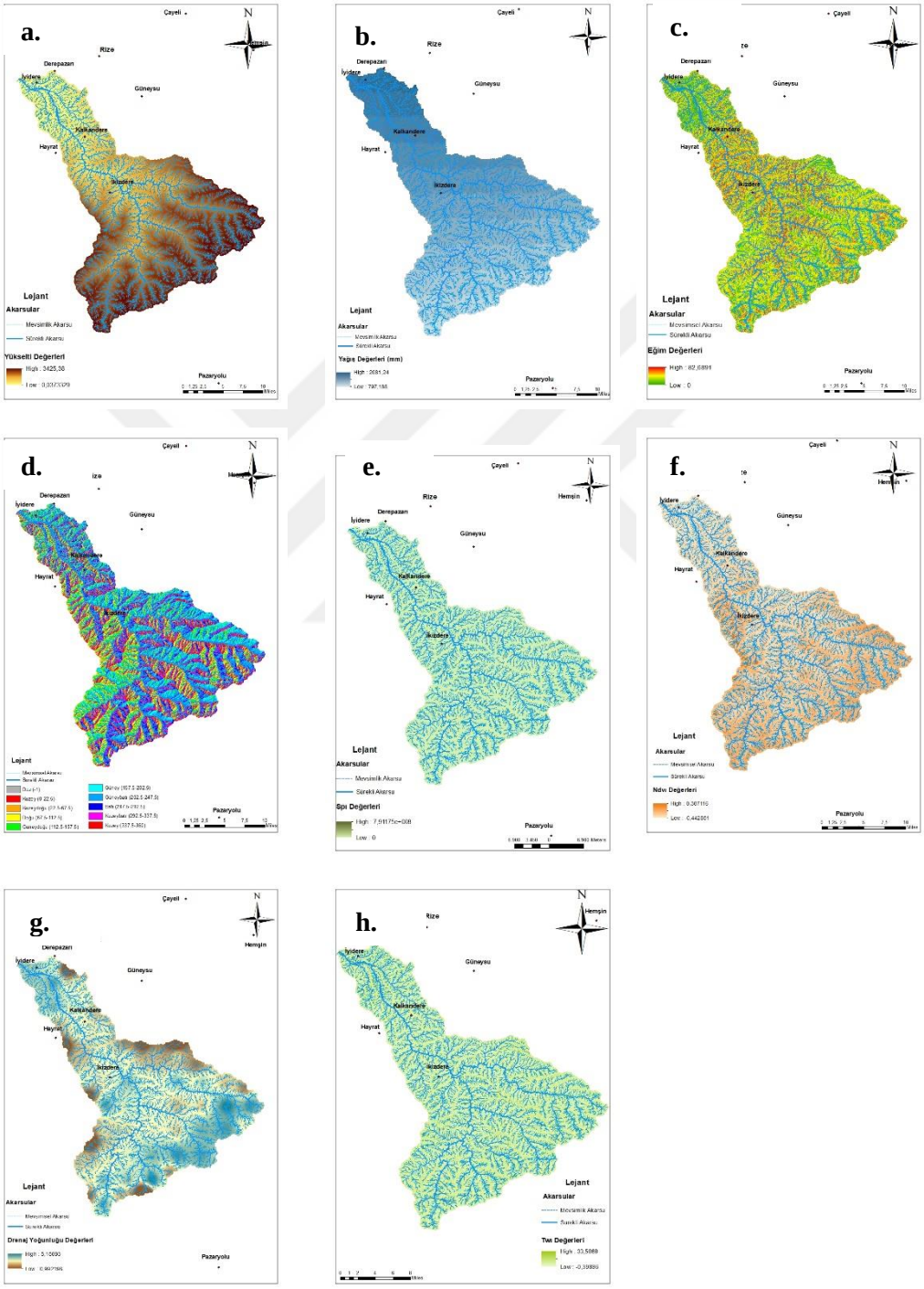
30.07.1977 tarihinde Rize'nin Pazar ve Hemşin ilçelerinde taşkın meydana gelmiştir. İkizdere ve Karadere derelerinin taşması sonucunda, Ekili arazinin 3470 dekarı tahrip olmuştur. DSİ tarafından yapılmış olan taşkın koruma duvarlarının 8537 m'lik kısmı yıkılmıştır. 8 adet araç sel sularına kapılmış, birçok bina ve elektrik direği zarar görmüştür. Taşkından en fazla etkilenen Hemşin deresi'nde 6 kişi hayatını kaybetmiştir. Afette toplam 33 kişi vefat etmiş ve ciddi ekonomik hasarlar meydana gelmiştir (Şekil 3.57).



Şekil 3.57. Rize (Pazar, Hemşin) Taşkın Sahası (1977) (Google Earth, DSİ, AFAD)

Rize ilinin Pazar ve Hemşin ilçelerinde yaşanan bu afette ilçe merkezlerinin bulunduğu kısımlar ciddi düzeyde zarar görmüştür. Akarsu havzasının bulunduğu alanda yükselti

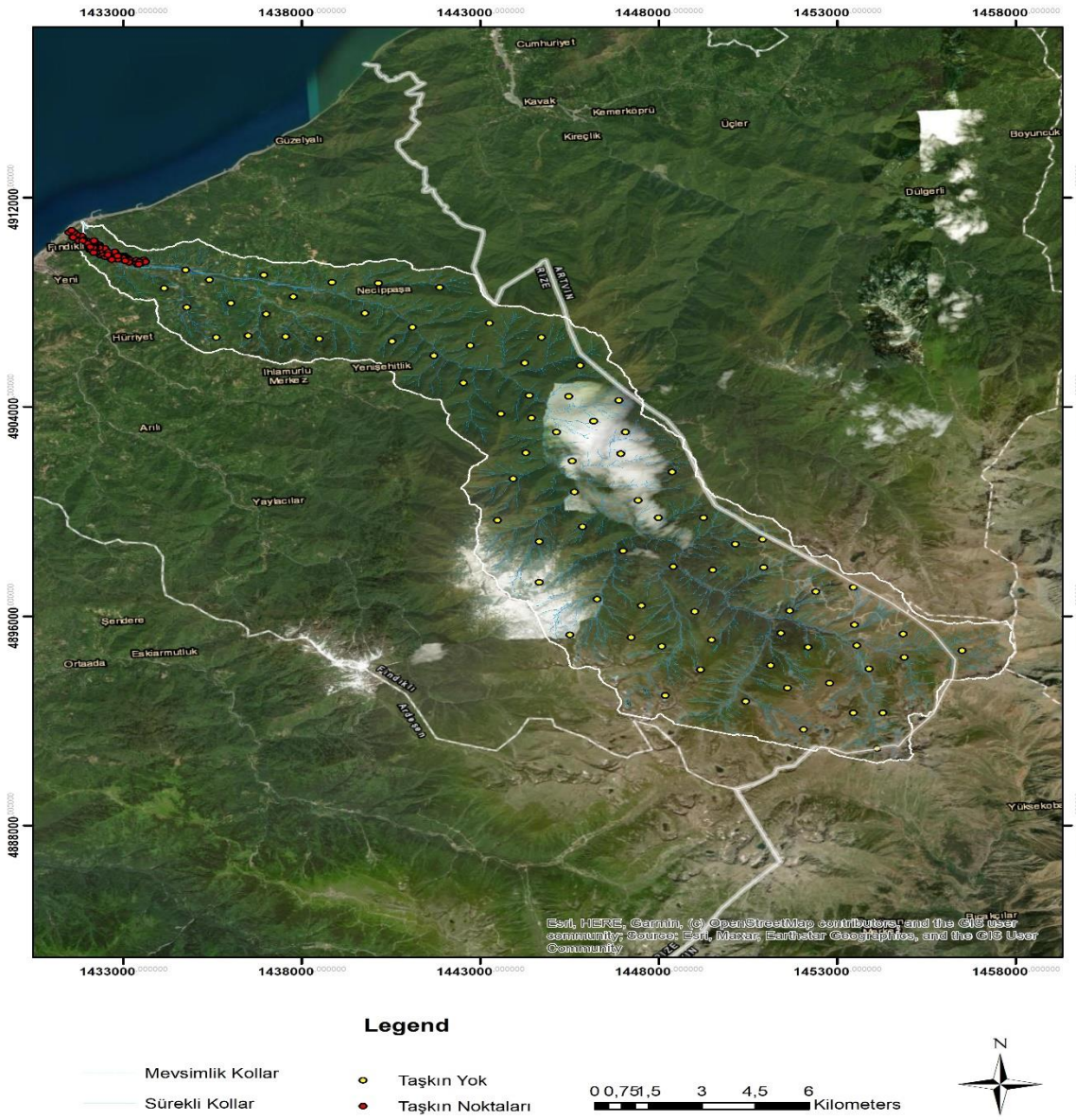
değerleri 0 ila 3425 metre yükselti değerleri arasında değişmekte, afet genellikle deniz seviyesine yakın bölgelerde ciddi can ve mal kayıplarına neden olmaktadır (Şekil 3.58.a). Yağış değerlerinin havzanın mansap kısımlarında 2081 mm'lere ulaşırken memba kısmında 707 mm civarındadır (Şekil 3.58.b). Havzada taşkını etkileyen parametrelerin havza içerisindeki durumu incelenmiş ve sayısallaştırılmıştır (Şekil 3.58).



Şekil 3.58. Rize (Pazar, Hemşin) Taşkınında (1977) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı)

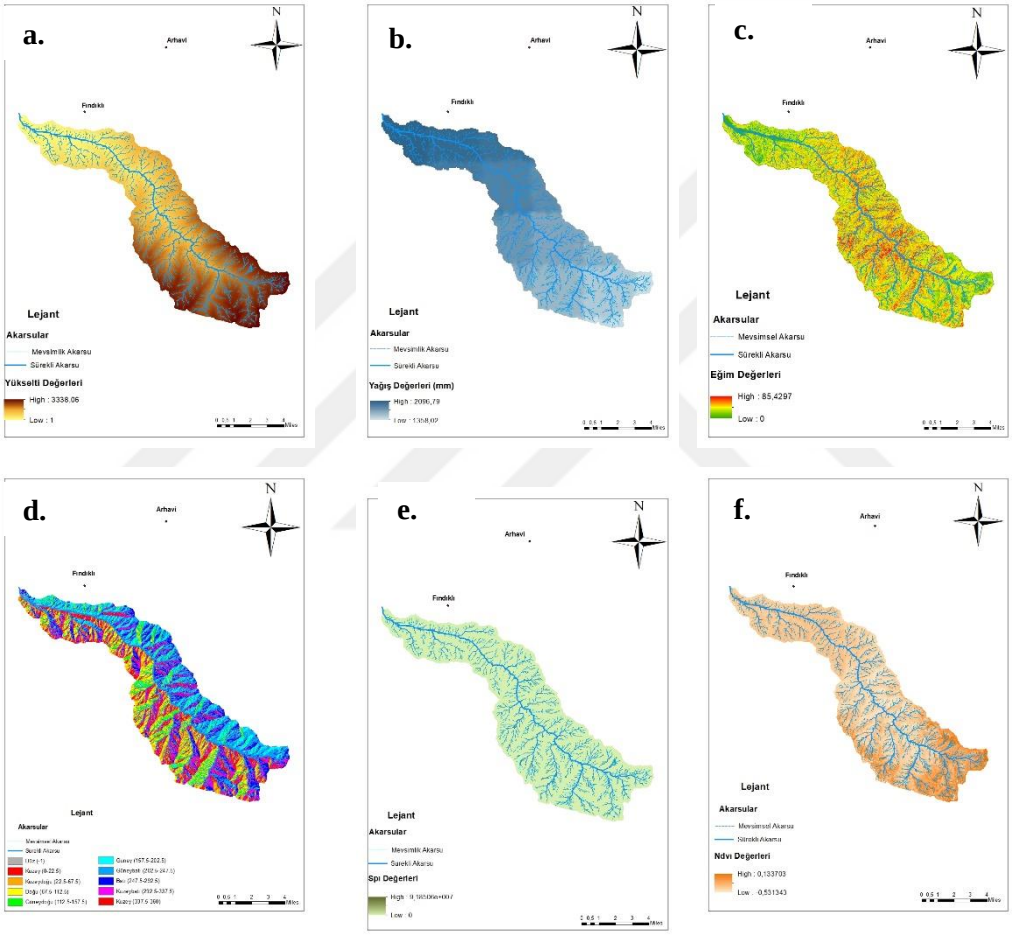
3.5.3 Rize (Fındıklı, Pazar) taşkınları (1983)

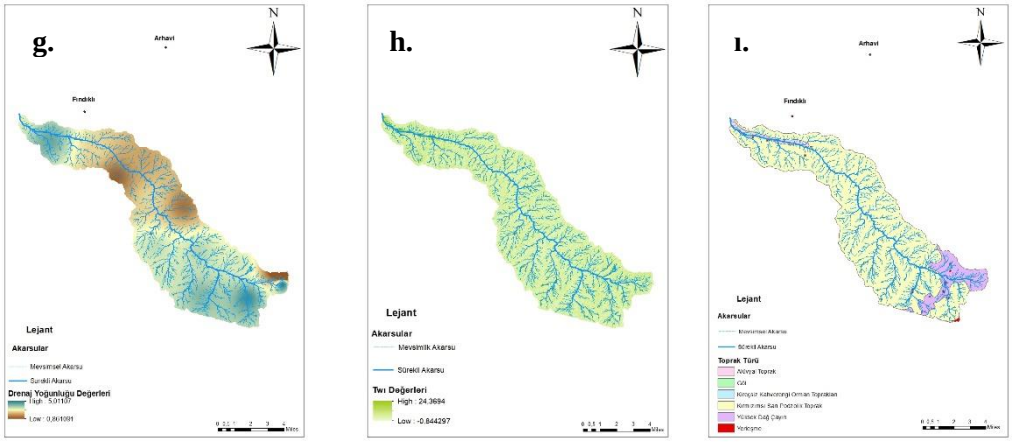
19.07.1983 tarihinde Rize ilindeki Abuçağlayan, Sümer, Hemşin ve Bodasarı deresinin taşması sonucunda Fındıklı ve Pazar ilçelerinde taşkın afeti meydana gelmiştir (Şekil 3.59). Şiddetli yağışlar sonucunda meydana gelen taşkın ve heyelanlar Hemşin, Bodasarı, Abuçağlayan, Sümer ve Kıyıcık Derelerinde etkili olmuştur. Rize'nin ilçelerinde 4 saat süren sağanak yağış sürüklediği malzemelerle heyelanlara neden olmuştur. Pazar ilçesinde kıyı oyulması nedeniyle 10 dönüm fındıklık ve çaylık alan tahrip olmuş Pazar- Hemşin karayolu yer yer yıkılmıştır. Kullanılan arazilerin 2964 dekarlık kısmı zarar görmüştür. 22 kişinin hayatını kaybettiği afette 45 ev ve 27 değirmen tamamen yıkılmıştır. Yaklaşık 143 bina hasarlı duruma gelmiş ve 6 köprü kısmen yıkılmıştır.



Şekil 3.59. Rize (Fındıklı, Pazar) Taşkın Sahası (1983) (Google Earth, DSİ, AFAD)

Çalışma sahasında yükselti değerleri 0 ve 3338 metre arasında değişmektedir. Afet yaşanan noktalarda havzanın deniz seviyesi ve yakın yükselti değeri olan alanlarına denk gelmektedir (Şekil 3.60.a). Yağış değerleri çalışma sahasında 1358 ila 2096 mm olarak değişmektedir (Şekil 3.60.b). Eğim değerleri havzada oldukça değişkenlik göstermekte, düz alanlar olan 0° değerleri ile 85° arasında eğim değerleri oluşmaktadır (Şekil 3.60.c). Havzada kireçsiz kahverengi orman toprakları, alüvyal topraklar, yüksek dağ çayırları, kırmızımsı sarı podzolik topraklar ve göl ile kaplı bir alandan meydana gelmiş olup afet sahası alüvyal topraklar ve yerleşim yerlerinden oluşmuştur (Şekil 3.60.ı).

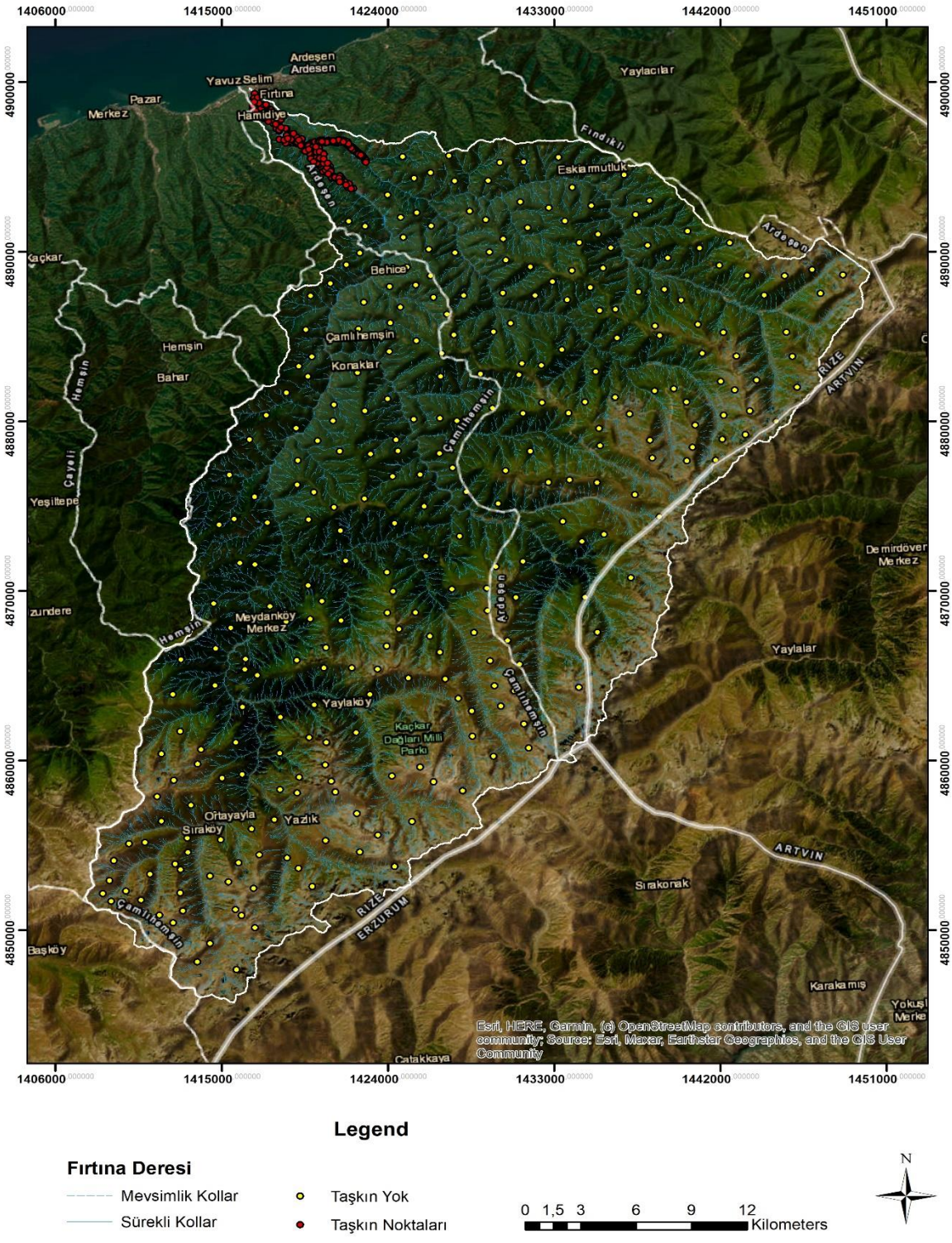




Şekil 3.60. Rize (Fındıklı, Pazar) Taşkınında (1983) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

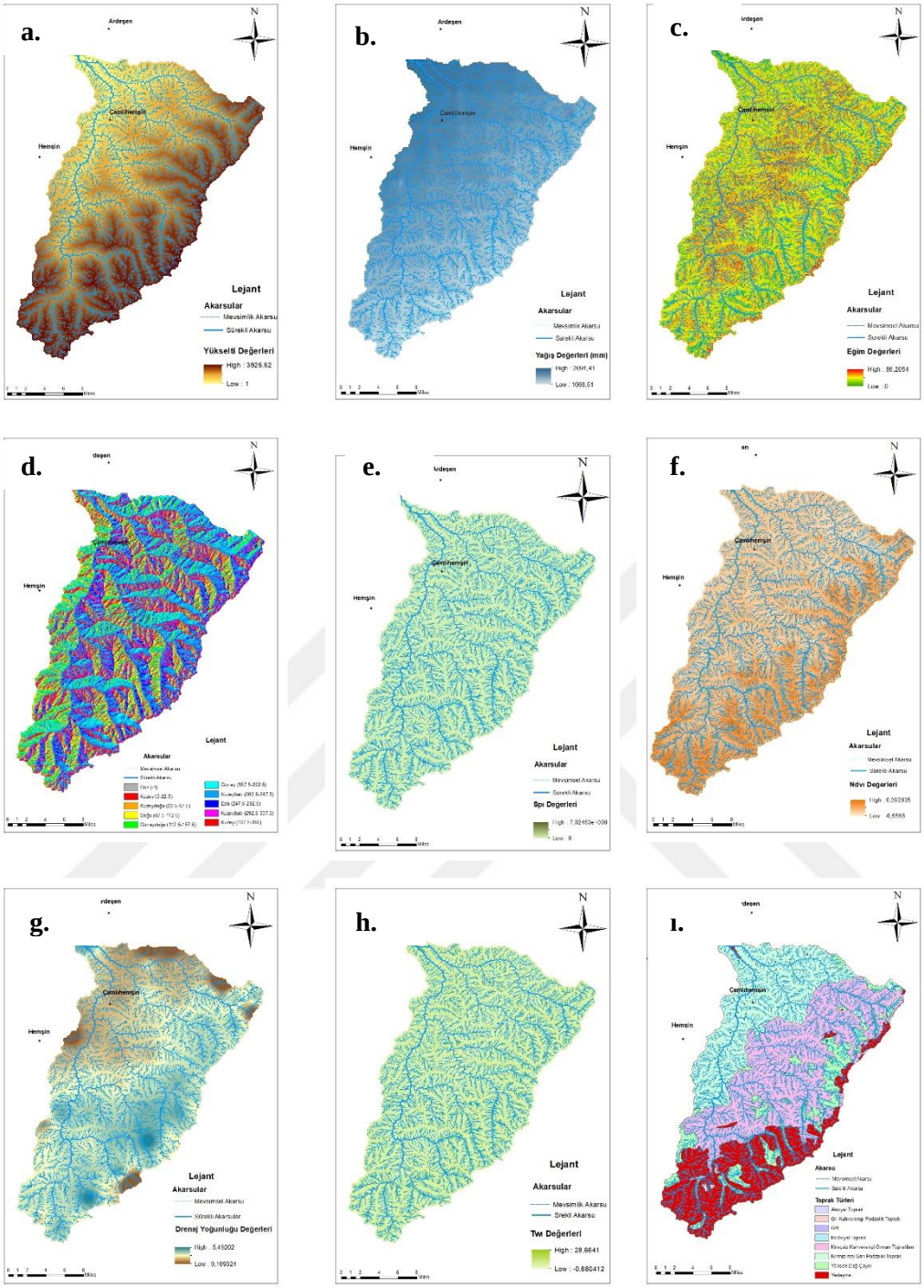
3.5.4 Rize (Pazar) taşkınları (1988)

21.08.1988 Pazar, Ardeşen ve Fındıklı ilçelerini kapsayan taşkınlara Hemşin, Bodasarı, Ardeşen, Fırtına, Konak, Işıklı dereleri sebep olmuştur. Taşkınların meydana geldiği bölgede meteoroloji istasyonlarının azlığı ve sadece sahil kesiminde bulunmaları yağışın havza içerisinde ne kadar bir alanda etkili olduğunun bilinmesini engellemektedir. Ancak alınan sonuçlar bu tarihe kadar istasyonun ölçtüğü en büyük değerdir. Afette 13 insan vefat ederken ciddi mal kayıpları meydana gelmiştir. Taşkın afetinin yayılım haritası Devlet Su İşleri tarafından oluşturulmuştur (Şekil 3.61).



Şekil 3.61. Rize (Pazar) Taşkın Sahası (1988) (Google Earth, DSİ, AFAD)

Çalışma sahasında yükselti değerleri 0 ve 3926 metre arasında değişmektedir (Şekil 3.62.a). Yağış değerleri çalışma sahasında 1066 ila 2091 mm olarak değişmektedir (Şekil 3.62.b). Eğim değerleri havzada oldukça değişkenlik göstermekten düz alanlardan 86º arasında eğim değerleri oluşmaktadır. (Şekil 3.62.c) Havzada taşkın tetikleyici parametreler sayısallaştırılıp çalışmada kullanılmıştır (Şekil 3.62).

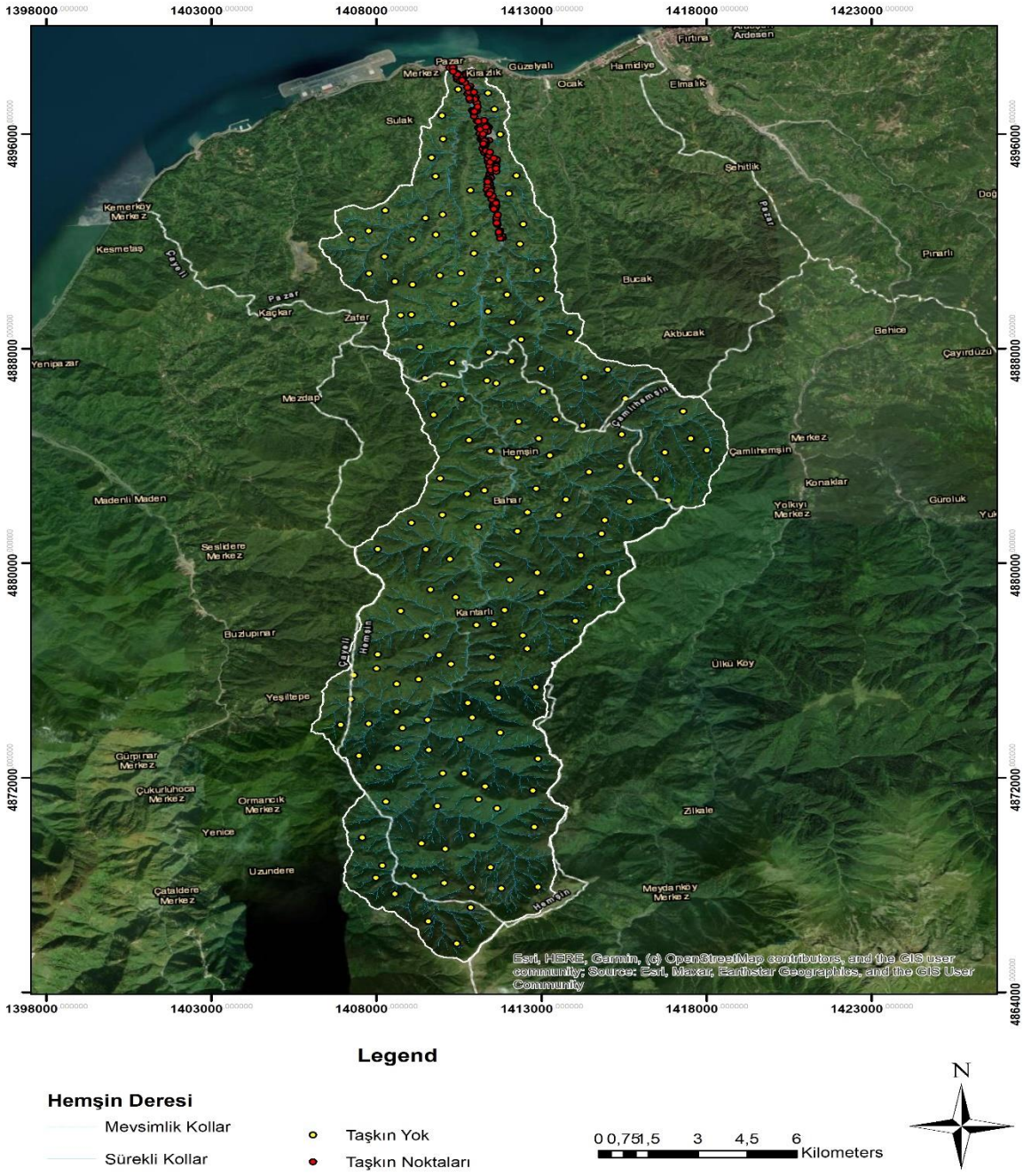


Şekil 3.62. Rize (Pazar) Taşkınında (1988) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.5.5 Rize (Çayeli, Güneysu, Pazar) taşkınları (1995)

31 Ağustos 1995 tarihinde Rize ili ve çevresinde oluşan taşkınlar özellikle Ardeşen, Pazar, Çayeli ve Güneysu ilçelerinde meydana gelmiştir (Şekil 3.63). Taşkınların etkili olduğu

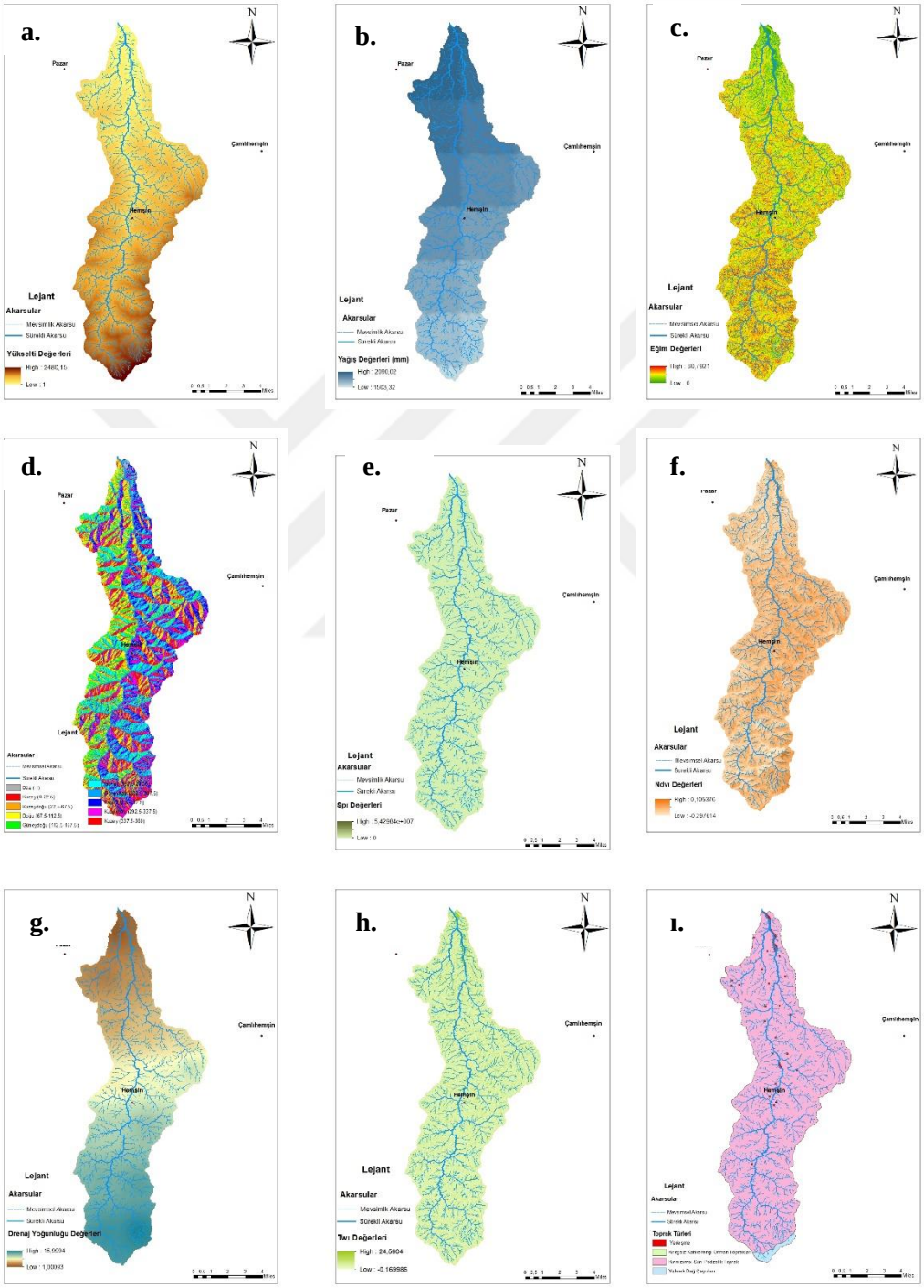
havzalar sahilden 2-5 km içeride Güneysu ile Işıklı Deresi arasında kalan küçük akarsu havzalarıdır. Yapılan araştırmalara göre bu bölgede görülen son 70 yılın en büyük taşkınıdır. Taşkın sonucunda 9 kişi hayatını kaybetmiştir. Yaşanan afetin yayılım haritası DSİ tarafından haritalanmıştır.



Şekil 3.63. Rize (Çayeli, Güneysu, Pazar) Taşkın Sahası (1995) (Google Earth, DSİ, AFAD)

Rize'de 1995 tarihinde yaşanan taşkın afeti birden çok derenin taşması ile 3 farklı ilçede meydana gelmiştir. Bu afetin yaşandığı havzaya bakıldığında havzanın yükselti değerleri 0-2480 metre yüksekliği arasında değişmektedir (Şekil 3.64.a). Yağış değerleri 1503-2090 mm

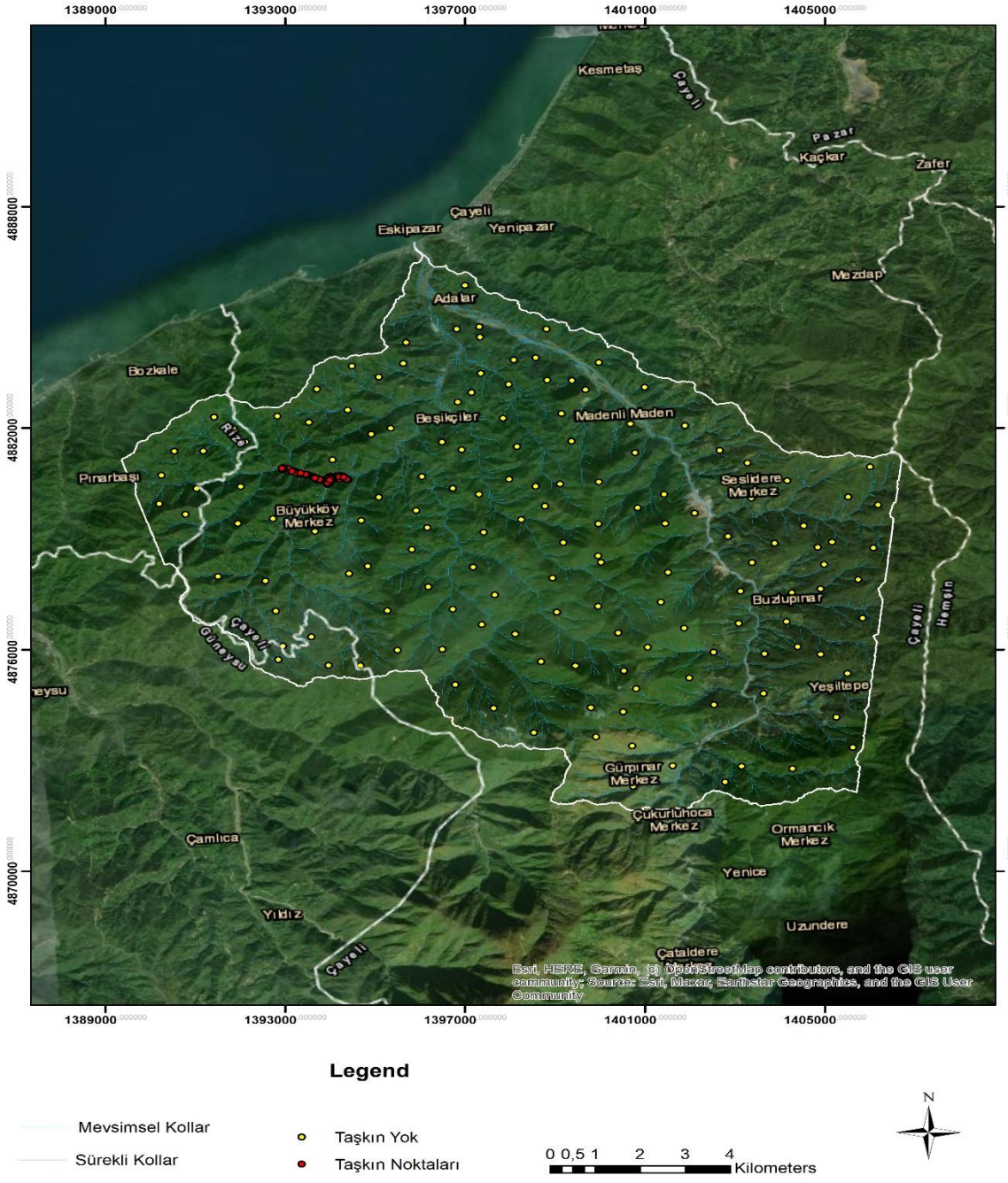
arasında değişmekte olup havzanın yüksek yağış alan yerlerinde afet meydana gelmiştir (Şekil 3.64.b). Havza yüksek ve değişken eğim değerleri sahip olup bu değerler 0-80º arasında değişmektedir. Taşkın afetinin yaşandığı saha düşük eğim değerlerine sahiptir (Şekil 3.64.c). Kireçsiz kahverengi orman toprakları, kırmızımsı sarı podzolik topraklar ve yüksek dağ çayırları toprak tiplerinden havza oluşmaktadır (Şekil 3.64.ı).



Şekil 3.64. Rize (Çayeli, Güneysu, Pazar) Taşkınında (1995) Taşkına Etkili parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.5.6 Rize (Çayeli) taşkınları (2001)

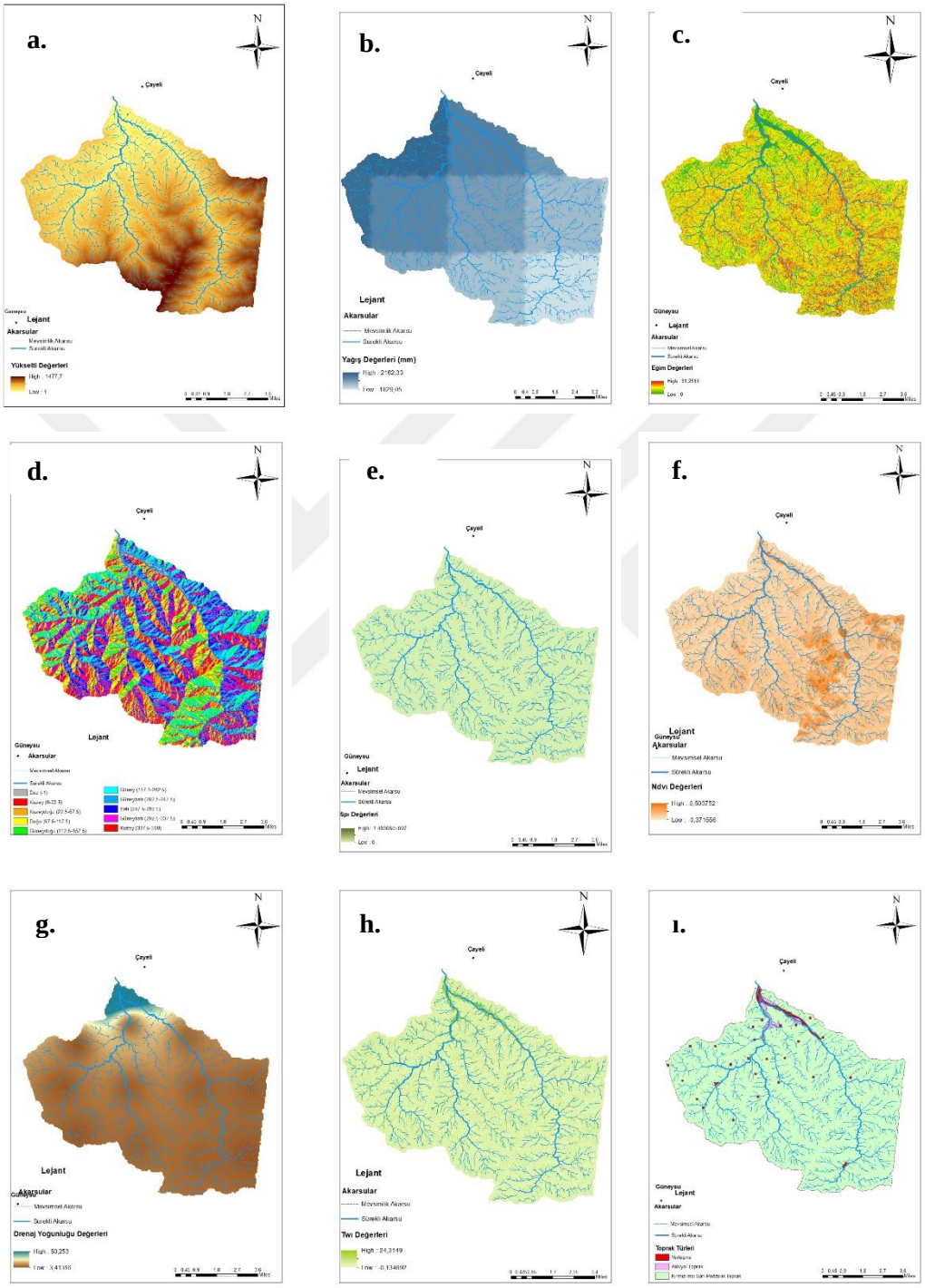
11.11.2001 tarihinde Rize ilindeki Çayeli ilçesinde bulunan Fırtına, Şairler, Aşıklar, Hemşin, Bodasarı, Dolana, Işıklı, Arılı derelerinin taşması nedeniyle 10 kişinin vefat ettiği, pek çok tarım arazilerinin zarar gördüğü, ciddi mal kayıplarına neden olan taşkın meydana gelmiştir (Şekil 3.65).



Şekil 3.65. Rize (Çayeli) Taşkın Sahası (2001) (Google Earth, DSİ, AFAD)

2001 tarihinde Rize ilinin Çayeli ilçesinde yaşanan taşkın afeti yükselti değerleri deniz seviyesinden 1427 metre değerlerine ulaşan bir alanda meydana gelmiştir (Şekil 3.66.a).

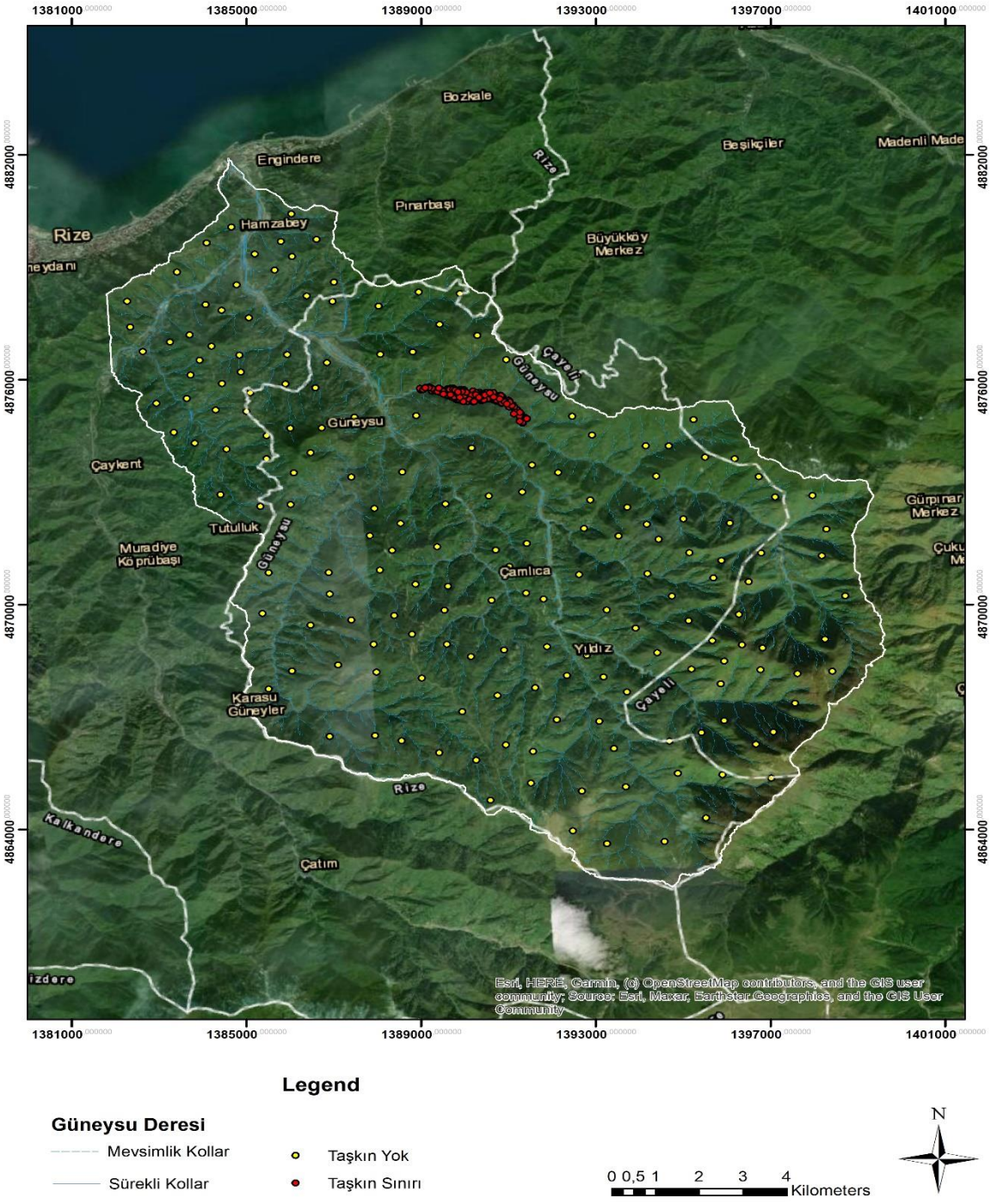
Yağış yükseklikleri havza içerisnden 1800 mm'lerden 2100 mm değerlerine değişkenlik göstermektedir (Şekil 3.66.b). Havza içerisinde taşkın tetikleyici olarak belirlenen parametreler sayısallaştırılıp çalışmada kullanılmıştır (Şekil 3.66).



Şekil 3.66. Rize (Çayeli) Taşkınında (2001) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

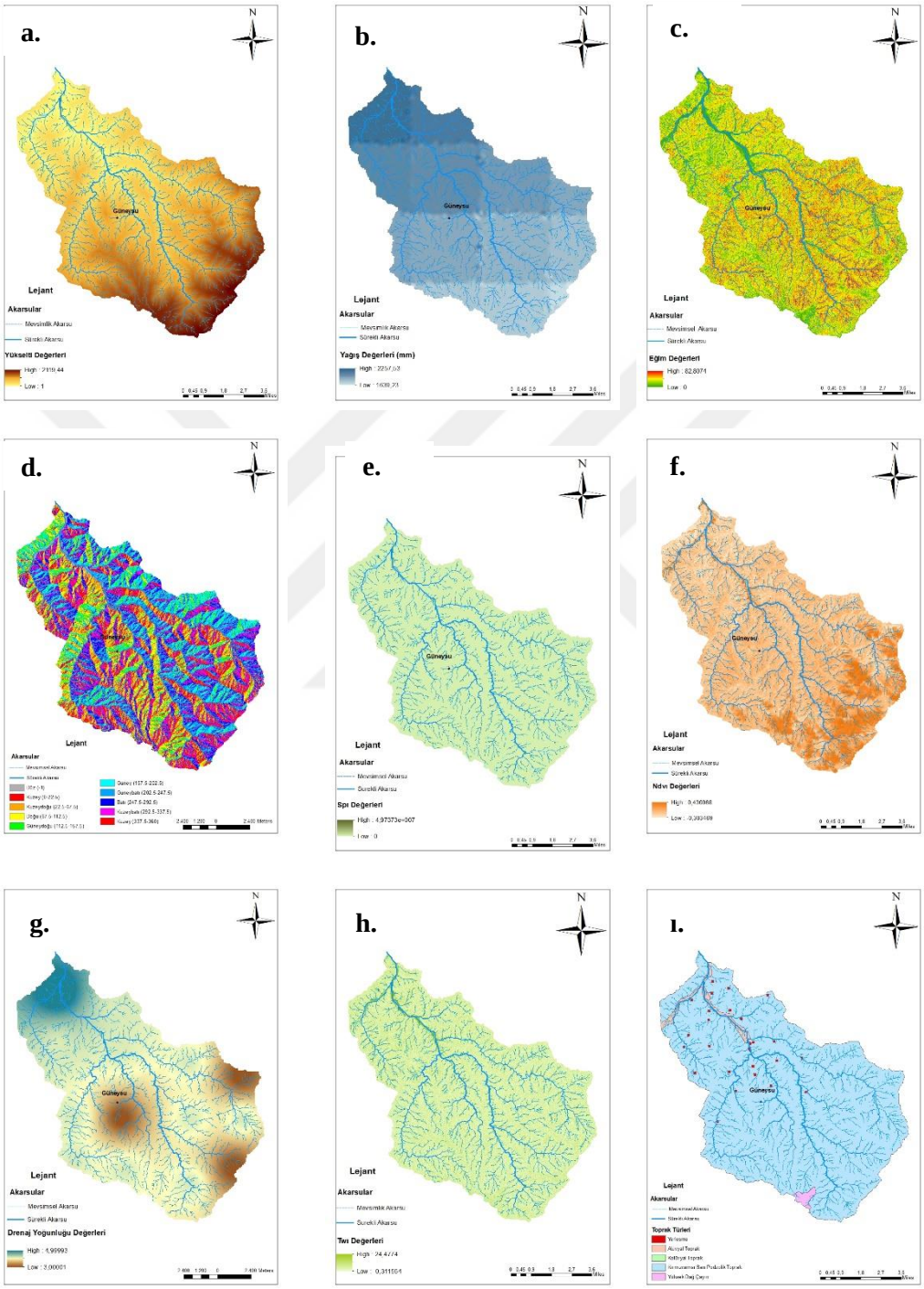
3.5.7 Rize (Çayeli ve Güneysu) taşkınları (2002)

23.07.2002 tarihinde Güneysu ve Çayeli deresi taşması nedeniyle iki ilçenin merkezi sular altında kalmıştır (Şekil 3.67). Güneysu İlçesi'ne bağlı Selamet köyü'nün Yeni Camii mevkiinde yaşanan toprak kayması sonucu 4 ev, toprak altında kaldı. Çayeli'ne bağlı Limanköy ve Yenihisar Köyleri'nde ise 5 kişi yaşamını yitirmiştir. Yağışların devam etmesi üzerine Selamet, Islahiye, Limanköy, Yenihisar köyleri ile, Muradiye beldesinde evler tamamen boşaltılmıştır. Yaşanan afet nedeniyle 34 kişi yaşamını yitirmiştir.



Şekil 3.67. Rize (Çayeli ve Güneysu) Taşkın Sahası (2002) (Google Earth, DSİ, AFAD)

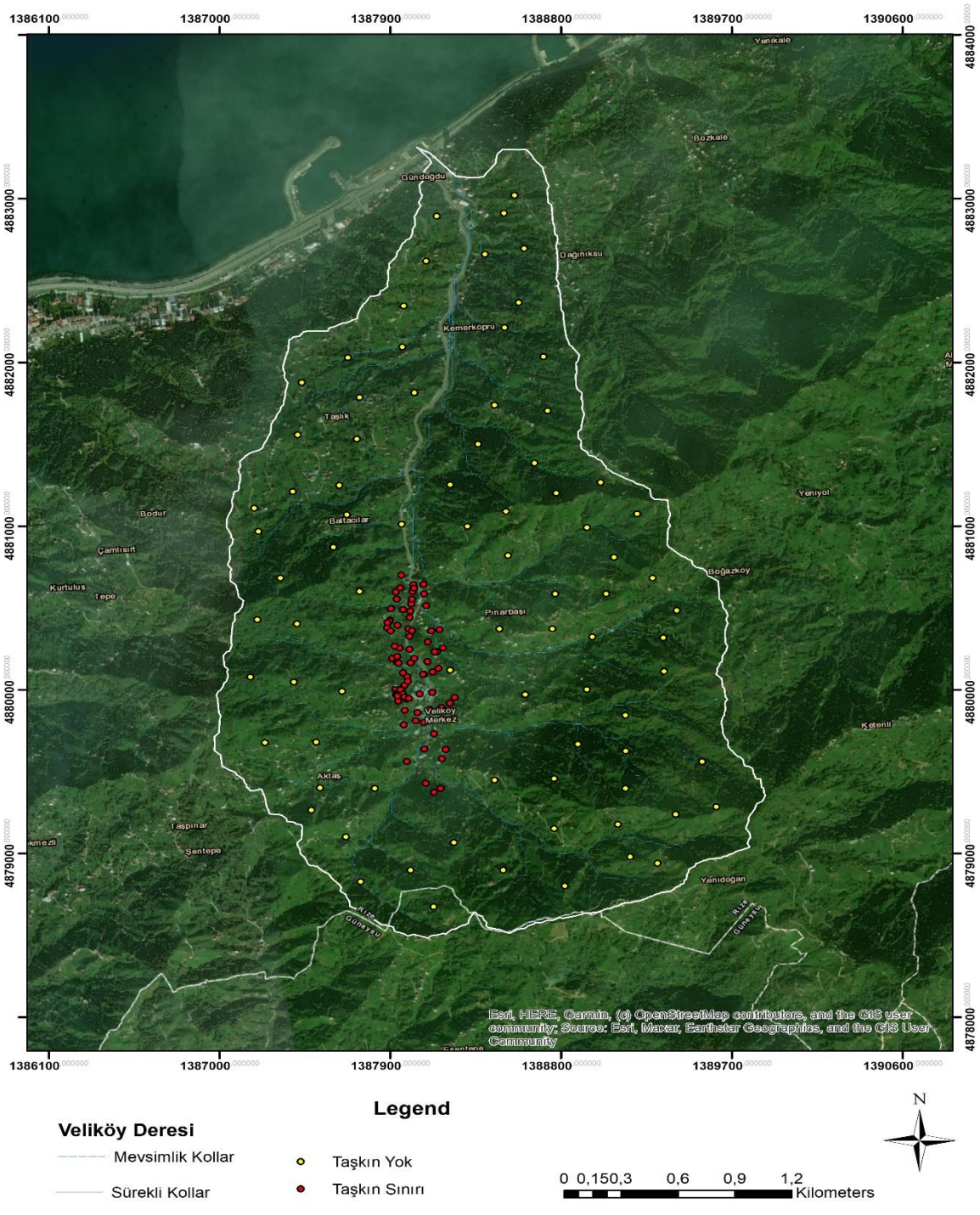
2002 yılında Rize ilinin Çayeli ve Güneysu ilçelerinde yaşanan taşkın çalışmasını incelemek amacıyla 9 adet taşkına etki eden parametre ile çalışılmış ve bu parametreler sayısallaştırılmıştır (Şekil 3.68).



Şekil 3.68. Rize (Çayeli ve Güneysu) Taşkınında (2002) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.5.8 Rize (İyidere) taşkınları (2005)

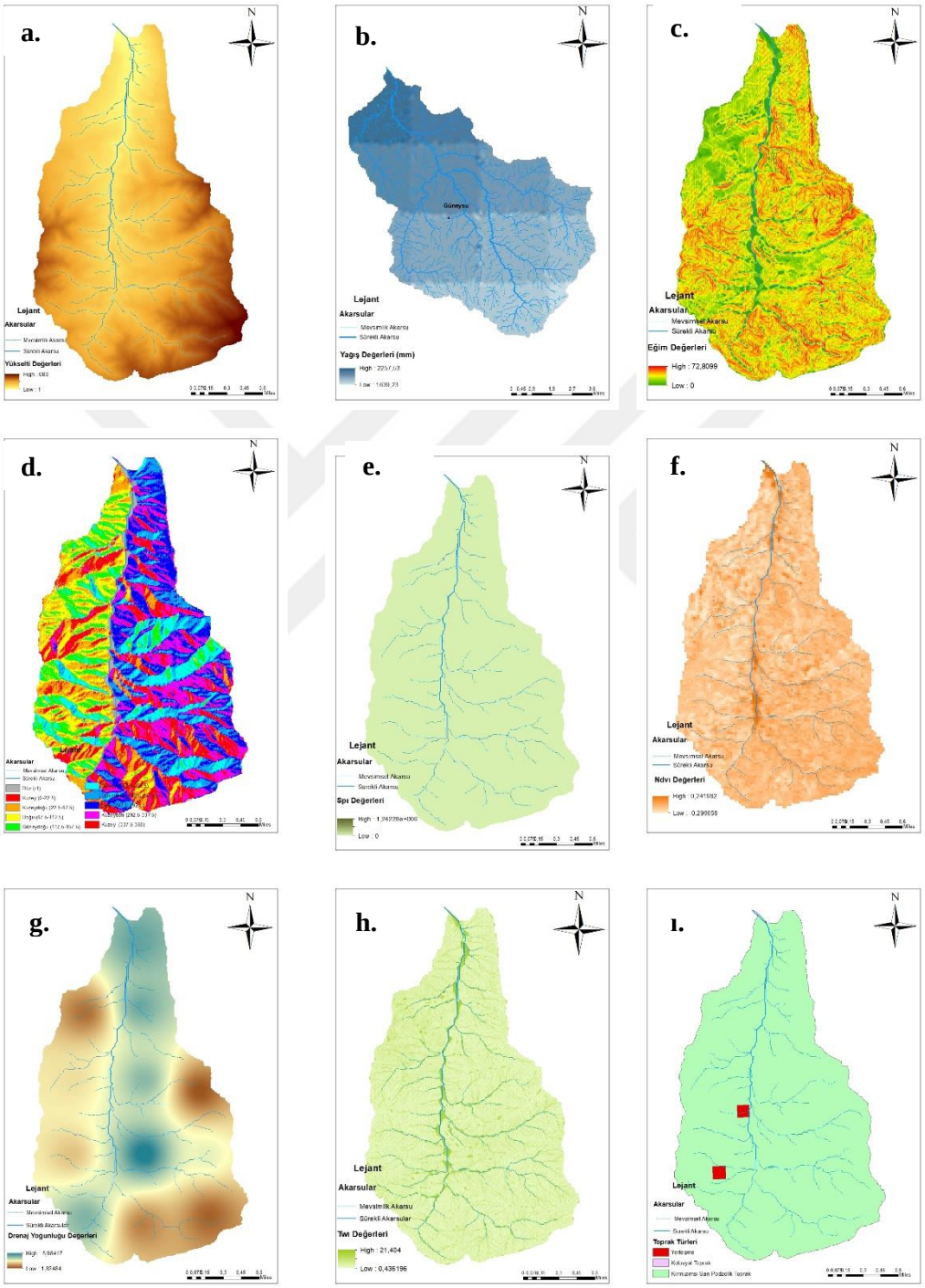
11.07.2005 tarihinde Rize iline bağlı Veliköy köyünün yakınındaki yan derelerin taşması nedeniyle 12 vatandaşın ölümüyle sonuçlanmıştır (Şekil 3.69).



Şekil 3.69. Rize (İyidere) Taşkın Sahası (2005) (Google Earth, DSİ, AFAD)

Afet sahasının meydana geldiği havzada akarsular denize dökülmektede bu nedenle yükselti değerleri havza içerisinde 0 ila 683 metre arasında değişkenlik göstermektedir (Şekil 3.70.a). Havzada yağış değerleri 1638-2257 mm arasında oldukça yüksek değerlere sahiptir (Şekil

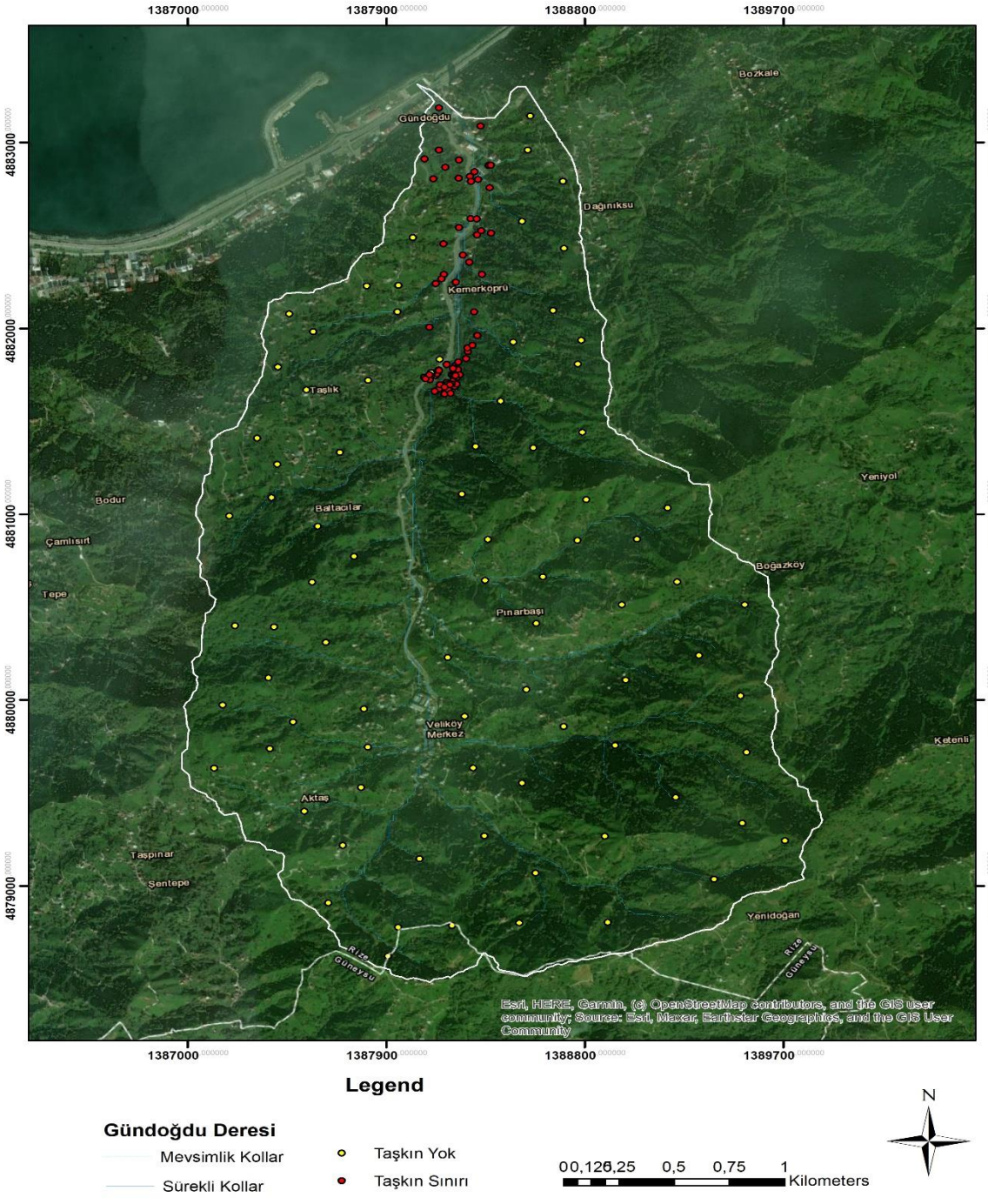
3.70.b). Eğim değerleri incelendiğinde düz alanların genelde sahil kısımlarında bulunduğunun havzanın memba kısmının yüksek eğim değerlere ulaştığı görülmektedir (Şekil 3.70.c). Havzanın karakteristik özelliklerini gösteren parametreler sayısallaştırılmış ve çalışmada kullanılmıştır (Şekil 3.70).



Şekil 3.70. Rize (İyidere) Taşkınında (2005) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.5.9 Rize (İyidere) taşkınları (2010)

26.08.2010 tarihinde Rize ilinin İyidere ilçesinde sel afeti meydana gelmiş, afet sahası Devlet Su İşlerinden alınan veriler neticesinde sayısallaştırılmış ve çalışmada kullanılmak amacıyla noktasal veriye dönüştürülmüştür (Şekil 3.71). Meydana gelen heyelan ve su baskını sonucu 14 yurttaşımızın hayatını kaybetmesine ve yüzün üzerinde yapının ağır hasar görerek kullanılamaz hale gelmesine neden olmuştur. Toplamda 27 vatandaş vefat etmiştir (Şekil 3.72).

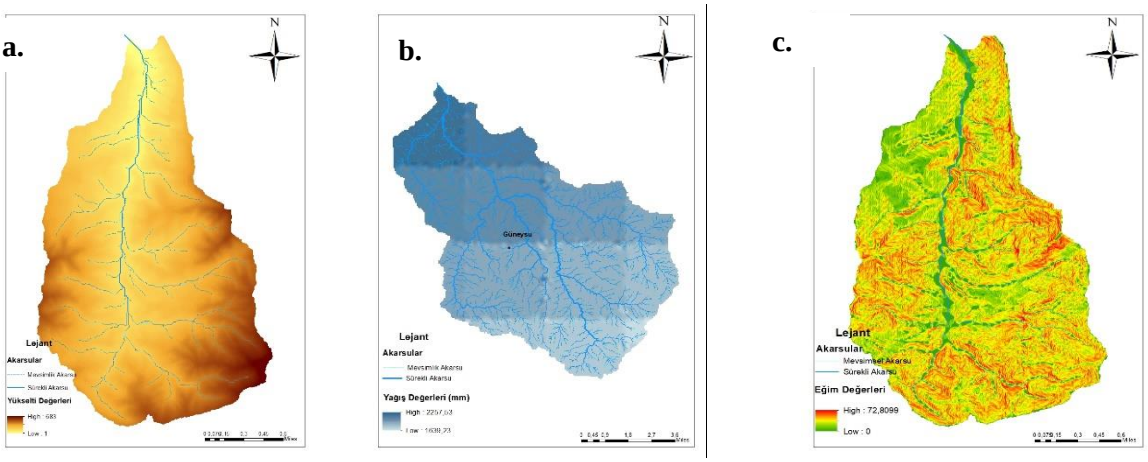


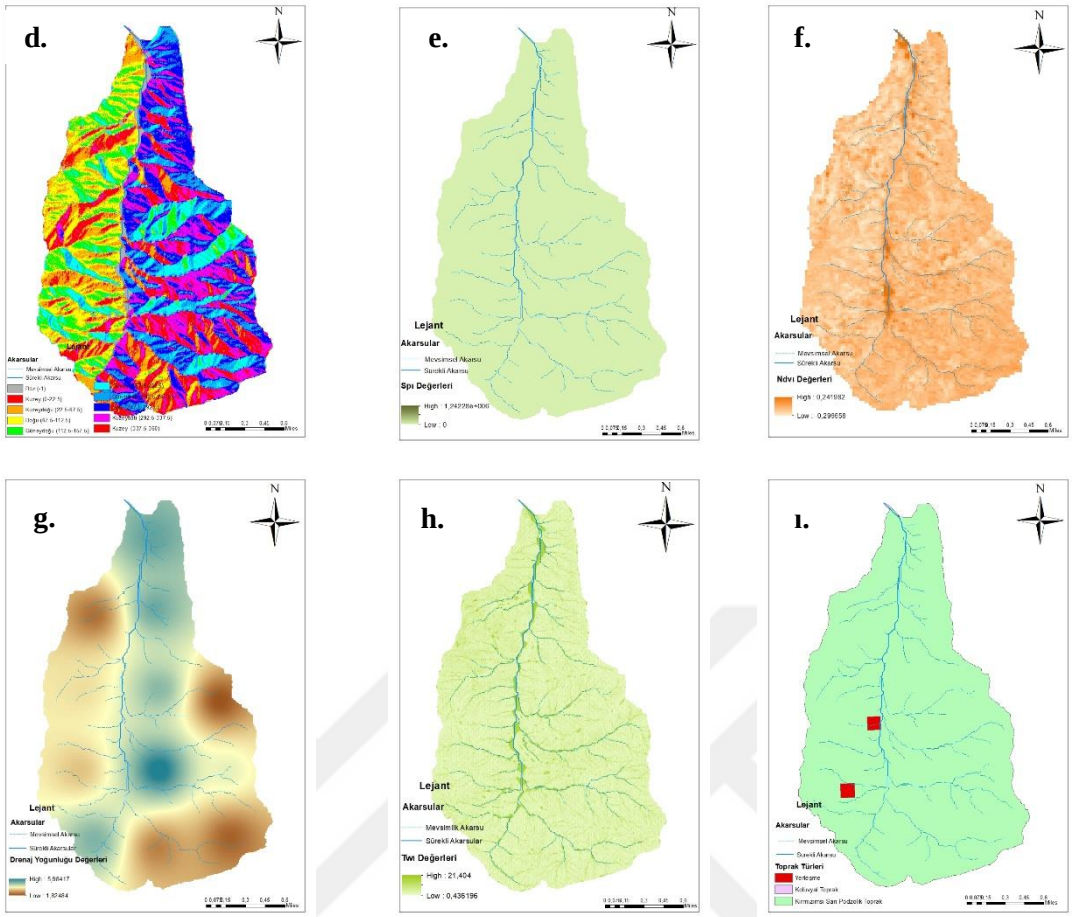
Şekil 3.71. Rize (İyidere) Taşkın Sahası (2010) (Google Earth, DSİ, AFAD)



Şekil 3.72. Rize (İyidere) Taşkın Görüntüleri (2010)

Havzada yükselti değerleri 0-683 metre arasında değişmektedir (Şekil 3.73.a). Yağış yüksekliği değerleri 1638-2257 mm arasındadır (Şekil 3.73.b). Eğim değerleri 0-73 derece arasında değişmekte afet yaşanan noktalarda eğim değerleri 0 dereceye yakın olmaktadır (Şekil 3.73.c). Havzadaki toprak tipleri kolüvyal topraklar ve kırmızımsı sarı podzolik topraklar olarak değişkenlik göstermektedir (Şekil 3.73.ı)

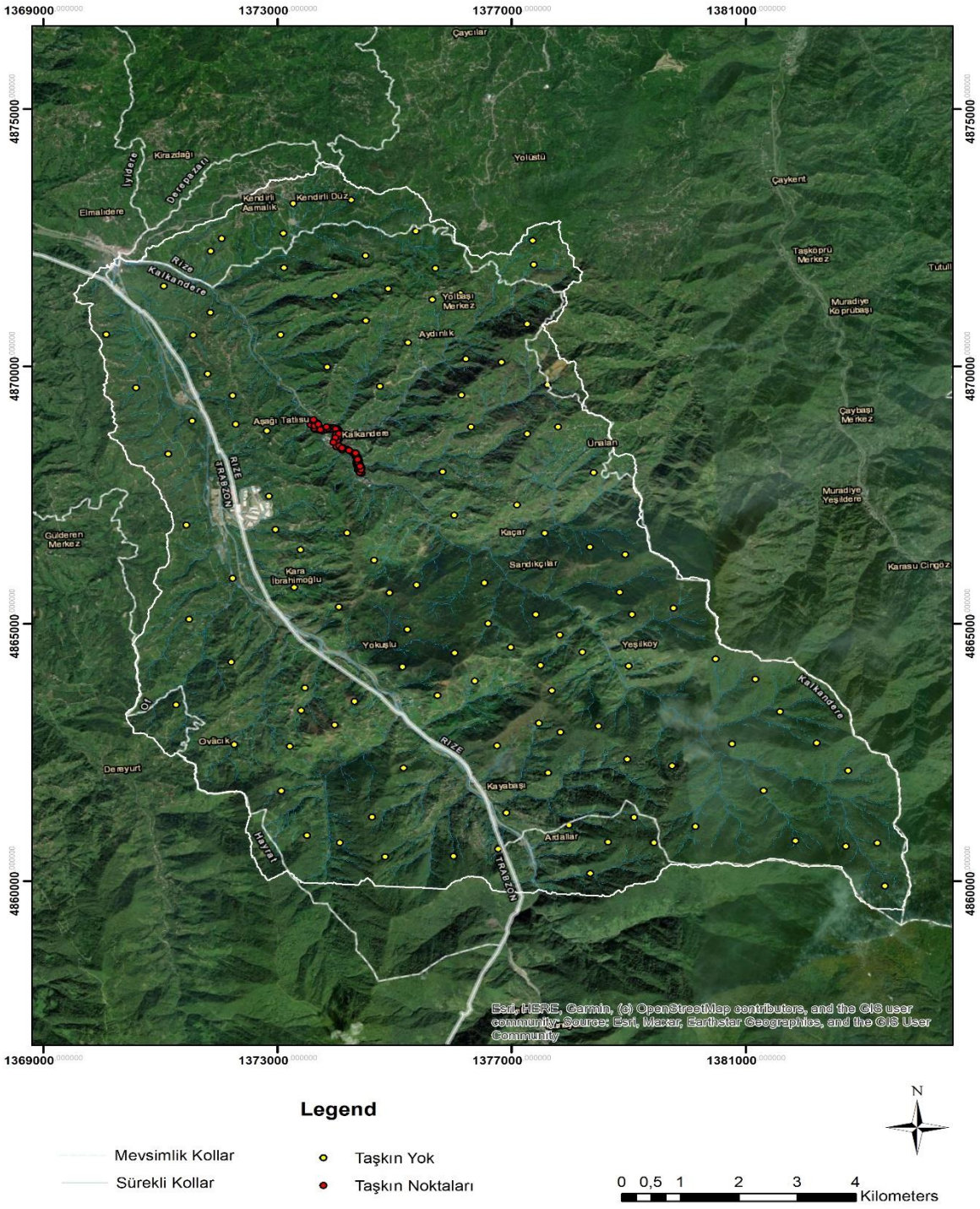




Şekil 73. Rize (İyidere) Taşkınında (2010) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

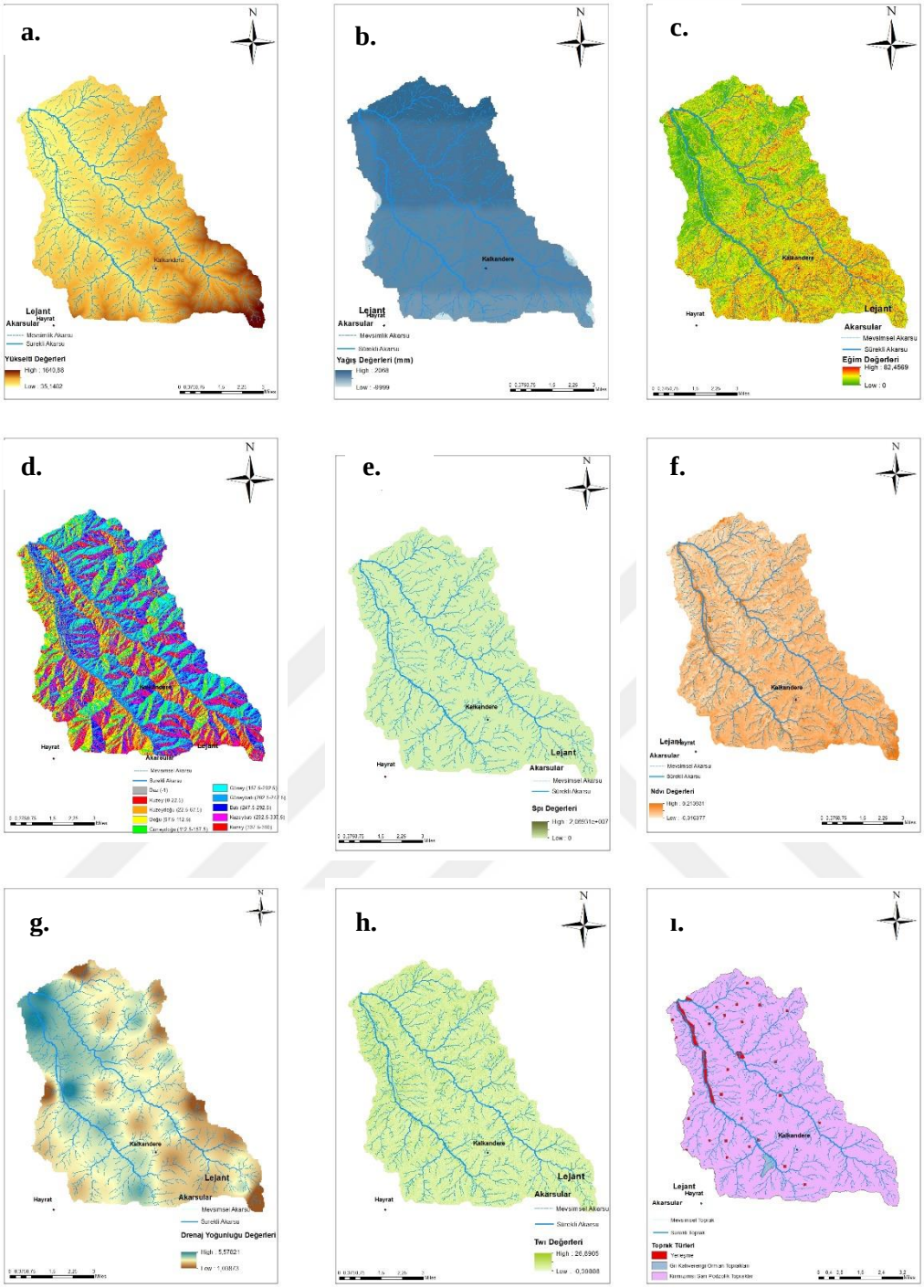
3.5.10 Rize (Fındıklı, Kalkandere) taşkınları (2016)

01.09.2016 tarihinde Rize ilinin Fındıklı ve Kalkandere ilçelerinde Çağlayan, Kalkandere ve Arılı derelerinin taşması sonucu 5 vatandaş vefat etmiştir (Şekil 3.74). Bahse konu havzaya 24 saat içerisinde 290 kg/m2 yağış düşmüş taşkın yaşanmıştır. Taşkında 1 çocuk sel sularına kapılarak kaybolmuştur. Taşkın ve heyelan aynı anda yaşanması pek çok köy yolunun kapanmasına yol açmıştır. DSİ'nin afet sonucunda yayınladığı rapora göre, Kale Deresi hidrodinamik modelleme çalışmaları sonucunda yetersiz kapasitede olduğu belirlenen ve taşkına neden olabilecek Rize şehir merkezinde yer alan menfezin kapalı kesit'in yıkılarak uygun kesitlerde yeniden yapılması ve dere yatağına yapılan müdahalelerin kaldırılması gerektiği görülmüştür.



Şekil 3.74. Rize (Fındıklı, Kalkandere) Taşkın Sahası (2016) (Google Earth, DSİ, AFAD)

2016 yılında Rize ilinde birden çok akarsunun taşması sonucu Rize ilinin 2 Fındıklı ve Kalkandere ilçesi ve bağlı köylerinde taşkın afeti meydana gelmiştir. Yaşanan bu afet sahasını incelemek amacıyla sahanın 9 farklı parametre özellikleri incelenmiş ve bu parametreler sayısallaştırılmıştır (Şekil 3.75).

