

**DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ (RİZE, TRABZON, GİRESUN)
HEYELAN-YAĞIŞ İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ VE MİNİMUM EŞİK
DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Hakkı BALTACI**

Anabilim Dalı : İklim ve Deniz Bilimleri

Programı : Yer Sistem Bilimi

OCAK 2010

**DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ (RİZE, TRABZON, GİRESUN) HEYELAN-
YAĞIŞ İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ VE MİNİMUM EŞİK
DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hakkı BALTACI

(601041002)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 23 Aralık 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Ocak 2010

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mehmet KARACA (İTÜ)

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU (İTÜ)

Doç. Dr. Ömer Lütfü ŞEN (İTÜ)

OCAK 2010

ÖNSÖZ

Gerek lisans gerekse de yüksek lisans tezimde hem beni yalnız bırakmayarak hem de bilimsel ve kişilik anlamında yardımcı olan, araştırmalarımaya cesaret veren ve bana çalışmalarımaya yön gösterdiği için değerli hocam Prof. Dr. Mehmet KARACA' ya, Bu çalışmayı tez haline getirmemi mümkün kılan ve fikirlerini paylaşan Doç. Dr. Ömer Lütfü ŞEN ve Doç. Dr. Tayfun KİNDAP hocama sonsuz Őükranlarımı sunarım.

Ocak 2010

Hakkı BALTACI

Meteoroloji Mühendisi

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amacı.....	1
2. DOĞAL AFETLER	3
2.1 Heyelan.....	7
2.1.1 Düşme.....	7
2.1.2 Devrilme.....	8
2.1.3 Akma.....	9
2.1.4 Kayma.....	10
2.1.4.1 Dairesel kayma.....	10
2.1.4.2 Ötelenmeli kayma.....	11
2.1.5 Yanal yayılma.....	12
2.1.6 Karmaşık hareketler.....	12
2.2 Heyelanın Bölümleri.....	12
2.3 Heyelana Neden Olan Etkenler.....	13
2.3.1 Kuvvetli eğim.....	13
2.3.2 Yağış.....	14
2.3.3 Kaya yapısı.....	14
2.3.4 Tektonik yapı.....	14
3. LİTERATÜR	15
3.1 Terimlerin Tanımlamaları.....	15
3.2 Proses Tabanlı Modeller.....	15
3.3 Deneysel Tabanlı Modeller.....	16
3.3.1 Yağış ölçümleri ile karşılaştırılan eşikler.....	18
4. DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ.....	25
4.1 Rize İli.....	25
4.1.1 Rize'nin jeomorfolojisi.....	25
4.1.2 Rize'nin iklimi.....	26
4.1.3 Rize'nin bitki örtüsü.....	29
4.1.4 Rize'nin akarsu ve gölleri.....	30
4.2 Trabzon İli.....	31
4.2.1 Trabzon'un jeomorfolojisi.....	32
4.2.2 Trabzon'un iklimi.....	32
4.2.3 Trabzon'un bitki örtüsü.....	35
4.2.4 Trabzon'un akarsu ve gölleri.....	36

4.3 Giresun İli.....	37
4.3.1 Giresun'un yeryüzü şekilleri.....	37
4.3.2 Giresun'un iklimi.....	38
4.3.3 Giresun'un bitki örtüsü.....	40
4.3.4 Giresun'un akarsu ve gölleri.....	41
5. VERİ.....	43
5.1 Meteorolojik Veri.....	43
5.2 Heyelan Verisi.....	44
5.3 Heyelan Tarihleri.....	46
6. YÖNTEM.....	49
6.1 Rize İli Yağış Yoğunluğu - Süre (ID) İlişkisi-Minimum Eşik Değeri.....	49
6.2 Rize İli Normalize Yağış Yoğunluğu - Süre İlişkisi.....	55
6.3 Rize İli Kümülatif Yağış - Süre (ED) İlişkisi.....	57
6.4 Trabzon İli Yağış Yoğunluğu - Süre (ID) İlişkisi-Minimum Eşik Değeri.....	58
6.5 Trabzon İli Normalize Yağış Yoğunluğu - Süre (ID) İlişkisi.....	60
6.6 Trabzon İli Kümülatif Yağış - Süre (ED) İlişkisi.....	61
6.7 Giresun İli Yağış Yoğunluğu - Süre (ID) İlişkisi-Minimum Eşik Değeri.....	62
6.8 Giresun İli Normalize Yağış Yoğunluğu - Süre (ID) İlişkisi.....	63
6.9 Giresun İli Kümülatif Yağış - Süre (ID) İlişkisi.....	64
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR.....	71

KISALTMALAR

ABEP	: T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Afet Bilgi İşlem Veritabanı
ABS	: Afet Bilgi Sistemi
DMI	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
MAP	: Ortalama Yıllık Toplam Yağış
ID	: Yoğunluk – Süre
ED	: Kümülatif Yağış

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1: Afet gören yerleşim birimi sayısı ve oranı.....	5
Çizelge 2.2: Heyelanların sınıflaması.....	7
Çizelge 3.1: Literatürdeki yağış ve iklim eşik değer tanımlamaları.....	17
Çizelge 3.2: Heyelanlar için yoğunluk süre eşikleri.....	18
Çizelge 3.3: Normalize edilmiş yoğunluk süre eşikleri.....	21
Çizelge 3.4: Kümülatif yağış eşikleri denklemi.....	23
Çizelge 5.1: Meteorolojik istasyonların konumu.....	43
Çizelge 5.2: Türkiye’de afet zararlarının konut bazında değerlendirilmesi.....	45
Çizelge 5.3: Heyelan tarihleri.....	46
Çizelge 6.1: Rize ili toplam yağış ve süreleri.....	50
Çizelge 6.2: Pazar ilçesi toplam yağış ve süreleri.....	52
Çizelge 6.3: Trabzon ili ve ilçeleri toplam yağış ve süreleri.....	59
Çizelge 6.4: Giresun ili ve ilçeleri toplam yağış ve süreleri.....	63

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 :Rize ili haritası.....	1
Şekil 2.1 :Afet türleri.....	3
Şekil 2.2 :Afet türleri ve zarar payları.....	4
Şekil 2.3 :Doğal afetlerden etkilenen 13.785 yerleşim biriminin illeri göre dağılım grafiği.....	5
Şekil 2.4 :1950-2008 arası Türkiye’deki afet olay sayısının afet türlerine göre dağılım grafiği.....	6
Şekil 2.5 :1950-2008 arası Türkiye’deki afetlerden etkilenen konut sayısının afet türlerine göre dağılım grafiği.....	6
Şekil 2.6 Kaya kütlelerinde kaya düşmesine neden olan süreçler.....	8
Şekil 2.7 :Doğada gözlenen devrilme türleri.....	9
Şekil 2.8 :Bazı akma türleri.....	10
Şekil 2.9 :Dairesel kayma.....	10
Şekil 2.10 :Ötelenmeli kayma.....	11
Şekil 2.11 :Yanal kaya yayılması.....	12
Şekil 2.12 :Heyelan kesiti.....	13
Şekil 3.1 :52 çeşit yağış yoğunluğu-süresi grafiği.....	20
Şekil 3.2 :Normalize yağış yoğunluğu-süresi grafiği.....	22
Şekil 3.3 :Kümülatif yağış-süre grafiği.....	23
Şekil 4.1 :Rize topografya haritası.....	26
Şekil 4.2 :Rize ili 1951-2008 arası yıllık ortalama sıcaklık değerleri.....	27
Şekil 4.3 :Rize ili 1951-2008 arası aylık ortalama sıcaklık değerleri.....	28
Şekil 4.4 :Rize ili 1951-2008 yıllar arası toplam yağış miktarları.....	28
Şekil 4.5 :Rize ili 1951-2008 yıllar arası aylık ortalama yağış miktarları.....	28
Şekil 4.6 :Türkiye ortalama yıllık yağış dağılımı.....	29
Şekil 4.7 :Trabzon ili 1951-2008 arası yıllık ortalama sıcaklık değerleri.....	34
Şekil 4.8 :Trabzon ili 1951-2008 arası aylık ortalama sıcaklık değerleri.....	34
Şekil 4.9 :Trabzon ili 1951-2008 yıllar arası toplam yağış miktarları.....	35
Şekil 4.10 :Trabzon ili 1951-2008 yıllar arası aylık ortalama yağış miktarları.....	35
Şekil 4.11 :Giresun ili 1951-2008 arası yıllık ortalama sıcaklık değerleri.....	39
Şekil 4.12 :Giresun ili 1951-2008 arası aylık ortalama sıcaklık değerleri.....	39
Şekil 4.13 :Giresun ili 1951-2008 yıllar arası toplam yağış miktarları.....	40
Şekil 4.14 :Giresun ili 1951-2008 yıllar arası aylık ortalama yağış miktar.....	40
Şekil 5.1 :Türkiyedeki heyelan Sayısı.....	44
Şekil 5.2 :Türkiyedeki heyelan sayısının yerleşim birimi bazında dağılımı.....	45
Şekil 5.3 :Türkiye’de 1950-2007 yılları arasında olmuş/olması muhtemel heyelan olayları nedeniyle nakline karar verilen konut sayılarının illere göre dağılım grafiği.....	46
Şekil 6.1 :Rize ili heyelan tarihleri yağış miktar grafiği.....	49
Şekil 6.2 :Rize ili heyelan tarihine kadarki kaydedilen günlük yağış yoğunluğu... 50	50

Şekil 6.3	:Rize ili yoğunluk- süre grafiği.....	51
Şekil 6.4	:Pazar ilçesi heyelan tarihleri yağış grafiği.....	51
Şekil 6.5	:Pazar ilçesi heyelan tarihine kadarki günlük yağış yoğunluğu.....	53
Şekil 6.6	:Pazar ilçesi yoğunluk-süre grafiği.....	53
Şekil 6.7	:Rize-Pazar birleştirilmiş yoğunluk-süre grafiği.....	54
Şekil 6.8	:Rize genel denkleminin 52 çeşit yoğunluk-süre grafiğinde gösterimi...	55
Şekil 6.9	:Rize normalize yoğunluk-süre genel grafiği.....	56
Şekil 6.10	:Rize normalize yoğunluk-süre eğrisinin diğer eşiklerle karşılaştırılması	56
Şekil 6.11	:Rize kümülatif yağış-süre grafiği.....	57
Şekil 6.12	:Rize kümülatif yağış-süre eğrisinin diğer eşiklerle karşılaştırılması.....	58
Şekil 6.13	:Trabzon yoğunluk-süre grafiği.....	59
Şekil 6.14	:Trabzon genel denkleminin 52 çeşit yoğunluk-süre grafiğinde gösterimi.....	60
Şekil 6.15	:Trabzon normalize yoğunluk-süre genel grafiği.....	61
Şekil 6.16	:Trabzon kümülatif yağış-süre grafiği.....	61
Şekil 6.17	:Trabzon kümülatif yağış-süre eğrisinin diğer eşiklerle karşılaştırılması	62
Şekil 6.18	:Giresun yoğunluk-süre grafiği.....	63
Şekil 6.19	:Giresun normalize yoğunluk-süre genel grafiği.....	64
Şekil 6.20	:Giresun kümülatif yağış-süre eğrisi.....	64
Şekil 6.21	:Doğu Karadeniz bölgesi yoğunluk-süre grafiği.....	65

DOĞU KARADENİZ BÖLĞESİ (RİZE, TRABZON, GİRESUN) HEYELAN-YAĞIŞ İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ VE MİNİMUM EŞİK DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Dođal afetler genel olarak ekonomik ve sosyal yaŐamı kısa sürede alt üst ederek gerek maddi ve gerekse can kayıplarına yol ačan ve insan faaliyetlerini durduran olaylar olarak adlandırılırlar. Ülkemiz sahip olduğu jeolojik, topoğrafik ve meteorolojik koŐullar nedeniyle doğal afetlerle sıklıkla karŐılaŐmaktadır. Afet İŐleri Genel Müdürlüđu tarafından 1951–2008 yılları arasında yapılan çalıŐmada ülkemizin afet gören yerleŐim birimi sayısı olarak en fazla heyelandan etkilendiği görülmüŐtür. Heyelanın ülkemizde birçok bölgede meydana gelmesinin baŐlıca nedenleri olarak yađıŐ, toprağın yapısı ve eđim gelmektedir. Özellikle Dođu Karadeniz de heyelanların çok sık meydana gelmesi bölgedeki aŐırı yađıŐların sonucudur.

Çalışmamızda temel amaç; doğal bir afet olan heyelanın sıklıkla görüldüğu illerimiz olan Rize, Trabzon, Giresun ve çevresindeki ilçelerde aşırı yağışlar nedeniyle meydana gelen heyelan ile yağış arasındaki ilişkiyi incelemek ve minimum eşik değerlere sahip istatistiksel model oluŐturmadır. Çalışmada kullanılmak üzere Doğu Karadeniz Bölgesinde yağış sonucunda meydana gelen heyelanın yer ve zaman bilgileri literatür taramasından çıkarılmıştır. Heyelanın olduğu zamana kadarki yağış miktar ve süreleri en yakın meteoroloji istasyonu kayıtlarından çıkarılmıştır. Meteorolojik veriler Devlet Meteoroloji İŞleri Genel Müdürlüğu'nden temin edilmiştir. Meteoroloji istasyon verileri olarak Rize, Pazar, Trabzon, Akçaabat, Vakfıkebir, Araklı, Maçka, Düzköy, Arsin, Çaykara, Giresun, Bulancak, Çamoluk, Doğankent, Tirebolu ve Kesap yağış ve klima istasyonlarından yağış, hadise baŐlangıç-bitiŐ saatleri alınmıştır.

Elde edilen veriler ile Doğu Karadeniz Bölgesinde geçmiş yıllarda meydana heyelan ile yağış arasında ilişki araŐtırılmıŐ Rize, Trabzon ve Giresun illeri için minimum Şiddet- süre, normalize Şiddet-süre, kümülatif yağış-süre eşik değer denklemleri çıkarılmıştır.

INVESTIGATING OF THE RELATIONSHIP BETWEEN LANDSLIDE AND PRECIPITATION AND THE ASSESSMENT OF MINIMUM THRESHOLD VALUES FOR EASTERN BLACK SEA REGION (RİZE, TRABZON, GİRESUN)

SUMMARY

In general, events those heavily influence the economic and social life in a short period of time, cause economic damages and life losses, and halt human activities are called as natural disasters. Due to having geologic, topographic, and meteorological conditions, natural disasters frequently occur in Turkey. According to the study conducted by the General Directorate of Disaster Work, in respect to the investigation period from 1951 to 2008, it is observed that the number of settlements that are affected by landslide is bigger than that of caused by any other natural disaster. The main reasons that cause landslides in various parts of Turkey are the intensity of precipitation, properties of soil, and slope. Especially, landslides that frequently occur in the Eastern Black Sea region (EBS) are the results of intense precipitation.

The main goal to conduct this study is to investigate the relationship between the intensity of precipitation and the landslides which frequently occur in the region of Rize, Trabzon, and Giresun and their districts. In addition to this relationship, another goal of this study is to find a statistical model that envelops minimum threshold values. To conduct the study, the location and timing information of the occurred landslides in the EBS as a result of intense storm is obtained from literature. The records of the closest meteorological station to the landslides were used to represent the duration and intensity properties of precipitation before the landslides in the region. These data sets were obtained from the National State Meteorological Works.

Consequently, after the thorough analysis between landslides and precipitation in the EBS region, the equations which include minimum intensity and duration, normalized intensity and duration, and cumulative rainfall-depth and duration were produced for Rize, Trabzon, and Giresun.

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı

Dünya genelinde doğal afetlerden ölen insanların %90 ı kuvvetli meteorolojik ve hidrolojik afetler sonucu yaşamını yitirmişlerdir (Ceylan 2001). Ülkemizde ise özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi (Rize, Trabzon, Giresun) doğal afetlerin sıklıkla yaşandığı bölgemizdir.

Doğu Karadeniz; Karadeniz bölgesinin doğusunda Türkiye'nin en fazla yağış alan bölgesidir (Şekil 1). 1951- 2008 yılları arasında ortalama yıllık toplam yağış m^2 başına Rize'de 2239 mm, Trabzon'da 809 mm ve Giresun'da 1254 mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 1.1: Doğu Karadeniz bölgesi haritası

Yağışların kuvvetli ve yoğun olması aynı zamanda Rize, Trabzon ve Giresun ilinin eğimli alanlarının fazla olması doğal afetlerin meydana gelmesine neden olmaktadır. Yağışın heyelanı tetikleyen ana unsurlardan biri olduğu, heyelanların zamansal oluşumunun farklı tipte çözünürlüğe sahip yağış modelleri ile izlendiği ve kontrol edildiği de yaygın olarak bilinir (Van Asch vd. 1999, Bayrak vd. 2007).

Bu çalışma doğal bir afet olan heyelanın sıklıkla görüldüğü illerimiz olan Rize, Trabzon ve Giresun çevresindeki ilçelerin aşırı yağışlar sonucu meydana gelen heyelan-yağış arasındaki ilişkiyi incelemek ve eşik değerlere sahip istatistiksel model oluşturmaya çalışmaktır.

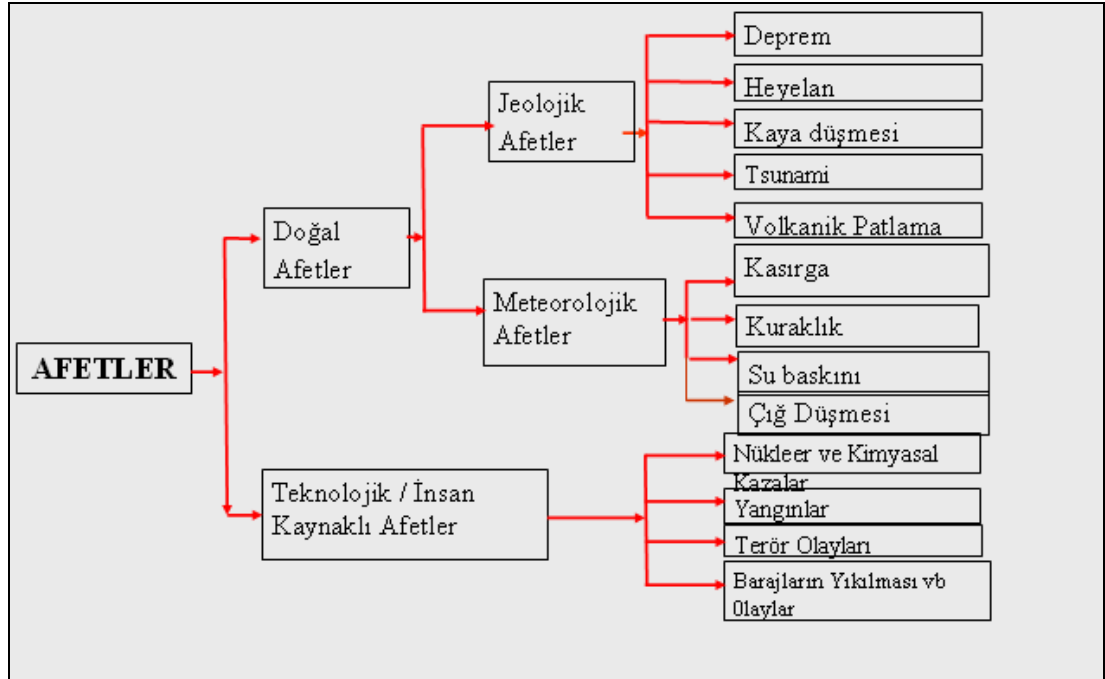
Çalışmamızda Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğünden Doğu Karadeniz bölgesinde geçmiş yıllarda meydana gelen heyelan tarihleri saptanmış ve T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden ise heyelanın olduğu tarihlerdeki yağış miktar ve süreleri alınmıştır.

Yağışın heyelanın oluşumunu tetiklediği bilinmekte yağışın miktarını saptamak önemli bir bilimsel ve sosyal problem olarak gözükmektedir. Yağış sonucu suyun yüzeye olan basıncı heyelan oluşumunun başlıca sebebidir (Campbell, 1975; Wilson, 1989). Yüzey akışı, toprağın karakteristiği, nem içeriği (Wieczorek, 1996). Bu olaylar çok zor anlaşılmalıdır ve yağışın heyelanla olan ilişkisini anlamayı güçleştirmiştir.