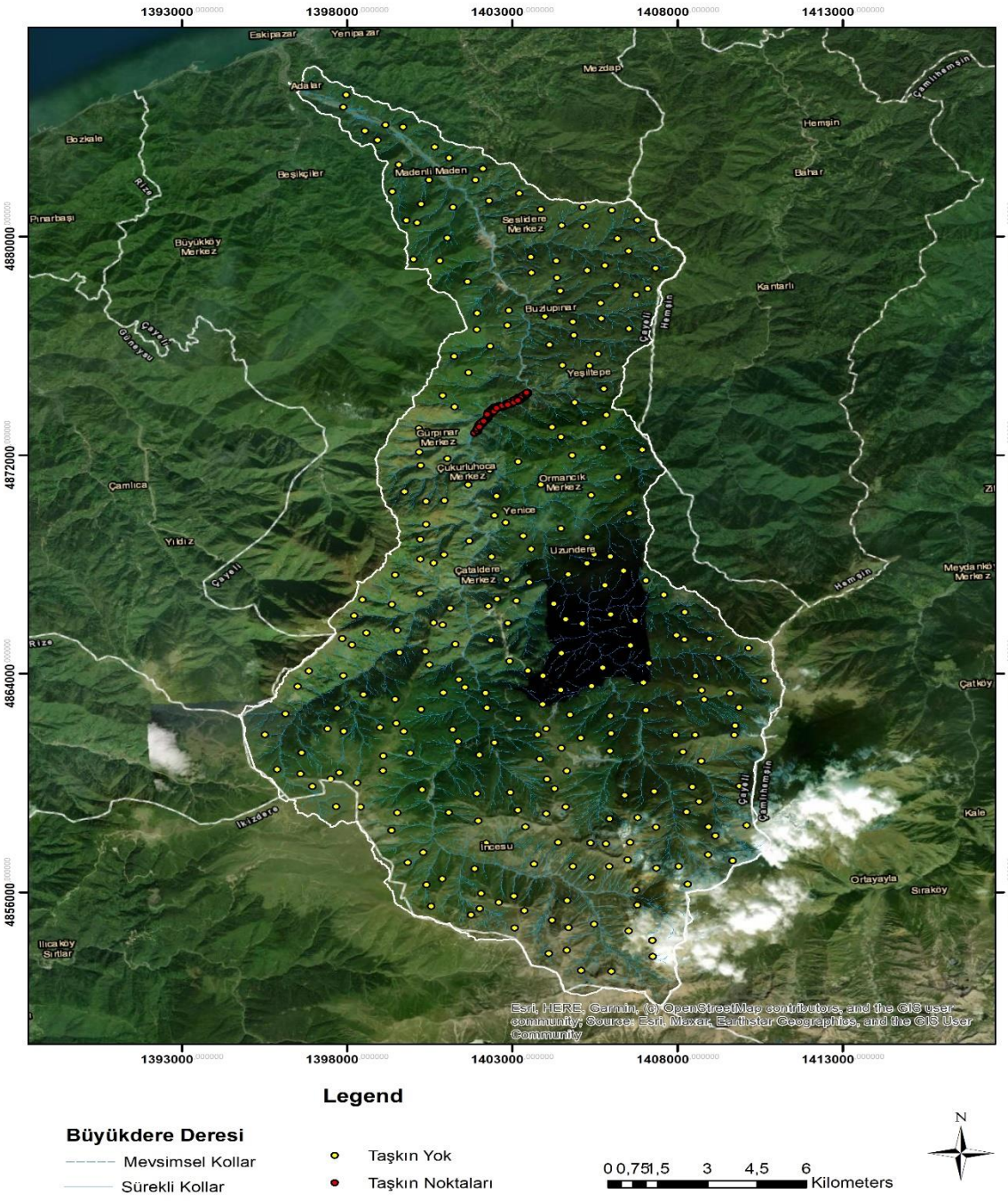


Şekil 3.75. Rize (Fındıklı, Kalkandere) Taşkınında (2016) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.5.11 Rize (Çayeli) taşkınları (2017)

10.02.2017 tarihinde Rize'nin Çayeli ilçesinde Sabuncular ve Büyükderenin taşması nedeniyle taşkın afeti meydana gelmiştir (Şekil 3.76). Başlıca yerleşke yerlerinden Kesikpınar, Gürpınar ve Beydere köyünde 2 vatandaş vefat etmiş, ciddi mal kayıpları meydana gelmiştir. Karayolu taşkın ile dolmuştur. Ulaşımda sıkıntılar yaşanmaktadır. Yan

derelerin taşkın ile gelmesi sonucu yol geçişlerinde tıkanmalar meydana gelmiş ve ana derenin taşmasına sebebiyet vermiştir.



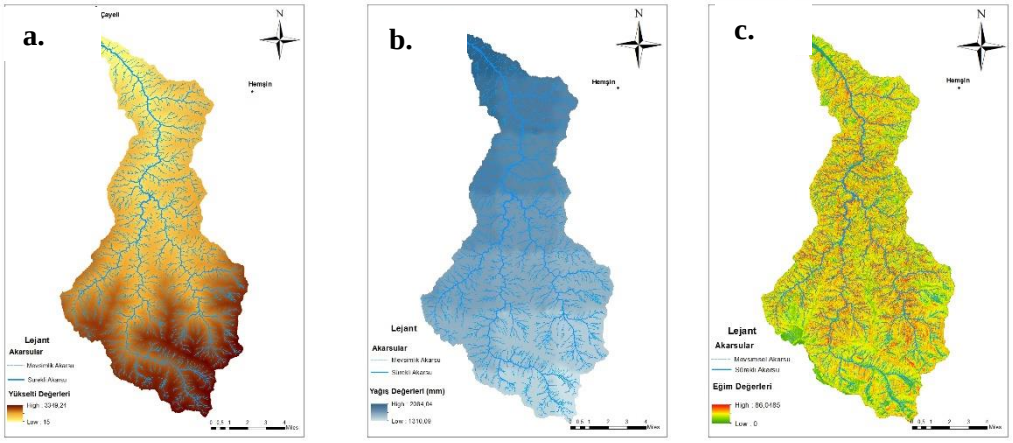
Şekil 3.76. Rize (Çayeli) Taşkın Sahası (2017) (Google Earth, DSİ, AFAD)

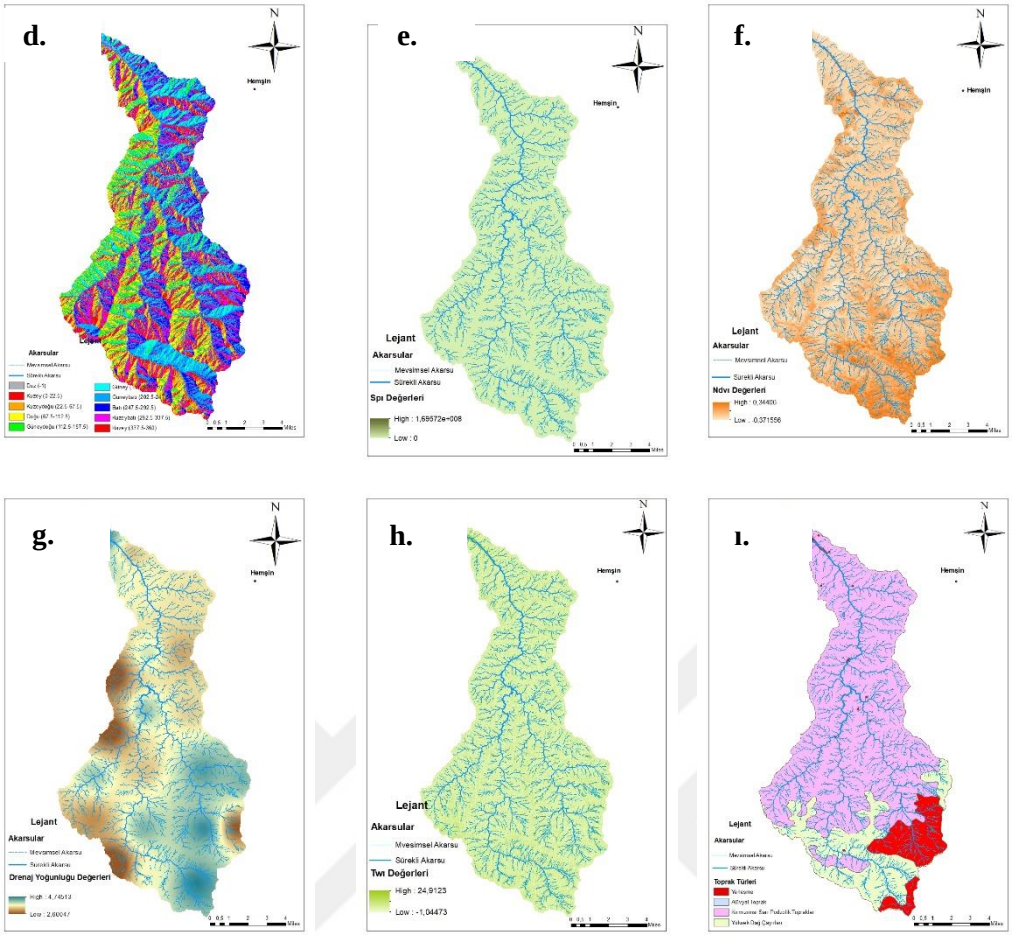
Çayeli Kaptanpaşa Köyü Gürpınar Mahallesinde heyelan altında kalan 2 kişiden biri vefat etti biri yaralı kurtarıldı. Çayeli Kaptanpaşa köyü yolu karayolu ulaşımına kapanmıştır (Şekil 3.77).



Şekil 3.77. Rize (Çayeli) Taşkın Görüntüleri (2017)

2017 yılında yaşanan afet sahası incelendiğinde havzanın yükselti değerleri 15-3349 metre arasında değiştiği ancak afetin yaşandığı noktalar havza ortalamasında olan yüksekliğe yakın kısımlarda meydana geldiği görülmektedir (Şekil 3.78.a). Havzanın yağış yükseklikleri 1310-2384 mm arasında değişmektedir (Şekil 3.78.b). Havzada kırmızımsı sarı podzolik topraklar, alüvyal topraklar ve yüksek dağ çayırlarından meydana gelen havzada afet kırmızımsı sarı podzolik topraklar ve yerleşim alanlarında yaşanmaktadır (Şekil 3.78.ı).

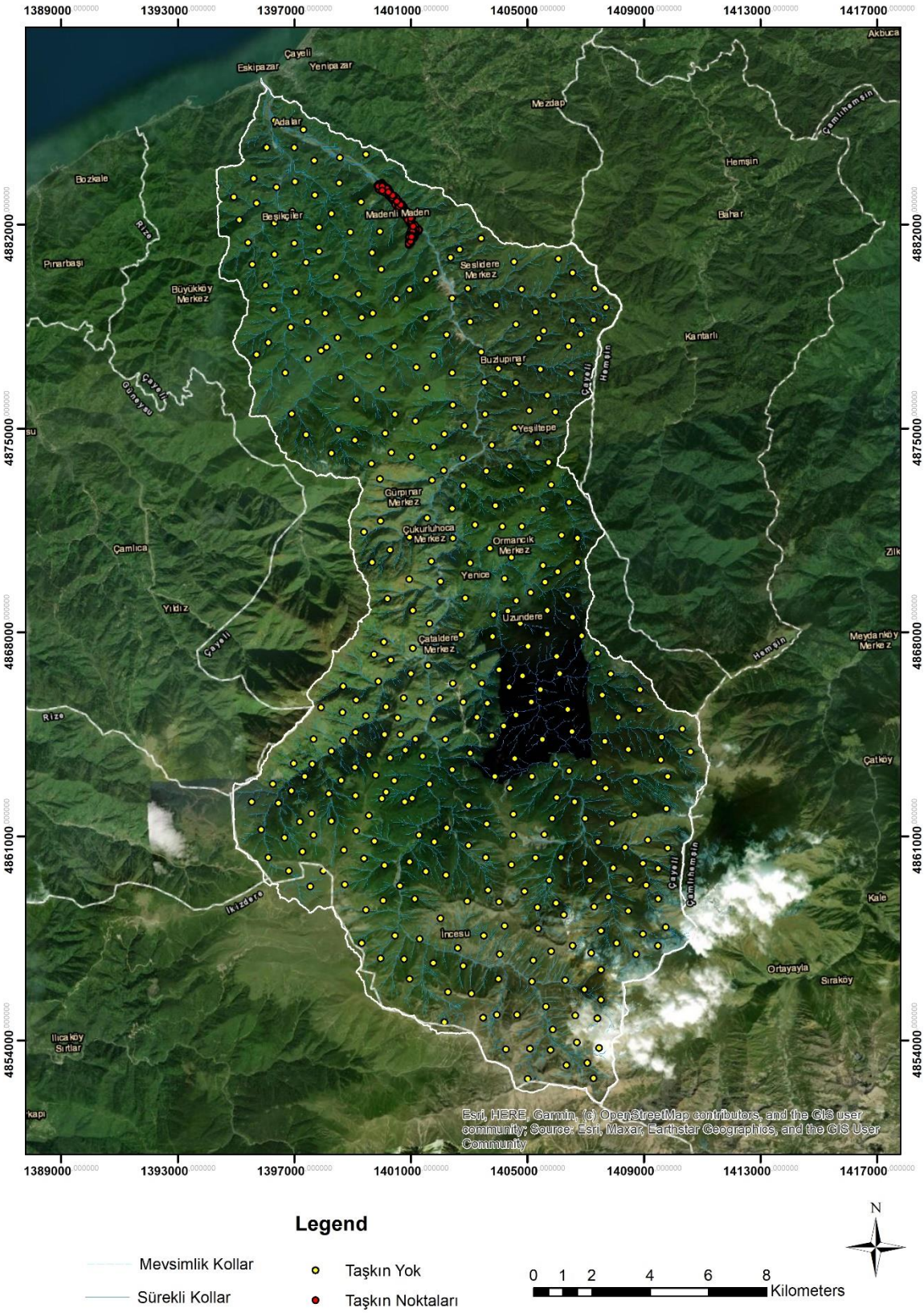




Şekil 3.78. Rize (Çayeli) Taşkınında (2017) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.5.12 Rize (Çayeli) taşkınları (2020)

Rize'de son 24 saatte metrekareye düşen 250 kilogram yağış felakete yol açmıştır (Şekil 3.79). Sel ve heyelanların vurduğu kentte 2 kişi hayatını kaybetmiş, 10 kişi yaralı kurtarılmıştır. 12 köye ulaşımın sağlanamadığı kentte, 2 ev ile yol ve köprüler çöktü, alt ve üst yapıda hasarlar oluştu, onlarca araç sele kapıldı mahsur kalan 36 kişi de tahliye edilmiştir. DSİ'nin hazırladığı rapora göre, tarihi kemer köprüsünün hidrolik olarak yetersiz olması nedeniyle suyun önünde set oluşmasına ve afetin büyümesine neden olduğu ifade edilmiştir. Aşırı yağış nedeniyle yol seviyesine çıkan su ulaşımı engellemiştir (Şekil 3.80).

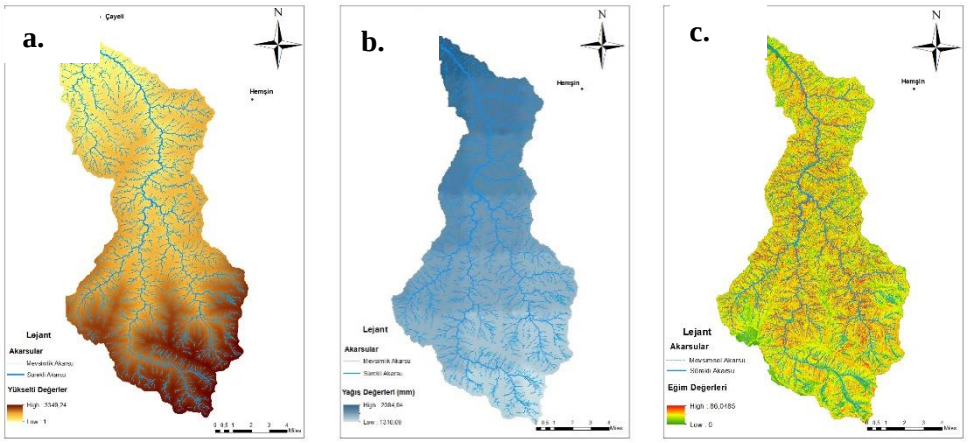


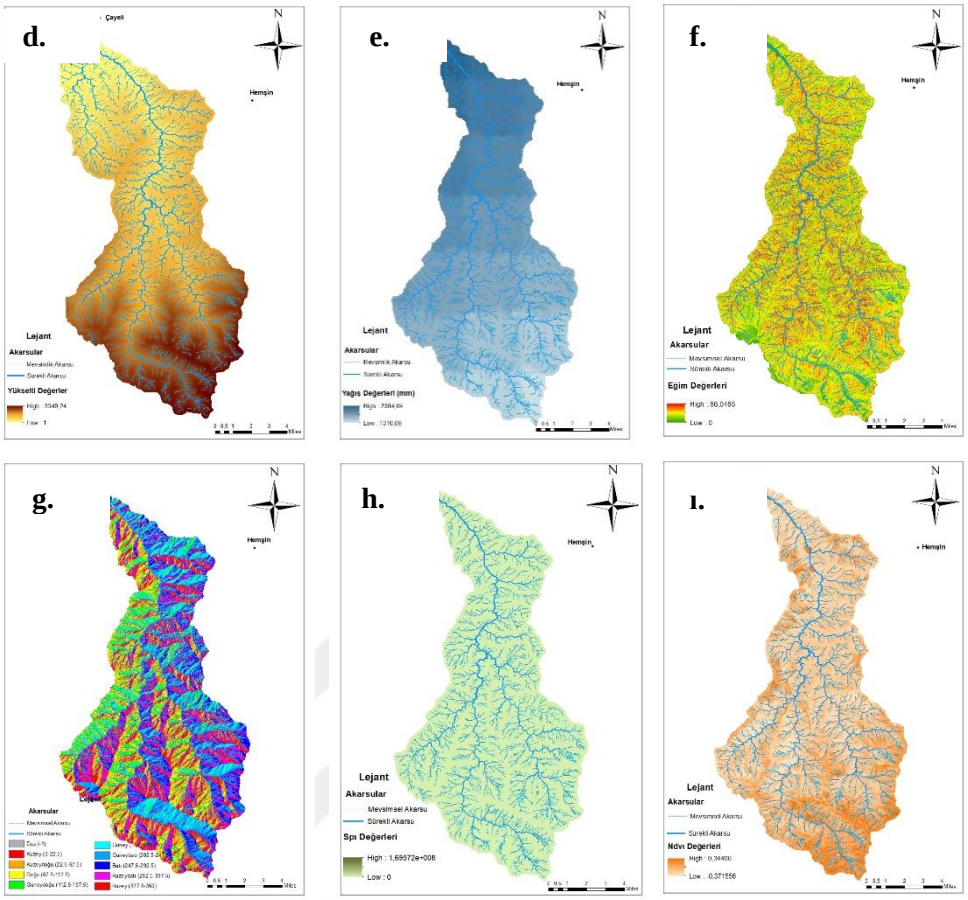
Şekil 3.79. Rize (Çayeli) Taşkın Sahası (2020) (Google Earth, DSİ, AFAD)



Şekil 3.80. Rize (Çayeli) Taşkın Görüntüleri (2020)

Taşkın sahasının meydana geldiği havzada akarsular denize dökülmektede bu nedenle yükselti değerleri havza içerisinde 0 ila 3349 metre arasında değişkenlik göstermektedir (Şekil 3.81.a). Havzada yağış değerleri 1310-2384 mm arasında oldukça yüksek değerlere sahiptir (Şekil 3.81.b). Eğim değerleri incelendiğinde havza içerisinde ciddi değişkenlik gösterdiği 0 ila 86 ° arasında eğim değerleri görülmektedir (Şekil 3.81.c). Havzanın karakteristik özelliklerini gösteren parametreler sayısallaştırılmış ve çalışmada kullanılmıştır (Şekil 3.81).

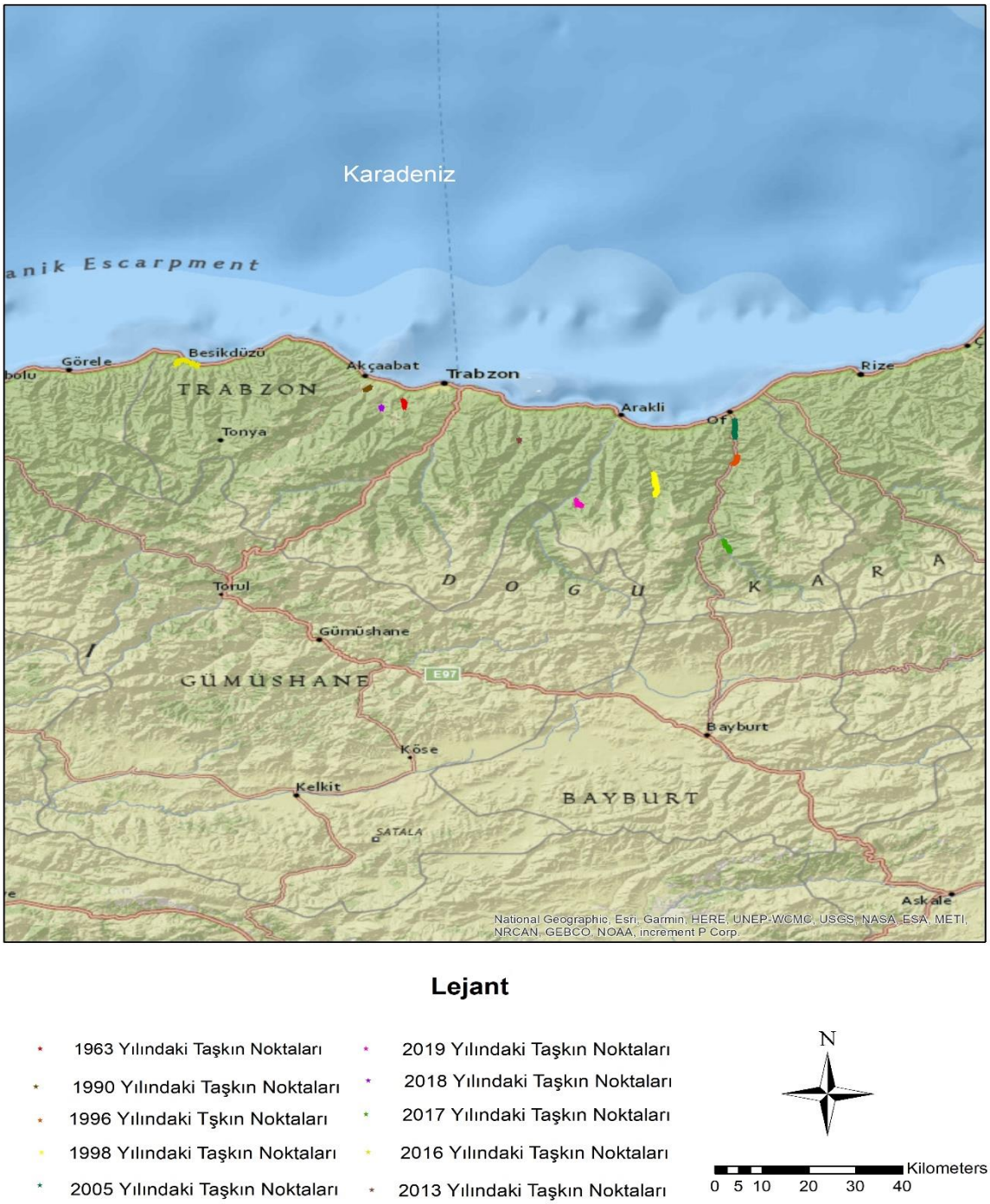




Şekil 3.81. Rize (Çayeli) Taşkınında (2020) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.6 Trabzon Taşkınları

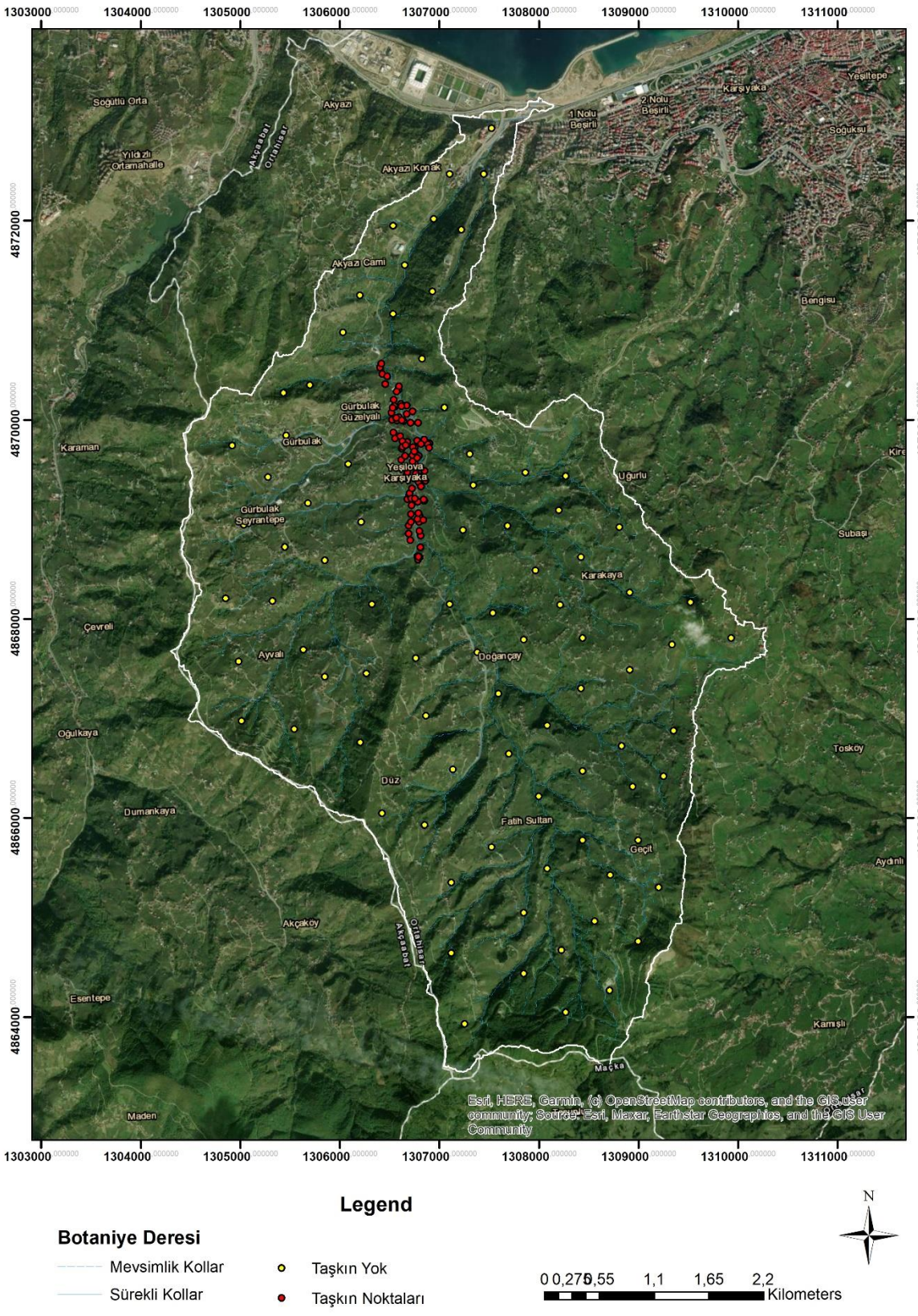
Trabzon ilinde 1929, 1963, 1990, 1996, 1998, 2005, 2013, 2016, 2017, 2018 ve 2019 yıllarında olmak üzere toplamda 10 taşkın olayı çalışma kapsamında incelenmiştir (Şekil 3. 82). Bu 10 afette 139 kişi vefat ederken ciddi can ve mal kayıpları meydana gelmiştir.



Şekil 3.82. Trabzon İlinde Yaşanan Taşkınların Lokasyonu (Google Earth, DSİ, AFAD)

3.6.1 Trabzon (Akçabat) taşkınları (1963)

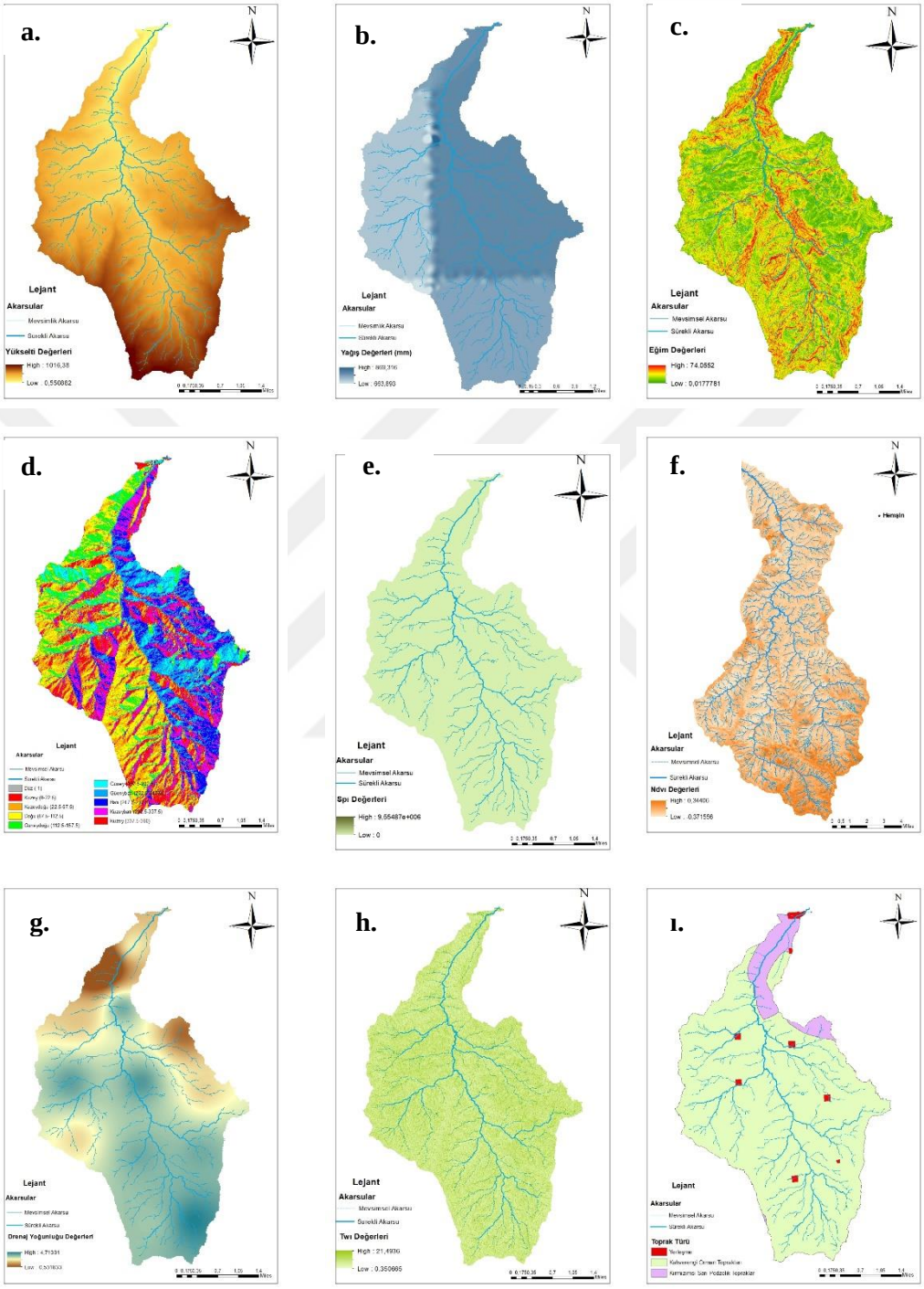
21.09.1963 tarihinde Trabzon'un Akçaabat ilçesi ve merkez Gürbulak mahallesinde taşkın meydana gelmiştir (Şekil 3.83). Çarşı, Hamam, Botaniye ve Nefri derelerinde yaşanan taşkın nedeniyle 5 can kaybı yaşanmış olup, ciddi mal kaybı meydana gelmiştir.



Şekil 3.83. Trabzon (Akçabat) Taşkın Sahası (1963) (Google Earth, DSİ, AFAD)

1963 tarihinde Trabzon ilinin Akçaabat ilçesindeki Botaniye deresinin taşması ile sel olayı meydana gelmiştir. Yaşanan bu sel afetinin yaşanma sebeplerini ortaya koymak amacıyla

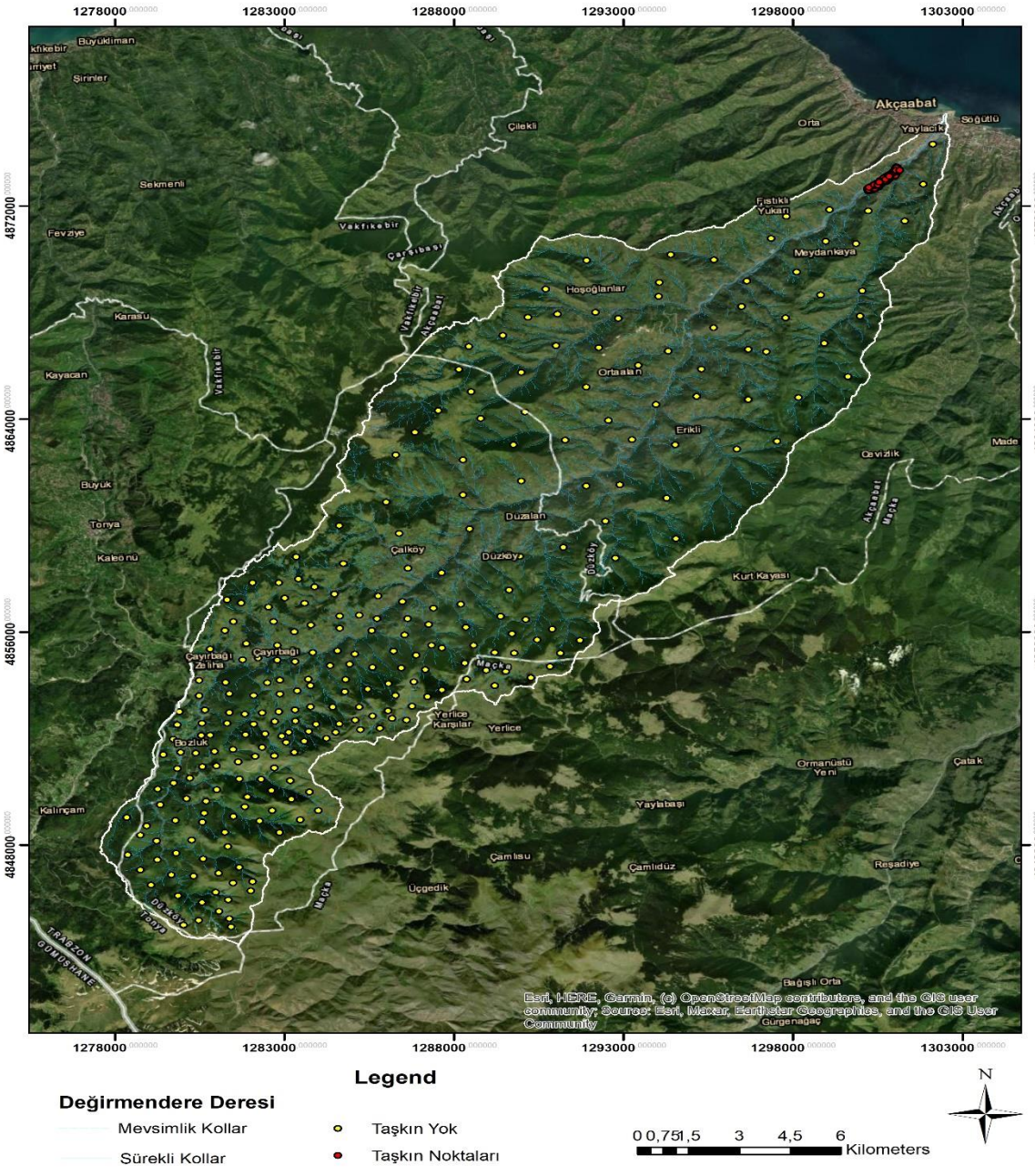
havzanın yükselti, yağış, eğim, bakı, spı, ndvı, drenaj yoğunluğu, twı ve toprak türü gibi havzanın karakteristik özelliklerini ortaya koyan parametreler incelenmiş sayısallaştırılmıştır (Şekil 3.84).



Şekil 3.84. Trabzon (Akçaabat) Taşkınında (1963) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

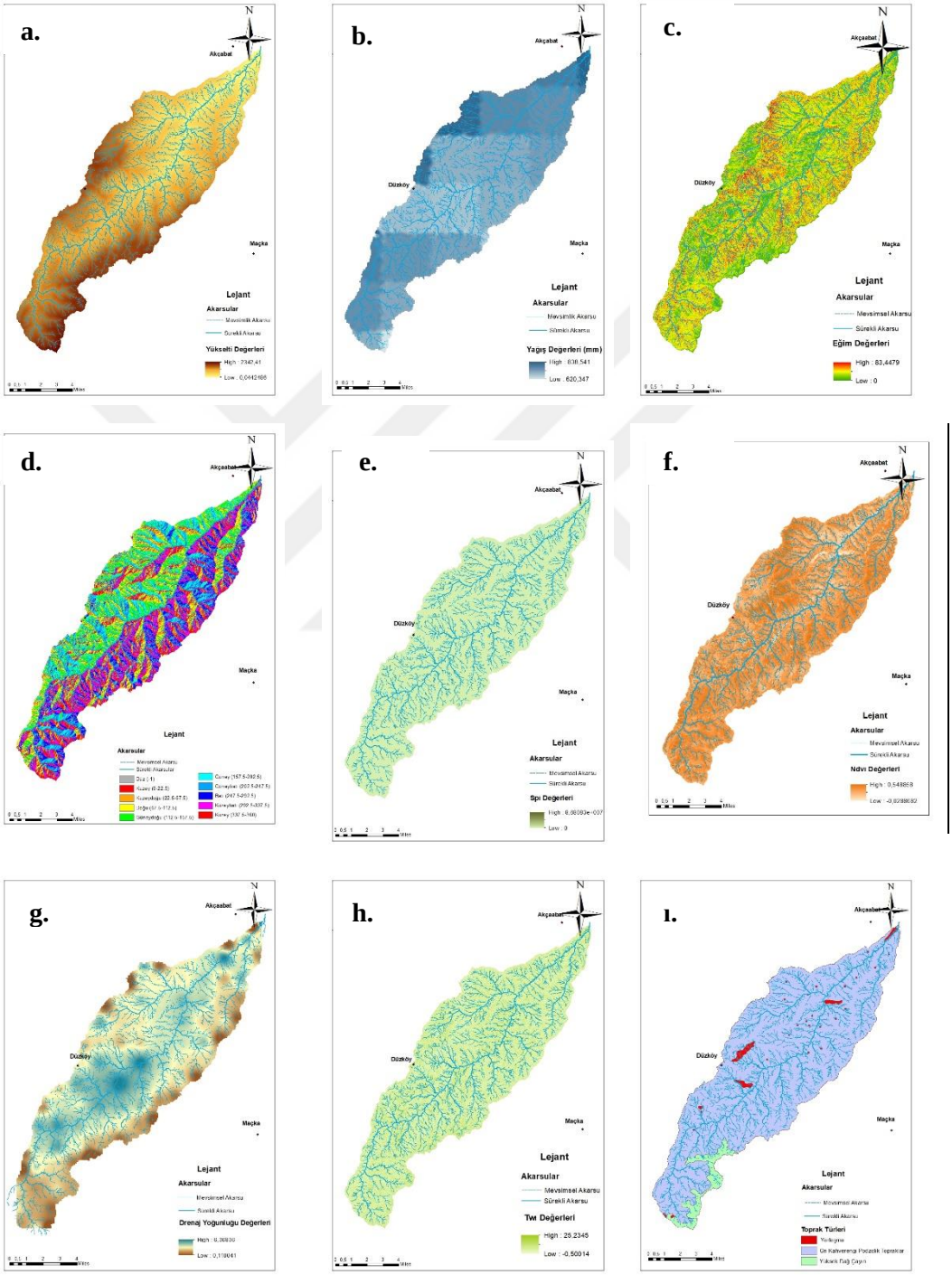
3.6.2 Trabzon (Akçabat) taşkınları (1990)

20.06.1990 tarihinde Trabzon ilinin Akçaabat ilçesinde taşkın meydana gelmiştir. Akhisar, Değirmendere, Fol, Kesten, Sera ve Akçakale dereleri taşmıştır (Şekil 3.85). Taşkın Trabzon–Değirmendere havzası ile Espiye–Yağlıdere havzası ve bunlar arasında kalan akarsu alanlarında etkili olmuştur. Şiddetli yağışlar sebebiyle ciddi maddi zararlar meydana gelmiştir. 47'si taşkından olmak üzere 57 kişi hayatını kaybetmiştir. 1065 ev ve 461 iş yeri yıkılmış, 52410 dekar dikili arazi ve 21695 dekar çayırlık alan zarar görmüştür.



Şekil 3.85. Trabzon (Akçabat) Taşkın Sahası (1990) (Google Earth, DSİ, AFAD)

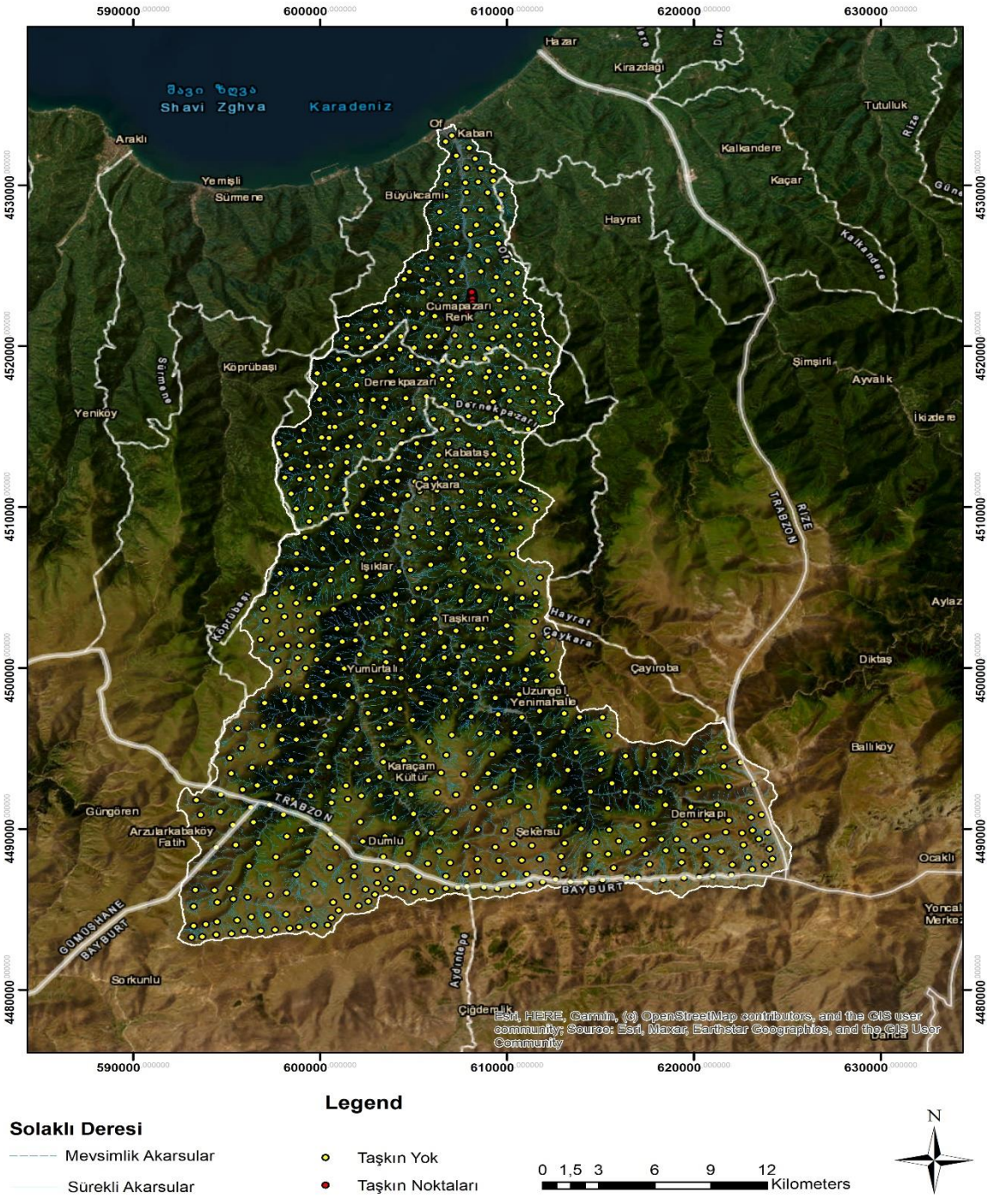
Havzada yükselti değerleri 0-2342 metre arasında değişmektedir (Şekil 3.86.a). Yağış yüksekliği değerleri 620-838 mm arasındadır (Şekil 3.86.b). Eğim değerleri 0-83 derece arasında değişmekte afet yaşanan noktalarda eğim değerleri 0 dereceye yakın olmaktadır (Şekil 3.86.c). Havzadaki toprak tipleri gri kahverengi podzolik topraklar ve yüksek dağ çayırı topraklar olarak değişkenlik göstermektedir (Şekil 3.86.ı)



Şekil 3.86. Trabzon (Akçaabat) Taşkınında (1990) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.6.3 Trabzon taşkınları (1996)

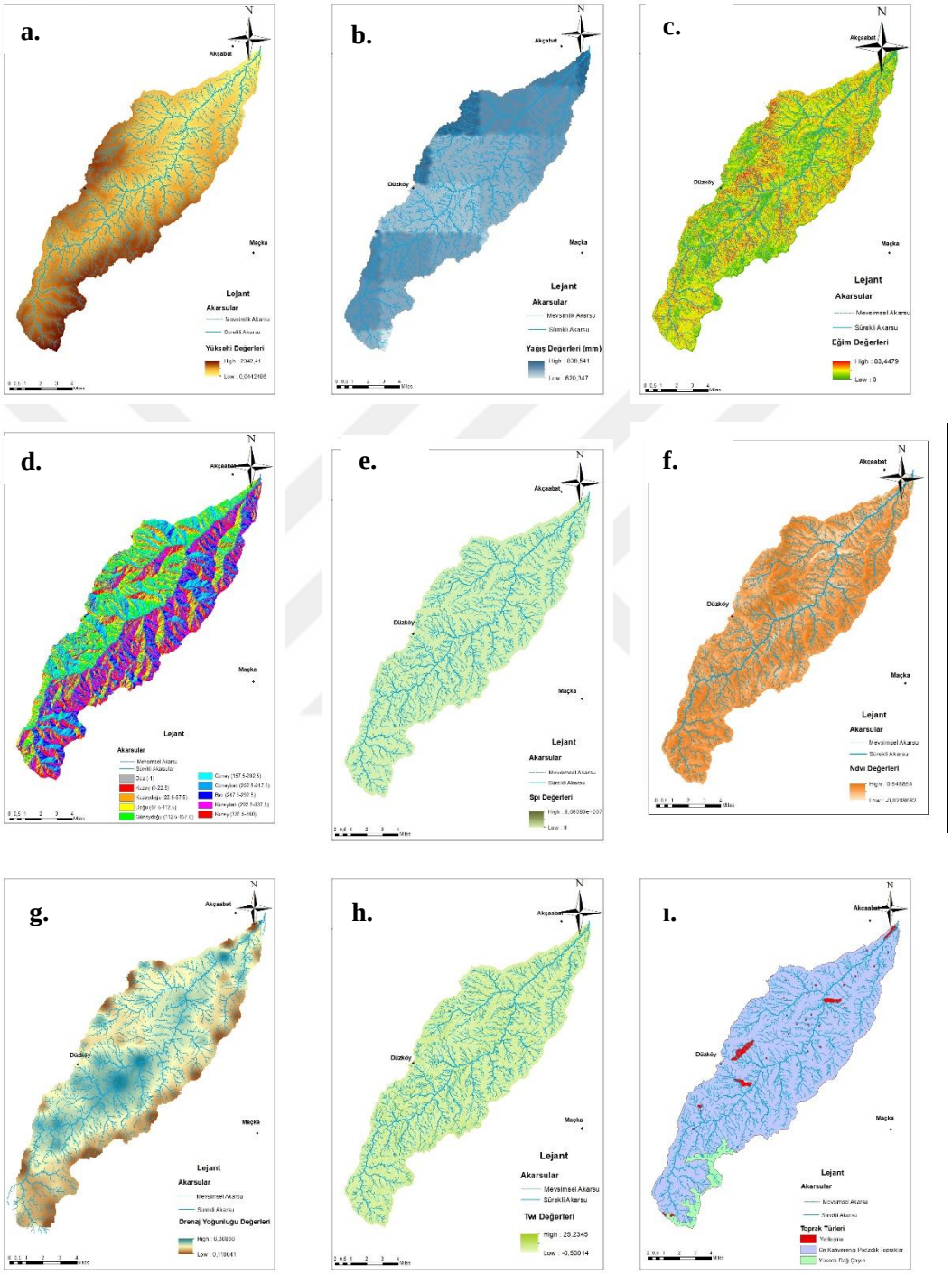
12.10.1996 tarihinde Trabzon'un Of, Sürmene ve Köprübaşı ilçelerinde taşkın meydana gelmiştir (Şekil 3.87). Soğukpınar, Solaklı ve Baltacı derelerinin taşmasının sonucunda 9 kişi hayatını kaybetmiş ve ciddi mal kayıpları yaşanmıştır.



Şekil 3.87. Trabzon Taşkın Sahası (1996) (Google Earth, DSİ, AFAD)

1996 yılında yaşanan afet sahası incelendiğinde havzanın yükselti değerleri 0-2347 metre arasında değiştiği ancak afetin yaşandığı noktalar havza ortalamasında yüksekliğe yakın olan kısımlarda meydana geldiği görülmektedir (Şekil 3.88.a). Havzanın yağış yükseklikleri 620-

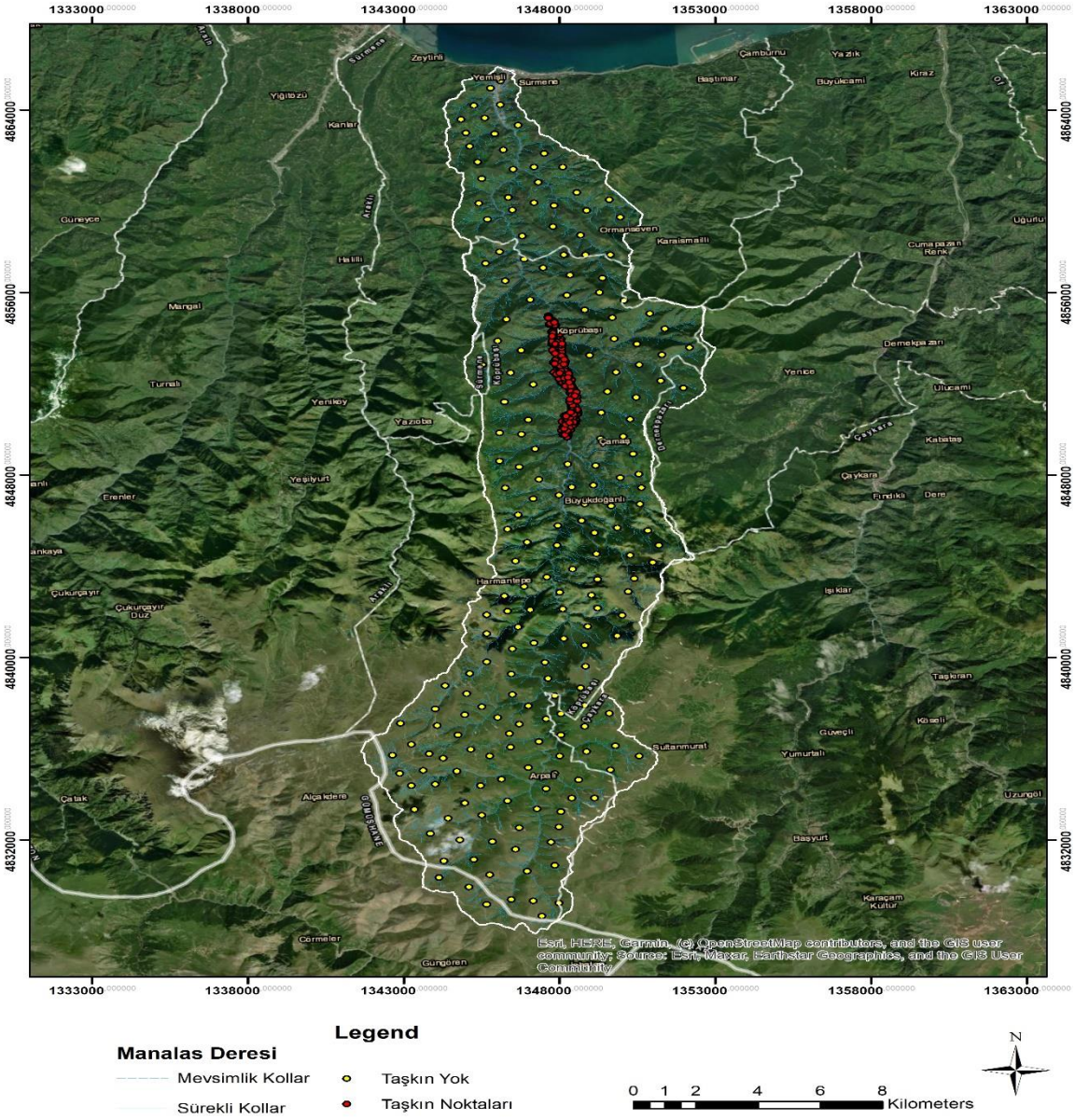
838 mm arasında değişmektedir (Şekil 3.88.b). Havzadaki toprak tipleri gri kahverengi podzolik topraklar ve yüksek dağ çayırı topraklar olarak değişkenlik göstermektedir. Taşkın noktaları gri podzolik topraklar ve yerleşim yerlerinde meydana gelmiştir (Şekil 3.88.ı)



Şekil 3.88. Trabzon Taşkınında (1996) Taşkına Etkili Parametreler
(a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.6.4 Trabzon taşkınları (1998)

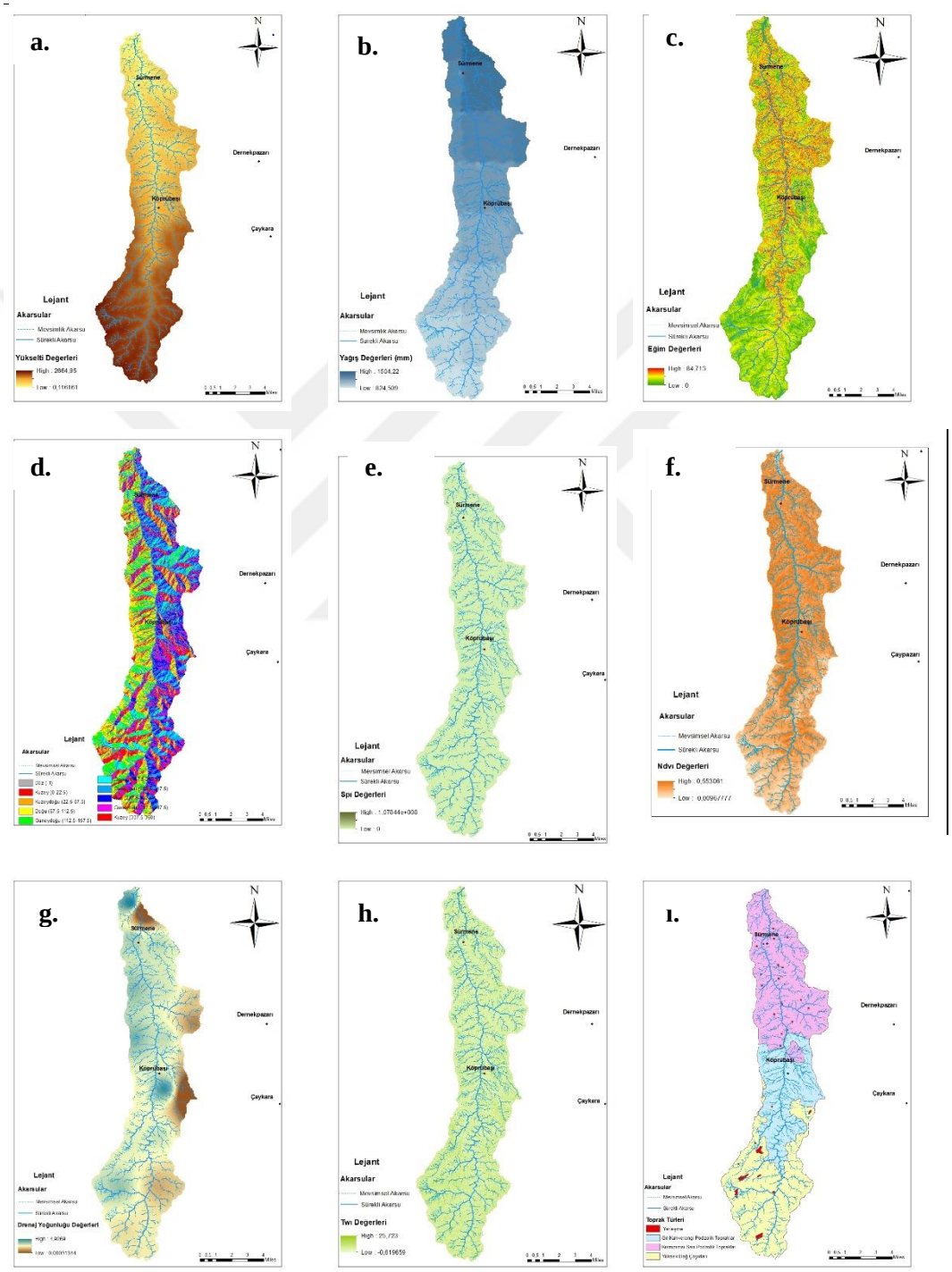
08.07.1998 tarihinde Trabzon'un Sürmene ilçesi ve Köprübaşına bağlı Beşköy beldesinde taşkın meydana gelmiştir (Şekil 3.89). Manahoş, Solaklı, İyidere ve Baltacı derelerinde meydana gelen taşkında ciddi can ve mal kayıpları yaşanmış, 100'den fazla bina olan Beşköy beldesinde sadece 5 bina sağlam kalmıştır. Camide toplanan 50 vatandaş sel sularına kapılıp hayatını kaybetmiştir.



Şekil 3.89. Trabzon Taşkın Sahası (1998) (Google Earth, DSİ, AFAD)

1998 tarihinde Trabzon ilinde birden çok derenin taşması sonucu taşkın afeti meydana gelmiştir. Bu taşan derelerin oluşturduğu havza 2664 metre rakımlardan deniz seviyesine kadar değişkenlik gösteren yükselti değerlerinden meydana gelmektedir (Şekil 3.90.a). Havza içerisinden ortalama yağış değerlerinin değişimi 824 ila 1504 metre arasında değişmektedir (Şekil 3.90.b). Havza engebeli bir coğrafi özelliğe sahip olup eğim değerleri

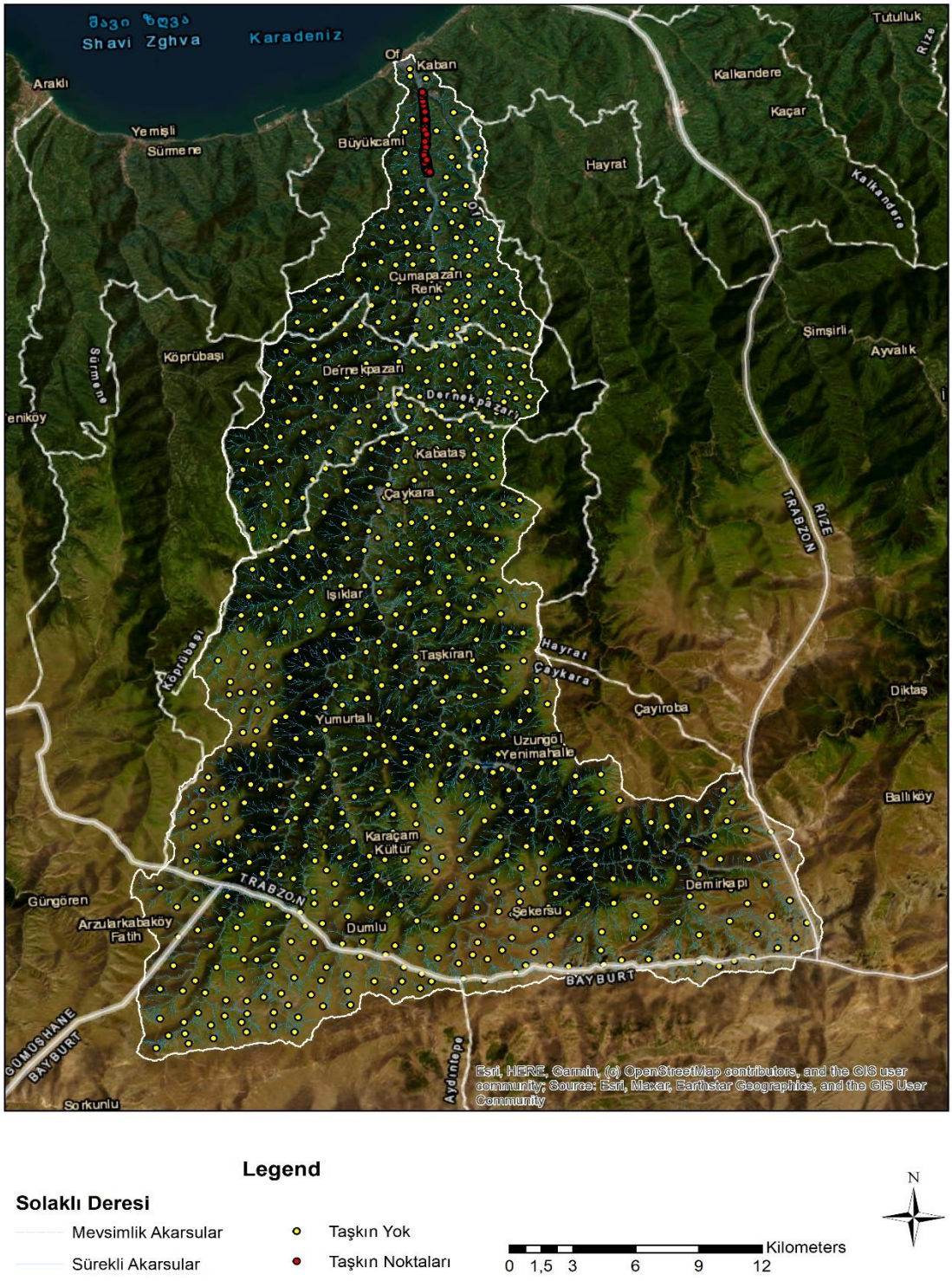
84º lere varan yüksek eğim değerlerine ulaşmaktadır (Şekil 3.90.c). Havzada yerleşim yerlerinin yanısıra gri kahverengi orman toprakları, kırmızımsı sarı podzolik topraklar ve yüksek dağ çayırlarından oluşan toprak çeşitliliğine sahiptir (Şekil 3.90.ı). Havzanın karakteristik özelliklerini incelemek amacıyla taşkını tetikleyici 9 parametre incelenmiş ve sayısallaştırılmıştır (Şekil 3.90).



Şekil 3.90. Trabzon Taşkınında (1998) Taşkına Etkili Parametreler
(a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.6.5 Trabzon taşkınları (2005)

07.11.2005 tarihinde Trabzon'un Of ilçesinde taşkın meydana gelmiştir. Solaklı, Gürgen, Şairler, Fırtına, Arılı, Büyükdere, Manahoz, Baltacı derelerinde yaşanan aşırı yağış sonucunda havza yataklarında taşkın meydana gelmiştir (Şekil 3.91).



Şekil 3.91. Trabzon Taşkın Sahası (2005) (Google Earth, DSİ, AFAD)

Manahoz deresinde meydana gelen taşkında yol tahribatı meydana gelerek ulaşım engellenmiştir. Ayrıca kıyı şeridinde yer alan tarım arazilerinde yer yer zararlar bulunmuştur. Bölgedeki taşkın özellikle Solaklı Deresi üzerinde etkili olmuştur. Çaykara-Uzungöl yolu ulaşıma kapatılmıştır. Yan derelerden kaynaklanan bu taşkında 3 kişi hayatını kaybetmiştir. 27 konut hasar görmüş, çeşitli tesisler ve okullar derenin taşıdığı malzemelerle dolmuştur. Solaklı deresi üzerindeki köprüler yıkılmıştır (Şekil 3.92).



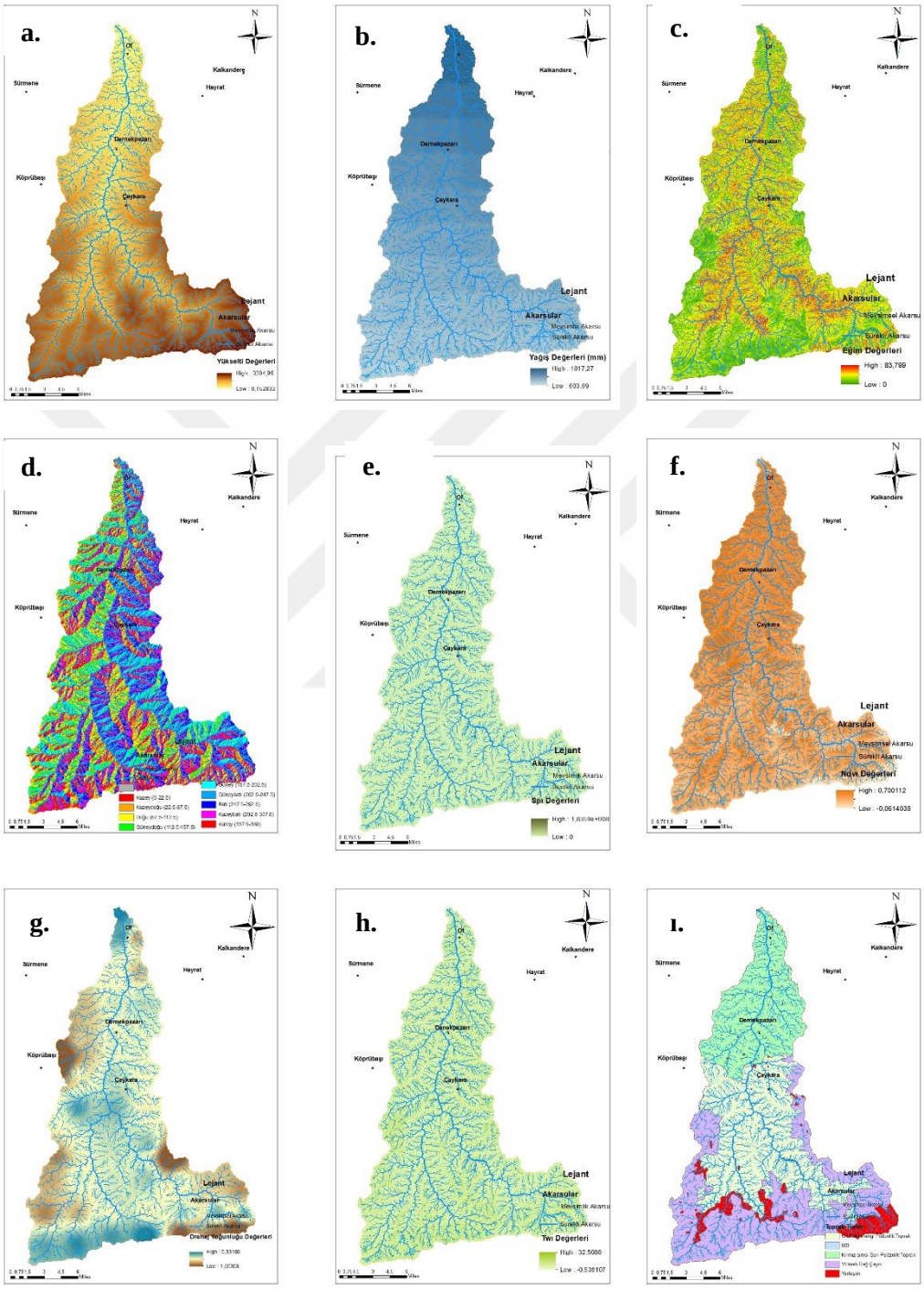
Şekil 3.92. Trabzon Taşkını (2005) Görselleri (Solaklı Çayı)

Of ve Çaykara arasında bulunan karayolu yatak oyulmaları nedeniyle ulaşıma kapalı hale gelmiştir (Şekil 3.93).



Şekil 3.93. Trabzon Taşkını (2005) Görselleri (Of – Çaykara karayolu)

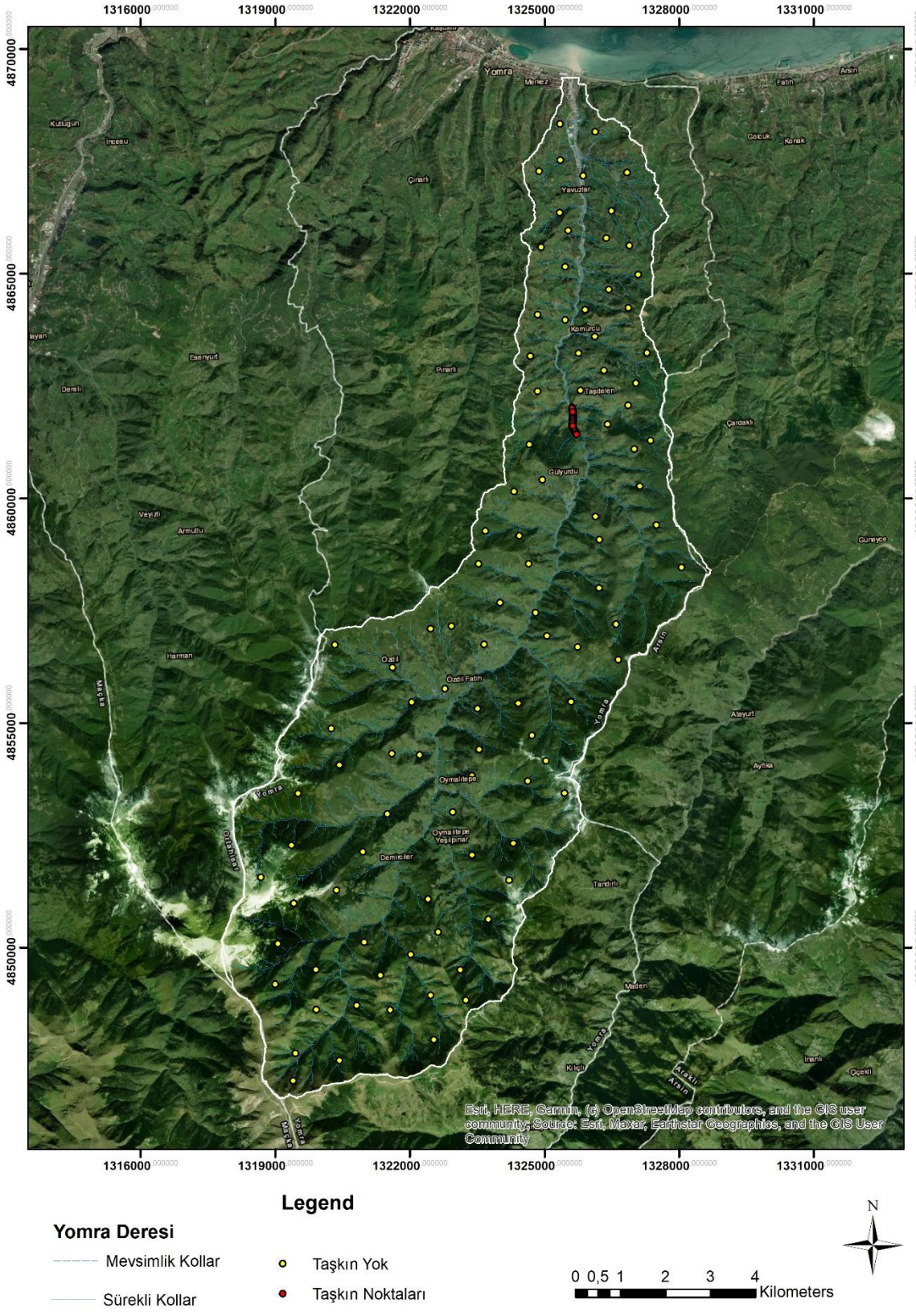
Taşkın yaşayan havzanın yükselti değerleri 0-3384 metre (Şekil 3.94.a), yağış yüksekliği değerleri 603-1817 mm arasında değişmektedir (Şekil 3.94.b). Eğim değerleri havza içerisinde değişkenlik göstermiş olup 0-84 derece arasında değerler görülmektedir (Şekil 3. 94.c)



Şekil 3.94. Trabzon Taşkınında (2005) Taşkına Etkili Parametreler
(a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.6.6 Trabzon (Yomra) taşkınları (2013)

19.08.2013 tarihinde Trabzon'un Yomra İlçesinde Vadion, Yomra ve Ekşili deresinin taşması sonucunda taşkın afeti meydana gelmiştir (Şekil 3.95).



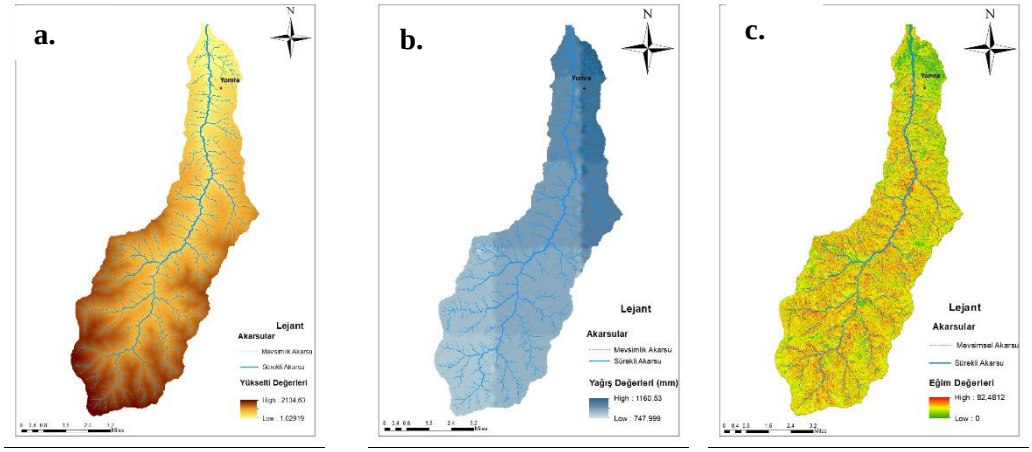
Şekil 3.95. Trabzon (Yomra) Taşkın Sahası (2013) (Google Earth, DSİ, AFAD)

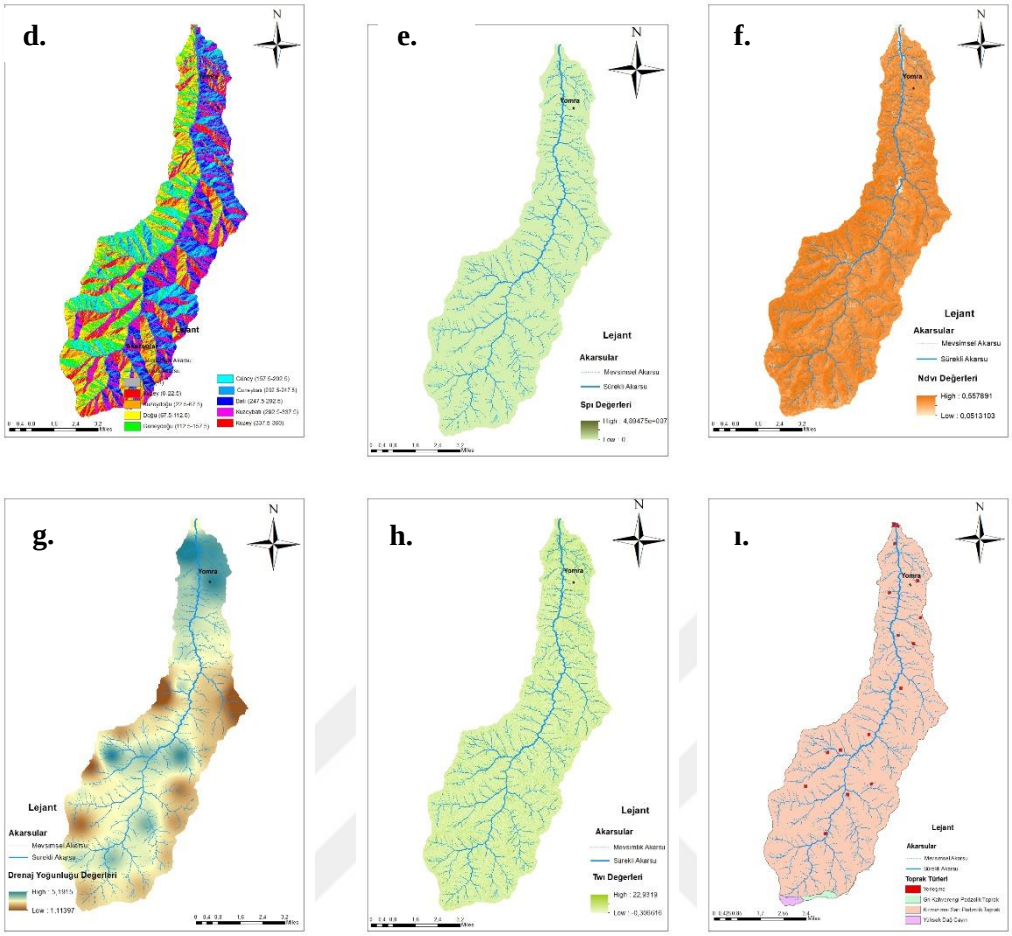
Yaşanan bu afette 2 vatandaş taşkına kapılarak can kaybı yaşamıştır. Ciddi mal kayıpları meydana gelmiştir. Yağış ilçenin Kaşüstü beldesi ile Arsin ilçesinin Çardaklı köyü ve Araklı ilçesinin bazı kesimlerinde de etkili oldu. Yağış dolayısıyla en büyük felaket ise Yomra vadisi'nde gerçekleşmiştir (Şekil 3.96).



Şekil 3.96. Yomra İlçesinde meydana gelen taşkın afetinin görüntüleri

2013 yılında yaşanan taşkın afetini incelemek amacıyla taşkına etki eden 9 parametre çalışmada kullanılmıştır. Bu parametrelerin havza içerisindeki niteliklerini göstermek amacıyla her parametre sayısallaştırılmıştır (Şekil 3.97).

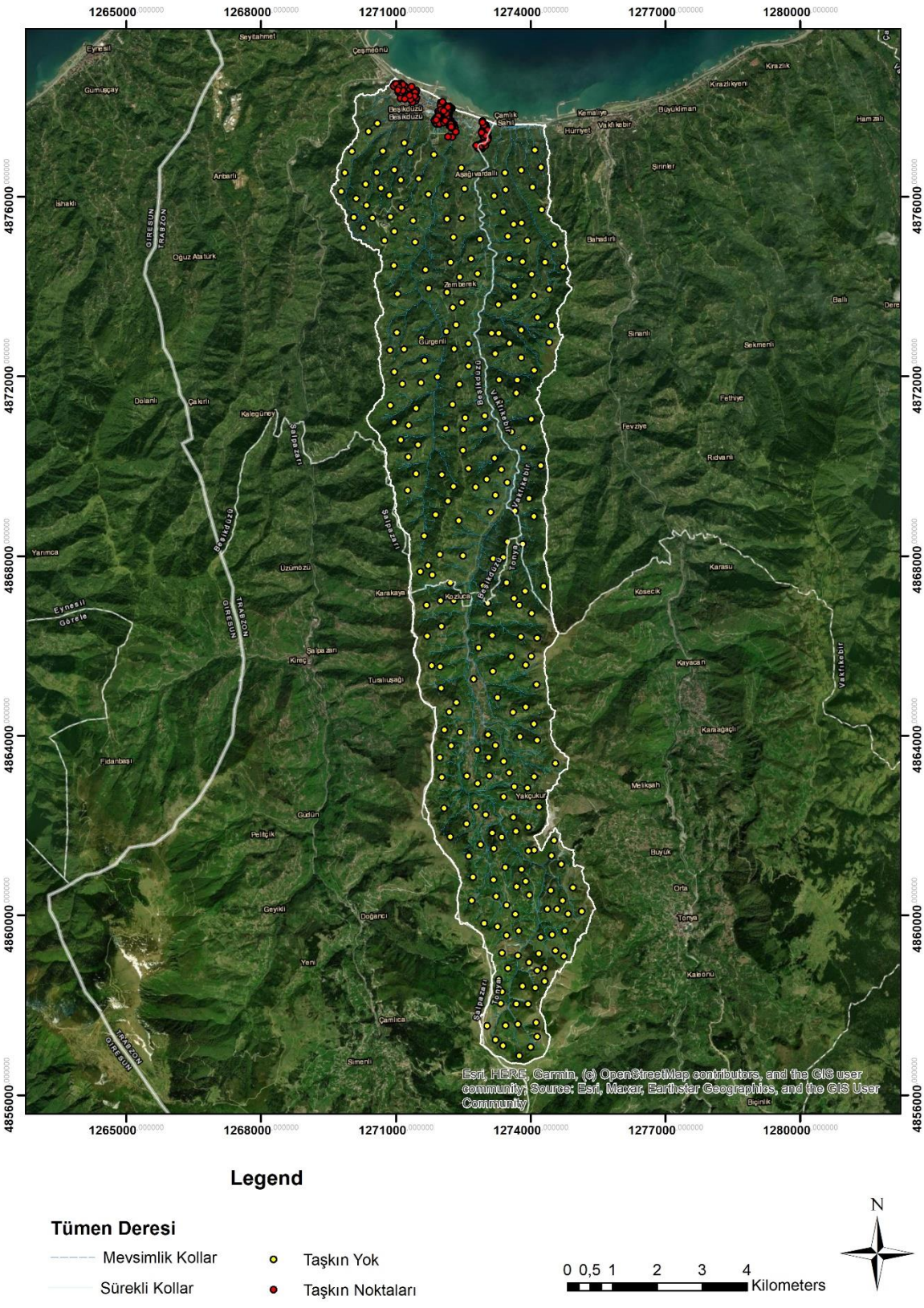




Şekil 3.97. Trabzon (Yomra) Taşkınında (2013) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.6.7 Trabzon (Beşikdüzü) taşkınları (2016)

21.09.2016 tarihinde Trabzon iline bağlı Beşikdüzü yerleşkesi yakınındaki Tümen, Takazli ve diğer yan derelerin taşması sonucunda bölgede ciddi bir taşkın afeti meydana gelmiştir (Şekil 3.98).



Şekil 3.98. Trabzon (Beşikdüzü) Taşkın Sahası (2016) (Google Earth, DSİ, AFAD)

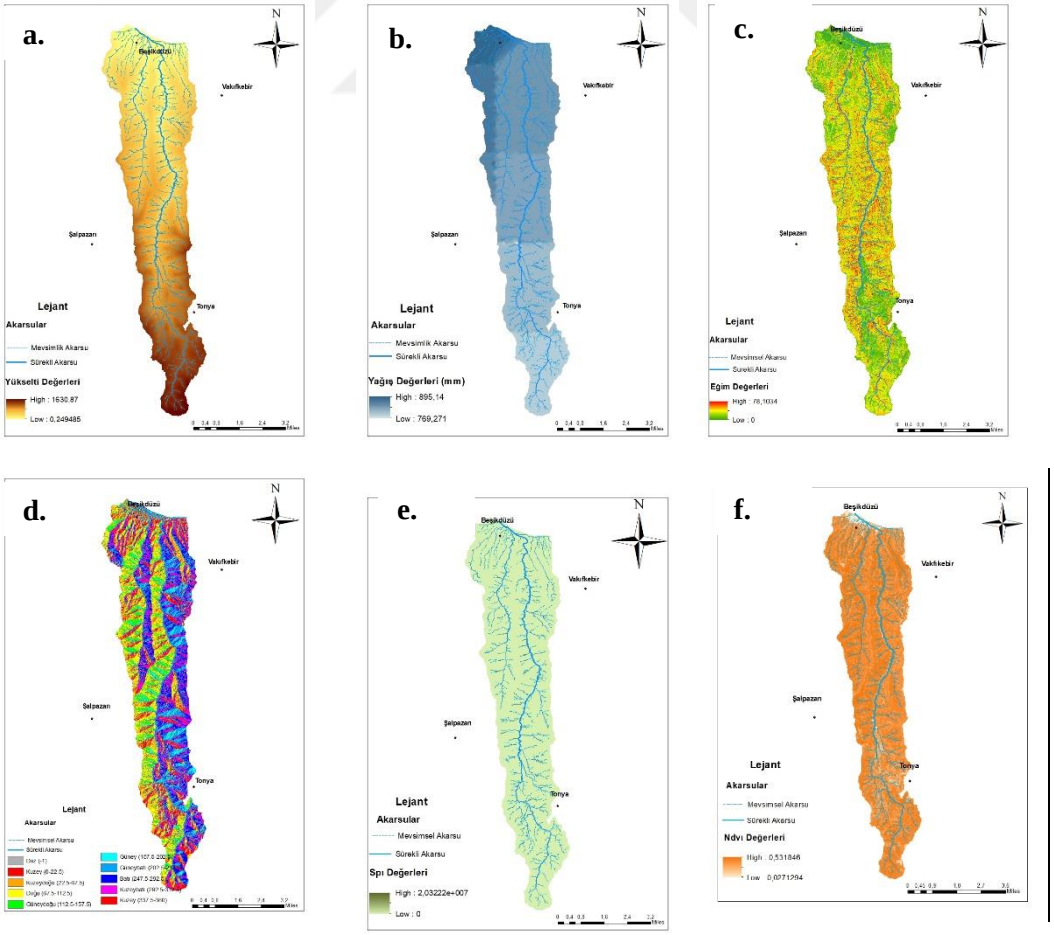
Yaşanan bu afette Beşikdüzü ilçe merkezinde sahil kesiminde, ev, iş yerleri ve okulları tamamen su basmıştır. Ulaşım yolları su altındadır. Temiz içme suyuna ve elektriğe ulaşım

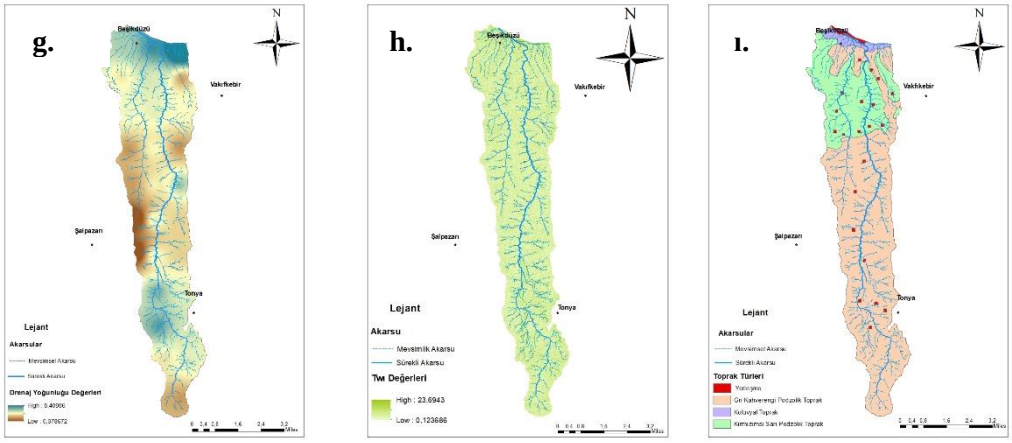
kesilmiştir. Yaşanan bu afette 3 insan hayatını kaybetmiş ve ciddi mal kayıpları oluşmuştur (Şekil 3.99).



Şekil 3.99. Trabzon (Beşikdüzü) Taşkını (2016) Görüntüleri

Taşkın yaşayan havzanın yükselti değerleri 0-1630 metre (Şekil 3.100.a), yağış yüksekliği değerleri 769-895 mm arasında değişmektedir (Şekil 3.100.b). Eğim değerleri havza içerisinde değişkenlik göstermiş olup 0-78 derece arasında değerler görülmektedir (Şekil 3.100.c)

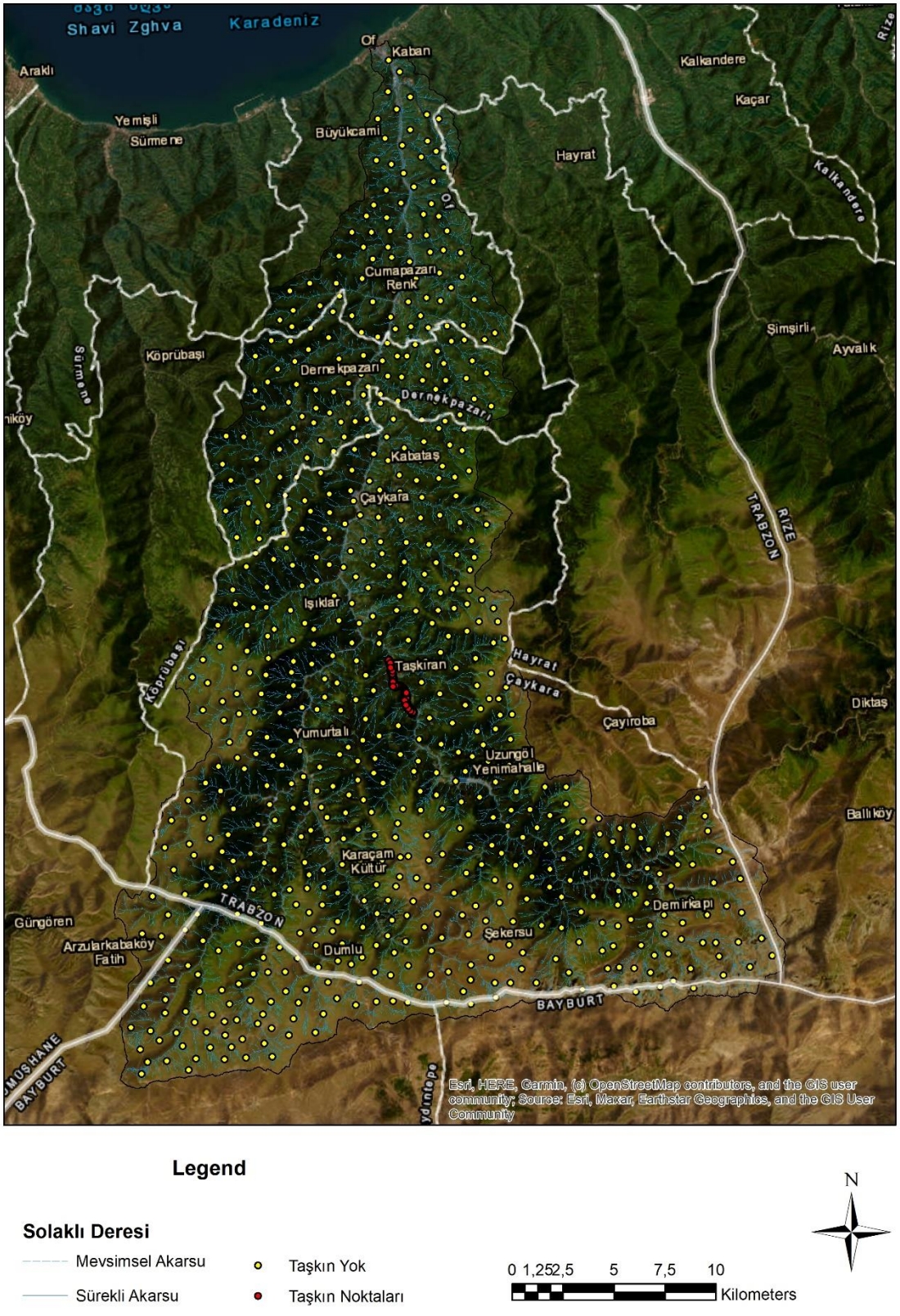




Şekil 3.100. Trabzon (Beşikdüzü) Taşkınında (2016) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.6.8 Trabzon (Çaykara) taşkınları (2017)

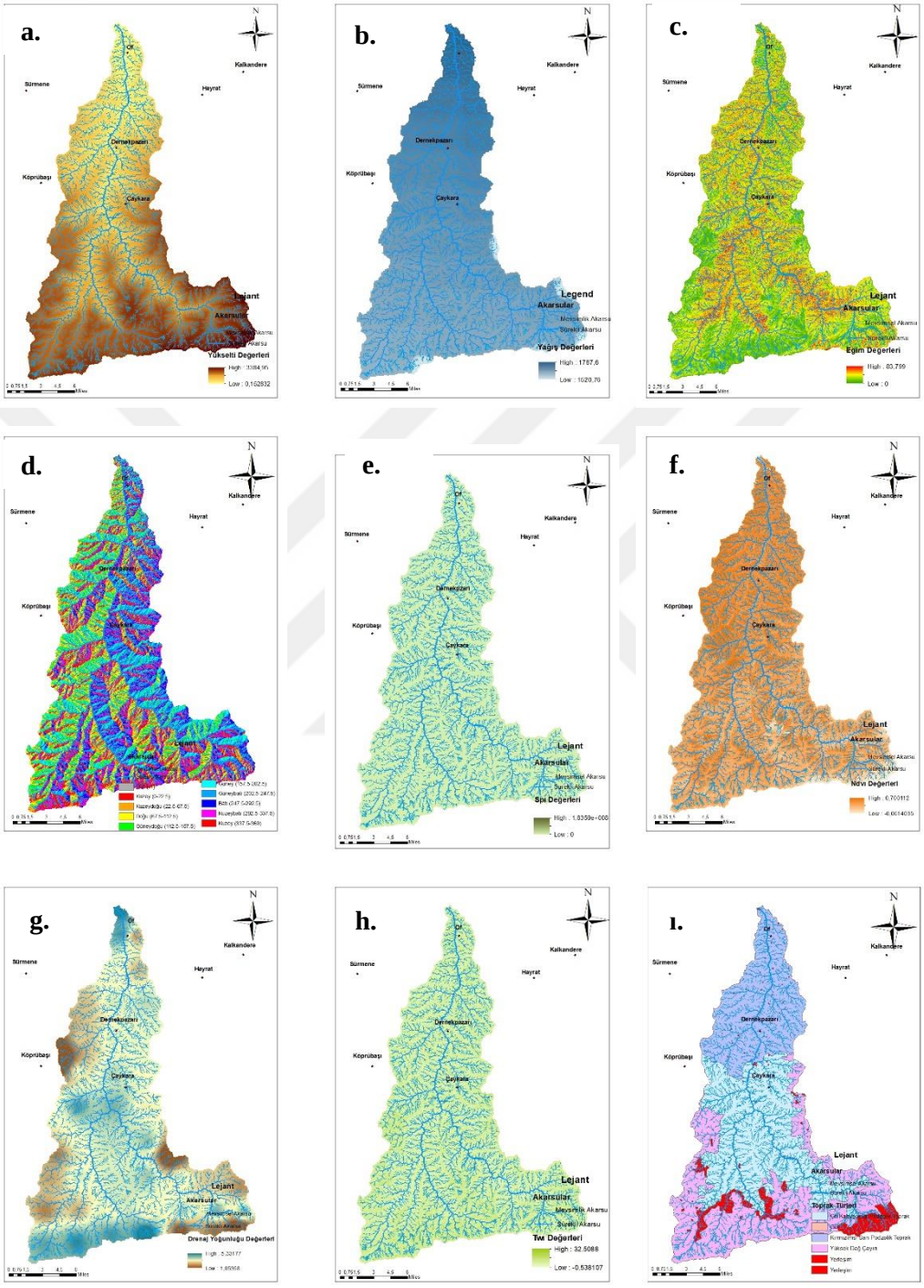
16.08.2017 tarihinde Trabzon ilinin Çaykara ilçesinde Taşkıran köyü yakınlarında bulunan Siron deresinin taşması nedeniyle taşkın afeti meydana gelmiştir (Şekil 3.101). Yaşanan bu afette tarım arazileri ile birkaç otomobilde maddi hasara yol açmıştır. Ağıllarda mahsur kalan hayvanlar kurtarılmıştır. Yaşanan bu taşkın afetinde can kayıpları yaşanmazken mal kayıpları meydana gelmiştir.



Şekil 3.101. Trabzon (Çaykara) Taşkın Sahası (2017) (Google Earth, DSİ, AFAD)

2017 yılında Trabzon ilinin Çaykara ilçesindeki Siron deresinin taşması sonucu taşkın afeti meydana gelmiştir. Yaşanan bu afetin havza özellikleri dikkate alındığında 0-3384 netre

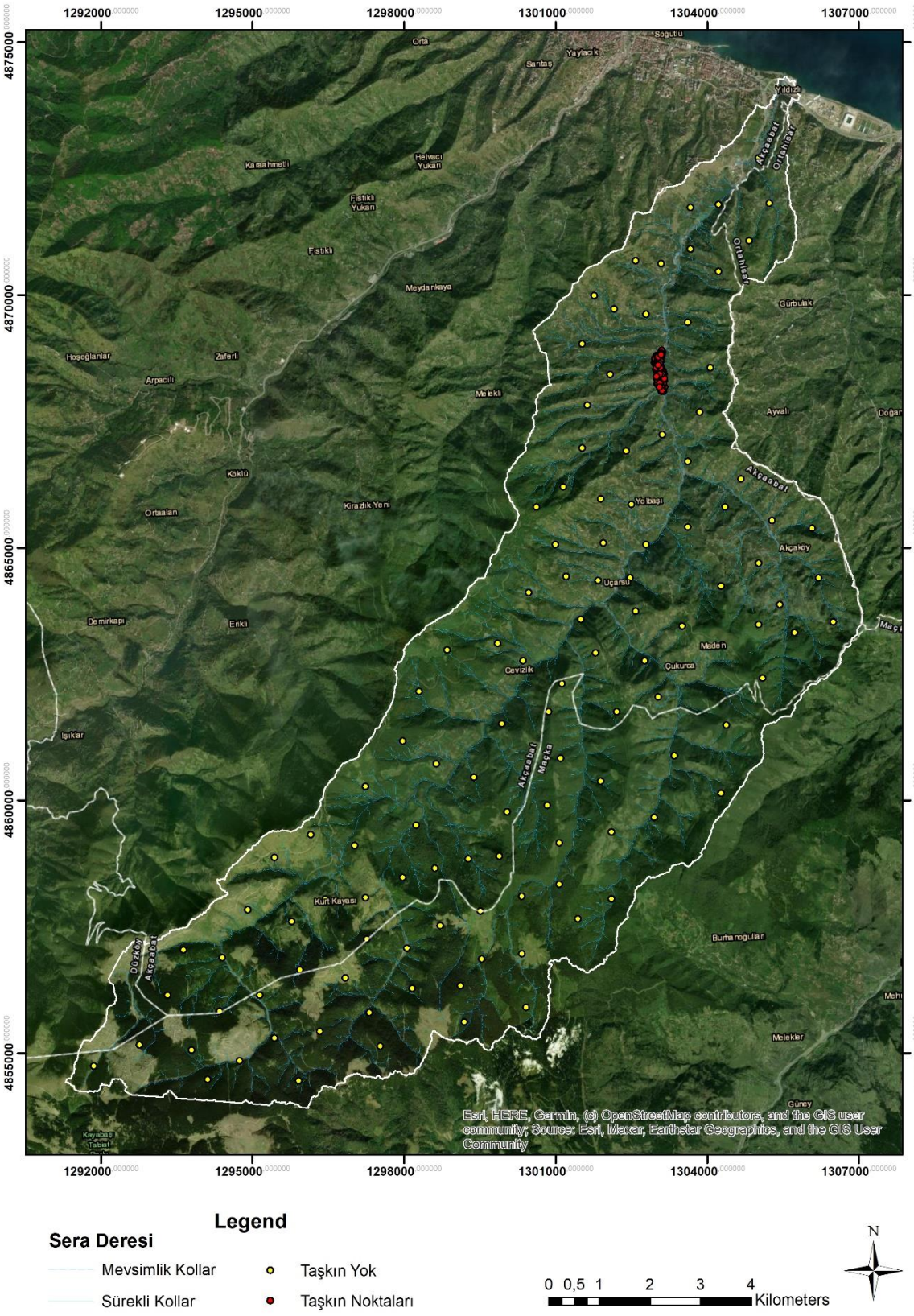
arasında değişen yükselti değerleri ortaya çıkmaktadır (Şekil 3.102.a). 1620-1787 mm arasında değişen yağış değerleri havzanın özelliklerindendir (Şekil 3.102.b). Eğim değerleri 0-84° arasında değişmektedir (Şekil 3.102.c)



Şekil 3.102. Trabzon (Çaykara) Taşkınında (2017) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.6.9 Trabzon (Akçaabat) taşkınları (2018)

22.08.2017 tarihinde Trabzon ilinin Akçaabat ilçesinde Sera yan deresi taşmıştır (Şekil 3.103).



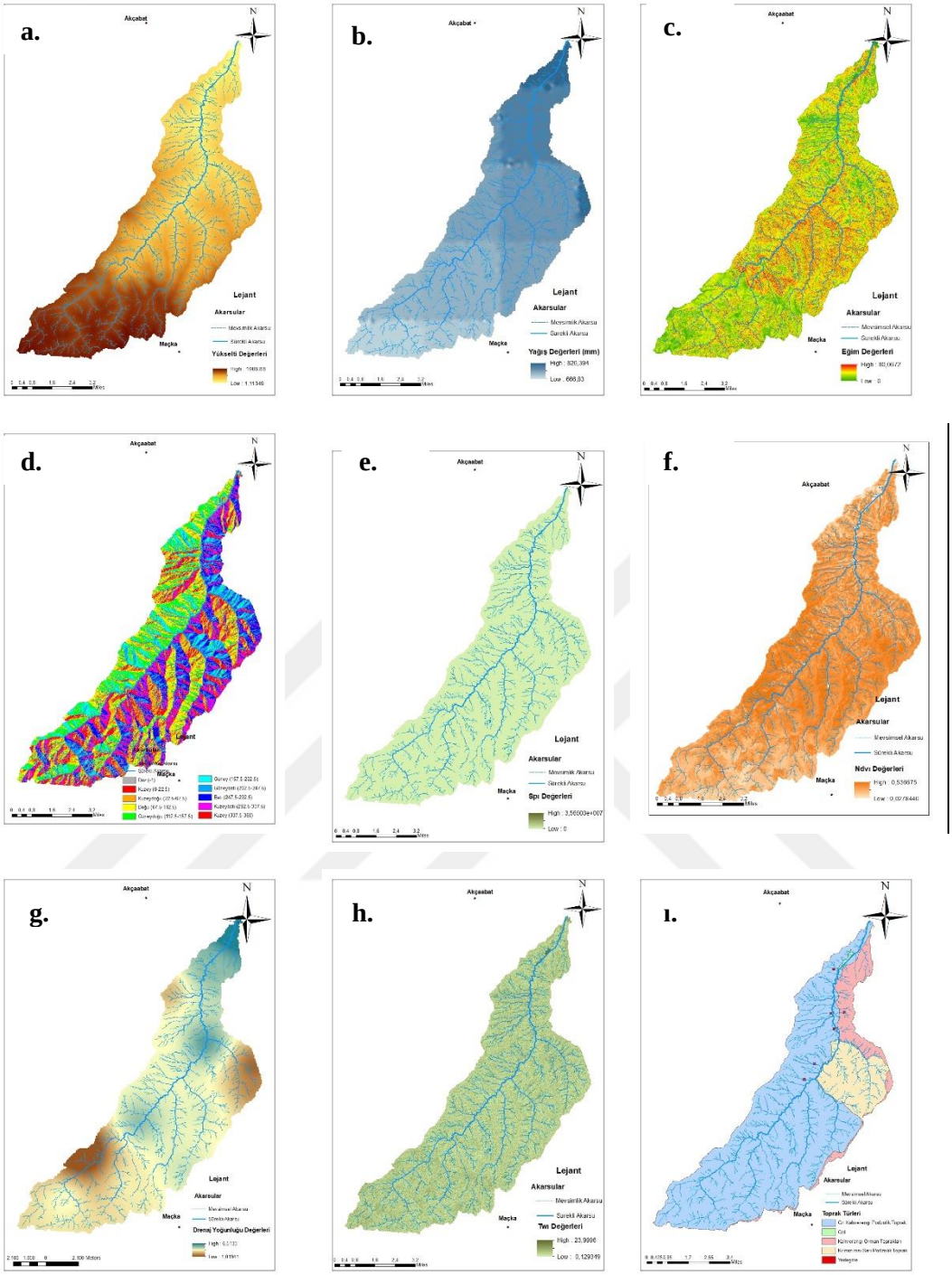
Şekil 3.103. Trabzon (Akçaabat) Taşkın Sahası (2018) (Google Earth, DSİ, AFAD)

Bu taşkın neticesinde; Akçaabat Sera deresinin yan kolunda bulunan menfezin yukarı havzadan gelen muhtemel lokal heyelan/kıyı oyulması kaynaklı rüsubat malzemesi ile tamamen tıkanması neticesinde su menfez üzerinden taşarak bitişik konumda bulunan Derecik Anadolu lisesi içerisine girmiştir. Okul içerisinde yaklaşık 1 m su yükselmiştir. Yaşanan bu taşkınlarda can kayıpları yaşanmazken ciddi mal kayıpları meydana gelmiştir (Şekil 3.104.)



Şekil 3.104. Trabzon (Akçaabat) Taşkın Sahası (2018) Görselleri

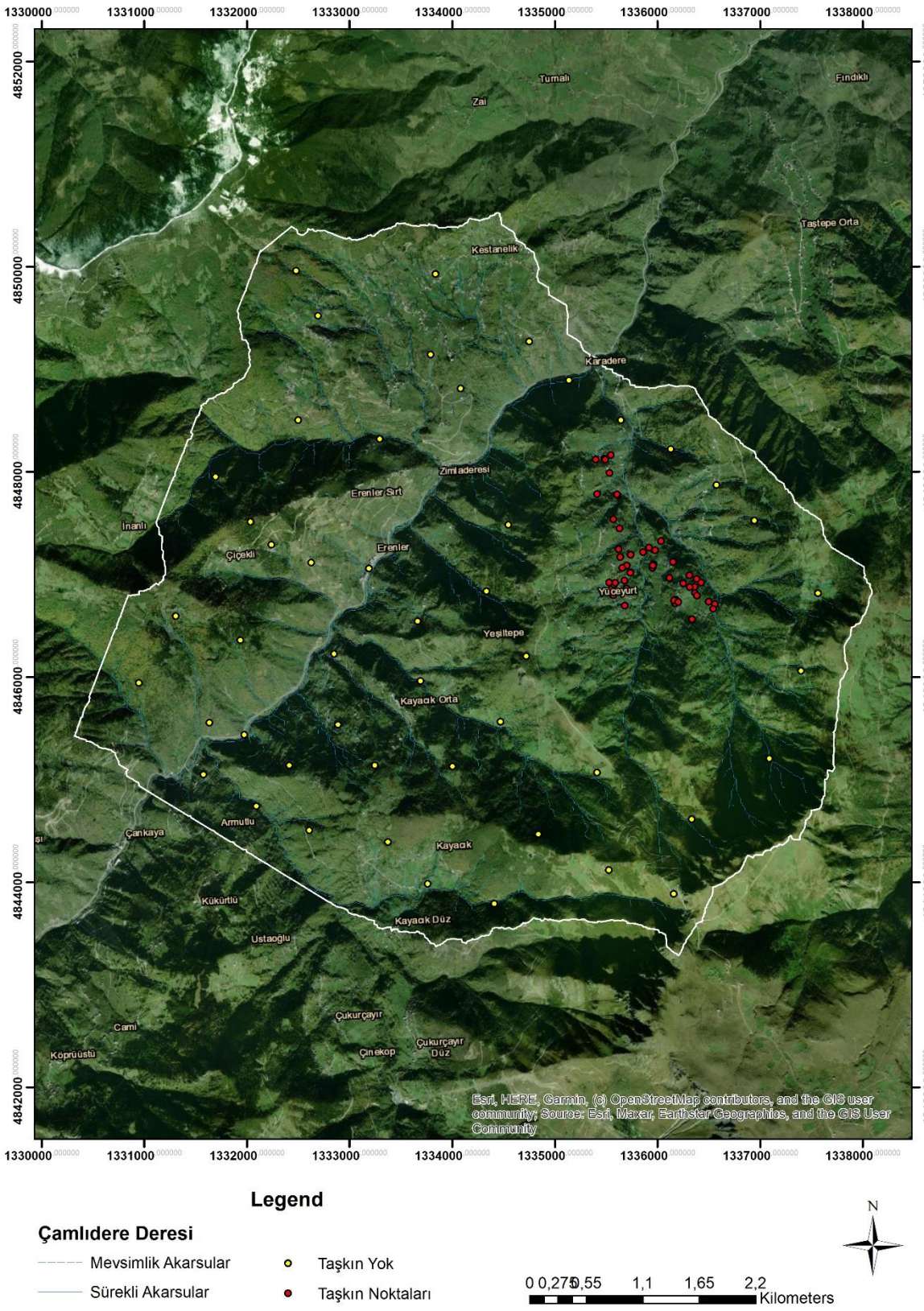
2018 yılından Trabzon ilinin Akçaabat ilçesinde yaşanan bu afette pekçok yerleşke ciddi düzeyde zarar görmüştür. Akarsu havzasının bulunduğu alanda yükselti değerleri 0 ila 1908 metre yükselti değerleri arasında değişmektedir (Şekil 3.105.a). Yağış değerlerinin havzanın mansap kısımlarında 826 mm'lere ulaşırken memba kısmında 666 mm civarındadır (Şekil 3.105.b). Havzada yerleşim yerlerinin yanısıra gri kahverengi podzolik topraklar, kahvrengi orman toprakları ve kırmızımsı sarı podzolik topraklar görülmektedir (Şekil 3.105.ı).



Şekil 3.105. Trabzon (Akçaabat) Taşkınında (2018) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

3.6.10 Trabzon (Araklı) taşkınları (2019)

18.06.2019 tarihinde Trabzon ilinin Araklı ilçesinde Çamlıtepe ve Gülbekli derelerinin taşması nedeniyle Çamlıtepe ve Gülbekli köyleri taşkın sularının altında kalmıştır (Şekil 3.106).



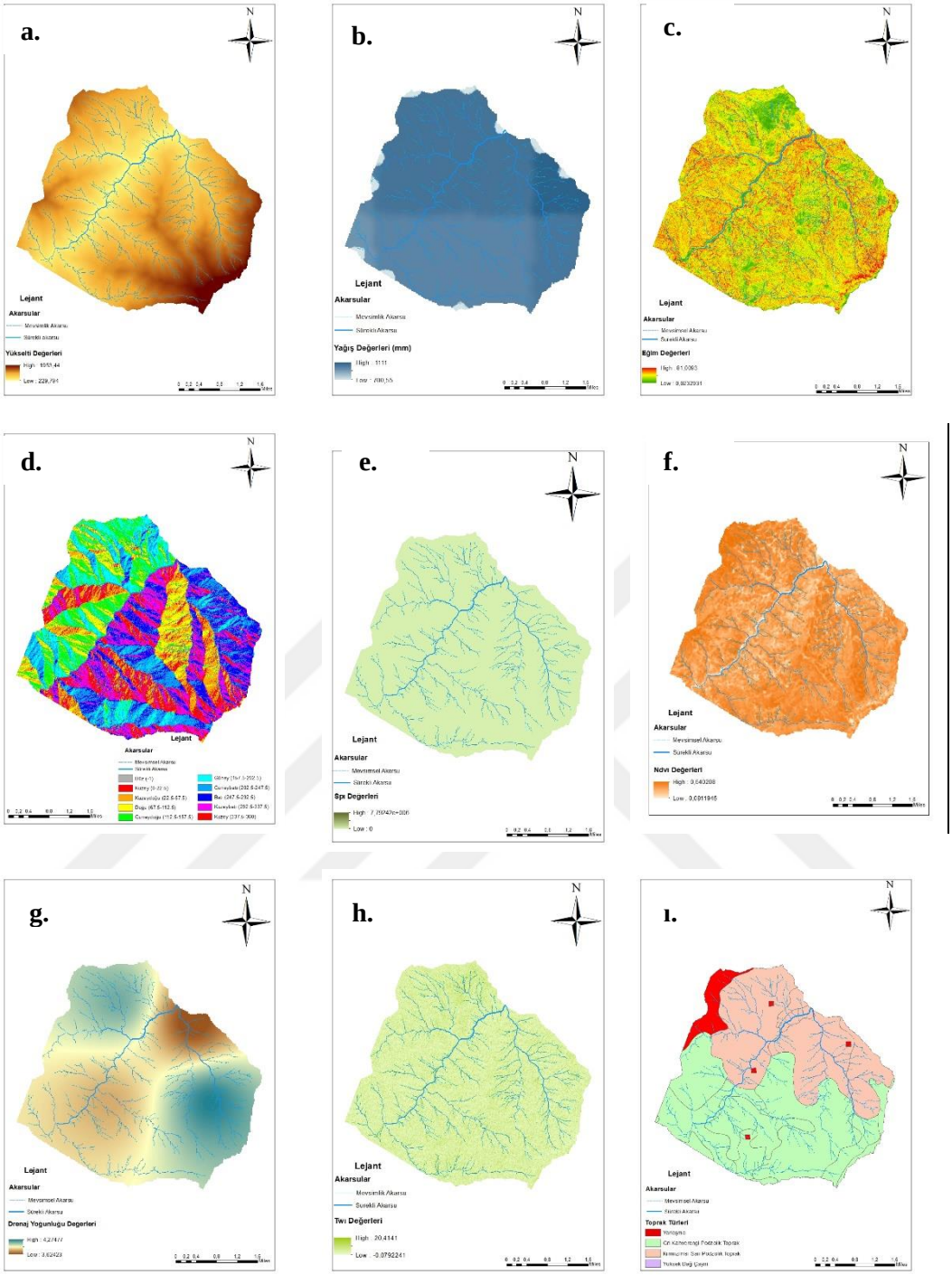
Şekil 3.106. Trabzon (Araklı) Taşkın Sahası (2019) (Google Earth, DSİ, AFAD)

9 adet ev ve 1 adet okulun yıkıldığı afette 10 insan hayatını kaybederken 3 kişide yaralanmıştır (Şekil 3.107.)



Şekil 3.107. Trabzon (Araklı) Taşkın Sahası (2019) Görselleri

Taşkın yaşayan havzanın yükselti değerleri 229-1953 metre (Şekil 3.107.a), yağış yüksekliği değerleri 700-1111 mm arasında değişmektedir (Şekil 3.107.b). Eğim değerleri havza içerisinde değişkenlik göstermiş olup 0-81 derece arasında değerler görülmektedir (Şekil 3.107.c)



Şekil 3.108. Trabzon (Araklı) Taşkınında (2019) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

4. MATERYAL VE YÖNTEM

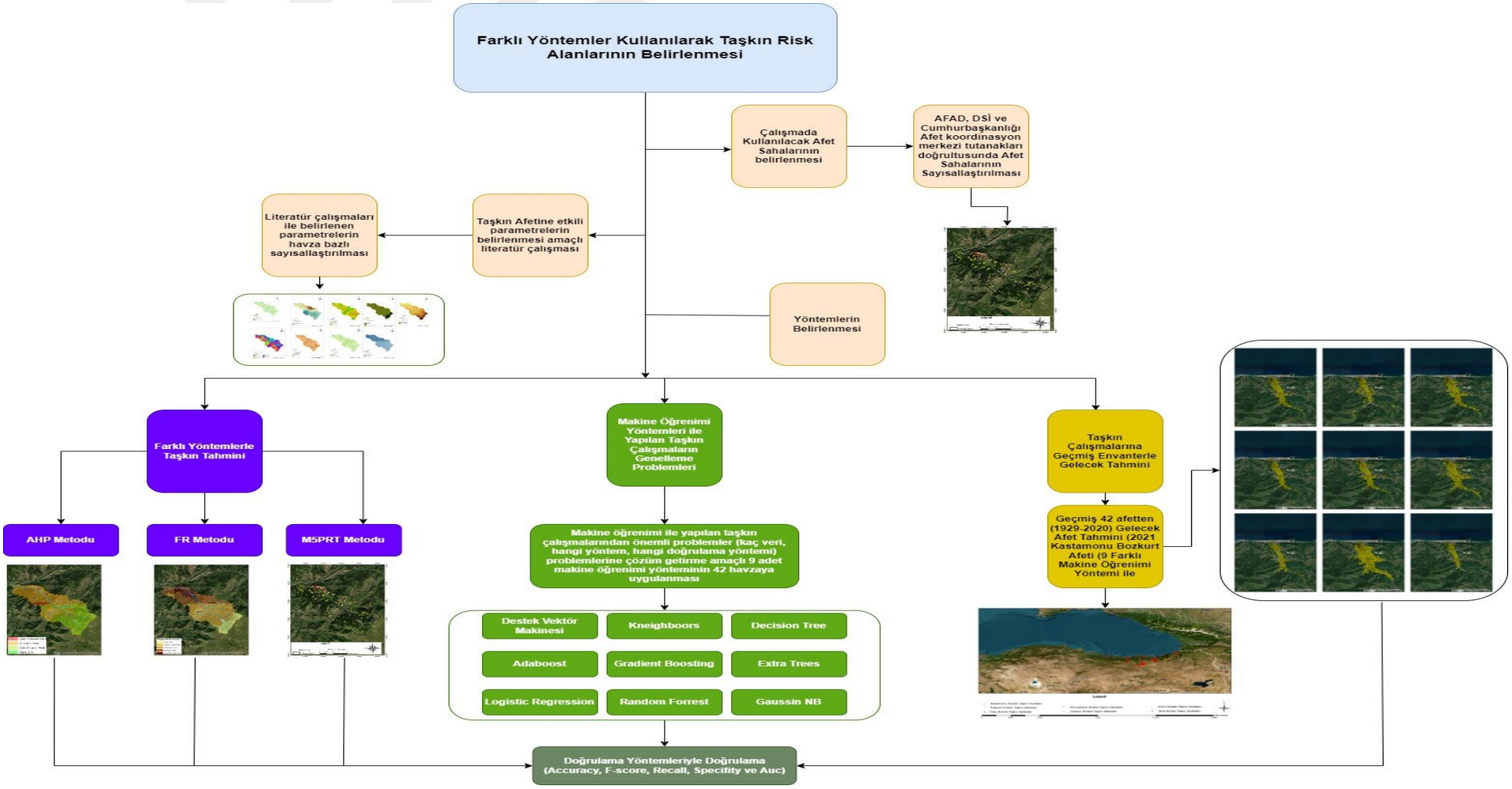
Taşkın afetlerinin risk sahalarının belirlenmesinde literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaları genel anlamda iki farklı kategoride görmek mümkündür. Bu kategorilerden ilki sayısal modellemelere dayalı yazılımlarla yapılan taşkın çalışmalarıdır. Bu yazılımlar Hecras, HECGeoras gibi su yüzeyi yükseltilerindn yola çıkılarak yapılan ve ampirik denklem sonucu oluşturulan Q100, Q500 gibi değerlerle oluşturulan çalışmalardır. Ayrıca ÇKKV yöntemleri ile yapılan ve ön kabuller neticesinde oluşturulan çalışmalarda bu kategoride yerini almaktadır. İkinci kategorisi ise son dönemlerde liteartürde oldukça yer kaplayan makine öğrenimi yöntemleri ile afet sahası tahminidir.

Bu çalışmada taşkın afetleri ile ilgili literatürde yer kaplayan birinci ve ikinci kategori yöntemlerin başarıları ortaya konmaya çalışılmış, ikinci kategori yöntemlerin kendi içerisinde afet tahminindeki başarısı ortaya konmuştur. Bu amaçla Türkiyenin en fazla taşkına maruz kalan havzası olan Doğu Karadeniz bölümü çalışma alanı olarak seçilmiştir. 1950-2020 yılları arasında en fazla can ve mal kaybına neden olan büyük ölçekli 41 afet incelenmiştir. Bu afetlerin afet yayılım sahasını oluşturmak için sadece sözel ifadelerle yer alan afet bilanço raporları kullanılmış ve bu raporlar doğrultusunda afet sahası oluşturulmuştur. Aynı sahaların afete dönüşmesinde etkili olacağı düşünülen parametreleri literatür çalışmaları sonucu belirlenmiş ve havza bazlı sayısallaştırılmıştır ve kullanılacak modellerin belirlenmesi ile hazırlık aşaması tamamlanmıştır.

Bu tez çalışması 3 aşamadan meydana gelmektedir. Çalışmanın birinci aşamasında Trabzon ilinde 10, Rize ilinde 12, Artvin ilinde 4, Ordu ilinde 2, Gümüşhane ilinde 4, Giresun ilinde 9 yaşanan taşkın afeti tahmin edilmeye çalışılmış ve gerçek durumlu mukayese edilmeye çalışılmıştır. Bu aşamada literatürde bulunan ve geleneksel yöntem olarak addedilen ÇKKV yöntemleri ve yenilikçi yöntem olarak addedilen makine öğrenimi yöntemleri mukayese edilmeye çalışılmıştır. ÇKKV yöntemlerinde literatürde en sık kullanılan AHP ve FR metodu kullanılmıştır. Yenilikçi yöntem olarak bahsedilen makine öğrenimi yöntemlerinden ağaç modellerinde M5P Rule Tree modeli seçilmiştir. Kullanılan bu 3 yöntem 41 havzaya uygulanmış ve sonuçları sayısallaştırılmıştır. Yöntemlerin sonuçları 5 farklı doğrulama metodu (Acc, Auc, Precisioun, Recall ve F-score) ile mukayese edilmiştir (Şekil 4.1).

Çalışmanın ikinci aşamasında yenilikçi yöntem olan makine yöntemlerinin kendi içerisindeki genelleme problemlerine çözüm aranmıştır. Genelleme problemi olarak adlandırılan problemler bu çalışma alanı ile ilgili literatürdeki çalışmalardan yola çıkılarak tespit edilmiştir. Literatürde bu konuda pek çok çalışma bulunmasına rağmen çalışmaların tamamı bir havzaya, havza içindeki verilerin bir kısmıyla geri kalan kısmını tahmin etmeye çalışan, belirli tek bir veya daha fazla yöntemle yapılan, her çalışmada farklı tetikleyici parametrelerden oluşan çalışmalardan oluşmaktadır. Bu bahse konu nedenlerden dolayı makine öğrenimi ile taşkın çalışmalarında hangi yöntemin kullanılacağı, hangi doğrulama yöntemiyle inceleneceği, kaç veri sayısıyla çalışılacağı, hangi tetikleyici parametrelerin kullanılacağı büyük bir genelleme problemi oluşturmaktadır. Bu amaçla bu aşamada 41 adet farklı afet havza; 9 adet farklı makine öğrenimi yöntemiyle, 41 farklı veri sayısıyla ve 5 adet farklı doğrulama yöntemiyle incelenmiş ve bulguları neticesinde bu genelleme problemlerine çözüm oluşturulmaya çalışılmıştır (Şekil 4.1).

Çalışmanın üçüncü aşamasında literatürdeki çalışmaların aksine havza içi değil havzalar arası tahmin denenmiş ve zaman serisi olarak çalışılmaya çalışılmıştır. Doğu karadeniz bölümünde 1950-2020 yılları arasında yaşanan 41 afetle 2021 yılında yaşanan ve son yılların en büyük taşkın afeti olan Kastamonu Bozkurt afeti tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bulunan bulgular 5 farklı doğrulama metodu (Acc, Auc, Precisioun, Recall ve F-score) ile incelenmiştir. Bu aşamanın amacı geçmiş afet kayıtları neticesinde gelecekte yaşanan afetleri farklı senaryolar (yağış, arazi kullanımı vb.) ile tahmin ederek afet senaryoları oluşturmak ve bu doğrultuda planlama yapmaktır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Çalışmanın Akış Şeması

Taşkın çalışmalarında çalışma için gerekli veri setlerinin ne olacağını tespit etmek ve bu veri setlerini eksiksiz elde etmek oldukça zor bir iştir. Bu nedenle taşkın çalışmalarının çoğu, asıl ihtiyaç olan alanın yerine değil seti bulunan alanda yapılmaktadır. Veri setinin tespiti ise çalışmanın doğruluğunun en önemli etkileyicisidir. Bu tespit bu afete neden olan parametrenin neler olacağıdır. Literatür çalışmalarının her birinde inceleme alanı olarak belirlenen havzada taşkına en çok etki eden parametre farklı bulunmuş, bazı çalışmalarda parametre aynı olsa da ağırlıklandırma değerleri farklı bulunmuştur (Liu vd., 2024; Debnath vd., 2024; Karim vd., 2023; Nguyen vd., 2023; Munawar vd., 2021; Avand vd., 2022). Bu nedenle hangi parametrelerin taşkına doğrudan etki ettiği, bu etkinin ne düzeyde olduğu ise taşkın çalışmalarında ciddi bir genelleme problemidir.

4.1 Materyal

Taşkınları tetikleyen faktörlerin doğru seçimi hem fiziksel ve istatistiksel tabanlı modellemeler hemde makine öğrenimi gibi çalışmaların en önemli etkenidir. Yapılan çalışmaların çoğunda görülmektedir ki taşkını tetikleyen parametrelerin birbirine göre önem sırası havza bazlı değişebilmektedir. Bu nedenle çalışmalarda taşkın tetikleyici parametreler seçerken sadece literatür çalışmaları yeterli olmamakta havza hakkında bilgi sahibi olunması da gerekmektedir (Yükseler vd., 2023; Lane, 2017; Plate, 2002; Hamed, 2019; Islam vd., 2021; Tehrany vd., 2019). Bu nedenle bu çalışmada 9 taşkın tetikleyici parametre (yükselti, yağış, eğim, bakı, drenaj yoğunluğu, topoğrafik ıslaklık indeksi (twı), akarsu güç indeksi (spı), normalized differene vegetation ındex (ndvı) ve toprak tipi) ile çalışılmıştır.

Yükselti

Taşkınları tetikleyen önemli faktörlerden biri yükseltidir. Taşkınlar ile yükselti arasında genellikle ters orantı söz konusudur. Yükselti azaldıkça taşkın tehlikesi artarken, daha düşük yükseltiye sahip alanlar ise taşkına daha duyarlıdır (Khosravi vd, 2016a; Tehrany vd., 2014; Bui vd., 2016; El-Magd vd., 2022; Ahmad vd., 2020; Tehrany vd., 2019). İnceleme alanında yükselti haritası oluşturulurken, Harita Genel Müdürlüğüne ait hava fotoğraflarından elde edilen 5 m çözünürlüklü sayısal yükselti modeli (dem) kullanılmıştır. Taşkın parametrelerin yapılan literatür araştırmaları sonucunda 5 sınıfa ayrılmış uygulama sırasında doğrulu test edilmiştir. (Erinç ,1984; Dönmez, 1990; Akman ,1990; Şengün ve Kıranşan, 2016; Ataol, 2009; Erdoğan vd., 2019)

Eğim

Eğim, taşkını tetikleyen önemli fiziki coğrafya faktörlerindendir (Meraj vd, 2015; Bui vd, 2016; Khosravi; 2016b; Choubin, vd., 2019). Yüzey akış hızını ve sızma miktarını kontrol etmektedir (Lee & Min, 2001; Adiat vd., 2012; Rahmati vd, 2016; Khlaifat vd., 2023; Ullah vd., 2015; Sui vd., 2022). Çalışma alanında eğim haritası sayısal yükselti modelinden yararlanılarak yüzey analizleri (Raster Surface) ile oluşturulmuştur. Yapılan literatür çalışmaları sonucunda eğim 6 alt sınıf olarak belirlenmiş ve çalışmada doğruluğu incelenmiştir.(Meena vd., 2017; Xu vd, 2018; Meena vd, 2017; Oğuz vd., 2016; Özcan vd, 2009; Özşahin, 2013; Rincón vd, 2018)

Bakı

Bakı, maksimum eğimin yönünden etkilenen ve kar erimesinin olduğu havzalarda taşkına doğrudan etki eden bir parametredir (Regmi vd., 2014; Hanson vd., 2006; Minglei vd., 2021). Çalışma alanının bakı haritaları yine sayısal yükselti modelinden yararlanılarak yüzey analizleri (Raster Surface) ile oluşturulmuştur. Bakı değerleri ana ve ara yönler ve düzlük alanlar olmak üzere 9 sınıfa ayrılmıştır (Özşahin, 2013; Kahraman vd., 2016; Öztürk, 2009). Nominal bir değişken olan bakı, lojistik regresyon modelinin kullanılmasında bir problem oluşturmamakla birlikte yapay zekâ modellerinde kullanılabilmek için sayısal (sürekli) bir veriye dönüştürülmüştür.

Yağış

Yağış faktörü topoğrafik özellikler kadar taşkın oluşumunda etkili olan bir diğer önemli değişkendir (Yükseler vd., 2021). İnceleme alanı Doğu Karadeniz bölümünün kıyı kesiminde ve Türkiye'nin en fazla yağış alan yerlerinden biridir. Bu bölgede yoğun yağışlar sonbahar ve yaz aylarında meydana gelmektedir. Nitekim büyük taşkın olarak nitelendirilen 05.07.1929 tarihli taşkın da yaz mevsiminde gerçekleşmiştir. Bu çalışmada kullanılan yağış verileri yüksek mekânsal çözünürlüklü küresel iklim verilerinin tutulduğu ve açık erişimli olan WorldClim sitesinden ve Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilmiştir. Raster formatta olan bu veri üzerine rastgele örneklem yöntemiyle nokta atılmış ve her noktanın yağış değeri girilmiştir. Daha sonra enterpolasyon yöntemleriyle yağış haritası oluşturulmuştur. Taşkın haritalarının oluşturulmasında en önemli parametrelerden olan bu çalışmada 5 alt sınıfa bölünmüş ve bu değer literatür çalışmalarının yanısıra havzada da

doğruluğu test edilmiştir. (Erinç, 1984; Dönmez, 1990; Akman, 1990; Şengün ve Kıranşan, 2016; Çiçek ve Ataol, 2009; Mileti, 1995; Dastorani vd., 2010; Lowe vd., 2013)

Ndvı (Bitki örtüsü)

Bitki örtüsü, akışın hızını azaltmada önemli bir parametredir (Lei vd., 2014). Bu nedenle taşkın tehlike ve risk analizlerinde bitki yoğunluğunun ortaya konulmasında NDVI analizi yapılmaktadır. Doğu Karadeniz bölümünde, bitki örtüsünün zayıf olduğu dik eğimli alanlarda, ekstrem yağışlar zaten neme doygun olan akarsu yatağında kısa sürede akışa geçerek taşkınlara yol açmaktadır. İnceleme alanında 3 Mayıs 2021 tarihli OLI Landsat görüntülerinden NDVI haritası üretilmiştir. 30 m çözünürlüklü olan uydu görüntüsü açık kaynak erişimli USGS Earth Explorer'dan temin edilmiştir. NDVI haritası:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{5 nolu arazi örtüsü} - \text{4 nolu arazi örtüsü}}{\text{5 nolu arazi örtüsü} - \text{4 nolu arazi örtüsü}} \quad (1)$$

denklem (1) ile formüle edilmiştir.

Drenaj yoğunluğu

Drenaj yoğunluğu, bir hücre içindeki toplam akarsu uzunluğunun hücre alanına (boyutuna) oranını göstermektedir (Greenbaum, 1989; Sahana & Patel, 2019), ve doğrudan taşkına neden olan bir faktördür (Gül, 2013). Drenaj yoğunluğunun yüksek olduğu alanlar akarsu birleşimin çevresi, akarsuların mansap bölümleri olmakla birlikte ana akarsu kolları boyunca çizgisel eğilimler göstermektedir (Sahana & Patel, 2019). Drenaj yoğunluğu 0-2 düşük, 2-2,5 orta, 2,5-3 yüksek ve 3- + üzeri değerler çok yüksek drenaj yoğunluğu olarak 5 sınıfa ayrılmıştır (Malik vd., 2011).

Topoğrafik ıslaklık indeksi (TWI)

Topoğrafik ıslaklık indeksi; Beven ve Kirkby (1979) tarafından taşkına etkisi olduğu düşünülen bir parametre olarak sunulan ve havzadaki nemliliğin havza bazında dağılımını ifade eden bir kavramdır. Islaklık indeksi havzadaki her bir pikselde oluşan su birikintisi olarak da ifade edilebilir (Rahmati vd., 2016). İndeks;

$$\text{TWI} = \frac{(\text{Birikim}+1)*\text{Hücre Boyutu}}{\text{Tg}\left(\text{Eğim}*\frac{\text{pi}}{180}\right)+0.001} \quad (2)$$

denklem (2) ile formüle edilmiştir

burada Birikim= Akış toplanmayı ifade etmektedir.

Akarsu güç indeksi (SPI)

Akarsu güç indeksi su akışının aşındırıcı gücünü göstermektedir. Oluşan bu güçle aşınan malzeme belirli bir zaman sonra akarsuyun önünü tıkayarak yatağın dışına taşmasına neden olmakla birlikte yatak dengesini bozarak taşkınlara neden olmaktadır (Werner vd. 2005). İndeksin Formülü denklem (3);

SPI=Birikim*Hücre boyutu*Tg (Eğim*0.017453) (3)

Toprak tipi

Toprak tipleri, su sızma miktarını belirlemek için kullanılan parametredir. Büyük toprak gruplarından olan A, B ve C tipi topraklar minimum akış potansiyeline sahipken, D grubundaki toprak tipleri ise maksimum akış potansiyeline sahiptir (USDA, 1986; Gittleman vd, 2017; Lei vd., 2014).

Bu çalışmada toplamda 40 adet farklı havzadan alınan 18810 adet noktasal veriyle çalışma yapılmıştır. Bu noktasal verileri 9405 adeti taşkın yaşanan noktaya karşılık gelirken 9405 adeti taşkın yaşanmayan noktaya denk gelmektedir. Bu veriler makine öğrenimi yöntemlerinde en iyi ayırma oranı olan ve artık genel kabul haline gelen %70 eğitim ve %30 test verisi olarak ayrıştırılmıştır. 13167 eğitim verisi ile yapılan eğitim sonucunda 5643 adet test verisi sonucu elde edilmiştir. Taşkın yaşanan noktalar alınan afet bilgileri neticesinde tespit edilmiştir (DSİ 1996; DSİ 2006; Cumhurbaşkanlığı Acil ve Afet Koordinasyon Merkezi). Bu yaşanan ve yaşanmayan herbir noktalardaki 7 adet taşkın tetikleyici parametre değerleri eğitim ve test verilerinin girdi değerlerini oluştururken, çıktı değeri o noktada taşkın yaşanıp (1) veya yaşanmadığıdır (0).

4.2 Yöntem

Taşkın afeti son yıllarda tekerrür sıklığı ve yarattığı bilanço ile literatürde en yoğun çalışmalar arasına girmiştir. Özellikle ülkemizde tüm afetlerde ikinci meteorolojik kökenli afetlerde ise en fazla yaşanan afet olması nedeniyle güncelliğini korumaktadır. Taşkın yönetim stratejileri taşkın öncesi önlemler, taşkın tahmini ve taşkın sonrası önlemlerdir (Kourgialas vd., 2011). Bu önlemler çoğunlukla erken uyarı sistemleri ve havza planlamaları üzerine yoğunlaşmaktadır. Havza planlamaları afet öncesinde havzanın verimli kullanılabilinmesi ve afetten korunması açısında oldukça elzem çalışmalardandır (Yükseler vd., 2024). Bu çalışmalar ampirik formüllerle yapılan akış miktarı ile hesaplanabilirken bazı ÇKKV yöntemleri ilede belirlenebilinmektedir. ÇKKV yöntemleri birden çok bağımlı

değişklenler neticesinde meydana gelen hadiseleri anlamlandırma çalışan ve hadisenin olay örgüsünü ortaya koymaya çalışan çalışmalardır. Taşkın afeti gibi birden çok tetikleyici parametre neticesinde meydana gelen afetler ÇKKV yöntemleri ile başarılı sonuçlar verdiği literatürde görülmektedir (Yükseler vd., 2024). Bu çalışmalar bazı ön kabuller ve uzman görüşlerini barındırdığı ve uzun süredir literatürde yer aldığı için bu yöntemler geleneksel metotlar olarak ifade edilmiştir. Geleneksel metotların yanısıra son dönemlerde pek çok disiplinlerde kullanılan yapay zeka yöntemlerinden olan makine öğrenimi yöntemleride taşkın çalışmalarında yer almaya başlamıştır. Özellikle karmaşık algoritmaları yüksek doğruluk değerleriyle tahmindeki başarıları taşkın çalışmaları için bu yöntemleri cazip hale getirmiştir. Literatürde oldukça başarılı sonuçlar veren bu yöntemler bu çalışmada da kullanılmış ve makine öğrenimi yöntemlerinin en iyi sonuçlarını veren 9 metot çalışmada yer almıştır.

4.2.1 Geleneksel yöntemler

Bu çalışmada geleneksel yöntemler olarak ifade edilen ve ÇKKV yöntemlerinden taşkın çalışmalarında en sık kullanılan AHP ve FR metodu kullanılmıştır.

4.2.1.1 Analitik Hiyararşi Süreci (AHP)

AHP ÇKKV yöntemlerinin en sık kullanılan yöntemlerinden bir tanesidir. Bu yöntemin kullanım kolaylığı ve ikili karşılaştırmaların karar verici katsayılarının alternatif görebilirliği açısından ciddi avantajları vardır. Ayrıca ölçeklendirilmesinde ve hiyerarşik yapısı nedeniyle sorunları uyumlu hale getirmesi kolaydır. (Velasquez ve Hester, 2013). Bu yöntemin uzmanların kararlarına dayalı olması bazı durumlarda avantajlı hale gelirken bazı durumlarda dezavantaj sağlamaktadır. (Rashidpour, K. 2013; Saaty, 2008).

AHP küresel ısınma (Chen vd., 2015), Su kaynakları yönetimi (Gdoura ve diğ.2015), sağlık (Nguyen ve Nahavandi 2015) vb. pek çok alanlarda yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem alternatif ve alt alternatiflerin kaşılaştırılması esasına dayanır. Yöntem tutarlı matrislerin matematiksel yapılarına ve bunlarla arasında kurdukları bağıntıların ağırlıklar üretme yeteneklerine dayanmaktadır (Kumar vd.,2009). Yöntem birçok parametrenin olduğu bir ortamda gerçek sonuca ulaşılması amacıyla oluşturulan alternatiflerin değerlendirilmesine dayanmaktadır. Her bir alternatif için oluşturulan ağırlara dönüştürülen yöntemde, karar veren kişiye bir tercih ve tahmin yapılmasında yardımcı olmaktadır (Forman ve Gass 2001). Yöntem üç temel prensibe dayanır: yargılama, ayrımlama ve

aşağıda bulunan adımların sentezine (Ossadnik vd., 2016). Bu yöntemin ÇKKV yöntemleri arasında popüleritesini arttıran başlıca nedenler; tutarlılık ölçme imkanı, kendi içinde karar vermeyip kişiyi karar vermeye yönlendirmesi, duyarlılık analizi yapma imkanı ve nitelik ve niceliksek bilgileri bütünleştiem imkanıdır.

Bu çalışmada "tehlike", tanımlanmış olup bir değerin aşılma olasılığı ifade edilmiştir. "Risk", maddi kayıbı ifade eden bir tanımlamadır. Bu çalışmada taşkın tehlike haritaları oluşturulması amacıyla AHP metodu kullanılmış olsa da ifadelerde kullanılan riskli ifadeleri tehlike açısından riski ifade etmektedir.

AHP Uygulama yöntemi

AHP yöntemi uygulanırken izlenmesi gereken adımlar;

1-Öncelikle parametreler kendi aralarında karşılaştırılır.

2-Sonra herbir parametre dikkate alınarak farklı parametrelerin karşılaştırılması yapılır.

3-Karşılaştırılma yapıldıktan sonra Saaty (SAATY, T.L. 1977) tarafından oluşturulan AHP Çizelgesi kullanılır.

Çizelge 4.1' de karşılaştırılacak değerlerin önem miktarlarını gösteren ifadeler yapılmıştır. AHP Hiyerarşi Çizelgesi (SAATY, T.L. 1977)'den uyarlanmıştır.

Çizelge 4.1. AHP Hiyerarşi Çizelgesi (Saaty, T. L. 1977)

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Her iki faktörün eşit değere sahip olması durumu
3	1. Faktörün 2. faktörden daha değerli olması durumu
5	1. Faktörün 2. faktörden çok değerli olması durumu
7	1. Faktörün 2. faktöre nazaran çok güçlü bir değere sahip olması durumu
9	1. Faktörün 2. faktöre nazaran mutlak üstün bir değere sahip olması durumu
2, 4, 6, 8	Ara değerler

yapılacak işlemler;

1-Problemi tespit eder.

2-N x N boyutlu karşılaştırma matrisi meydana getirir.

3-Normalizasyon yapar.

4-Öncelik vektörü yapılır.

5-Tutarlılık çözümü elde edilir.

6-Karşılaştırma veya sıralama işlemleri meydana getirilir.

Karşılaştırma matrisi nxn ebatında bir kare matristen oluşur. Bu karşılaştırma matrisin köşegenleri üzerinde bulunan matris bileşenleri 1 değerini alır. Burada A karşılaştrma matris değeridir.

$$A=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Karşılatırma matrisi denklem 4' de gösterilmiştir.

İkili karşılaştırma matrisi meydana getirildikten sonra normalizasyon bölümüne geçilir. Normalizasyon denklemdeki gibi oluşturulur.

$$b_{ij}=\frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} \quad (5)$$

Normalisayon denklemi 5' de gösterilmiştir.

Normalizasyon denklemi meydana getirildikten sonra normalize edilmiş matris meydana getirilir. Normalize edilmiş matris oranlanmış bir matris olarak değerlendirilir ve ilk oluşturulan matrise göre daha düşük değerler ile oluşturulur.

$$C=\begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \cdots & c_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & & c_{nn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Normalize edilmiş matris denklemi 6' da gösterilmiştir

Daha sonra öncelik vektörü oluşturulur. C matrisinde bulunan bütün değerlerin toplamının aritmetik ortalaması alınır ve w şeklinde öncelik vektörü hesaplanır.

$$w_i=\frac{\sum_{j=1}^{n} c_{ij}}{n} \quad (7)$$

Öncelik vektörü 7' de gösterilmiştir

Bu işlemlerden sonra tutarlılık testine geçilir. Bu test işlemlerin geçerliliğini veya güvenirliliğini tespit etmektir.

Tutarlılık testinde yapılacak adımlar şu şekildedir;

1-Uyum indeksi (CL)

2-Rastgele İndeksi (RI)

3-Uyum oranı (CR)

Saaty, tutarlı matrisinin $\gamma_{max} = n$ olduğunu ispatlamıştır. Burada γ mukayesese ilişkin temel değerdir. Sonra aşağıdaki denklem kullanarak tutarlılık ve sapma derecesi olarak Tutarlılık Endeksi olarak ifade edilen bir tutarlılık ölçüsü (CI) 8' de oluşturdu.

$CI = (\lambda_{max} - n)/(n-1)$ (8)

Sonra, Tutarlılık Endeksi ile Rastgele Tutarlılık Endeksi arasındaki bir karşılaştırma olan Tutarlılık Oranı 9' da gösterilmiştir:

$CR = CI/RI$ (9)

RI : Tesadüfilik Göstergesi

CI (Tİ) : Tutarlılık İndeksi

CR (TO) : Tutarlılık Oranı

Tutarlılık Oranının değeri % 10 değerine eşit veya küçük olduğunda mukayese edilen durumun tutarlı bir durum olduğu kabul edilir. Tutarlılık oranı %10'dan düşük olduğu durumlarda ise mukayese tekrar kontrol edilir ve hesaplamalar baştan incelenir. Taşkın çalışmalarında uygulanan bu yöntem, afet olayının meydana gelişinde parametrelerin arasındaki matematiksel durumu ağırlıklandırır. Taşkın tehlike alanlarının oluşturulmasında afet öncesi durumun tespiti temel aşamadır. Ancak bu aşama oldukça zorludur. Çünkü deneyimler ve öngörüler taşkının oluşma aşamasını tespit etmek açısında yeterli olmamaktadır. Bu çalışmada AHP metotunda kullanılacak parametrelerin birbirini ev alt parametreleri arasındaki ilişkileri ifade etmek ve ağırlık değerlerinin tespiti amacıyla 30 adet makale uzman görüşü olarak kabul edilmiş ve bu doğrultuda değerler belirlenmiştir. Bu çalışmada AHP metotunda parametrelerin birbirine ve parametrelerin alt parametrelerinin birbirine üstünlük değerleri literatür çalışmalarından yola çıkılarak belirlenmiştir. Taşkın alanında yapılan çalışmalarda kullanılan değerlerin herbiri bir anket sonucu olarak değerlendirilip Saaty metotuna göre katsayı değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.2.)

Çizelge 4.2. AHP Metotunda Kullanılan Parametrelerin Belirlenmesinde Kullanılan Yayınlar

Gürgen vd. (2004)	Çalışma alanı olarak Doğu Karadeniz bölümü seçilmiştir. Taşkına etki eden parametre olarak: yağış (%28), yükselti (%44,3), toprak (%4.2), akarsuya uzaklık (%6), litoloji (%3.3), arazi kullanımı (%7.6), bakı (%6.6) olarak belirlenmiştir.
Özcan vd. (2008)	Çalışma alanı olarak Sakarya nehrinin alt havzaları seçilmiştir. Taşkına etki eden parametreler olarak: akış (%18.3), yükselti (%19.2), bakı (%7.7), eğim (%6.8), litoloji (%5.4), yağış (%15.6), arazi kullanımı (%11.2), akarsuya uzaklık (%5.6), toprak (%10.2) seçilmiştir.
Saral vd. (2011)	Bilgi Difüzyonu ve ÇKKV yöntemleriyle taşkın risk analizini çalışmışlardır. İstanbul'da bulunan Ayamana deresi çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Yağış (%53), toprak kullanımı (19,4) , jeoloji (%18,2) ve topoğrafik ıslaklık (%9,4) verileri ile çalışılmıştır.
Selçuk vd. (2016)	Çalışma alanı olarak Van ilinde 60 yıllık bir periyotta yaklaşık 160 su baskını afeti kullanılmıştır. Çalışmada litoloji (%11.2), yeraltı su seviyesi (%9.8), eğim (%18.6), yükseklik (%30.3), drenaj kanallarına olan mesafe (7.6) ve yağış (%22.5) olmak üzere 6 taşkına etki eden parametreler çalışmıştır.
Yılmaz vd. (2017)	Çalışma alanı olarak Çorum ili seçilmiştir. Taşkına etkili parametreler: yağış (%28,37), akarsulara uzaklık (%24), eğim (%13,84), yükseklik (%10,6), arazi kullanımı/örtüsü (%7,944), jeoloji (%6), bakı (%4), alt havzaların büyüklüğü (%2,9), alt havzaların şekli (%2,2)'dir.
Tokgözlü vd. (2018)	Yaptıkları çalışmada Aksu çayının taşkın riskinn değerlendirme açısından AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada kullanılan parametrelerin önem sırası yağış (%47), eğim (%26.1), arazi kullanımı (%13.7), toprak (%5.9), akarsu ağlarına yakınlık (%3.6) ve litoloji (%3.6) olarak bulunmuştur.
Toprak vd. (2019)	Çalışma alanı olarak Fatsa ilçesindeki akarsular belirlenmiştir. Taşkına etkili parametre olarak: yükselti(%7.27), eğim (%5.82), bakı (%1), eğrisellik (%5.70), twı (%3.81), spı (%2.08), drenaj

	yoğunluğu (%2.08), yağış (%4.15), ndvı (%3.32), birincil yollara mesafe (%3.66) ve ikincil yollara mesafa (%4.20) olarak belirlenmiştir.
Şengün vd. (2019)	Çalışma alanı olarak Tavşanlı deresi (Sivas) seçilmiştir. Taşkına etkili parametreler: bakı (%4.8), eğim (%18.5), bitki örtüsü (%15.1), arazi kullanımı (%12.6), toprak (%13.6), yükselti (%20.6), jeoloji (%14.8) olarak belirlenmiştir.
Işık vd. (2020)	Çalışma alanı olarak Araklı (Trabzon) Karadere çayı çalışılmıştır. Taşkına etki eden parametreler: eğim (%11.6), bakı (%6.7), toprak (4.4), arazi kullanımı (%11.1), jeoloji (%8.2), yağış (%25.6), yükseklik (%29.2), akarsuya uzaklık (%3.2) parametreleri belirlenmiştir.
Ertan vd. (2021)	Çalışma alanı olarak Karamenderes (Çanakkale) havzası belirlenmiştir. Taşkına etkili parametre olarak: akarsuya mesafe(%7.7), eğim (%7.4), bakı (%3), yükseklik (%33.2), jeoloji(%7.6), arazi kullanımı (%15.5) ve yağış(%25.6)) olarak belirlenmiştir.
Ertürk vd. (2021)	Çalışma alanı olarak Trabzon ili Vakfıkebir ilçesi Kirazlı deresi belirlenmiştir. Yağış (%18,37), akarsulara uzaklık (%11.5), eğim (%18,84), yükseklik (%20,6), arazi kullanımı/örtüsü (%7,944), jeoloji (%6), bakı (%4), eğrisellik (%12,9), alt havzaların şekli (%4,7)'dir.
Taş vd. (2022)	Çalışma alanı olarak Behzat (Tokat) deresi belirlenmiştir. Yağış (%50.3) , jeoloji (%6.8) , eğim (%13.4), bakı (%1.2), arazi kullanımı (%26), akarsuya uzaklık (%1.1), toprak (%0.2) parametreleri ile çalışılmıştır.
Göztepe vd. (2022)	Çalışma alanı olarak Hatip çayı (Ankara) seçilmiştir. Taşkına etkili parametreler: akarsuya uzaklık (%7.79), yükselti (%12.98), bakı (%14.71), eğim (%19.98), litoloji (%32.47), arazi kullanımı (%12.99), yağış (%6.06) olarak belirlenmiştir.
Çamcı vd. (2022)	Çalışma alanı olarak Aydın ili seçilmiştir. Taşkın parametreleri: yağış (%42), akarsuya uzaklık (%23), eğim (%12), yükseklik (%10), toprak (%6), arazi kullanımı (%4), bakı (%3) seçilmiştir.

Sütünç vd. (2022)	Çalışma alanı olarak Siirt'in Kezer bölgesi seçilmiştir. Taşkına etkili parametreler olarak: akış (%30), yağış (%10), jeoloji (%5), arazi kullanımı (%5), eğim (15), yükseklik (25), drenaj yoğunluğu (%10) seçilmiştir
Duman vd. (2022)	Çalışma alanı olarak Çankırı ili seçilmiştir. Taşkına etkili parametreler: akarsuya uzaklık (%33.7), eğim (%25.6), yağış (%18), arazi kullanımı (%11), toprak (%6), bakı (%3.5), jeoloji (%2.2) olarak belirlenmiştir.
Karakuş vd. (2022)	Çalışma alanı olarak Sivas olarak belirlenmiştir. Taşkına etkili parametreler: eğim (%22.5), yükseklik (%15.2), bakı (%2.7), yağış (%32.5), toprak (%5.2), akarsuya uzaklık (%10), litoloji (%5.8), arazi kullanımı (%5.8) seçilmiştir.
Yükseler vd. (2023)	Çalışma alanı olarak Of (Trabzon) ilçesindeki Solaklı deresi belirlenmiştir. Taşkına etkili parametre olarak: yükselti (%25.6), eğim (%11.2), bakı (%2.3), twı (%4.7), spı (%4.3), toprak türü (%7.2), yağış (%21.7), ndvı (%8.2), litoloji (%4.1), drenaj yoğunluğu (%7.7) kullanılmıştır.

AHP metotuyla literatürde pekçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar bu tez kapsamında incelenmiş ve herbir çalışma bir uzman görüşü olarak kabul edilerek bu taşkını tetikleyen 9 parametrenin kendi alt parametreleri arasındaki değerler çalışmanın ilk aşamasını oluşturmaktadır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3.Taşkını Etkileyen Faktörlerin Analitik Hiyerarşi Metoduna Göre Alt Kriter Katsayıları.

Yükselti Sınıfları		**1**		**3**	**4**	**5**		**Ağırlıklandırma Kat.**	**Tutarlılık**
Yükselti	**1**	1	1 /3	1/5	1/7	1/9		0,034	**8%**
	2	3	1	1/3	1/5	1/7		0,069	
	3	5	3	1	1/3	1/5		0,133	
	4	7	5	3	1	1/3		0,261	
		9	7	5	3	1		0,502	
Eğim Sınıfları		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**		
Eğim	**1**	1	2	3	5	7	9	0,396	**5%**
	2	1/2	1	2	3	5	7	0,242	
	3	1/3	1/2	1	3	5	7	0,184	
	4	1/5	1/3	1/3	1	3	5	0,101	
	5	1/7	1/5	1/5	1/3	1	2	0,045	
		1/9	1/7	1/7	1/5	1/2	1	0,030	

Bakı Sınıfları		**Düz**	**Kuzey**	**Doğu**	**Güney**	**Batı**			
Bakı	**1**	**-1 – 0**	1	1	7	5	7	0,398	**5%**
	2	**0 – 45 +**	1	1	5	3	5	0,277	
	3	**45 – 135**	1/3	1	3	1	3	0,168	
	4	**135 – 225**	1/5	1/3	1	1	1	0,096	
	5	**225 – 315**	1/7	1/5	1	1	1	0,061	
TWI Sınıfları			**1**	**2**	**3**	**4**	**5**		
Topografik Nemlilik İn.	**1**		1	1/2	1/3	1/5	1/7	0,398	**2%**
	2		2	1	1/2	1/3	1/5	0,274	
	3		3	2	1	1/2	1/3	0,183	
	4		5	3	2	1	1/ 2	0,092	
			7	5	3	2	1	0,054	
Yağış Sınıfları			**1**	**2**	**3**	**4**	**5**		
Yağış	**1**		1	1/3	1/5	1/7	1/9	0,515	**4%**
	2		3	1	1/3	1/5	1/7	0,268	
	3		5	3	1	1/3	1/5	0,120	
	4		7	5	3	1	1/3	0,067	
			9	7	5	3	1	0,042	
Akarsu Güç İn.			**1**	**2**	**3**	**4**	**5**		
Akarsu Güç İn.	**1**		1	1	3	5	7	0,399	**2%**
	2		1	1	1	3	5	0,273	
	3		1/3	1	1	2	3	0,184	
	4		1/5	1/3	1/2	1	2	0,091	
			1/7	1/5	1/3	1/2	1	0,053	
NDVI Sınıfları			**1**	**2**	**3**	**4**	**5**		
NDVI	**1**		1	3	5	7	9	0,511	**5%**
	2		1/3	1	3	5	7	0,267	
	3		1/5	1/3	1	3	3	0,122	
	4		1/7	1/5	1/3	1	2	0,063	
			1/9	1/7	1/5	1/3	1	0,042	
Drenaj Yoğunluk			**1**	**2**	**3**	**4**	**5**		
Drenaj Yoğunluk	**1**		1	3	5	7	9	0,543	**2%**
	2		1/3	1	1	3	5	0,194	
	3		1/5	1	1	2	3	0,145	
	4		1/7	1/3	1/2	1	2	0,077	
			1/9	1/5	1/3	1/2	1	0,047	

Taşkını tetikleyen parametrelerin alt parametreleri arasındaki ağırlıklandırma değerleri belirlendikten sonra 2.aşamada parametrelerin birbirleri arasında ağırlıklandırma değerleri belirlenir. Bu belirlemeler sonucunda Satty tutarlılık değeri bulundu ve istenen tutarlılık değerine ulaşıldığı için mevcut bulunan değerlerle çalışıldı (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Taşkına Etkili Faktörlerin Analitik Hiyerarşi Metoduna Göre Kriter Katsayıları.

Parametreler	Yükselti	Yağış	Eğim	Spı	Dy	Twı	Bakı	Toprak	Ndvı	Ağırlıklandırma Katsayısı	Tutarlılık
Yükselti	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,307	
Yağış	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	0,218	
Eğim	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	0,154	
Spı	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	0,109	
Dy	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5	0,076	%4
Twı	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	0,053	
Bakı	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	0,037	
Toprak	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	0,026	
Ndvı	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	2	0,019	

4.2.1.2 Frekans Oran metodu

Taşın duyarlılık ve risk haritalanmasında çeşitli metotlar uygulanmaktadır. Özellikle Coğrafi Bilgi Sistemler (CBS) ile entegre edilmiş metotlar uzun zamandır kullanılmaktadır. Literatürde taşkın ve heyelan gibi afetlerin risk ve duyarlılık sahasının haritalanmasında yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri FR metodudur (Lee ve Evangelista, 2005; Lee ve Sambath, 2006; Yılmaz, 2007; Akgün vd., 2008; Yılmaz, 2009; Jadda vd., 2009; Reis vd., 2009; Erener ve Düzgün, 2010).

Geçmiş zamanlarda yaşanan afetlere neden olan faktörler gelecekte yaşanacak afetlere ışık tutar (Chung and Fabbri 1999). Bu yaklaşım düşünüldüğünde taşkın meydana gelen alanlar ile bu alanlardaki faktörlerin bağlantısı, geçmişte afet olmayan yerler ve o bölgelerin faktörleri arasındaki ilişkiyle bağlantılı olduğu düşünülmektedir (Lee et al. 2004). FR metodu bir olayın gerçekleşme olasılığının gerçekleşmeme olasılığına oranı şeklinde

tanımlanabilinir (Erener vd. 2010). FR metodu, geçmiş taşkınların lokasyonlarını dikkate alarak taşkına neden olan her bir faktörün korelasyonunu araştırmak için kullanılınır. Bu sebeple taşkına neden olan her bir faktör kategorize edilmiş ve herbir faktörün her kategorideki FR CBS fonksiyonları kullanılarak hesaplanmıştır. FRı hesaplamaları için denklem 10 kullanılmıştır.

$$\mathrm{FR} = \frac{\mathrm{PLO}}{\mathrm{PIF}} \qquad (10)$$

PLO= Taşkını etkileyen bir parametrenin kendi alt kategorilerindeki taşkın varlığı yüzdesi

PIF= Taşkını etkileyen bir parametrenin her bir kategorisinin yüzdesi

Hesaplanan FR değerleri 1'den büyük oluyor ise taşkına etki eden parametre ve taşkın ilişkisi yüksek, düşük oluyor ise ilişki düşüktür sonucu çıkmaktadır. Bu yöntemde geçmiş afet kayıtları ciddi önem arz etmektedir.

Çünkü bu yöntem belirli bir olayın meydana gelme olasılığı olarak ifade edilmektedir (Lee vd., 2004; Lee & Evangelista, 2005). Bu nedenle geçmişte oluşan vakaların gelecekte oluşacak olaylar ile aynı koşullar altında gerçekleşeceği olasılığına dayanmaktadır (Jadda vd., 2009). Yüksek FR ağırlıklarına sahip parametrelerin, olayın gerçekleşmesi ile ilgili yüksek bir ilişki olduğunu gösterir (Ozdemir & Altural, 2013). Bu sebeple geçmişte yaşanan afet sahalarındaki parametreler ile gelecekte yaşanması muhtemel afet sahalarının tespiti arasında bağlantı kurmak için bu yöntem seçilmiştir. FR için formül 11 kullanılmıştır.

$$\mathrm{FOi} = \frac{\mathrm{YPpix} * \sum \mathrm{pix}}{(\sum \mathrm{Ypix}) * \mathrm{Ppix}} \qquad (11)$$

YPpix: Taşkına etki eden parametre alt sınıfındaki piksel sayısı

∑Ypix: Taşkına etki eden toplam piksel sayısı

Ppix: Parametre alt sınıfındaki piksel sayısı

∑pix: Çalışma alanındaki toplam piksel sayısını ifade etmektedir.