Çalışmamızda Rize, Trabzon ve Giresun bölgesinde önceki yıllarda aşırı yağışlar nedeniyle meydana gelen heyelan tarihleri ve bu tarihlere ait yağış miktar ve süreleri temel alınmıştır. Sonucunda heyelanın meydana geldiği Rize, Trabzon ve Giresun bölgesi için minimum yoğunluk-süre ilişkisi kurulmaya çalışılmıştır. Ayrıca bu çalışmada yeni meydana gelen heyelanlar, çalışma sonucu oluşturulan eşik değerlerle tekrar karşılaştırılmıştır. Oluşturulan yeni eşik değerlerin çıktılarının operasyonel erken uyarı sisteminde kullanılması mümkündür.

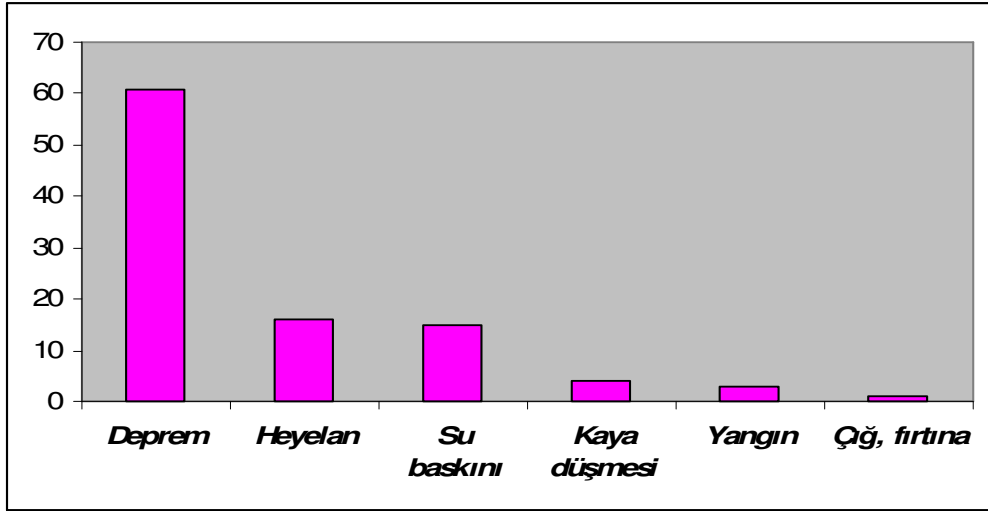
2. DOĞAL AFETLER

Afet, genel olarak ekonomik, sosyal yaşamı kısa sürede alt üst ederek büyük maddi kayıplara, ölüm ve yaralanmalara yol açan insan faaliyetlerini durduran olaylar olarak adlandırılır. Afetler bazı kaynaklarda meteorolojik, jeolojik ve insan kaynaklı afetler olmak üzere üçe ayrıldığı gibi genel olarak doğal afetler ve teknolojik afetler (İnsan Kaynaklı Afetler) olarak ikiye ayıran sınıflandırma tercih edilmektedir.



Şekil 2.1: Afet türleri (ABEP, 2008)

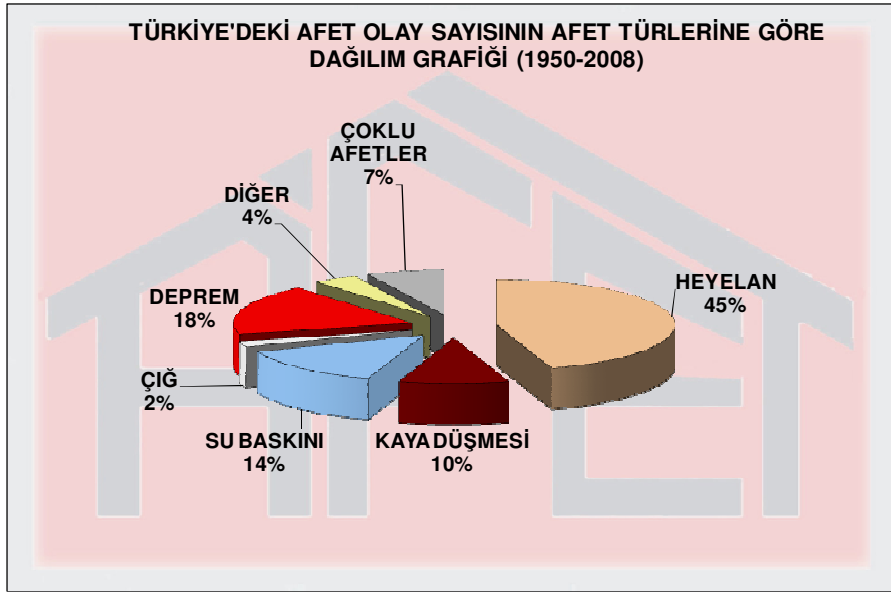
Ülkemiz sahip olduğu jeolojik, topoğrafik ve meteorolojik koşullar nedeniyle can ve mal kayıplarına yol açan doğal afet olayları ile sıkça karşılaşmaktadır. Türkiye coğrafyasının yaklaşık %93 ü aktif deprem kuşağı üzerinde olan bir ülkedir. Ancak ülkemizde kentsel ve kırsal yerleşim alanları sadece deprem değil aynı zamanda heyelan su baskını, kaya düşmesi v.b doğal afetlerin yarattığı zararlarla mücadele etmek zorunda kalmıştır. Doğrudan doğal afet zararlarının her yıl gayri safi milli hasılının %1-3 arasında oranlara ulaştığı tahmin edilmektedir. Aşağıdaki Şekil 2.2’ de afet türleri ve zarar payları genel olarak çıkarılmıştır.



Şekil 2.2: Afet türleri ve zarar payları (ABEP,2008)

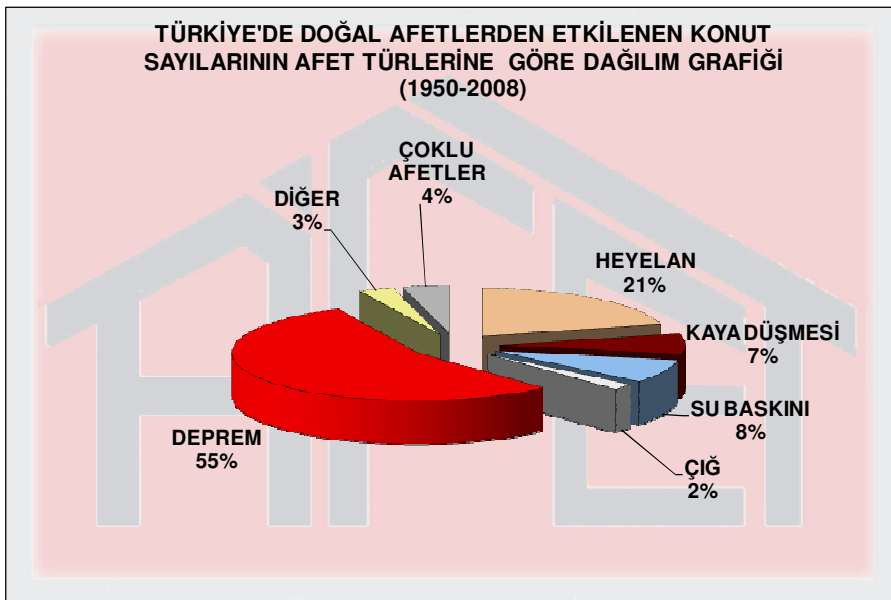
Görüldüğü gibi ülkemizin jeolojik yapısı, meteorolojik koşullar v.b nedenlerle deprem, heyelan, su baskını ve kaya düşmesi gibi afet tehlikelerinin yerleşim alanlarımız üzerinde etkili olmasına ve ekonomik kayıpların yanında ölüm yaralanmalar gibi afet risklerinin yaşanmasına neden olmaktadır. Yukarıdaki Şekil 2.2 sadece yerleşim birimlerinde konut bazında meydana gelen zararları yansıtmaktadır. Afetlerin tarımsal alanlarda alt yapı yatırımlarında v.b neden olduğu zararlar dikkate alındığında afet olaylarının ülkemiz için yaşamsal önem kazandığı görülecektir.

Ülkemizde afet olaylarından etkilenen 13.785 yerleşim birimi bulunmaktadır. Türkiye genelinde toplam yerleşim sayısının 35.570 olduğu dikkate alındığında ülkemizde her üç yerleşim biriminden bir tanesinin, ya da başka bir ifadeyle, Türkiye’deki tüm yerleşim birimlerinin %38.75 inin bir veya birden fazla afet olayından etkilendiği sonucuna varılmıştır. Afet olmuş veya olması muhtemel olan bu 13.785 yerleşim biriminin en çok %14.08 i heyelandan, ikinci olarak %10.85 i depremden üçüncü olarak ise %6.55 i su baskınından etkilendiği belirlenmiştir.



Şekil 2.4: 1950-2008 arası Türkiye’deki afet olay sayısının afet türlerine dağılım grafiği (ABEP, 2008)

Ülkemizde meydana gelen Doğal Afetlerden etkilenen konut sayısının afet türlerine göre grafiği çıkarıldığı zaman (Şekil 2.5) deprem nedeniyle konut sayılarının en fazla etkilendiği (1999 Kocaeli Depremi dahil) ve ikinci olarak ise %21 gibi bir oranla heyelan nedeniyle konutların etkilendiği görülmektedir.



Şekil 2.5: 1950-2008 arası Türkiye’deki afetlerden etkilenen konut sayısının afet türlerine dağılım grafiği (ABEP, 2008)

Biz bu çalışmamızda bir doğal afet olan ve yerleşim birimi sayısının en fazla etkilemiş olduğu heyelan ile heyelanının meydana gelmesinde yaklaşık %90 etken olan yağış arasındaki ilişki araştırılmaya çalışılacaktır.

2.1 Heyelan

Kayalardan, döküntü örtüsünden veya topraktan oluşmuş kütlelerin, çekimin etkisi altında yerlerinden koparak yer değiştirmesine heyelan denir (Erguvanlı 1982). Bazı heyelanlar büyük bir hızla gerçekleştikleri halde bazı heyelanlar daha yavaş gerçekleşirler. Heyelanlar yer yüzünde çok sık meydana gelen ve çok yaygın bir kütle hareketi çeşididir ve aşınmada önemli rol oynarlar. Büyük heyelanlar aynı zamanda topografyada derin izler bırakırlar.

Heyelanlar veya kütle hareketleri ile ilgili birçok sınıflama bulunmakla birlikte en çok kullanılan sınıflama Varnes 1978 'in yapmış olduğudur (Çizelge 2.2).

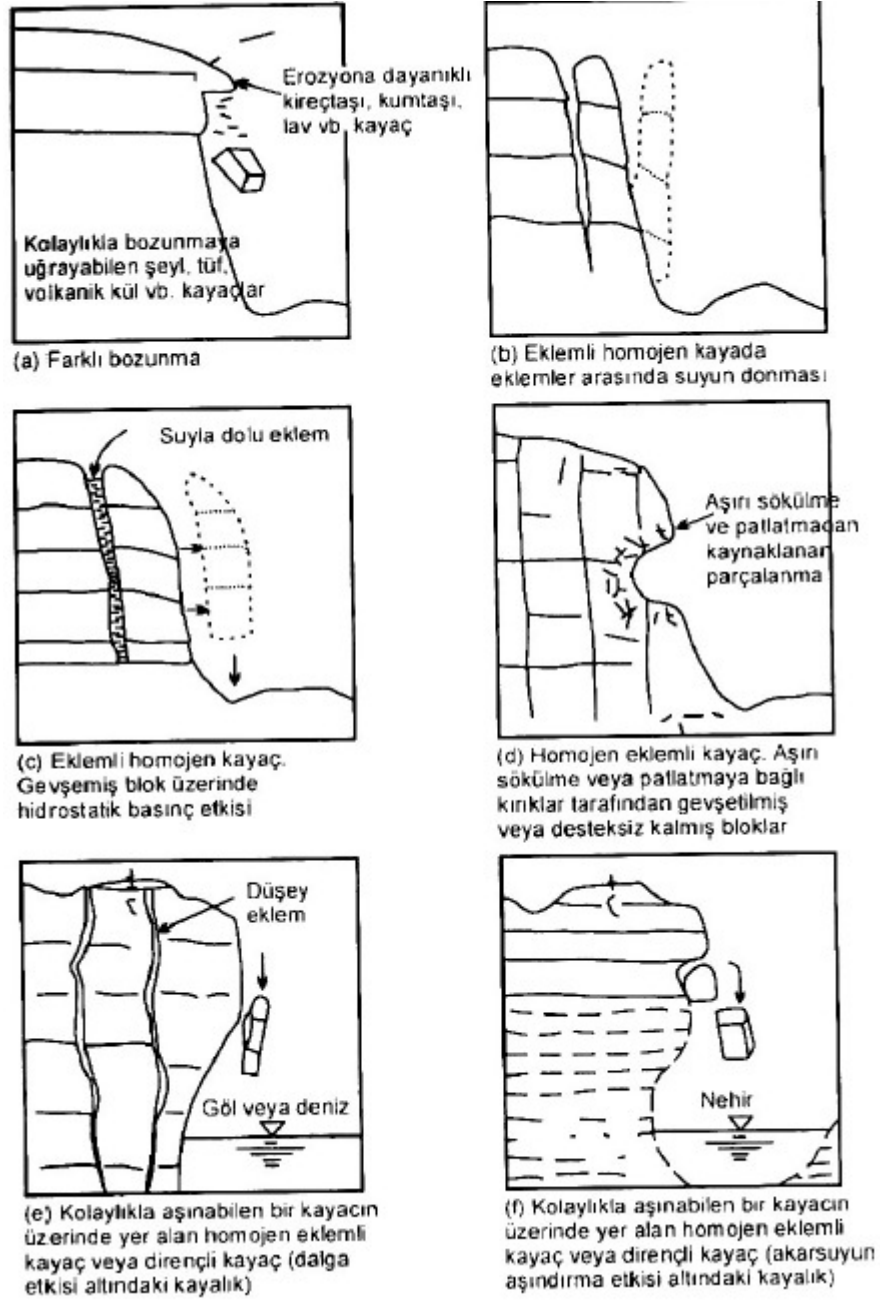
Çizelge 2.2: Heyelanların Sınıflaması (Varnes, 1978)

HAREKET TÜRÜ		Malzemenin türü		
		KAYAÇLAR	ZEMİNLER	
			İri Daneli	İnce Daneli
<u>DÜŞME</u>		Kaya Düşmesi	Moloz Düşmesi	Zemin Düşmesi
<u>DEVİRİLME</u>		Kaya Devrilmesi	Molozda devrilme	Zeminde devrilme
<u>AKMA</u>	Yavaş	Kaya Kripi	Moloz Kripi	Zemin Kripi
	Hızlı	Çok Parçalı Kayaç Akması	Moloz Akması	Zemin Akması
<u>KAYMA</u>	Ötelenmeli	Kayada blok türü ötelenme	Zeminde ve molozda blok türü ötelenme	
	Dönel (Dairesel)	Sıkı Çatlaklı Kayada dönel kayma	Zeminde ve molozda dönel kayma	
<u>YANAL YAYILMA</u>		Kaya yayılması	Zemin veya moloz yayılması	
<u>KARMAŞIK</u>		Hareket Türü ve Malzeme Karışık		

2.1.1 Düşme

Deniz, göl kenarlarından ve dik kazı şevlerinden, dik yamaçlardan, mağara tavanlarından, sivri dağ doruklarından, özellikle deniz kenarındaki dik falezlerden, özellikle süreksizlik yüzeyi ile sınırlanmış münferit bloklarının değişik boy ve çeşitteki kaya veya zemin parçalarının yer çekimi etkisi ile aşağıya doğru hareket

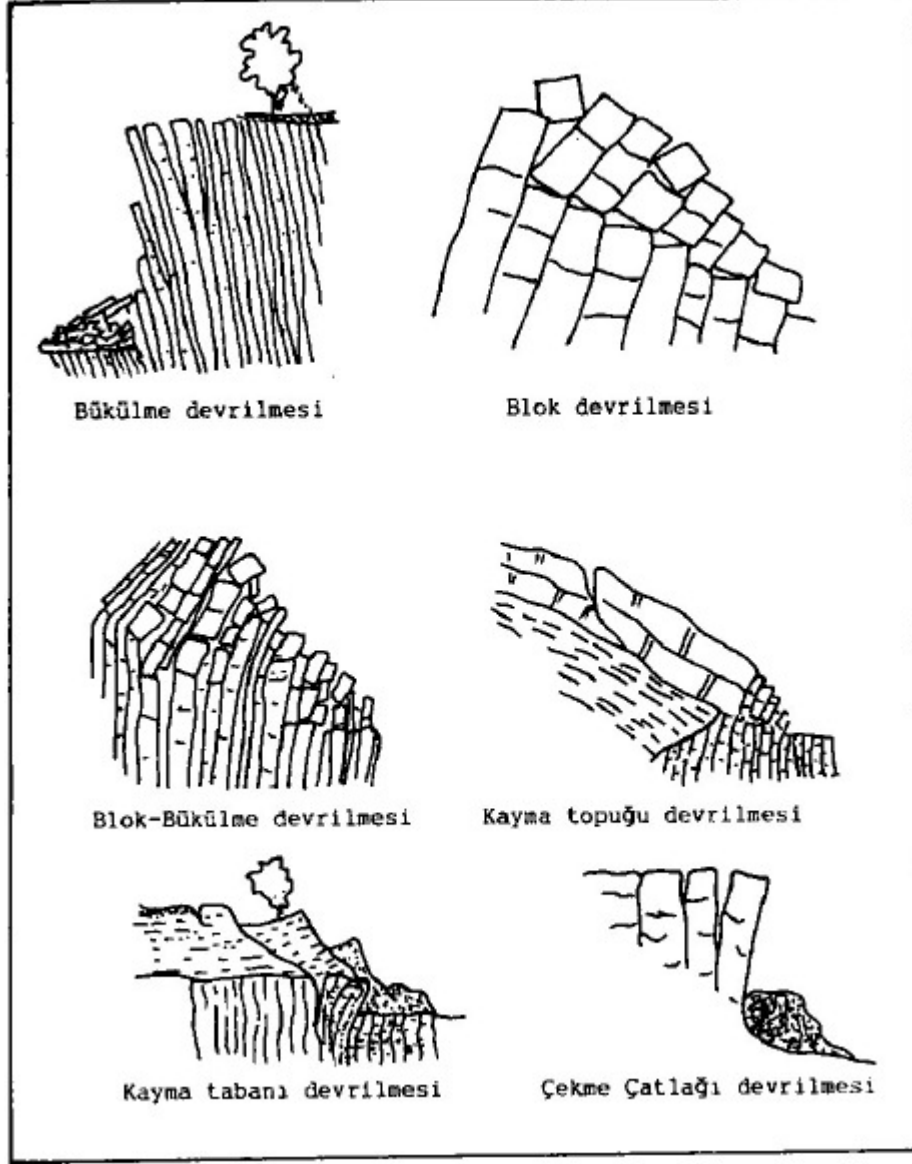
ederek düşmesi olayıdır. Düşen malzemenin cinsine göre “ Kaya Düşmesi, Moloz düşmesi, Zemin (toprak) Düşmesi” gibi adlar alabilirler.