Bu çalışmada, FR metodu Doğu Karadeniz bölümünde meydana gelen taşkınlarla, bu taşkını tetikleyen faktörler arasındaki ilişkinin derecesini göstermek için kullanılmıştır. Taşkını etkileyen faktörleri önem sırasına göre sıralaması, faktörün sınıflarının taşkınların meydana gelmesi üzerindeki etkisinin ortaya konulması modelin önemli bir özelliğidir (Tehrany vd., 2017). CBS ile oluşturulan FR metodu taşkın haritaları işlemi aşağıdaki basamaklar takip edilerek oluşturulur.

1- Taşkına neden olan parametrelerin (yükseklik, eğim, litoloji vb.) model aralıklarının belirlenmesi ve sınıflama yapılması

2- Taşkın envanter haritaları oluşturularak piksel dağılımının tespit edilerek sınama ve analizlerin belirlenmesi

3- Analiz için ayrılan taşkın parametre haritaları alt gruplara göre dağılımının belirlenmesi

4- FR'e göre parametre dağılım yüzdelerinin belirlenmesi ve parametre haritalarının oluşturulması

5- Duyarlılık parametre haritalarının aritmetik ortalaması ve 5 eşit parçaya bölünmesi

6- Doğrulamanın yapılması

4.2.2 Makine öğrenimi yöntemleri

Makine öğrenimi algoritmaları özellikle taşkın olaylarının karmaşık yapısı nedeniyle taşkın çalışmlarında son dönemde çok sık çalışılmaktadır. Yöntemlerin hızlı sonuç vermesi, olay örgülerini iyi ortaya koyabilmesi, yüksek veri tabanı ile çalışabilmesi özellikleri bu yöntemleri oldukça cazip hale getirmektedir. Literatür kısmında verilen pek çok çalışmada görülmektedir ki son dönemlerde bu alanda çalışma sayısı oldukça artmakta ve yüksek doğruluk değerlerine ulaşılmaktadır. Bu çalışmanın birinci aşasında ağaç modellerinden M5P Rule Tree modeli kullanılmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında makine öğrenimi yöntemlerinin genelleme problemlerine çözüm bulmak amacıyla 9 farklı makine öğrenimi (Logistic Regression, Destek Vektör Makinesi, K en yakın komşu, Decision Tree, Random Forest, Adaboost, Gradient Boosting, Extra Trees, GaussianNB algoritmaları) kullanılmıştır. Bu yöntemler veri sayısı, doğrulama değerleri ve yöntem değişkenleri arasındaki değişkenlik ve uyum ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu ikinci aşamada veri ön işleme, öznitelik çıkarma ve sınıflandırma işlemleri yapılmıştır. Veri ön işleme aşamasında eksik veri analizi ve aykırı veri analizi yapılmıştır. Eksik veriler ortalama değer ile doldurulmuştur. Veri seti 10-kat çaprazlama uygulanmıştır. Sınıflandırma algoritmalarının performansı genellikle k-katlı çapraz doğrulama ile değerlendirilir. Bir veri seti ilk önce rastgele olarak yaklaşık olarak aynı sayıda örneğe sahip k ayrık katlara bölünür . Daha sonra her katlama, diğer k-1 katlamalardan türetilen modelin test edilmesinde rol oynar. Öznitelik çıkarma işleminde öznitelik önemlerine bakılmıştır ve böylelikle veriyi en iyi açıklayan öznitelikler belirlenmiş ve model buna göre düzenlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında sınıflandırma işlemlerinde Logistic Regression, Destek Vektör Makinesi, K en yakın komşu, Decision Tree, Random Forest, Adaboost, Gradient Boosting, Extra Trees, GaussianNB algoritmaları kullanılmıştır.

4.2.2.1 M5P rule tree metodu

İlk olarak Frank ve Witten tarafından 1988 senesinde önerilen CART (Classification and regression tree) algoritmasını kullanan M5P metodu M5 model ağaçlarını yöntemidir. M5PRT modeli M5 yöntemin (Wang&Witten, 1997; Quinlan, 1992) kullanarak regresyon ağaçları ve model ağaçlar oluşturmanın yanı sıra Bagging (Breiman, 1996), Rastgele Orman yöntemleri oluşturularak oluşturulan bir araçtır. Oluşturulan ağaçlar doğrudan veya M5P yöntemini kullanarak karar kurallarını doğrulaştırabilir (Holmes vd., 1999). Bu yöntemle karar ağaçları ayrı test kümelerinde kullanabilir, çapraz doğrulama kullanarak test edebilinir. Bu yöntemin en büyük avantajı; sürekli, ikili ve kategorik verilerin yanı sıra eksik veriyle de çalışma imkanı sağlar (Geurts vd., 2006)

Çalışma mantığı; tüm bir ağacın budanarak öğrenmesi sonucu dalın budanması örneklemi üzerine kuruludur. Öğrenilen budama metodu kendine özel kurallar üretir ve test verilerinin budanmasını sağlar. CART yöntemi kategori tahmini için kısmi veri seti oluşturulan kurallara tabi tutulurken M5 metodunda tüm veri setine tabi tutulur (Jekabson, 2016). Modelleme sürecinin her adımı MATLAB 2018B kullanılarak yapılmıştır. M5P Rule Tree model parametreleri Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. M5RT Model Parametreleri

	M5RT
Minimum Yaprak Boyutu	2
Minimum Ebeveny Boyutu	4
Bölünmüş Eşik	5%
Maksimum Derinlik	Sınır Yok

4.2.2.2 Lojistik regresyon metodu

Lojistig Regresyon modeli Hosmer ve Lemeshow tarafından 1989 tarihinde Bernoulli modelinden yola çıkarak geliştirilmiştir. Bu modelde bir dizi xn tahmincisi verildiğinde yn sonucunun olasılığını ortaya çıkarmaya çalışmaktadır (Schein ve Ungar, 2007). Bu yöntemde temel amaç bir olasılık modeli tanımlamaktır.

$$P(Yn = 1|xn) . = \sigma(w \cdot xn) \quad (12)$$

Karşılıklı gelen olabilirlik fonksiyonu ise

$$P(y|xn,n = 1 ...N) = n\ \sigma(w \cdot xn)\ yn\ (1 - \sigma(w \cdot xn))(1-yn) \quad (13)$$

$$= n\ \sigma(w \cdot xn)\ yn\ \sigma(-w \cdot xn)\ (1-yn) \quad (14)$$

Lojistik Fonksiyon

$$\sigma(\theta) = 1\ 1 + \exp[-\theta] \quad (15)$$

Bu metodu herhangi bir gerçek θ değerini [0-1] aralığına eşleyen ve sürekli bir artan fonksiyondur. Bu yöntem bilimsel ve sosyolojik değişkenlere sahip deneylerin tekrarlanan binom denemelerini kolaylaştıran bir bir Bernoulli fonksiyonudur (Bickel ve Doksum, 2001) Özetle Lojistik regresyon metodu, bir sonucun, olayın veya gözlemin olasılığını tahmin ederek ikili sınıflandırma görevlerini gerçekleştiren denetimli bir makine öğrenme algoritmasıdır.

4.2.2.3 Destek vektör makinesi (SVM) metodu

Destek Vektör Makinesi (SVM), hem sınıflandırma hem de regresyon için kullanılan denetimli bir makine öğrenme algoritmasıdır. SVM algoritmasının temel amacı, farklı sınıfların veri noktalarını ayırt edilebilir şekilde ayıran bir hiperdüzlem tanımlamaktır. Hiperdüzlem, en büyük marjın söz konusu sınıfları ayıracağı şekilde lokalize edilir (Pisner vd., 2020). Bu yöntem özellikle büyük verilerde oldukça kullanışlı bir yöntemdir. Bu yöntem özellikle karmaşık algoritmaların anlamlandırılması ve basitleştirilmesinde büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Bu avantajları sağlamak amacıyla döğrusal bir vektör makinasının modellenmesi, doğrusal olmayan vektör makinaların anlamlandırılması ve Lagrangian destek vektör makinalarının anlamlandırılması basamaklarından oluşur. (Sutharan vd., 2016)

4.2.2.4 K En yakın komşu (KNN) metodu

K En Yakın Komşu (KNN) algoritması, sınıflandırma ve regresyon görevleri için kullanılan popüler bir makine öğrenme tekniğidir. Benzer veri noktalarının benzer etiketlere veya değerlere sahip olma eğiliminde olduğu fikrine dayanır. KNN, mevcut tüm durumları saklayan ve yeni verileri benzerlik ölçüsüne göre sınıflandıran bir algoritmadır. Bu model her modele en yakın modelin x' olduğu fikrine dayanmaktadır (Zhang, Z., 2016). Bunun için en uygun etiket aranır ve faydalı etiket sunulur. Bu model veri uzayındaki en yakın komşu verisini atar. Bu yöntem özellikle büyük veri kümelerinde çok başarılı sonuçlara ulaştığı görülmektedir. Yöntem çok etiketli sınıflandırma, regresyon ve yarı gözetimli öğrenme varyantları gibi geniş bir makine öğrenimi yelpazesi barındırır (Kramer, O. 2013).

4.2.2.5 Decision tree (karar ağacı) metodu

Karar ağacı (Decision Tree) sınıflandırıcıları veri sınıflandırma modelleri için en iyi yöntemlerden biri olarak kabul edilir. Karar ağacı sınıflandırıcılar pek çok alanda kendini ispat etmiş ve giriş verisi ile en doğru sonuça ulaşmada büyük başarılar elde edilmiş bir yöntemdir. Verileri tespit etme ve eksik veri onarma gibi özellikleri modelin başarılı yanlarıdır (Charbuty vd., 2021). Karar ağacı (Decision Tree) bir öğe hakkındaki gözlemlerden hedef değeriyle ilgili sonuçlara gitmek için bir ağaç kullanır. Karar ağaçları tahmine dayalı bir yöntemdir. Bir başlangıç düğümünden dışarıya doğru genişleyen, birbirine bağlı çeşitli düğümlerden ve dallardan oluşur (Navada vd., 2011)

4.2.2.6 Random forrest (rastgele orman) metodu

Rastgele orman (Random forest), bir hedef değişkeni tahmin etmek için birden fazla karar ağacının çıktısını birleştiren hem sınıflandırma hem de regresyon problemlerinde kullanılan bir makine öğrenme algoritmasıdır. Rastgele Orman metodu, birden fazla bulunan karar ağaçlarının üzerinden her bir karar ağacı farklı şekilde eğitilerek çeşitli sınıflandırma ve modelleme yapma yöntemidir. Torbalama yöntemi olarak da bilenmekte ve toplu sınıflandırıcı yönteminin bir versiyonudur (Breiman., 2001). Bu yöntemde her bir düğümü dallara ayırmaktan ziyade, her bir düğümde rastgele seçilen değişkenler arasında en iyi düğüme ayırmaya çalışır ve rastgele seçilen ağaçlar budanmazlar (Archer., 2008). Rastgele orman yöntemine başlamak için kullanıcılar 2 parametreyi tanımlarlar. Bunlardan ilki en iyi bölünmeyi sağlamak için değişkenlerin sayısı m'dir. Diğeri ise getirilecek ağaç sayısı N'dir. Yeterli öngörü ve düşük korelasyon sağlayan değişken sayısının seçimi son derece önemlidir (Horning., 2010). Rastgele orman metodunun çok hızlı oluşu, aşırı öğrenmeye karşı dayanıklılığı ve çok yüksek veri setiyle çalışabilmesi yöntemin başarılı taraflarıdır.

4.2.2.7 AdaBoost metodu

AdaBoost, çok çeşitli sınıflandırma ve regresyon görevlerinde kullanılabilen bir makine öğrenme algoritmasıdır. Birden fazla zayıf öğreniciyi güçlü bir öğrenicide birleştirerek verileri sınıflandırmak için kullanılan denetimli bir öğrenme algoritmasıdır. AdaBoost, eğitim veri setindeki örnekleri önceki sınıflandırmaların doğruluğuna göre ağırlıklandırarak çalışır (Schapire vd., 2013). AdaBosst metodu regresyon problemi olarak önerilmiştir. Bu yöntem yüksek bağıl tahmin hatasına sahip örneklemleri filtrelemek ve hata eşiğinde alt optimum değeleri belirlemeyi amaçlayan bir yöntemdir (Solomatine vd., 2004).

4.2.2.8 Gradient bossting (gradyan arttırma) metodu

Gradient boosting (Gradyan artırma), sınıflandırma ve regresyon görevleri için kullanılan makine öğreniminde popüler bir artırma algoritmasıdır Gradient boosting, güçlü bir model oluşturmak için birden fazla zayıf modeli birleştiren bir algoritmadır. Önceki modellerin hatalarını düzelten yeni modelleri yinelemeli olarak ekleyerek çalışır. Her yinelemede algoritma, mevcut topluluğun tahminlerine göre kayıp fonksiyonunun gradyanını hesaplar ve ardından bu gradyanı en aza indirmek için yeni bir zayıf model eğitir. Daha sonra yeni modelin tahminleri topluluğa eklenir ve süreç, bir durdurma kriteri sağlanana kadar tekrarlanır (Natekin vd., 2013; Bentejac vd., 2021; Frieadman, J.H., 2002)

4.2.2.9 Extra trees (ekstra ağaçlar) metodu

Extra Trees (Ekstra Ağaçlar), karar ağaçlarını temel alan bir topluluk makine öğrenme algoritmasıdır. Extra Trees çok sayıda karar ağacını eğiten ve bir tahmin çıktısı almak için karar ağaçları grubundan sonuçları bir araya getiren bir algoritmadır. Ağaç yöntemlerinde bir ağaç düğümünü bölerken hem öznitelik hemde kesme noktası seçimi güçlü bir rastgelelikten meydana gelmektedir. Extra trees algoritmaları varyans analizi ve ayrıca oluşturulan modellerin geometrik ve çekirdek karakterizasyonunu sağlar (Geurts vd., 2006)

4.2.2.10 Gaussian NB (Gaussian naive bayes) metodu

Gaussian NB (Gaussian Naive Bayes), her sınıfın normal bir dağılım izlediğini varsayan olasılıksal bir yaklaşıma dayanan bir makine öğrenimi sınıflandırma tekniğidir (Reddy vd., 2022). Bu modelin en önemli özelliği hızlı öğrenme tekniğidir. Çünkü bu modelde katsayıların optimizasyonu işlemi gerekmemektedir. Bu yöntemde her sınıf için ortalama ve standart sapma değerleri tahmin edilir. Bu sayede dağılım özetlenir (Henrik vd., 2017).

4.2.3 Doğrulama metotları

Çalışmada kullanılan modellerin performanslarını değerlendirmek için 5 adet doğrulama testleri ile (AUC, ACC R, P and F-Score) kullanılmıştır. Bu metotlardan ilki gerçek doğru ve yanlış pozitif eğrisi altında kalan alanı ifade eden AUC (Area under Curve) yöntemidir. Bu yöntem ile model ve gerçek durumlarda pozitif çıkan değerlerin olasılığı hesaplanır. Doğruluk (ACC) yöntemi gerçekleşen durumların (meydana gelme ya da gelmeme) tüm durumlara göre modelin doğruluk değerini tespit eden doğrulama yöntemidir. Recall (duyarlılık) testi meydana gelmeyen durum için yanlış tahmin yapma olasılığını belirten doğrulama yöntemidir. Kesinlik (P) yöntemi gerçek ve modelde meydana gelen noktaların

tüm doğru değerlere olasılığını belirtir. F-Score modeli ise P ve R modellerinin harmonik ortalamasıdır. P değeri arttıkça R değeri azaldığından F-Score değeri çalışmanın gerçek başarısını ortaya koyan yöntemdir. ACC modeli, sınıflandırılmış hem gerçekleşen (1) hem gerçekleşmeyen (0) veri kümeleriyle çalışır (Toprak vd., 2024). Bunun aksine diğer üç endeks (P, R ve F) sadece gerçekleşen (1) veri kümeleriyle çalışır. 1 ve 4 numaralı formüllerde yöntemler gösterilmektedir.

Formülasyonlar aşağıdaki sınıflara dayanmaktadır;

- Doğru Pozitif (TP) (hem gerçekte hem modelde 1)
- Gerçek Negatif (TN) (gerçekte 0 modelde 1)
- Yanlış Pozitif (FP) (hem gerçekte hem modelde 0)
- Yanlış Negatif (FN) (gerçekte 1 modelde 0)

$$ACC = \frac{TP+FP}{TP+FP+TN+FN} \quad (16)$$

$$P = \frac{TP}{TP+TN} \quad (17)$$

$$R = \frac{TP}{TP+TN} \quad (18)$$

$$F = \frac{(2*P*R)}{(P+R)} \quad (19)$$

5. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışma kaspamında öncelikle Türkiye'de en sık yaşanan ve hem can hem mal kaybına en çok etki eden afet türü olan taşkın afeti incelenmiştir. Türkiye'de gerek topoğrafik özellikleri gerek meteorolojik özelliklerinden dolayı en fazla taşkın afeti yaşanan bölge Karadeniz bölümünün doğu kesimlerinde bulunan illeridir. Bu nedenle bu çalışmada 1950 yılından günümüze kadar Doğu Karadeniz bölümünde bulunan Artvin, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize ve Trabzon illerinde yaşanan en büyük 41 afet incelenmiştir. Bu amaçla ilk olarak ilgili kuruluşlardan alınan afet raporları neticesinde afet sahası tespit çalışması yapılmıştır. Geçmişten günümüze yaşanan afetlerde ilgili kuruluşların afet raporlarında afetlerin yayılım sahaları oluşturulmamış sadece sözel ifadelerle bilançolar çıkarılmıştır. Bu çalışma kapsamında bu raporlar tek tek incelenerek afet sahaları oluşturulmuştur. Ardından bu afet havzalarının taşkın tetikleyicisi olarak belirlenen havza parametreleri sayısallaştırılmıştır. Çalışma 3 aşamadan meydana gelmektedir.

İlk olarak taşkın çalışmalarında taşkın risk sahalarının belirlenmesi amacıyla geleneksel olarak addedilen ÇKKV yöntemlerinden taşkın çalışmalarında en sık kullanılan AHP ve FR metodu uygulamaları yapılmıştır. Ardından makine öğrenimi yöntemlerinden son dönemlerde farklı disiplinlerde en iyi bulgulara ulaşan ağaç modellerinden M5PRT modeli uygulanmıştır. Bu 3 yöntemin gerçek afet noktalarına göre başarılarını değerlendirebilmek amacıyla 5 farklı doğrulama metodu (AUC, ACC, P, R ve F) ile mukayese edilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında taşkın çalışmalarında makine öğrenimi yöntemlerinin taşkın çalışmalarına uyum problemleri, geliştirilebilir yanları ve genel sorunları ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Makine öğrenimi ile taşkın çalışmalarında literatür çalışmalarında bazı karmaşalar görülmektedir. Bu yöntemler ile yapılan taşkın çalışmaları incelendiğinde bazı genelleme problemleri olduğu açıktır. Bu problemler kaç veri adeti ile çalışılacağı, yöntemin hangisi olacağı, doğrulama metodunun seçimi gibi sorulardan oluşmaktadır. Bu amaçla literatürde en yenilikçi ve farklı çalışma şekillerine sahip 9 makine öğrenimi metodu (Logistic Regression, Destek Vektör Makinesi, K en yakın komşu, Decision Tree, Random Forest, Adaboost, Gradient Boosting, Extra Trees, GaussianNB algoritmaları) 41 havzaya uygulanmıştır. Bu yöntemlerin veri sayısına göre gösterdiği değişimler ve taşkın afetine uyumunu inceleyebilmek amacıyla 5 farklı dorulama metodu (AUC, ACC, P, R ve F) uygulanmıştır.

Literatürdeki tüm çalışmalarda taşkın afetlerinin makine öğrenimi metodu ile tahmini havza içerisinde tahminle sınırlanmıştır. Aynı havzadaki verilerin bir kısmının eğitilerek havzanın

geri kalanını tahmin çalışmaları literatürün tamamını kaplamaktadır. Ancak veri elde edilemeyen havzalardaki taşkın afetinin durumu ile ilgili çalışmalar oldukça azdır. Farklı havza içerisindeki eğitim hiç veri elde edememiş havzayı tahmin etmeye yarar (Kratzet vd. 2019). Ayrıca farklı havzalardan eğitimle bir havzanın durumunu tespit etmenin tek sebebi veri eksikliği değildir. Aynı havza tahminlerinde havza içerisindeki ekstrem durumları tahmin başarısızlığı, gelecekte yaşanabilecek olası taşkınların tahmini ve veri setindeki eksiklikler çalışmaların ciddi eksikliklerini oluşturmaktadır. Farklı havzalarla eğitim yapılması, ekstrem koşullar ve veri setindeki kusurları istatistiki anlamda minimize ederek bu eksikliklerin çalışmaya kattıkları noksanlıkları azaltır. Kratzerd vd. (2023), yaptıkları çalışmada yağış, akış ilişkisinin makine öğrenimi yöntemiyle tahmini konulu geniş bir literatür taraması içeren bir çalışma yapmıştır. Yaptıkları çalışmada literatürdeki çalışmalarda bu ilişkinin tek havzadan veri üretmeye dayandığı, bunun yerine farklı havzalardan eğitilmenin gerekliliği ifade edilmiştir. Bu konudaki en iyi 100 makaleyi incelemiş ve tek havzadan eğitimin eksik yönlerini ifade etmiştir. Bu amaçla çalışmanın 3 kısmında çalışma alanı içerisinde bulunmayan Kastamonu ilinin Bozkurt ve Abana bölgeleri incelenmiştir. Çalışmada 1960 yılından 2020 yılına kadar Doğu Karadeniz bölümündeki 6 ildeki 41 büyük taşkın eğitilerek Kastomunun Bozkurt ilçesinde 2021 yılında yaşanan taşkın afeti bölgesinin risk haritası incelenmiştir. Bu aşamadaki amaç 2020 yılında bu çalışmanın bitmesi halinde olası bir bozkurt taşkın afetinin tahmin edilebileceğinin yanısıra, verileri havzada aşırı öğrenme problemlerinden arındırmış halde incelemek ve ekstrem koşulların minimizasyonunda çalışmanın güçlü yönlerini ortaya koymaktır.

5.1 Geleneksel Ve Makine Öğrenimi Yöntemlerinin Mukayesesi

Bu aşamada AHP, FR ve M5PRT modelleri mukayese edilmiş ve yöntemleri tüm yönleriyle değerlendirme imkânı sağlanmıştır.

5.1.1 Artvin taşkınları

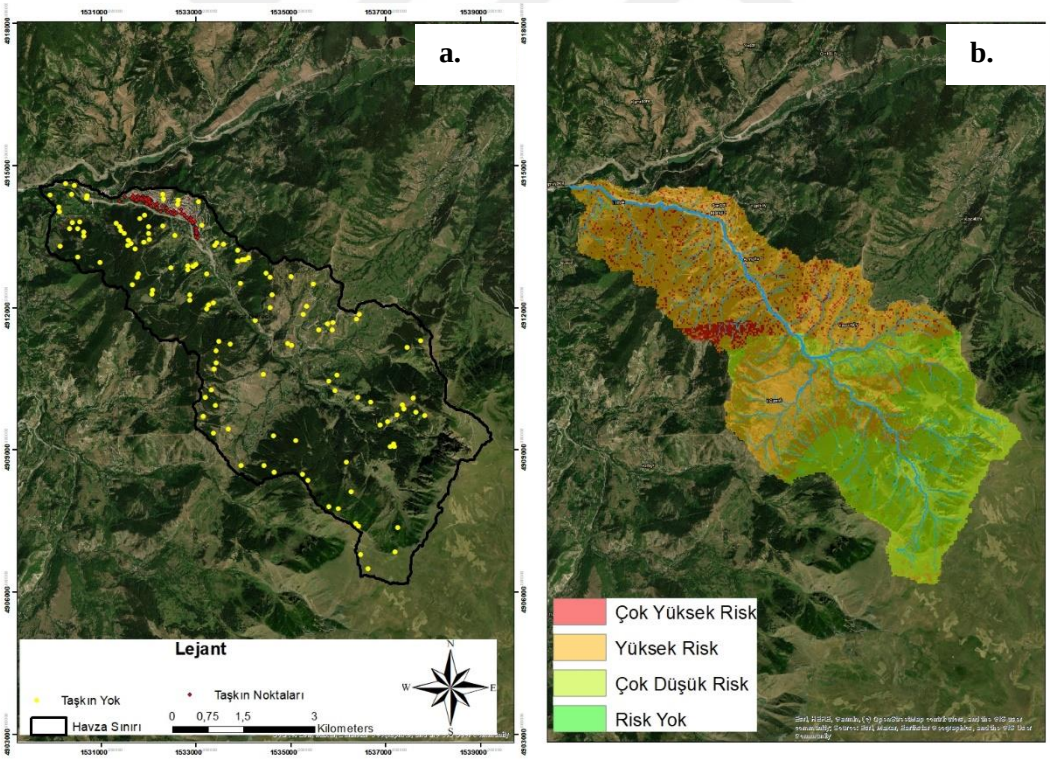
2009 yılında Artvin iline yaşanan taşkın afeti 3 farklı metotla incelenmiştir. Bu taşkını incelemek amacıyla havza alanı oranında belirlenen 204 noktasal veri konulmuş ve bu verilerin gerçek durum ve yöntem değerleri mukayese edilmiştir. Metotların doğruluk değerleri incelendiğinde AHP ve FR metotları eğitim verilerini çok iyi tahmin etmesine rağmen test verilerinde daha düşük tahmin değerlerine ulaşmıştır. M5PRT metodu diğer 2 metoda göre eğitim ve test verilerinde daha yüksek doğruluk değerlerine ulaşmıştır. M5PRT metodunun test verileri P doğrulama değerini düşük bulmasının sebebi P yönteminin

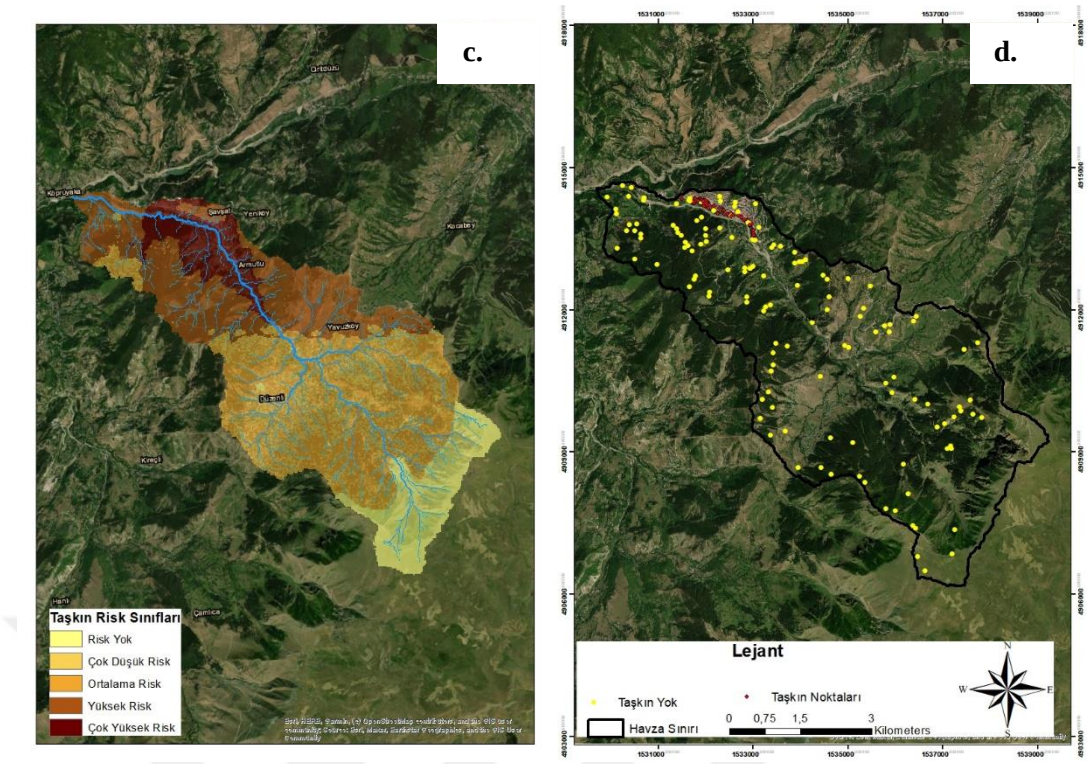
gerçekte taşkın, metotta taşkın verilerinin tüm verilere olan oran algoritmasıdır. Bu bulgu neticesinde bu yöntemin test verilerinde gerçekte taşkın olan durumlardan ziyade taşkın olmayan noktaları daha başarılı tahmin ettiği göstergesidir (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1. Artvin Taşkınına (2009) uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.85	0.89	0.83	0.74	0.78	0.75	0.72	0.78	0.72	0.75
FR	0.82	0.90	0.89	0.75	0.81	0.78	0.78	0.81	0.79	0.80
M5PRT	0.90	0.94	0.91	0.86	0.89	0.88	0.83	0.72	0.96	0.82

Çalışma bulguları incelendiğinde gerçekleşen taşkınında, taşkının yaşandığı noktalar FR metoduna göre çok yüksek riskli alanlar olarak belirlenmişken AHP metotuna göre bu alanlar yüksek ve çok yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiştir (Şekil 5.1).





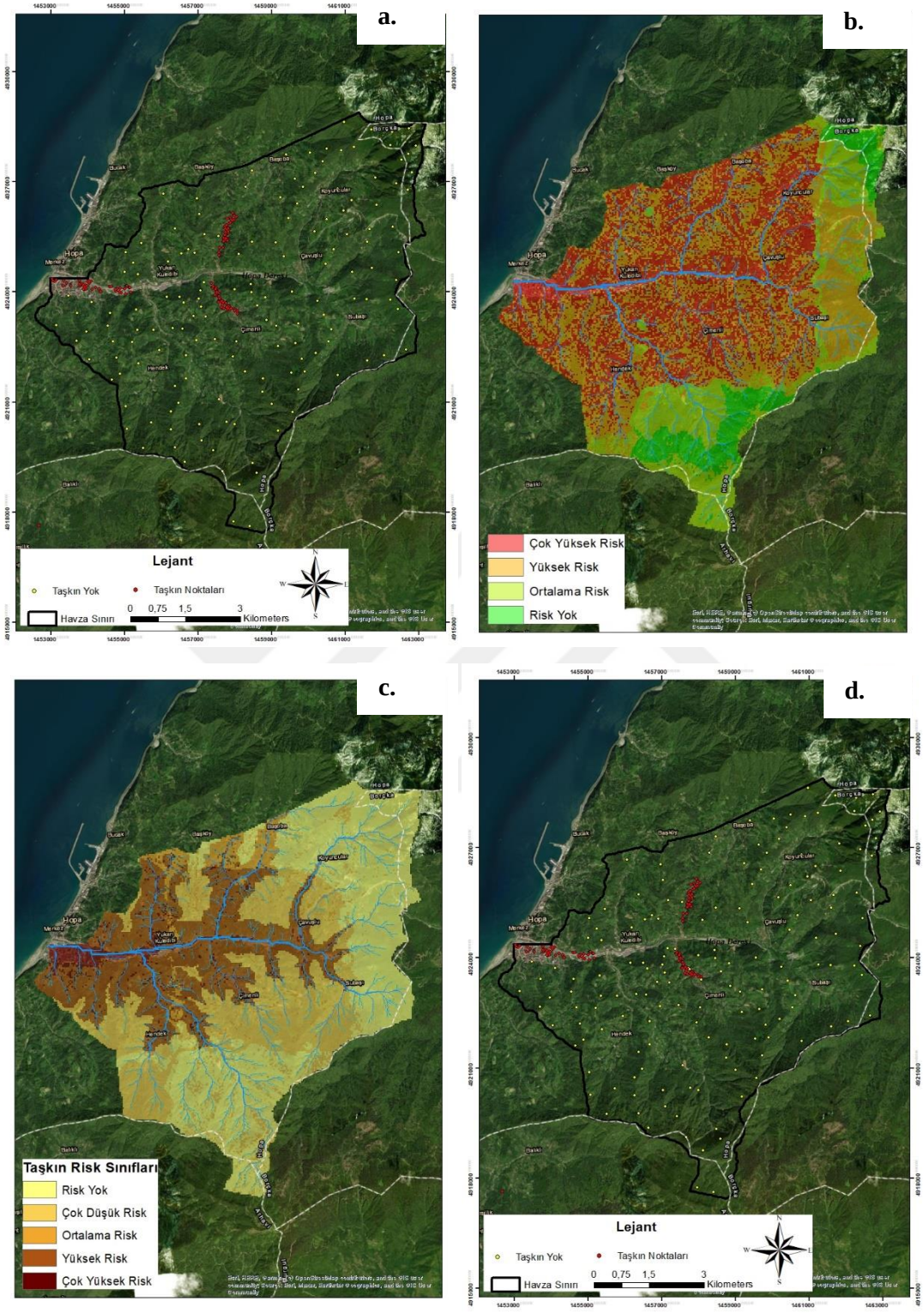
Şekil 5.1. Artvin Taşkının (2009) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

Bu taşkın afeti 300 noktasal veriyle incelenmiştir. FR metodu eğitim verileriyle yapılan doğrulama değerlerinde uyumsuzluk dışında genel anlamda testler birbirine yakın sonuçlar vermektedir. M5PRT metodu 14, FR yöntemi 58 ve AHP metodunda 39 noktada yöntemlerin bulguları gerçek durumla uyuşmamaktadır. M5PRT metodu hem eğitim verileri (210 veri) hem test verileri (90 veri) incelendiğinde yüksek tahmin değerlerine ulaşmaktadır. Eğitim ve test verilerinin ikisinde de bu havza %90 oranının üzerinde doğru tahmin edilmiştir (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2. Artvin (Hopa) Taşkınına (2015) Uygulan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.80	0.85	0.87	0.72	0.79	0.89	0.89	0.89	0.97	0.93
FR	0.78	0.79	0.81	0.65	0.72	0.87	0.82	0.83	0.93	0.88
M5PRT	0.94	0.97	0.98	0.92	0.95	0.92	0.90	0.91	0.97	0.94

Çalışma bulguları incelendiğinde gerçekleşen taşkının yaşandığı noktalar FR metoduna ve AHP metoduna göre bu alanlar yüksek ve çok yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiştir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Artvin (Hopa) Taşkının (2015) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

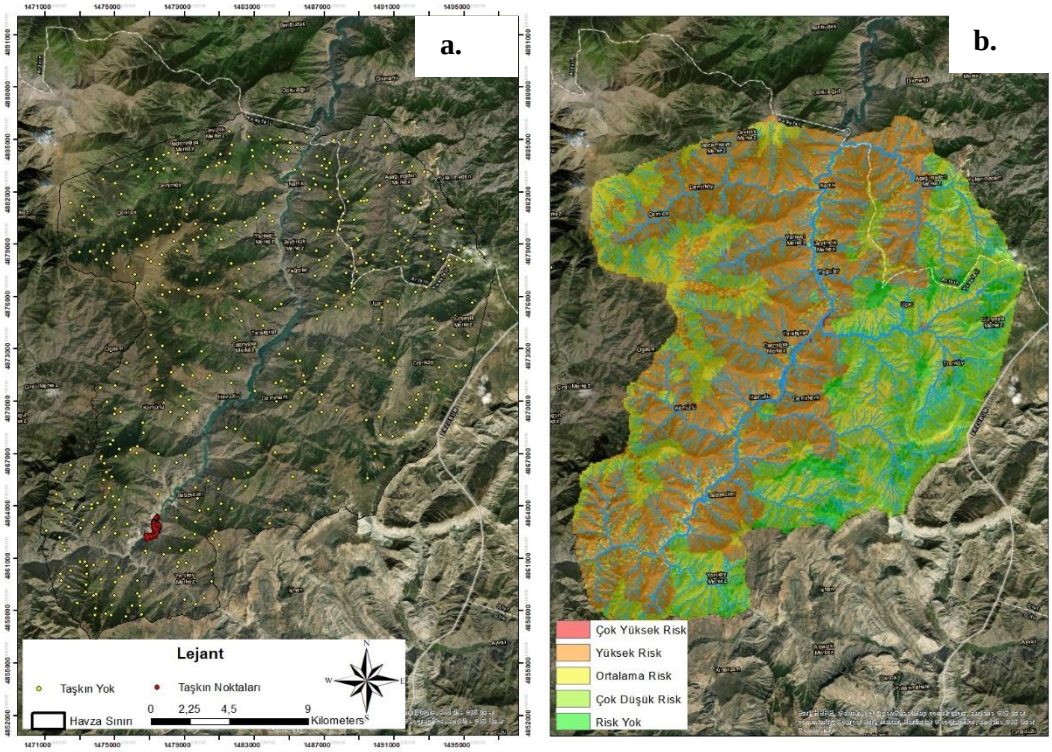
Bu taşkın 1000 noktasal veriyle incelenmiştir. Hem eğitim hem test verilerinde 3 metotta da %90 üzeri başarılı sonuçlar tespit edilmiştir. Tüm veri setinde (77 eğitim ve 300 test)

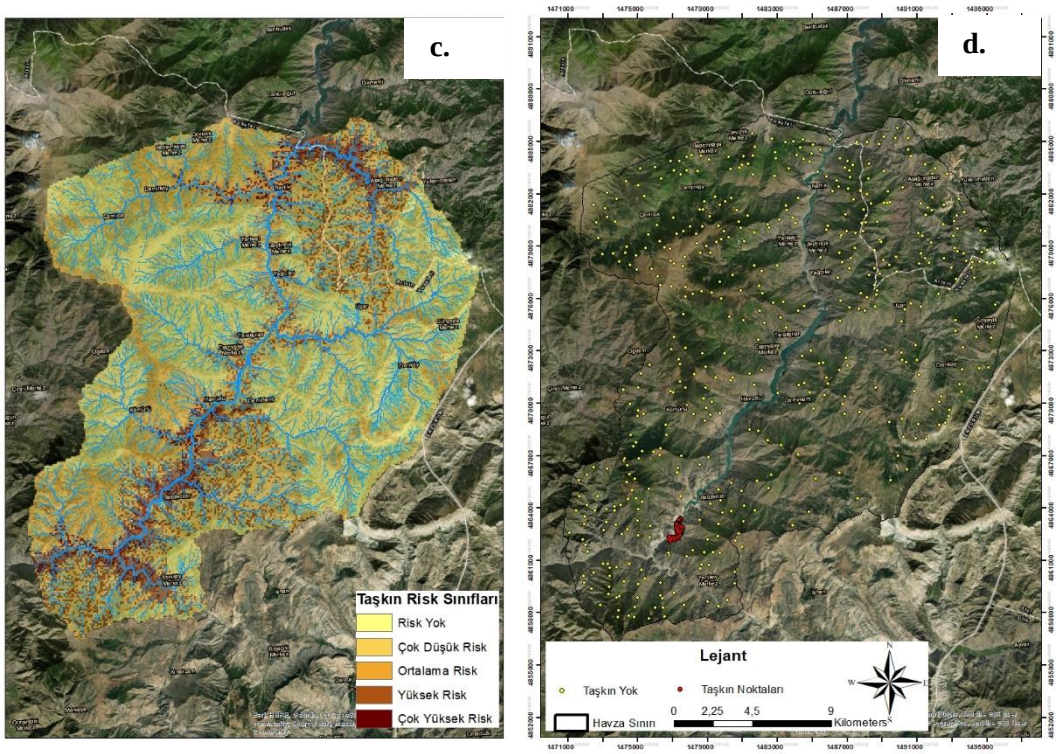
M5PRT yönteminde 21, AHP yönteminde 62 ve FR yönteminde 77 noktasal veri gerçek durumla uyuşmayan sonuçlara ulaşmıştır. Makine öğrenimi yöntemi (M5PRT) bu taşkın afetini %95 üzeri doğruluk değerleriyle tahmin ederken, geleneksel yöntemlerde %90 ve üzeri değerlerine ulaşmışlardır (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3. Artvin (Yusufeli) Taşkınına (2020) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.96	0.96	0.97	0.93	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98
FR	0.90	0.92	0.99	0.82	0.90	0.93	0.91	0.92	0.97	0.94
M5PRT	0.95	0.98	0.99	0.96	0.97	0.96	0.97	0.99	0.99	0.98

Taşkının yaşandığı noktalar FR metoduna göre çok yüksek riskli alanlar olarak belirlenmişken AHP metotunda bu alanlar yüksek riskli olarak belirlenmiştir (Şekil 5.3).





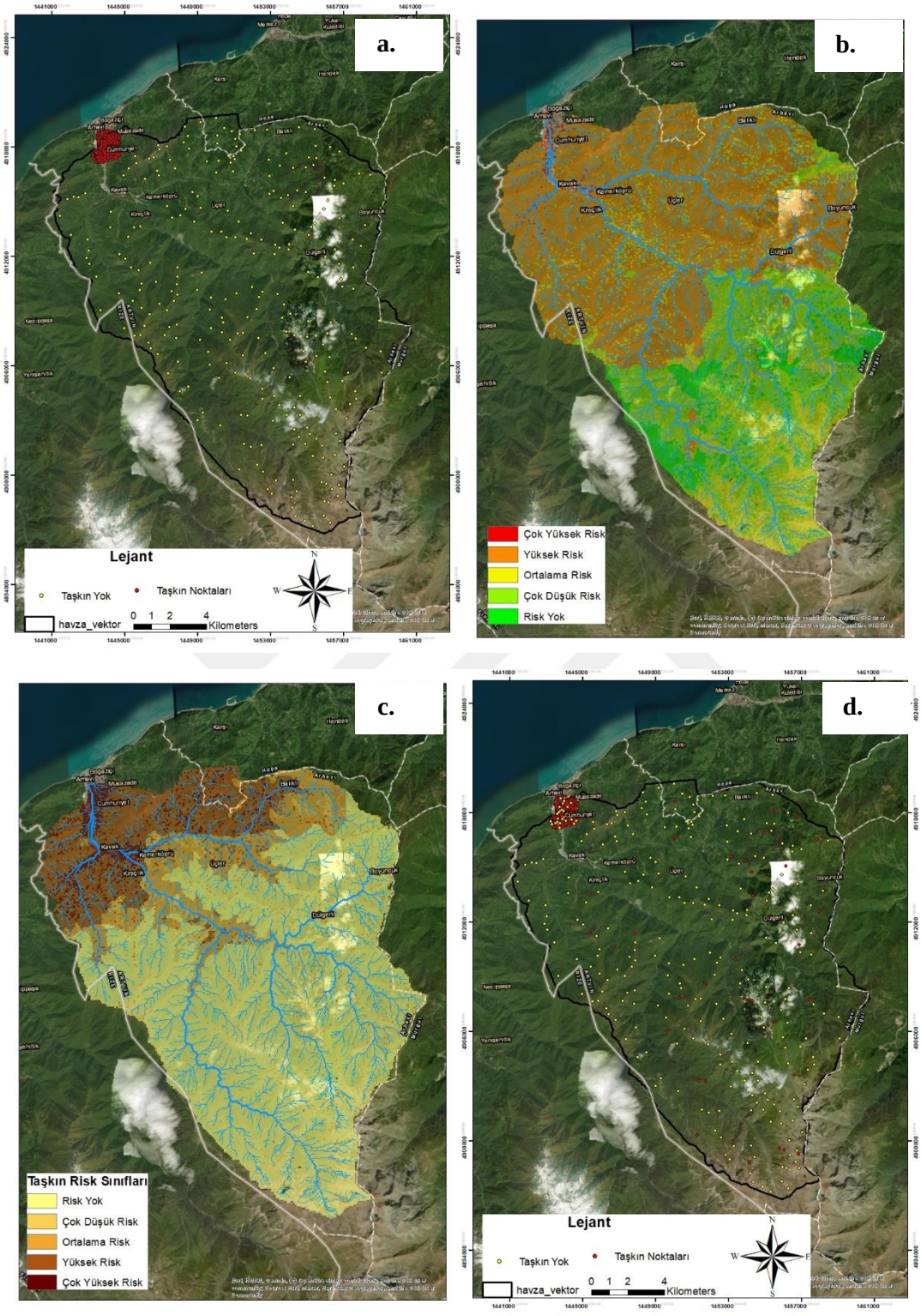
Şekil 5.3. Artvin (Yusufeli) Taşkının (2020) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

Bu taşkın 560 noktasal veriyle incelenmiştir. Bu çalışmada eğitim ve test verilerinde genel anlamda birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. M5PRT metodunda 76, FR metodunda 65 ve AHP metotunda 24 noktada yöntemlerin bulduğu sonuçlar gerçek durumla uyuşmamaktadır. Geleneksel yöntemler bu havzada makine öğrenimi yöntemlerinden daha başarılı sonuçlara ulaşmasına rağmen makine öğrenimi yöntemlerinden yanlış bulunan değerlerin çoğu eğitim verilerinden oluşmakta, test verilerinde %90 üzeri doğruluk değerleri bulgulanmıştır (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4. Artvin Taşkınına (2021) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.93	0.94	0.96	0.88	0.92	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99
FR	0.89	0.85	0.92	0.71	0.80	0.96	0.94	0.96	0.97	0.97
M5PRT	0.76	0.84	0.75	0.74	0.75	0.94	0.93	0.92	0.99	0.96

Taşkının yaşandığı noktalar FR metoduna göre çok yüksek riskli alanlar olarak belirlenmişken AHP metotunda bu bölgeler çok yüksek ve yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiştir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Artvin Taşkının (2021) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

5.1.2 Giresun taşkınları

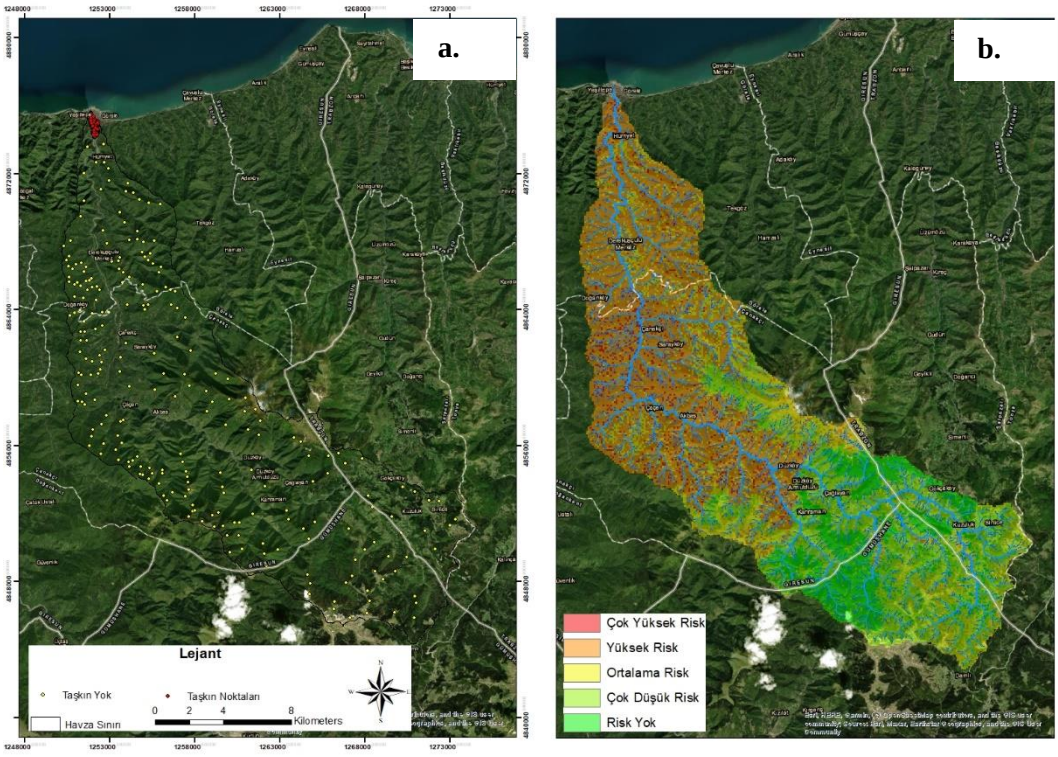
Bu taşkın afeti 500 adet noktasal verilerle çalışılmıştır. Bu çalışmada 3 metot birbirine yakın tespitlerde bulunmuş ancak AHP metodunda eğitim verilerinde diğer iki yönteme göre daha

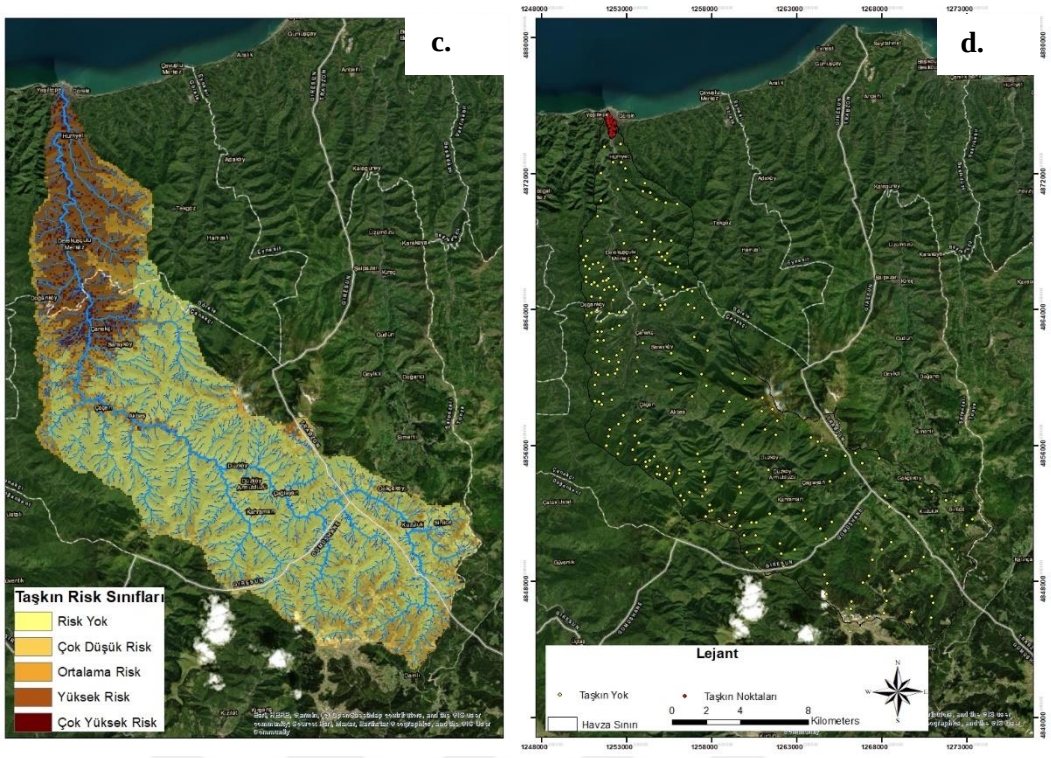
düşük doğruluk değerlerine ulaşılmıştır. M5PTR metodu hem eğitim hem test verilerinde %95 ve üzeri doğruluk değerlerine ulaşmıştır. Bu havzada yöntemlerin başarı sırasını sırasıyla M5PRT, FR metodu ve AHP şeklinde takip etmektedir (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5. Giresun (Tirebolu) Taşkına (1959) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.88	0.86	0.97	0.73	0.83	0.95	0.94	0.95	0.98	0.96
FR	0.92	0.91	0.82	0.93	0.88	0.93	0.90	0.90	0.98	0.94
M5PRT	0.95	0.97	0.96	0.95	0.96	0.95	0.94	0.95	0.97	0.96

Taşkının yaşandığı noktalar FR metoduna göre çok yüksek riskli alanlar olarak belirlenmişken AHP metotunda çok yüksek ve yüksek riskli alanlar arasında farklı değerlerde risk grupları olarak belirlenmiştir (Şekil 5.5).





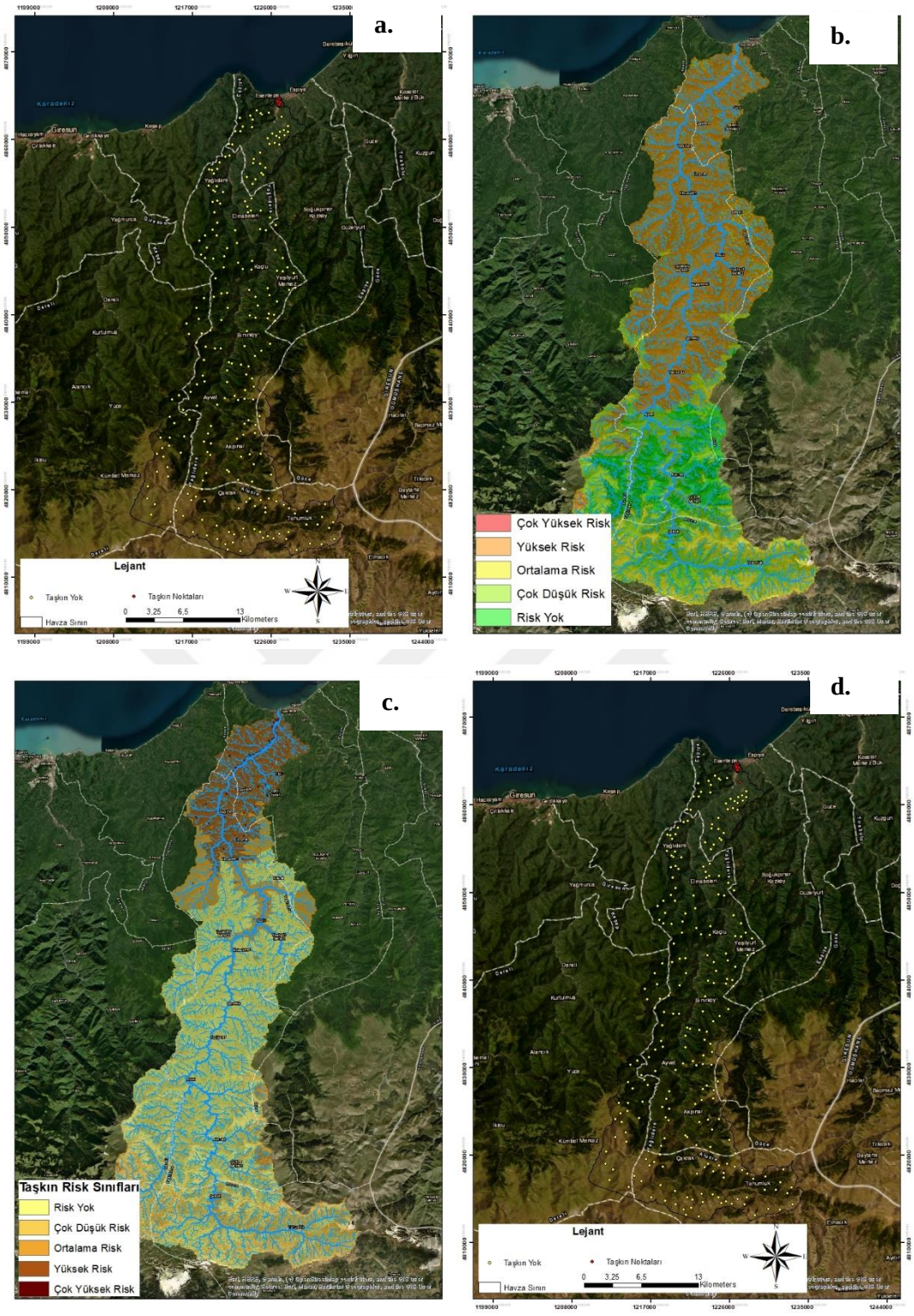
Şekil 5.5. Giresun (Tirebolu) Taşkının (1959) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

Bu taşkın 500 noktasal veriyle incelenmiştir. Bu havzanın yöntem tahminlerinde M5PRT ve AHP yöntemi birbirine ve gerçeğe daha yakın sonuç verirken, FR metotu bu yöntemin biraz altında kalmıştır. M5PRT 32, FR yöntemi 53 ve AHP metodu 44 noktada gerçek duruma uymayan sonuçlar elde etmiştir (Çizelge 5.6).

Çizelge 5.6. Giresun Taşkınına (1965) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.93	0.93	0.91	0.95	0.93	0.91	0.90	0.89	0.88	0.89
FR	0.92	0.89	0.97	0.84	0.90	0.88	0.86	0.98	0.77	0.86
M5PRT	0.95	0.94	0.95	0.94	0.95	0.92	0.91	0.91	0.89	0.90

Taşkının yaşandığı noktalar FR metoduna göre çok yüksek riskli alanlar olarak belirlenmişken, AHP metotunda yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiştir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. Giresun Taşkının (1965) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

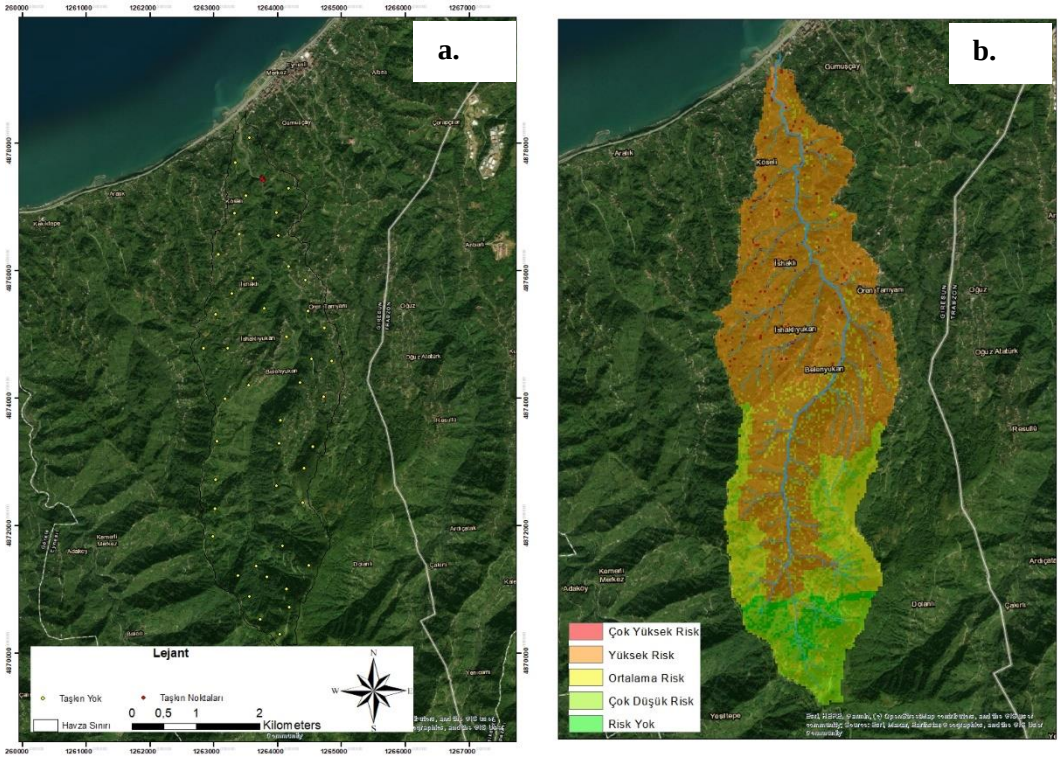
Bu taşkın 60 noktasal veriyle çalışılmıştır. Yöntemler birbirine yakın sonuçlar elde etmiştir. M5PRT metodunda 4, FR metodunda 8 ve AHP metodunda 13 noktada gerçek durumla uyuşmayan sonuçlar elde edilmiştir. M5PRT metodu %85 üzerinde, FR metodu doğrulama

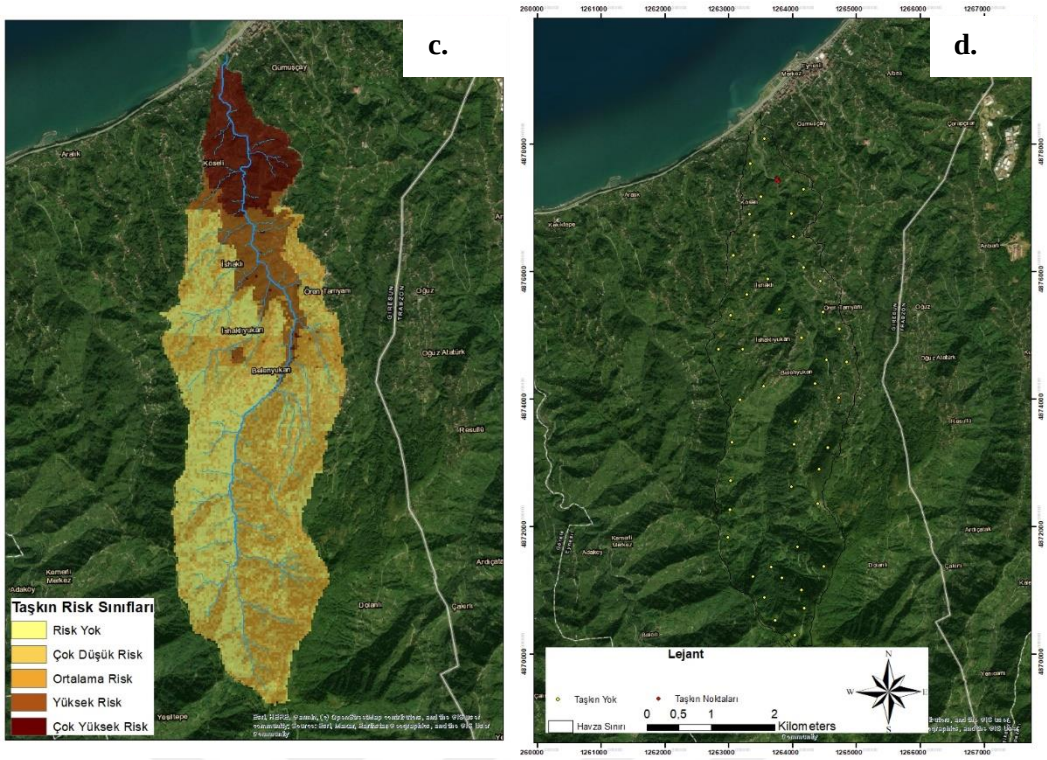
yöntemi farklılıklarına göre %70-80 aralığında, AHP metodu daha düşük değerlerde doğruluk değerlerine ulaşmıştır (Çizelge 5.7).

Çizelge 5.7. Giresun (Eynesil) Taşkınına (1974) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.65	0.80	0.66	0.22	0.33	0.71	0.72	0.75	0.67	0.70
FR	0.78	0.85	0.89	0.40	0.57	0.84	0.84	0.87	0.78	0.82
M5PRT	0.86	0.95	0.99	0.60	0.75	0.88	0.88	0.87	0.87	0.87

Yaşanan bu taşkında can kaybı meydana gelmemiştir. Taşkının yaşandığı noktalar FR metoduna göre çok yüksek riskli alanlar olarak belirlenmişken AHP metotuna göre yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiştir (Şekil 5.7).





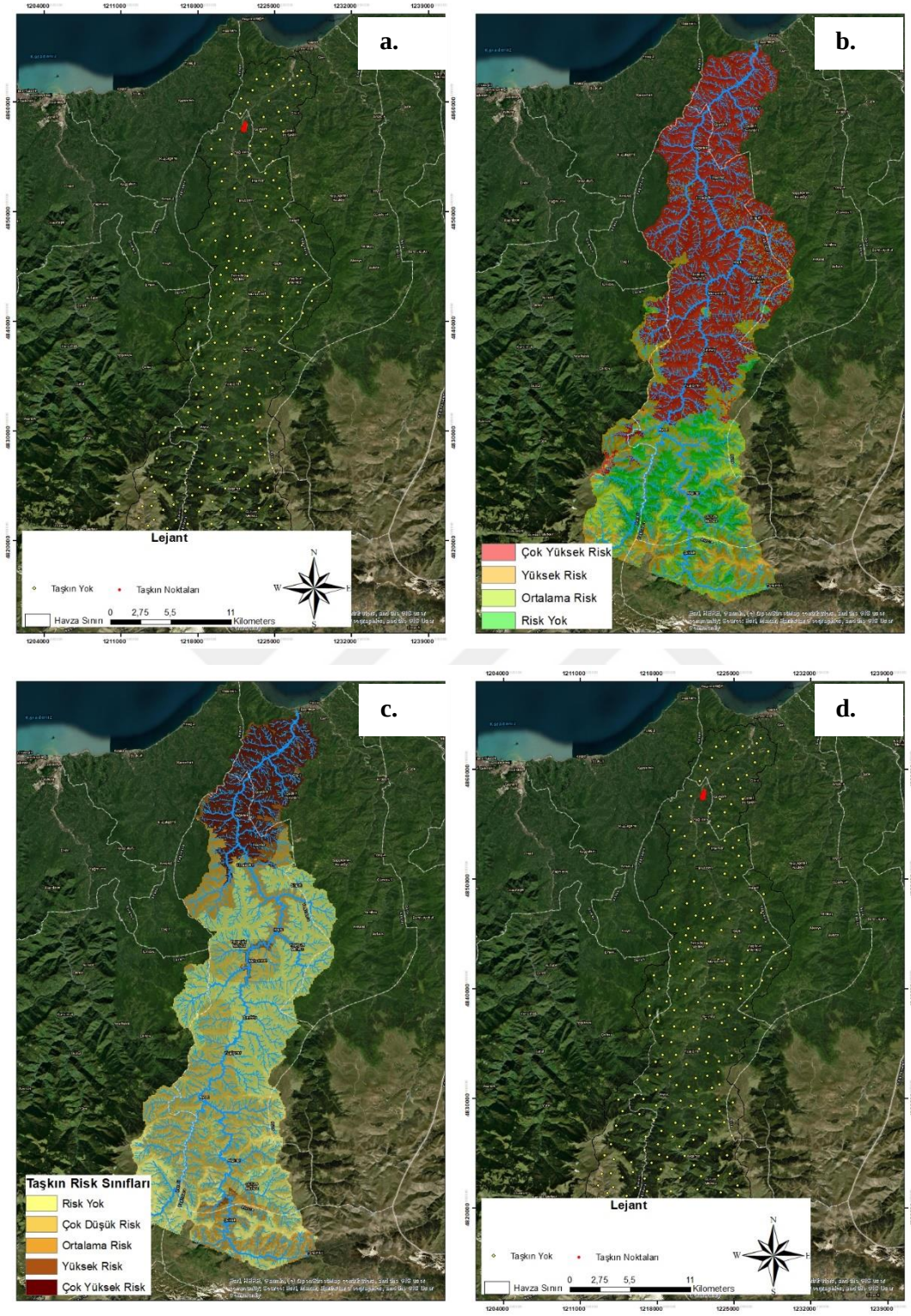
Şekil 5.7. Giresun (Eynesil) (1974)Taşkının Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

Bu taşkın 500 noktasal veriyle incelenmiştir. 3 yöntemde birbirine yakın değerler elde etmiş ve 3 yöntemde %90 ve üzeri gerçek durumla uyumlu bulgulara ulaşmıştır. M5PRT metodunda 31, FR metodunda 34 ve AHP metodunda 57 noktada gerçek durumla uyuşmayan sonuçlar bulunmuştur (Çizege 5.8).

Çizelge 5.8 Giresun (Yağlıdere) Taşkınına (1990) Uygulan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.90	0.88	0.94	0.71	0.82	0.92	0.90	0.90	0.99	0.95
FR	0.91	0.90	0.94	0.76	0.84	0.94	0.93	0.94	0.98	0.96
M5PRT	0.92	0.93	0.90	0.87	0.88	0.95	0.94	0.95	0.99	0.97

Taşkının yaşandığı noktalar FR ve AHP metoduna göre çok yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiştir. AHP metodu uygulaması ile oluşturulan risk haritası incelendiğinde FR metoduna göre havza alanının daha büyük kısmı riskli olarak belirlenmiştir. Aynı havzada geçmiş afet kayıtları da incelendiğinde havzada daha önce yaşanan taşkınlara da AHP yönteminin FR yöntemine göre daha uyumlu sonuçlar verdiği görülmektedir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Giresun (Yağlıdere) Taşkının (1990) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

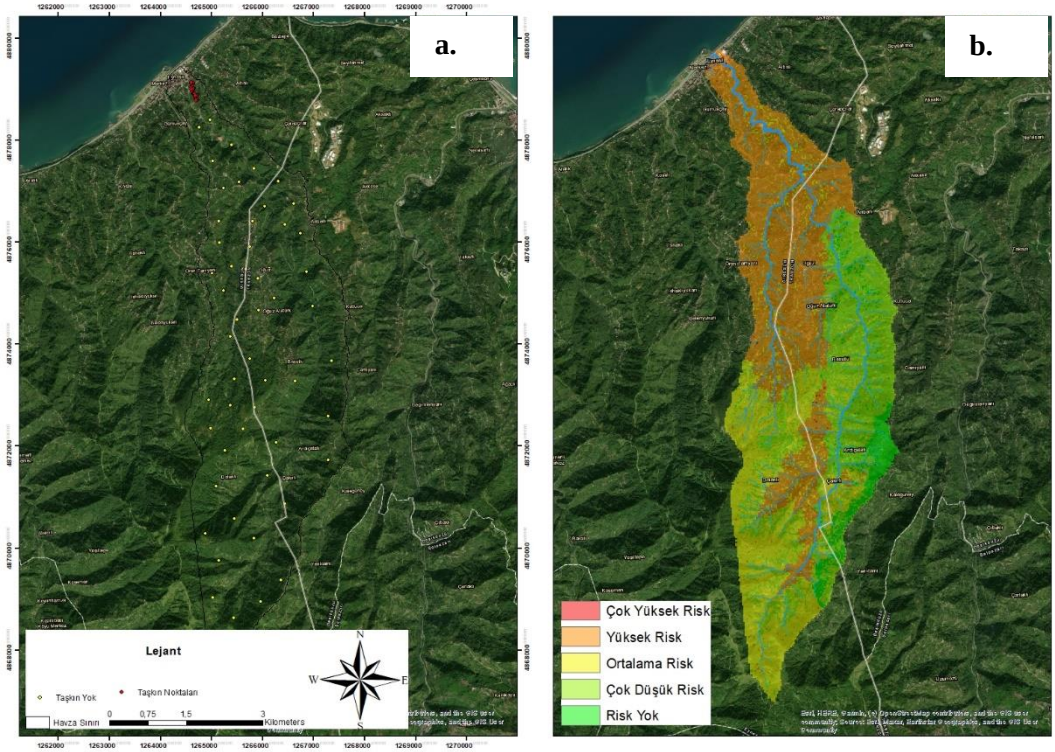
Bu taşkın 100 noktasal veriyle incelenmiştir. Eğitim verilerinde M5PRT ve test verilerinde FR yöntemi en iyi sonucu vermektedir. Ancak yöntemlerin doğruluk değerlerine

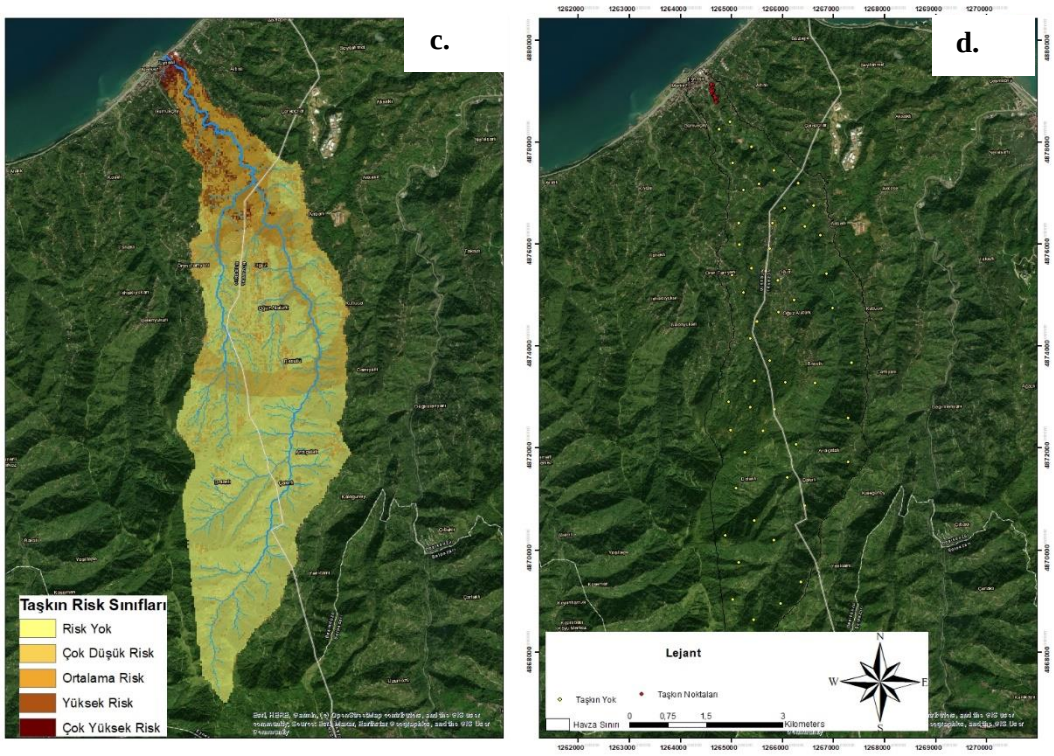
bakıldığında diğer uygulamalara göre oldukça düşük sonuçlara ulaşıldığı görülmektedir. Bu durumun yöntemlerin havzaya uyumsuzluğu veya veri sayısı gibi etkenlerden hangisinden etkilendiği durumu çalışmanın ikinci kısmında ayrıntılı olarak incelenmiştir (Çizelge 5.9).

Çizelge 5.9. Giresun Taşkınına (1997) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.82	0.89	0.84	0.80	0.82	0.94	0.92	0.96	0.96	0.96
FR	0.80	0.78	0.89	0.56	0.69	0.96	0.96	0.96	0.99	0.98
M5PRT	0.89	0.92	0.94	0.82	0.87	0.90	0.89	0.92	0.96	0.94

Taşkının yaşandığı noktalar FR ve AHP metoduna göre yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiştir. AHP metodu uygulamasına göre bu havzada çok yüksek taşkın riskine sahip alanlar bulunmamaktadır. FR metoduna göre ise sadace akarsuyun Karadeniz'e döküldüğü noktalarda çok yüksek risk oluştuğu görülmektedir (Şekil 5.9).





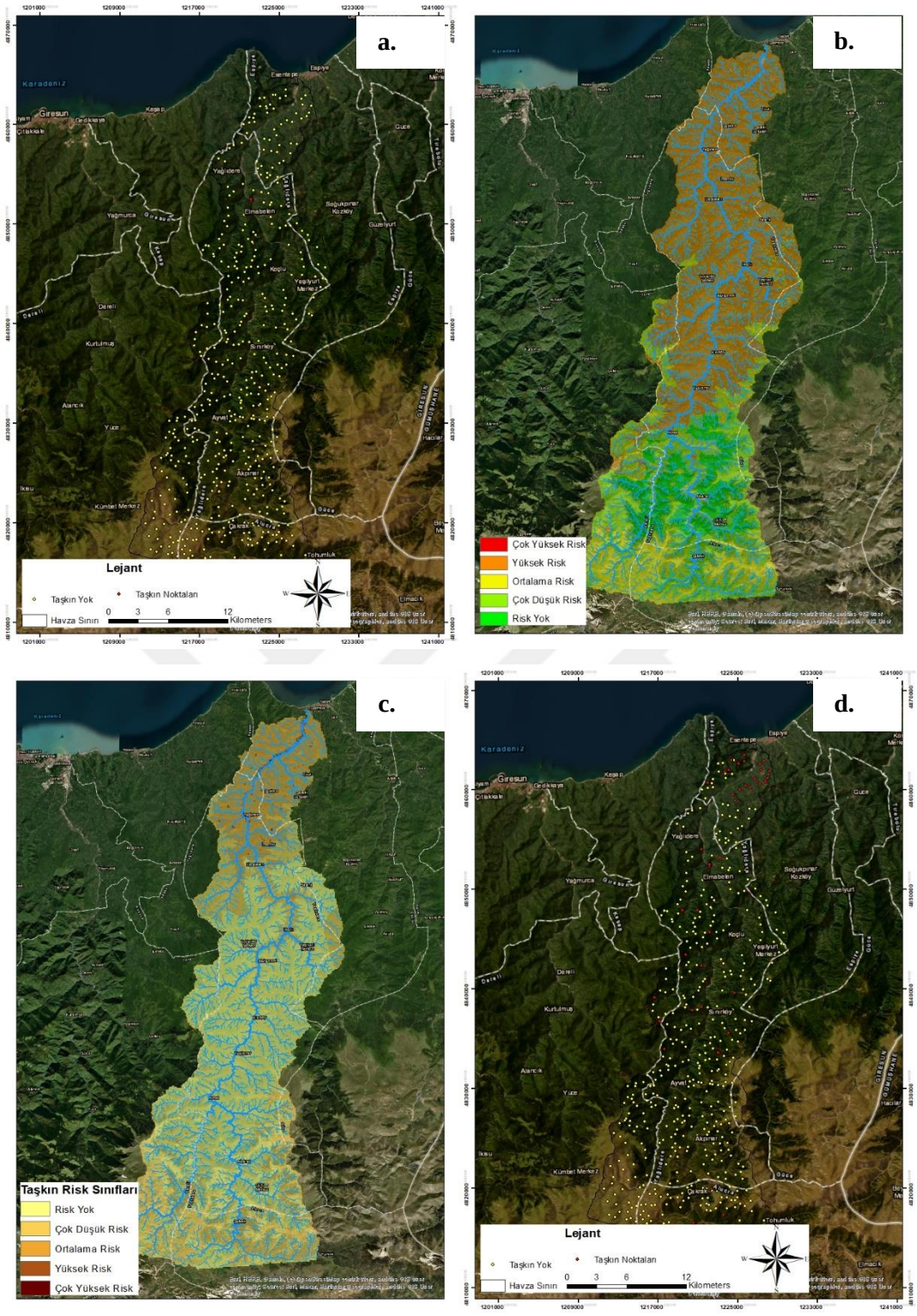
Şekil 5.9. Giresun Taşkının (1997) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

Bu taşkın 1000 noktasal veriyle incelenmiştir. 3 yöntemde test verileri ve eğitim verilerinin taşkın yaşanan noklarında iyi sonuçlar vermiştir. Ancak AHP metodu eğitim verilerinde taşkın yaşanmayan noktayı tahminde yaklaşık %50 hata yapmıştır. M5PRT yönteminde 45 noktada, FR metodunda 15 noktada ve AHP metodunda 253 noktadaki yöntem sonuçları gerçek durumla uyuşmamaktadır (Çizelge 5.10).

Çizelge 5.10. Giresun Taşkınına (2006) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.78	0.65	0.96	0.46	0.63	0.96	0.96	0.98	0.98	0.98
FR	0.98	0.99	0.98	0.99	0.98	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98
M5PRT	0.93	0.94	0.99	0.86	0.92	0.98	0.97	0.98	0.98	0.98

Taşkının yaşandığı noktalar FR ve AHP metoduna göre yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiştir. AHP ve FR yöntemlerinin her ikisinde de taşkın havzasında çok yüksek riskli olarak adlandırılan alanların bulunmadığı görülmektedir. İki yöntemde de havzanın mansap kısmında daha yüksek risk sınıfları görülmektedir (Şekil 5.10).