Şekil 2.6: Kaya kütlelerinde kaya düşmesine neden olan süreçler (Ulusoy, 2001)

2.1.2 Devrilme

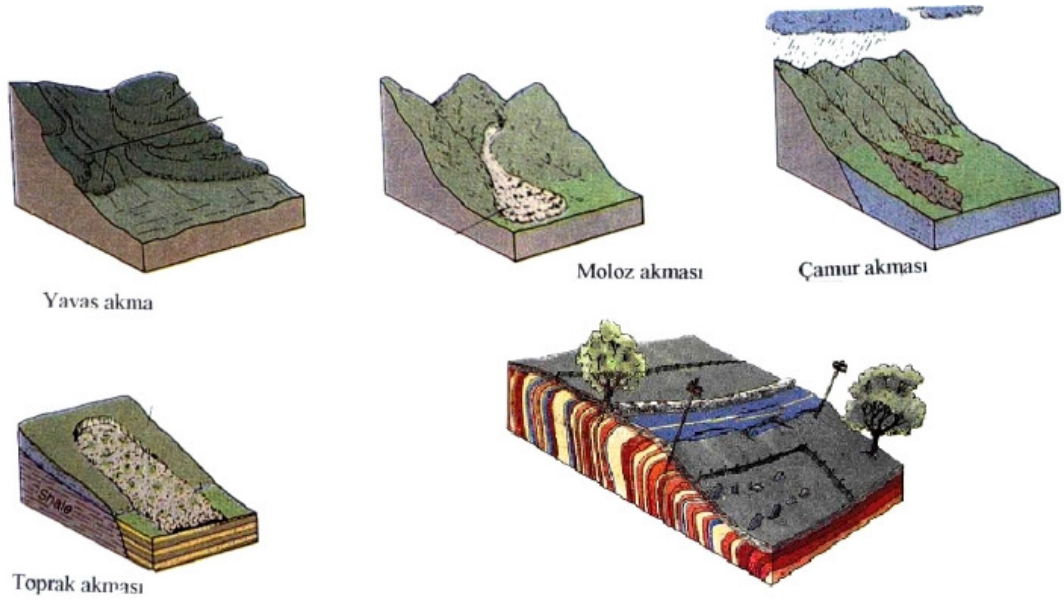
Fazlaca süreksizlik içeren kayaların orijinal konumlarının bozularak yıkılmalarına Devrilme denilmektedir. Doğada çeşitli devrilme tipleri saptanmıştır. Bükülme Devrilmesi, Blok Devrilmesi veya her ikisinin karışımı olan bir devrilme çeşidi oluşabilir.



Şekil 2.7: Doğada gözlenen devrilme türleri (Goodman ve Bray, 1976)

2.1.3 Akma

Konsolide olmamış (pekişmemiş) malzemelerin doygun veya kuru halde ve yavaş veya hızlı şekilde yamaç boyunca kıvamlı bir sıvı gibi hareket etmeleri, akma duyarsızlığına neden olmaktadır. Kuru kumlar ile kil boyutundan moloz boyutuna kadar değişen malzemelerde bu tür duraysızlık gelişebilir ve kum akması, çamur akması ve moloz akması şeklinde adlandırılır (Ulusoy, 2001).



Şekil 2.8: Bazı akma türleri (Ulusoy, 2001)

2.1.4 Kayma

Kayma, şevi oluşturan malzemede, belirgin bir yüzey boyunca ve makaslama yenilmesine bağlı olarak, kazı boşluğuna doğru dönel veya ötelenmeli (düzlem üzerinde) bir hareket sonucu meydana gelen bir duraysızlık türüdür. Şevlerde karşılaşılan en yaygın duraysızlık türü olan kaymalar, dönel ve ötelenmeli kaymalar olmak üzere iki şekilde gelişirler (Ulusoy 2001).

2.1.4.1 Dairesel (dönel) kayma

Bu tür kaymalar dairesel yüzeyler boyunca gelişir ve hareket sırasında kayan kütle geriye doğru yatmış bir konum kazanır. Kayma yavaş veya orta derecede bir hızla ve belirgin bir yenilme yüzeyi boyunca meydana gelir.



Şekil 2.9: Dairesel kayma (Ulusoy, 2001)

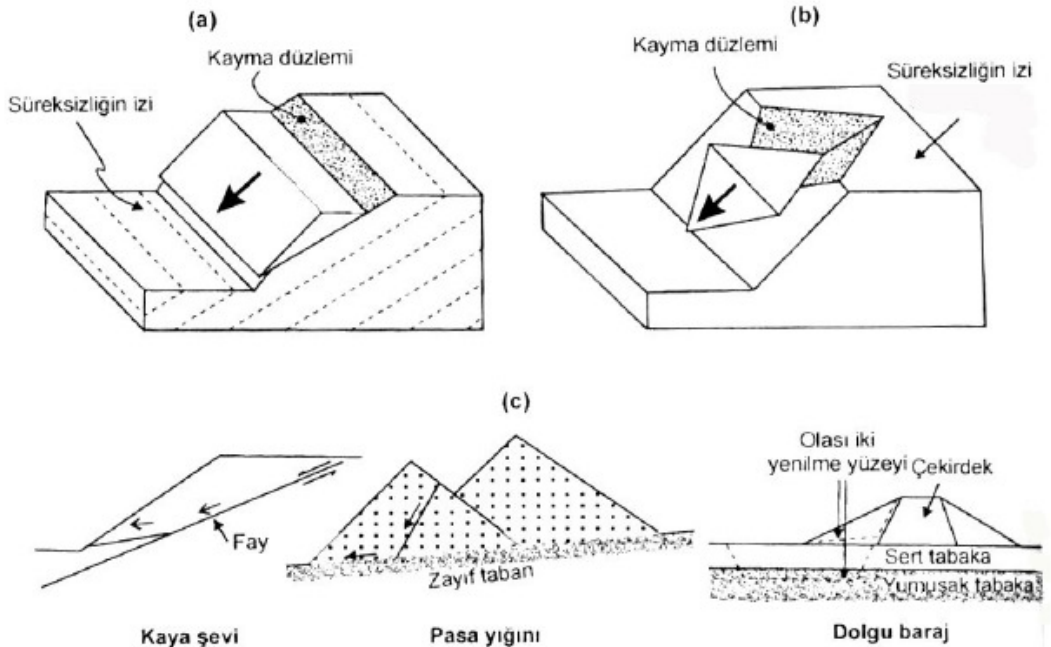
2.1.4.2 Ötelenmeli (düzlemsel) kayma

Bu tür duraysızlıklarda kaymalar düz veya çok az ondülüsyonlu bir yüzey boyunca gelişen makaslama yenilmesine bağlı olarak malzemenin kayma yüzeyine paralel şekilde öne doğru hareketiyle gelişir. Hareket eden kütle dairesel kaymalarla karşılaştırıldığında, aşırı derecede deforme olmaz. Bu tür duraysızlıklar kayaç veya toprak zemin malzemesine oranla daha düşük makaslama dayanımına sahip olan süreksizlik yüzeyleri (tabakalanma, eklem, fay, makaslama zonu v.b) boyunca meydana gelen dolayısıyla süreksizlik denetimli duraysızlıklardır. Türleri ise

Düzlemsel kayma: Eğimi şev eğiminden küçük olan düşük dayanımlı zayıf bir düzlem üzerindeki kütlenin kazı boşluğuna doğru hareket etmesidir.

Kama Türü Kayma: Bu tür duraysızlık, kesişen iki süreksizliğin oluşturduğu tetrahedral bir kama bloğunun, eğimi şevinkinden daha yatık olan kesişme hattı boyunca öne doğru hareket etmesi sonucu meydana gelir.

İki veya Çok Yüzeyle Kayma: Bu duraysızlık türü, birden fazla süreksizlik veya zayıflık yüzeyi üzerinde meydana gelir. Özellikle fay veya tabakalanma yüzeylerinin birleşmesi sonucu doğal ortamlarda veya zayıf zeminler üzerinde yer alan pasa yığınları ile dolgularda gelişebilen tipik bir duraysızlıktır.



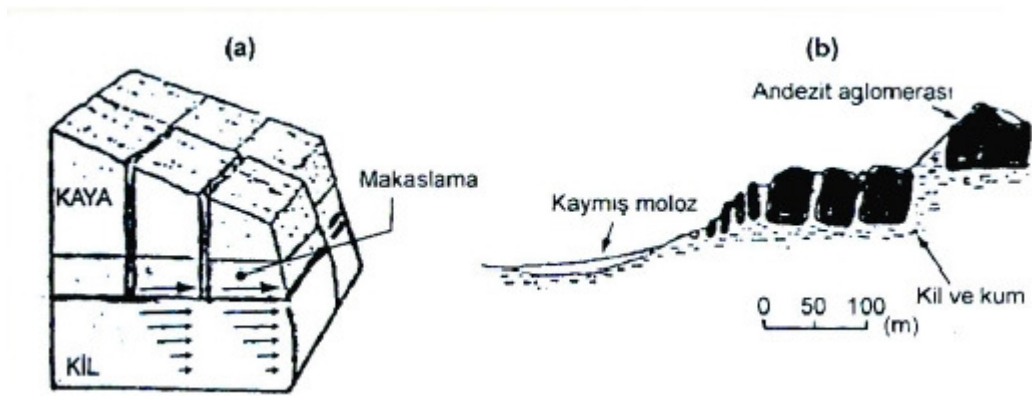
Şekil 2.10: a) Düzlemsel kayma b) Kama tipi kayma c) Farklı ortamlarda gelişebilen çok yüzeyli kaymalar (Ulusoy, 2001)

2.1.5 Yanal yayılma

Bu tür duraysızlığın meydana gelmesinde, makaslama ve çekme çatlaklarının eşlik ettiği yanal bir genişleme hareketi rol oynamaktadır. İki türü bulunmaktadır

Yanal Kaya Yayılması: Şev yumuşak bir malzemenin üzerinde yer alan daha sıkı-sert birimden oluşur. Yumuşak malzeme şevin dışına doğru plastik bir davranış sergiler ve akma şeklindeki harekete bağlı olarak alttaki sert malzeme de bloklara ayrılır ve plastik malzeme tarafından taşınarak bu harekete katılır.

Yanal Zemin Yayılması: Bu duraysızlık türü killi, göreceli olarak zayıf ve sünümlü bir malzeme içinde yüzer konumdaki sert ve eklemli büyük kaya bloklarının bu malzeme ile birlikte yavaş bir harekete maruz kalmasını tanımlar. Yıllık hareket hızı 10-25 mm arasında değişir ve genellikle hareket kolay fark edilmez. Aşırı gözenek suyu basıncı hareketi etkileyen önemli faktörlerden biridir.



Şekil 2.11: a)Yanal kaya yayılması b)Yanal zemin yayılması

2.1.6 Karmaşık hareketler

Birden fazla türde heyelanın bir arada görüldüğü olaylara karmaşık heyelanlar denir. Örneğin devrilme türü bir hareket kaya düşmesine, daha sonrada kaya akmasına, kaya kayması da kaya düşmesine dönüşebilir. Killi siltli zeminlerde meydana gelen heyelan daha sonra çamur akmasını meydana getirebilir.

2.2 Heyelanın Bölümleri

Heyelanlarda üst seviyeler aşağı doğru hareket ederken (Kayma Zonu) alt kısımlarda Çökme, Kabarma, Akma bölgeleri meydana gelir. Heyelan kütlesi üzerinde birbirinden farklı karakteristik kısımlar bulunmaktadır. Bunlar

Taç: heyelanın en üst kısmıdır. Ana aynanın zeminde hareketsiz kalmış kısım olarak tanımlanır. Karakteristik olarak gerilme çatlakları görülür.

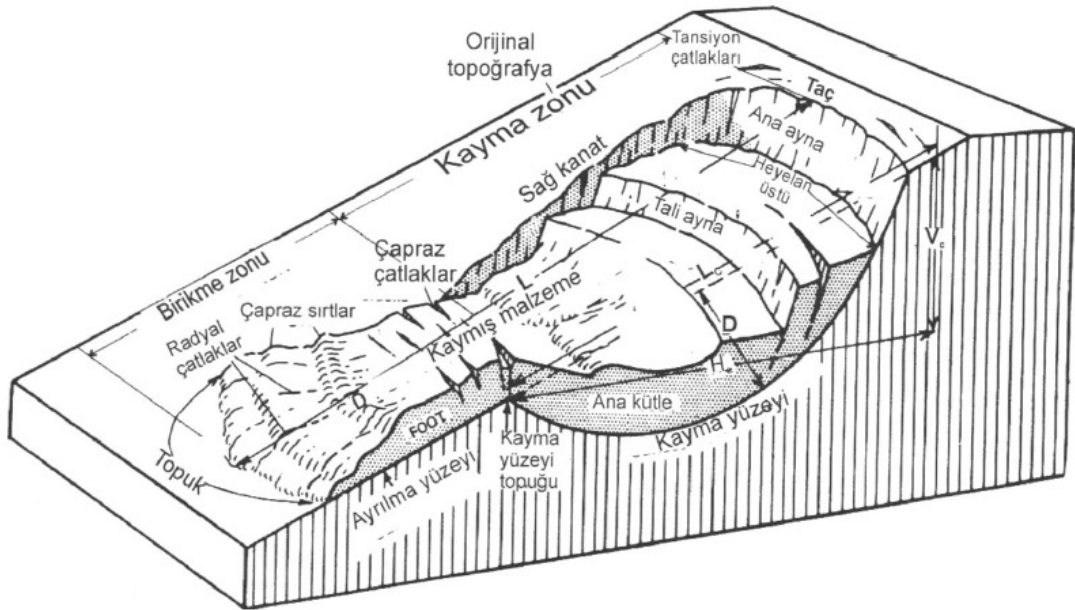
Ana Ayna: Kayan zemin kitlesinin dik veya dike yakın yüzeyi. Esas aynanın önünde kayan bölge içerisinde bir kayma kaması ve tali aynalar meydana gelebilir.

Tepe: Hareket eden kütle ile ana aynanın kesiştiği yerin en üst noktası.

Ana Kütle: Kayma yüzeyi boyunca hareket eden malzemenin tümü.

Çapraz Çatlaklar: Heyelanın topuğunun üst kısmında meydana gelen çatlaklardır. Genellikle kabarma bölgesinde meydana gelir. Kabarma bölgesine karşılık çökme bölgelerinin karakteristikleri ise heyelan gölcükleridir.

Topuk: Hareket eden kütle için en son kısmı. Heyelan sınıflamalarında malzemenin toplandığı yer olarak tanımlansa da topuk genellikle dairesel kaymalarda kullanılan bir terimdir. Heyelanlarda üst kısımlar aşağı doğru kayarken alt kısımlarda çökme, kabarma ve akma bölgeleri gözlemlenebilir. Heyelanların orta kısımlarında genellikle çökmeler meydana gelirken alt kısımlarında kabarmalar meydana gelir.



Şekil 2.12: Heyelan kesiti ve çeşitli kısımlarına verilen isimler (Ulusoy, 2001)

2.3 Heyelana Neden Olan Etkenler

2.3.1 Kuvvetli eğim

Eğimlerin fazla olduğu alanlarda heyelan riski artmaktadır. Bazı alanlarda fay yamaçları dik eğimlerin oluşmasına neden olarak heyelanları kolaylaştırırlar. Yine

insanlar kanallar ve yollar açarak yada yol ve maden kazılarında çıkan toprakları denge açısına erişmiş bulunan yamaçlar üzerine atarak heyelan oluşumuna neden olan koşulları hazırlarlar. Gevşek unsurların denge açısını herhangi bir nedenle aştığı durumlarda heyelan oluşur.

2.3.2 Yağış

Heyelanlar yağışlı veya zeminin ıslak olduğu mevsimlerde meydana gelirler. Şiddetli veya devamlı yağmurlar yahut karların erimesi, kayaların içine bol miktarda suyun sızmasına olanak sağlar. Bunun sonucunda kapasite sınırlarına erişilir ve herhangi bir nedenle oluşan sarsıntı sonucunda heyelan meydana gelir. Su ayrıca denge açısını küçülterek, ağırlığı artırarak ve sürtünmeyi azaltarak heyelanı kolaylaştırır.

2.3.3 Kaya yapısı

Plastisite, likidite sınırları malzemenin yapısına sıkı bir şekilde bağlıdır. Çeşitli kil türlerinde plastisite birbirine yakın ancak likidite değerleri birbirinden çok farklıdır. Örneğin bu bakımdan en düşük değeri gösteren kaolin kili, en az su ile likidite sınırına erişen yani heyelana en uygun olan kil türüdür. Çeşitli depolarda az yada çok kil vardır. Bunun oranı ve türü heyelan olayını arttıran yada azaltan yani heyelanların yayılış alanlarını belirleyen başlıca faktörlerden birisidir. Bu nedenle killi formasyonların yaygın olduğu alanlarda heyelan çok fazla görülür. Buna karşılık kalker ve bazalt gibi kayalarda heyelan seyrek görülmektedir.

2.3.4 Tektonik yapı

Tektonik yapı ile heyelan arasında çok sıkı bir ilişki vardır. Tabakaların yamaç eğimine paralel olarak dalmaları heyelanları kolaylaştırır. Özellikle tabakalar arasında killi bir seviyenin varlığı önemli rol oynar. Kar veya yağmur sularının toprağa sızması sonucunda plastik veya akışkan hale geçen kil tabakasının üzerindeki kütleler çekim gücüne uyarak toptan aşağıya doğru kayabilirler. Kayaların diyaklâzlarla derin ve sık bir şekilde parçalanmış olması da heyelanı kolaylaştıran koşullar arasında sayılabilir.

3. LİTERATÜR

3.1 Terimlerin Tanımlamaları

Eşik değeri bir prosesin değişmesi için Minimum veya Maksimum yeterlilik seviyesidir. (White et al, 1996). Minimum eşik değeri mevcut prosesin altında meydana gelmeyen en düşük seviye olarak tanımlanır. Maksimum eşik ise prosesin üzerinde her zaman meydana gelir. Yağış heyelan ilişkilerinde eşik değeri için yağış, toprak nemi veya hidrolojik durumlar tanımlanmalıdır. Yağış eşikleri fiziksel (process-based, conceptual) veya deneysel (istatistiksel) (Corominas, 2000; Crosta ve Frattini, 2001; Aleotti, 2004; Wieczorek ve Glade, 2005) tabanlı olarak ayrılırlar.

3.2 Proses Tabanlı Modeller

Proses tabanlı modellerde daha çok geoteknik mühendislikte kullanılan eğim kararlılık modelleri başarıyla kullanılmaktadır (Wu ve Sidle, 1995; Iverson, 2000). Yüzeye giren suyun birikimi tahmin etmek için çeşitli yaklaşımlar düşünüldü. Wilson 1989 yılında delik varil (leaky barrel) yöntemini önerdi. Bu yöntemde delik varil suyu verilen oranın üzerinde alır ve farklı bir oranın aşağısında kaybeder. Bu baskı ve sızıntı eğim karasızlığına neden olmaktadır. Wilson ve Wieczorek (1995) delik varil yöntemini San Francisco bölgesindeki La Hondadaki debi akışlarını tahmin etmek için kullandı. Crosta ve Frattini (2003) ise İtalya'nın kuzeyindeki Lecco ilinde üç infiltrasyon karşılaştırdı. Bu yöntemler steady state model (Montgomery ve Dietrich, 1994), kısa süreli piston-akış model (Green ve Ampt, 1911; Salvucci ve Entekabi, 1994) ve geçici diffusive (yayılan) model (Iverson, 2000).

Proses tabanlı modeller yağışın miktarına ihtiyaç duyarlar ve lokasyon ve beklenen heyelanın zamanı heyelan uyarı sistemleri için önemlidir. Ancak fiziksel modeller hidroloji, litoloji, morfoloji, ve toprak karakteristikleri açısından detaylı uzaysal bilgiye ihtiyaç duyarlar. Bu bilgiyi büyük alanlar için toplamak oldukça zordur.

Sonuç olarak fiziksel tabanlı modeller sığ heyelanları tahmin etmede derin heyelan oluşumlarına nazaran daha başarılıdır.

Crozier ve Eyles (1980), Crozier (1999) ve Glade (2000) heyelanların toprak nemi durumu için farklı yaklaşımlar denediler. Bunlar toprak nemini günlük olarak tahmin eden basit bir kavramsal model (ASWS) geliştirdiler. ASWS modeli heyelanın olduğu gündeki periyot esnasında aşırı yağışları da hesaplayan içerisinde drenaj faktörleri de içeren toprak su dengesi yapmaktadır. Drenaj esnasında suyun kaybı ve buharlaşma hidrograf recession eğrileri analiz edilerek sağlanmaktadır (Glade et al.). Crozier (1999) ASWS modelini yağış ve heyelan bilgilerini kuvvetli heyelanların 1974 yılında olduğu Yeni Zelanda da ki Wellington Bölgesinde kalibre etti ve 1996 yılında 8 ay boyunca heyelanlı ve heyelansız günleri başarılı bir biçimde tahmin etti. Modelin kapasitesine rağmen heyelan uyarı sisteminde kullanımı tamamlanmadı (Wieczorek ve Glade, 2005).

3.3 Deneysel Tabanlı Modeller

Deneysel tabanlı modellerde heyelanla sonuçlanan yağışlı olaylar tanımlanır. Heyelanlarla sonuçlanan yağış eşik değerleri lower-bound çizgileri (Kartezyen, logaritmik koordinatlarda) çizilerek sağlanır. Eşik değerleri sıklıkla hiçbir matematiksel, istatistiksel veya fiziksel kriter kullanılmaksızın görsel olarak çizilir. Literatür çalışmalarında Çizelge 3.1 de heyelanların başlangıcındaki eşikleri tanımlamak için 25 çeşit yağış ve iklim değişikliği kullanılmıştır. Birbirini tutmayan dil ve gerekli yağış ve heyelan değişimindeki anlaşmazlıklar eşik değerleri karşılaştırmayı zorlaştırmıştır.

Deneysel modellerdeki anahtar yorum muhtemel yağış-heyelan meydana gelmesini yağış yoğunluğunu kullanarak tahmin etmeye çalışmaktır. Yağış yoğunluğu periyot esnasında toplanan yağış miktarıdır ve saatte mm olarak ölçülür. Gözlem periyodunun uzunluğuna bağlı olarak yağış yoğunluğu anlık yağış oran ölçümü, saatlik yoğunluk veya daha uzun periyotlarda kendini gösterebilir. Uzun gözlem dönemlerinde yağış yoğunluğu ortalama değer olarak tanımlanır. Bu nedenlerden dolayı, yağış yoğunluğu kısa ve uzun periyotlarda farklı fiziksel anlamlarla ölçülür. Bu güçleştirmeler yağış yoğunluk tabanlı yağış sürelerine bağlı olarak farklı yağış modelleri tanımlar. Bu çalışmada uç yağış miktarlarına nazaran ortalama yağış miktarları kullanılmıştır. Heyelanların başlangıcındaki deneysel eşikler küresel,

ölgesel, veya lokal eşikler olarak tanımlanır. Küresel eşikte hangi minimum seviyenin altında lokal morfoloji ve litolojiden bağımsız olarak heyelan meydana gelmez. Küresel başlangıçlar Caine (1980), Innes (1983), Jibson (1989), Clarizia et al (1996), Crosta ve Frattini (2001) ve Cannon ve Gartner (2005) önerildi (Çizelge 2,3,5,6). Bölgesel başlangıçlar ise birkaç bin kilometrekare alandaki benzer meteorolojik, klimatolojik alanlar için tanımlanır (Tablo 2,6) ve potansiyel olarak yağış tahmin veya ölçümlerine bağlı olarak heyelan uyarı sistemlerinde kullanılabilir.

Çizelge 3.1: Literatürdeki yağış ve iklim eşik değer tanımlamaları

Değişken	Tanımlama	Birim	İlk Ortaya Çıkaran
D	Yağış Süresi	veya günler	Caine (1980)
D_C	Kritik Yağış Olayının Süresi	h	Aleotti (2004)
$E_{(h),(d)}$	Başlangıçtan itibaren ölçülen toplam yağış miktarı.h saat d ise günü ifade eder.	mm	Innes (1983)
E_{MAP}	Normalize edilmiş toplam yağış miktarı. Toplam yağış miktarı/MAP ($E_{MAP}=E/MAP$).	-	Guidicini ve Iwasa(1977)
C	Kritik Yağış Miktarı. Toplam yağış Miktarının yağış yoğunluğundaki belirgin yükselişten (t_0)ilk heyelanın (t_f) başlamasına kadar geçen zamandaki.	mm	Govi ve Sorzana(1980)
C_{MAP}	Normalize kritik yağış miktarı. ($C_{MAP}=C/MAP$)	-	Govi ve Sorzana(1980)
R	Günlük Yağış Miktarı. Heyelanın olduğu gündeki toplam yağış miktarı.	mm	Crozier ve Eyles(1980)
R_{MAP}	Normalize Günlük Yağış miktarı.($R_{MAP}=R/MAP$)		Terlien (1998)
I	Yağış Yoğunluğu. Bir periyottaki yağış miktarının düşünülen periyoda oranı	mm/h	Caine(1980)
I_{MAP}	Normalize Yağış yoğunluğu ($I_{MAP}=I/MAP$)	1/h	Cannon (1988)
I_{max}	Saatlik yağış yoğunluk maksimumu.	mm/h	Onodera (1974)
I_p	Yağış yoğunluk pik değeri. Yağış yoğunluğunun en yüksek değeri	mm/h	Wilson et al.(1992)
$I_{(h)}$	Ortalama yağış yoğunluğu.genellikle 3 saatten 24 saate.	mm/h	Govi ve Sorzana
I_c	Kritik Saatlik yağış yoğunluğu	mm/h	Heyerdahl (2003)
$I_c I_f$	Eğim zamanındaki yağış yoğunluğu	mm/h	Aleotti (2004)
$I_f MAP$	Eğim zamanındaki normalize yağış yoğunluğu($I_f MAP=I_f/MAP$)	1/h	Aleotti (2004)
$A_{(d)}$	Önceki yağış.heyelan başlamadan önceki ölçülen toplam yağış	mm	Govi ve Sorzana(1980)
A_{MAP}	Normalize önceki yağış miktarı ($A_{MAP}= A/MAP$)	-	Aleotti (2004)
$A_{(y)}$	Heyelanın başlangıcından önceki yıllık toplam yağış miktarı	mm	Guidicini ve Iwasa(1977)
$A_{(y)MAP}$	Heyelanın başlangıcından önceki yıllık toplam yağış miktarı.($A_{(y)MAP}= A_{(y)}/MAP$)	-	Guidicini ve Iwasa (1977)
F_c	Sonuç Katsayısı ($F_c= A_{(y)MAP}+ E_{MAP}$)	-	Guidicini ve Iwasa
MAP	Ortalama Yıllık Yağış Miktarı.	mm	Guidicini ve Iwasa (1977)
RDs	Bir yıldaki yağışlı gün sayısı	#	Wilson ve Jayko(1997)
RDN	MAP ile bir yıldaki yağışlı gün sayısı arasındaki oran ($RDN=MAP/ RDs$)	mm/#	Wilson ve Jayko(1997)

Lokal eşiklerde ise yerel klimatolojik rejim ve jeomorfoloji düşünülür. Bölgesel ve yerel eşiklerde heyelanların nerede geliştikleri iyi bilinebilir ancak diğer alanlara uygulanması kolay değildir (Crosta, 1989). Küresel eşikler ise bölgesel ve lokal eşiklerin kullanılmadığı zamanlar kullanılır ancak yanlış pozitif çıktılar (meydana gelmeyen heyelan tahmini gibi) verebilmektedir.

Yağış miktar ölçümlerine baktığımızda deneysel eşikleri 3 kategoriye ayırabiliriz.

- i) yağış ölçümleri ile karşılaştırılan eşikler
- ii) önceki durumlardan dolayı düşünülen eşikler
- iii) diğer eşikler

3.3.1 Yağış ölçümleri ile karşılaştırılan eşikler

Yağış ölçümleri kullanılarak karşılaştırılan eşikler genel olarak 4 alt gruba ayrılır.

- i) Yoğunluk-Süre(ID) eşikleri
- ii) Toplam yağış miktarına bağlı olan eşikler
- iii) Yağış miktarı-Süre(ED) eşikleri
- iv) Yağış miktarı-yoğunluk (EI) eşikleri

Literatüre baktığımız zaman (Çizelge 3.2 de 52 çeşit eşik) Yoğunluk-Süre eşikleri en çok kullanılan yöntemdir. Yoğunluk-Süre Eşiklerinin genel denklemi

$$I = c + \alpha * D^{\beta} \quad (3.1)$$

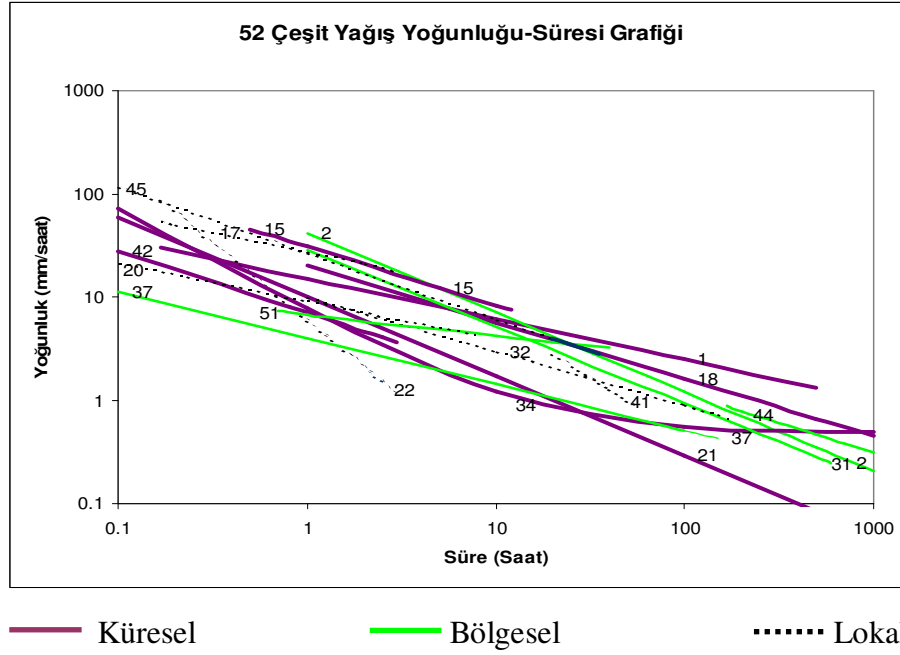
Denklemden I yağış yoğunluğu, D yağış süresi ve $c > 0$ ve α ve β ise parametrelerdir. ID eşiklerinde süre 1 saatten 100 saate kadar, yoğunluk ise 1 de 200 mm/h kadardır. ID eşiklerinin çoğunda $c=0$ dır. $C=0$ alındığı zaman denklem oldukça basit hal alır. Çizelge 3.2 de β nın -2.00 dan -0.19 a kadar bütün skalası ve α nın aralığının 4.00 dan 176.40 a kadar olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.2: Heyelanlar için yoğunluk-süre eşikleri. G, Küresel eşik; R, Bölgesel eşik; L, Lokal eşik; A, Eşiğin tanımlı olduğu alan; A, Bütün çeşitler; D, Debi akışı; S, Toprak akışı; Sh, Shallow heyelanı.

#	Alan	Heyelan Tipi	Denklem	Aralık
1	G Dünya	Sh, D	$I=14.82 * D^{-0.39}$	$0.167 < D < 500$
2	R Carinthia ve E Tyrol Austria	S	$I=41.66 * D^{-0.77}$	$1 < D < 1000$
3	L Valtellina, Lombardy Kuzey İtalya	S	$I=44.668 * D^{-0.78}$	$1 < D < 1000$
4	L San Francisco California	D	$I=6.9 + 38 * D^{-1.00}$	$2 < D < 24$
5	L San Francisco California	D	$I=2.5 + 300 * D^{-2.00}$	$5.5 < D < 24$

Çizelge 3.2: (Devamı)

#	Alan	Heyelan Tipi	Denklem	Aralık
6 L	Central Santa Cruz tepeleri, California	D	$I=1.7+9* D^{-1.00}$	$1<D<6.5$
7 R	Endonezya	D	$I=92.06-10.68* D^{1.00}$	$2<D<4$
8 R	Puerto Rico	D	$I=66.18* D^{-0.58}$	$0.5<D<12$
9 R	Brezilya	D	$I=63.38-22.19* D^{1.00}$	$0.5<D<2$
10R	Çin	D	$I=49.11-6.81* D^{1.00}$	$1<D<5$
11 L	Hong Kong	D	$I=41.83* D^{-0.58}$	$1<D<12$
12R	Japonya	D	$I=39.71* D^{-0.62}$	$0.5<D<12$
13R	California	D	$I=35.23* D^{-0.54}$	$3<D<12$
14R	California	D	$I=26.51* D^{-0.19}$	$0.5<D<12$
15G	Dünya	D	$I=30.53* D^{-0.57}$	$0.5<D<12$
16R	Peri-Vesuvian Campania (S İtalya)	D	$I=176.40* D^{-0.90}$	$0.1<D<1000$
17 L	Mayon, Philippines	L	$I=27.3* D^{-0.38}$	$0.167<D<3$
18R	Lombardy, N İtalya	A	$I=20.1* D^{-0.55}$	$1<D<1000$
19R	Puerto Rico	A	$I=91.46* D^{-0.82}$	$2<D<312$
20 L	Pasig-Potrero River Philippines	L	$I=9.23* D^{-0.37}$	$0.08<D<7.92$
21G	Dünya	S	$I=10* D^{-0.77}$	$0.1<D<1000$
22 L	Sacobia River Philippines	L	$I=5.94* D^{-1.50}$	$0.167<D<3$
23R	İsviçre	A	$I=32* D^{-0.70}$	$1<D<45$
24R	NE Alpler, İtalya	D	$I=47.742* D^{-0.507}$	$0.1<D<24$
25 L	Rho Basin, Susa Vadisi Piedmont, NW İtalya	D	$I=9.521* D^{-0.4955}$	$1<D<24$
26 L	Rho Basin, Susa Vadisi Piedmont, NW İtalya	D	$I=11.698* D^{-0.4783}$	$1<D<24$
27 L	Perilleux Basin, Piedmont NW İtalya	D	$I=11.00* D^{-0.4459}$	$1<D<24$
28 L	Perilleux Basin, Piedmont NW İtalya	D	$I=10.67* D^{-0.5043}$	$1<D<24$
29 L	Champeyron Basin, Piedmont NW İtalya	D	$I=12.649* D^{-0.5324}$	$1<D<24$
30 L	Champeyron Basin, Piedmont NW İtalya	D	$I=18.675* D^{-0.565}$	$1<D<24$
31R	Campania, S İtalya	A	$I=28.10* D^{-0.74}$	$1<D<600$
32 L	Mettman Ridge, Oregon	A	$I=9.9* D^{-0.52}$	$1<D<170$
33 L	Blue Ridge, Madison County, Virginia	D	$I=116.48* D^{-0.63}$	$2<D<16$
34G	Dünya	Sh	$I=0.48+7.2* D^{-1.00}$	$0.1<D<1000$
35 L	Moscardo Torrent	A	$I=15* D^{-0.70}$	$1<D<30$
36R	E Jamaica	Sh	$I=11.5* D^{-0.26}$	$1<D<150$
37R	Kuzey Shore Tepeleri Vancouver, Kanada	Sh	$I=4.0* D^{-0.45}$	$0.1<D<150$
38R	Piedmont, NW İtalya	Sh	$I=19* D^{-0.50}$	$4<D<150$
39 L	Piedmont, NW İtalya	A	$I=44.668* D^{-0.78} * N$	$1<D<1000$
40 L	Valzangona, N Apennines A İtalya	A	$I=18.83* D^{-0.59}$	$24<D<3360$
41 L	Seattle, Washington	S	$I=82.73* D^{-1.13}$	$20<D<55$
42G	Dünya	D	$I=7.00* D^{-0.60}$	$0.1<D<3$
43R	Taiwan	A	$I=115.47* D^{-0.80}$	$1<D<400$
44R	Pyrenees, İspanya	A	$I=17.96* D^{-0.59}$	$D>168$
45L	Apuane Alpleri, Tuscany İtalya	Sh	$I=26.871* D^{-0.638}$	$0.1<D<35$
46L	Apuane Alpleri, Tuscany İtalya	Sh	$I=85.584* D^{-0.781}$	$0.1<D<35$
47 L	Apuane Alpleri, Tuscany İtalya	Sh	$I=38.363* D^{-0.743}$	$0.1<D<12$
48 L	Apuane Alpleri, Tuscany İtalya	Sh	$I=76.199* D^{-0.692}$	$0.1<D<12$
49R	Shikoku Adası, Japonya	A	$I=1.35+55* D^{-1.00}$	$24<D<300$
50R	Central Taiwan	D	$I=13.5* D^{-0.20}$	$0.7<D<40$
51R	Central Taiwan	D	$I=6.7* D^{-0.20}$	$0.7<D<40$
52 L	Lisnon, Portekiz	A	$I=84.3* D^{-0.57}$	$0.1<D<2000$



Şekil 3.1: 52 çeşit yağış yoğunluğu-süresi grafiği (Guzzetti vd., 2007)

Fakat uzun periyotlarda ($D > 500$ saat) kavramsal sınırlama söz konusudur. Bu da farklı hidrolojik ve eğim kararlılığının farklı yağış sürelerinin sonucudur. Sınırlamanın üstesinden gelmek için, uzun süreli yağışlarda asimptotik eşikler önerildi (Cannon ve Ellen, 1985; Wiczorek 1987, Crosta ve Frattini, 2001). Çizelge 3.2 de asimptotik eşikler (#4,#6,#34,#49) de $\beta = -1.00$ ve c uzun süreli yağışlarda minimum değerdedir ve aralığı 0.48 ile 6.90 mm/saat arasındadır. Çizelge 3.2 deki 3 eşik (#7,#9,#10) de $\beta = 1.00$ ve c ' nin aralığı 49.11 ile 92.06 arasındadır. Bu 3 eşik kısa süreli yağışlarda asimptotik davranış göstermektedir. Yağış süreleri 20 dakikadan 5 saate kadar olan sadece #22 ve #37 de ortalama yağış yoğunluğunun daha düşük değerlerini tahmin eder. Küresel eşiklerde tahmin edilen yağış yoğunluğunun daha alt seviyesi onun küresel doğasına bağlıdır. Küresel eşikler en alt seviyeleri gösterir.

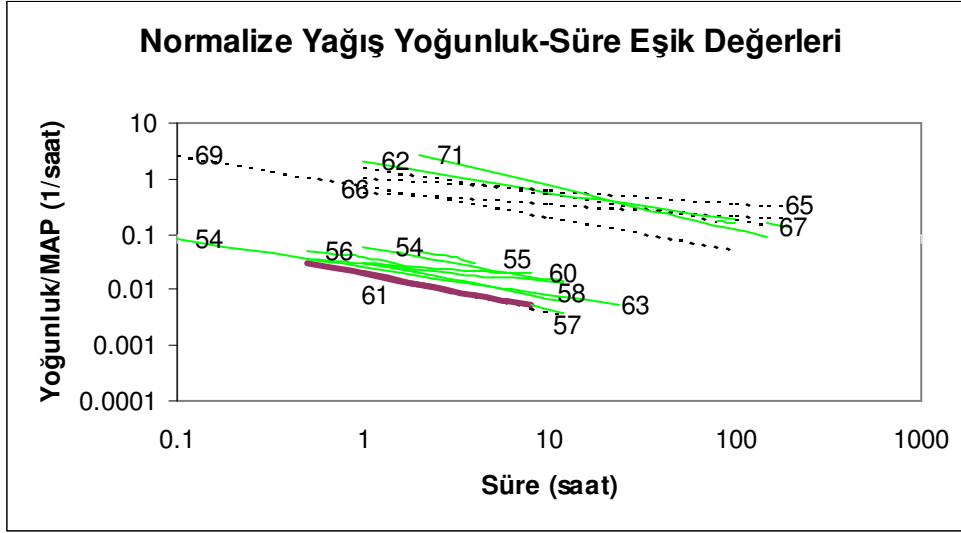
Şekil 3.1 analiz edildiği zaman lokal eşikler bölgesel eşiklere nazaran biraz daha yüksek, küresel eşiklerden ise oldukça yüksektir. Bu da demektir ki lokal eşikler herhangi bir yağış süresindeki ortalama yağış yoğunluğunu bölgesel ve küresel eşiklere nazaran daha yüksektir. Lokal eşiklerde genel olarak yağış süreleri sınırlıdır. Büyük ölçek de yağış yoğunluğunun ölçümü bölgesel ortalamadan etkilenir. Şekil 3.1 ye baktığımızda aynı coğrafik alanlar için farklı eşiklerin olduğunu görmekteyiz. Paronuzzi tarafından 1998 yılında Çizelge 3.2 de #24 numaralı ve Marchi 2002

yılında #35 numaralı Kuzeydoğu İtalya'daki bütün heyelan çeşitleri belirgin bir biçimde farklıdır. Özel bir bölge veya alan için tanımlanan eşikler kolaylıkla çevre bölge veya alanlara taşınmazlar (Crosta, 1989). Morfolojik ve litolojik farklılıklara ek olarak meteorolojik ve iklimsel değişirlikten dolayı ID eşikleri tek bir yağış olayı çalışması için düşünülemezler. Farklı bölge veya alanlar için hazırlanan yağış eşiklerini karşılaştırmak için, araştırmacılar yağış yoğunluk değerlerini deneysel ölçümler kullanarak normalize ederler. Yağış yoğunluğunu normalize etmek için, Wilson (1997) ve Wilson ve Jayko (1997) günlük-yağış normal iklimsel indeksi(RDN) kullandı. Barbero 2004 yılında iki farklı alandaki MAP oranını (N) birinci alan için tanımlanan ID eşğine taşıdı ve ikinci alana uyguladı.