Şekil 5.10. Giresun Taşkının (2006) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

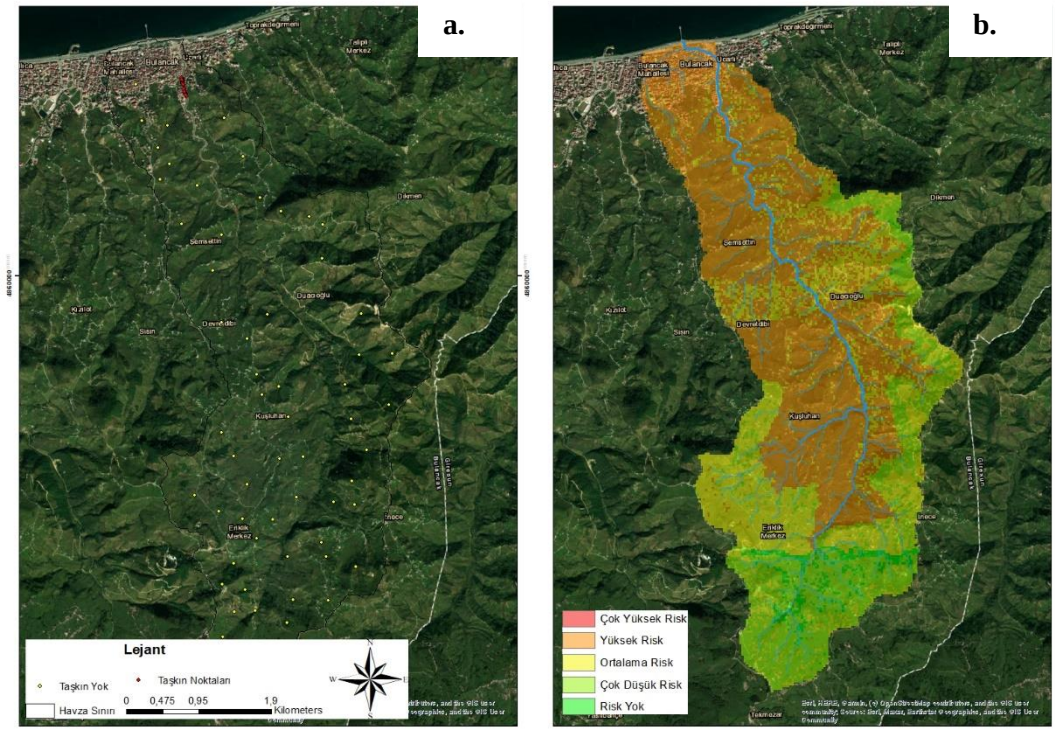
Bu taşkın afeti 100 noktasal veriyle incelenmiştir. Bu taşkını en iyi M5PRT yöntemi tahmin etmiştir. Eğitim verilerinde M5PRT yöntemi 5, FR yöntemi 11 ve AHP yöntemi 31 noktayı yanlış belirlemiştir. Test verilerinde yöntemler eğitim verilerine benzer sonuçlara ulaşmış

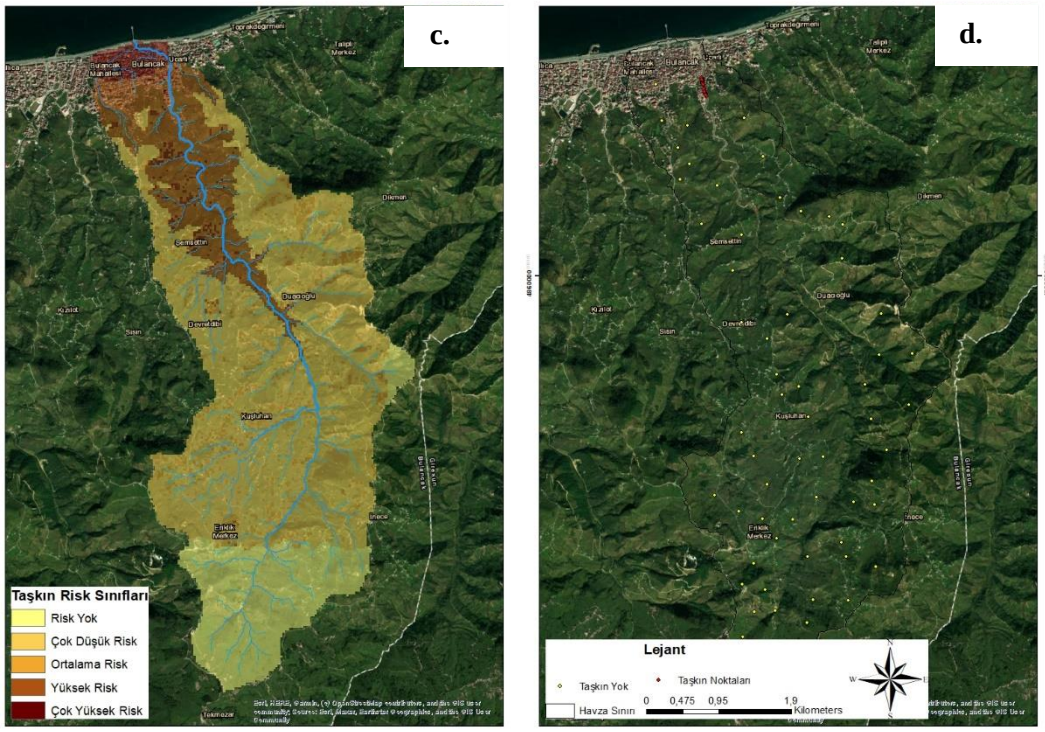
M5PRT metodu diğer iki yönteme göre havzayı tahmin etmede daha da başarılı sonuçlar ortaya koymuştur (Çizelge 5.11).

Çizelge 5.11. Giresun (Bulancak) Taşkınına (2016) Ugulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.68	0.64	0.99	0.35	0.52	0.82	0.80	0.90	0.83	0.86
FR	0.88	0.90	0.92	0.68	0.78	0.87	0.86	0.86	0.95	0.90
M5PRT	0.89	0.97	0.92	0.86	0.89	0.94	0.93	0.91	0.99	0.95

Taşkının yaşandığı noktalar FR ve AHP metoduna göre yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiştir. AHP metodu FR metoduna göre riskli alanları daha geniş alanlarla göstermektedir. İki yöntemde akarsunun mansap kısımlarında daha yüksek riskli alanlar bulmaktadır (Şekil 5.11).





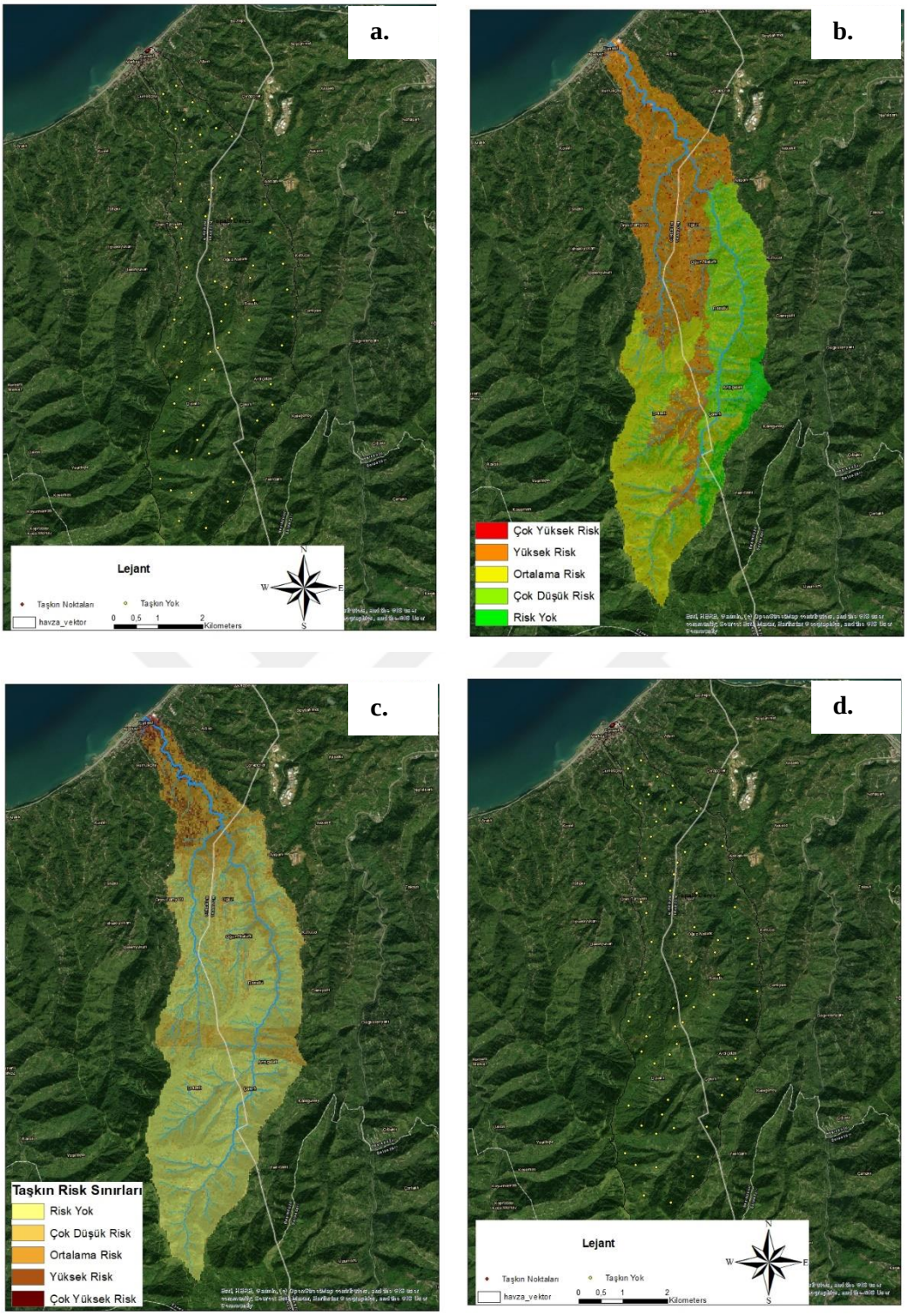
Şekil 5.11. Giresun (Bulancak) Taşkının (2009) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

Bu taşkın yöntemlerinin risk haritalarının doğruluk değerlerini tespit etmek amacıyla 100 noktasal veri ile çalışılmıştır. M5PRT yönteminde 2, FR yönteminde 7 ve AHP yönteminde 15 noktada bulunan sonuçlar gerçek sonuçla uyuşmamaktadır (Çizelge 5.12).

Çizelge 5.12. Giresun (Eynesil) Taşkınına (2016) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.73	0.92	0.50	0.40	0.44	0.68	0.66	0.58	0.99	0.74
FR	0.84	0.92	0.99	0.44	0.61	0.95	0.93	0.95	0.96	0.96
M5PRT	0.89	0.97	0.99	0.67	0.80	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99

Taşkının yaşandığı noktalar FR ve AHP metoduna göre yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiştir (Şekil 5.12)**.**



Şekil 5.12. Giresun (Eynesil) Taşkının (2016) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

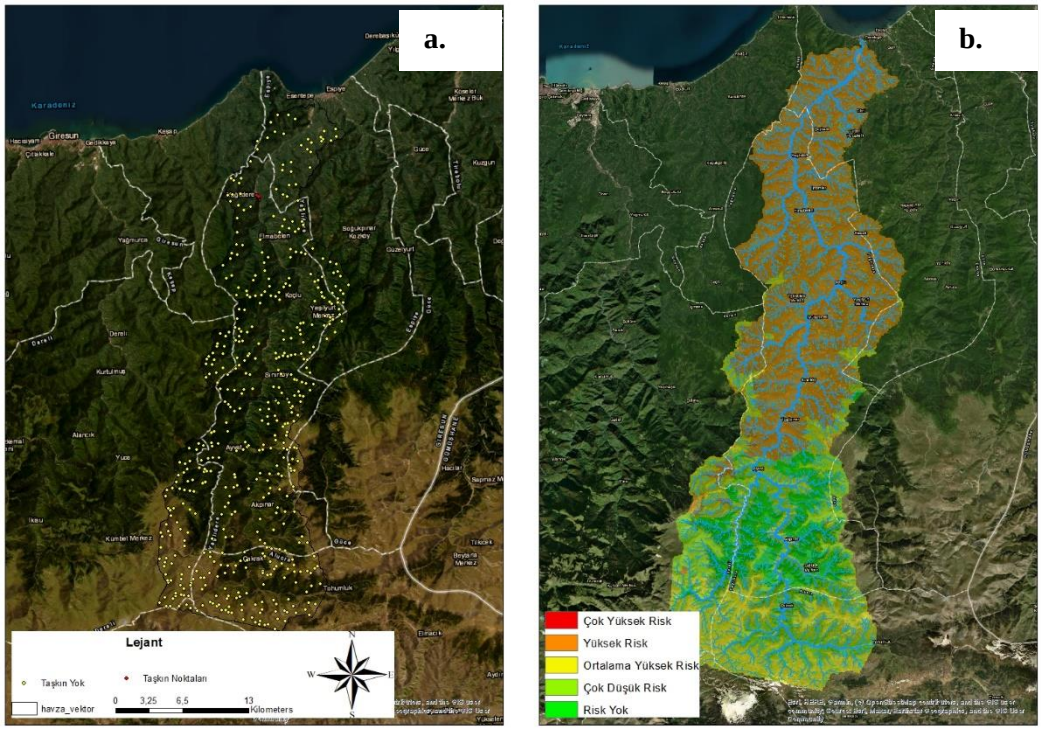
Bu taşkın afeti 1000 noktasal veriyle incelenmiştir. FR ve M5PRT yöntemleri birbirine çok yakın sonuçlar bumuştur. Ancak AHP metodu test verilerinde iyi sonuçlar bulurken özellikle eğitim verilerinde taşkın yaşanmayan 287 noktayı taşkın yaşanma riski var olarak tespit

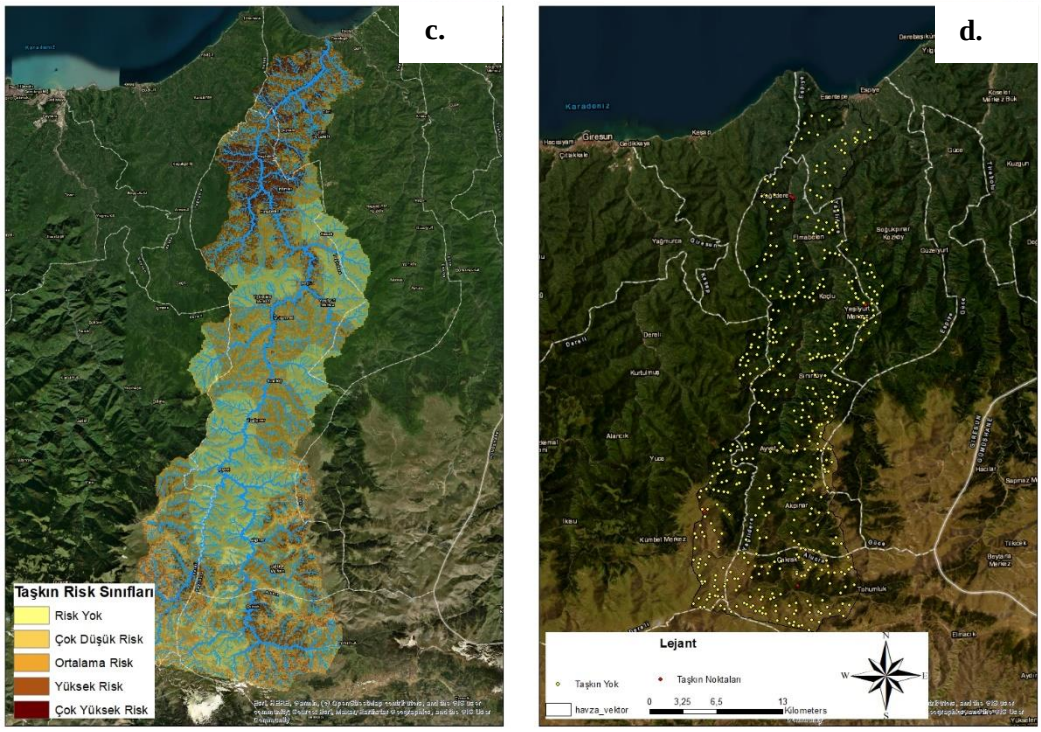
ederek hata yapmıştır. M5PRT yöntemi 26 ve FR yöntemi 28 noktada gerçek durumla uyuşmayan sonuçlar bulmuştur (Çizelge 5.13).

Çizelge 5.13. Giresun Taşkınına (2020) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.68	0.58	0.97	0.41	0.58	0.97	0.96	0.96	0.99	0.98
FR	0.95	0.97	0.96	0.94	0.95	0.98	0.97	0.97	0.99	0.98
M5PRT	0.95	0.97	0.98	0.94	0.96	0.98	0.96	0.96	0.99	0.98

Taşkının yaşandığı noktalar FR metoduna göre çok yüksek riskli alanlar olarak belirlenmişken AHP metotunda yüksek riski alanlar olarak belirlenmiştir. İki yöntemde benzer risk haritaları oluşturmasına rağmen FR metodu risk dağılımlarında AHP metoduna göre daha düşük değerler tespitinde bulunmuştur (Şekil 5.13).





Şekil 5.13. Giresun Taşkının (2020) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

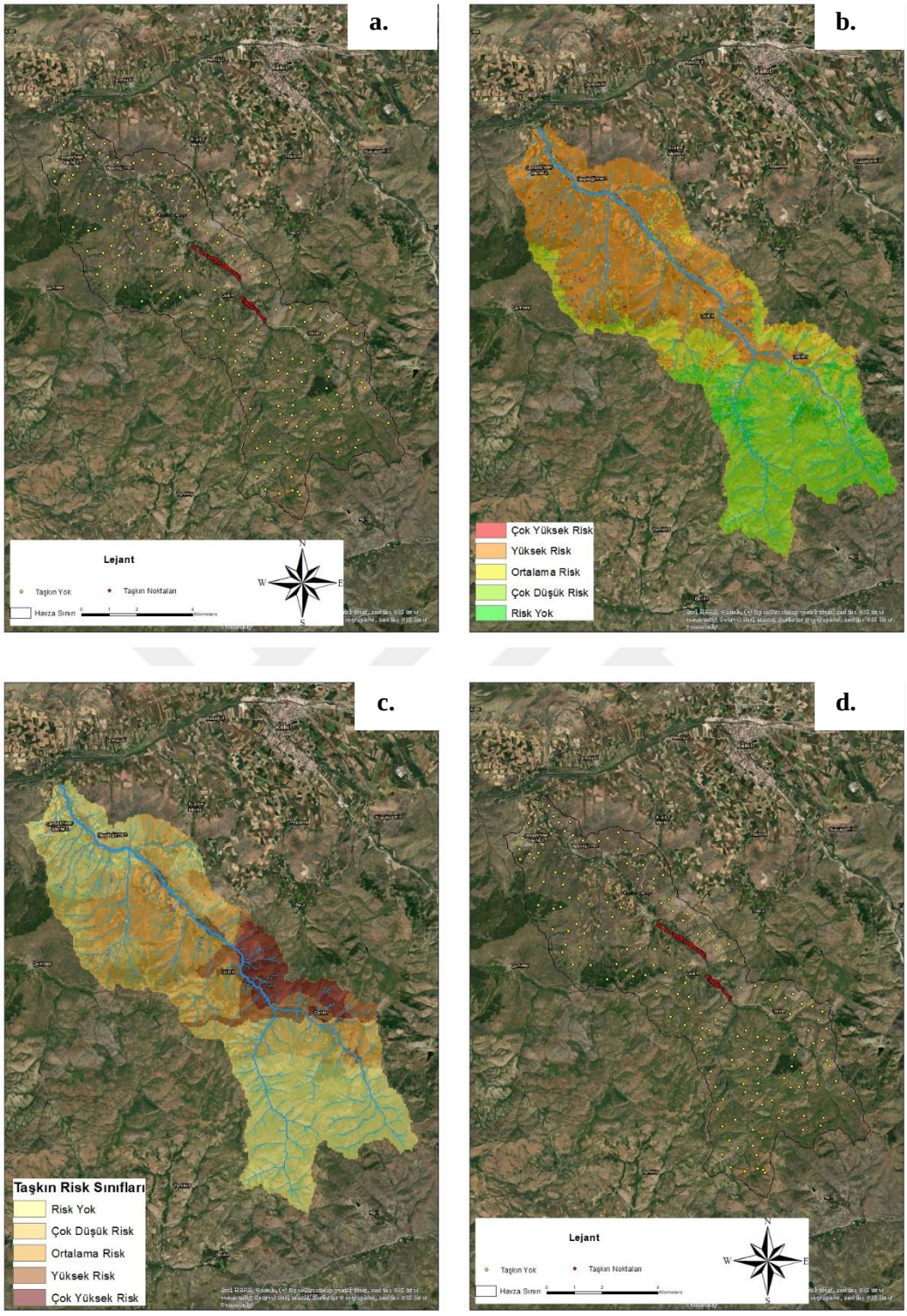
5.1.3 Gümüşhane taşkınları

Bu havza 270 noktasal veriyle uygulama yöntemlerinin durumu tespit edilmeye çalışılmıştır. Yöntemler sırasıyla M5PRT, FR ve AHP olmak üzere başarıya ulaşmıştır. M5PRT yönteminde 15, FR yönteminde 34 ve AHP yönteminde 55 noktada gerçek durumla uyumlu olmayan sonuçlar belirlenmiştir (Çizelge 5.14).

Çizelge 5.14. Gümüşhane (Kelkit) Taşkınına (1972) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.75	0.78	0.97	0.61	0.75	0.90	0.89	0.94	0.91	0.92
FR	0.83	0.85	0.94	0.72	0.81	0.95	0.95	0.95	0.98	0.97
M5PRT	0.92	0.95	0.95	0.91	0.93	0.93	0.93	0.94	0.97	0.95

Bu lokasyonlar ile FR ve AHP metotları mukayese edilince taşkın yaşanan noktalar metotta FR metotunda çok yüksek riskli, AHP Metotunda yüksek riskli olarak belirlenmiştir (Şekil 5.14).



Şekil 5.14. Gümüşhane (Kelkit) Taşkının (1972) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

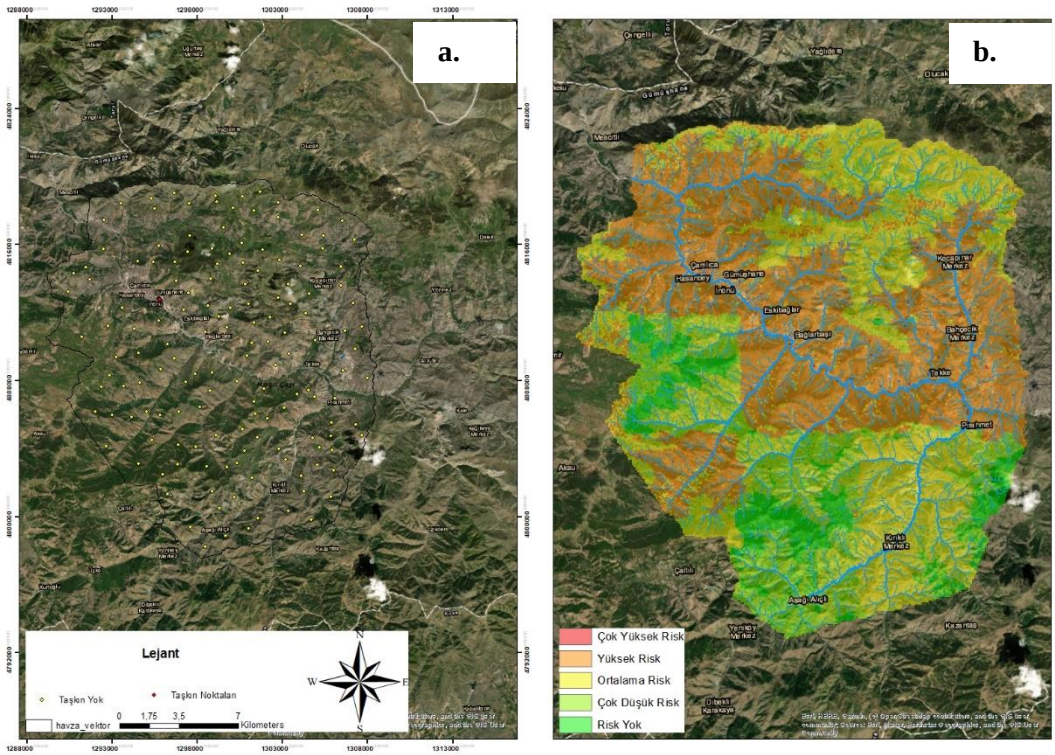
Bu taşkın afeti 400 noktasal veriyle incelenmiştir. Genel anlamda 3 yöntemde de hem eğitim hem test verilerinde %90 üzeri başarıya ulaşılmıştır. FR metodu AHP metoduna göre

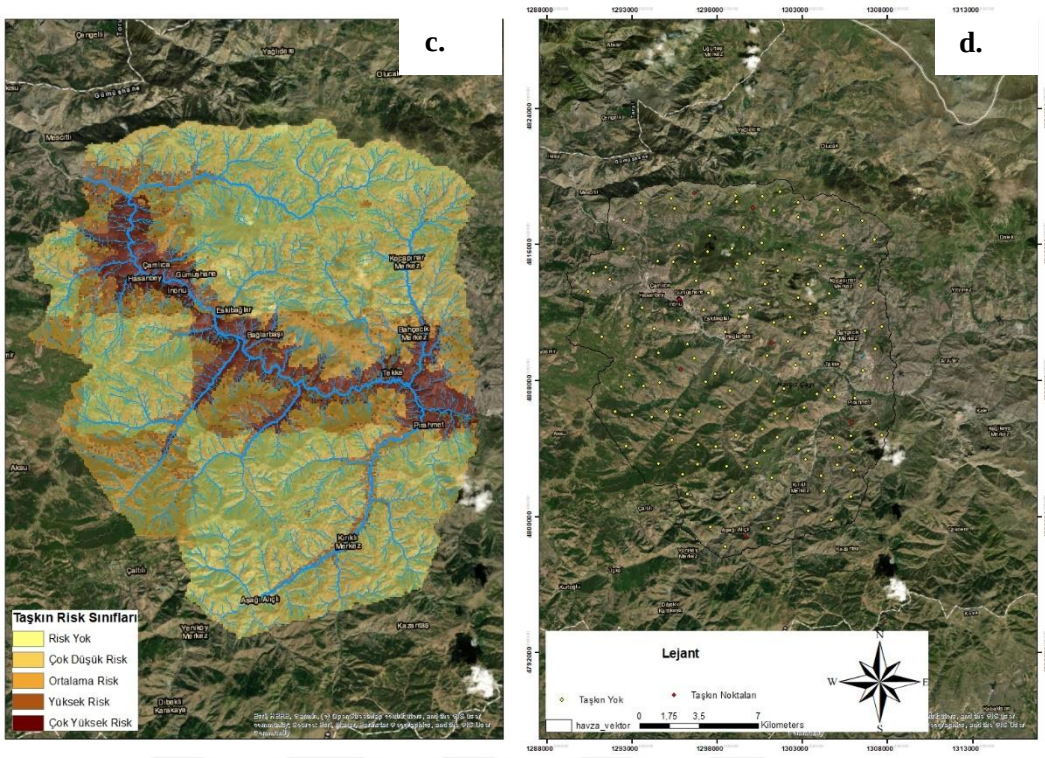
doğruluk değerlerinde daha düşük değerlerde kalmıştır. M5PRT modeli her iki metoda göre daha başarılı sonuçlara ulaşmıştır (Çizelge 5.15).

Çizelge 5.15. Gümüşhane Taşkınına (1974) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.92	0.94	0.99	0.85	0.92	0.93	0.94	0.94	0.99	0.97
FR	0.88	0.91	0.92	0.81	0.86	0.92	0.96	0.96	0.99	0.98
M5PRT	0.92	0.95	0.93	0.92	0.92	0.92	0.93	0.94	0.98	0.96

Bu lokasyonlar ile FR metodu mukayese edilince taşkın yaşanan noktalar metotta çok yüksek riskli olarak belirlenmişken AHP metotunda bu lokasyonlar yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiştir (Şekil 5.15).





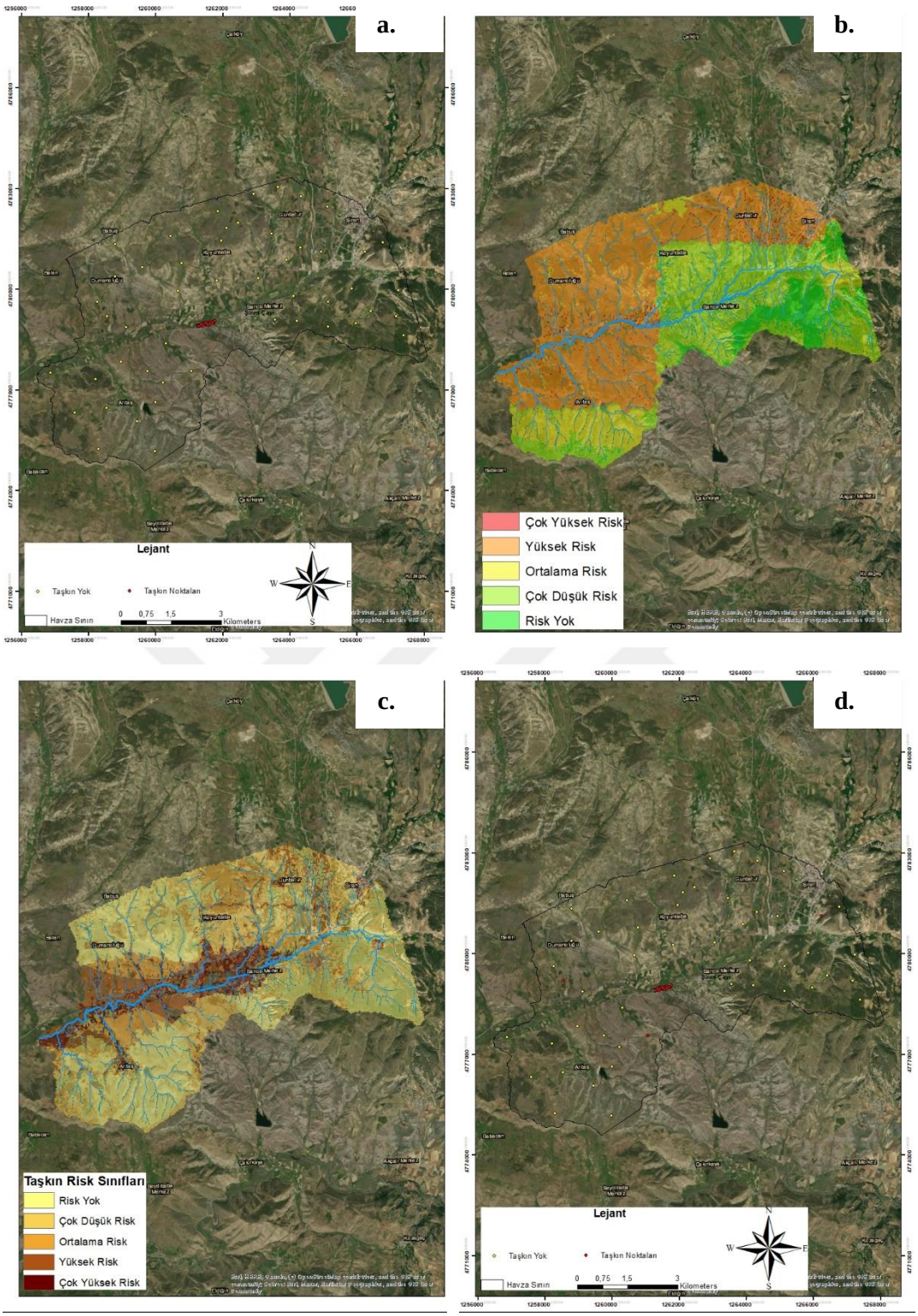
Şekil 5.15. Gümüşhane Taşkının (1974) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

Bu taşkın afeti 100 noktasal veriyle tahmin edilmeye çalışılmıştır. FR ve M5PRT yöntemi birbirine yakın ve başarılı sonuçlar elde ederken, AHP yöntemi bu iki yönteme göre daha az başarı göstermiştir (Çizelge 5.16).

Çizelge 5.16. Gümüşhane (Şiran) Taşkınına (2004) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.78	0.81	0.61	0.72	0.67	0.72	0.50	0.52	0.93	0.67
FR	0.92	0.90	0.95	0.78	0.85	0.96	0.96	0.99	0.96	0.98
M5PRT	0.90	0.92	0.90	0.86	0.88	0.90	0.86	0.89	0.96	0.93

Taşkının yaşandığı noktalar FR ve AHP metoduna göre yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiştir. FR metodu risk haritası incelendiğinde AHP metodundan farklı bir haritası meydana getirmektedir. AHP metodu risk haritası incelendiğinde akarsu yatağından bağımsız bir risk haritası meydana getirmiştir. Yöntemin doğruluk değerinin de oldukça düşük olması bu havzada AHP metodunun başarısız kaldığını ortaya koymaktadır (Şekil 5.16).



Şekil 5.16. Gümüşhane (Şiran) Taşkının (2004) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

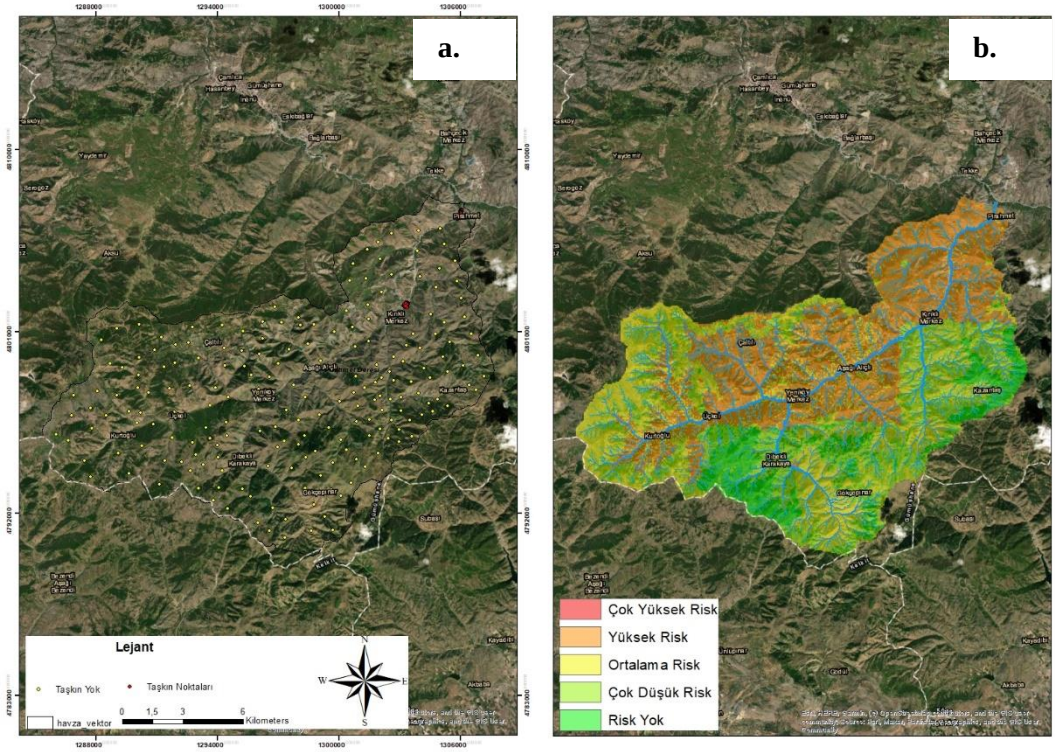
Bu taşkın afeti 400 noktasal veriyle incelenmiştir. Çalışmada eğitim verilerinde AHP metodu test verilerinde FR metodu başarılı sonuçlar ortaya koymuştur. M5PRT yönteminde 146, FR

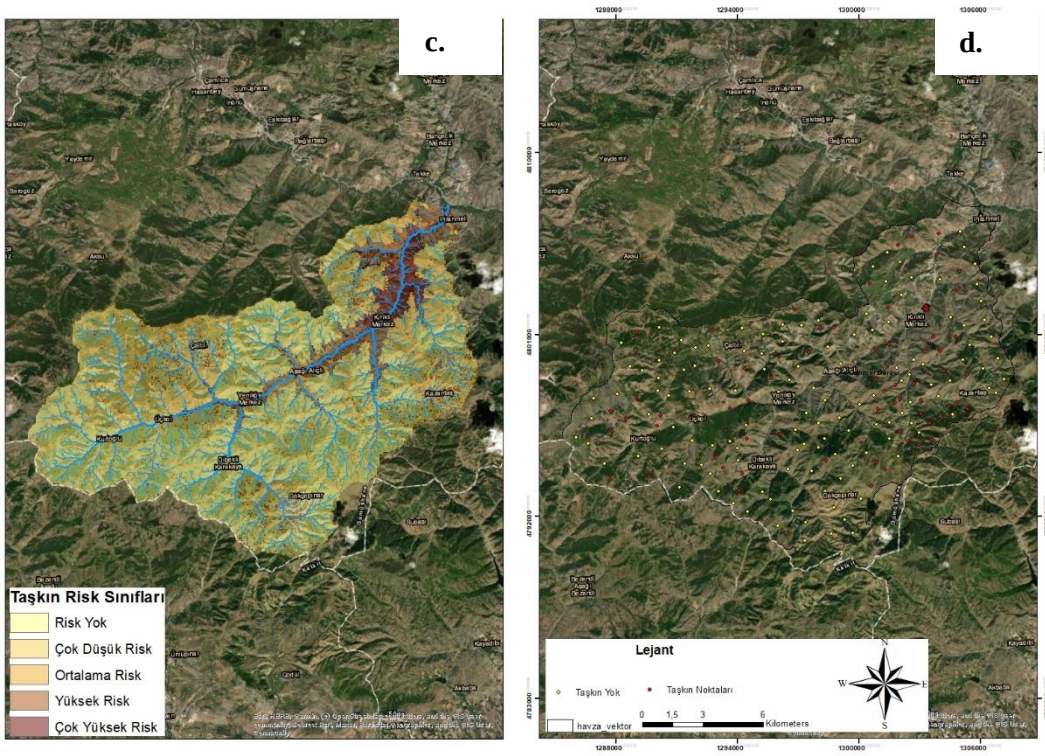
metodunda 58 ve AHP metotunda 80 nokta verilerinde yöntem ile gerçek durum uyuşmamaktadır (Çizelge 5.17).

Çizelge 5.17. Gümüşhane Taşkınına (2017) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.83	0.81	0.56	0.84	0.67	0.65	0.62	0.57	0.99	0.73
FR	0.76	0.83	0.99	0.67	0.80	0.94	0.93	0.99	0.93	0.96
M5PRT	0.70	0.67	0.68	0.50	0.58	0.72	0.58	0.59	0.91	0.72

Taşkının yaşandığı noktalar, FR ve AHP metoduna göre yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiştir. FR metodu AHP metoduna göre risk haritası daha anlamlı şekilde dağılmaktadır (Şekil 5.17).





Şekil 5.17. Gümüşhane (2017) Taşkınının Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

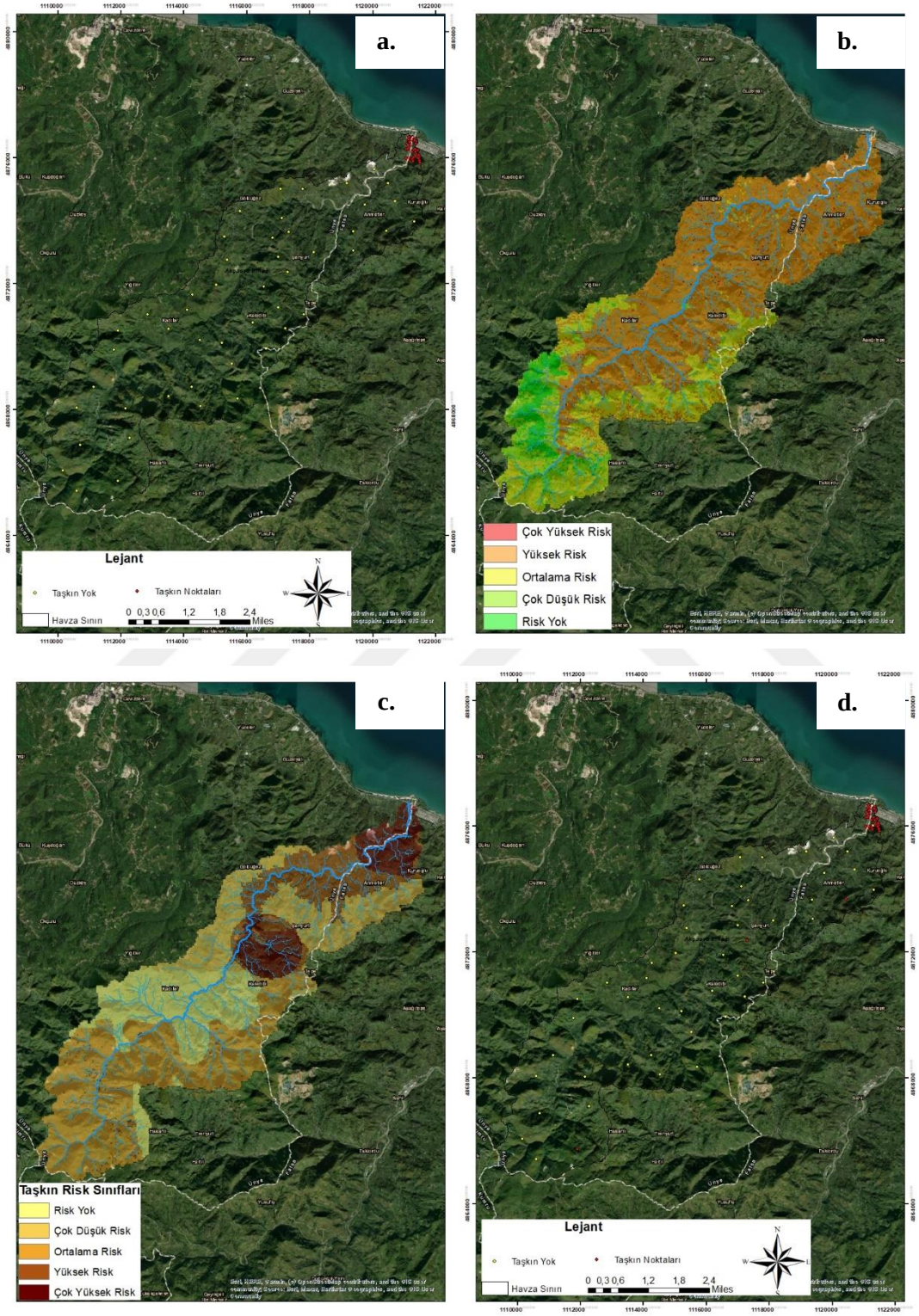
5.1.4 Ordu taşkınları

Bu çalışma 100 noktasal veriyle çalışılmıştır. 3 yöntemde de hem eğitim hem test verilerinde yakın sonuçlar ortaya çıkmıştır. M5PRT yönteminde 5, FR yönteminde 13 ve AHP metodunda 4 noktada sonuçlar gerçek durumla uyuşmamaktadır. M5PRT ve AHP metotlarında hem eğitim hem test verileri %90 üzeri doğruluk değerlerine ulaşmaktadır (Çizelge 5.18).

Çizelge 5.18. Ordu (Fatsa, Perşembe) Taşkınına (2016) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.93	0.95	0.92	0.96	0.94	0.94	0.96	0.95	0.99	0.97
FR	0.89	0.90	0.84	0.88	0.86	0.84	0.80	0.75	0.99	0.85
M5PRT	0.96	0.95	0.96	0.92	0.94	0.95	0.93	0.95	0.95	0.96

Taşkının yaşandığı noktalar FR ve AHP metoduna göre yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiştir. AHP metodu diğer havzalarda olduğu gibi büyük bir alanı riskli olarak tespit etmiştir (Şekil 5.18).



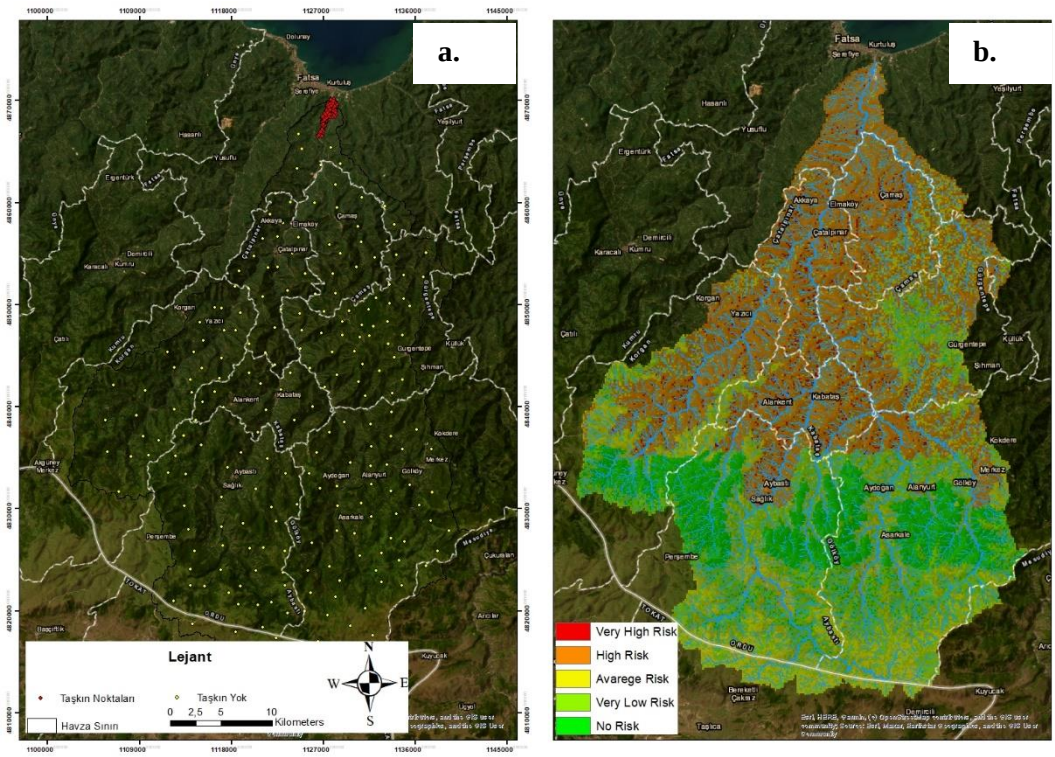
Şekil 5.18. Ordu (Fatsa, Perşembe) Taşkının (2016) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

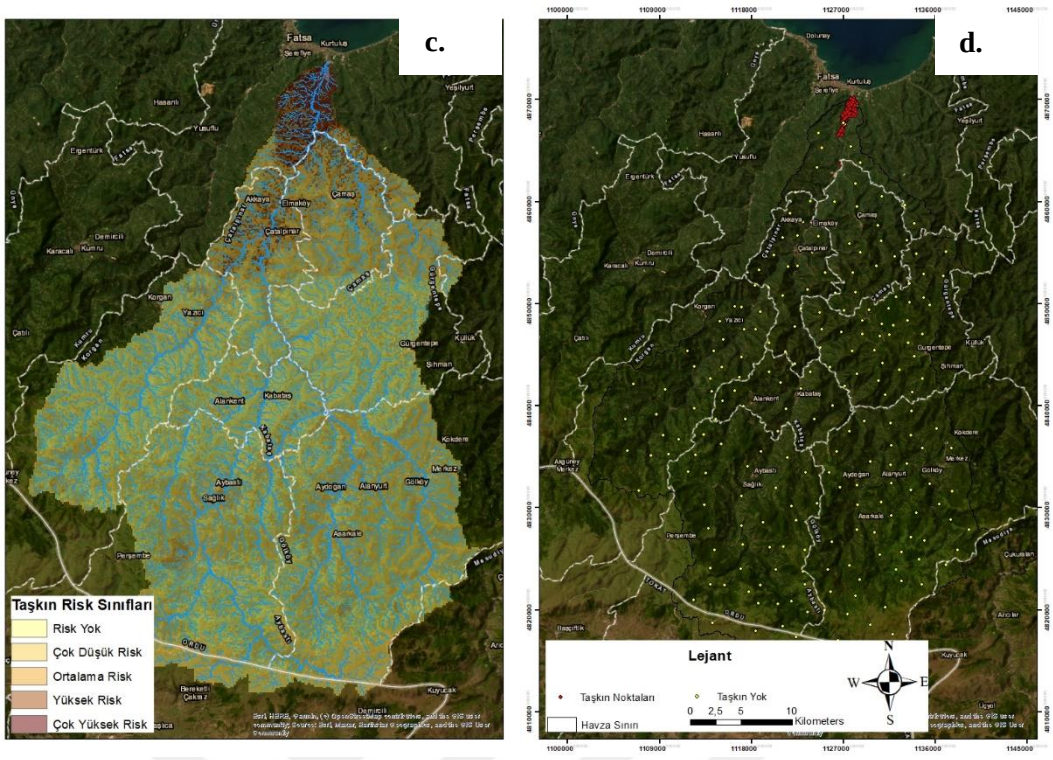
Bu çalışmada 440 noktasal veriyle yöntemlerin durumu incelenmiştir. M5PRT metodu 8, FR metodu 65 ve AHP metodunda 13 noktadaki verilerde yöntemlerin sonuçlarıyla gerçek durum uyumsuzdur. M5PRT metodu çok yüksek doğruluk değerleriyle bu afeti tahmin etmiş ardından sırasıyla AHP ve FR metodu bu afette doğruluk değerlerine göre başarılı sonuçlara ulaşmışlardır (Çizelge 5.19).

Çizelge 5.19. Ordu Taşkınına (2018) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.93	0.96	0.98	0.90	0.95	0.98	0.97	0.97	0.99	0.98
FR	0.78	0.85	0.71	0.77	0.74	0.94	0.85	0.86	0.98	0.91
M5PRT	0.98	0.99	0.98	0.98	0.98	0.96	0.95	0.95	0.99	0.97

FR metodu taşkın yaşanan noktaları çok yüksek riskli olarak tespit etmiş iken AHP metodu bu alanları çok yüksek ve yüksek riskli alanlar olarak belirlemiştir. FR metodu taşkın açısından riskli alanları havzanın mansap kısımlarıyla kısıtlı tutmakta ve akarsunun ana kolu üzerine risk odağını yoğunlaştırmaktadır. Buna rağmen AHP metodu havzanın mansap kısımlarının ana ve yan kollarında risk oluştuğu bulgusuna ulaşmıştır (Şekil 5.19).





Şekil 5.19. Ordu Taşkınının (2018) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

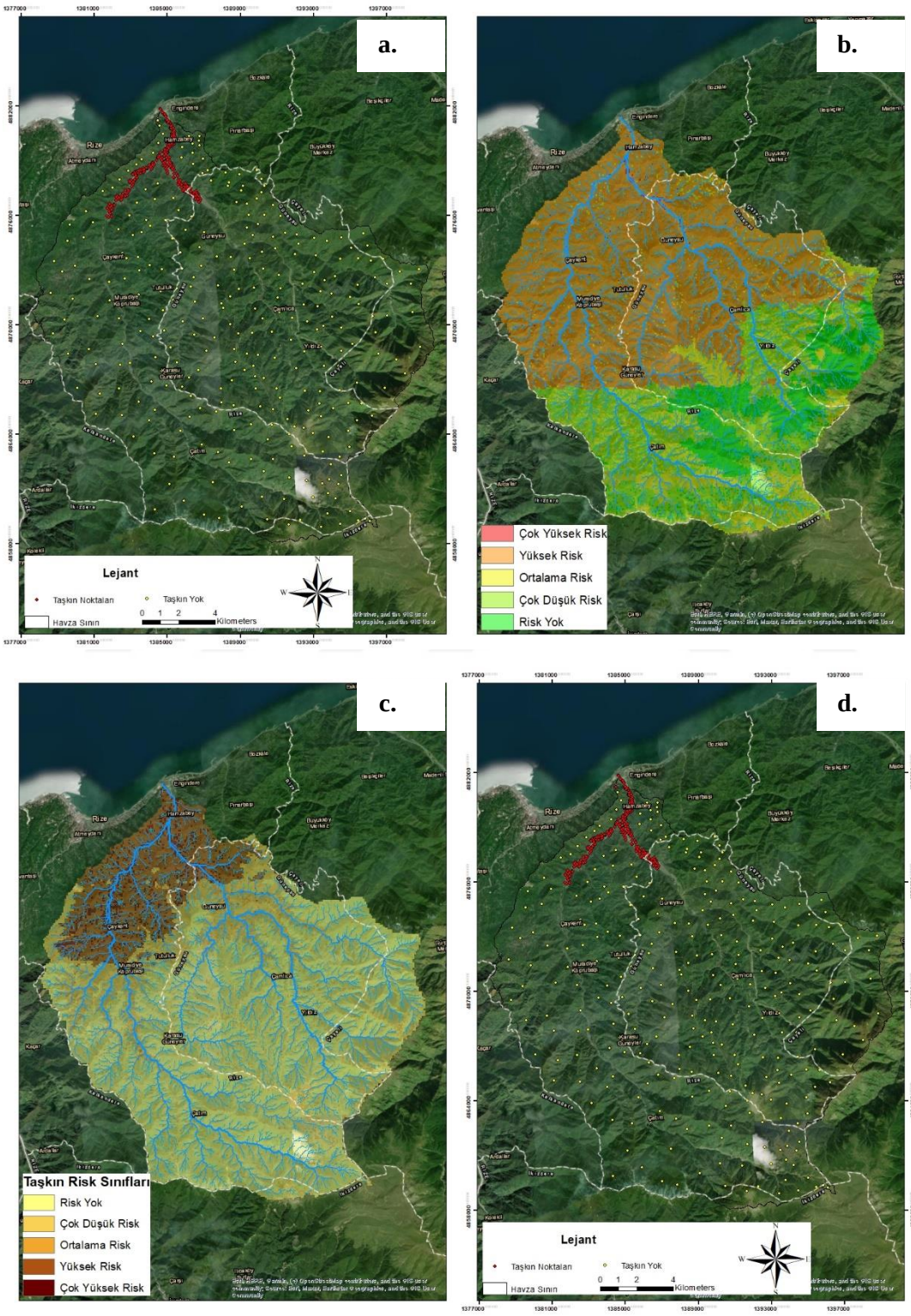
5.1.5 Rize taşkınları

1973 yılında Rize ilinin Kalkandere ve Güneysu ilçelerinde yaşanan taşkın afeti 600 rastgele noktayla incelenmiştir. Yapılan uygulamalar sonucunda M5PRT metodu eğitim verilerinde 20, test verilerinde 9 veriyi yanlış tespit etmiştir. FR metodu eğitim verilerinde 74, test verilerinde 13 veriyi yanlış tespit etmiştir. AHP metodu eğitim verilerinde 30, test verilerinde 56 veriyi yanlış tespit etmiştir. M5PRT metodu diğer 2 yönteme göre bu afeti tahmin etmede daha başarılı sonuçlara ulaşmıştır (Çizelge 5.20).

Çizelge 5.20. Rize (Kalkandere, Güneysu) Taşkınına (1973) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.89	0.92	0.87	0.93	0.90	0.72	0.69	0.61	0.98	0.75
FR	0.80	0.82	0.82	0.74	0.77	0.93	0.92	0.97	0.94	0.95
M5PRT	0.93	0.95	0.94	0.93	0.93	0.93	0.95	0.95	0.97	0.97

Taşkının yaşandığı lokasyonlar ile AHP ve FR metotları mukayese edilince taşkın yaşanan noktalar bu metotlarda yüksek riskli olarak belirlenmiştir. AHP metodu FR metoduna göre daha fazla alanı riskli olarak tespit etmiştir (Şekil 5.20).



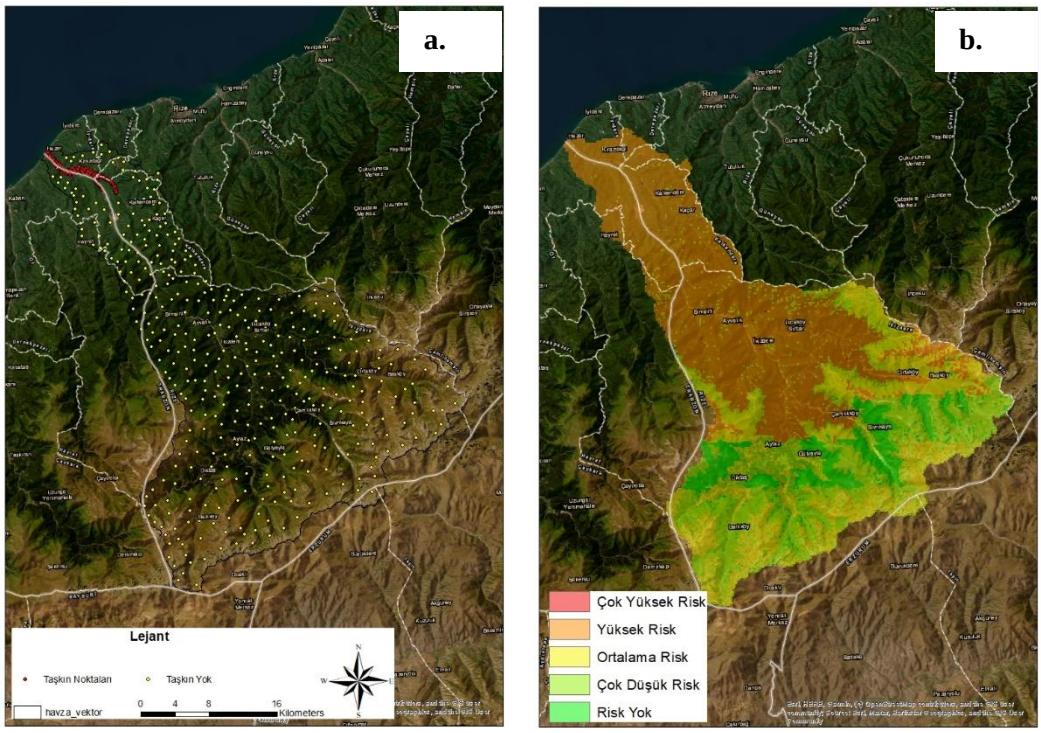
Şekil 5.20. Rize (Kalkandere, Güneysu) Taşkının (1973) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

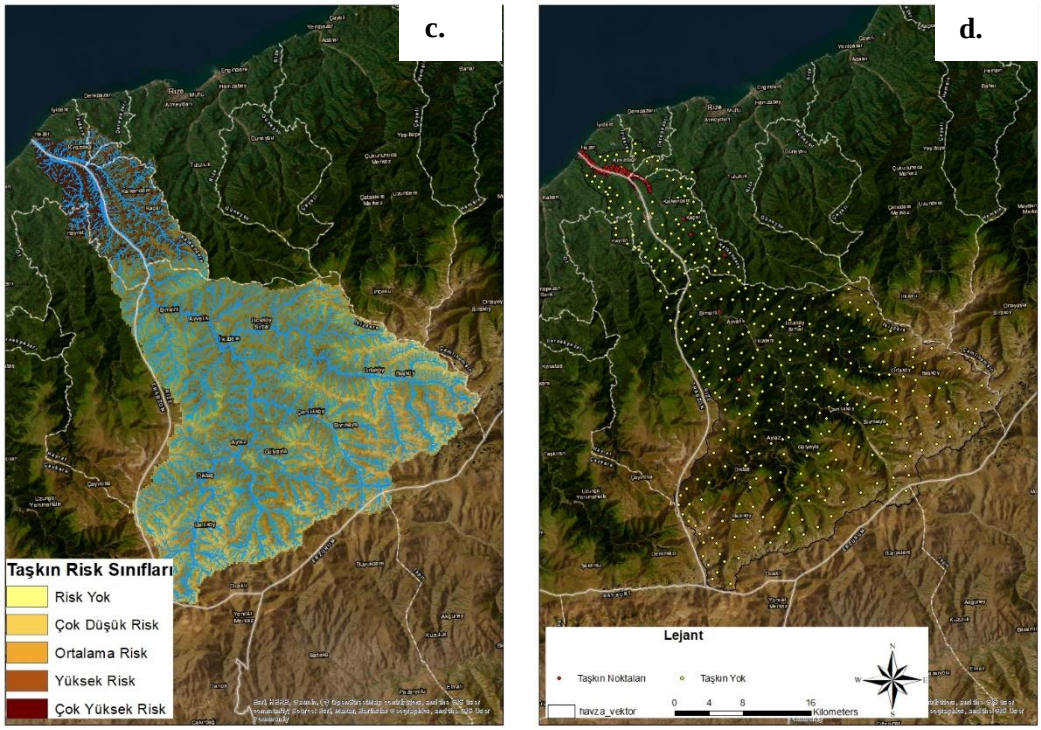
Rize ilinde 1977 yaşanan afet 3 yöntemle incelenmesi amacıyla 840 noktasal veri kullanılmıştır. Bu noktasal veriler neticesinde kullanılan 3 yönteminde eğitim ve test verilerinin doğruluk değerleri birbirine yakın sonuçlar vermiştir. M5PRT yönteminde 48 nokta gerçek durumun aksi değerlerinde sonuçlara ulaşmıştır (Çizelge 21).

Çizelge 5.21. Rize (Pazar, Hemşin) Taşkınına (1977) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.92	0.94	0.94	0.88	0.91	0.90	0.91	0.93	0.97	0.95
FR	0.93	0.94	0.96	0.88	0.92	0.93	0.93	0.94	0.98	0.96
M5PRT	0.96	0.98	0.98	0.95	0.97	0.93	0.93	0.95	0.97	0.96

Taşkının yaşandığı noktalar FR metoduna göre çok yüksek ve yüksek riskli alanlar olarak belirlenmişken AHP metotunda yüksek riskli alanlar olarak bulunmuştur (Şekil 21). Yöntemler afet lokasyonlarını yakın tahmin etmesine rağmen havza genelinde farklı bulgulara ulaşılmıştır.





Şekil 5.21. Rize (Pazar, Hemşin) Taşkının (1977) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

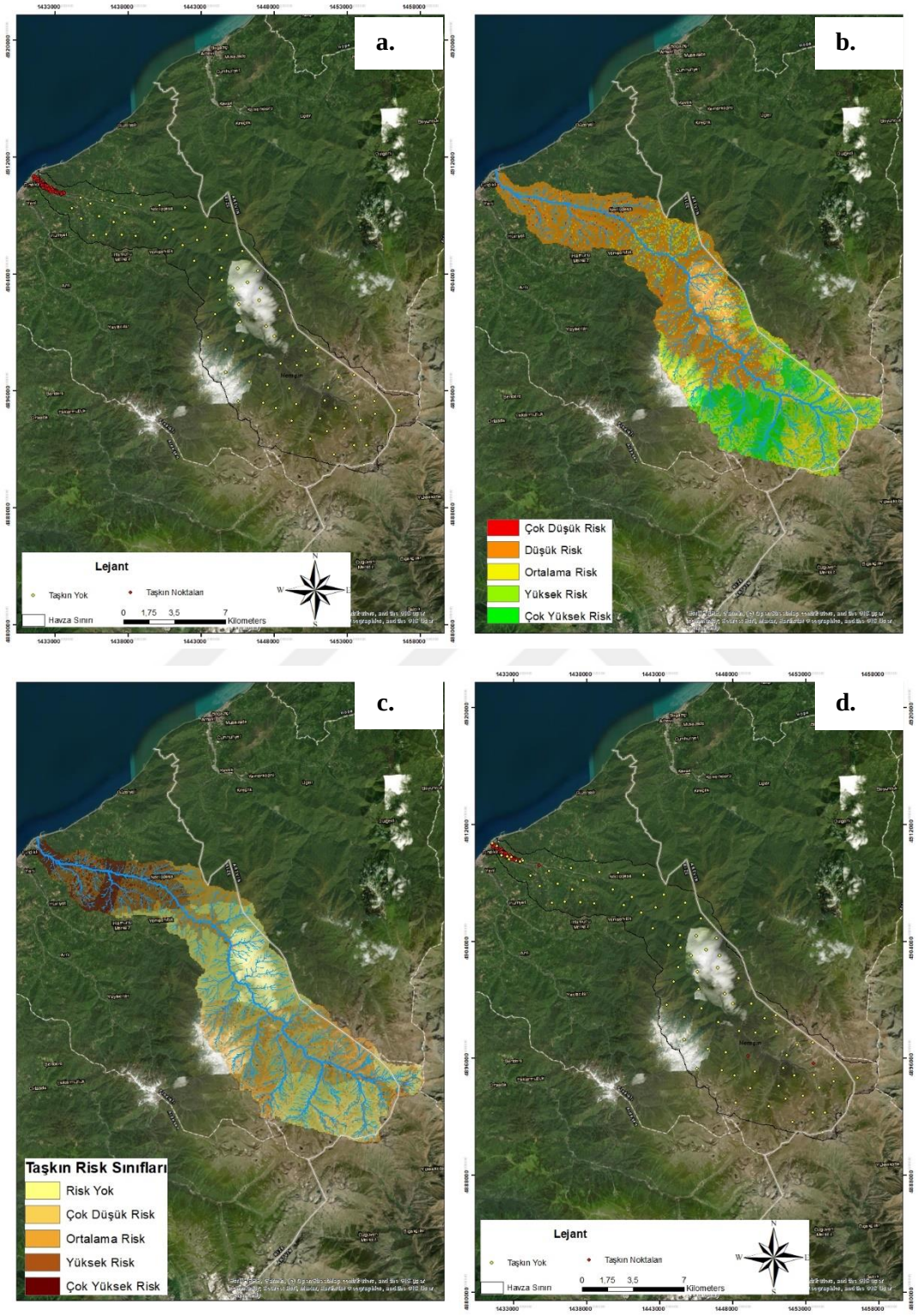
Bu taşkın 160 veriyle incelenmiştir. Eğitim verilerinde yaşanan noktalarda en doğru sonuçlar AHP metodunda görülürken, yaşanmayan noktalarda en doğru sonuçlar FR metodunda ortaya çıkmıştır. Test verilerinde yine AHP metodu yaşanan noktaları tahmin etmede oldukça başarılı sonuçlar vermiştir. M5P Rule Tree metodu 19 noktada gerçek durumla uyuşmayan sonuçlar vermiştir (Çizelge 5.22).

Çizelge 5.22. Rize (Fındıklı, Pazar) Taşkınına (1983) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.76	0.75	0.99	0.55	0.71	0.96	0.95	0.99	0.95	0.98
FR	0.81	0.87	0.68	0.92	0.78	0.65	0.54	0.56	0.92	0.70
M5PRT	0.85	0.89	0.73	0.89	0.81	0.88	0.85	0.85	0.99	0.91

FR metoduna göre taşkında en etkili 3 parametre sırasıyla yükselti, yağış ve akarsu güç indeksi olarak belirlenmiş; AHP metotunda bu parametrelerin yerine yükselti, yağış, eğim en etkili parametreler olarak çalışılmıştır. Taşkının yaşandığı noktalar FR metoduna göre

çok yüksek ve yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiş, AHP metotunda bu lokasyonlar yüksek riskli alanlar olarak bulunmuştur (Şekil 5.22).



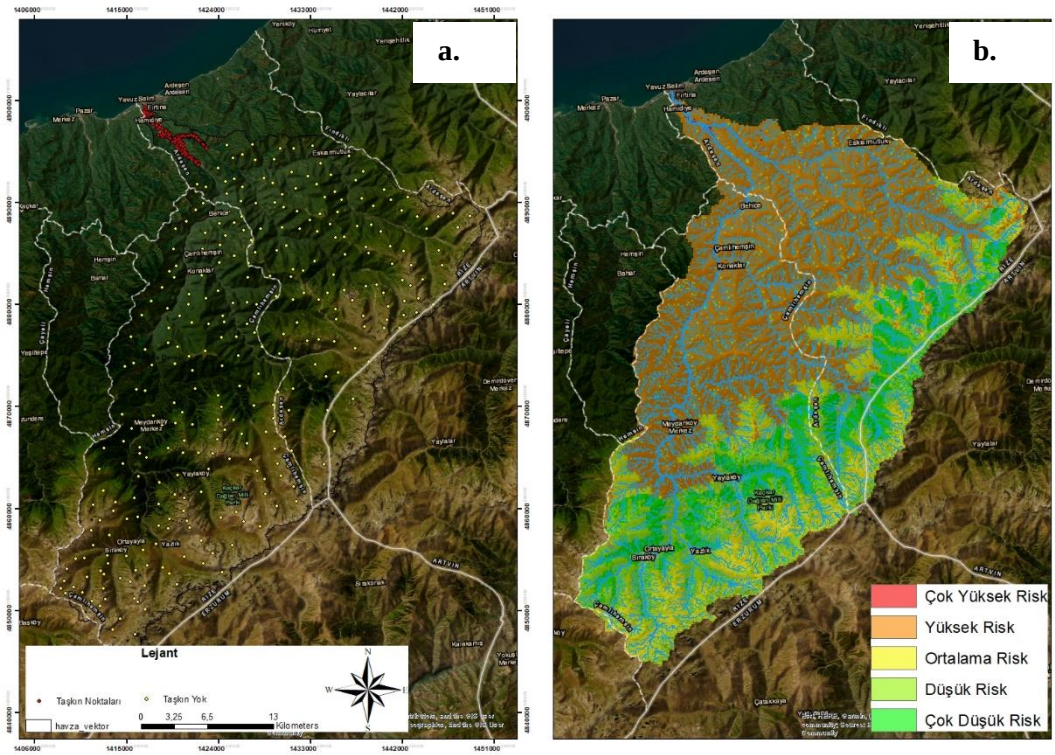
Şekil 5.22. Rize (Fındıklı, Pazar) Taşkının (1983) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

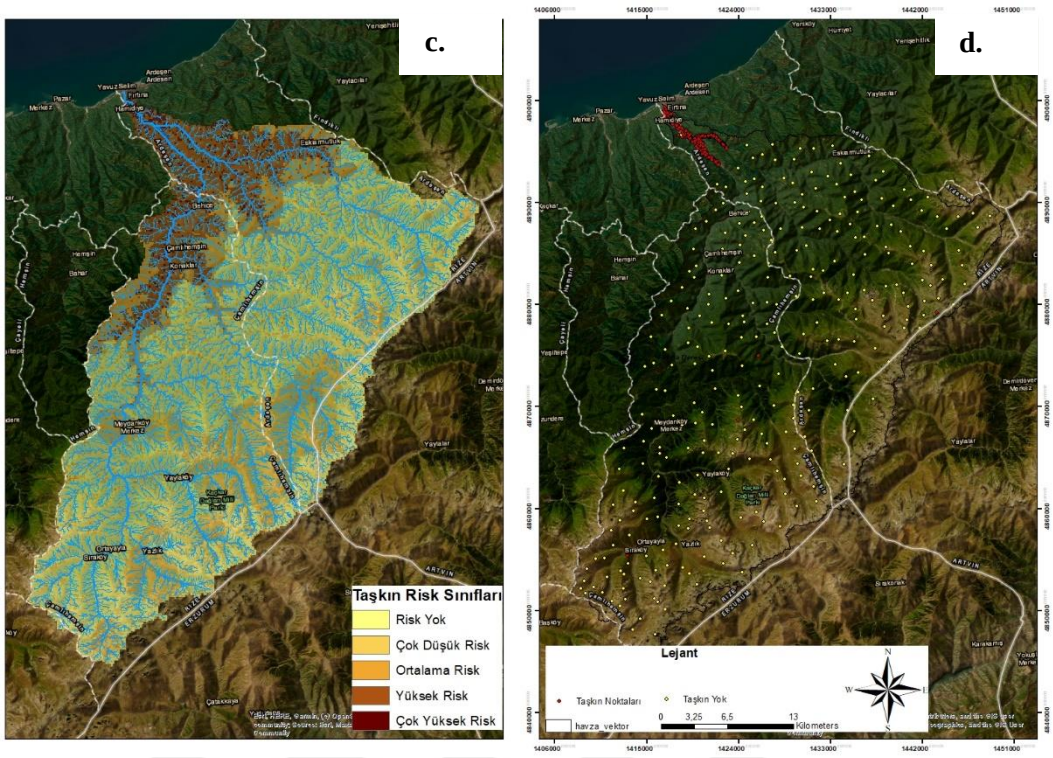
Hem eğitim hem test metodunda taşkın yaşanan (1) noktaları en iyi tahmin eden yöntem AHP yöntemidir. Taşkın yaşanmayan noktaları (0) en iyi tahmin eden yöntemse M5PRT metodu olmuştur (Çizelge 5.23).

Çizelge 5.23. Rize (Pazar) Taşkınına (1988) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.72	0.68	0.98	0.51	0.67	0.95	0.94	0.98	0.95	0.97
FR	0.88	0.91	0.83	0.89	0.80	0.79	0.76	0.76	0.97	0.85
M5PRT	0.98	0.99	0.99	0.97	0.98	0.96	0.96	0.96	0.98	0.98

Taşkının yaşandığı noktalar FR metotunda çok yüksek ve yüksek riskli alanlar olarak tespit edilmiş iken AHP metodunda yüksek riskli alanlar olarak bulunmuştur. Bu farklılığın temel nedeni FR metotunda yükselti, yağış ve drenaj yoğunluğu taşkına en etkili 3 parametre iken; AHP metotunda en etkili 3 parametre yükselti, yağış ve eğim olmasıdır. Bu afet 620 noktasal veriyle incelenmiştir (Şekil 5.23).





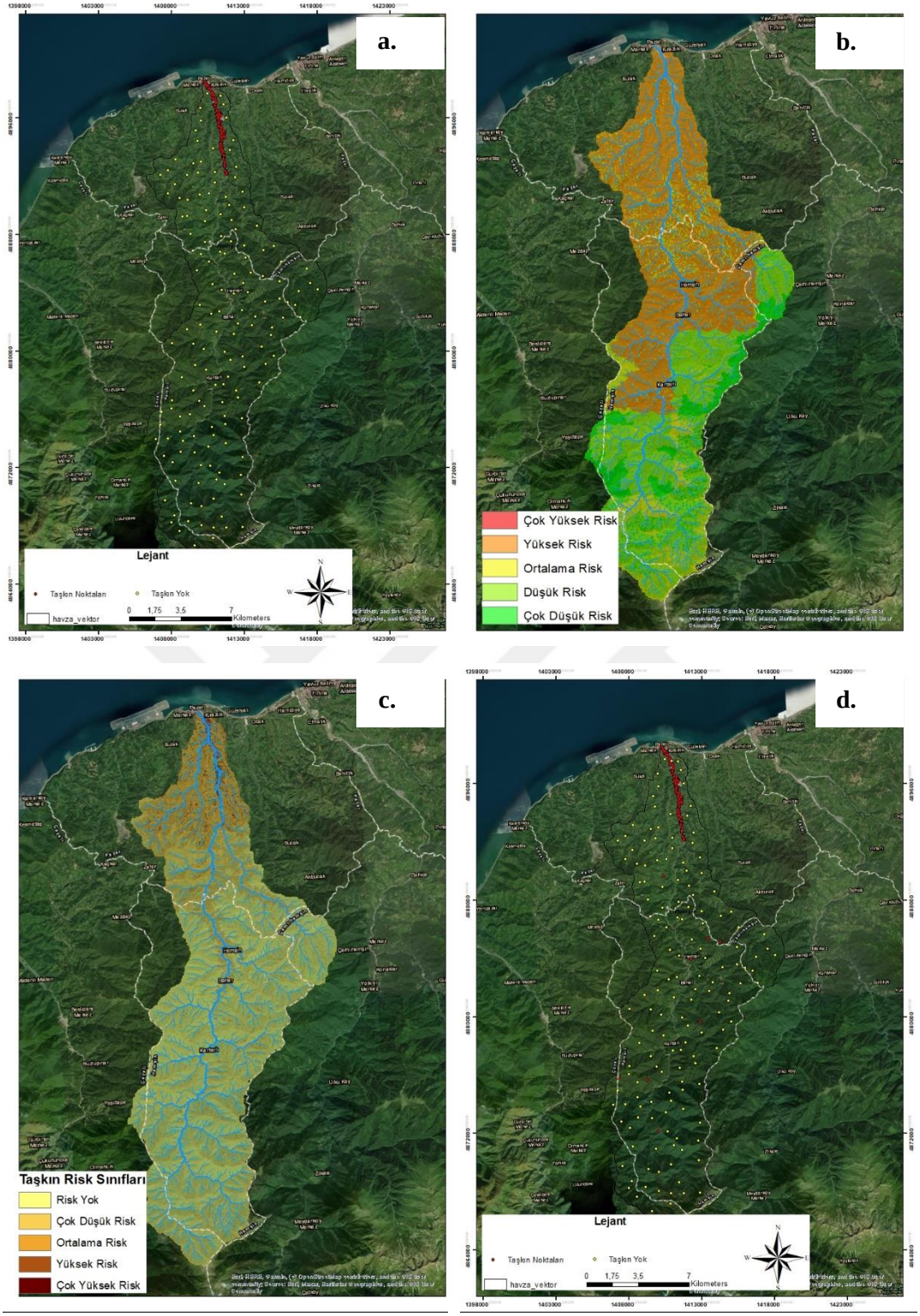
Şekil 5.23. Rize (Pazar) Taşkının (1988) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

1995 yılında yaşanan bu taşkın 340 veriyle incelenmiştir. Yapılan yöntemler birbirine yakın sonuçlar verirken AHP ve M5PRT metodu FR metoduna göre daha yüksek değerlerde doğrulama değerlerine ulaştı. M5P Rule Tree metodunda 14 nokta yanlış tespit edilmiştir (Çizelge 5.24).

Çizelge 5.24. Rize (Çayeli, Güneysu, Pazar) Taşkınına (1995) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.92	0.94	0.90	0.93	0.91	0.92	0.93	0.92	0.99	0.96
FR	0.88	0.85	0.75	0.79	0.77	0.85	0.87	0.85	0.99	0.92
M5PRT	0.92	0.96	0.97	0.92	0.95	0.92	0.93	0.95	0.97	0.96

Yapılan bu haritalarda taşkın yaşanan lokasyonlar FR metoduna göre ortalama ve yüksek riskli alanlar olarak tespit edilirken AHP metotunda yüksek riskli alanlar olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.24).