Çizelge 3.3 de literatürde normalize edilmiş ID eşikleri bulunmaktadır ve şekil 4.2 de ise bu eşiklerin grafiksel gösterimi mevcuttur. Çizelge 3.3 deki 3 eşik dışında (#53,#54,#56) normalize ID eşiklerinin hepsinde β -0.79 ile -0.21 arasında ve α 0.02 den 4.62 ye kadardır. Şekil 3.2 de Şekil 3.1 ile kıyaslandığında 2 farklı eşik grubu ortaya çıkar. Azalan değişirlik normalizasyonun sonucudur. Normalizasyona rağmen şekil 3.2 de komşu ve benzer bölgeler için tanımlanan lokal ve bölgesel eşiklerde önemli farklılıklar kalır. Bu da eşikleri tanımlayan veri setinin homojenliğinin eksikliğinin sonucudur, fakat heyelana neden olan yağışlardaki coğrafik değişirliliği de gösterir.

Çizelge 3.3: Normalize edilmiş yoğunluk-süre eşik denklemleri (Guzzetti vd., 2007)

#	Alan	Heyelan Tipi	Denklem	Aralık
53 L	San Francisco California	D	$D=46.1-3.6*10^3*I_{MAP}$	$1<D<24$
54 R	Endonezya	D	$I_{MAP}=0.07-0.01*D^1$	$2<D<4$
55 R	Puerto Rico	D	$I_{MAP}=0.06*D^{-0.59}$	$1<D<12$
56 R	Brezilya	D	$I_{MAP}=0.06-0.02*D^1$	$0.5<D<2$
57 L	Hong Kong	D	$I_{MAP}=0.02*D^{-0.68}$	$1<D<12$
58 R	Japonya	D	$I_{MAP}=0.03*D^{-0.63}$	$1<D<12$
59 R	California	D	$I_{MAP}=0.03*D^{-0.33}$	$1<D<12$
60 R	California	D	$I_{MAP}=0.03*D^{-0.21}$	$0.5<D<8$
61 G	Dünya	D	$I_{MAP}=0.02*D^{-0.65}$	$0.5<D<12$
62 R	Central Alpler Lombardy,N İtalya	D	$I_{MAP}=2.0*D^{-0.55}$	$1<D<100$
63 R	NE Alpler,İtalya	D	$I_{MAP}=0.026*D^{-0.507}$	$0.1<D<24$
64 L	Blue Ridge,Madison County,Virginia	D	$I_{MAP}=0.09*D^{-0.63}$	$2<D<16$
65 L	Val Sesia,Piedmont NW İtalya	Sh	$I_{MAP}=1.1122*D^{-0.2476}$	$1<D<200$
66 L	Val d'Ossala,Piedmont NW İtalya	Sh	$I_{MAP}=0.6222*D^{-0.2282}$	$1<D<200$
67 L	Valli di Lanzo,Piedmont NW İtalya	Sh	$I_{MAP}=1.6058*D^{-0.4644}$	$1<D<200$
68 L	Val d'Orco,Piedmont NW İtalya	Sh	$I_{MAP}=1.6832*D^{-0.5533}$	$1<D<200$
69 L	Cancia,Dolomites NE İtalya	D	$I_{MAP}=0.74*D^{-0.56}$	$0.1<D<100$
70 R	Piedmont,NW İtalya	Sh	$I_{MAP}=0.76*D^{-0.33}$	$2<D<150$
71 R	Piedmont,NW İtalya	Sh	$I_{MAP}=4.62*D^{-0.79}$	$2<D<150$



Şekil 3.2. Normalize yağış yoğunluğu-süresi grafiği (Guzzetti vd., 2007)

Bazı bilim adamları ise heyelanın başlangıcında yağış miktarına bağlı olarak eşik değerleri ürettirler (Çizelge 4). Bu eşikleri tanımlamak için Farklı yağış değerleri kullanıldı.

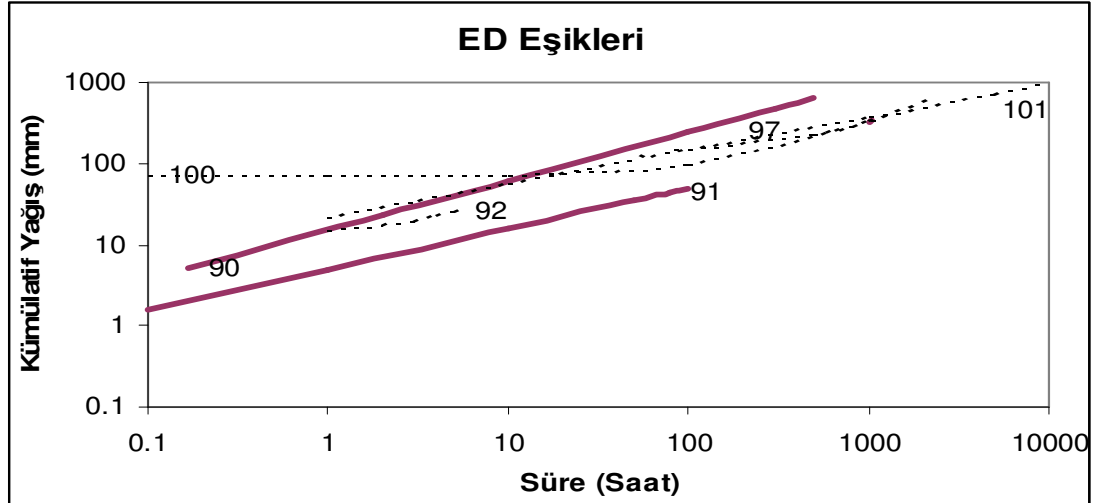
- i) Günlük yağış ®
- ii) Geçmiş yağış değerleri ($A_{(d)}$)
- iii) Toplam yağış değerleri (E)
- iv) Normalize edilmiş Toplam Yağış Değerleri (E_{MAP})

Son eşiklere göre şayet toplam yağış miktarı kabul edilen MAP in yüzdesini aşıyorsa heyelanlar meydana gelir. Örnek olarak, Guidicini ve Iwasa (1977) Brezilyada MAP in %12 sini aşan toplam yağış değerlerinde heyelanlar meydana gelir. Benzer olarak Govi ve Sorzana (1980) yılında kuzeybatı İtalya'da ki Piedmont Bölgesi için bir çalışma yaptı ve MAP ile heyelanlar arasında bir ilişki buldu (#79) ve bu bölgeler için daha fazla miktarda yağışın heyelana geçebilmesi gerektiğini buldu. Normalize edilmiş toplam yağış değerleri (E_{MAP}) Bhandari tarafından Himalayalar için (1991) ve Biafiore (2002) Güney Afrika bölgesindeki KwaZulu-Natal için kullandı.

Diğer bilim adamları ise yağışın süresine bağlı olarak gittikçe artan yağış miktarı ve normalize değerlerle uygunluk buldular. Aşağıdaki çizelgede olay-süre (ED) ve normalize ED eşikleri görülmektedir.

Çizelge 3.4: Literatürdeki kümülatif eşik denklemleri (Guzzetti vd., 2007)

#	Alan	Heyelan Tipi	Denklem	Arahk
90 G	Dünya	Sh, D	$E=14.82 \cdot D^{0.61}$	$0.167 < D < 500$
91 R	Dünya	D	$E=4.93 \cdot D^{0.504}$	$0.1 < D < 100$
92 L	Nuuanu -Hawaii	D	$E=9.91+3.22 \cdot D$	$3 < D < 6$
93 L	Nuuanu,Honolulu Hawaii	D	$E=12.45+27.18 \cdot D$	$1 < D < 3$
			$E=48.26+15.24 \cdot D$	$3 < D < 6$
94 L	Kaluanui,Honolulu Hawaii	D	$E=13.84+12.83 \cdot D$	$1 < D < 3$
			$E=15.75+12.19 \cdot D$	$3 < D < 6$
95 L	Kaluanui,Honolulu Hawaii	D	$E=8.76+32.64 \cdot D$	$1 < D < 3$
			$E=53.34+17.78 \cdot D$	$3 < D < 6$
96 R	Norveç	D	$CMAP=1.2 \cdot D^{0.6}$	$0.1 < D < 180$
97 L	Llobregat River E Pyrenees,İspanya	A	$E=133+0.19 \cdot D$	$84 < D < 1092$
98 L	Apuan Alpler Tuscany-İtalya	D	$E=27.50+22.50 \cdot D$	$1 < D < 3$
			$E=66.67+9.44 \cdot D$	$3 < D < 12$
			$E=165.00+1.25 \cdot D$	$12 < D < 24$
99 L	Apuan Alpler Tuscany-İtalya	D	$E=45.00+55.00 \cdot D$	$1 < D < 3$
			$E=150.00+20.00 \cdot D$	$3 < D < 12$
			$E=375.00+1.25 \cdot D$	$12 < D < 24$
100L	Kuzey Lizbon-Portekiz	A	$E=70+0.2625 \cdot D$	$0.1 < D < 2400$
101R	Brezilya	D	$E=22.4 \cdot D^{0.41}$	$1 < D < 10$
102R	Piedmont,NW İtalya	Sh	$CMAP=-10.465+8.35 \cdot \ln D$	$5 < D < 30$
103L	Apuan Alpler	Sh	$EMAP=1.0711+0.1974 \cdot D$	$1 < D < 30$
104L	Apuan Alpler	Sh	$EMAP=5.1198+0.2032 \cdot D$	$1 < D < 30$



Şekil 3.3: Kümülatif yağış- süre (ED) eşikleri grafiği (Guzzetti vd., 2007)

4. DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ

4.1 Rize İli

Kuzeydoğu Anadolu da , Doğu Karadeniz kıyı Őeridinin doğusunda, 40° 20' ve 41° 20' kuzey paralelleri arasında yer alır. Batı' dan Trabzon'un Of, gúneyden Erzurum'un İspir, Dođudan Artvin'in Yusufeli ve Arhavi ilçeleri ve kuzeyden Karadeniz ile çevrili olan Rize'nin göller hariç yüzölçümü 3920 km² dir.

4.1.1 Rize'nin jeomorfolojisi

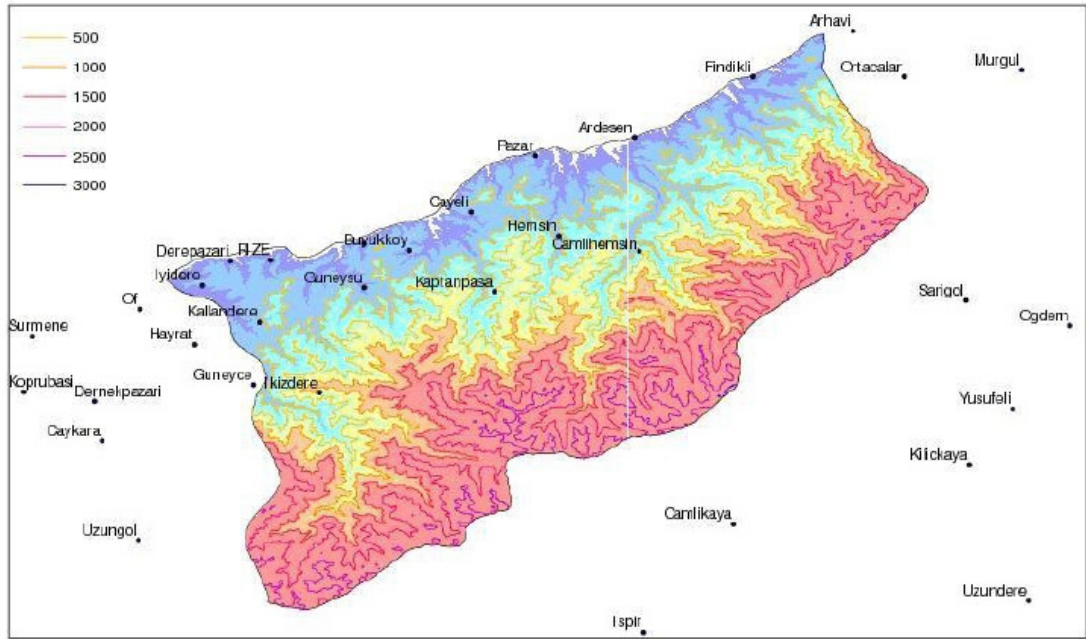
Rize ili dağlık ve engebeli bir alana sahiptir. Dar kıyı Şeridi ve alüvyonal yelpazeler dışında düzlük alan bulunmamaktadır. Düzlüklerin kıyı boyunca olan genişlikleri 200 m ile 1000 m arasında değişmekte ve alanların tamamına yakını yerleşim yeri olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra, dağlık alanlar ve yüksek dağlık alanlar diğer topografiyi oluşturmaktadır. Yükselteler kıyı Őeridinden hemen sonra 150-200 m yi bulmaktadır. Bu yükseltelerden sonra daralan akarsular V Şekilli vadiler oluşturmaktadır. 2000 metreden daha üst bölgedeki alanlar ise U biçimli vadilerden oluşmaktadır (T.C. Rize Valiliği 2006).

Rize ilinde heyelanlar ve jeolojik birimler arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Heyelanları etkileyen başlıca faktörler arasında jeolojik özellikler, kayaçların ayrışma derecesi, zemin özellikleri, morfolojik durum, yağış, kazı ve akarsu oymaları, bitki örtüsü gibi sebepler gelmektedir. Oluşan heyelanlar genellikle ayrışma özelliğine göre sığ heyelanlar olarak tanımlanmaktadır (Yalçın ve Bulut 2007).

Yörede Jeolojik birimlerin dağılımını incelendiğinde, andezit, bazalt, dasit ve riyodasit gibi volkanik kayaçların egemen olduğu görölmektedir. Bunun yanı sıra, bu volkanikler arasında ara katkılı olarak daha çok kumtaşı, kiltası, siltaşı ve marndan oluşan sedimanter kayaçları görmek mümkündür. Rize il geneline bakıldığında, çevresel ve iklimsel koşullar nedeniyle, litolojik birimlerde ayrışmanın çok fazla etkili olduğu görölmektedir. Ayrışmaya uğrayan birimler, dayanımını büyük oranda

yitirmektedirler. Bölgenin genellikle yoğun yağış alması burada yüzeyleşen malzemenin belli bir su içeriğini barındırmasına sebep olmaktadır. Dolayısıyla, şiddetli yağışlarla daha da artan su içeriği, boşluk suyu basıncını da artırarak malzemenin dayanımının yenilmesine sebep olmakta ve zemin sağlığını olumsuz etkilemektedir. Böylece, malzemenin mukavemeti azaldığından heyelanın oluşması kolaylaşmaktadır (Yalçın ve Bulut 2007).

Heyelanları oluşturan malzemenin su içeriğinin artmasında, Rize ilinin en önemli tarım ürünü olan çay bitkisinin kontrolsüz biçimde dikilmesinin de etkisi büyüktür. Herhangi bir drenaj sistemi olmadan dikilen çay bitkisi yüzeysel akışı engelleyerek suyun zemine girişini artırmaktadır. Dolayısıyla, fazla olan yağışa bir de yüzeysel akışa geçmesi gereken suyunda zemine girmesi ilave edildiğinde malzemenin doygunluğu daha kolay yakalanmaktadır. Böylece heyelanın oluşması daha da kolaylaşmaktadır. Eğimli arazide gelişen güzel yapılan kazı ve yol çalışmaları da yamaçların stabilizasyonunu bozmakta ve heyelanlara davetiye çıkarmaktadır.



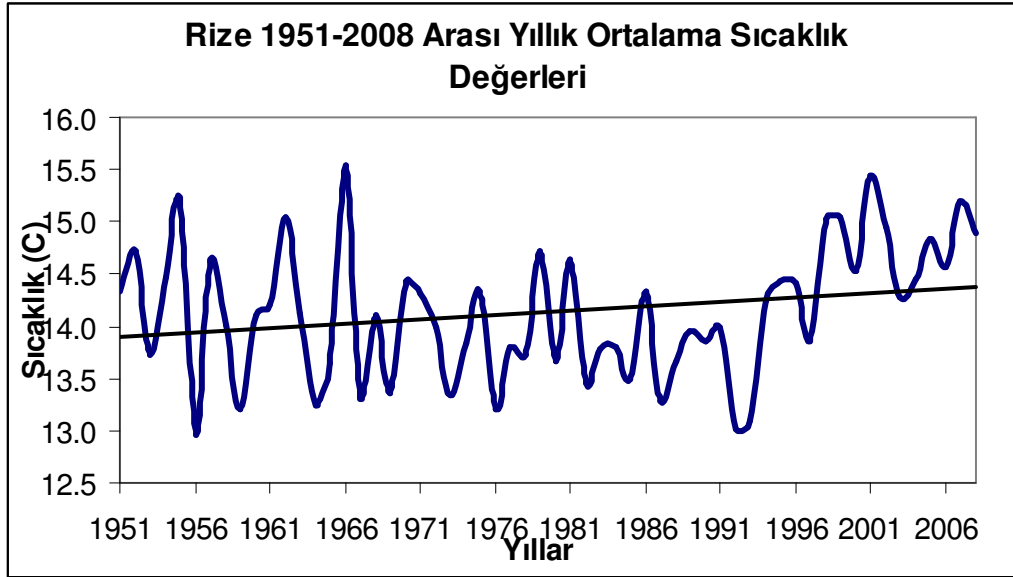
Şekil 4.1: Rize topografya haritası (Tüysüz vd., 2008)

4.1.2 Rize'nin iklimi

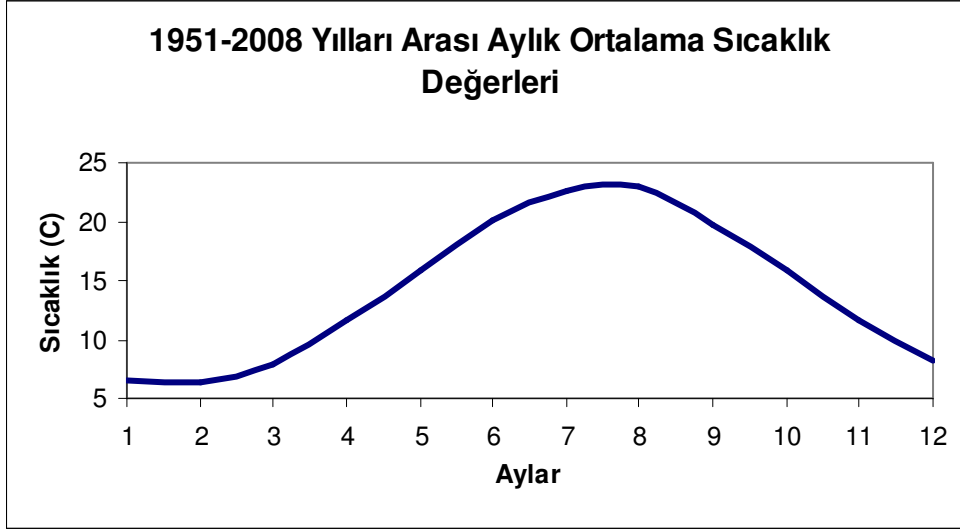
Rize de yazları serin kışları ılıman ve her mevsimi yağışlı bir iklim görülür. 1951-2008 yılları arasında yapılan ölçüm sonuçlarına göre Rize'nin Yıllık ortalama sıcaklık değeri 14.1 °C dir. 1951-2008 yılları arasında yıllık ortalama en düşük sıcaklık değerleri 1956 ve 1993 yılları arasında 13.0 °C olarak kaydedilmiştir. En

yüksek ortalama sıcaklık değeri ise 1966 yılında 15.5 °C ve 2001 yılında 15.4 °C dir. (Şekil 4.2). Aylık ortalama sıcaklık değerlerine (Şekil 4.3) baktığımızda Rize ilinin bütün bir yıl boyunca en düşük 6 °C ile en yüksek 23 °C ler arasında seyrettiğini görmekteyiz. Aylık Ortalama Sıcaklıklar arasında en yüksek ağustos ayı olup 22.9 °C ve en düşük şubat ayı ve sıcaklık değeri ise 6.4 °C dir.