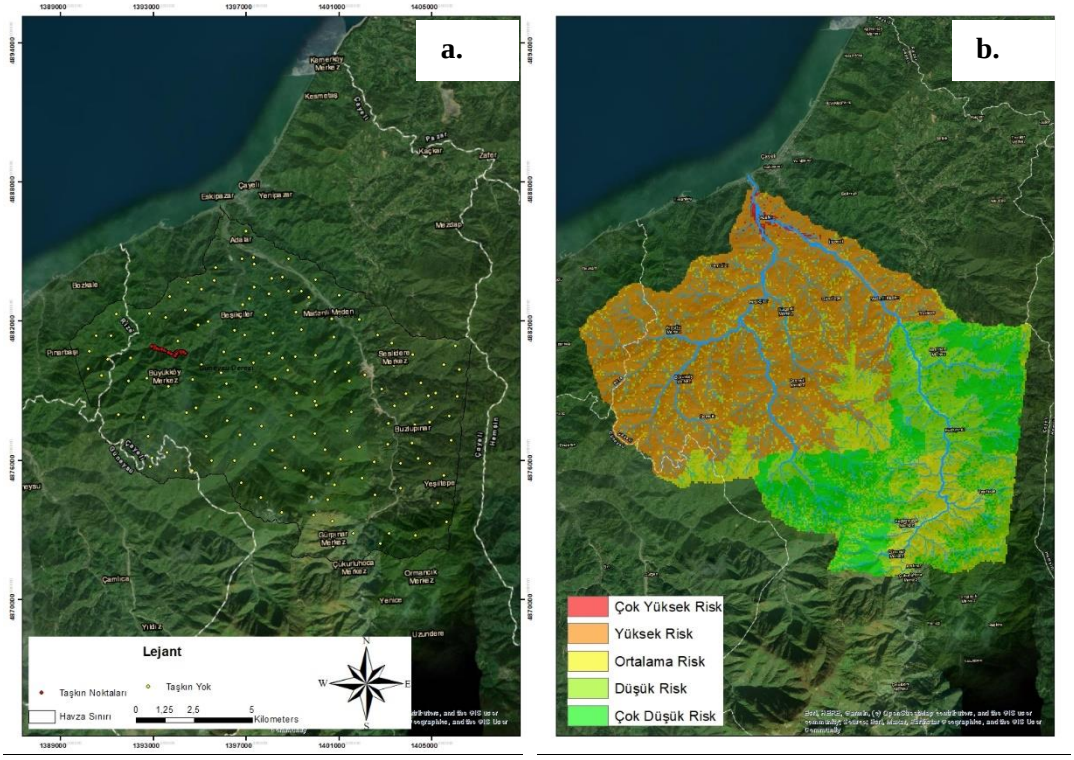
Şekil 5.24. Rize (Çayeli, Güneysu, Pazar) Taşkının (1995) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum1, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

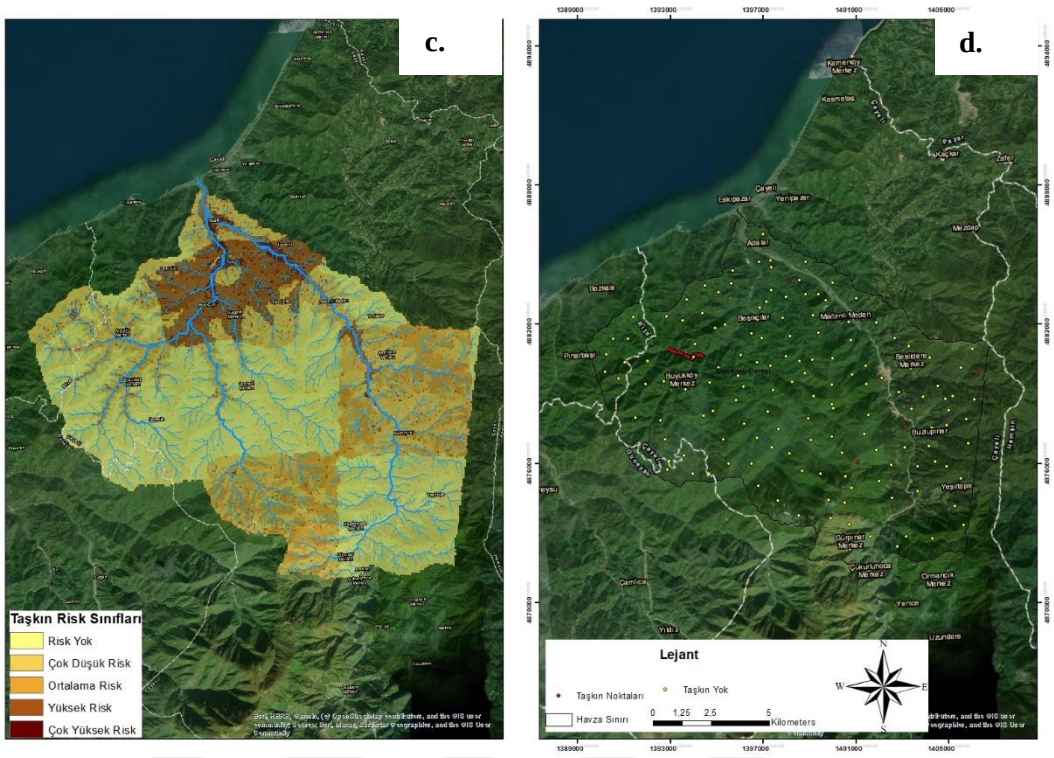
Bu taşkın afetini tahmin etmek amacıyla yapılan 3 yöntem doğrulama testlerine tabi tutulmuştur. 310 noktasal veriye yapılan incelemede M5PRT yöntemi 18, FR yöntemi 22 ve AHP yöntemi 102 noktada doğru tahmin yapamamıştır (Çizelge 5.25).

Çizelge 5.25. Rize (Çayeli) Taşkınına (2001) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.55	0.72	0.32	0.55	0.41	0.72	0.54	0.55	0.98	0.70
FR	0.90	0.93	0.93	0.86	0.89	0.93	0.90	0.91	0.98	0.95
M5PRT	0.93	0.94	0.99	0.83	0.91	0.94	0.93	0.94	0.98	0.96

Taşkın yaşanan havzalar FR metoduna göre çok düşük riskli ve riskin olmadığı yerler olarak tespit edilmişken AHP metotuna göre bu alanlar yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiştir (Şekil 5.25).





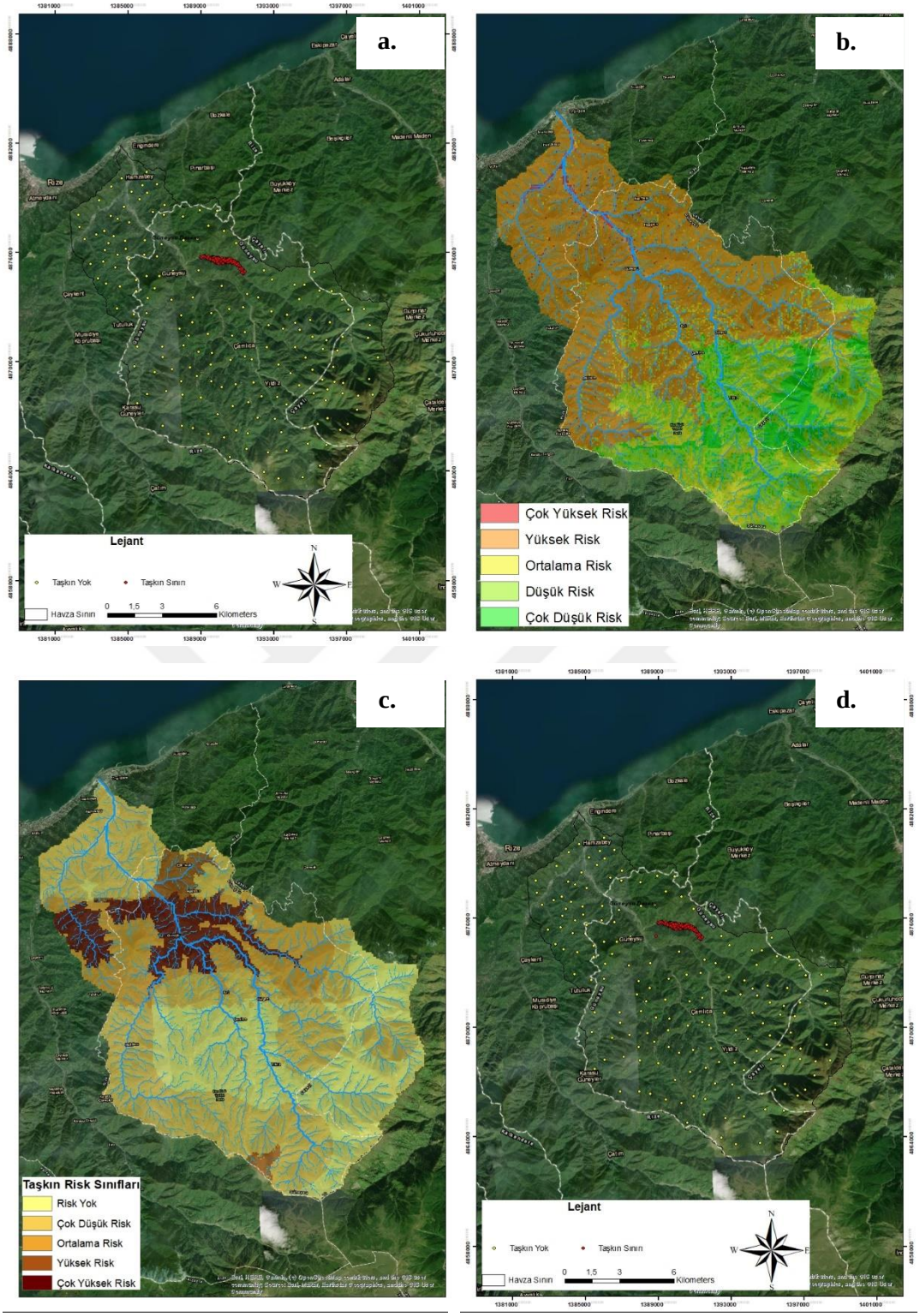
Şekil 5.25. Rize (Çayeli) Taşkının (2001) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

Bu taşkın 360 noktasal veriyle incelenmektedir. Yapılan incelemede M5PRT metodu 23, FR metodu 60, AHP metodu 117 noktada yanlış tahminde bulunmuştur (Çizelge 5.26).

Çizelge 5.26. Rize (Çayeli, Güneysu) Taşkınına (2002) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.68	0.65	0.85	0.48	0.62	0.78	0.72	0.69	0.99	0.82
FR	0.75	0.87	0.71	0.88	0.79	0.82	0.73	0.75	0.94	0.84
M5PRT	0.89	0.94	0.95	0.88	0.91	0.93	0.91	0.91	0.98	0.95

Taşkın yaşanan lokasyon FR metoduna göre çok yüksek riskli alanlar olarak bulunmuşken AHP metotuna göre yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiştir (Şekil 5.26).



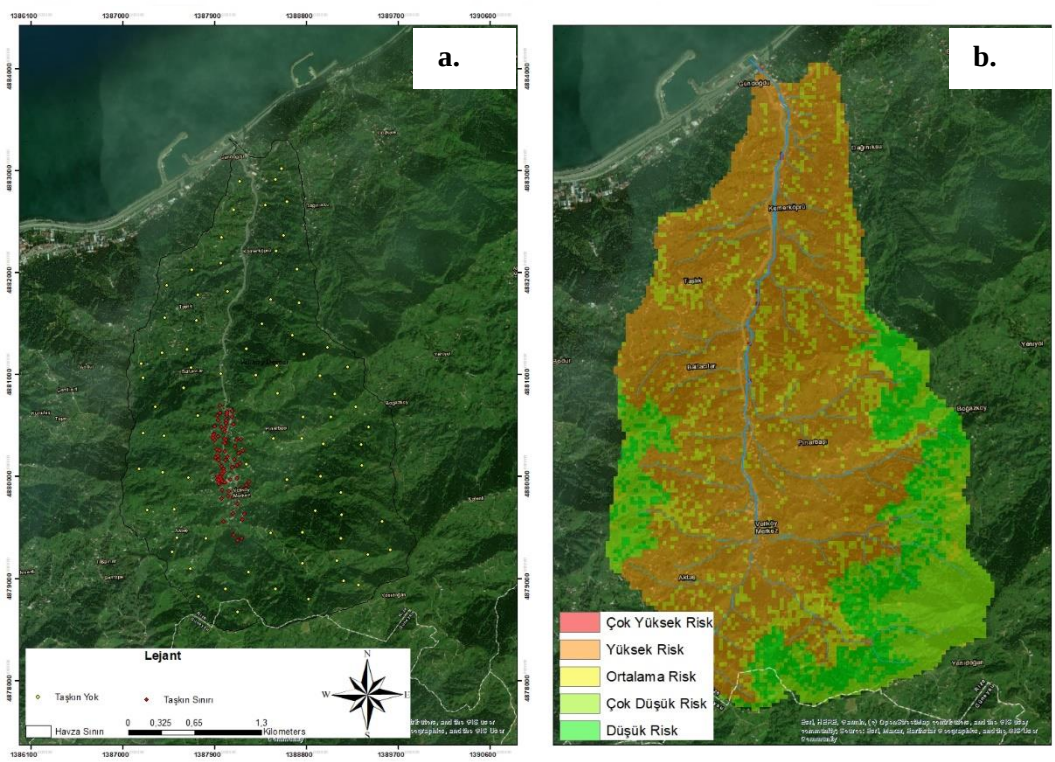
Şekil 5.26. Rize (Çayeli, Güneysu) Taşkının (2002) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

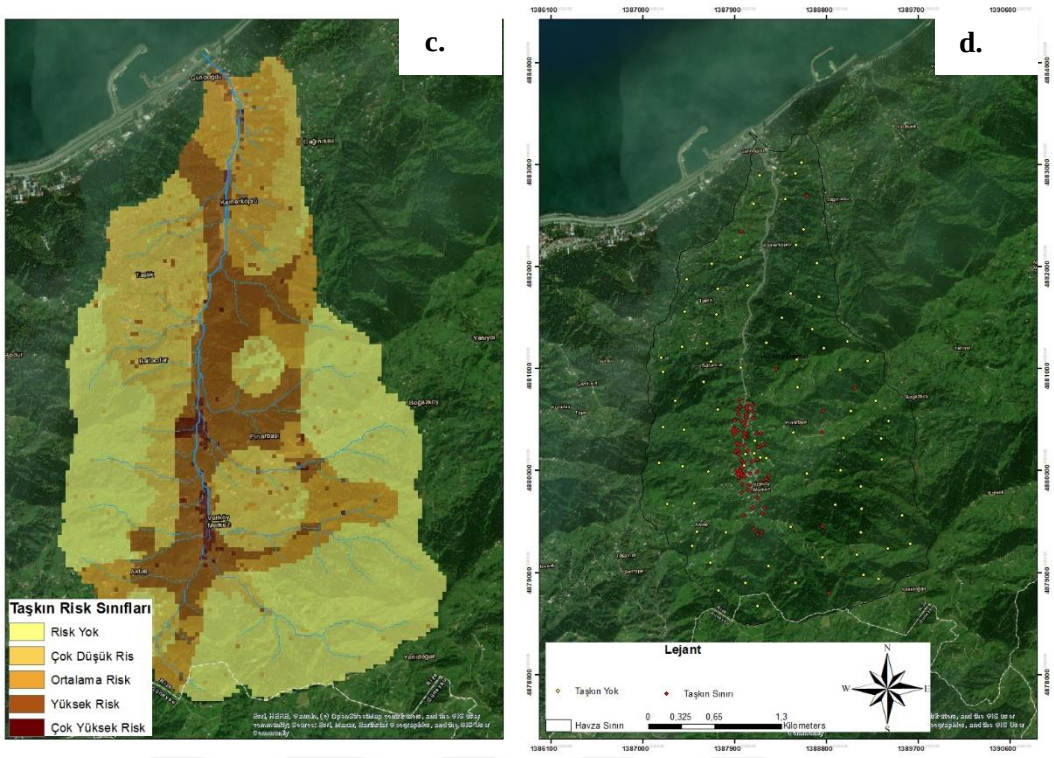
Bu taşkın 160 noktasal veriyle incelenmiştir. M5PRT metodu 25, FR metodu 38 ve AHP metodu 26 noktada doğru tahminde bulunamamıştır (Çizelge 5.27).

Çizelge 5.27. Rize (İyidere) Taşkınına (2005) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.80	0.75	0.95	0.62	0.75	0.89	0.79	0.88	0.84	0.86
FR	0.78	0.85	0.65	0.99	0.78	0.80	0.79	0.71	0.99	0.83
M5PRT	0.92	0.92	0.91	0.91	0.91	0.85	0.84	0.88	0.88	0.88

Taşkın yaşanan lokasyonlar FR ve AHP metodunda yüksek ve ortalama risk olarak belirlenmiştir. FR metodu ve AHP metodunun düşük doğruluk değerleri ile bu taşkını tahmin etmeleri taşkın risk haritalarına da yansımaktadır (Şekil 5.27).





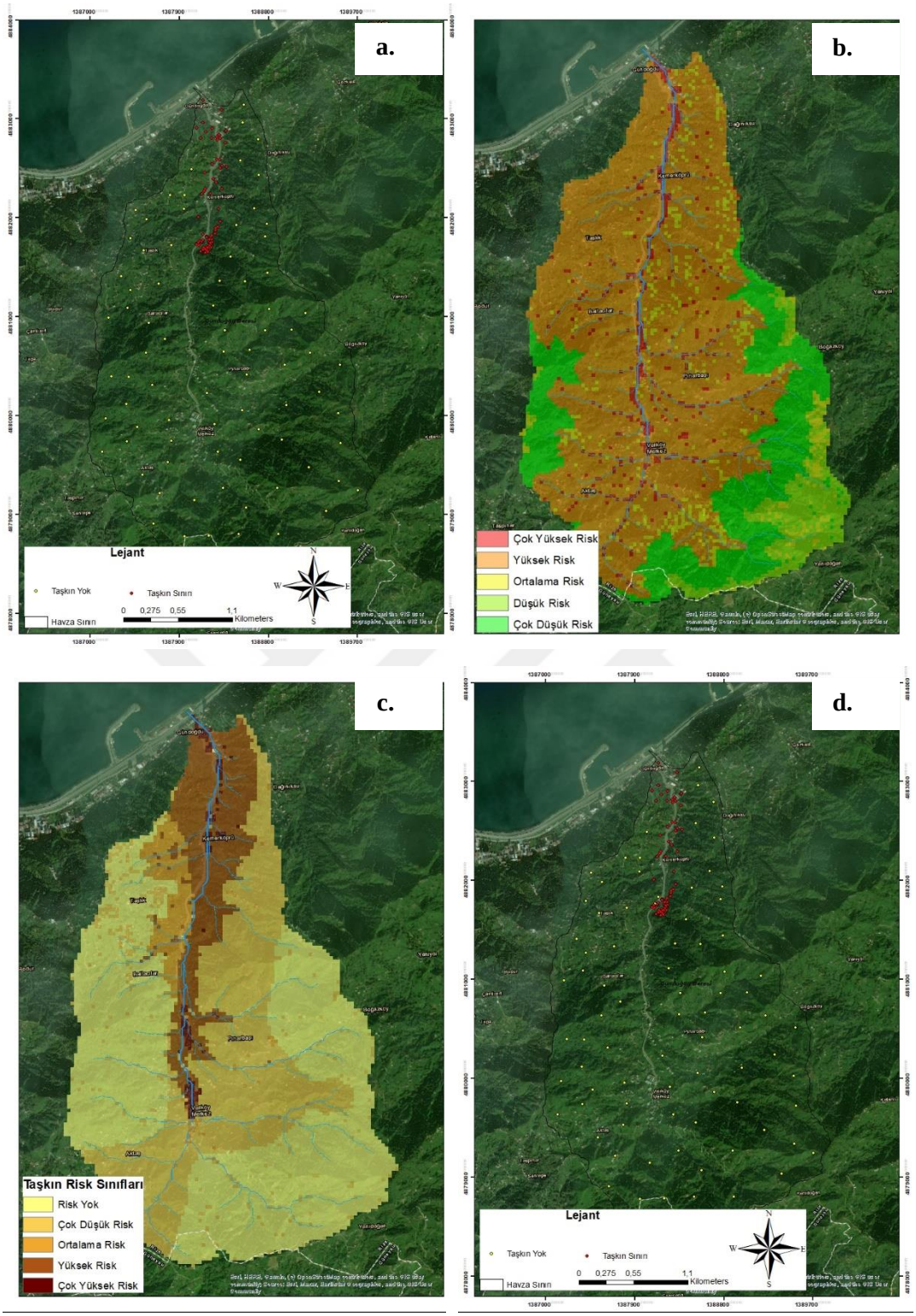
Şekil 5.27. Rize (İyidere) Taşkının (2005) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

Bu taşkın 160 noktada belirlenmiş noktasal verilerle incelenmiştir. Üç yöntemde hem eğitim hem test verilerinde taşkın yaşanan noktaları tahmin etmede benzer sonuçlar elde etmiştir. M5PRT metodu 11, FR metodu 16 ve AHP metodu 28 noktada yanlış sonuçlar bulmuşlardır (Çizelge 5.28).

Çizelge 5.28. Rize (İyidere) Taşkınına (2010) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.82	0.80	0.95	0.67	0.79	0.89	0.87	0.89	0.94	0.91
FR	0.92	0.95	0.95	0.87	0.91	0.80	0.83	0.81	0.97	0.88
M5PRT	0.95	0.93	0.95	0.89	0.92	0.90	0.91	0.94	0.94	0.94

Taşkın yaşanan lokasyonlar FR metodunda yüksek ve ortalama riskli alanlar olarak belirlenmişken AHP metotunda bu alanlar çok yüksek ve yüksek riskli alanlar olduğu görülmektedir (Şekil 5.28).



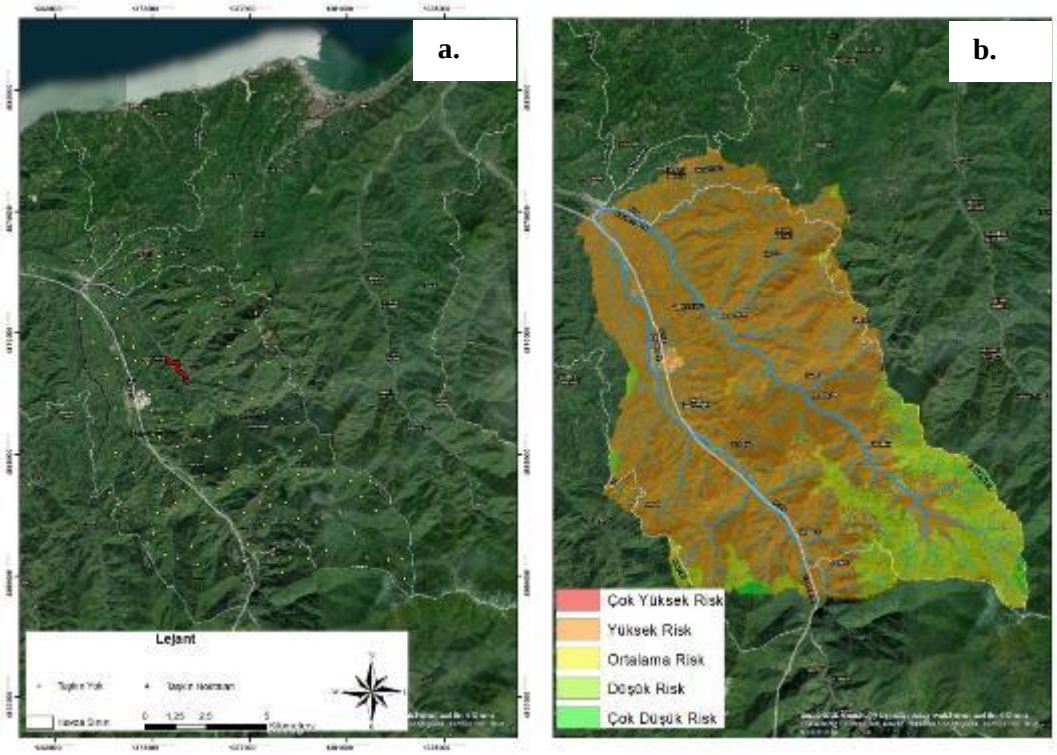
Şekil 5.28. Rize (İyidere) Taşkının (2010) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

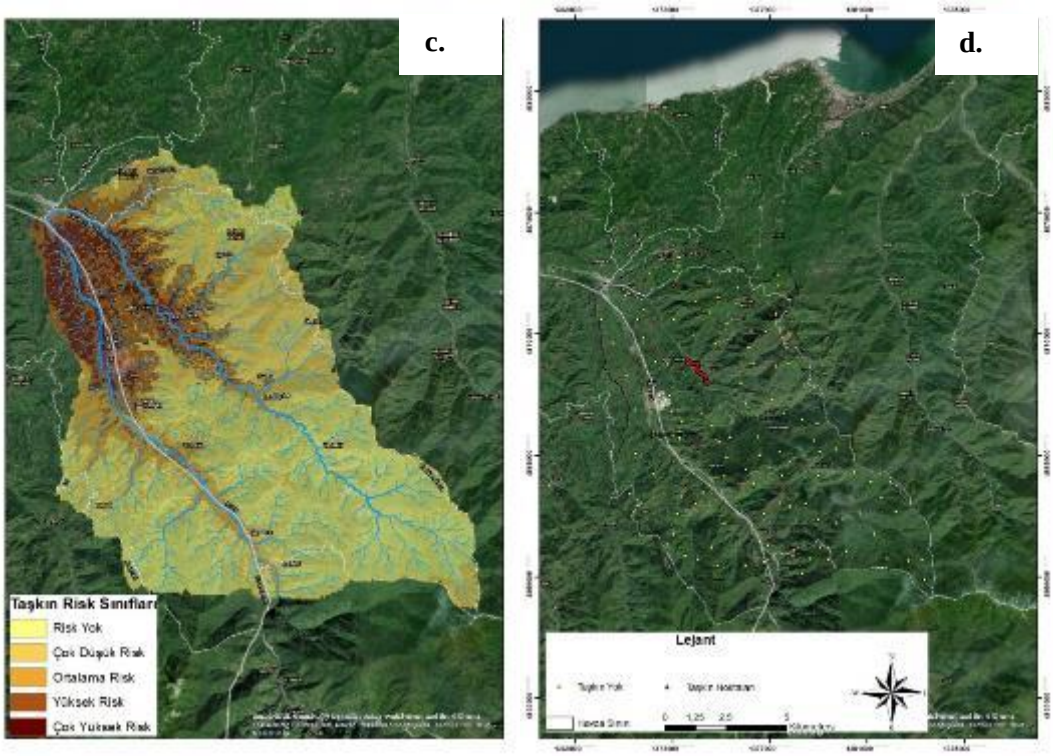
Bu taşkın 240 nokta ile incelenmiştir. Yöntemler genel anlamda benzer sonuçlar vermiş olup test verilerinin doğruluk değerleri eğitim verilerine göre yüksek tespit edilmiştir (Çizelge 5.29).

Çizelge 5.29. Rize (Fındıklı, Kalkandere) Taşkınına (2016) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.88	0.86	0.87	0.78	0.82	0.87	0.83	0.85	0.94	0.89
FR	0.86	0.88	0.88	0.82	0.85	0.90	0.89	0.91	0.95	0.93
M5PRT	0.88	0.92	0.90	0.88	0.89	0.89	0.87	0.93	0.91	0.92

Taşkının yaşandığı noktalar FR metoduna göre çok yüksek ve yüksek riskli alanlar olarak belirlenmişken AHP metotunda yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiştir (Şekil 5.29).





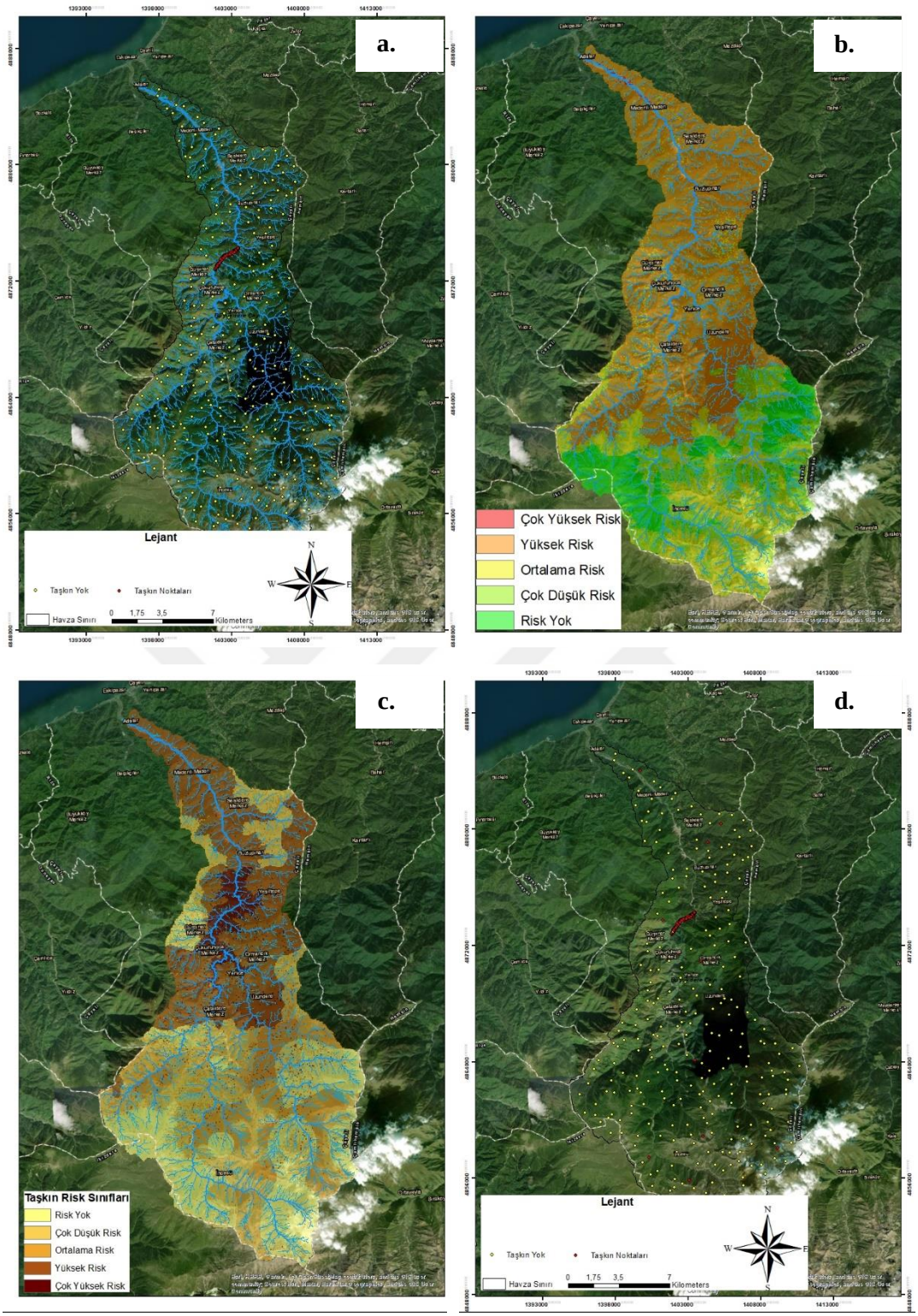
Şekil 5.29. Rize (Fındıklı, Kalkandere) Taşkının (2016) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

Bu havza 580 noktasal veriyle incelenmiştir. FR ve M5PRT yöntemleri yaklaşık benzer sonuçlar verirken AHP yöntemi bu taşkını tahmin etmede geri kalan yöntemlerden geride kalmıştır. M5PRT yönteminde 44, FR yönteminde 55 ve AHP yönteminde 141 nokta yanlış tespit edilmiştir (Çizelge 5.30).

Çizelge 5.30. Rize (Çayeli) Taşkınına (2017) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.70	0.80	0.56	0.80	0.67	0.67	0.63	0.64	0.98	0.77
FR	0.89	0.91	0.89	0.84	0.87	0.87	0.86	0.87	0.96	0.92
M5PRT	0.89	0.92	0.91	0.85	0.88	0.89	0.91	0.92	0.98	0.95

Taşkının yaşandığı noktalar FR metoduna göre çok yüksek riskli alanlar olarak belirlenmişken AHP metotunda bu alanlar yüksek riskli alanlar olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.30).



Şekil 5.30. Rize (Çayeli) Taşkının (2017) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

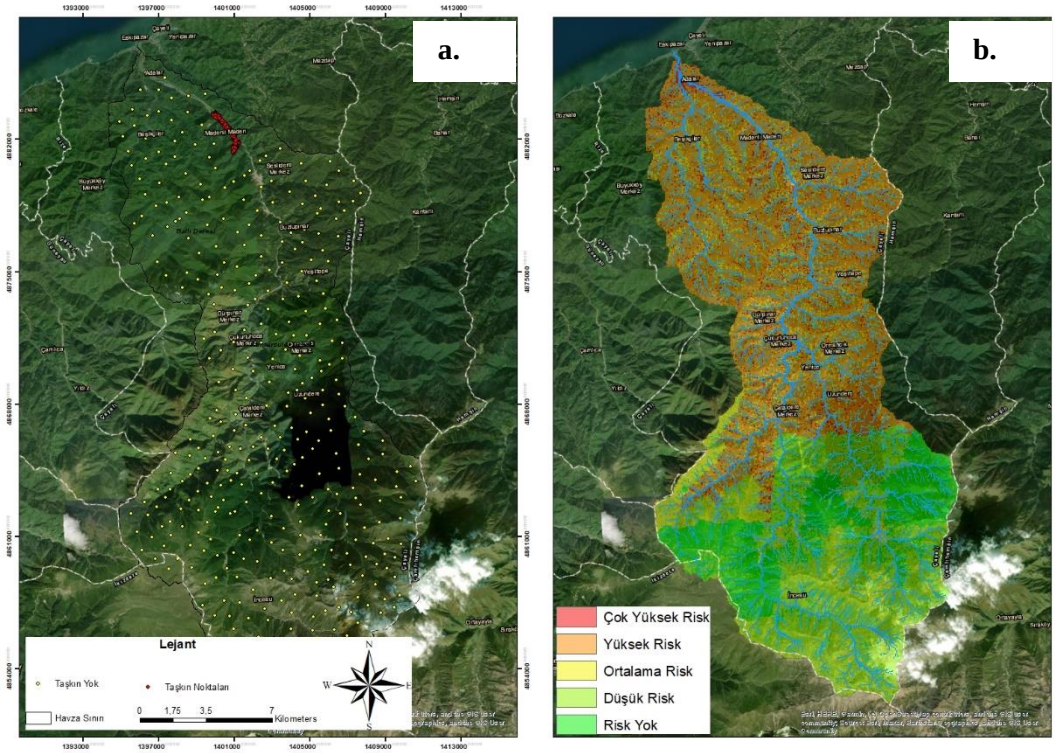
Bu taşkın 760 noktasal veriyle incelenmiştir. FR ve M5PRT metodu çalışmada aynı sonuçlara ulaşırken AHP yöntemi bu çalışmayı tahmin etmede başarılı olamamıştır. M5PRT

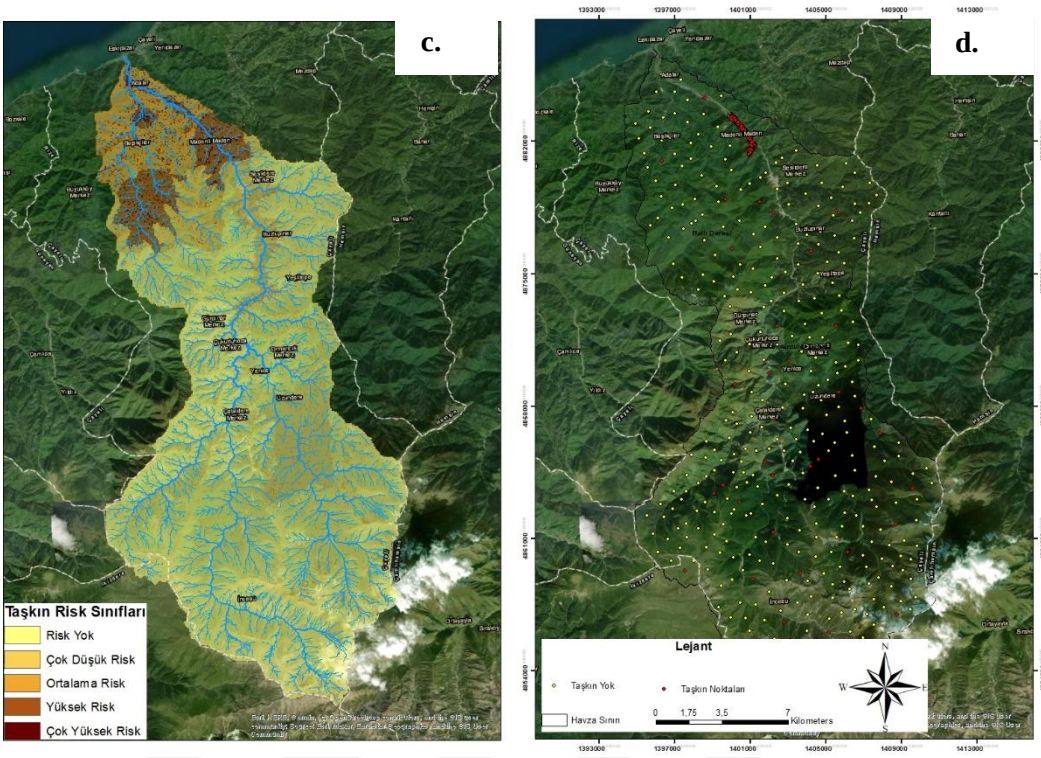
55 noktada, FR metodu 202 noktada ve AHP metodu 255 noktada gerçek sonuçlarla uyuşmayan sonuçlar tespit etmiştir (Çizelge 5.31).

Çizelge 5.31. Rize (Çayeli) Taşkınına (2020) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.65	0.70	0.27	0.53	0.36	0.72	0.57	0.56	0.98	0.71
FR	0.88	0.65	0.92	0.46	0.61	0.95	0.93	0.95	0.98	0.96
M5PRT	0.92	0.92	0.96	0.81	0.88	0.94	0.94	0.95	0.99	0.96

Taşkının yaşandığı noktalar FR metoduna göre çok yüksek riskli alanlar olarak belirlenmişken AHP metotunda yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiştir (Şekil 5.31).





Şekil 5.31. Rize (Çayeli) Taşkının (2020) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

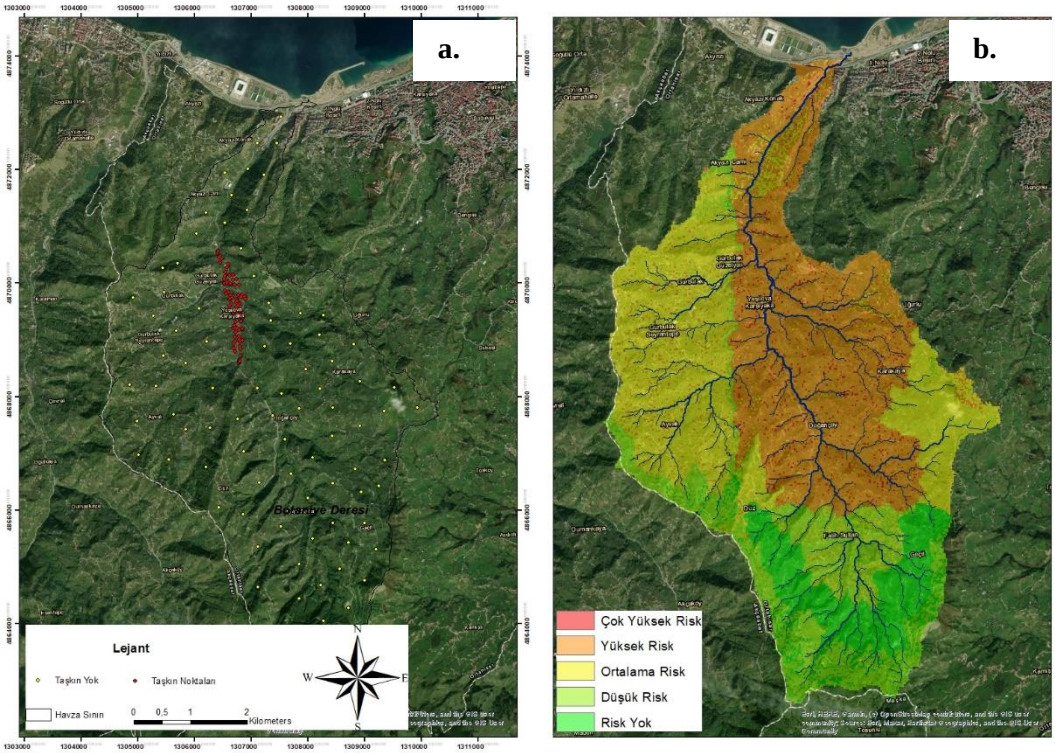
5.1.6 Trabzon taşkınları

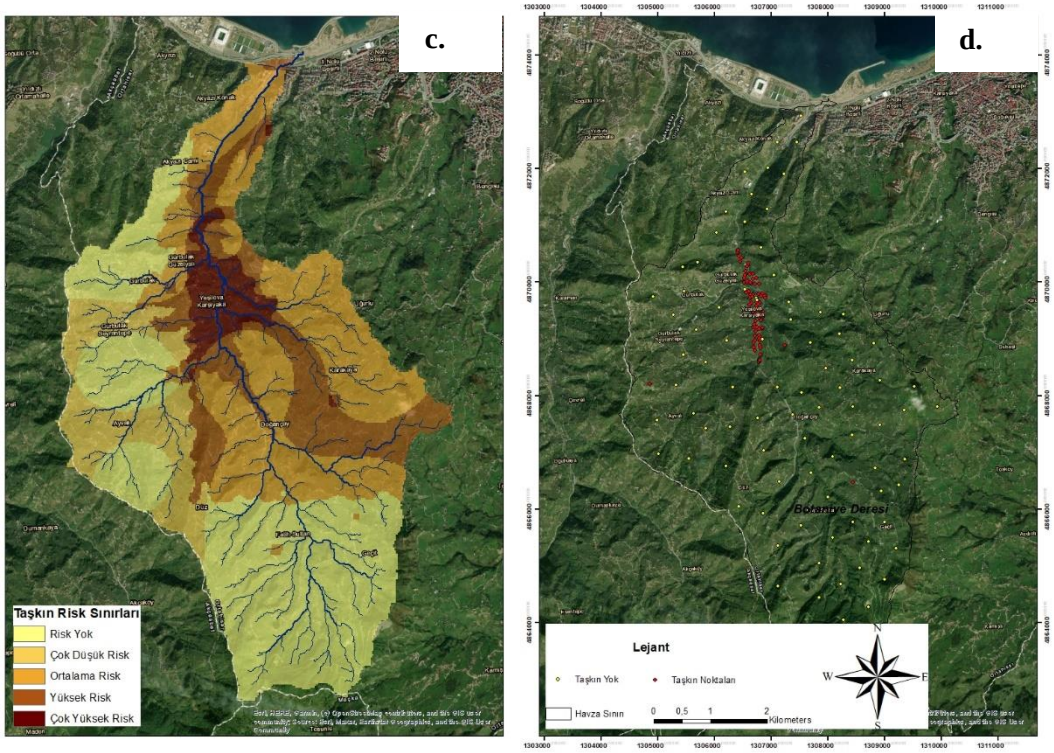
1963 yılında Trabzonda yaşanan taşkın sahası 175 noktasal veriyle çalışılmış bu veriler %70 eğitim ve %30 test olarak ayrılmıştır. Eğitim verilerinde gerçekleşen noktalarda M5P Rule metodu True Pozitif (hem yöntem hem gerçek bir) en yüksek değerine ulaşırken False Pozitif (hem yöntem hem gerçek sıfır)'de en yüksek değere AHP metodu ulaşmıştır. Eğitim veri setinde üç yöntemde benzer sonuçlara ulaşmış M5PRT metodu 0.95 değeriyle en yüksek doğruluk değerine ulaşmıştır. Test verilerinden taşkın yaşanan noktaları en iyi bilen yöntem FR yöntemiyken, AHP metodu da FR metoduna yakın bir doğruluk değerleriyle çalışmıştır. M5PRT metodu 0.83-0.93 değerler arasında doğruluk değerline ulaşmıştır. M5PRT metodu sonuçlarıyla oluşturulan harita incelendiğinde afet haritasına yakın harita oluşturulduğu ancak 16 veride hatalı sonuç bulunduğu görülmektedir (Çizelge 5.32).

Çizelge 5.32. Trabzon (Akçaabat) Taşkınına (1963) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.90	0.92	0.85	0.92	0.87	0.86	0.86	0.87	0.95	0.92
FR	0.91	0.91	0.85	0.89	0.89	0.88	0.86	0.89	0.97	0.92
M5PRT	0.94	0.95	0.95	0.90	0.92	0.83	0.80	0.84	0.93	0.88

1963 yılında yaşanan taşkında taşkına en etkili 3 parametre FR metodunda sırasıyla yükselti, yağış ve toprak bulunmuşken AHP metoduna göre yükselti, yağış ve eğim en etkili parametre olacak şekilde çalışma yapılmıştır. 1963 yılında gerçekleşen taşkın sahası ve AHP metodunda belirlenen risk haritası incelendiğinde yaşanan taşkın bölgeleri uygulanan metotta yüksek riskli bulunan alanlar olduğu görülmektedir. FR metodu bu sahayı çok yüksek riskli bölge olarak bulmuştur (Şekil 5.32).





Şekil 5.32. Trabzon (Akçaabat) Taşkının (1963) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

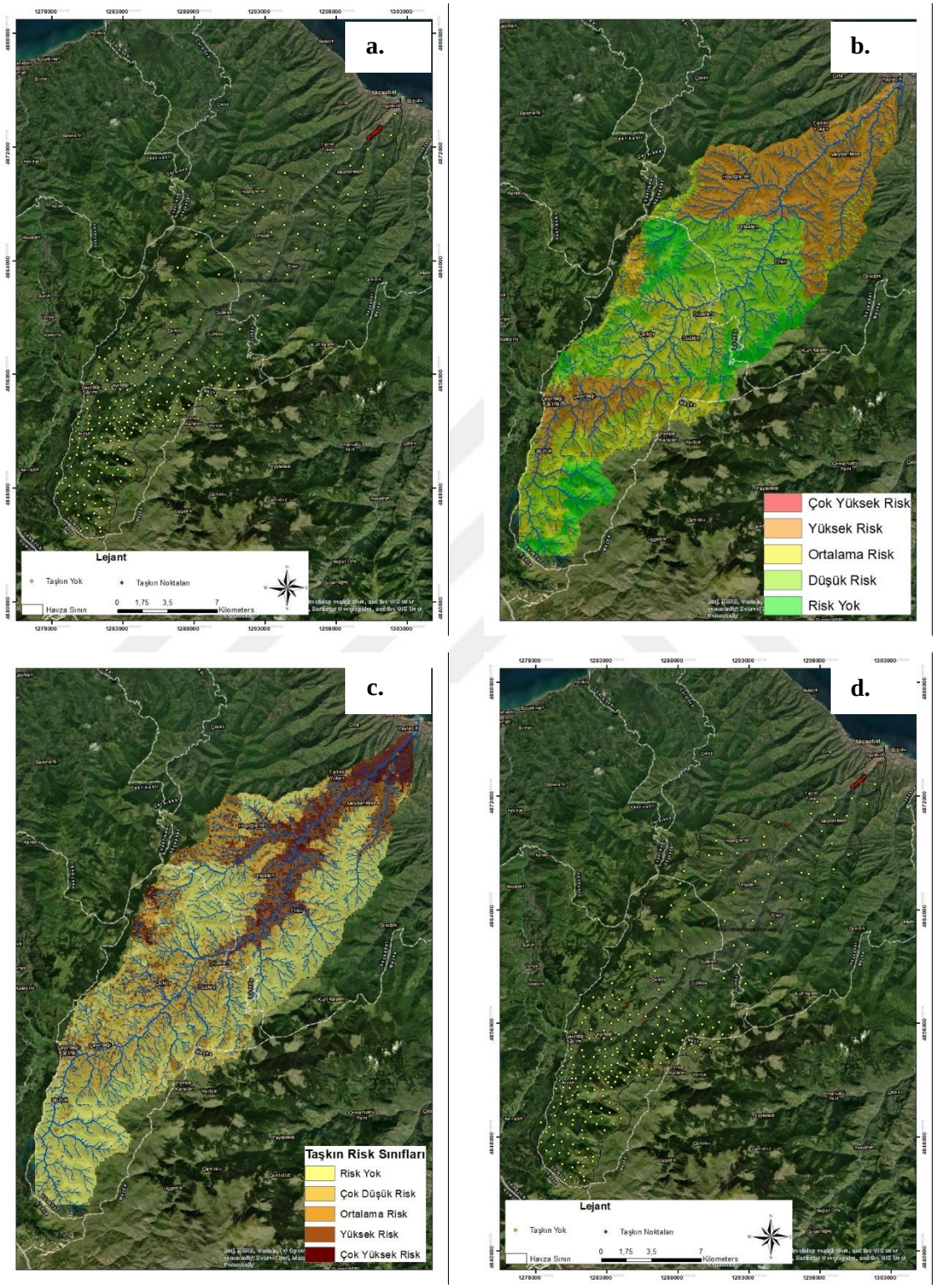
1990 yılında yaşanan taşkın 530 adet noktasal veriyle incelenmiştir. Eğitim verilerinde taşkın yaşanan noktaları AHP metodu hatasız tahmin ederken, taşkın yaşanmayan noktaları en az hatayla M5PRT metodu tahmin etmiştir. Doğrulama değerlerine bakıldığında en yüksek doğruluk değeri eğitim verilerinde M5PRT yönteminde en düşük değerler ise AHP metotudunda çıkmıştır. Test metodunda çıkan sonuçlar 3 yöntemde birbirine yakın değerlerdir. Yaşanan bu afette AHP metodu 55 noktayı, FR metodu 43 noktayı yanlış tahmin etmiştir. M5P Rule Tree metodu 25 noktayı yanlış tahmin etmiş ama genel anlamda afet haritasına yakın bir sonuç çıkmıştır (Çizelge 5.33).

Çizelge 5.33. Trabzon (Akçaabat) Taşkınına (1990) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.90	0.88	0.99	0.74	0.85	0.93	0.95	0.87	0.97	0.96
FR	0.92	0.91	0.97	0.82	0.89	0.94	0.96	0.89	0.97	0.96
M5PRT	0.93	0.96	0.98	0.90	0.94	0.94	0.95	0.84	0.98	0.96

Bu taşkında en etkili parametreler FR metodunda sırasıyla yükselti, topoğrafik ıslaklık indeksi (twı) ve akarsu güç indeksi (spı) olarak bulunmuşken AHP metodunda yükselti,

yağış ve eğim olarak belirlenerek çalışılmıştır. Afetin gerçekleştiği yer AHP metodunda yüksek riskli olarak belirlenmiştir. FR metodunda çok yüksek riskli olarak bulunmuştur (Şekil 5.33).



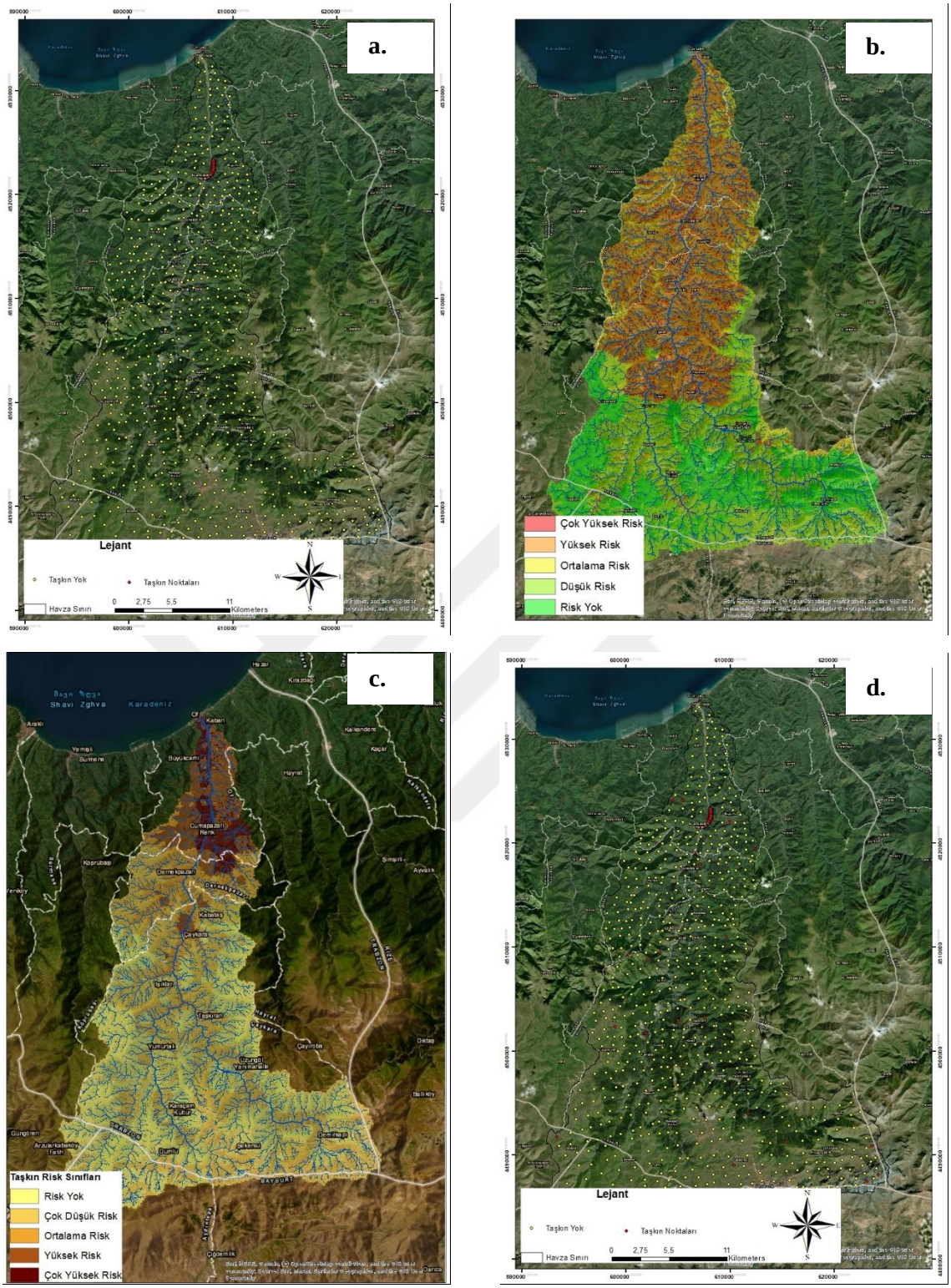
Şekil 5.33. Trabzon (Akçaabat) Taşkının (1990) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

Trabzon'da 1996 yılında yaşanan taşkında 1500 noktasal veriyle çalışılmıştır. Eğitim verilerinde taşkın yaşanan noktaları en doğru M5PRT metodu tahmin ederken, AHP metodu taşkın yaşanan noktaları iyi düzeyde tahmin edememiştir. Eğitim metodunda taşkın yaşanmayan noktaları M5PRT ve AHP metodu tahmin değerlerinde çok iyi sonuçlar verirken FR metodu tahminde başarılı olamamıştır. Eğitim verilerinde en yüksek doğrulama değerlerine M5PRT ulaşmıştır. Test verilerinde AHP metodu tahminde başarılı sonuç veremezken FR metodu nispeten daha başarılı sonuç vermiştir. M5PRT metodu test verilerinde başarılı sonuçlar vermiştir. AHP metodu 324 noktada FR metodu 428 noktada hatalı sonuç vermiştir. M5P Rule Tree metodu 46 noktada hatalı sonuç vermiştir (Çizelge 5.34).

Çizelge 5.34. Trabzon Taşkınına (1996) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.78	0.65	0.95	0.45	0.62	0.85	0.61	0.62	0.98	0.76
FR	0.76	0.85	0.60	0.86	0.71	0.78	0.85	0.86	0.99	0.92
M5PRT	0.95	0.97	0.98	0.94	0.96	0.94	0.95	0.95	0.99	0.97

AHP metodu taşkının yaşandığı sahayı çok yüksek riskli saha olarak bulmuşken FR metodu da aynı sonucu bulmuştur (Şekil 5.34).



Şekil 5.34. Trabzon Taşkının (1996) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

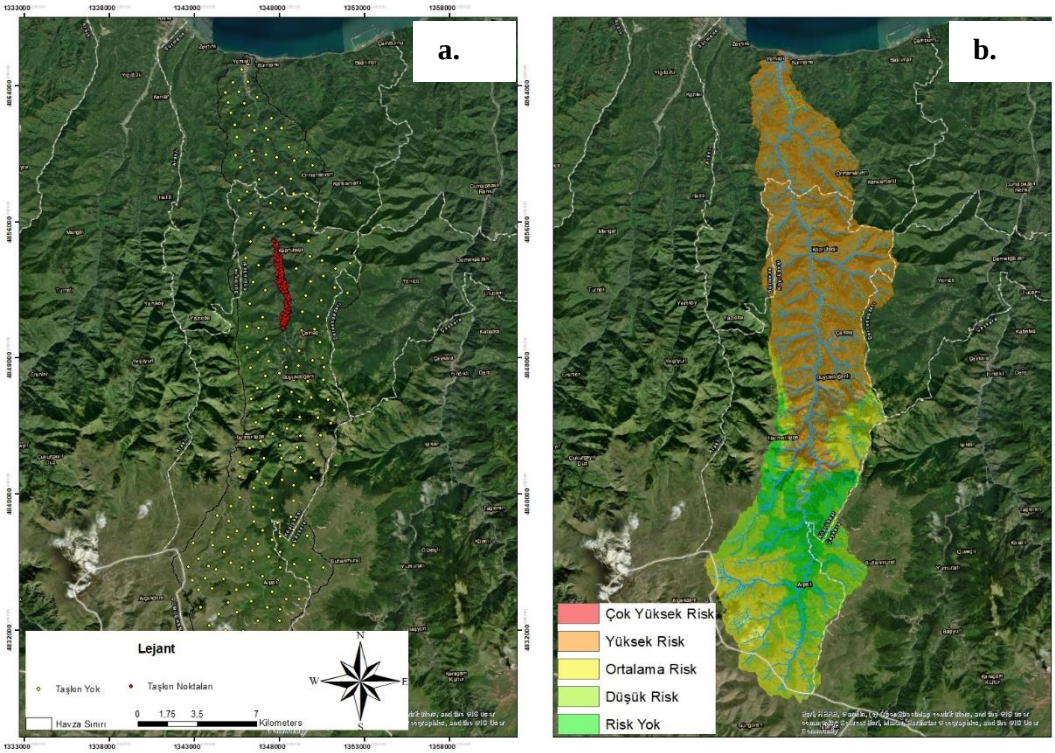
1998 taşkını 430 noktasal veriyle yöntemlerin doğruluğu tespit edilmeye çalışılmıştır. Eğitim verilerinde taşkın yaşanan sonuçlarda üç yöntemde yakın tahmin değerlerine ulaşmasına rağmen, taşkın yaşanmayan noktalarda FR metodu diğer iki yöntem ciddi gerisine

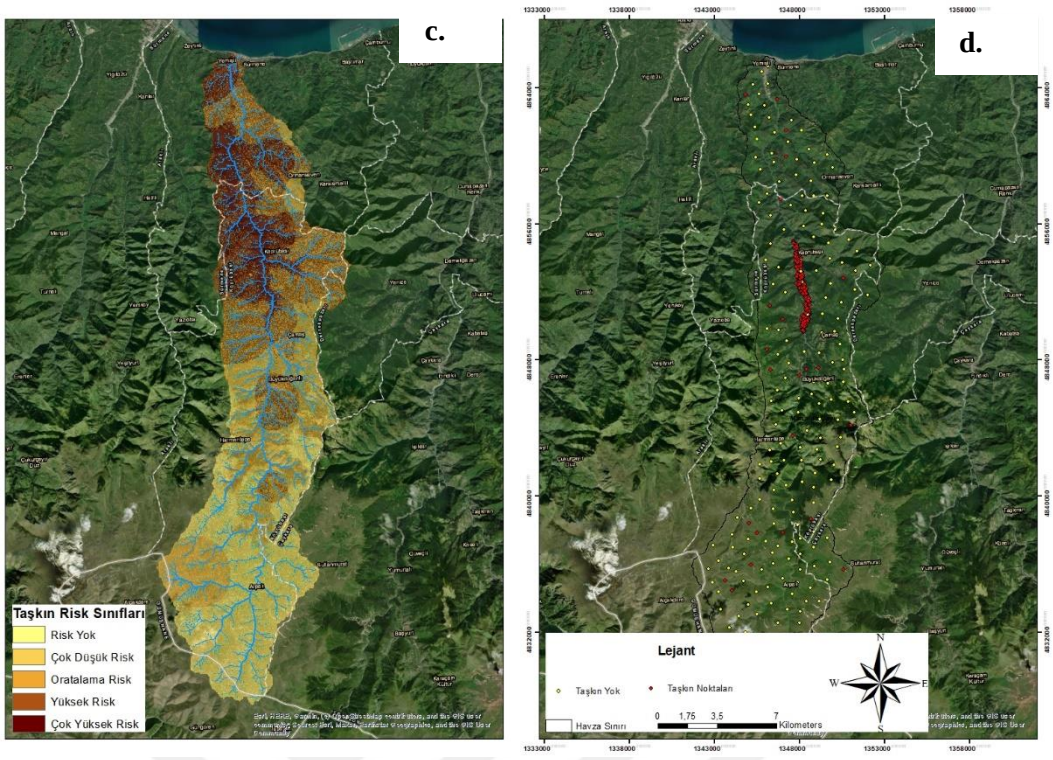
düşmektedir. Test verilerinde yöntemler birbirine yakın sonuçlar vermektedir. M5PRT metodu 49 noktada tahmin değerlerini hatalı bulmuştur. AHP metodunda 77 noktada FR metodu da 88 noktada hatalı sonuçlar vermiştir (Çizelge 5.35).

Çizelge 5.35. Trabzon Taşkınına (1998) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.80	0.82	0.77	0.79	0.78	0.83	0.81	0.86	0.89	0.87
FR	0.76	0.75	0.92	0.62	0.74	0.86	0.87	0.92	0.92	0.92
M5PRT	0.86	0.89	0.89	0.83	0.86	0.86	0.86	0.87	0.95	0.91

Bu taşkının yaşandığı lokasyon FR metodunda çok yüksek riskli alanlar olarak belirlenmişken AHP metodunda bu taşkının yaşandığı alan yüksek riskli alan olarak belirlenmiştir (Şekil 5.35).





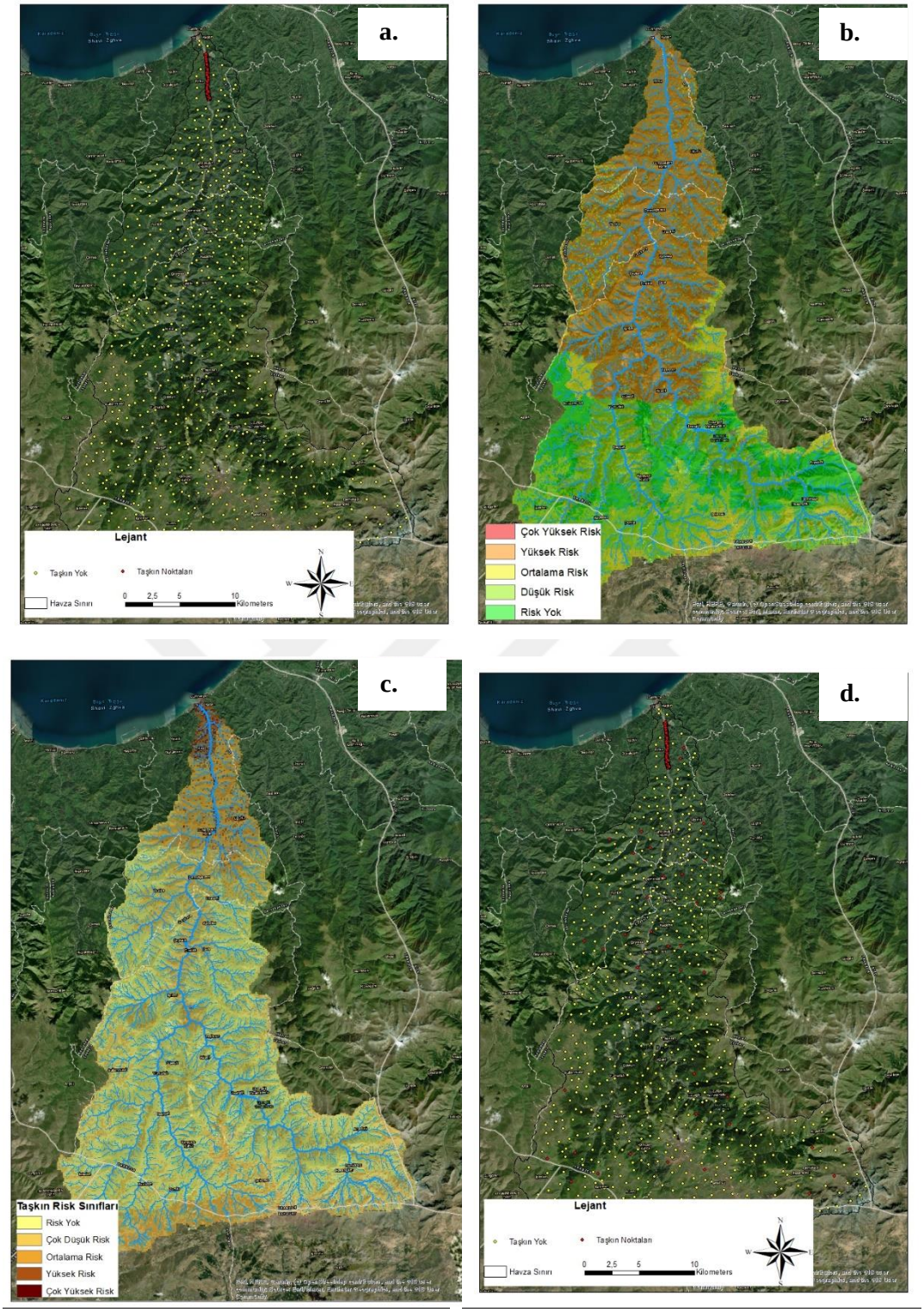
Şekil 5.35. Trabzon Taşkının (1998) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

2005 taşkını 1996 afetiyle aynı sahada meydana gelmiştir. Bu taşkında da 1996 afeti gibi 1500 noktasal veriyle incelenmiştir. Eğitim verilerinde taşkın yaşanan noktalarda M5P Rule Tree metodu, taşkın yaşanmayan noktalarda AHP metodu başarılı sonuçlar çıkarmıştır. Doğrulama değerlerinde en yüksek değerlere M5PRT metodu ulaşmıştır. Test verilerinde FR ve M5PRT metodu gerçek afet durumuna benzer sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. M5PRT metodu 108 veride yanlış sonuçlar bulmuştur. FR metodunda 343, AHP metodundan 511 noktada yanlış sonuç bulunmuştur (Çizelge 5.36).

Çizelge 5.36. Trabzon Taşkınına (2005) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.75	0.78	0.97	0.89	0.92	0.65	0.37	0.34	0.99	0.51
FR	0.80	0.73	0.94	0.52	0.69	0.94	0.91	0.92	0.98	0.95
M5PRT	0.89	0.95	0.96	0.88	0.92	0.95	0.94	0.94	0.99	0.96

Taşkının yaşandığı lokasyon AHP metodunda yüksek riskli alan olarak bulunmuşken FR metodunda çok yüksek riskli alanlar olarak bulunmuştur (Şekil 5.36).



Şekil 5.36. Trabzon Taşkının (2005) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

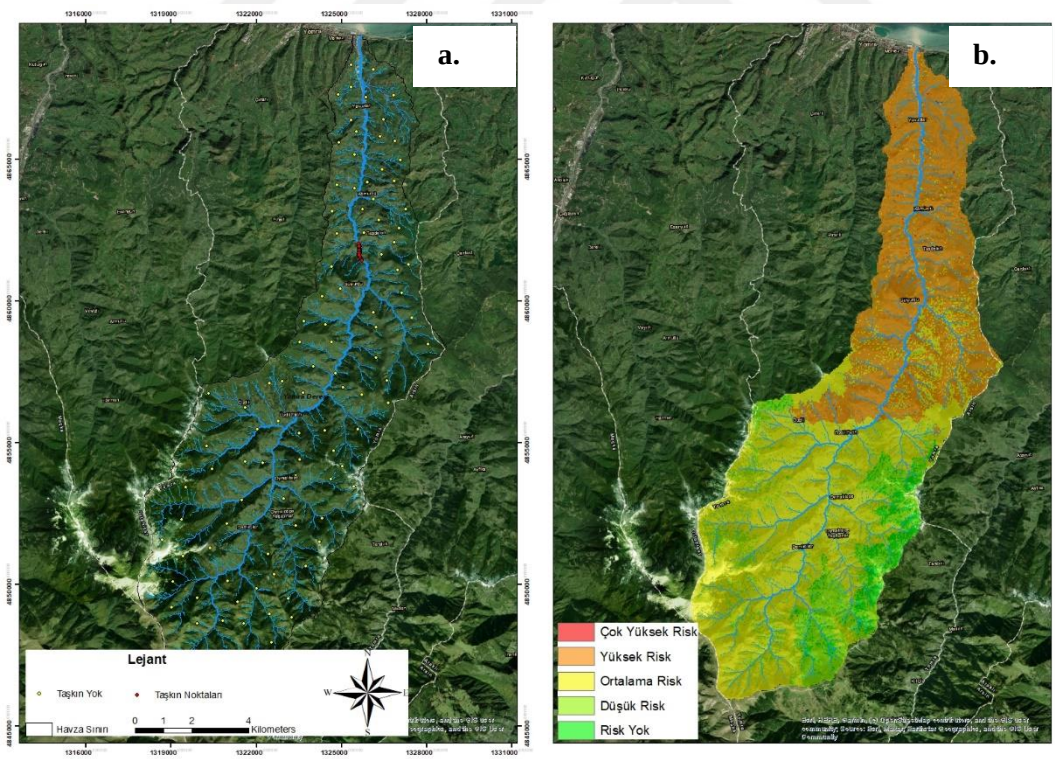
2013 taşkını 200 noktasal veriyle incelenmiştir. Eğitim veri seti incelendiğinde M5PRT metodu hem yaşanan hem yaşanmayan noktalarda gerçek duruma yakın sonuçlar bulmuştur. Ancak FR ve AHP metodu yaşanan noktalarda başarılı sonuçlar verirken yaşanmayan

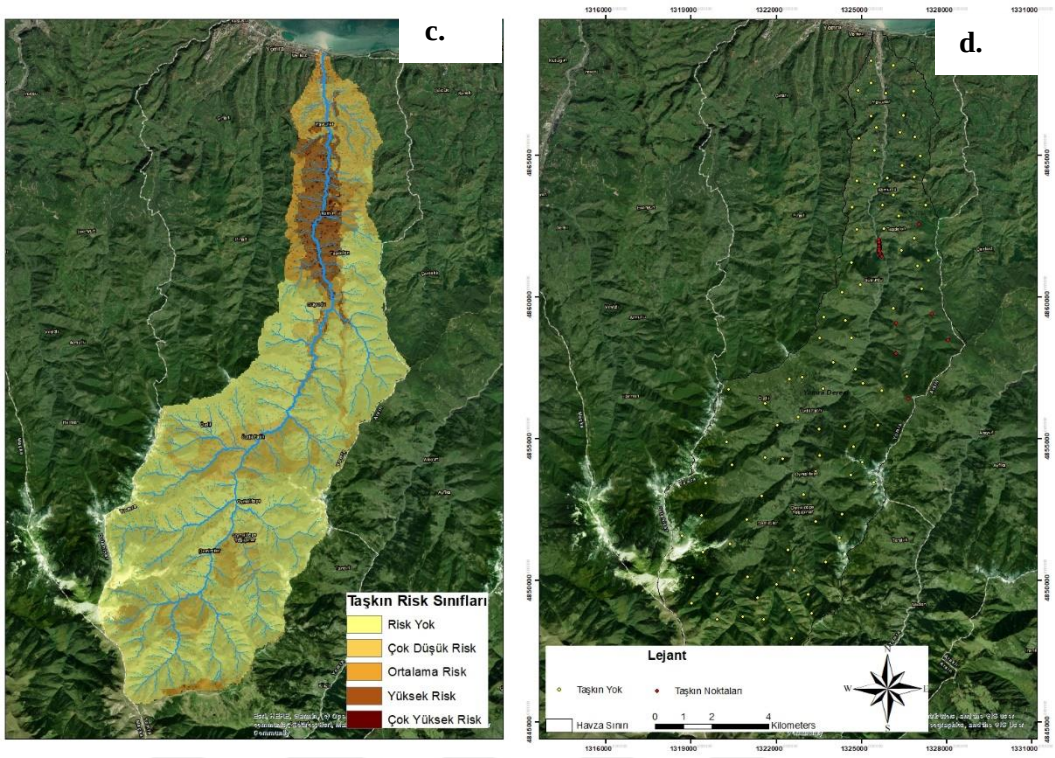
noktalarda daha fazla yanlış sonuçlar görülmüştür. Test verilerinde FR ve M5PRT metotları benzer sonuçlara ulaşırken AHP metodunda yanlış sonuç sayısı fazla çıkmıştır. Doğrulama yöntemlerinde en iyi sonuca M5P Rule Tree metodunda ulaşılmış ve bu yöntemle sadece 12 yanlış sonuç tespit edilmiştir. FR metodundan 84, AHP metodunda 115 yanlış sonuç bulunmuştur (Çizelge 5.37).

Çizelge 5.37. Trabzon (Yomra) Taşkının (2013) Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.65	0.31	0.98	0.31	0.48	0.78	0.68	0.73	0.91	0.81
FR	0.82	0.84	0.91	0.69	0.79	0.92	0.95	0.96	0.98	0.97
M5PRT	0.90	0.95	0.95	0.89	0.92	0.90	0.91	0.93	0.98	0.95

Taşkının yaşandığı lokasyon FR metoduna göre çok yüksek riskli alanlar olarak tespit edilmiş, AHP metodunda bu lokasyon yüksek riskli alan olarak belirlenmiştir (Şekil 5.37).





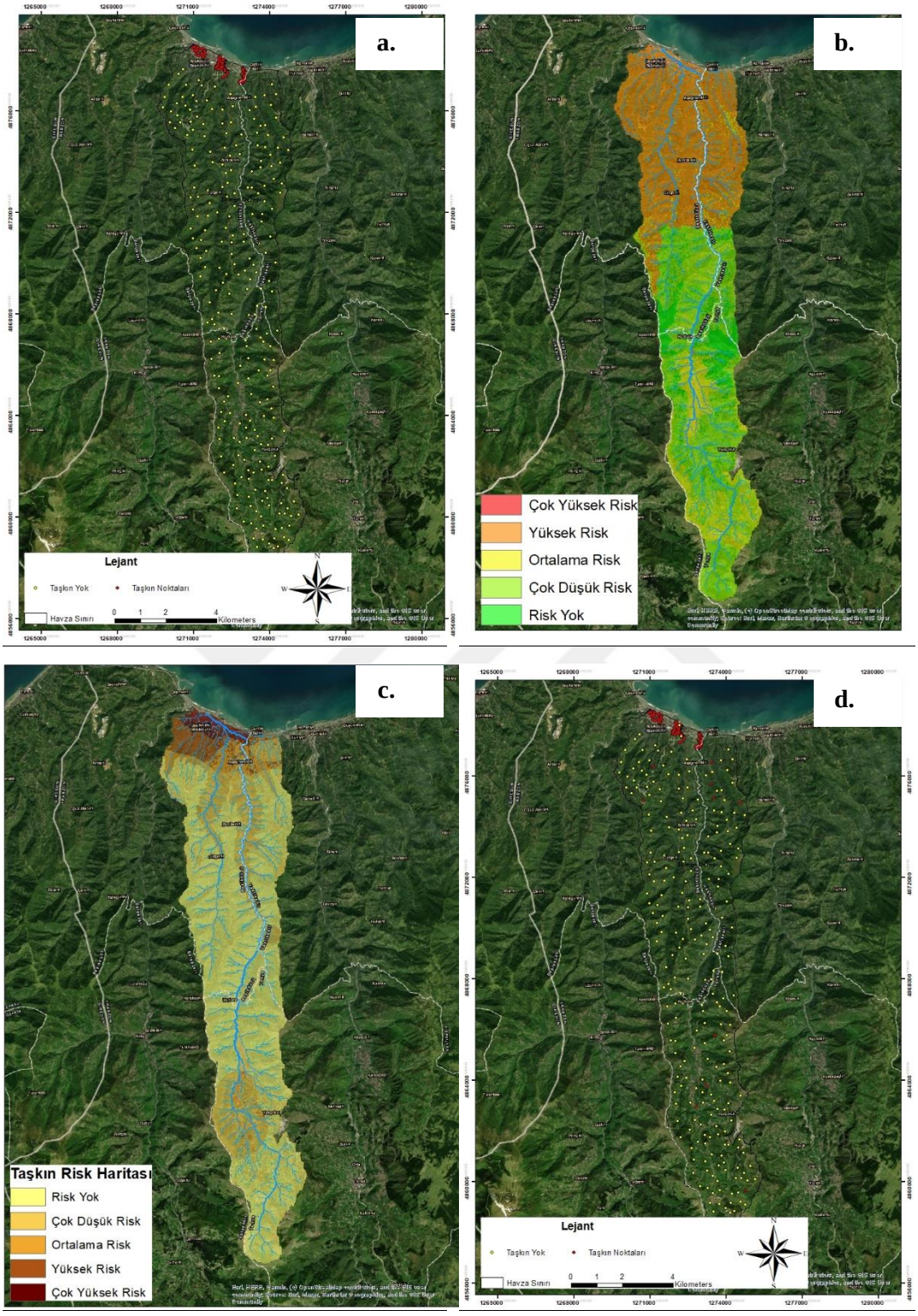
Şekil 5.37. Trabzon (Yomra) Taşkının (2013) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

Bu taşkında yöntemleri mukayese etmek için 540 noktasal veriyle inceleme yapılmıştır. Eğitim ve test verilerinde taşkın yaşanan noktaları üç yöntemde benzer ve iyi sonuçlarla tespit etmişken, taşkın yaşanmayan noktalarda AHP metotu afet durumu ile uyuşmayan sonuçlar bulmuştur. M5PRT 20 noktada yanlış sonuca ulaşmıştır. FR metodu 39, AHP metodu 269 noktada gerçek sonuçla uyuşmayan sonuçlara ulaşmıştır (Çizelge 5.38).

Çizelge 5.38. Trabzon (Beşikdüzü) Taşkınına (2016) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.65	0.39	0.90	0.38	0.54	0.78	0.75	0.98	0.76	0.86
FR	0.86	0.93	0.88	0.93	0.90	0.94	0.92	0.98	0.92	0.95
M5PRT	0.94	0.97	0.98	0.95	0.96	0.95	0.94	0.95	0.97	0.96

Yaşanan bu taşkında 3 insan hayatını kaybetmiş ve ciddi mal kayıpları oluşmuştur. Taşkından etkilenen lokasyonlar FR metodunda çok yüksek ve yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiş, AHP metotunda bu lokasyonlar yüksek riskli alan olarak belirlenmiştir (Şekil 5.38).