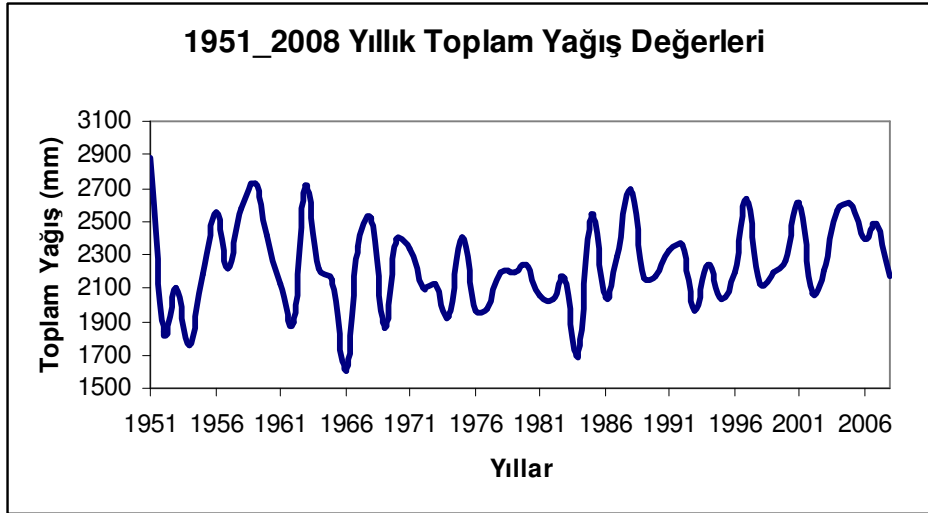
Türkiye de en fazla yağış alan ilimiz Rize 1951-2008 yılları arasındaki 58 yıllık ortalama toplam yağış değeri m² ye 2239 mm olarak kaydedilmiştir. Türkiye ortalaması ise 600 mm civarındadır. Rize iline düşen yağışların gerek cephesel gerek konvektif ve gerekse topoğrafik şartlardan dolayı orografik düşmesinden her mevsime dağıldığını görmek mümkündür. Rize de yaz aylarında sıcaklık değerleri yüksek olmasına rağmen yağış miktarlarında herhangi bir azalma görülmemiş aksine yağışın en fazla olduğu ayın 10. ay olduğu şekilden rahatlıkla görülmektedir.



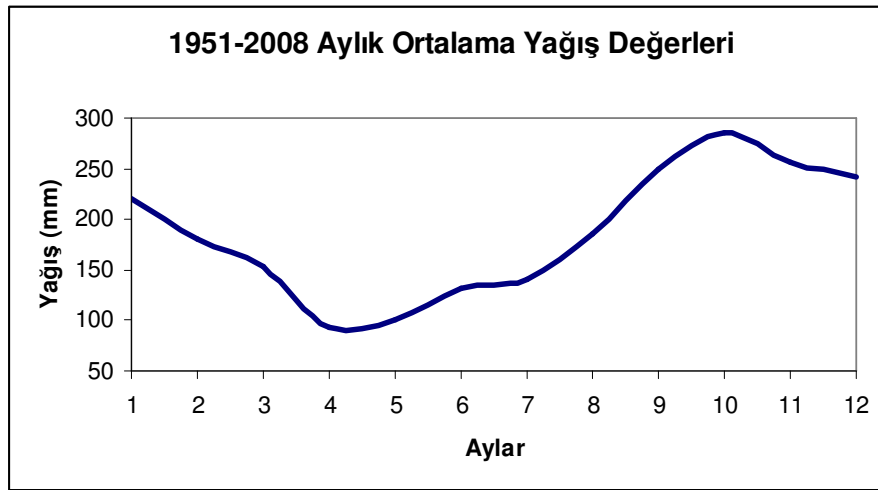
Şekil 4.2: Rize ili 1951-2008 arası yıllık ortalama sıcaklık değerleri



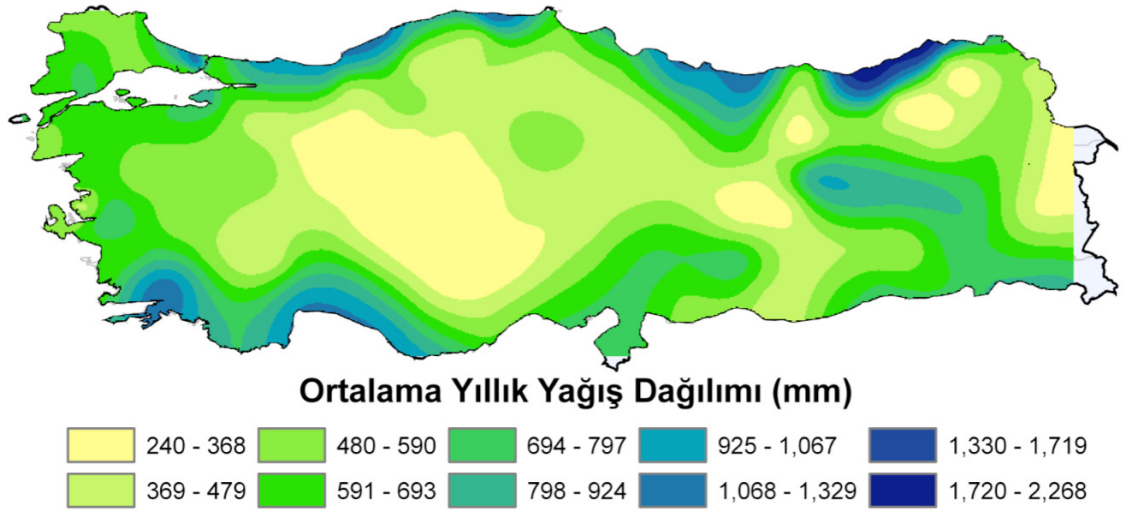
Şekil 4.3: Rize ili 1951–2008 yılları arası aylık ortalama sıcaklık değerleri



Şekil 4.4: Rize ili 1951–2008 yılları arası toplam yağış miktarları (mm)



Şekil 4.5: Rize ili 1951–2008 yılları arası aylık ortalama yağış miktarları (mm)



Şekil 4.6: Türkiye ortalama yıllık yağış dağılımı (Şen Ö., Kindap T., Karaca M.,)

4.1.3 Rize'nin bitki örtüsü

Bol yağış alan ve dengeli bir sıcaklık rejimine sahip olan Rize sık ve gür tabii bitki örtüsüne sahiptir. Kıydan yaklaşık 750 m yüksekliğe kadar olan saha geniş yapraklı kıyı ormanları ile kaplıdır. Bu alanda yer yer iğne yapraklıların da bazı sırtlar boyunca aşağılara sarktığı görülür. Gür ve sık bir orman formasyonu ile aynı zamanda da zengin bir orman altı formasyonundan oluşan bu yükseklik basamağı "Kelşik Flora" adıyla da tanınmaktadır. Bu basamağın hakim türü sakallı kızılâğaç (*Alnus Barbata*) olup diğer türler kayın, kestane, ıhlamur türleri, gürgen, karaâğaç türleri, yabani Trabzon hurması, yabani karayemiş, yabani kiraz, defne, çınar, tesbih ağacı, meşe, dişbudak ve şimşirdir. Bunlardan sakallı kızılâğaç ve yabani karayemiş akarsu vadileri boyunca orman üst sınırına kadar çıkar. Bu basamağın orman altı bitki örtüsü de çok zengindir. Hakim tür, yörede "Kumar" adıyla bilinen ve yakacak odun olarak istihsal edilen orman gülü olup, sayılamayacak kadar çok otsu ve odunsu bitki türü, orman gülü ile birlikte orman altı bitki örtüsünü oluşturur.

Yaklaşık olarak 800-1400 m yükseklikler arasındaki kuşak karışık orman kuşağıdır. Bu katın yaygın türlerinin geniş yapraklılarından sakallı kızılâğaç, kayın, kestane, gürgen ile iğne yapraklılarından ladin ve çam türleri teşkil eder. Orman altı bitki örtüsünü gene orman gülü ile diğer otsu ve odunsu bitkiler oluşturur.

Yüksekliğin daha da artmasıyla yavaş yavaş iğne yapraklı türler hakim duruma geçer. Hele 1600 m den sonra iğne yapraklılarının hâkimiyeti kesindir. Hakim tür doğu ladini olup, orman üst sınırına yaklaştıkça Kafkas köknarı da yaygın bir şekilde görülür. Karaçam da bu kuşağın yaygın türlerindedir.

Rize de ormanlar yaklaşık olarak 2000-2200 m yüksekliklerde sona erer ve yerini alp çayırlarına bırakır. Turuncu ve Beyza renkli küçük dağ zambakları ile papatyalar gibi çeşitli türlerin yer aldığı bu alanda, çayırların yanında lekeler halinde yer yer kısa boylu, orman gülü çalılıkları da yer almaktadır.

4.1.4 Rize'nin akarsu ve gölleri

Rize, yağışlı iklimi ve çok sayıdaki yer altı su kaynakları sayesinde çok zengin bir hidrografik yapıya sahip olmuştur. Rize sınırları içinde doğu-batı yönünde ortalama her 250-300 m de büyük veya küçük akan bir suya mutlaka rastlanır. Nitekim Rize arazisinin reliefi de bunu göstermektedir. Bundan hareketle Rize'nin Türkiye' de akarsu yoğunluğu en fazla olan il olduğunu söylemek mümkündür. Ancak bunu kesin olarak söyleyebilmek için Türkiye'nin bütün illerinde akarsu yoğunluğu ölçümlerinin yapılmış olması gerekir.

Rize'nin akarsuları kısa boylu, yatay eğilimli fazla olan hızlı akışlı akarsulardır. Rize sınırları içinde uzunluğu 5 km den fazla olan 23 akarsu vardır. Ancak bunlardan 16 tanesi doğrudan doğruya Karadeniz'e ulaşmakta olup geri kalanı ise bu 16 akarsudan birinin kolu durumundadır. Doğrudan doğruya Karadeniz'e ulaşan akarsuların en uzun olanları Çağlayan deresi (34.7 km), Arılı Deresi (31.5 km), Fırtına Deresi (68.0 km), Hemşin Deresi (38.5 km), Sabuncular Deresi (46.0 km), Taşlı Dere (34.0 km), İyi Dere (78.4 km) dir. Diğerlerinin boyları kısadır. Öyleki kol durumundaki bir çok akarsu bile bunların en uzun olan Venek Deresinden (20.3 km) daha uzundur. Örneğin Fırtına Deresinin kolları olan Durak Deresi 33.0 km, Hala Deresi 32.5 km ve Taşlı Dere'nin kolu olan Balamya Çayı 22.6 km uzunluğundadır.

Rize'nin büyük akarsuları olarak belirtilen 7 akarsudan en uzun olanı İyi Dere (78.4 km) ama beslenme sahası en geniş olanı Fırtına Deresi'dir (1149.3 km). havza genişliği yönünden ikinci sırayı İyi Dere (1047,4 km), uzunluk yönünden ikinci sırayı ise Fırtına Deresi (68 km) alır. Rize'de akarsuların karakteri yağmur, kar, gür kaynaklar tarafından belirlenir. "Yağmurlu Karadeniz Rejimi" statüsünde incelenen bu akarsulardan, biri Eylül'den Kasım ortalarına kadar, diğeri Mart'tan Ağustos'a

kadar iki kabarık ve Kasım ortalarından Mart'a kadar bir çekik devre vardır. Bu devrede akarsular sadece göl ve kaynak sularıyla beslenmektedirler. Çünkü bu devrede yöre yağışı kar şeklinde olduğu için akarsuyun yağmur sularından beslenme şansı yok gibidir. Nitekim en çekik seviyenin Ocak ayına tekabül etmesi de bunu kanıtlar (Fırtına deresi Ocak ortalama debisi 11.3 m³/sn).

Marttan itibaren önce kar erimeleriyle kabarmaya başlayan akarsular ilk bahar yağmurlarıyla da beslenince birdenbire kabarmaya başlar ve kar erimelerinin en şiddetli olduğu Haziran ayında en kabarık seviyeye ulaşır (Fırtına Deresi Haziran ortalama debisi 65.2 m³/sn). Hazirandan itibaren kar suyu desteğinin azalmasına paralel olarak akarsular da çekilmeye başlar. Ancak gene de Haziran-Ağustos arasındaki seviyeleri diğer aylardan daha yüksektir. Bu seviye kaybı Eylül' de son bulur ve son bahar yağmurlarının etkisiyle Eylül ortalarından Kasım'a kadar ikinci kabarık devre yaşanır. Rize akarsularının debileri oldukça fazladır. Örneğin Fırtına deresinin ortalama debisi (28.4 m³/sn), üzerinde Demirköprü barajının bulunduğu Gediz Nehrinden (26 m³/sn) minimum debisi ise (4.5 m³/sn), Kızılırmak (1.7 m³/sn) ve Gediz Nehrinden (0.07 m³/sn) fazla, Dicle Nehrinin (9.4 m³/sn) yarısıdır. Türkiye'nin diğer akarsularıyla kıyaslandığında oldukça düzenli rejimli oldukları görülen Rize akarsularının asıl dikkat çeken özellikleri elektrik enerji potansiyelleri ve sediment miktarlarıdır. Türkiye'nin diğer akarsularına göre oldukça az sediment taşıyan Rize akarsuları yıllık elektrik enerji potansiyeli bakımından da elverişli şartlar arz ederler. Rize akarsularının Doğu Karadeniz Havzası içinde yer aldıkları ve Doğu Karadeniz Havzasının da yıllık elektrik enerji potansiyeli bakımından Fırat ve Dicle Havzalarından sonra yaklaşık 12 milyar Kwh ile üçüncü sırayı aldığı dikkate alınırsa Rize akarsularının Türkiye elektrik enerji potansiyeli içindeki yeri daha iyi anlaşılır. Rize dağlarının 2400 m yi aşan bölümlerinde buzul aşındırması ve biriktirmesi sonucu oluşmuş olan 19 adet küçük alanlı göl tespit edilmiştir. Bu göllerin en büyükleri 0.07 km² yüzölçümündeki Ambar Gölü (2950 m) ile Büyük Deniz Gölüdür. 2400-3000 m yükseklikler arasında yer alan bu göllerin en küçüğü ise 0.01 km yüzölçümündeki Öküz yatağı Gölüdür (2775 m).

4.2 Trabzon İli

4664 km² yüzölçüme sahip Trabzon ili, Doğu Karadeniz Dağlarının oluşturduğu yayın ortasındaki Kalkanlı dağlık kütesinin kuzeye bakan yamaçlarında 38° 30' - 40°

30' doğu meridyenleri ile 40° 30' - 41° 30' kuzey paralelleri arasında yer almaktadır. Kuzeyinde Karadeniz, gúneyinde Gümüşhane ve Bayburt, doğusunda Rize, batısında Giresun ili bulunmaktadır.

4.2.1 Trabzon'un jeomorfolojisi

Trabzon ilinin başlıca yeryüzü Şekilleri, gúneyde su bölümü çizgisi boyunca Doğu-Batı doğrultusunda uzanan dağlık alanlar, bunların ana akarsuyun kolları arasına, kuzeye doğru sokulan ve gittikçe alçalan tepelik sahalardan sahadaki mevcut Őekillenmeyi sağlayan dış etmen olan Solaklı, Yomra, Değirmendere, Sera, Kalenima, Foldere gibi akarsuların oluşturduğu vadiler ve dotalardır. Jeolojik oluşumu, stratigrafi bakımından alttan úste doğru üst kratese yaşlı, tortul ara katkılı volkanik seriler, konglomera, kumaşı, marn, kil ve kireç taşlı denizsel üst miosen ve serileri; çakılı, kumlu, siltli ve killi, kuaterner yaşlı taraça dolguları ile çakılı, kumlu, siltli, killi, killi akarsu ve kıyı alüvyonları Őeklindedir.

4.2.2 Trabzon'un iklimi

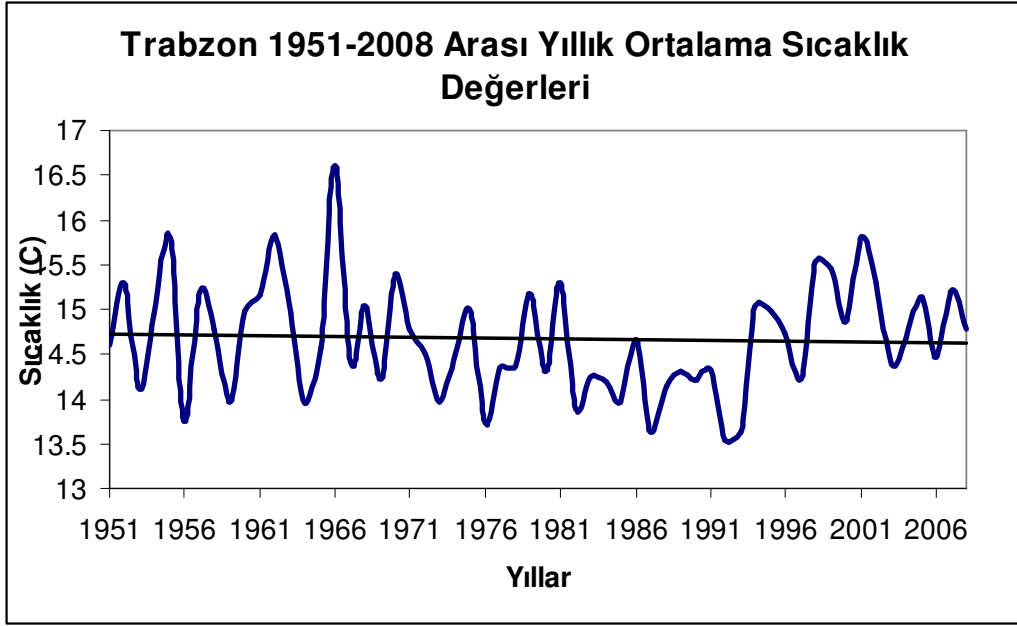
Trabzon ili, kuzeydeki kutbi hava kútleleriyle, gúneydeki tropikal hava kútlelerinin geçiş sahası üzerinde yer alır. Kışın, güneşin zahiri hareketlerine bağlı olarak, Tropikal yüksek basıncın gúneye inmesiyle genellikle kuzeyden gelip Anadolu yüksek kara parçası üzerine yerleşmiş bulunan Sibiryas antisiklonunun ve kuzeyde Doğu Avrupa üzerinde yer alan kutbi hava kútlelerinin etkisindeki bir konverjans sahası özelliği taşır. Ancak yeryüzene yakın kısımlarda, kış sıcaklıkları, kuzeyde Karadeniz'in varlığı ve kıyıya yakın mesafede set gibi uzanan Doğu Karadeniz Dağlarının bulunuğu nedeniyle, aynı enlemlerdeki diğer sahalara göre oldukça ılıman hale gelir.

Yağışlar, kıyaya yakın alanlarda yağmur, orta ve yüksek kesimlerde ise genellikle kar Őeklindedir. Yazın ise yeryüzüne yakın atmosfer bölümlerinde Azor Yüksek Basınç Alanı'nın uzantıları ve Basra Alçak Basınç Merkezi arasında gelişen kuzey sektörlü hava akımları ile Karadeniz üzerinden taşınan nemli kara kútleleri kıyı kesiminde orografik yağışlara yol açmakta zaman zaman yine kuzeyden sokulan serin hava baskınları ile soğuk cephe sağanak yağışları da sık sık görúlmekte, yüksek seviyelerin soğuk hava damla durumlarında büyük kararsızlık ve önceden kestirilemeyen gelişmeleri ile bol yağışlar düşmektedir.

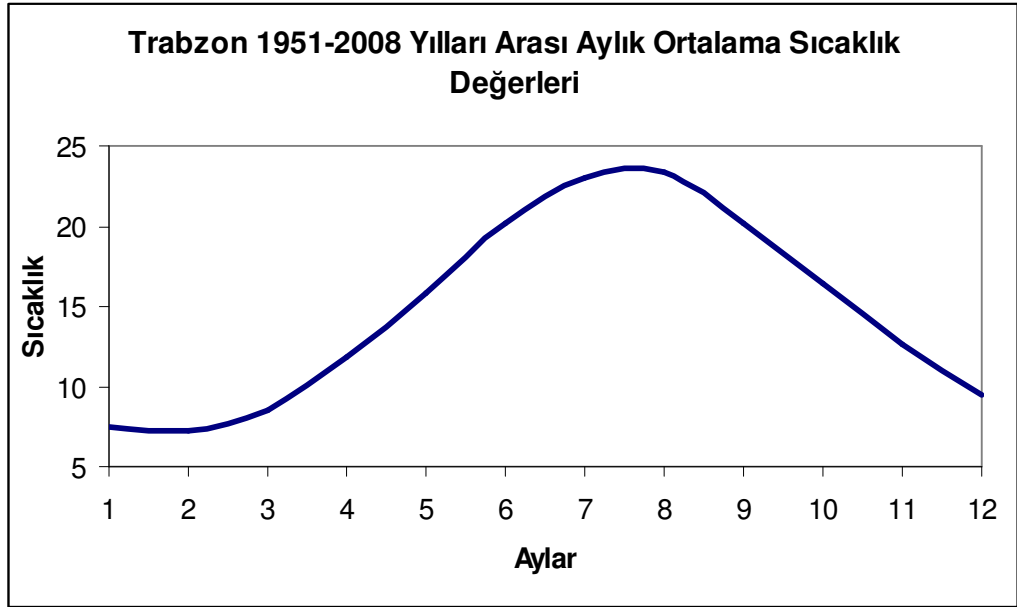
Bahar mevsimleri kış ve yaz arasında yumuşak bir geçişi sağlamakta ve bol yağmurlarıyla dikkati çekmekte özellikle kıyıya yakın alanlar bu aylarda yoğun ekipdikme faaliyetlerine sahne olmaktadır. İlkbahar mevsimi Mart ayından itibaren kendini göstermeye başlar, nisan ve mayıs aylarını içine alır. Sonbahar mevsimi ise yaklaşık üç aylık bir dönemi kapsar ancak eylül ayı kısmen yaz, kasım ayı da nispeten kış mevsimi özelliklerini taşır.

1951-2008 yılları arasında yapılan ölçüm sonuçlarına göre Trabzon'un Yıllık ortalama sıcaklık değeri 14.7 °C dir. 1951- 2008 yılları arasında yıllık ortalama en düşük sıcaklık değeri 1992 yılında 13.5 °C olarak kaydedilmiştir. En yüksek ortalama sıcaklık değeri ise 1966 yılında 16,6 °C dir. (Şekil 4.7). Aylık ortalama sıcaklık değerlerine (Şekil 4.8) baktığımızda Trabzon ilinin bütün bir yıl boyunca en düşük 7 °C ile en yüksek 24 °C ler arasında seyrettiğini görmekteyiz. Aylık Ortalama Sıcaklıklar arasında en yüksek ağustos ayı olup 23,3 °C ve en düşük şubat ayı ve sıcaklık değeri ise 7,3 °C dir.

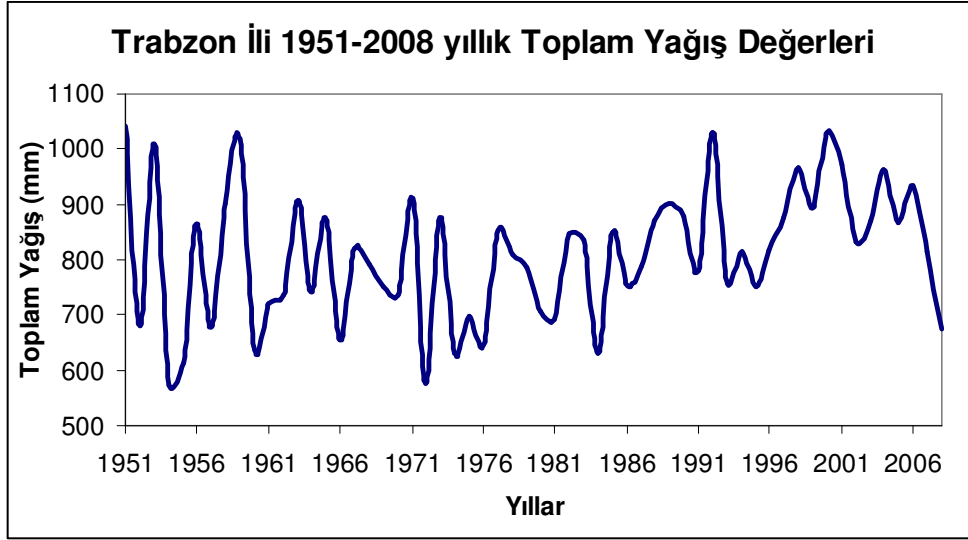
Fazla yağış alan illerimizden birisi olan Trabzon'da 1951- 2008 yılları arasındaki 58 yıllık ortalama toplam yağış değeri m² ye 809 mm olarak kaydedilmiştir. Türkiye ortalaması ise 600 mm civarındadır. Trabzon iline düşen yağışların gerek cephesel gerek konvektif ve gerekse topoğrafik şartlardan dolayı orografik düşmesinden her mevsime dağıldığını görmek mümkündür. Trabzon da yaz aylarında sıcaklık değerleri yüksek olmasına rağmen yağış miktarlarında herhangi bir azalma görülmemiş aksine yağışın en fazla olduğu ayın 10. ay olduğu şekilden rahatlıkla görülmektedir.



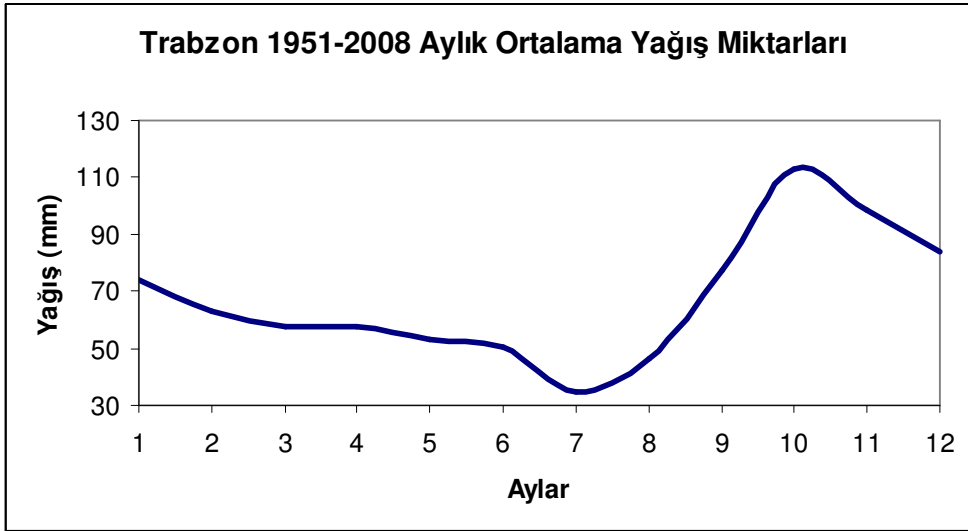
Şekil 4.7: Trabzon ili 1951-2008 arası yıllık ortalama sıcaklık değerleri



Şekil 4.8: Trabzon ili 1951-2008 yılları arası aylık ortalama sıcaklık değerleri



Şekil 4.9: Trabzon ili 1951–2008 yılları arası toplam yağış miktarları (mm)



Şekil 4.10: Trabzon 1951–2008 yılları arası aylık ortalama yağış miktarları (mm)

4.2.3 Trabzon'un bitki örtüsü

Sahanın dikey boyutta değişken olan ılıman ve her mevsim yağışlı iklim şartları farklı türlerden oluşan bitki örtüsü kuşaklarını meydana getirmiştir. Buna göre 0-300 m yükseltilerinden Akdeniz bitki türlerinin sokulduğu psödomaki (Trabzon hurması, akçaağaç, şimşir, karayemiş, defne, prekanta, muşmula, katran ardıcı, kocayemiş v.b) elemanları dağılış gösterirken kıyıya yakın kesimlerden itibaren geniş yapraklı etek ormanları yer almakta (kızılağaç, kestane, meşe türleri, dış budak, ıhlamur, adi findık, beyaz söğüt, kavak, doğu çınarı v.b) bu katın üzerinde geniş yapraklıların hakimiyetindeki geniş-igne yapraklı karışık ormanlar ve daha yukarıda

da iğne yapraklıların hakimiyetindeki ormanlar (sarıçam, ladin, mor çiçekli orman gülü) dağılış göstermektedir.

Aşağı kesimin kıyı kesimlerinde orman örtüsünün tamamına yakınında daha üst yükselti seviyelerde ise yer yer yerleşim ve tarım alanı açmalarıyla oluşan kesintilere rağmen 500-1850 m yükselteleri arasında hala zengin ve sık bir orman örtüsü varlığını sürdürmektedir. Daha yukarı seviyeler ise fizyolojik bakımdan ağaç yetişmesine müsait olmayan Alpin çayır alanlarıdır.

4.2.4 Trabzon'un akarsu ve gölleri

Akarsuların oluşturduğu vadiler özellikle ikinci dereceden kolların ve onlara karışan yan derelerin buldukları kısımlarda oldukça dardırlar. Bu özellik sahanın büyük kısmında hakimdir. Yörenin nemli iklim karakteri, havzaların hızlı akışlı olması ve fazla yük taşımaları, derine aşındırmada başlıca rolü oynamıştır. Aşınmaya karşı dayanıksız olan tuf, aglomera ve kalkerli yapılarda, derine aşındırma hızlanarak bir taraftan konsekant kollar gelişirken dik "V" şekilli vadiler oluşmuş, diğer taraftan da bu vadilerin yamaçlarında meydana gelen tali kollar arttırdıkları aşındırma faaliyetleri ile yamaçları iyice parçalamışlardır. Böylece sahada bugün görülen dantritik drenaj ağının oturduğu muntazam denize doğru alçalan vadi sistemi meydana gelmiştir. Dar bir alana sahip olsa bile erozyonla taşınan molozların vadi tabanına yakın alçak yamaçlarda birikmesiyle, düşük eğimli kısmi düzlükler oluşmuştur. Aynı zamanda bu tür alanlar taşıma elverişlidir.

Trabzon ilindeki en gelişmiş vadiler, batıda güney-kuzey yönünde uzanan Foldere Vadisi, Değirmendere akarsuyunun kurulu olduğu güneybatı-kuzeydoğu doğrultusunda Karadere Vadisi ve doğudaki güney-kuzey uzanış gösteren Solaklı Deresi vadisidir.

Güneyde 1.900 m. yükseltisindeki Horos ve Kalkanlı dağlarının su bölümü çizgisine yakın, kuzeye bakan yamaçlarından başlayan Değirmendere Vadisi giderek derinleşerek Maçka'ya kadar uzanır. Burada vadi tabanı yaklaşık 270 m.'ye kurulmuş ve 30 km. mesafede 1.630 m.'lik yükselti farkını kat eden yüksek eğimi ortaya çıkmıştır. Maçka'da aniden daralan vadi, buradan kuzeye doğru hem yana hem de derine doğru genişler, Esiroğlu yakınlarında ortadan kalkarak aşağı çığıra geçer.

Trabzon ilinin batısındaki Foldere ve Değirmendere'nin doğusunda kalan Karadere ve Solaklı dereleri kaynaklarını Horos, Soğanlı ve Haldizen Dağları'ndan almaktadır. Foldere, Değirmendere, Karadere ve Solaklı Deresi'nin yukarı havzaları güneyde birbirleriyle kavuşurken, daha küçük havzalar halindeki Kalenima Deresi, Yanbolu Deresi, Küçükdere ve Manahos Deresi, kısa boyları ve hızlı akışlarıyla oldukça dar vadiler meydana getirirler. Yamaçların farklı kayalardan meydana gelmesi de engebeyi kuvvetlendiren diğer bir faktördür. Tortul ve volkanik sediman karakteri taşıyan yüzeyler kolay aşınırken, volkanik kayalar yamaç boyunca yer yer ortaya çıkarak normal yamaç seviyesinden yüksek sathları oluşturmuşlardır.

4.3 Giresun İli

Karadeniz bölgesinin Doğu Karadeniz bölümünde yer alan Giresun İli 37° 50' -39° 12' doğu boylamları ile 40° 07' - 41° 08' kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır. Doğusunda Trabzon ve Gümüşhane, batısında Ordu, güneyinde Sivas ve Erzincan güneybatısında yine Sivas illeriyle komşu olup kuzeyi Karadeniz ile sınırlıdır. 6934 km² yüzölçümü ile ülke topraklarının binde 8.5 ini kaplamaktadır. Nüfus yoğunluğu kıyı şeridinde il ortalamasının üzerinde iken bu oran kıyı kesimlerinden iç kesimlere doğru gidildikçe belirgin biçimde il ortalamasının altına düşmektedir. İl merkezi, Aksu ve Baltama vadileri arasında denize doğru uzanan bir yarımada üzerinde kurulmuş olup, bu yarımadaanın doğusunda ve 2 km açığında Doğu Karadeniz'in tek adası olan Giresun adası bulunmaktadır.

4.3.1 Giresun'un yeryüzü şekilleri

Yüzey şekilleri bakımından engebeli bir görünüşe sahiptir ve yüzey şekillerinin çatısını Karadeniz kıyısı boyunca uzanan oldukça dar ve alçak düzlüklerden oluşan bir kıyı şeridi ile güneyde Kelkit Çayı vadisi arasını kaplayan Giresun dağları meydana getirir. Doğu Karadeniz dağlarının batıya doğru uzanan kollarından biri olan Giresun dağlarının doruk çizgisi Kelkit vadisine Karadeniz kıyısından daha yakındır ve dik yamaçlarla iner vadilerle yarılmış Karadeniz tarafından ise eğim daha azdır. Kıyı genellikle tepelik bir görünüşe sahiptir. Kıyıya paralel bir duvar gibi duran dağların ortalama yüksekliği 2000 m olmakla birlikte bazı yerlerde 3000 m yi aşar. Balaban, Gavur Dağı Tepesi, Cankurtaran, Karagöl, Krkkızlar bunlardan bazılarıdır. Dağlardan kıyılara geçit veren önemli noktalar Eğribel geçidi, Şehitler

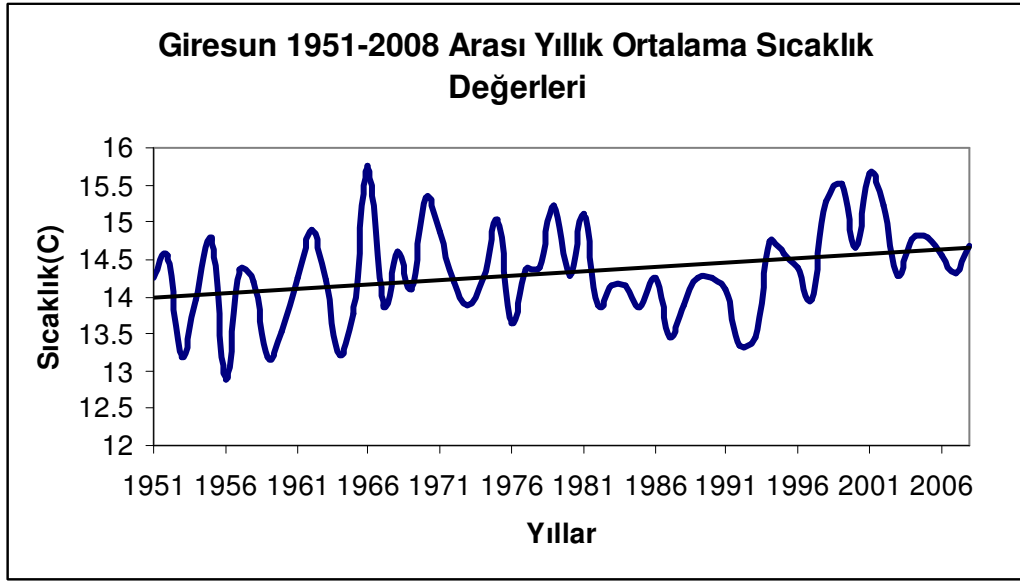
geçidi, Fındıkbel geçidi gibi önemli birkaç geçitten oluşmaktadır. Şebinkarahisar, Alucra ve Güce ilçelerini içine alan ve daha az arızalı olan kesimde ortalama yükseklik 1000-1500 m civarında olup arazi Kelkit vadisine doğru eğimlidir. İl genelinde az yer kaplayan ovaların büyük bölümü kıyı kesiminde toplanmıştır. Bu ovalar, su sorunu olmayan verimli tarım alanlarıdır. Kıyı kesimlerden başka, iç kesimlerde Kelkit vadisinde Avutmuş deresinin Kelkit çayı ile birleştiği bölümde küçük bazı düzlüklere rastlanır.

4.3.2 Giresun'un iklimi

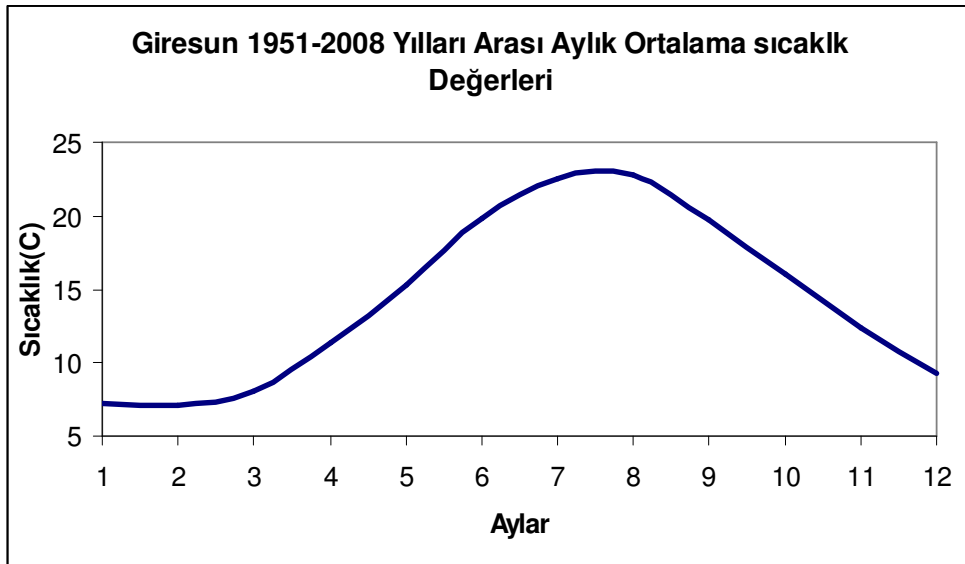
Giresun dağlarının kıyıya paralel olarak uzanışı il toprakları üzerinde iki farklı iklim bölgesi oluşmasına neden olmuştur. Karadeniz kıyılarında ılık ve yağışlı iklim sürer.