Şekil 5.38. Trabzon (Beşikdüzü) Taşkının (2016) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

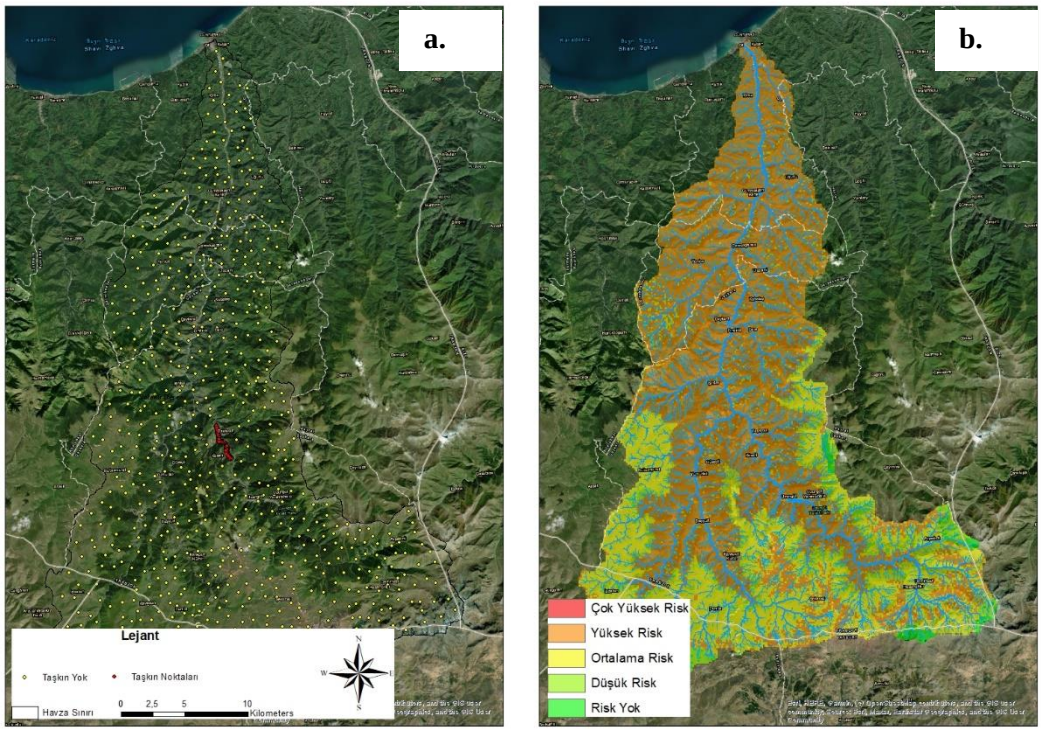
Bu taşkında 1400 noktasal veriyle yöntemlerin doğruluğu test edilmiştir. M5PRT metodu eğitim ve test verilerinde %90 üzerinde gerçek afete yakın değerler bulmuştur. 67 noktada

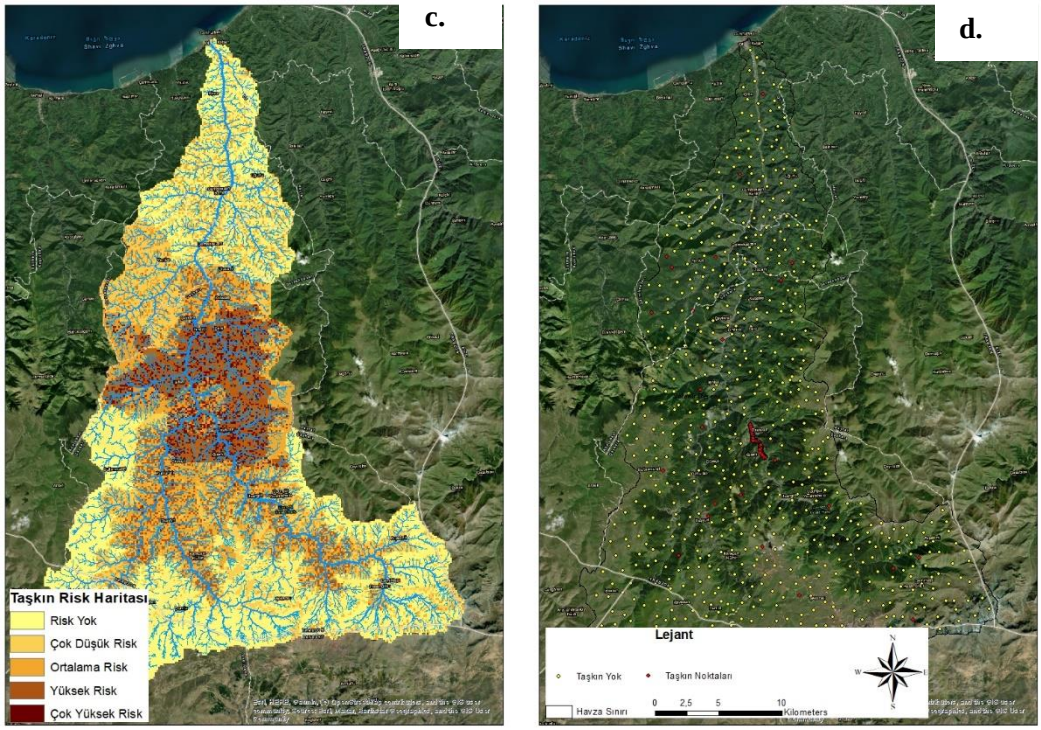
M5P Rule Tree metodu yanlış sonuç bulmuştur. AHP metodu eğitim ve test verilerinde yaşanan noktaları iyi tahmin ederken yaşanmayan noktaları çoğunlukla yaşanan nokta olarak tespit etmiştir. FR metodu AHP metotuna göre daha iyi sonuçlar bulmuştur. FR metodu 226, AHP metodu 460 noktada gerçek durumla uyuşmayan sonuçlar bulmuştur (Çizelge 5.39).

Çizelge 5.39. Trabzon (Çaykara) Taşkınına (2017) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.65	0.59	0.94	0.44	0.60	0.88	0.86	0.93	0.91	0.92
FR	0.82	0.87	0.76	0.84	0.79	0.86	0.75	0.74	0.98	0.84
M5PRT	0.91	0.95	0.92	0.93	0.93	0.92	0.95	0.95	0.98	0.97

Taşkının yaşandığı lokasyon FR metodunda yüksek ve çok yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiş, AHP metotunda bu lokasyon yüksek riskli alan olarak belirlenmiştir (Şekil 5.39).





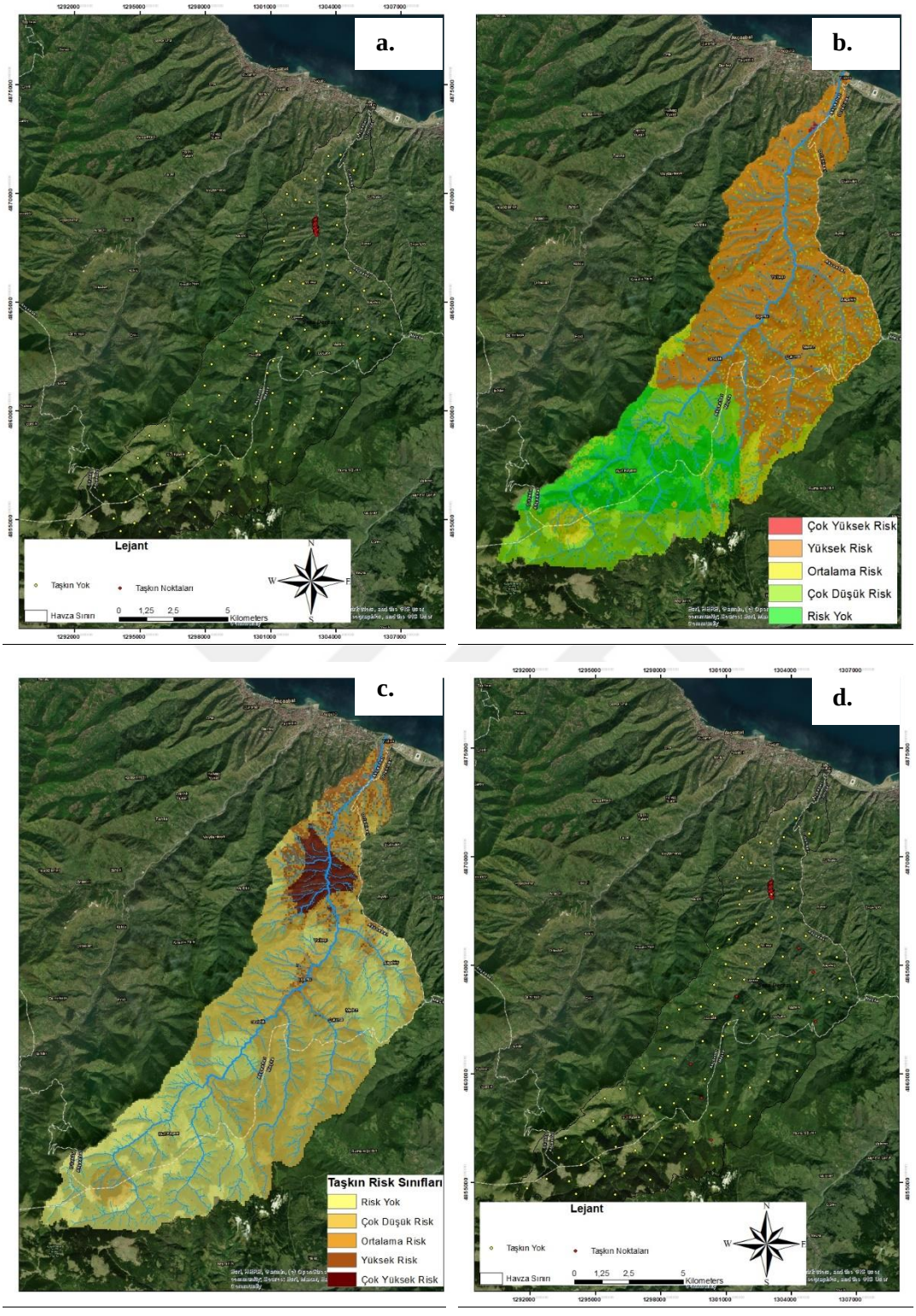
Şekil 5.39. Trabzon (Çaykara) Taşkının (2017) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

Bu taşkında afeti 240 noktasal veriyle yöntemlerin durumu incelenmiştir. M5PRT metodu eğitim ve test verilerinde taşkın afet durumuna çok yakın sonuçlar elde etmişlerdir. 10 noktasal veriyi yanlış tespit eden bu metot 230 veriyi doğru bulmuştur. FR metodu eğitim verilerinde taşkın yaşanmayan, test verilerinde taşkın yaşanan noktaları gerçek duruma yakın tespit etmiştir. 37 noktayı yanlış tespit eden yöntem, 203 noktayı gerçek durumla uyumlu bulmuştur. AHP metotu eğitim verilerinde yaşanan ve test verilerinde yaşanmayan noktaları tamamen doğru tespit etmiştir. 92 noktada hata yapan yöntem 143 noktada uyumlu sonuçlar bulmuştur (Çizelge 5.40).

Çizelge 5.40. Trabzon (Akçaabat) Taşkınına (2018) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.72	0.55	0.99	0.45	0.63	0.78	0.76	0.70	0.99	0.82
FR	0.78	0.85	0.67	0.93	0.78	0.80	0.81	0.99	0.81	0.89
M5PRT	0.96	0.96	0.98	0.91	0.94	0.	0.92	0.94	0.96	0.95

Taşkının yaşandığı lokasyon AHP metoduna göre yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiştir. Taşkının yaşandığı lokasyon yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiştir (Şekil 5.40).



Şekil 5.40. Trabzon (Akçaabat) Taşkının (2018) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

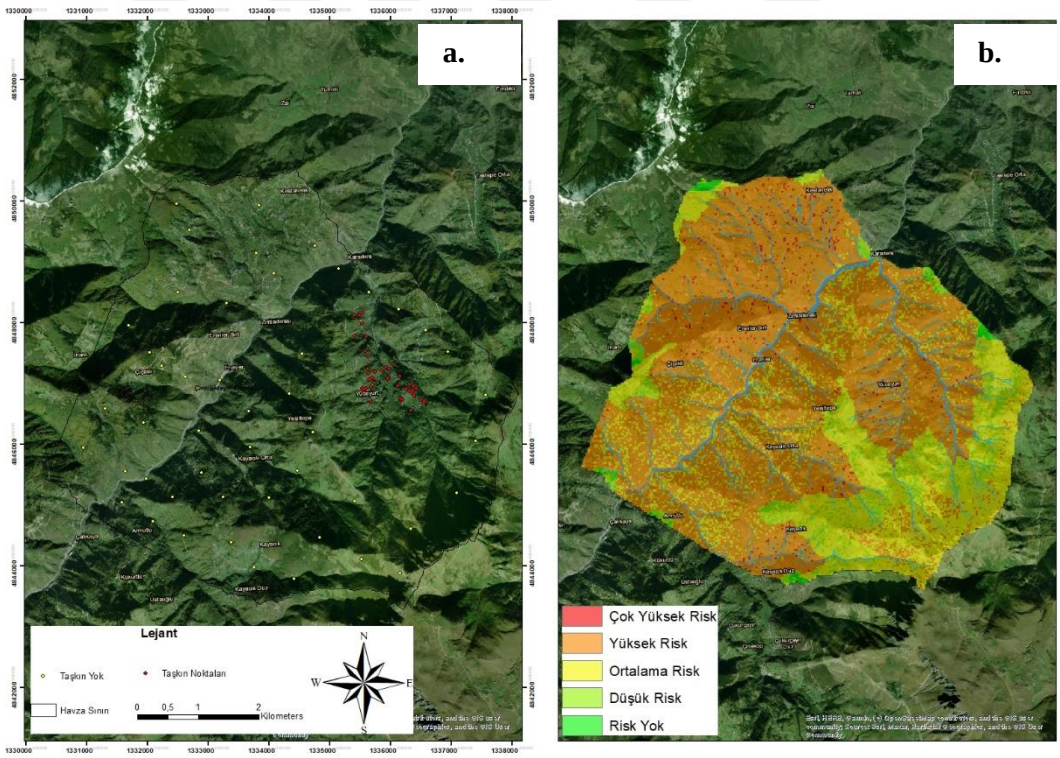
Bu taşkın 200 noktasal veriyle incelenmiştir. Bu taşkında eğitim ve test verilerinde en doğru sonuçları FR metodu bulurken onu sırasıyla M5PRT ve AHP yöntemi takip etmektedir.

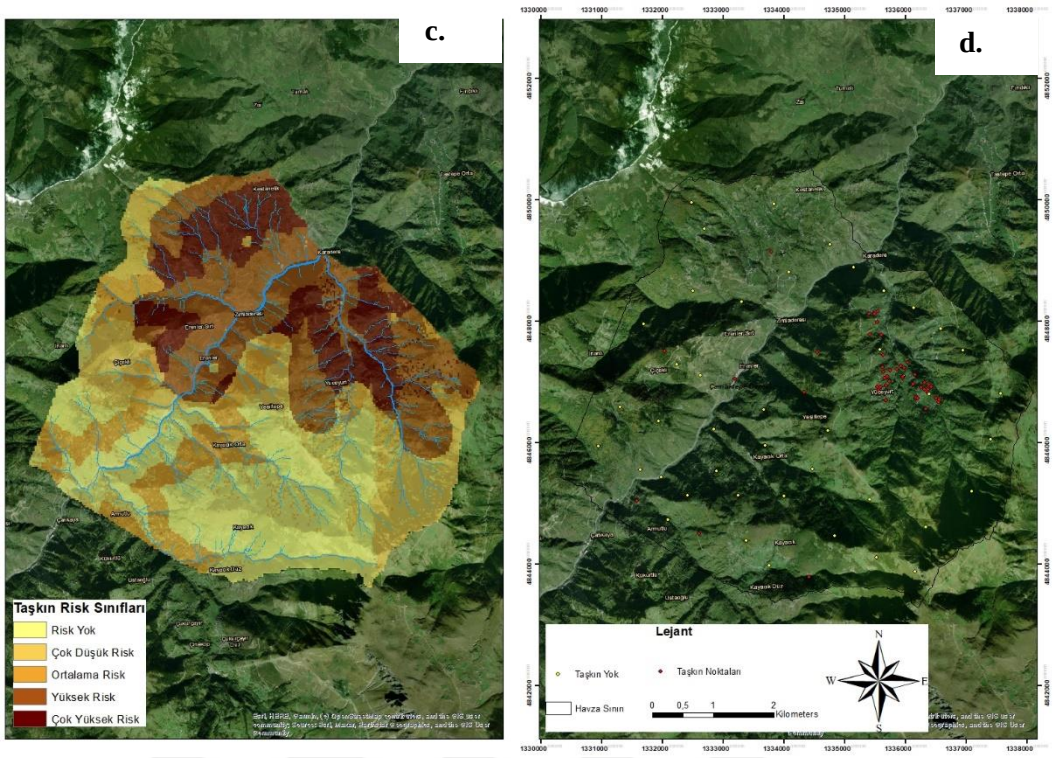
M5PRT metodunda 11 nokta yanlış tespit edilmiştir. FR metodu 12, AHP metodu 29 noktayı gerçek durumla uyuşmayan şekilde bulmuştur (Çizelge 5.41).

Çizelge 5.41. Trabzon (Araklı) Taşkınına (2019) Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM					TEST				
	AUC	ACC	P	R	F	AUC	ACC	P	R	F
AHP	0.69	0.73	0.37	0.99	0.54	0.72	0.70	0.55	0.99	0.71
FR	0.88	0.87	0.99	0.77	0.87	0.92	0.93	0.99	0.90	0.95
M5PRT	0.92	0.94	0.99	0.88	0.94	0.79	0.77	0.85	0.81	0.83

Bu lokasyonlar ile AHP metotu mukayese edilince taşkın yaşanan noktalar metotta yüksek riskli olarak belirlenmiştir (Şekil 5.41).





Şekil 5.41. Trabzon (Araklı) Taşkının (2019) Sonuç Haritası
(a; Gerçek Durum, b;AHP Metodu, c; FR Metodu, d; M5P Rule Tree Metodu)

Bu tez konusu kapsamında Türkiye'nin en fazla taşkın afetine maruz kalan bölümü olan Doğu Karadeniz bölümü incelenmiştir. Bu bölümde Cumhuriyet tarihi boyunca 100'ün üzerinde taşkın afeti meydana gelmiş ve bu çalışmada bunların içinde en çok can ve mal kaybına neden olan 41 taşkın alınmıştır. Bu taşkınların önlenmesi, bilançonun azaltılması için 3 farklı yöntemle bu taşkın havzalarının risk haritaları çıkarılmıştır. Bu amaçla uzun zamandır taşkın konusunda en yoğun olarak literatürde çalışılan yöntem olan ÇKKV Yöntemlerinden AHP ve FR yöntemi kullanılmıştır. AHP yöntemi geçmiş çalışmalar ve deneyimler sonucu çalışma mekanizmasını oluşturuken, FR metodu havzadan öğrenme yöntemi kullanır. Bu yöntemlerin yanısıra son yıllarda pek çok farklı alanda kullanılan yapay zeka modelleri bu çalışma kapsamında kullanılmıştır. Yapay zeka modellerinin neden sonuç ilişkisiyle kurulan olay örgülerindeki başarısı taşkın konusunda iyi sonuçlar verebileceği düşünülmüştür. Bu amaçla M5P Rule Tree modeli bu çalışma prensiplerine uyarlanmıştır. Bu çalışmada yöntemlerin doğruluk değerlerini tespit etmek için geçmiş afet haritalarından alınan 20681 noktasal veri modellerle mukayese edilmiştir. Bu veriler kendi içerisinde Kennard Stone algoritmasına göre %70 eğitim ve %30 test verisi olarak ayrılmıştır. FR ve M5PRT modeli eğitim sonucunda oluşturulan algoritmayla çalışma prensibine dayanmaktadır. Ancak AHP metodunun böyle bir çalışma prensibi yoktur. Bu ayrıştırmanın

sebebi ayrıca aynı noktalarla modelleri sınamaktır. Bu çalışmada 14583 eğitim verisi ve 6098 test verisi kullanılmıştır. Ayrıca bu çalışmayı farklı doğrulama metoduyla sınamak için 5 farklı doğrulama metodu kullanılmıştır. Tüm havzaların sonuçları aşağıdaki çizelgelerde toplu olarak verilmiştir. Eğitim verilerinde taşkın yaşanan ve yaşanmayan noktaları en iyi M5PRT modeli tahmin ederken AHP metodu bu konuda geride kalmıştır. Test verilerinde hem yaşanan hem yaşanmayan noktaları da FR ve M5PRT modeli birbine yakın sonuçlarla belirlerken AHP metodu bu modellerin gerisinde kalmıştır (Çizelge 5.42).

Çizelge 5.42. Tüm Afetlere Uygulanan Yöntemlerin Noktasal Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM				TEST			
	TP	TN	FP	FN	TP	TN	FP	FN
AHP	3837	798	6742	2317	4314	653	615	516
FR	4564	626	7654	1739	4360	189	612	519
M5PRT	4889	301	8737	656	4796	171	594	537

Aşağıdaki çizelgede görülmektedir ki M5PRT modeli eğitim verilerindeki doğrulama değerlerinde en yüksek performansa çıkarken test verilerinde FR modeliyle yakın sonuçlar bulmaktadır. AHP metodu ise hem eğitim hem test verilerinde diğer yöntemlerin ciddi gerisinde kalmıştır (Çizelge 5.43).

Çizelge 5.43. Tüm Afetlere Uygulanan Yöntemlerin Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	EĞİTİM				TEST			
	ACC	P	R	F	ACC	P	R	F
AHP	0.77	0.82	0.62	0.71	0.81	0.86	0.89	0.88
FR	0.83	0.88	0.72	0.79	0.87	0.87	0.89	0.88
M5PRT	0.93	0.94	0.88	0.91	0.88	0.89	0.89	0.89

Eğitim ve test verileri ayrılmadan yöntemler ayrıca mukayese edilmiştir. Taşkın yaşanan (1) ve yaşanmayan (0) noktaların totalinde M5PRT modeli diğer yöntemlere göre açık ara önde sonuçlar vermektedir. Bu modeli FR modeli takip ederken AHP modeli bu iki modelin gerisinde kalmaktadır (Çizelge 5.44). AHP metodu ve FR metodunun risk haritaları ve noktasal değerleri incelendiğinde her iki metotda da risk haritaları çok geniş bir alanı kapsamaktadır. Bu yüzden yöntemlerin noktasal değerleri ve gerçek durum mukayese

edildiğinde taşkın yaşanan noktaları bu iki yöntem tahmin etmede başarılı olmaktadır. TP (gerçekte 1 yöntemde 1) değerlerinde AHP ve FR yöntemi çok başarısız kalmamaktadır. Ancak FP (gerçekte 0 yöntemde 0) değerlerinin tespitinde bu iki yöntemin yanılma değeri artmaktadır. Bu nedenle doğrulama metotlarında P, R ve F değerlerinde tüm veri setlerinde M5PRT modelinin gerisinde kalmaktadırlar (Çizelge 5.45).

Çizelge 5.44. Tüm Afetlere Uygulanan Yöntemlerin Otalama Doğruluk Değerleri

YÖNTEMLER	TÜM VERİLER			
	ACC	P	R	F
AHP	0.78	0.85	0.74	0.79
FR	0.84	0.80	0.80	0.80
M5PRT	0.91	0.95	0.89	0.92

Çizelge 5.45. Tüm Afetlere Uygulanan Yöntemlerin Toplam Noktasal Değerleri

YÖNTEMLER	TÜM VERİLER			
	TP	TN	FP	FN
AHP	8151	1451	7357	2833
FR	8924	815	8266	2258
M5PRT	9685	472	9331	1193

Taşkın yaşanma riski olan noktayı tahmin etmek kadar taşkın yaşanma riski olmayan noktalarıda tespit etmek önem arz etmektedir. Bu amaçla taşkın risk haritalarının en büyük başarısı riskli alanları doğru tespit ederek hem olası taşkın afetinden korunmayı sağlama hem de havza planlamayı yapmasıdır.

Çalışma alanı olarak belirlenen Doğu Karadeniz bölümünde afete dönüşen 41 taşkın havzası bu çalışmada kullanılmıştır. Bu havzaların FR metoduna göre risk haritalarının oluşturulabilinmesi için önce etkili parametrelerin havzaları belirlenmiştir. Bu etkili parametreler belirlenirken taşkın konusunda yapılan literatür taraması ve 1929 Of havzasındaki taşkında yapılan denemeler sonucu taşkına etkili olacak 9 parametre seçilmiştir. Bu parametreler her havzada yaşanan taşkının oluşumunda etki değerler ve sıralaması farklılık göstermiştir. Yükselti bazı taşkınlarda en önemli faktör olarak görülürken bazı taşkınlarda yağış bazılarında ise akarsu güç indeksi (spı) en etkili kriter olarak görülmektedir. Ancak FR metoduna göre oluşan risk havzalarına bir bütün olarak bakıldığında taşkın yaşanan noktalarda yükselti değerleri taşkının ana tetikleyici faktörü olarak bulunurken bu parametreyi genellikle yağış ve toprak takip etmektedir (Çizelge 5.46).

Çizelge 5.46. FR Metodunda Havzaların Parametre Sıralamaları Toplamı

		Parametrelerin Sıralanması								
		1.	**2.**	**3.**	**4.**	**5.**	**6.**	**7.**	**8.**	**9.**
Taşkına Etki eden Parametreler	**Yükselti**	32	6	1	0	1	2	0	0	0
	Yağış	7	22	2	5	2	3	1	0	0
	Toprak	0	6	17	9	2	6	1	0	1
	Eğim	0	0	4	2	10	1	14	9	2
	Bakı	0	0	1	0	3	1	7	12	18
	Twı	0	2	4	4	3	5	6	8	10
	Spı	3	3	4	10	6	7	3	5	1
	Dy	0	3	6	7	6	8	8	3	1
	Ndvı	0	0	3	5	9	9	2	5	9

M5PRT modelinde taşkına etkili parametrelerin sıralaması metodun kendi geliştirdiği algoritmalar sonucunda bulunmaktadır. Bu çalışmada her bir havza için ayrı bir sıralama tespit edilmiştir. 41 havza farklı algoritmalar meydana getirerek taşkın tahmin edilmeye çalışılmıştır (Çizelge 5.47).

Çizelge 5.47. M5P Rule Tree Metodunda Havzaların Parametre Sıralamaları Toplamı

		Parametrelerin Sıralanması								
		1.	**2.**	**3.**	**4.**	**5.**	**6.**	**7.**	**8.**	**9.**
Taşkına Etki eden Parametreler	**Yükselti**	35	4	1	0	0	0	0	0	0
	Yağış	2	18	12	5	1	2	1	0	0
	Toprak	0	0	0	9	0	0	0	23	8
	Eğim	0	2	3	9	17	7	2	0	0
	Bakı	0	0	0	1	4	5	29	0	0
	Twı	0	0	3	5	10	18	3	0	0
	Spı	0	0	0	0	0	0	0	17	32
	Dy	0	14	17	7	2	0	2	0	0
	Ndvı	3	2	4	13	6	8	3	0	0

AHP metodunda taşkına etkili parametrelerin birbirlerine göre ağırlıklandırma değerleri yapılan literatür çalışması sonucunda bulunmuştur. Çalışmanın içeriğinde bulunan ve yöntem kısmının alt başlığı olan 4.2.1.1 numaralı alt başlıkta çalışmada değerlerin belirlenmesinde kullanılan literatür çalışmaları gösterilmiştir (Çizelge 5.48).

Çizelge 5.48. AHP Metotu Taşkına Etkili Parametrelerin Katsayıları

Parametreler	Ağırlıklandırma Katsayısı	Tutarlılık
Yükselti	0,307	
Yağış	0,218	
Eğim	0,154	
Spı	0,109	
Dy	0,076	**%4**
Twı	0,053	
Bakı	0,037	
Toprak	0,026	
Ndvı	0,019	

5.2 Makine Öğrenimi Yöntemlerinde Genelleme Problemleri

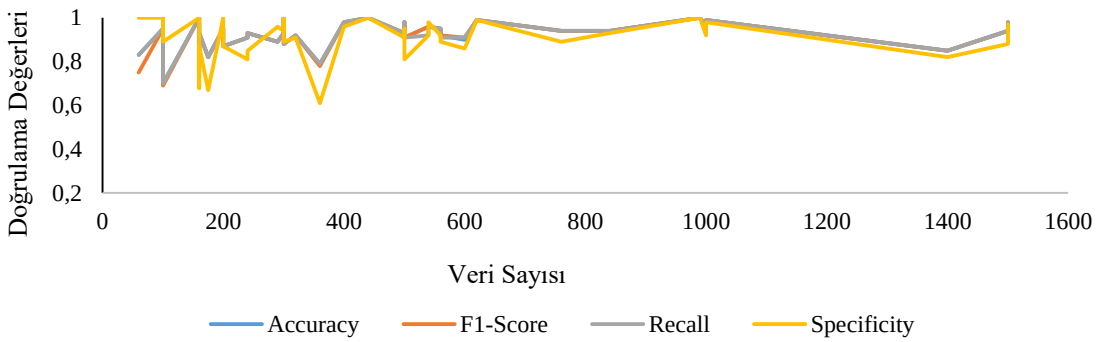
Taşkın afetinden korunabilmek amacıyla afete dönüşmeden önlemler alabilmek, afete hazırlıklı kentler oluşturmak gibi çalışmalar yapılmaktadır (Pitt. vd., 2007). Literatürde taşkın afeti ile ilgili pek çok çalışma bulunmaktadır. Ancak taşkın koşullarının doğası nedeniyle zaman ve mekan konusunu tahmin etmek oldukça karmaşık ve zordur. Bu nedenle literatürdeki mevcut çalışmaların çoğu, verilerle ve basit varsayımlı fiziksel tabanlı modellemelere dayanır (Lohani vd., 2014). Fiziksel tabanlı modellerin büyük taşkınları tahmin etmede başarısını, küçük taşkın olaylarında gösterememektedir. Ayrıca bu modellerin hesaplama süresi, yöntemlerin güvenilirliği ve veri setlerinin kusursuz olma gereksinimi gibi nedenlerden dolayı çalışma anlamında sorunlar yaratmakta ve orta ölçekli başarılı sonuçlar vermektedir (Thompson, 2017; Burnash vd., 1973; Fawcett vd., 2013).

Bu bahse konu dezavantajlar makine öğrenimi gibi veriye dayalı gelişmiş modellerin kullanımını teşvik etmektedir. Bu modellerin en büyük avantajlarından biri yalnızca zamansal ve doğrusal olmayan verilerle formüle edebilmektedir (Mosavi vd., 2018). Makine öğrenimi yöntemleri taşkınlar gibi karmaşık hidrolojik modelleri iyi modellediği çalışmalarda görülmüştür (Ortiz-Garcai, vd., 2014). Bu yöntemlerin hem kısa hemde uzun vadeli taşkınlardaki başarısı bu yöntemi literatürde en güncel çalışma alanları arasına sokmaktadır. Ancak literatürde hangi makine öğrenimi yönteminin daha başarılı sonuçlar verdiği ile ilgili ciddi karmaşıklıklar mevcuttur. Özellikle literatürde belirli veri setleri ve belirli parametrelerle sınırlı olan pekçok araştırma bulunmaktadır (Ghazvinei vd., 2018; Kasiviswanathan vd., 2016; Ravansalar vd., 2017; Mosavi vd., 2017; Dandagala vd., 2017; Deka, 2014; Fotovatikhan vd., 2018).

Makine öğrenimi yöntemleri ile yapılan çalışmalarda çalışmanın başarısına etki eden bazı etmenler vardır. Bunlardan ilki eğitim verilerinin iyi seçimidir. İyi seçilmemiş eğitim verileri test verilerinde kötü sonuçlar ortaya çıkarabilmektedir. Bunun için parametreler arasındaki etkileşimin sonuca etki ettiği taşkın çalışmalarında eğitim ve test verilerinin seçimi uyumlu olmalıdır. İkinci önemli unsur ise veri adeti seçimidir (Faizollahzadeh vd., 2018; Tsai vd., 2012; Sivapalan vd., 2005). Bir başka önemli unsur ise makine öğrenimi yönteminin seçimidir. Örneğin bazı algoritmalar kısa veri seti tahminlerinde iyi sonuçlar verirken bazı algoritmalar uzun veri seti tahminlerinde iyi sonuçlar vermektedir. Bu bahsedilen unsurlardan; verilerin miktarı, türü gibi özellikleri taşkın çalışmalarında ciddi bir genelleme problemi meydana getirir (Mosavi vd., 2018).

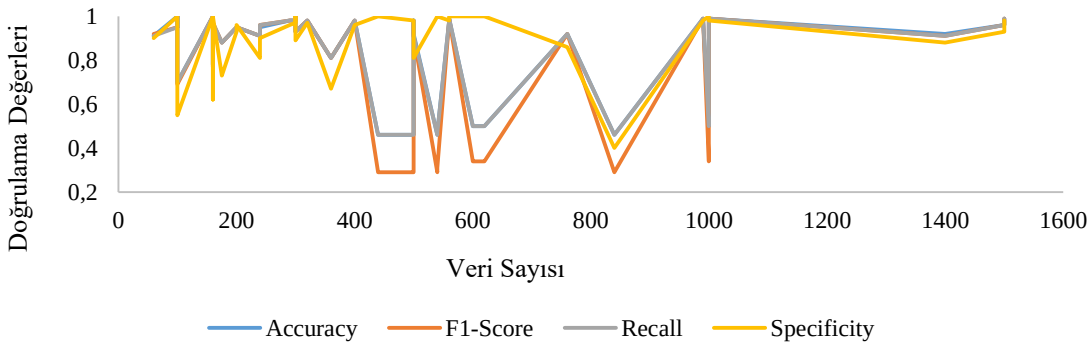
Çalışmanın bu aşamasında taşkın konusunda yukarıda bahsedilen genelleme problemleri incelenmeye çalışılacaktır. Bu amaçla Doğu Karadeniz bölümünde bulunan 6 ilin (Trabzon, Rize, Artvin, Ordu, Giresun, Gümüşhane) 1950 yılından 2020 yılına kadar yaşadıkları 41 adet can ve mal kaybına neden olan taşkınlar inceleme alanı olarak seçilmiştir. Bu taşkınların veri setlerindeki farklılıklar (sayı ve çeşit) makine öğrenimi yöntemleri için veri seti ile başarı durumu arasındaki ilişkiyi incelemek için ciddi bir örneklem teşkil etmektedir. Ayrıca makine öğrenimi algoritmalarının veri setlerine paralel yaşadıkları değişimi de incelemek amacıyla 9 farklı makine öğrenimi algoritması (Logistic Regression, SVC, Kneighbors, Decision Tree, Random Forest, Adaboost, Gradient Boosting, Extra Trees, GaussianNB) ile çalışılmıştır. Bulunan bulgular 4 farklı doğrulama yöntemleriyle (Accuracy, F-Score, Recall ve Specifity) yorumlanmıştır.

Logistic Regression yöntemi ile yapılan çalışmada 0.6 ila 1 doğruluk değerleri arasında bir doğruluk değeri farklılığı meydana gelmiştir. Doğruluk değerlerinden; Accuracy, F1- Score, Recall testleri aynı sonuçlara ulaşmış, Specifity doğrulama testi bu testlere göre paralel olarak seyretmiş ancak diğer testlerin doğruluk değerlerinin biraz altında kalmıştır. 0 ila 800 veri seti arasında Logistig Regression yönteminde doğruluk değerleri çok değişkenlik göstermiş ancak 800 veri değerinden sonra modelin doğruluk değeri veri seti değişiminden 0-800 veri aralığı kadar etkilenmemiştir (Şekil 5.42) .



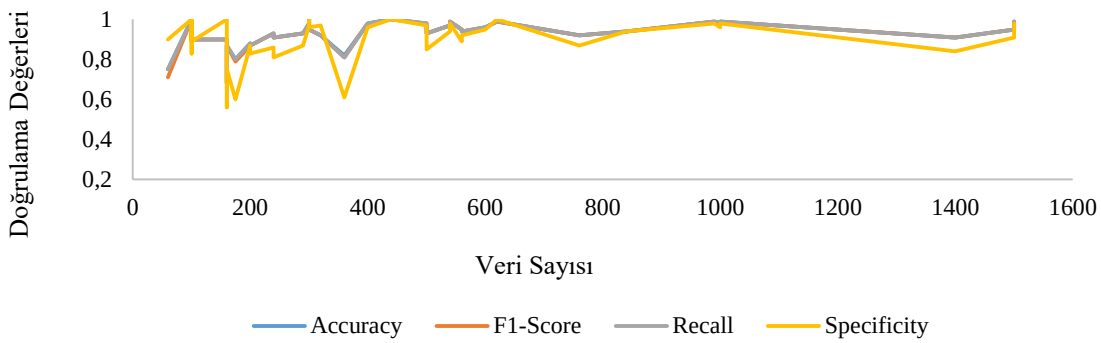
Şekil 5.42. Logistic Regression Metodu Doğrulama Değerleri

SVC yöntemi ile yapılan incelemede yöntem 0.2 ila 1 değerleri arasında geniş bir doğruluk değeri aralığına ulaşmıştır. Doğruluk değerleri, doğrulama testleri arasında çok değişkenlik göstermese de F1- Score testi özellikle 400-1000 veri adeti arasında diğer yöntemlere paralel ama daha düşük bir doğrulama testine ulaşmıştır. 1000 veri adetinden sonra SVC yöntemi daha yakın ve yüksek değerlerde doğruluk değeriyle çalışmış ancak daha düşük veri setlerinde, veri seti ile yöntemin doğruluk değeri arasında anlamlı bir bulgu meydana gelmemiştir (Şekil 5.43).



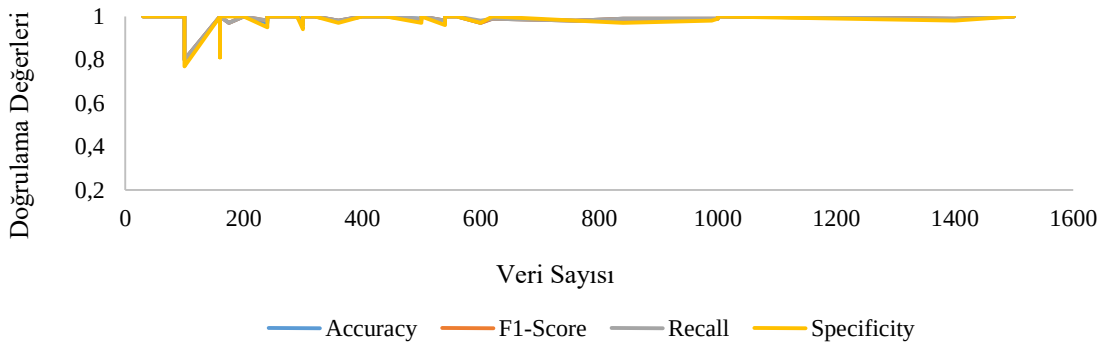
Şekil 5.43. SVC Metodu Doğrulama Değerleri

Kneighbors yöntemi ile yapılan inceleme sonuçlarında 0.60 ila 1 doğruluk değerleri aralığında doğruluk değerleri bulunmuştur. Specifity doğrulama testi diğer 3 doğrulama testine paralel ancak daha düşük değerlere ulaşmıştır. 800 veri sayısına kadar veri adeti ile doğruluk değerleri arasında anlamlı bir ilişki olduğuna dair anlamlı bulgulara ulaşılmamıştır. 200 ve 400 veri sayısı aralığında en düşük doğrulama değerine ulaşırken 0-200 ve 200-400 aralığıda olan veri adetlerinde daha yüksek değerlere ulaşılmıştır. 800 veri adetinden sonra daha stabil sonuçlar çıkmaktadır (Şekil 5.44).



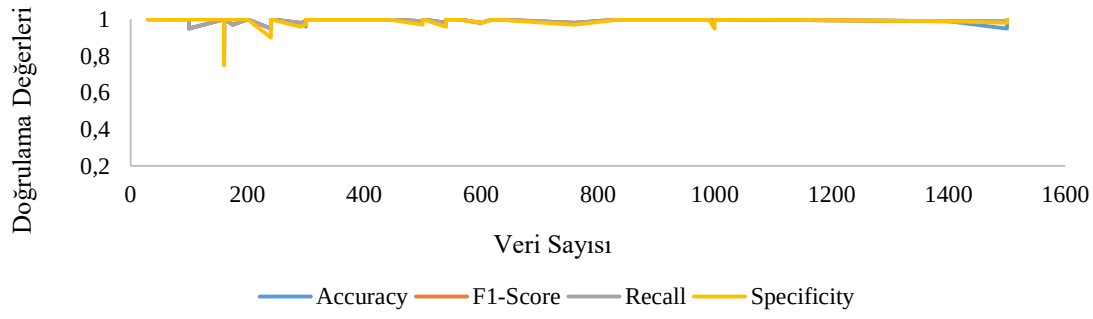
Şekil 5.44. Kneighbors Metodu Doğrulama Değerleri

Decision Tree yöntemi ile yapılan inceleme sonuçlarında doğrulama değerleri 0.8 ile 1 aralığında doğruluk değerlerine ulaşmaktadır. 200 veri sayısından sonra yöntem çok fazla veri adetinden etkilenmemiştir (Şekil 5.45).



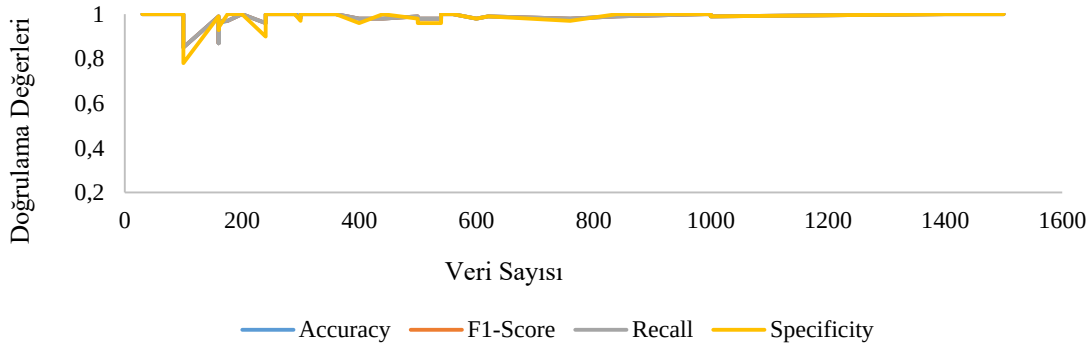
Şekil 5.45. Decision Tree Metodu Doğrulama Değerleri

Random Forrest yöntemi ile yapılan inceleme sonuçlarında doğrulama değerleri 0.75 ile 1 aralığında doğruluk değerlerine ulaşmaktadır. 200 veri sayısından sonra yöntem veri adetinden etkilenmemiştir (Şekil 5.46).



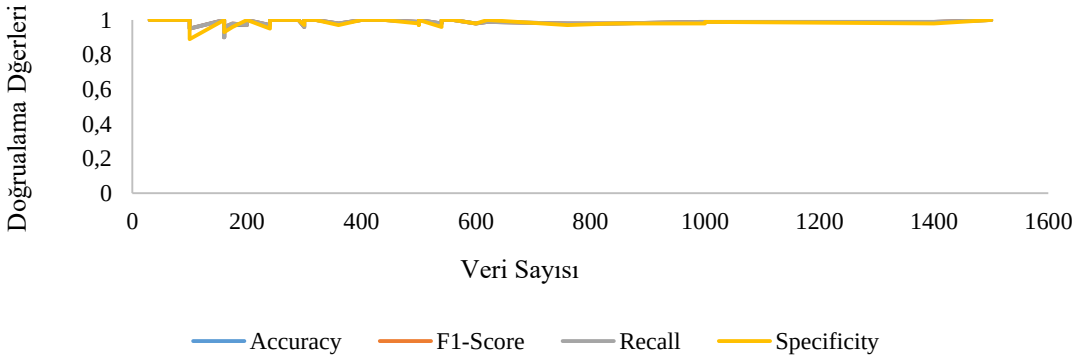
Şekil 5.46. Random Forest Metodu Doğrulama Değerleri

Adaboost yöntemi ile yapılan inceleme sonuçlarında doğrulama değerleri 0.8 ile 1 aralığında doğruluk değerlerine ulaşmaktadır. 200 veri sayısından sonra yöntem çok fazla veri adetinden etkilenmemiştir (Şekil 5.47).



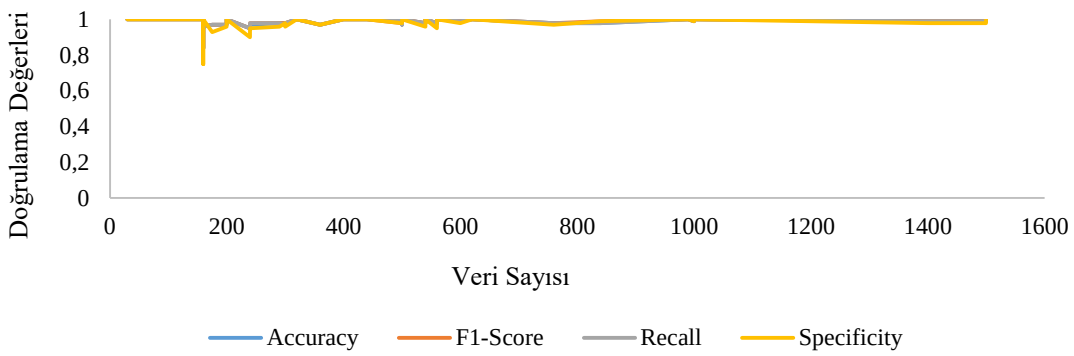
Şekil 5.47. Adaboost Metodu Doğrulama Değerleri

Gradient Boosting yöntemi ile yapılan inceleme sonuçlarında doğrulama değerleri 0.9 ile 1 aralığında doğruluk değerlerine ulaşmaktadır. Yöntemin doğruluk değerleri ile veri adeti arasında çok anlamlı ilişki olmamakla beraber yöntem çalışmadaki her veri sayısında çok ciddi doğruluk değerleriyle çalışmaktadır (Şekil 5.48).



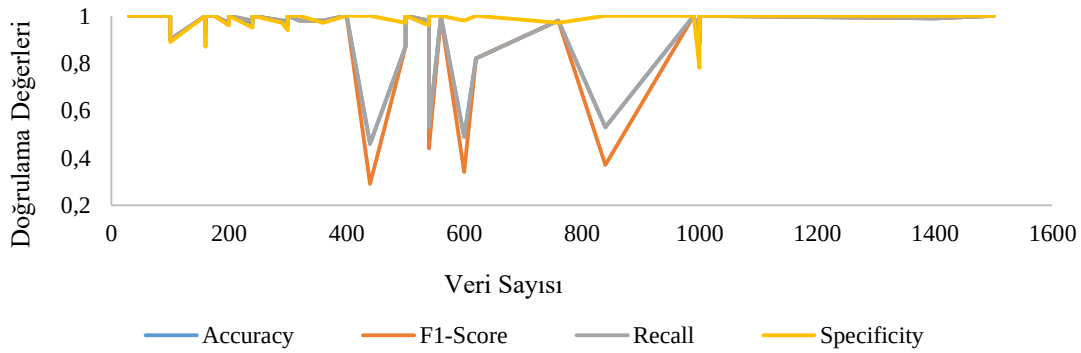
Şekil 5.48. Gradient Boosting Metodu Doğrulama Değerleri

Extra Trees yöntemi ile yapılan inceleme sonuçlarında doğrulama değerleri 0.75 ile 1 aralığında doğruluk değerlerine ulaşmaktadır. Yöntemin doğruluk değerleri ile veri adeti arasında çok anlamlı bir korelasyon olmasa da 200 veri adetinin üzerinde verilerde daha anlamlı bir doğruluk değerleri değişimi yaşanmıştır. Yöntem genel olarak taşkın veri setinin artışıyla yüksek uyum gösterdiği sonuçlarla da görülmektedir (Şekil 5.49).



Şekil 5.49. Extra Trees Metodu Doğrulama Değerleri

GaussianNB yöntemi F1-Score, Recall ve Accuracy doğrulama yöntemlerinde 0.2 ile 1 aralığında doğrulama değerleri bulgularına rastlanmıştır. Ancak Specificity doğrulama metodu 0.8 ile 1 aralığında doğrulama değerlerine ulaşmıştır. Specifity yöntemi taşkın yaşanmayan noktaların (TN) doğruluk değerlerini verirken, Recall ise taşkın yaşanan (TP) noktaların tüm veri seti içindeki doğru tahmin değerini verir. Accuracy ve F1-Score yöntemleri ise TP, TN, FN ve FP değerlerinin tamamıyla çalışır. Bu anlamda bu yöntem incelendiğinde genel olarak bu yöntemin taşkın çalışmaları açısından uyumlu sonuçlar ortaya çıkarmadığı gözlemlenmiştir (Şekil 5.50)

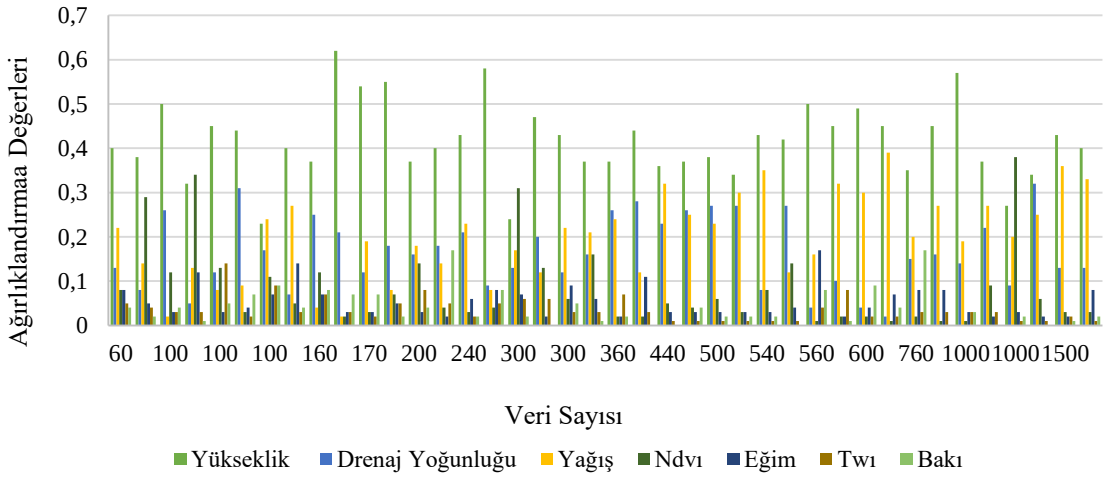


Şekil 5.50. GaussianNB Metodu Doğrulama Değerleri

Çalışmanın bu aşamasında taşkın afetini tetikleyici birer etmen olduğu düşünülen 9 adet taşkın tetikleyici faktörle çalışılmıştır. Parametrelerin taşkına ağırlık değerlerinin doğru tespiti taşkın afetinin oluşum örgüsünü anlamanın en önemli kısmıdır (Vogel vd., 2011; Lane, 2017; Plate, 2002). Ancak bu bahse konu örgüyü çözümlemek ise kolay değildir. Parametrelerin afet oluşturmadaki etkinlikleri havzadan havzaya değiştiği artık pek çok çalışmayla ve yaşanan gerçeklerle gün yüzüne çıkmaktadır. Bazı taşkın olaylarında kar erimesi ve yüksek eğim değerleri çok hızlı akışa neden olup taşkına dönüşüm sürecini hızlandırmaktayken, bazı afetlerde ise ani yoğun yağışlar ve toprağın suya doygunluğu ile beraber ani taşkınlar oluşmaktadır. Literatürdeki makine öğrenimi yöntemiyle taşkın

tahmin etme konulu çalışmaların çoğunda tek havza içerisinde çalışma yaptıklarından bu durumun havzadan havzaya ve veri seti farklılıklarından kaynaklı değişebileceği hususunda inceleme imkanı sunamamaktadır (Chang vd., 2019; Pyayt vd., 2011; Mosavi vd., 2018; Janizadeh vd., 2019).

Bu çalışma kapsamında incelenen tüm havzaların karakteristik yapıları farklı olmakta ve herbir taşkın farklı bir öyküye sahip olmaktadır. Bu nedenle veri seti ve havza farklılıklarına rağmen bu bölgede genel anlamda taşkına etkili olan parametreler tespit edilmektedir. İnceleme alanı olarak belirlenen 41 havzadan 36 tanesinde taşkın olayının yaşanmasının ana tetikleyici parametresi olarak yükselti tespit edilmiştir. 3 adet havzada Ndvı en etkili tetikleyici parametre olarak tespit edilmişken 2 havzada yağış en etkili parametre olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda taşkına etkili olarak tespit edilen 3 parametreler veri adeti ile anlamlı bir değişim göstermemiştir. Buda göstermektedir ki tetikleyici parametrelerin ağırlık değerleri veri adetinden ziyade havza karakteristiğinden etkilenmektedir. Bakı ve Twı değerleri ise bu 41 afetin yaklaşık tamamında afetin oluşmasında en az etki göstermiş parametreler olarak ortaya çıkmışlardır. Bakı parametresinin taşkın oluşumuna etki katsayısının düşüklüğü bölgede kar erimelerinin taşkın afetinin oluşumunda düşük bir etki oluşturduğunu göstermektedir (Şekil 5.51).



Şekil 5.51. Parametrelerin Ağırlıklandırma Değerleri

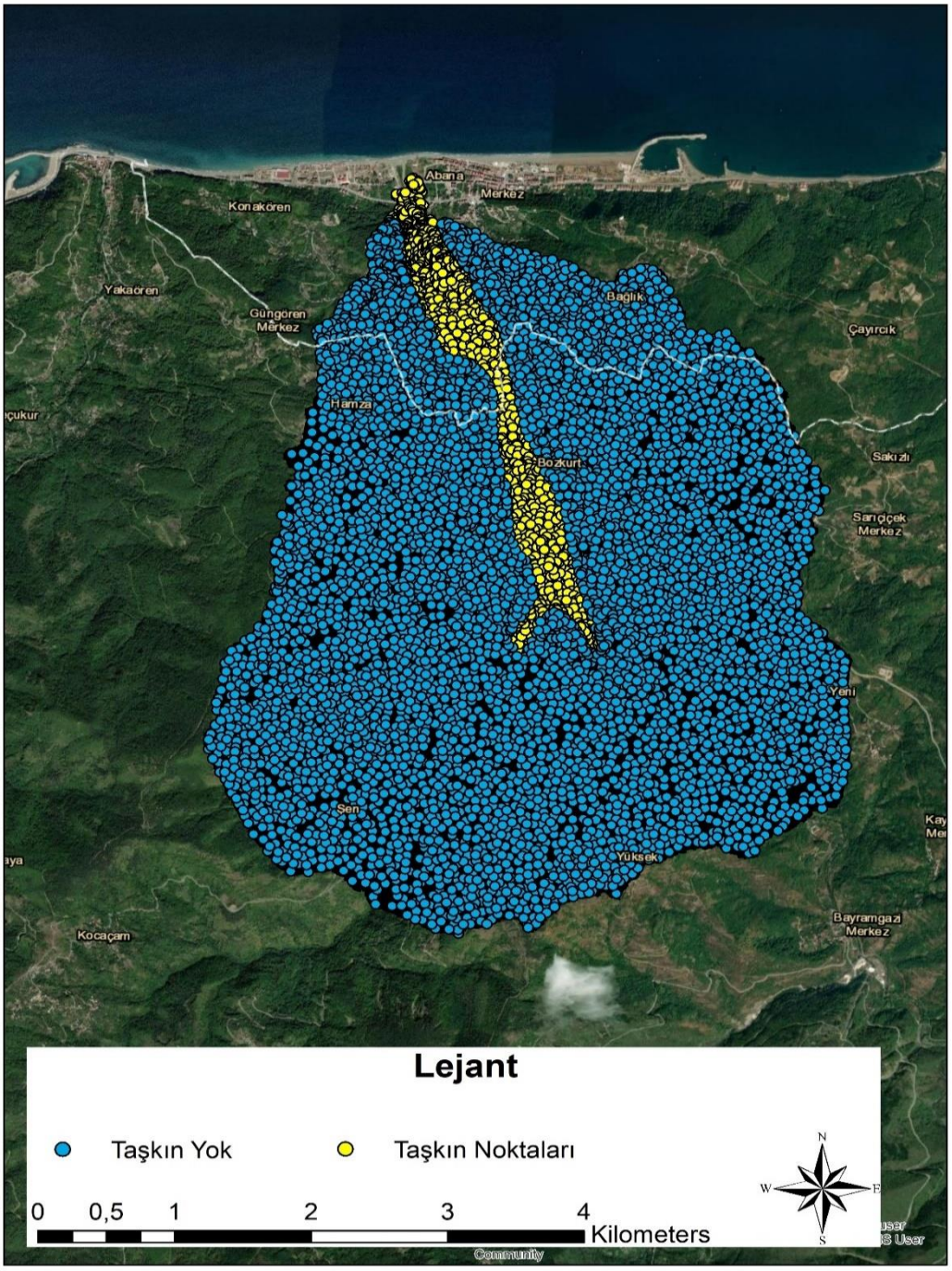
5.3 Bulgulardan Yeni Saha Tespiti

11 Ağustos 2021 tarihinde Kastamonu ilinin Bozkurt ve Abana ilçelerinde taşkın afeti meydana gelmiştir. Yaşanan bu taşkında 65 kişi yaşamını yitirmiş, 152 kişi yaralanmış, 8 kişide kaybolmuş ve ilçe merkezi ciddi tahribata uğramıştır (Bilgen vd., 2022; Balci vd., 2022; Utlu vd., 2023). Bu taşkın Türkiye'de 2000 yılından sonra en fazla can ve mal kaybına neden olan taşkın olayıdır. Bozkurt ilçesi bu taşkın nedeniyle ciddi kayıplar vermiş, ilçe yerleşim yerlerinden akan Ezine çayının taşması sonucu ilçe merkezi sel suları altında kalmıştır (Şekil 5.52).



Şekil 5.52. Kastamonu (Bozkurt) Taşkın Sahası Görünümü (2021)
(a; Afet öncesi, b; Afet sonrası)

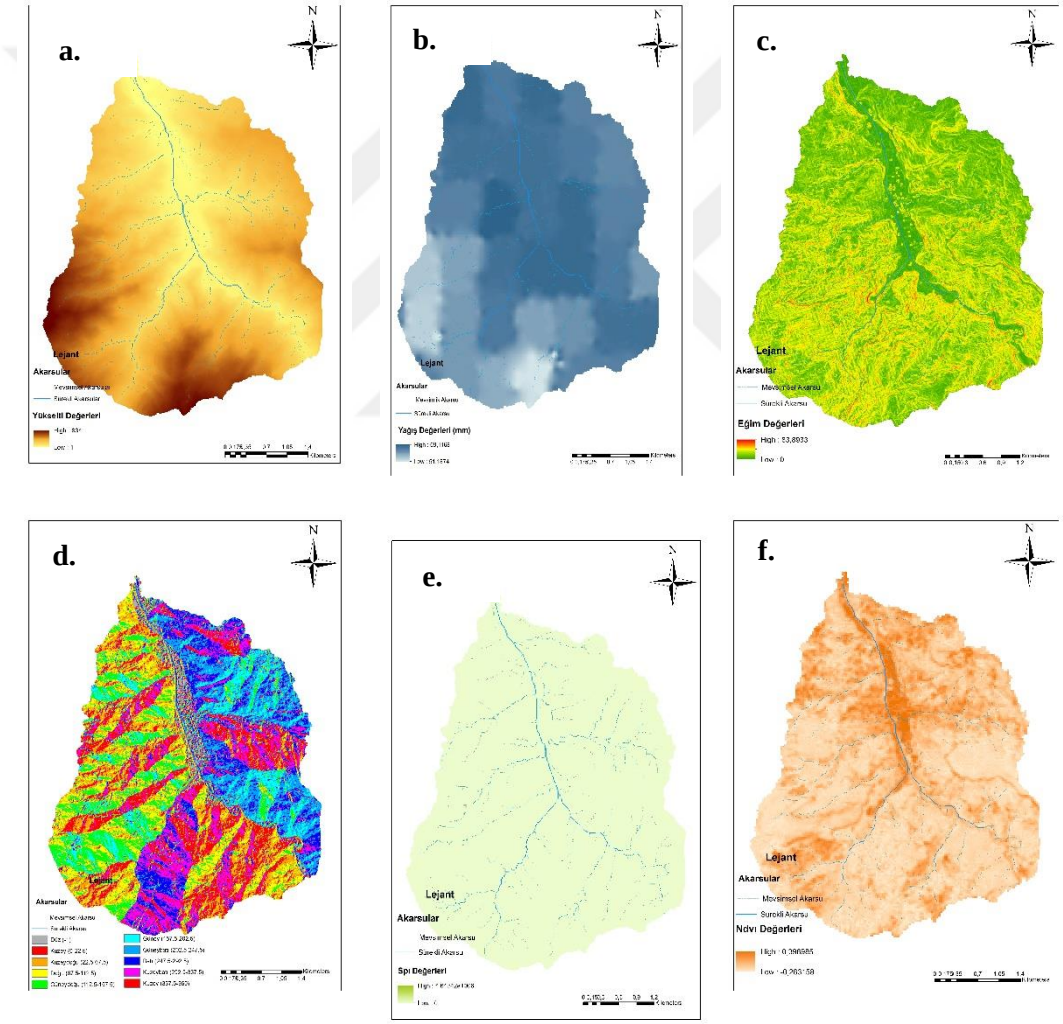
Taşkın afetinin meydana geldiği alan Türkiye'deki 25 havzadan bir tanesi olan Batı Karadeniz havzasında yer almaktadır. Taşkının yaşandığı Bozkurt ilçesi Karadeniz kıyısının 2 km içerisinde, Ezine çayı kenarına kurulmuştur. Afet yaşanan Ezine çayı Karadeniz'e dökülmektedir. (Şekil 5.53).

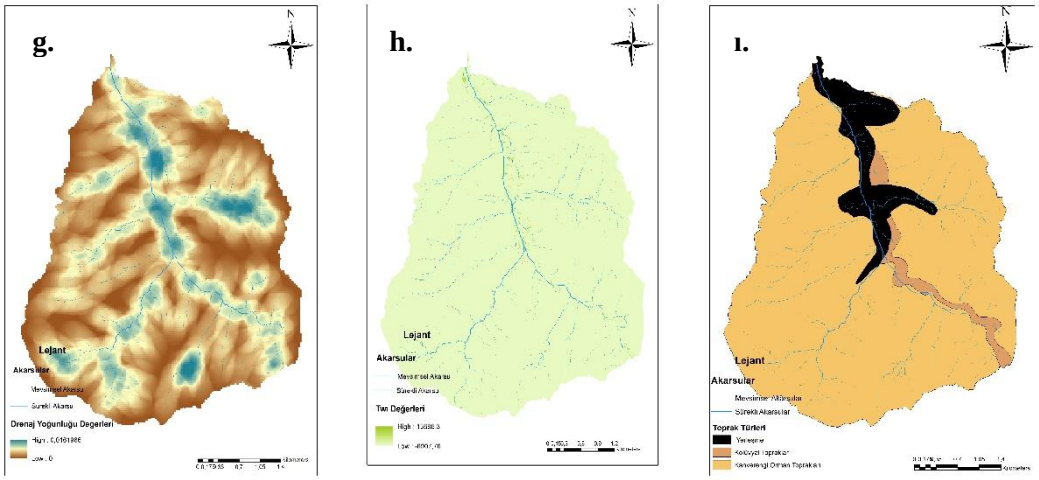


Şekil 5.53. Kastamonu (Bozkurt) Taşkın Sahası (2021)

Çalışma alanı olarak seçilen havza 296 km² alana sahiptir. Havza Karadenize sahili olduğunda 0 metre rakımdan 840 metre rakım değerleri arasında değişkenlik gösteren

yükselti değerlerine sahiptir (Şekil 5.54.a). Bölgede yaz yağışları oldukça etkili olmakta ve toplam yağışların yaklaşık %27'sini yaz yağışları meydana getirmektedir. Yıllık ortalama yağış değeri 449.7 mm iken afet günü 1214.80 mm değerlerine ulaşmıştır. Şehir merkezi ve dağlık bölgeler arasında yağış değerleri değişkenlik göstermektedir (Şekil 54.b). Kendi içerisinde eğim değerlerinde oldukça değişkenlik gösteren havza 0° eğim değerlerinden 83° eğim değerlerine değişen eğim değerlerine sahiptir (Şekil 54.c). Havza içerisinde kolüvyal topraklar ve kahverengi orman toprakları bulunmakta, afet yaşanan yerler kolüvyal topraklar üzerine kurulan yerleşim yerlerinde meydana gelmiştir (Şekil 54.ı).



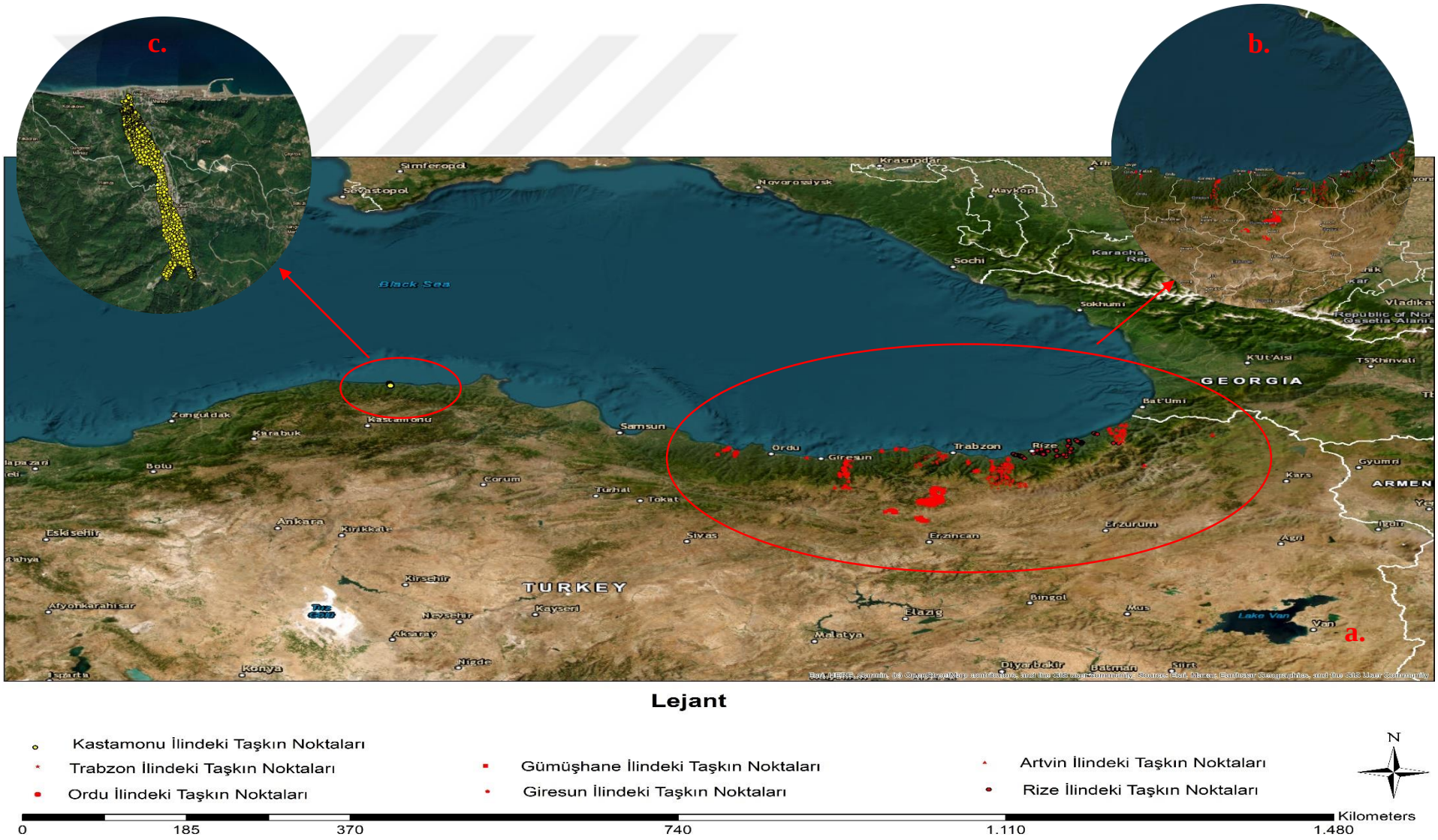


Şekil 5.54. Kastamonu (Bozkurt) Taşkınında (2021) Taşkına Etkili Parametreler (a; yükselti, b;yağış, c;eğim, d;bakı, e; spı, f; ndvı, g; drenaj yoğunluğu, h; twı, ı; toprak türü)

Çalışmanın bu aşamasında Karadeniz havzasında geçmişte yaşanan afet envanterleri ile gelecekte yaşanma ihtimali olan afet noktalarını tespit etmek amaçlanmıştır (Şekil 5.55.a). Bu amaçla 41 adet geçmiş tarihli (1950-2020) afetlerin, bu afetlerin yaşanma tarihinden sonra yaşanan Kastamonu ili Bozkurt taşkını (2021) tahmin etme başarısı ortaya konulmak istenmiştir. Bu amaçla çalışma kapsamında 9 adet taşkın tetikleyici faktör kullanılmıştır. Kullanılan faktörlerin tespiti taşkın çalışmalarının en önemli aşamasıdır. Taşkın tetikleyici faktörlerin afete dönüşüm etkileri havzadan havzaya ciddi farklılıklar göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan faktörler geçmişte bu havzada yapılan çalışmalar ve taşkın afeti konusunda yapılan literatür incelemeleri sonucunda belirlenmiştir (Yükseler vd., 2024; Chang vd., 2019; Costache vd., 2019; Wang vd., 2022; Tang vd., 2024; Swain vd., 2013; Toprak vd., 2022; Yükseler vd., 2024). Çalışmada kullanılan tetikleyici faktörler; yükselti, yağış, bakı, eğim, litoloji, normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi (ndvı), topoğrafik ıslaklık indeksi (twı), akarsu güç indeksi (spı) ve drenaj yoğunluğudur. Çalışmada 5 metre çözünürlüklü sayısal yükselti değerleri kullanılmıştır. Yağış değerleri afetin yaşandığı günün yağış değerleri esas alınarak oluşturulmuştur.

Çalışmada eğitim amacıyla 41 adet taşkın yaşanan havza incelenmiştir. Bu havzalar; Artvin ilinde 4, Trabzon ilinde 10, Giresun ilinde 9, Gümüşhane ilinde 4, Ordu ilinde 2 ve Rize ilinde 12 taşkın havzasıdır (Şekil 5.55.b). Bu afetleri noktasal olarak inceleyebilmek amacıyla havzaların ve afet sahasının alanı oranında rastgele noktalar tespit edilmiştir. Bu amaçla eğitim verisi olarak belirlenen bu 41 havza 18.810 adet

noktasal veriyle incelenmiştir. Bu noktasal verilerin ilk olarak geçmiş afet kayıtları neticesinde afet yaşanan ve yaşanmayan bölgelere denk gelmesine göre kategorize edilmiştir. Afet yaşanan noktalar 1, afet yaşanmayan noktalar 0 olarak rakamsallaştırılmıştır. Çalışmada kullanılan 41 eğitim havzası için 9 adet taşkın tetikleyici parametreleri sayısallaştırılmıştır. Oluşturulan bu taşkın tetikleyici parametreler havza incelenmesi amacıyla konulan 18810 noktasal veriyle çakıştırılmıştır. Eğitim verisindeki 18810 adet noktalardan her bir nokta için, 9 adet taşkın tetikleyici parametrenin o noktadaki değeri ve afet yaşanıp yaşanmama değerleri belirlenmiştir. Bu bulunan değerler çalışmada kullanılan makine öğrenimi yöntemlerinin eğitiminde kullanılmıştır. Eğitilen veriler ile sistem eğitildikten sonra gelecekte yaşanacak bir afetin tahmini için test verileri oluşturulması amacıyla, eğitim verileri tarihinden daha ileri bir tarihte meydana gelen Kastamonu ilinin Bozkurt taşkını seçilmiştir (Şekil 5.55.c). Bu afet yine eğitim verilerinde olduğu gibi havza alanı ve afet sahası alanı dikkate alınarak 8000 adet noktasal veriyle incelenmeye çalışılmıştır. Bu veriler 9 adet taşkın tetikleyici faktörlerle çakıştırılmış ve her bir faktörün bu 8000 noktasal veriden her bir veriye denk gelen faktör değerleri tespit edilmiştir. Ardından eğitimi tamamlanan makine öğrenimi yöntemleri ile test verilerin noktasal değerleri tespit edilmiştir. Bu her bir noktasal model değerleri sayısallaştırılmış ve 2021 yılında yaşanan gerçek taşkınla mukayese edilmiştir. Ayrıca havzalar arası tahminin başarı durumunu inceleyebilmek amacıyla taşkın tahmini havza içinde de yapılmış olup durum mukayese edilmiştir (Şekil 5.55).

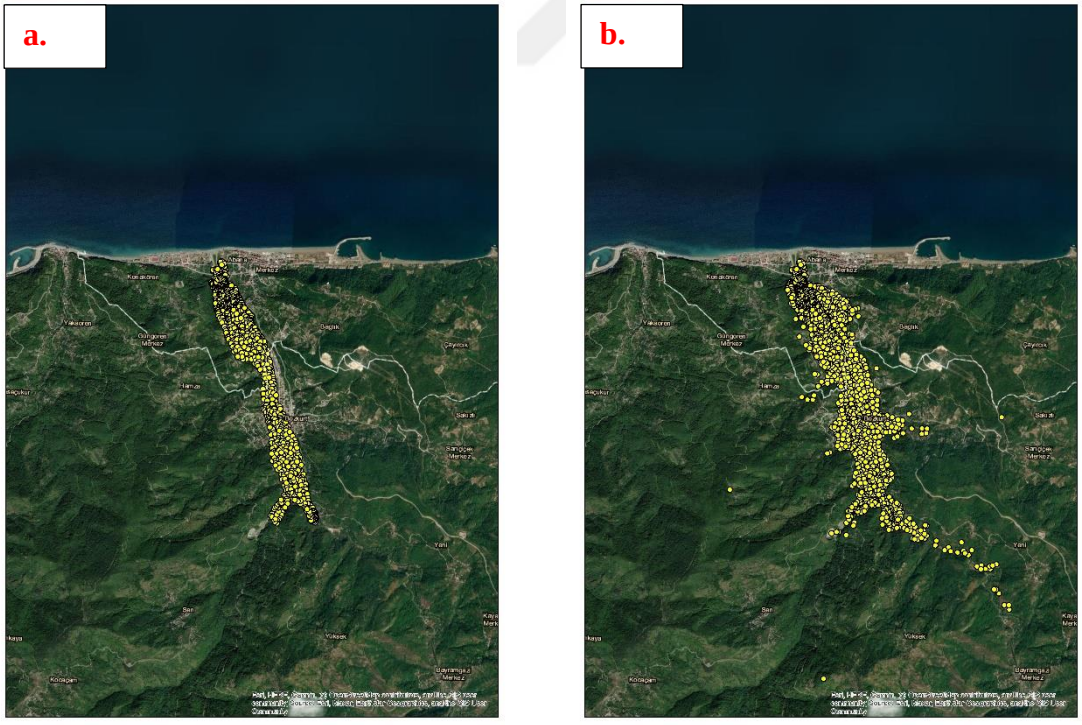


Lejant

- Kastamonu İlindeki Taşkın Noktaları
- Trabzon İlindeki Taşkın Noktaları
- Ordu İlindeki Taşkın Noktaları
- Gümüşhane İlindeki Taşkın Noktaları
- Giresun İlindeki Taşkın Noktaları
- Artvin İlindeki Taşkın Noktaları
- Rize İlindeki Taşkın Noktaları

Şekil 5.55. Çalışma Sahasının Google Earth Görünümü
(a; genel görünüm; b; eğitim verisi taşkınları c; test verisi taşkınları)

Çalışmada 9 adet farklı makine öğrenimi yöntemiyle inceleme yapılmıştır. Bu yöntemlerden ilk olarak Adaboost yöntemi ile Bozkurt taşkını tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışma alanı olarak seçilen taşkını incelemek amacıyla gerçek taşkın sahasına 1580 adet taşkın yaşanan noktanın yanısıra 6420 adet taşkın yaşanmayan nokta koyulmuştur (Şekil 5.56.a). Adaaboost yöntemiyle yapılan çalışma sonucunda 2278 adet nokta taşkın yaşanmış olarak belirlenmiş 5722 adet nokta afet yaşanmamış olarak tespit edilmiştir. Yöntemde akarsunun ana kollarının dışında yan kollarında da taşkın yaşanmış olarak bulunmuş ve taşkından yerleşim yerlerinin daha ciddi etkilenebileceği görülmüştür (Şekil 5.56.b). Bu yöntemde eğitim verilerinde taşkına asıl etkili parametre yükselti olarak bulunmuştur. 41 adet eğitim verisinde taşkına %62 yükselti parametresinin %21 yağış parametresinin etkili olduğu bulgulanmıştır. Bu ağırlık değerleri algoritmaları neticesinde oluşturulan Bozkurt taşkını tahmini gerçek taşkın sahasını da içine alacak şekilde daha büyük bir alanda 2021 yılında yaşanacak taşkını tahmin edebilmiştir. Bu yöntem neticesinde oluşturulacak 2021 Bozkurt taşkın tahmin haritası bu afetin yaşanma alanlarını doğru tahmin edecek ve gerekli önlemler konusunda altlıklar meydana getirebilecektir.



Şekil 5.56. Taşkın Sahası (a; Gerçek Durum, b; Adaabost metodu)

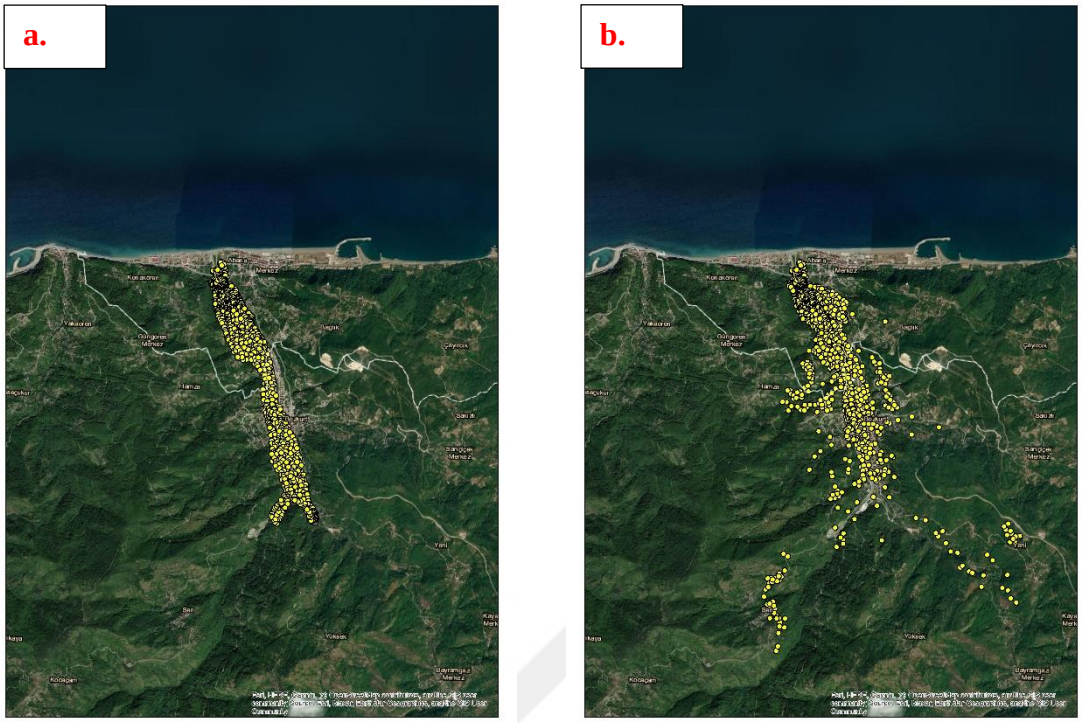
Çalışmada 5 ayrı doğrulama metodu ile yöntemin başarısı incelenmiştir. Havzalar arası tahmin yöntemi Recall ve Auc doğrulama yöntemlerinde daha başarılı sonuçlar verirken

Accuracy, Precision ve F-score yöntemlerinde havza içi tahmin daha başarılı sonuç vermiştir (Çizelge 5.49). Ancak bu iki farklı uygulama yönteminde de ciddi bir üstünlük oluşmamıştır. Bu nedenle veri eksikliği, gelecek afetlerin tahmini ve havza içi öğrenimin dezavantajlı noktaları oluşmasında Adaaboost yöntemi havzalar arası eğitimi başarılı bir şekilde tahmin edebileceği görülmüştür.

Çizelge 5.49. Kastamonu (Bozkurt) Taşkını (2021) Adaboost Metodu Doğruluk Değerleri

Havzalar Arası		Havza İçi	
Accuracy	0.88	Accuracy	0.91
Precision	0.64	Precision	0.79
Recall	0.93	Recall	0.82
F-Score	0.76	F-Score	0.81
Auc	0.96	Auc	0.88

Uygulamalarda kullanılan ikinci yöntem olan Decision Tree metodu 1474 noktayı afet yaşanmış olarak bulgularken 6526 noktayı afet yaşanmayan olarak tespit etmiştir. Yöntemin oluşturduğu taşkın sahası haritası incelendiğinde afet yaşanan bazı bölgeler gerçek durumla uyumlu bulunmuş ancak gerçek durumda afet yaşanan bazı bölgelerde yöntem taşkın tespit etmemiştir. Yöntemin taşkın olarak tespit ettiği bazı noktalar ise taşkın sahasının ciddi uzaklığındadır. Yöntemde %67.6 yükselti ve %23.54 yağış parametreleri değerleri ile taşkına en etkili iki parametre tespit edilmiş ve algoritma bulunan ağırlık değerleri ile kurulmuştur (Şekil 5.57.b).



Şekil 5.57. Taşkın Sahası (a; Gerçek Durum, b; Decision Tree metodu)

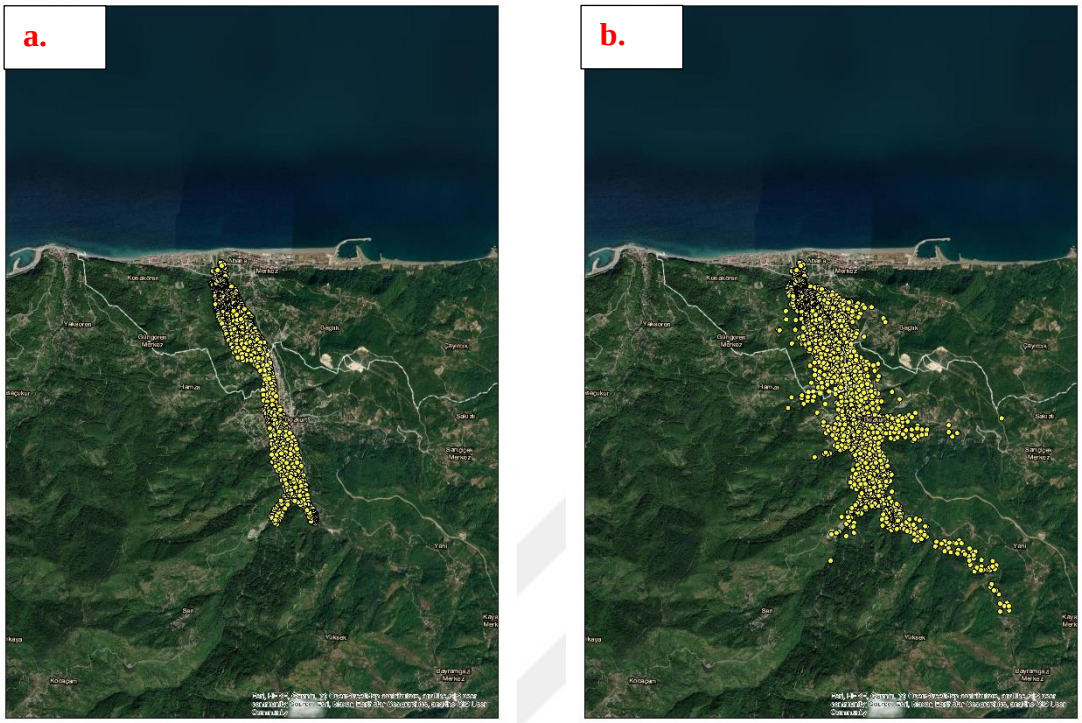
Çalışmada kullanılan doğrulama yöntemleri sonuçları incelendiğinde Decision Tree metodunun havzalar arası tahminde başarılı sonuçlar vermediği görülmektedir. Havza içi eğitimde %80 değerinin üzerinde başarılı sonuç veren yöntem Acc ve Auc değerlerinde havzalar arası ve havza içinde orta düzeyli başarı göstermiştir (Çizelge 5.50).

Çizelge 5.50. Kastamonu (Bozkurt) Taşkını (2021) Decision Tree Metodu Doğruluk Değerleri

Havzalar Arası		Havza İçi	
Accuracy	0.87	Accuracy	0.92
Precision	0.64	Precision	0.83
Recall	0.64	Recall	0.82
F-Score	0.67	F-Score	0.82
Auc	0.78	Auc	0.88

Ağaç modellerinden olan Extra Trees yöntemi bu çalışmada kullanılan bir başka yöntemdir. Yöntemle oluşturulan Bozkurt taşkını tahmini sonuçlarına bakıldığında gerçek durumdan daha geniş bir alanı taşkın konusunda riskli noktalar olarak tespit etmiştir. Gerçek yaşanan havzayı da içine alan model 2470 noktayı taşkın yaşanan 5530 noktayı taşkın yaşanmayan olarak tespit etmiştir (Şekil 5.58). Taşkına etkili parametreler

çalışmada yükselti ve yağış olarak belirlenmişken bu iki parametrenin model verilerine göre taşkına etkisi %74.8 olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.58. Taşkın Sahası (a; Gerçek Durum, b; Extra Trees metodu)

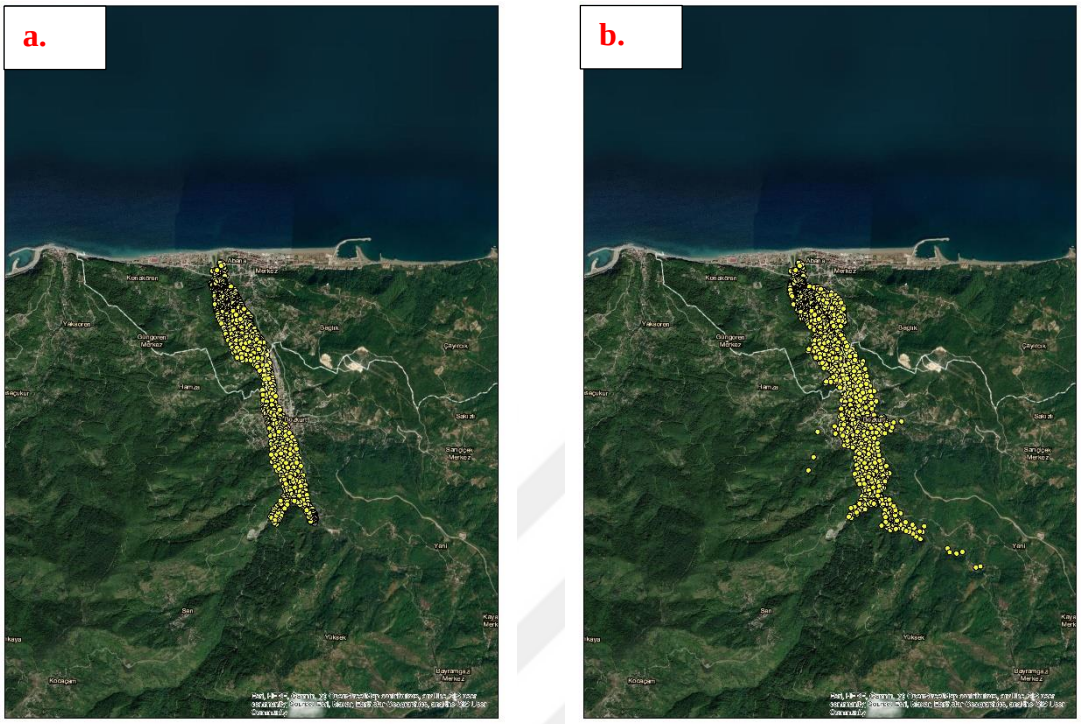
Yöntemin doğruluk değerlerine bakıldığında Acc, Recall ve Auc değerlerinde havza içi ve havzalar arası oldukça yüksek doğruluk değerlerine ulaşmıştır. Yöntem havzalar arası taşkın tahminine uyum gösterdiği ve havza içi ile yakın sonuçlar vermesi gelecekte yaşanma riski olan taşkınları tahmin etme açısında olumlu sonuçlar vermektedir (Çizelge 5.51).

Çizelge 5.51. Kastamonu (Bozkurt) Taşkını (2021) Extra Trees Metodu Doğruluk Değerleri

Havzalar Arası		Havza İçi	
Accuracy	0.87	Accuracy	0.92
Precision	0.61	Precision	0.81
Recall	0.96	Recall	0.82
F-Score	0.75	F-Score	0.82
Auc	0.96	Auc	0.88

Taşkın tahmini için kullanan bir başka makine öğrenimi yöntemi Gradient Boosting metodudur. Bu yöntemde 1953 nokta taşkın yaşanan 6047 nokta taşkın yaşanmayan olarak

bulgulanmıştır. Yöntemde yükselti %65.9 ve yağış %20 taşkına en etkili parametreler olarak belirlenmiştir. Modelin verileriyle oluşturulan Bozkurt taşkın sahası gerçek afet sahasını da içine alan bir saha oluşturmuştur (Şekil 5.59).



Şekil 5.59. Taşkın Sahası (a; Gerçek Durum, b; Gradient Boosting metodu)

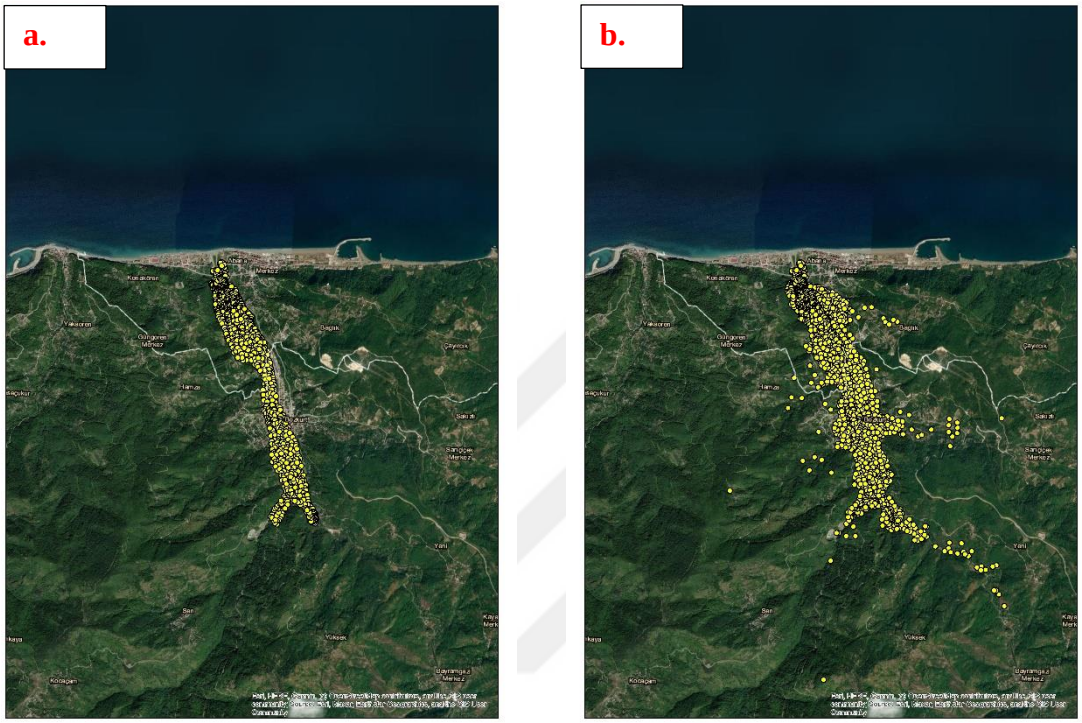
Modelde havzalar arası ve havza içi tahmin değerleri yakın sonuçlar vermiştir. Doğru tespit edilen noktaların (yaşanan ve yaşanmayan) tüm noktalara oranı olarak belirlenen doğrulama sonucu olan Acc ve Auc değerlerinde %90 üzeri doğruluk değerlerine ulaşmıştır (Çizelge 5.52).

Çizelge 5.52. Kastamonu (Bozkurt) Taşkını (2021) Gradient Boosting Metodu Doğruluk Değerleri

Havzalar Arası		Havza İçi	
Accuracy	0.91	Accuracy	0.93
Precision	0.72	Precision	0.84
Recall	0.89	Recall	0.86
F-Score	0.79	F-Score	0.85
Auc	0.96	Auc	0.91

Bu çalışma kapsamında modellerin bireysel uygulanması dışında taşkın tahmini amacıyla hibrit bir modelde oluşturulmuştur. Oluşturulan bu hibrit model Rastgele orman,

Gradient Boosting, Neural Network ve Destek Vektör Sınıflandırılması (SVC) modellerinin hibritleştirilmesi ile oluşturulmuştur. Yöntem bulguları incelendiğinde yöntem gerçekte yaşanan taşkın sahasını da kapsayan bir alanı taşkın açısında yaşanma durumu olarak tespit etmiştir. 2247 noktayı taşkın yaşanan noktalar olarak tespit eden yöntem 5753 noktayı da taşkın yaşanmama durumu olarak tespit etmiştir (Şekil 5.60).



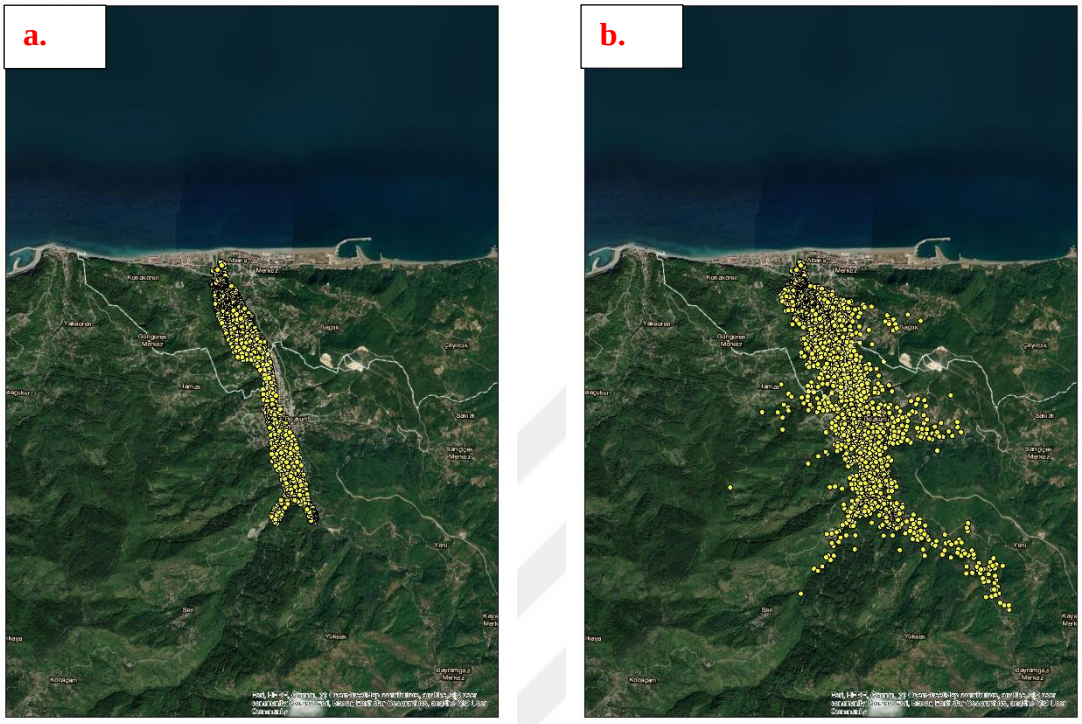
Şekil 5.60. Taşkın Sahası (a; Gerçek Durum, b; Hybrid metodu)

Doğrulama sonuçlarına baktığında yöntem Accuracy, Recall ve Auc değerlerinde havza içi eğitimden daha başarılı sonuçlara ulaşmıştır. Yöntemin başarılı sonuçlara ulaşması oluşturulacak hibrit model denemeleri ile daha yüksek başarılara ulaşılabileceğini göstermektedir (Çizelge 5.53).

Çizelge 5.53. Kastamonu (Bozkurt) Taşkını (2021) Hybrid Metodu Doğruluk Değerleri

Havzalar Arası		Havza İçi	
Accuracy	0.88	Accuracy	0.87
Precision	0.65	Precision	0.82
Recall	0.93	Recall	0.89
F-Score	0.76	F-Score	0.81
Auc	0.95	Auc	0.92

Çalışmada kullanılan bir başka yöntem K-Nearest Neighbors metodudur. Bu yöntem sonuçları incelendiğinde toplam 2392 taşkın yaşanan nokta 5608 taşkın yaşanmayan nokta olarak tespit edilmiştir. Modelin oluşturduğu taşkın sahası gerçek taşkın sahasını da içine kapsayan daha geniş bir alandan meydana gelmektedir (Şekil 5.61).



Şekil 5.61. Taşkın Sahası (a; Gerçek Durum, b; K-Nearest Neighbors metodu)

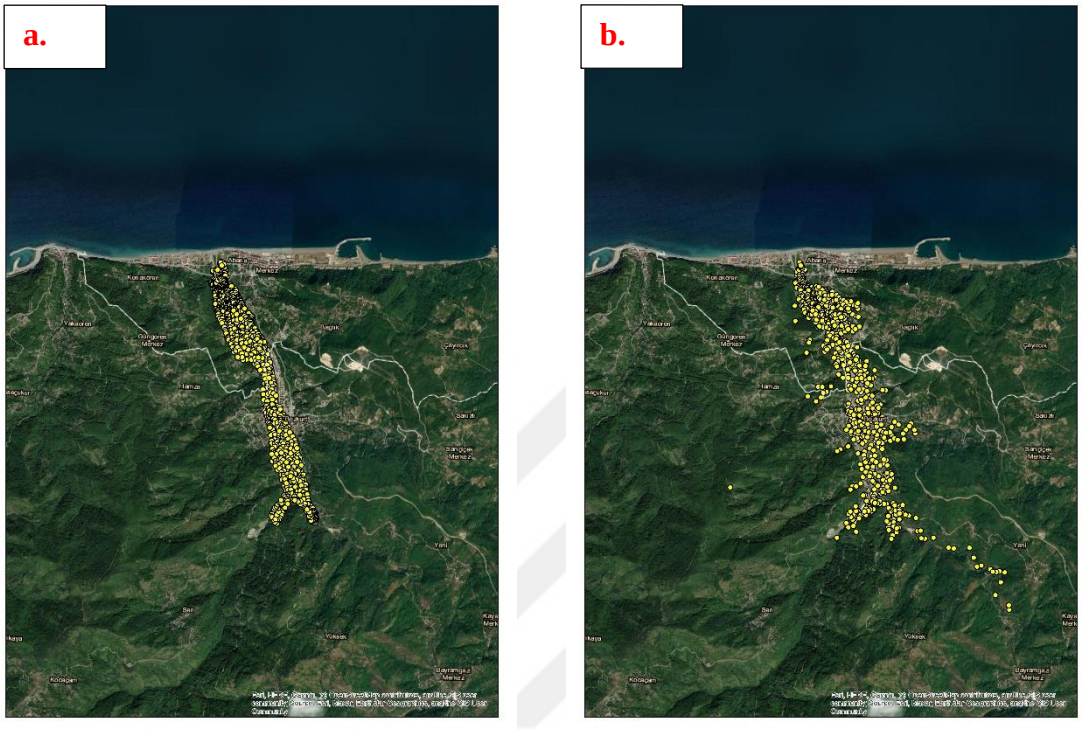
Yöntemin doğruluk test sonuçları incelendiğinde Acc, Recall ve Auc değerlerinde yüksek doğruluk değerlerine ulaştığı görülmektedir (Çizelge 5.54).

Çizelge 5.54. Kastamonu (Bozkurt) Taşkını (2021) K- Nearest Neighbors Metodu Doğruluk Değerleri

Havzalar Arası		Havza İçi	
Accuracy	0.85	Accuracy	0.91
Precision	0.58	Precision	0.80
Recall	0.87	Recall	0.77
F-Score	0.69	F-Score	0.79
Auc	0.93	Auc	0.86

Çalışmada kullanılan makine öğrenimi yöntemlerinden Logistic Regression modelinde 819 nokta taşkın yaşanan 7181 nokta taşkın yaşanmayan olarak tespit edilmiştir. Gerçek durumda 1580 noktasal veri taşkın yaşanan noktaya denk gelmektedir. Yöntemin sonuç

haritası incelendiğinde taşkın yaşanmış olarak bulunan bu noktalardan bazıları ise gerçek taşkın sahasının dışında kalmaktadır. Yöntem genel anlamda taşkın sahasının tespitinde benzer durumlar ortaya koymuştur. Yöntemde eğitim verisi olarak belirlenen 41 taşkınların oluşumuna yükselti ve yağış %72.8 etki ettiği görülmektedir (Şekil 5.62).



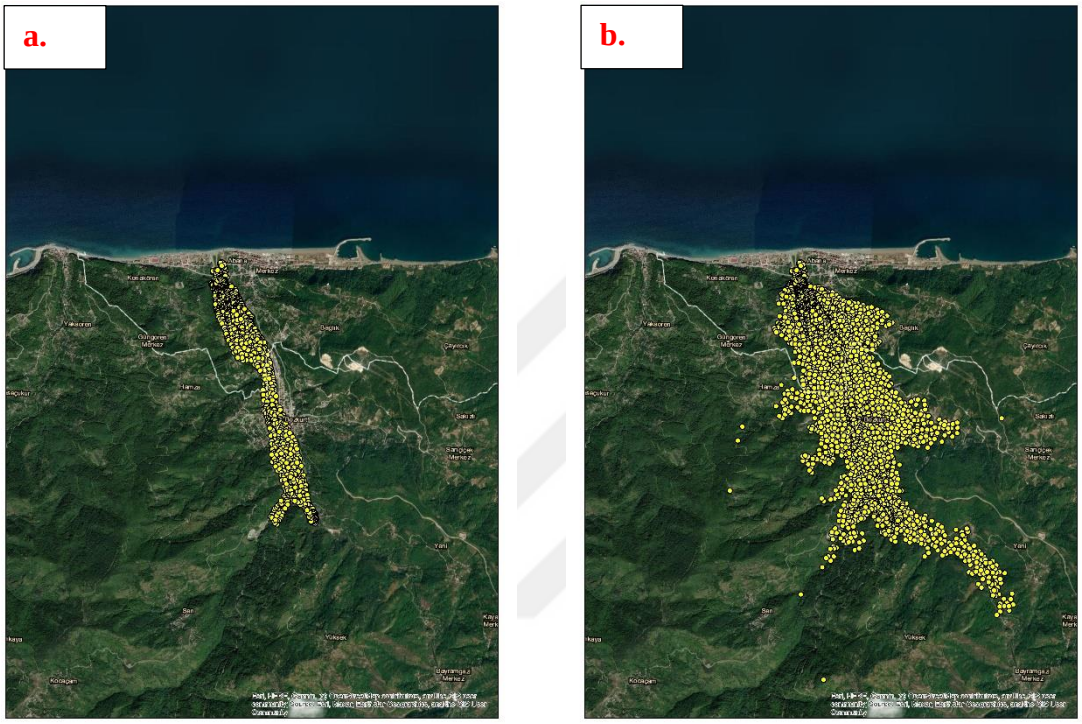
Şekil 5.62. Taşkın Sahası (a; Gerçek Durum, b; Logistic Regression metodu)

Çalışmada havza içi ve havzalar arası tahmin değerlerinde Acc ve Auc değerlerinde ciddi farklılıklar ortaya çıkmamasına rağmen diğer doğrulama yöntemlerinde ciddi farklılıklar oluşmaktadır. Bu durumun başlıca sebebi afet yaşanmayan yerleri yöntem genel anlamda doğru tahminlemesine rağmen yaşanan yerlerde yanılmasıdır (Çizelge 5.55).

Çizelge 5.55. Kastamonu (Bozkurt) Taşkını (2021) Logistic Regression Metodu Doğruluk Değerleri

Havzalar Arası		Havza İçi	
Accuracy	0.81	Accuracy	0.87
Precision	0.55	Precision	0.83
Recall	0.28	Recall	0.72
F-Score	0.37	F-Score	0.65
Auc	0.83	Auc	0.86

Neural Network yöntemi ile oluşturulan Bozkurt taşkını sahası incelendiğinde ilçe merkezi ve civar bölgelerinin yaklaşık tamamı taşkın bölgesi olarak tespit edilmektedir. Gerçek taşkın sahasını komple içinde bulunduran yöntem sonucunda ciddi bir alan taşkın sahası olarak bulunmuştur. Taşkının oluşumuna yağış, yükselti, twı değerleri en yüksek ağırlık değerleri ile etki ederken 3549 noktada afet yaşanma durumu tespit edilmiştir (Şekil 5.63).



Şekil 5.63. Taşkın Sahası (a; Gerçek Durum, b; Neural Network (MLP) metodu)

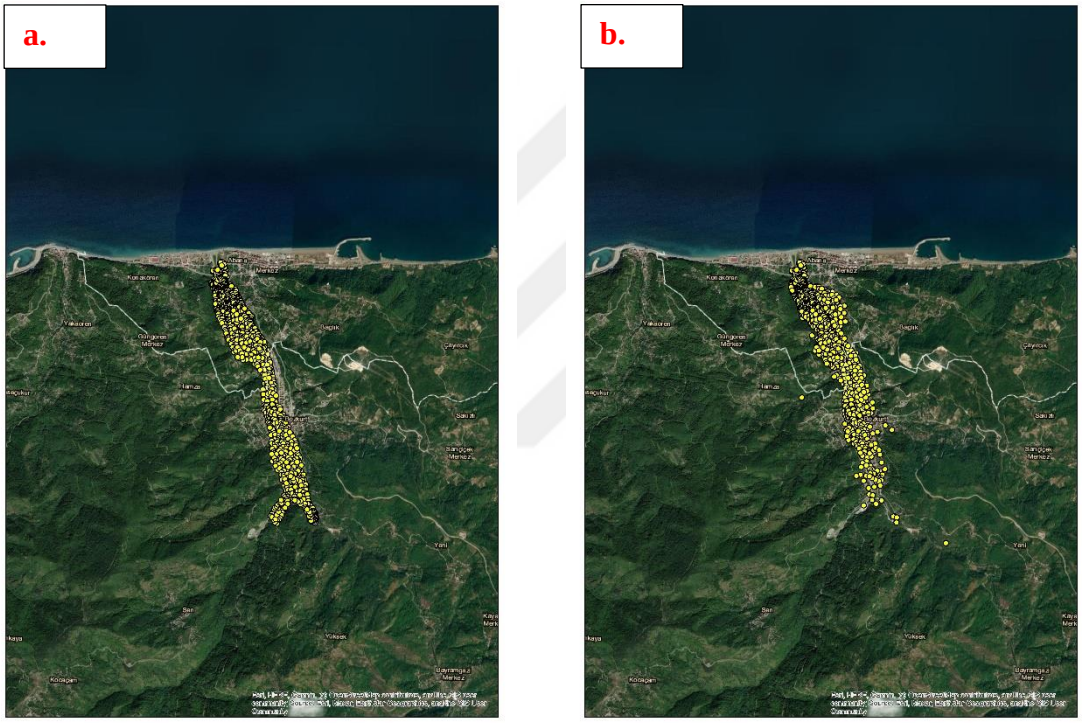
Auc ve Recall doğrulama yöntemi değerlerinde havzalar arası yöntem yüksek doğruluk değerlerine ulaşırken diğer 3 doğrulama yönteminde havza içi yöntem daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Recall doğrulama değerinin 1 değerine yakın çıkıp Precision doğrulama değerinin %50 değerinin altında kalmasının nedeni yöntemin gerçekleşen durumları tahmin etmesine rağmen yaşanmayan noktaları da yaşanmış olarak tahmin etmesidir (Çizelge 5.56).

Çizelge 5.56. Kastamonu (Bozkurt) Afeti (2021) Neural Network Metodu Doğruluk Değerleri

Havzalar Arası		Havza İçi	
Accuracy	0.75	Accuracy	0.86
Precision	0.44	Precision	0.78
Recall	0.99	Recall	0.91

F-Score	0.61	F-Score	0.78
Auc	0.95	Auc	0.90

Random Forrest metodu ile hazırlanan Bozkurt taşkın sahası tahmini ile gerçek durum birbirine oldukça yakın haritalar meydana getirmiştir. Bu yöntemle taşkının başlangıç noktaları olan ana akarsunun iki kolu üzerinde taşkın görünmemesi gerçek durumla gözlemlenen tek farkı meydana getirmektedir. Yükselti ve yağış taşkının oluşmasına %60 kadar pay sahibi olmaktayken eğim ve drenaj yoğunluğu ise 3. sırada taşkına etkili parametrelerdir (Şekil 5.64).



Şekil 5.64. Taşkın Sahası (a; Gerçek Durum, b; Random Forrest metodu)

Random Forrest metodu hem havza içinde hemde havzalar arası tahminde oldukça yüksek doğruluk değerleri ile tahminde bulunmuştur (Çizelge 5.57).

Çizelge 5.57. Kastamonu (Bozkurt) Afeti (2021) Random Forrest Metodu Doğruluk Değerleri

Havzalar Arası		Havza İçi	
Accuracy	0.90	Accuracy	0.94
Precision	0.80	Precision	0.86
Recall	0.69	Recall	0.86
F-Score	0.74	F-Score	0.86
Auc	0.96	Auc	0.91

6. SONUÇLAR

Taşkınlar; bir havzanın jeomorfolojik özellikleri, arazi kullanımı, akarsu yataklarına yapılan müdahaleler, şiddetli ve ani yağışlar, ani kar erimeleri ile toprak su doygunluğunun artması ve yüzeysel akış hızının yükselmesi gibi bir veya birden fazla faktörün etkisiyle oluşmaktadır. Bu tezde, literatürde yer alan yaygın ve yenilikçi taşkın tahmin yöntemlerini incelemek, bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajlarını ortaya koymak amaçlanmıştır. Çalışmanın sonuçları aşağıda özetlenmektedir.

Tez kapsamında geleneksel yöntemlerden AHP ve FR modelleri, yenilikçi bir yaklaşım olan M5PRT makine öğrenimi yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Doğu Karadeniz Bölümünde gerçekleşen 41 taşkın olayı üzerinde yapılan analizlerde, AHP yöntemi ortalama %78, FR yöntemi ortalama %85 ve M5PRT yöntemi ortalama %91 doğruluk oranı ile sonuç vermiştir. Yöntemlerin doğruluk oranlarının havzadan havzaya değişkenlik gösterdiği ve M5PRT modelinin, veri sayısının az olduğu havzalarda başarı oranının düştüğü belirlenmiştir. Ayrıca, bu incelemeler sonucunda yükselti ve yağış parametrelerinin taşkın oluşumunda %50'nin üzerinde etkinliğe sahip olduğu tespit edilmiştir.

Makine öğrenimi yöntemiyle gerçekleştirilen taşkın tahmin çalışmalarında; "kaç veri kullanılmalı, hangi yöntem tercih edilmeli, kaç parametre gerekli ve hangi doğrulama yöntemi kullanılmalı" gibi soruların literatürde önemli bir genelleme problemi oluşturduğu görülmüştür. Bu çalışmada, bu soruları yanıtlamak adına 9 farklı makine öğrenimi yöntemi, 41 farklı havza, 9 farklı parametre ve 5 ayrı doğrulama yöntemiyle analiz edilmiştir. Çalışmada kullanılan taşkın verilerinin sayısı, minimum 200 ve maksimum 1600 arasında değişmektedir. İnceleme sonuçlarına göre 41 havzanın 36'sında yükselti, taşkınları tetikleyen ana parametre olarak öne çıkmıştır. Tetikleyici parametrelerin ağırlık değerlerinin, veri sayısından çok havza karakteristiklerine göre değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Kullanılan makine öğrenimi yöntemlerinden Extra Trees**,** Gradient Boosting ve Random Forest algoritmaları, tüm veri aralıklarında (%200-1600 veri) %95'in üzerinde doğruluk oranlarına ulaşmıştır. Ancak AdaBoost, GaussianNB ve Decision Tree yöntemlerinin bazı veri aralıklarında başarı sağladığı, ancak diğer aralıklarda performanslarının düştüğü gözlemlenmiştir. Logistic Regression, Destek Vektör Makineleri (SVM) ve K-Neighbors

algoritmalarının ise taşkın tahmin çalışmalarında genel anlamda yeterli uyum sağlayamadığı belirlenmiştir.

Taşkın tahmini çalışmalarında karşılaşılan en büyük problemlerden biri, hiç verisi bulunmayan havzaların analizi ve tahminidir. Bu tez kapsamında, havzalar arası taşkın tahmini yapılmış; bir havzada eğitilen modelin, başka bir havzada taşkın tahmini için kullanımı test edilmiştir. Ayrıca geçmiş taşkın kayıtlarından yararlanılarak gelecekteki taşkınlar tahmin edilmiştir. Bu kapsamda, 1950-2020 yıllarına ait taşkın kayıtları kullanılarak, 2021 yılında Kastamonu-Bozkurt taşkınının 9 farklı makine öğrenimi yöntemi ile tahmini gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre Gradient Boosting, oluşturulan hibrit model ve Random Forest yöntemi, %90'ın üzerinde doğruluk oranıyla taşkını başarılı bir şekilde tahmin etmiştir.

Makine öğrenimi algoritmalarının, taşkın gibi karmaşık yapıya sahip afetleri analiz etme yeteneği, bu yöntemleri taşkın çalışmalarında oldukça başarılı kılmaktadır. Çalışma kapsamında, ilgili kurum ve kuruluşlardan elde edilen afet raporları bir araya getirilmiş; farklı kurumlardan alınan detaylı veriler düzenlenmiş, sınıflandırılmış ve CBS yazılımı kullanılarak sayısal ortama aktarılmıştır. Bu düzenleme ve yorumlama süreci, ileride yapılacak akademik ve uygulamalı çalışmalara önemli bir kaynak altlığı sağlamaktadır.

7. KAYNAKLAR

Adiat, K. A. N., Nawawi, M. N. M., & Abdullah, K. (2012). Assessing the accuracy of GIS-based elementary multi criteria decision analysis as a spatial prediction tool–a case of predicting potential zones of sustainable groundwater resources. Journal of Hydrology, 440, 75-89.

Ahmad, D., & Afzal, M. (2020). Flood hazards and factors influencing household flood perception and mitigation strategies in Pakistan. Environmental Science and Pollution Research, 27(13), 15375-15387.

Ahmadlou, M., Al-Fugara, A. K., Al-Shabeeb, A. R., Arora, A., Al-Adamat, R., Pham, Q. B., & Sajedi, H. (2021). Flood susceptibility mapping and assessment using a novel deep learning model combining multilayer perceptron and autoencoder neural networks. Journal of Flood Risk Management, 14(1), e12683.

Akay, H. (2021). Flood hazards susceptibility mapping using statistical, fuzzy logic, and MCDM methods. Soft Computing, 25(14), 9325-9346.

Alaz, A. (2005). Türkiye'de atmosfer kökenli doğal afetlerin bugünü ve yarını. Ulusal Coğrafya Kongresi Bildiriler Kitabı, 447-455.

Anaraki, M. V., Farzin, S., Mousavi, S. F., & Karami, H. (2021). Uncertainty analysis of climate change impacts on flood frequency by using hybrid machine learning methods. Water Resources Management, 35, 199-223.

Arami, S. A., Alvandi, E., Frootandanesh, M., Tahmasebipour, N., & Sangchini, E. K. (2017). Prioritization of watersheds in order to perform administrative measures using fuzzy analytic hierarchy process. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 67(1), 13-21.

Archer, K. J., & Kimes, R. V. (2008). Empirical characterization of random forest variable importance measures. Computational statistics & data analysis, 52(4), 2249-2260.

Ardabili, S. F., Najafi, B., Alizamir, M., Mosavi, A., Shamshirband, S., & Rabczuk, T. (2018). Using SVM-RSM and ELM-RSM approaches for optimizing the production process of methyl and ethyl esters. Energies, 11(11).

Avand, M., Kuriqi, A., Khazaei, M., & Ghorbanzadeh, O. (2022). DEM resolution effects on machine learning performance for flood probability mapping. Journal of Hydro-Environment Research, 40, 1-16.

Avcı, V., Sunkar, M., & Toprak, A. (2017). Malatya kuzeydoğusunda Ballı ve Memikan dereleri arasındaki sahanın erozyon duyarlılık analizi. Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (27), 769-799.

Balcı, E., Bilgen, G., & Aksoy, S. H. (2024). Flood risk awareness and transportation mode choice in communities with varying flooding frequencies: The cases of Bozkurt, Kastamonu, Turkey and Malanday, Marikina, Philippines. International Journal of Disaster Risk Reduction, 113, 104819.

Bates, P. D., Quinn, N., Sampson, C., Smith, A., Wing, O., Sosa, J., & Krajewski, W. F. (2021). Combined modeling of US fluvial, pluvial, and coastal flood hazard under current and future climates. Water Resources Research, 57(2), e2020WR028673.

Bentéjac, C., Csörgő, A., & Martínez-Muñoz, G. (2021). A comparative analysis of gradient boosting algorithms. Artificial Intelligence Review, 54, 1937-1967.

Beven, K. J., & Kirkby, M. J. (1979). A physically based, variable contributing area model of basin hydrology/Un modèle à base physique de zone d'appel variable de l'hydrologie du bassin versant. Hydrological sciences journal, 24(1), 43-69.

Bickel, P. J., & Doksum, K. A. (2001). Mathematical statistics (2nd ed., Vol. 1). Englewood Cliffs: Prentice Hall.

Bilgen, G., Balcı, E., & Kalça, M. Y. (2022). Kastamonu Bozkurt ilçesinde 11.08. 2021 tarihinde meydana gelen sel felaketinin yerinde incelenmesi. Tasarım Mimarlık ve Mühendislik Dergisi, 2(1), 20-35.

Bitek, D. (2023). Edirne Oğulpaşa deresi havzasının coğrafi bilgi sistemleri yöntemleri taşkın risk analizi (Master's thesis, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi).

Breiman, L. (2001). Random forests. Machine learning, 45, 5-32.

Bringas, R. V. (2016). Deterministic hydrological modeling for flood risk assessment in large urban environments: application to Mexico City (Doctoral dissertation, Université Côte d'Azur).

Bui, D. T., Pradhan, B., Nampak, H., Bui, Q. T., Tran, Q. A., & Nguyen, Q. P. (2016). Hybrid artificial intelligence approach based on neural fuzzy inference model and metaheuristic optimization for flood susceptibilitgy modeling in a high-frequency tropical cyclone area using GIS. Journal of Hydrology, 540, 317-330.

Burnash, R. J. (1973). A generalized streamflow simulation system: Conceptual modeling for digital computers. US Department of Commerce, National Weather Service, and State of California, Department of Water Resources.

Çeliker, M., Yükseler, U., & Dursun, Ö. F. (2021). Trend analyses for discharge-recharge of Tacin karstic spring (Kayseri, Turkey). Journal of African Earth Sciences, 184, 104344.

Chang, F. J., Hsu, K., & Chang, L. C. (Eds.). (2019). Flood forecasting using machine learning methods. MDPI.

Charbuty, B., & Abdulazeez, A. (2021). Classification based on decision tree algorithm for machine learning. Journal of Applied Science and Technology Trends, 2(01), 20-28.

Chen, Y. R., Yeh, C. H., & Yu, B. (2011). Integrated application of the analytic hierarchy process and the geographic information system for flood risk assessment and flood plain management in Taiwan. Natural hazards, 59, 1261-1276.

Choubin, B., Moradi, E., Golshan, M., Adamowski, J., Sajedi-Hosseini, F., & Mosavi, A. (2019). An ensemble prediction of flood susceptibility using multivariate discriminant analysis, classification and regression trees, and support vector machines. Science of the Total Environment, 651, 2087-2096.

Chung, C. J. F., & Fabbri, A. G. (1999). Probabilistic prediction models for landslide hazard mapping. Photogrammetric engineering and remote sensing, 65(12), 1389-1399.

Çiçek, İ., & Ataol, M. (2009). Türkiye'nin su potansiyelinin belirlenmesinde yeni bir yaklaşım. Coğrafi Bilimler Dergisi, 7(1), 51-65.

Costache, R. (2019). Flood susceptibility assessment by using bivariate statistics and machine learning models-a useful tool for flood risk management. Water Resources Management, 33(9), 3239-3256.

Dano, U. L. (2022). An AHP-based assessment of flood triggering factors to enhance resiliency in Dammam, Saudi Arabia. GeoJournal, 87(3), 1945-1960.

Dastorani, M. T., & Khayatzadeh, M. (2010). Evaluation of the most important factors effecting maximum flood discharge using sensitivity analysis of empirical formulae.

Debnath, J., Debbarma, J., Debnath, A., Meraj, G., Chand, K., Singh, S. K., & Saikia, A. (2024). Flood susceptibility assessment of the Agartala Urban Watershed, India, using machine learning algorithm. Environmental Monitoring and Assessment, 196(2), 110.

Deka, P. C. (2014). Support vector machine applications in the field of hydrology: a review. Applied soft computing, 19, 372-386.

Dewan, A. M., Islam, M. M., Kumamoto, T., & Nishigaki, M. (2007). Evaluating flood hazard for land-use planning in greater Dhaka of Bangladesh using remote sensing and GIS techniques. Water resources management, 21, 1601-1612.

Doğan, E., Temiz, T., & Sümer, M. (2023). Kamara deresi taşkın risk yayılımının incelenmesi. Journal of Innovative Engineering and Natural Science, 3(1), 13-26.

DSİ. (1996), "Doğu Karadeniz Taşkınları Raporu (1970-1995)" DSİ Yayınları, Trabzon.

DSİ. (2006) Su Dünyası Dergisi, Sayı: 34, DSİ Vakfı Yayınları, Ankara.

DSİ. (2006) Trabzon Taşkınları Raporu (2004,2005,2006), DSİ Yayınları, Trabzon

Duman, N., & İrcan, M. R. (2022). Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Çankırı Merkez İlçesinin Taşkın Duyarlılık Analizi. Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, (9), 50-66.

Dutta, D., Herath, S., & Musiake, K. (2000). Flood inundation simulation in a river basin using a physically based distributed hydrologic model. Hydrological processes, 14(3), 497-519.

Ekmekcioğlu, Ö., Koc, K., & Özger, M. (2021). Stakeholder perceptions in flood risk assessment: A hybrid fuzzy AHP-TOPSIS approach for Istanbul, Turkey. International Journal of Disaster Risk Reduction, 60, 102327.

El-Haddad, B. A., Youssef, A. M., Pourghasemi, H. R., Pradhan, B., El-Shater, A. H., & El-Khashab, M. H. (2021). Flood susceptibility prediction using

four machine learning techniques and comparison of their performance at Wadi Qena Basin, Egypt. Natural Hazards, 105, 83-114.

El-Magd, S. A. A., Ahmed, H., Pham, Q. B., Linh, N. T. T., Anh, D. T., Elkhrachy, I., & Masoud, A. M. (2022). Possible factors driving groundwater quality and its vulnerability to land use, floods, and droughts using hydrochemical analysis and GIS approaches. Water, 14(24), 4073.

Elsheikh, R. F. A., Ouerghi, S., & Elhag, A. R. (2015). Flood risk map based on GIS, and multi criteria techniques (case study Terengganu Malaysia). Journal of Geographic Information System, 7(4), 348-357.

Erdoğan, Ö., Perçin, H., & Memlük, Y. (2019). Orman Alanlarının Ahp Yöntemi Kullanılarak Kütahya Kenti Örneğinde İrdelenmesi. Gsı Journals Serie C: Advancements İn Information Sciences and Technologies, 2(1), 61-77.

Erener, A., & Düzgün, H. S. B. (2010). Improvement of statistical landslide susceptibility mapping by using spatial and global regression methods in the case of More and Romsdal (Norway). Landslides, 7, 55-68.

Erinç, S. (1969). Klimatoloji ve metodları. İstanbul Universitesi, Companyğrafya Enstitüsü.

Ertan, A., Özelkan, E., & Karaman, M. (2021). AHP Kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Sel ve Taşkın Alanlarının Belirlenmesi: ÇanakkaleKaramenderes Havzası Örneği. Journal of Research in Atmospheric Science, 3(2).

Ertürk, E., Nihat, K. A. Y. A., & Mercan, S. (2021). Taşkın risk haritasının oluşturulması: Trabzon ili Vakfıkebir ilçesi Kirazlı Deresi örneği. Afet ve Risk Dergisi, 4(1), 84-98.

Fatih, I. Ş. I. K., Bahadir, M., Zeybek, H. I., & Çağlak, S. (2020). Karadere Çayı Taşkını (Araklı-Trabzon). Mavi Atlas, 8(2), 526-547.

Fawcett, R. J. B., & Stone, R. C. (2010). A comparison of two seasonal rainfall forecasting systems for Australia. Australian Meteorological and Oceanographic Journal, 60(1), 15.

Feizizadeh, B., Gheshlaghi, H. A., & Bui, D. T. (2021). An integrated approach of GIS and hybrid intelligence techniques applied for flood risk modeling. Journal of Environmental Planning and Management, 64(3), 485-516.

Fotovatikhah, F., Herrera, M., Shamshirband, S., Chau, K. W., Faizollahzadeh Ardabili, S., & Piran, M. J. (2018). Survey of computational intelligence as basis to big flood management: Challenges, research directions and future work. Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics, 12(1), 411-437.

Friedman, J. H. (2002). Stochastic gradient boosting. Computational statistics & data analysis, 38(4), 367-378.

GeoFabrik, (2021). Geofabrik: openstreetmap data, web tabanlı uygulama adresi, (1 Haziran 2021) https://download.geofabrik.de/europe/turkey.html adresinden edinilmiştir.

Geurts, P., Ernst, D., & Wehenkel, L. (2006). Extremely randomized trees. Machine learning, 63, 3-42.

Geurts, P., Ernst, D., & Wehenkel, L. (2006). Extremely randomized trees. Machine learning, 63, 3-42.

Gittleman, M,, Farmer, C,J,, Kremer, P,, McPhearson, T., (2017). Estimating stormwater runoff for community gardens in New York City, Urban Ecosyst, 20 (1), 129–139.

Goumrasa, A., Guendouz, M., Guettouche, M. S., & Belaroui, A. (2021). Flood hazard susceptibility assessment in Chiffa wadi watershed and along the first section of Algeria North–South highway using GIS and AHP method. Applied Geomatics, 1-21.

Göztepe, S., Bahadir, M., & Halithan, Ş. TR (2022). Hatip Çayı Havzası'nda (Ankara) Taşkınların Coğrafi Analizi ve Taşkın Duyarlılığı.

Gürgen, G. (2004). Doğu Karadeniz Bölümünde Maksimum Yağışlar ve Taşkınlar Açısından Önemi. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 24(2).

Ha, H., Bui, Q. D., Nguyen, H. D., Pham, B. T., Lai, T. D., & Luu, C. (2022). A practical approach to flood hazard, vulnerability, and risk assessing and mapping for Quang Binh province, Vietnam. Environment, Development and Sustainability, 1-30.

Habiyakare, T., Nian-qing, Z., & Xinping, S. (2016). Flooding events assessment using mike flood model, Dongting Lake, China. Int J Innov Res, 5(1), 2277-5668.

Hamed, K., & Rao, A. R. (Eds.). (2019). Flood frequency analysis. CRC press.

Hanson, L. A. M., Schulz, J. A., Flood, C. G., Cooley, B., & Tam, F. (2006). Vaginal pessaries in managing women with pelvic organ prolapse and urinary incontinence: patient characteristics and factors contributing to success. International Urogynecology Journal, 17, 155-159.

Henrik, T., & Robin, W. (2017). Naive Bayes-klassificering av förarbeteende.

Holmes, J., & Meyerhoff, M. (1999). The community of practice: Theories and methodologies in language and gender research. Language in society, 28(2), 173-183.

Horning N., (2010). RandomForests : An algorithm for image classification and generation of continuous fields data sets, International Conference on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences (GISIDEAS) 2010, 9-11 December, Hanoi,Vietnam,wgrass.media.Osaka cu.ac.jp/gisideas10/viewpaper.php?id=342.

Hoseini, Y., Azari, A., & Pilpayeh, A. (2017). Flood modeling using WMS model for determining peak flood discharge in southwest Iran case study: Simili basin in Khuzestan Province. Applied Water Science, 7, 3355-3363.

Hosmer, D. W., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. X. (1989). The multiple logistic regression model. Applied logistic regression, 1, 25-37.

Islam, A. R. M. T., Talukdar, S., Mahato, S., Kundu, S., Eibek, K. U., Pham, Q. B., & Linh, N. T. T. (2021). Flood susceptibility modelling using advanced ensemble machine learning models. Geoscience Frontiers, 12(3), 101075.

Jadda, M., Shafri, H. Z. M., Mansor, S. B., Sharifikia, M., & Pirasteh, S. (2009). Landslide susceptibility evaluation and factor effect analysis using Probabilistic-Frequency Ratio model. European Journal of Scientific Research.

Janizadeh, S., Avand, M., Jaafari, A., Phong, T. V., Bayat, M., Ahmadisharaf, E., & Lee, S. (2019). Prediction success of machine learning methods for flash flood susceptibility mapping in the Tafresh watershed, Iran. Sustainability, 11(19), 5426.

Janizadeh, S., Pal, S. C., Saha, A., Chowdhuri, I., Ahmadi, K., Mirzaei, S., & Tiefenbacher, J. P. (2021). Mapping the spatial and temporal variability of flood hazard affected by climate and land-use changes in the future. Journal of Environmental Management, 298, 113551.

Jekabsons, G. (2016). M5'regression tree, model tree, and tree ensemble toolbox for Matlab/Octave ver. 1.7. 0.

Jothimani, M., Dawit, Z., & Mulualem, W. (2021). Flood susceptibility modeling of Megech river catchment, lake tana basin, north western Ethiopia, using morphometric analysis. Earth Systems and Environment, 5(2), 353-364.

Kahraman, C., Cebeci, U., & Ruan, D. (2004). Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: The case of Turkey. International journal of production economics, 87(2), 171-184.

Karakuş, C. B., & Ceylan, Ş. (2022). Coğrafi Bilgi Sistemi Tabanli AHP Kullanilarak Taşkin Tehlike Haritalamasi. Mühendislik Bilimleri Ve Tasarım Dergisi, 10(4), 1155-1173.

Karim, F., Armin, M. A., Ahmedt-Aristizabal, D., Tychsen-Smith, L., & Petersson, L. (2023). A review of hydrodynamic and machine learning approaches for flood inundation modeling. Water, 15(3), 566.

Kasiviswanathan, K. S., He, J., Sudheer, K. P., & Tay, J. H. (2016). Potential application of wavelet neural network ensemble to forecast streamflow for flood management. Journal of hydrology, 536, 161-173.

Khlaifat, A. L., Fakher, S., & Harrison, G. H. (2023). Evaluating Factors Impacting Polymer Flooding in Hydrocarbon Reservoirs: Laboratory and Field-Scale Applications. Polymers, 16(1), 75.

Khosravi, K,, Nohani, E,, Maroufinia, E,, Pourghasemi, H. R. (2016a). A GIS-based flood susceptibility assessment and its mapping in Iran: a comparison between frequency ratio and weights-of-evidence bivariate statistical models with multi-criteria decision-making technique, Nat, Hazards 83 (2), 947–987.

Kobold, M., Susnik, M. (2000). Watershed Modeling and Surface Runoff Simulation. International Symposion Interpraevent 2000-Villach Österreich 329-338

Koçyiğit, M. B., Akay, H., & Babaiban, E. (2021). Temel bileşen analizi kullanılarak Doğu Akdeniz Havzası ani taşkın potansiyelinin morfometrik yaklaşımla değerlendirilmesi. Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University, 36(3).

Kömüşcü, A. U., Aksoy, M., Çelik, S., Ciba, Ö. F., Uğurlu, A., Turgu, E., & Emel, Ü. N. A. L. (2021). 22 Ağustos 2020 Tarihinde Giresun Ve İlçelerinde Meydana Gelen Şiddetli Yağış Ve Sel Olayının Meteorolojik Ve Hidrometeorolojik Analizi. Su Kaynakları, 6(1), 1-14.

Kourgialas, N. N., & Karatzas, G. P. (2011). Flood management and a GIS modelling method to assess flood-hazard area a case study. Hydrological Sciences Journal–Journal des Sciences Hydrologiques, 56(2), 212-225.

Kramer, O., & Kramer, O. (2013). K-nearest neighbors. Dimensionality reduction with unsupervised nearest neighbors, 13-23.

Kuang, D., & Liao, K. H. (2020). Learning from Floods: Linking flood experience and flood resilience. Journal of environmental management, 271, 111025.

Kundzewicz, Z. W., Su, B., Wang, Y., Xia, J., Huang, J., & Jiang, T. (2019). Flood risk and its reduction in China. Advances in Water Resources, 130, 37-45.

Lane, S. N. (2017). Natural flood management. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 4(3), e1211.

Lee S., Choi J., Min K. (2004), Landslide hazard mapping using gıs and remote sensing data at Boun, Korea. Int J Remote Sensing 25, 2037-2052.

Lee, S,, & Min, K. (2001). Statistical analysis of landslide susceptibility at Yongin, Korea, Environmental Geology, 40(9), 1095-1113,.

Lei, X., Chen, W., Panahi, M., Falah, F., Rahmati, O., Uuemaa, E., & Bian, H. (2021). Urban flood modeling using deep-learning approaches in Seoul, South Korea. Journal of Hydrology, 601, 126684.

Liu, Z., Felton, T., & Mostafavi, A. (2024). Interpretable machine learning for predicting urban flash flood hotspots using intertwined land and built-environment features. Computers, Environment and Urban Systems, 110, 102096.

Lohani, A. K., Goel, N. K., & Bhatia, K. K. S. (2014). Improving real time flood forecasting using fuzzy inference system. Journal of hydrology, 509, 25-41.

Lowe, D., Ebi, K. L., & Forsberg, B. (2013). Factors increasing vulnerability to health effects before, during and after floods. International journal of environmental research and public health, 10(12), 7015-7067.

Lu Lei, L. L., Luo GePing, L. G., & Wang JiYan, W. J. (2014). Development of an ATI-NDVI method for estimation of soil moisture from MODIS data.

Mahato, S., Pal, S., Talukdar, S., Saha, T. K., & Mandal, P. (2021). Field based index of flood vulnerability (IFV): A new validation technique for flood susceptible models. Geoscience Frontiers, 12(5), 101175.

Malik, M. I., Bhat, M. S., & Kuchay, N. A. (2011). Watershed based drainage morphometric analysis of Lidder catchment in Kashmir valley using geographical information system. Recent Research in Science and Technology, 3(4), 118-126.

Malik, S., Pal, S. C., Arabameri, A., Chowdhuri, I., Saha, A., Chakrabortty, R., & Das, B. (2021). GIS-based statistical model for the prediction of flood hazard susceptibility. Environment, Development and Sustainability, 23(11), 16713-16743.

Meena, Y. R., & Gupta, A. K. (2017). A Study on Urban Flood Vulnerability in Vrishabhavathi Valley Watershed, Bengaluru, Karnataka using AHP, GIS and RS Techniques. International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS, 6(1), 2325-2342.

Meraj, G,, Romshoo, S,A,, Yousuf, A,R,, Altaf, S,, Altaf, F. (2015). Assessing the influence of watershed characteristics on the flood vulnerability of Jhelum basin in Kashmir Himalaya, Nat, Hazards 77 (1), 153–175.

Meral, A., & Eroğlu, E. (2021). Evaluation of flood risk analyses with AHP, Kriging, and weighted sum models: example of Çapakçur, Yeşilköy, and Yamaç microcatchments. Environmental Monitoring and Assessment, 193(8), 1-15.

Mileti, D. S. (1995, November). Factors related to flood warning response. In US-Italy research workshop on the hydrometeorology, impacts, and management of extreme floods (pp. 1-17).

Minglei, R., Liuqian, D., Gang, W., Guangyuan, K., Xiaodi, F., YaFeng, Z., & Liping, Z. (2021, July). Identification of the inter-basin water diversion project-

effected local flood risk factor by using the fishbone-diagram method. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 826, No. 1, p. 012011). IOP Publishing.

Mirzaei, S., Vafakhah, M., Pradhan, B., & Alavi, S. J. (2021). Flood susceptibility assessment using extreme gradient boosting (EGB), Iran. Earth Science Informatics, 14(1), 51-67.

Mojaddadi, H., Pradhan, B., Nampak, H., Ahmad, N., & Ghazali, A. H. B. (2017). Ensemble machine-learning-based geospatial approach for flood risk assessment using multi-sensor remote-sensing data and GIS. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 8(2), 1080-1102.

Mosavi, A., Ozturk, P., & Chau, K. W. (2018). Flood prediction using machine learning models: Literature review. Water, 10(11), 1536.

Mosavi, A., & Rabczuk, T. (2017). Learning and intelligent optimization for material design innovation. In Learning and Intelligent Optimization: 11th International Conference, LION 11, Nizhny Novgorod, Russia, June 19-21, 2017, Revised Selected Papers 11 (pp. 358-363). Springer International Publishing.

Munawar, H. S., Hammad, A. W., & Waller, S. T. (2021). A review on flood management technologies related to image processing and machine learning. Automation in Construction, 132, 103916.

Mustafa, U. T. L. U. (2023). FRı ve Shannon Entropisi Yöntemi Kullanarak Ezine Çayı Havzası Taşkın Duyarlılık Analizi (Kastamonu-Bozkurt). Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, (11), 160-178.

Natarajan, L., Usha, T., Gowrappan, M., Palpanabhan Kasthuri, B., Moorthy, P., & Chokkalingam, L. (2021). Flood susceptibility analysis in chennai corporation using frequency ratio model. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 49(7), 1533-1543.

Natekin, A., & Knoll, A. (2013). Gradient boosting machines, a tutorial. Frontiers in neurorobotics, 7, 21.

Nguyen, H. D. (2023). Spatial modeling of flood hazard using machine learning and GIS in Ha Tinh province, Vietnam. Journal of Water and Climate Change, 14(1), 200-222.

Nofal, O. M., & van de Lindt, J. W. (2021). High-resolution flood risk approach to quantify the impact of policy change on flood losses at community-level. International Journal of Disaster Risk Reduction, 62, 102429.

Nsangou, D., Kpoumié, A., Mfonka, Z., Ngouh, A. N., Fossi, D. H., Jourdan, C., & Ngoupayou, J. R. N. (2022). Urban flood susceptibility modelling using AHP and GIS approach: case of the Mfoundi watershed at Yaoundé in the South-Cameroon plateau. Scientific African, 15, e01043.

Oğuz, K., Oğuz, E., Coşkun, M. (2016). Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Taşkın Risk Alanlarının Belirlenmesi: Artvin İli Örneği (pp:793-804). Ulusal Taşkın Sempozyumu Tebliğler Kitabı, 21-24 Kasım, Rize.

Onur, A. (1964) Türkiye'de Kar Yağışları ve Yerde Kalma Müddeti Üzerine Bir Edüt, Doktora Tezi, Ankara Üni. Basımevi.

Onuşluel Gül, G. (2013) Estimating flood exposure potentials in Turkish catchments through index-based flood mapping. Nat Hazards 69:403–423 https://doi.org/10.1007/s11069-013-0717-8

Ortiz-García, E. G., Salcedo-Sanz, S., & Casanova-Mateo, C. (2014). Accurate precipitation prediction with support vector classifiers: A study including novel predictive variables and observational data. Atmospheric research, 139, 128-136.

Özcan, O., Musaoğlu N., Şeker, D., Z. (2009).Taşkın alanlarının CBS ve uzaktan algılama yardımıyla belirlenmesi ve risk yönetimi; Sakarya Havzası Örneği. TMMOB Harita veKadastro Mühendisleri Odası, 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 11-15 Mayıs 2009, Ankara.

Özcan, O. (2008). Sakarya Nehri Alt Havzası'nın taşkın riski analizinin Uzaktan Algılama ve CBS ile belirlenmesi (Doctoral dissertation, Bilişim Ensititüsü).

Özcan, O. (2017). Taşkın tespitinin farklı yöntemlerle değerlendirilmesi; Ayamama Deresi örneği. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 3(1), 9-27

Ozdemir, A., & Altural, T. (2013). A comparative study of frequency ratio, weights of evidence and logistic regression methods for landslide susceptibility mapping: Sultan mountains, SW Turkey. Journal of Asian Earth Sciences. https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.12.014

Özşahin, E. (2013). Arnavutluk'ta Taşkın Risk Analizi. International Journal Of Eurasia Social Sciences, 2013(12), 91-109.

Panahi, M., Jaafari, A., Shirzadi, A., Shahabi, H., Rahmati, O., Omidvar, E., & Bui, D. T. (2021). Deep learning neural networks for spatially explicit prediction of flash flood probability. Geoscience Frontiers, 12(3), 101076.

Patel, D. P., Srivastava, P. K. (2013). Flood hazards mitigation analysis using remote sensing and GIS: correspondence with town planning scheme. Water resources management, 27(7), 2353-2368.

Peng, L., Wang, Y., Yang, L., Garchagen, M., & Deng, X. (2024). A comparative analysis on flood risk assessment and management performances between Beijing and Munich. Environmental Impact Assessment Review, 104, 107319.

Pham, B. T., Avand, M., Janizadeh, S., Phong, T. V., Al Ansari, N., Ho, L. S., Das, S., Van Le, H., Amini, A., Bozchaloei, S. K., Jafari, F.,& Prakash, I. (2020). GIS based hybrid computational approaches for flash flood susceptibility assessment. Water, 12(3), (pp. 1-30), https://doi.org/10.3390/w12030683

Pham, B. T., Avand, M., Janizadeh, S., Phong, T. V., Al-Ansari, N., Ho, L. S., & Prakash, I. (2020). GIS based hybrid computational approaches for flash flood susceptibility assessment. Water, 12(3), 683.

Pisner, D. A., & Schnyer, D. M. (2020). Support vector machine. In Machine learning (pp. 101-121). Academic Press.

Pitt, M. (2008) Learning Lessons from the 2007 Floods; Cabinet Office: London, UK.

Plate, E. J. (2002). Flood risk and flood management. Journal of hydrology, 267(1-2), 2-11.

Pyayt, A. L., Mokhov, I. I., Lang, B., Krzhizhanovskaya, V. V., & Meijer, R. J. (2011). Machine learning methods for environmental monitoring and flood protection. International Journal of Computer and Information Engineering, 5(6), 549-554.

Quinlan, J.R., (1992). Learning with continuous classes, 5th Australian joint conference on artificial intelligence. World Scientific, pp. 343-348.

Rahmati, O,, Pourghasemi, H,R,, Zeinivand, H,. (2016). Flood susceptibility mapping using frequency ratio and weights-of-evidence models in the Golastan Province, Iran, Geocarto Int, 31 (1), 42–70.

Rahmati, O., Zeinivand, H., & Besharat, M. (2016). Flood hazard zoning in Yasooj region, Iran, using GIS and multi-criteria decision analysis. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 7(3), 1000-1017.

Ravansalar, M., Rajaee, T., & Kisi, O. (2017). Wavelet-linear genetic programming: A new approach for modeling monthly streamflow. Journal of Hydrology, 549, 461-475.

Reddy, E. M. K., Gurrala, A., Hasitha, V. B., & Kumar, K. V. R. (2022). Introduction to Naive Bayes and a review on its subtypes with applications. Bayesian reasoning and gaussian processes for machine learning applications, 1-14.

Regmi, A,D,, Devkota, K,C,, Yoshida, K,, Pradhan, B,, Pourghasemi, H,R,, Kumamoto, T,, Akgun, A. (2014). Application of frequency ratio, statistical index, and weights-ofevidence models and their comparison in landslide susceptibility mapping in Central Nepal Himalaya, Arab, J, Geosci, 7 (2), 725–742.

Remondo, J., Gonzalez, A., Teran, J. R. D. D., Cendrero, A., Fabbri, A. ve Chung, C. J. F. (2003). Validation of Landslide Susceptibility Maps; Examples and Applications From A Case Study in Northern Spain. Natural Hazards, 30, 437-449.

Rincón, D., Khan, U., & Armenakis, C. (2018). Flood risk mapping using GIS and multi-criteria analysis: A greater Toronto area case study. Geosciences, 8(8), 275.

Rungo, M., & Olesen, K. W. (2003, October). Combined 1-and 2-dimensional flood modelling. In 4th Iranian Hydraulic Conference (pp. 21-23).

Sahana, M., & Patel, P. P. (2019). A comparison of frequency ratio and fuzzy logic models for flood susceptibility assessment of the lower Kosi River Basin in India. Environmental Earth Sciences, 78(10), 1-27.

Saral, A. (2010). Çok Kriterli Karar Verme Ve Bilgi Difüzyonu Yöntemleri Yardımıyla, Taşkın Risk Analizi Yetkisinin Gerçekleştirilmesi (Doktora tezi, Bilişim Ensititüsü).

Sarkar, D., Saha, S., & Mondal, P. (2021). GIS-based frequency ratio and Shannon's entropy techniques for flood vulnerability assessment in Patna district, Central Bihar, India. International Journal of Environmental Science and Technology, 1-22.

Schapire, R. E. (2013). Explaining adaboost. In Empirical inference: festschrift in honor of vladimir N. Vapnik (pp. 37-52). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Schein, A. I., & Ungar, L. H. (2007). Active learning for logistic regression: an evaluation. Machine Learning, 68, 235-265.

Selçuk, L., Selçuk, A. S., & Kasapoğlu, D. (2016). Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) Tabanlı Çok Kriterli Karar Analizi (Çkka) Kullanılarak, Van Ili Merkez Ilçelerinin Kentsel Taşkın Duyarlılık Değerlendirmesi, Van/Türkiye. Yerbilimleri, 37(1), 1-18.

Selvanathan, S., & Dymond, R. L. (2010). FloodwayGIS: An ArcGIS visualization environment to remodel a floodway. Transactions in GIS, 14(5), 671-688.

Şengün, M. T., Kıranşan, K. (2016). Bulanık-Malazgirt (Muş) Havzası'nın İklim Özellikleri. Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 6(12), 21-50.

Şengün, Mt, Karadeniz, E., & Şaman, B. (2019). Tavşanlı Deresinde (Sivas-Hafik) Taşkın Risk Analizi, 1. İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi Bildiri Kitabı, 20 (22), 653-668.

Sewell, E. B. (2006). A SURFACE HYDROLOGICAL STUDY COMPARING WMS AND ARCHYDRO (Doctoral dissertation, Brigham Young University).

Shafapour Tehrany, M., Kumar, L., Neamah Jebur, M., & Shabani, F. (2019). Evaluating the application of the statistical index method in flood susceptibility mapping and its comparison with frequency ratio and logistic regression methods. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 10(1), 79-101.

Shafapour Tehrany, M., Shabani, F., Neamah Jebur, M., Hong, H., Chen, W., & Xie, X. (2017). GIS-based spatial prediction of flood prone areas using standalone frequency ratio, logistic regression, weight of evidence and their ensemble techniques. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 8(2), 1538-1561.

Siddayao, G. P., Valdez, S. E., Fernandez, P. L. (2014). Analytic hierarchy process (AHP) in spatial modeling for floodplain risk assessment. International Journal of Machine Learning and Computing, 4(5), 450.

Sivapalan, M., Blöschl, G., Merz, R., & Gutknecht, D. (2005). Linking flood frequency to long-term water balance: Incorporating effects of seasonality. Water Resources Research, 41(6).

Solomatine, D. P., & Shrestha, D. L. (2004, July). AdaBoost. RT: a boosting algorithm for regression problems. In 2004 IEEE international joint conference on neural networks (IEEE Cat. No. 04CH37541) (Vol. 2, pp. 1163-1168). IEEE.

Stefanidis, S., & Stathis, D. (2013). Assessment of flood hazard based on natural and anthropogenic factors using analytic hierarchy process (AHP). Natural hazards, 68(2), 569-585.

Suthaharan, S., & Suthaharan, S. (2016). Support vector machine. Machine learning models and algorithms for big data classification: thinking with examples for effective learning, 207-235.

Sütünç, H. S., & Yavuz, V. S. (2022). Taşkın Risk Alanlarının AHP Kullanılarak Mikro-Havza Ölçeğinde Değerlendirilmesi. İDEALKENT, 13(37), 1667-1690.

Tabari, H. (2021). Extreme value analysis dilemma for climate change impact assessment on global flood and extreme precipitation. Journal of Hydrology, 593, 125932.

Taş, M. A., & Yanık, M. E. (2022). AHP (Ahs) Metodu İle Behzat Deresi (Tokat) Havzası Taşkın Risk Analizi. Erzincan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 15(2), 185-199.

Tehrany, M,S,, Pradhan, B,, Jebur, M,N. (2014). Flood susceptibility mapping using a novel ensemble weights-of-evidence and support vector machine models in GIS, J, Hydrol, 512, 332–343.

Tehrany, M. S., Jones, S., & Shabani, F. (2019). Identifying the essential flood conditioning factors for flood prone area mapping using machine learning techniques. *Catena*, *175*, 174-192.

Thompson, S.A. (2017) Hydrology for Water Management; CRC Press: Boca Raton, FL, USA.

Tingsanchali, T. (2012). Urban flood disaster management. Procedia engineering, 32, 25-37.

Tokgözlü, A., & Özkan, E. (2018). Taşkın risk haritalarında AHP yönteminin uygulanması: Aksu Çayı Havzası örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi, (44), 151-176.

Toprak, A., & Canpolat, F. A. (2022). FR, Analitik Hiyerarşi Ve Lojistik Regresyon Modellerinin Taşkin Tehlike Tahmininde Karşilaştirmali Kullanimi, Fatsa İlçe Merkezi Ve Yakin Çevresi Örneği. Lnternational Journal Of Geography And Geography Education, (45), 349-379.

Toprak, A., & Canpolat, F. A. (2022). FR, Analitik Hiyerarşi Ve Lojistik Regresyon Modellerinin Taşkin Tehlike Tahmininde Karşilaştirmali Kullanimi, Fatsa İlçe Merkezi Ve Yakin Çevresi Örneği. Lnternational Journal of Geography and Geography Education, (45), 349-379.

Toprak, A., Yükseler, U., & Yildizhan, E. (2024). Success of machine learning and statistical methods in predicting landslide hazard: the case of Elazig (Maden). Arabian Journal of Geosciences, 17(10), 1-18.

Tsai, L. T., & Yang, C. C. (2012). Improving measurement invariance assessments in survey research with missing data by novel artificial neural networks. Expert Systems with Applications, 39(12), 10456-10464.

Uddin, K., & Matin, M. A. (2021). Potential flood hazard zonation and flood shelter suitability mapping for disaster risk mitigation in Bangladesh using geospatial technology. Progress in disaster science, 11, 100185.

Ullah, R., Shivakoti, G. P., & Ali, G. (2015). Factors effecting farmers' risk attitude and risk perceptions: The case of Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. International journal of disaster risk reduction, 13, 151-157.

Ünal, A., Çamcı, K. G., & Tonyaloğlu, E. E. (2022). Çok Kriterli Karar Analizi İle Doğal Afetlerde Haritalama: Aydın İli Sel-Taşkın Riski Örneği. Ulisa: Uluslararası Çalışmalar Dergisi, 6(2), 136-150.

Utlu, M. (2023). FRı ve Shannon Entropisi Yöntemi Kullanarak Ezine Çayı Havzası Taşkın Duyarlılık Analizi (Kastamonu-Bozkurt). Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, (11), 160-178.

Vedat, A. V. C. I., Sunkar, M., & Toprak, A. (2017). Malatya kuzeydoğusunda Ballı ve Memikan dereleri arasındaki sahanın erozyon duyarlılık analizi. Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (27), 769-799.

Vogel, R. M., Yaindl, C., & Walter, M. (2011). Nonstationarity: flood magnification and recurrence reduction factors in the United States 1. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 47(3), 464-474.

Wang, L., Cui, S., Li, Y., Huang, H., Manandhar, B., Nitivattananon, V., ... & Huang, W. (2022). A review of the flood management: from flood control to flood resilience. Heliyon, 8(11).

Wang, Y., Witten, I.H., (1996). Induction of model trees for predicting continuous classes.

Wasko, C., Westra, S., Nathan, R., Orr, H. G., Villarini, G., Villalobos Herrera, R., & Fowler, H. J. (2021). Incorporating climate change in flood estimation guidance. Philosophical Transactions of the Royal Society A, 379(2195), 20190548.

Webster, T., McGuigan, K., Collins, K., & MacDonald, C. (2014). Integrated river and coastal hydrodynamic flood risk mapping of the lahave river estuary and town of Bridgewater, Nova Scotia, Canada. Water, 6(3), 517-546.

Werner, M. G. F., Hunter, N. M., & Bates, P. D. (2005). Identifiability of distributed floodplain roughness values in flood extent estimation. Journal of Hydrology, 314(1-4), 139-157.

Wu, X., Shen, X., & Li, J. (2022). Flood risk assessment model combining hierarchy process and variable fuzzy set theory: a case study in Zhejiang province, China. Arabian Journal of Geosciences, 15(2), 1-18.

Xu, H., Ma, C., Lian, J., Xu, K., Chaima, E. (2018). Urban flooding risk assessment based on an integrated k-means cluster algorithm and improved entropy weight method in the region of Haikou, China. Journal of hydrology, 563, 975-986.

Yariyan, P., Avand, M., Abbaspour, R. A., Torabi Haghighi, A., Costache, R., Ghorbanzadeh, O., & Blaschke, T. (2020). Flood susceptibility mapping using an improved analytic network process with statistical models. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 11(1), 2282-2314.

Yılmaz, İ., Öztürk, D., & Kırbaş, U. (2017). Çorum ili taşkın tehlikesinin analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak incelenmesi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 3-6.

Yılmaz, İ., Öztürk, D., & Kırbaş, U. (2017). Çorum ili taşkın tehlikesinin analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak incelenmesi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16, 3-6.

Yükseler, U. (2019). Küresel iklim değişikliğinin akarsuların akış potansiyellerine etkisi; Bingöl Göynük Çayı örneği (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi).

Yükseler, U., & Dursun, Ö. F. (2024). Shannon Entropi (SE) ve AHP Metoduyla Artvin (Arhavi) Kapisre Taşkınının İncelenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 29(2), 611-631.

Yükseler, U., & Dursun, Ö. F. (2024). Taşkın Afetlerinin Önceden Tahmin Edilebilirliği; Gümüşhane İlinde Yaşanan Afetlerinin Farklı Yöntemlerle Tahmin Örneklemi. Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 11(23), 22-23.

Yükseler, U., & Dursun, Ö. F. (2024). Taşkın Tahmininde Farklı Havzaların Kullanılması; Artvin Taşkınlarının İncelenmesi Örneği. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 36(2), 827-835.

Yükseler, U., Dursun, Ö. F., & Alashan, S. (2021). Yağışların Mevsimsel Değişimlerinin Eğilim Analiz Yöntemleri İle Araştırılması: Bingöl İli Örneği. El-Cezeri, 8(1), 45-59.

Yukseler, U., Toprak, A., Gul, E., & Dursun, O. F. (2023). Flood hazard mapping using M5 tree algorithms and logistic regression: a case study in East Black Sea Region. Earth Science Informatics, 1-15.

Zhang, Z. (2016). Introduction to machine learning: k-nearest neighbors. Annals of translational medicine, 4(11).

Ziarh, G. F., Asaduzzaman, M., Dewan, A., Nashwan, M. S., & Shahid, S. (2021). Integration of catastrophe and entropy theories for flood risk mapping in peninsular Malaysia. Journal of Flood Risk Management, 14(1), e12686.

8. ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Ufuk Yükseler

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans:** 2017, İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
  2025, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Hukuk Fakültesi
- **Yüksek Lisans:** 2019, İnönü Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Hidrolik Bilim dalı

MESLEKİ DENEYİM:

- 2020-2021 yılları arasında Bingöl Belediyesinde çalıştı.
- 2021'den beri İLBANK A.Ş Erzurum Bölge Müdürlüğünde çalışıyor.

YÜKSEK LİSANS VEYA DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN ÇALIŞMALAR

Yükseler, U., & Dursun, Ö. F. (2019). Bingöl İli Sicaklik Değerlerinin Parametrik Olmayan Testler Kullanilarak Analizi. 1. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, Malatya. 64-70.

Yükseler, U., & Dursun, Ö. F. (2019).Yağış Değerlerinde Mevsimsel Değişimlerin Trend Analiz Yöntemleri Kullanılarak Bingöl İçin Belirlenmesi. 1. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, Malatya. 71-78.

Yükseler, U., Dursun, Ö. F., & Alashan, S. (2021). Yağışların Mevsimsel Değişimlerinin Eğilim Analiz Yöntemleri İle Araştırılması: Bingöl İli Örneği. El-Cezeri, 8(1), 45-59.

Yükseler, U., & Dursun, Ö. F. (2022). İklim Değişikliğinin Taşkin Afeti Üzerine Etkileri; Solakli Çayi Havzası Afetleri. Ege 7th International conference on Applied Sciences, İzmir. 516-533

Yukseler, U., Toprak, A., Gul, E., & Dursun, O. F. (2023). Flood hazard mapping using M5 tree algorithms and logistic regression: a case study in East Black Sea Region. Earth Science Informatics, 1-15.

Yükseler, U., & Dursun, Ö. F. (2023). Determination Of Flood Risk Areas By AHP And Frequency Ratio Method; A Case Study For Fatsa (Ordu). International Conference on Advances and Innovations in Engineering, Elazığ. 320-328.

Yükseler, U., & Dursun, Ö. F. (2023). Location and Seasonal Evaluation of Major Flood Hazards in Rize Province. International Conference on Advances and Innovations in Engineering, Elazığ. 329-336

Yükseler, U., & Dursun, Ö. F. (2023). Investigation of the Effect of Change of Meteorological Parameters on Flood Disaster; Eastern Black Sea Case Study. Proceedings of Theiier International Conference. Romanya. 45, 1-5

Yükseler, U., & Dursun, Ö. F. (2024). Shannon Entropi (SE) ve AHP Metoduyla Artvin (Arhavi) Kapisre Taşkınının İncelenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 29(2), 611-631.

Yükseler, U., & Dursun, Ö. F. (2024). Taşkın Afetlerinin Önceden Tahmin Edilebilirliği; Gümüşhane İlinde Yaşanan Afetlerinin Farklı Yöntemlerle Tahmin Örneklemi. Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 11(23), 22-23.

Yükseler, U., & Dursun, Ö. F. (2024). Taşkın Tahmininde Farklı Havzaların Kullanılması; Artvin Taşkınlarının İncelenmesi Örneği. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 36(2), 827-835.

Yukseler, U., Yaganoglu M., & Dursun, O. F. (2024).Generalizastion Problems of Multimodal Data Used in Machine Learning Methods for Flood Predictions. Ecological Modeling (Under Rewiev)

Yukseler, U., Yaganoglu M., & Dursun, O. F. (2024). Finding the Future of Floods in Their Past. Catena (Under Rewiev)

Yukseler, U., & Dursun, O. F. (2024). Transfer of Inter -Basin Flood Risk Area Estimation Using Machine Learning Methods. Copernicus Publications (Under Rewiev)

YÜKSEK LİSANS VE DOKTORA ÇALIŞMALARI DIŞINDA YAYIN LİSTESİ

Yükseler, U. (2019). Küresel iklim değişikliğinin akarsuların akış potansiyellerine etkisi; Bingöl Göynük Çayı örneği (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi).

Yükseler, U., & Dursun, Ö. F. (2020).Elazığ Baskil İlçesinin Sıcaklık ve Yağış Değerlerinde Değişimin İncelenmesi. Uluslararası Baskil Sempozyumu. Elazığ. 997-1010.

Çeliker, M., Yükseler, U., & Dursun, Ö. F. (2021). Trend analyses for discharge-recharge of Tacin karstic spring (Kayseri, Turkey). Journal of African Earth Sciences, 184, 104344.

Toprak, A., Yükseler, U., & Yildizhan, E. (2024). Success of machine learning and statistical methods in predicting landslide hazard: the case of Elazig (Maden). Arabian Journal of Geosciences, 17(10), 1-18.