1951-2008 yılları arasında yapılan ölçüm sonuçlarına göre Giresun'un Yıllık ortalama sıcaklık değeri 14.3 °C dir. 1951-2008 yılları arasında yıllık ortalama en düşük sıcaklık değerleri 1956 yılında 12.9 °C olarak kaydedilmiştir. En yüksek ortalama sıcaklık değeri ise 1966 yılında 15.8 °C dir. (Şekil 4.11). Aylık ortalama sıcaklık değerlerine (Şekil 4.12) baktığımızda Giresun ilinin bütün bir yıl boyunca en düşük 7 °C ile en yüksek 23 °C ler arasında seyrettiğini görmekteyiz. Aylık Ortalama Sıcaklıklar arasında en yüksek ağustos ayı olup 22.8 °C ve en düşük şubat ayı ve sıcaklık değeri ise 7.0 °C dir.

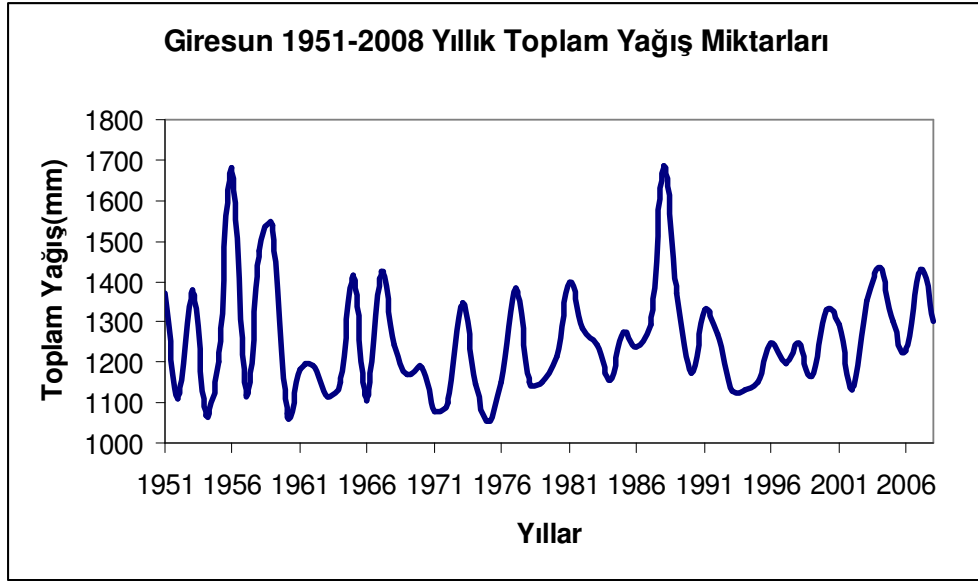
Türkiye ortalamasının üzerinde yağış alan ilimiz Giresun 1951-2008 yılları arasındaki 58 yıllık ortalama toplam yağış değeri m^2 ye 1254 mm olarak kaydedilmiştir. Türkiye ortalaması ise 600 mm civarındadır. Giresun da yaz aylarında sıcaklık değerleri yüksek olmasına rağmen yağış miktarlarında herhangi bir azalma görülmemiş aksine yağışın en fazla olduğu ayın 10. ay olduğu şekilden rahatlıkla görülmektedir.



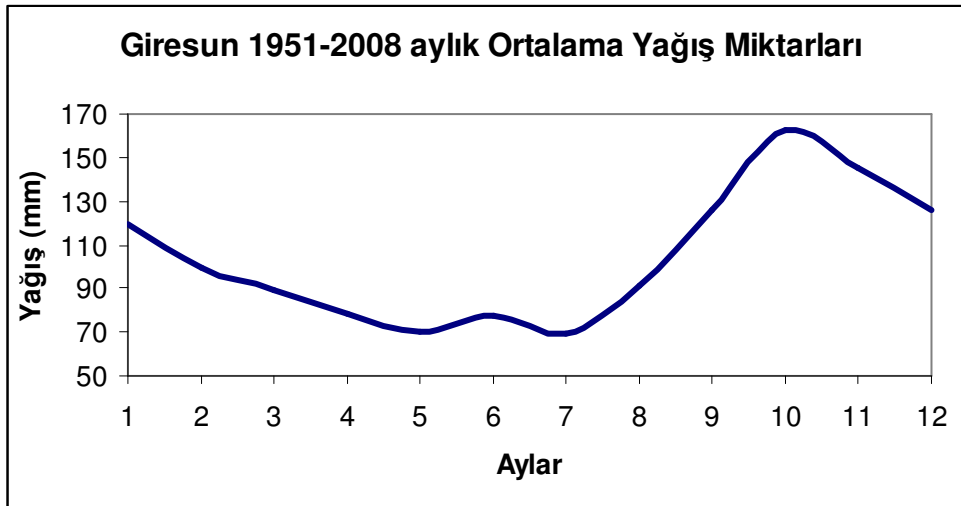
Şekil 4.11: Giresun ili 1951–2008 arası yıllık ortalama sıcaklık değerleri



Şekil 4.12: Giresun ili 1951–2008 yılları arası aylık ortalama sıcaklık değerleri



Şekil 4.13: Giresun ili 1951–2008 yılları arası toplam yağış miktarları (mm)



Şekil 4.14: Giresun ili 1951–2008 yılları aylık ortalama yağış miktarları (mm)

4.3.3 Giresun'un bitki örtüsü

İklim koşullarında olduğu gibi doğal bitki örtüsünün dağılışında da ilin iki kesimi arasında farklar vardır. İlin kuzey kesiminde kıyı ovalarının ardındaki yamaçlar 800 m yükseltiye kadar fındık bahçeleriyle kaplıdır. Giderek daha yükseklere doğru kızılâğaç, kestane, gürgen, meşe ve kayınlara 1600 m den sonra köknar, ladin ve sarıçamlardan oluşan ormanlara rastlanır. Orman örtüsü 2000 m de sona erer. Daha yüksek alanlarda alp tipi gür çayırlarla kaplı yaylalar yer alır. Giresun dağlarının güneyindeki Çoruh-Kelkit vadi oluşuna bakan kesiminde ise daha çok meşelerden oluşan kurakçıl ormanlar ve bozkır bitkileri ön plana çıkar. İl arazisinin %25 i tarım

alanı, %34 ü orman ve fundalık alan, %18'i çayır ve mera, %25' i tarım dışı araziden oluşmaktadır.

4.3.4 Giresun'un akarsu ve gölleri

Giresun ilinin kuzey bölümünde Giresun Dağları ile Kuzey Anadolu Dağlarının bazı kesimlerinden doğan çok sayıda küçük akarsu vardır ve bu nedenle kıyı şeridi sık vadiler ağıyla yarılmıştır. İl topraklarındaki akarsuların tümü dağların dik yamaçlarından büyük bir hızla aktığından oluk biçimli derin vadiler oluşmuştur. Başlıca akarsular ise şunlardır.

Aksu: Karagöl bölgesinden doğar. Kızıltaş, Sarıyakup, Pınarlar ve Güdül bölgelerinin sularını topladıktan sonra merkez ilçenin doğu sınırında Karadeniz'e dökülür. Uzunluğu 60 km dir.

Harşit Çayı: Gümüşhane il sınırlarındaki Vavuk yaylasından doğar. Günyüzü yakınlarında il topraklarına girer ve Tirebolu'nun doğusunda denize dökülür. İl sınırları içerisindeki uzunluğu 50 km dir. Yapılan ölçümlere göre Harşit Çayının debisi 500 m³ ile 400 m³ arasında değişmektedir.

Özlüce Deresi: Balaban Dağlarından doğar ve Espiye'nin doğusundan Karadeniz'e dökülür. Uzunluğu 80 km dir.

Pazar Suyu: Karagöl ve Yürücek bölgelerinin sularının birleşmesiyle oluşur ve Bulancak'ın batısından denize dökülür uzunluğu 80 km dir.

Yağlıdere: Erimez dağlarından doğar ve Espiye'nin batısından denize dökülür.

Baltama Deresi: Çaldağın batı yamacının güneyinde Bektaş yaylasından doğar ve merkez ilçenin batısında denize dökülür. Uzunluğu 40 km dir.

5. VERİ

5.1 Meteorolojik Veri

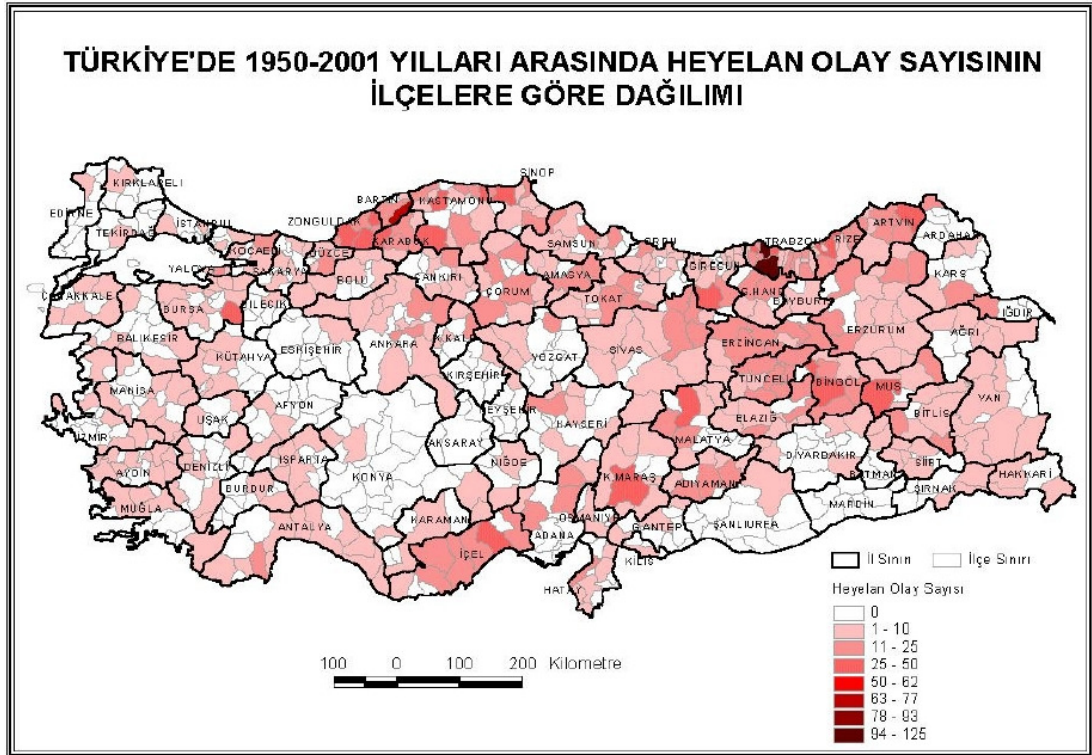
Yapılan çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesinde (Rize, Trabzon, Giresun) meydana gelen heyelan tarihleri ve bu tarihlerden öncesinden heyelanın olduğu zamana kadar geçen süredeki Rize, Trabzon ve Giresun merkez ve ilçe istasyonlarındaki yağış miktar ve süreleri kullanılmıştır.

Çizelge 5.1: Meteorolojik istasyonlarının konumu

	İstasyon No:	Enlem	Boylam	Yükseklik(m)
Rize	17040	41.03	40.52	4
Pazar	17628	41.18	40.88	79
Trabzon	17037	41	39.72	30
Akçaabat	17626	41.01	39.35	3
Vakfikebir	1302	41.03	39.17	25
Araklı	1472	40.56	40.04	10
Maçka	1626	40.48	39.37	265
Düzköy	1624	40.52	39.26	850
Arşin	1471	40.57	39.56	10
Giresun	17034	40.55	38.24	38
Bulancak	1453	40.56	38.14	10
Kesap	1457	40.55	38.31	30
Tirebolu	1460	41.0	38.49	10
Çamoluk	2889	40.08	38.45	1110
Doğankent	1619	40.48	38.55	550
Çaykara	1801	40.45	40.19	800

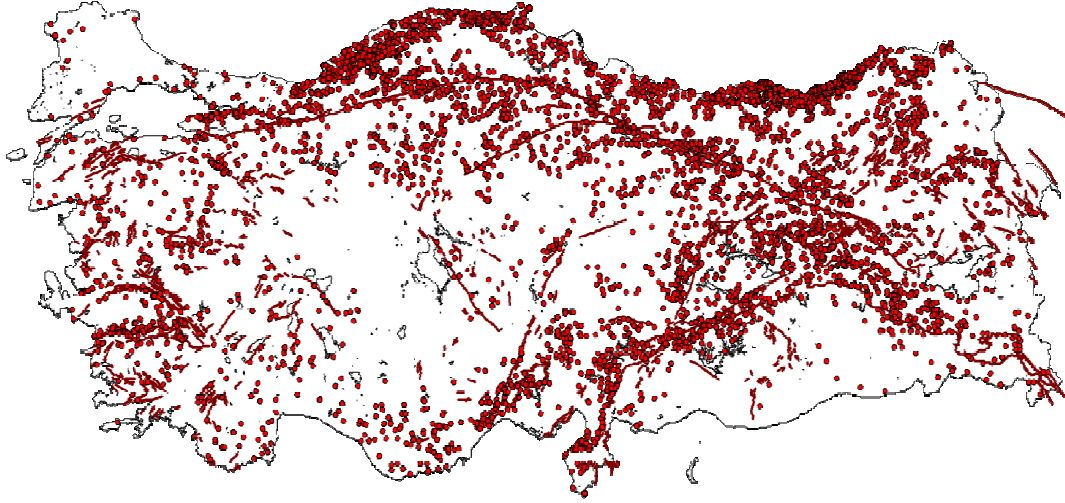
5.2 Heyelan Verisi

Türkiye’ de Afet İşleri Genel Müdürlüğü’nün 1950-2004 yılları arasında yapmış olduğu heyelan etütleri neticesinde meydana gelen heyelan olay sayısının ilçelere göre dağılımı görülmektedir. Bu haritadan da (Şekil 8.1) anlaşıldığı gibi Türkiye’ de heyelan olaylarının yoğunlukla gözlendiği bölgeler Karadeniz ve Doğu Anadolu iken kaya düşmesi olayları ise genellikle Orta Anadolu Bölgesinde gözlenmektedir. Ancak heyelan, su baskını ve kaya düşmesi olayları oluşum mekanizmaları gereği jeolojik, topoğrafik ve iklimsel koşulların uygun olduğu her ortamda meydana gelebilmektedirler. Ülkemizde geçmiş yıllarda iklimsel süreçlerin neden olduğu bölgesel ölçekli heyelan ve su baskını afetleri meydana gelmiş bunlar hem can hem de mal kaybı ile alt ve üst yapı tahribatına yol açmıştır. Bu afetler sonucunda yeniden yapılanma sürecinin ülke ekonomisine ne ölçüde zarar verdiği düşünülecek olursa Heyelan, Kaya düşmesi gibi doğal afetlerin ülkemiz için ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 5.1: Türkiye’deki heyelan sayısı (ABEP, 2008)

Heyelanların yerleşim birimi bazında noktasal olarak dağılımı incelendiği zaman (Şekil 5.2) Doğu Karadeniz ve Rize ilinin Türkiye’deki Heyelanların en sık meydana geldiği alanlar olduğu rahatlıkla görülmektedir.



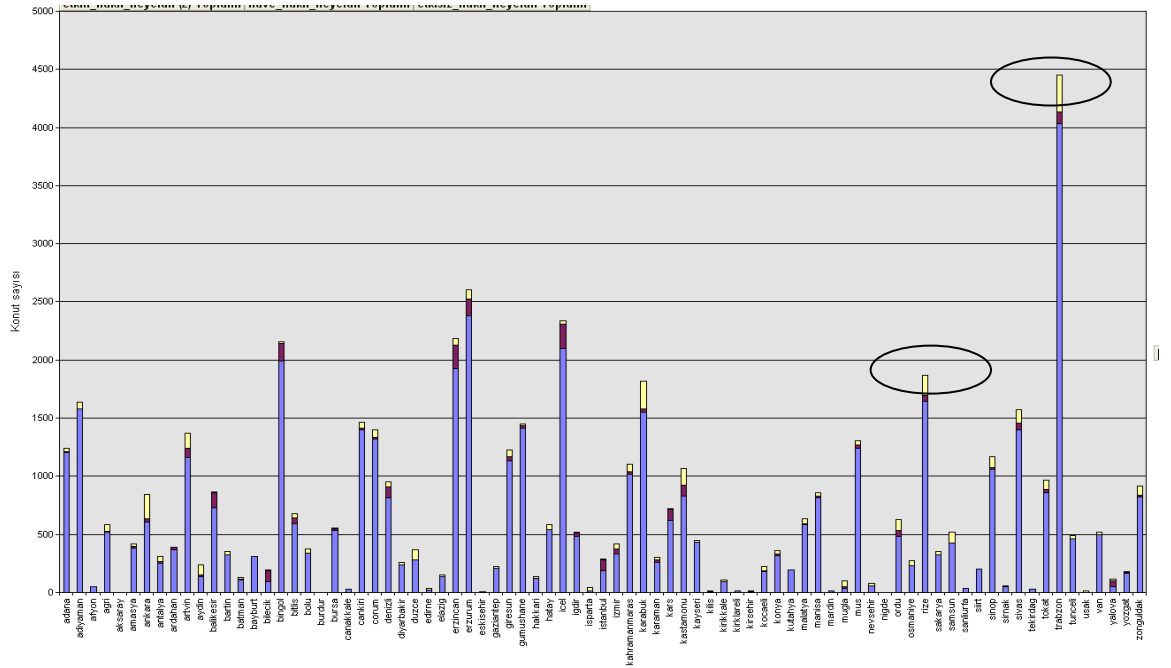
Şekil 5.2: Heyelan sayısının yerleşim birimi bazında dağılımı (ABEP,2008)

Kratese ve Eosen yaşlı volkanikler üzerindeki ayrılmış malzemenin kalınlığı, yüksek eğimli topoğrafik yapı, bol yağış ve yanlış arazi kullanımı gibi faktörler Karadeniz Bölgesini heyelanlar açısından riskli bir bölge haline getirmiştir. Türkiye’deki afet zararlarının konut bazında istatistikleri çıkarıldığı zaman (Çizelge 5.2)

Çizelge 5.2: Türkiye’deki afet zararlarının konut bazında değerlendirilmesi (ABEP)

AFETİN TÜRÜ	AFET OLAY SAYISI	***KONUT (AFETZEDE) SAYISI				NAKLİNE KARAR VERİLEN KONUT SAYISI (ETKİLİ+İLAVE+ ETKİSİZ-İPTAL)
		ETKİLİ NAKİL	İLAVE NAKİL	ETKİSİZ NAKİL	NAKİL İPTALI	
HEYELAN	13.494	65.759	2.622	3.998	13.034	59,345
KAYA DÜŞMESİ	2.956	19.699	935	2.442	3.654	19,422
SU BASKINI	4.067	29.020	506	1.197	8.566	22,157
DEPREM	5.318*	157.794	45	637	235	158,241
DİĞER AFETLER	1.175	11.309	8	85	2.165	9,237
ÇİĞ	731	4.409	181	336	542	4,384
TOPLAM	29,807	305,211	4,926	9,533	34,674	284,996

Heyelan Nedeniyle nakline karar verilen konut sayısının illere göre dağılım grafiğine baktığımız zaman (Şekil 5.3) Rize ve Trabzon’da heyelan nedeniyle oldukça fazla konut nakil edilmiştir.



Şekil 5.3: Türkiye’de 1950–2007 yılları arasında olmuş/olması muhtemel heyelan olayları nedeniyle nakline karar verilen konut sayılarının illere göre dağılım grafiği (ABEP, 2008)

5.3 Heyelan Tarihleri

Çizelge 5.3: Heyelan tarihleri

Tarih	Heyelan Bölgesi	Heyelan Sonucu
14 Temmuz 1973	Pazarköy	Taşkınlar Güneysu ve Kalkandere ilçelerinde etkili oldu. Heyelan sonucu Pazarköy’de 2 ev yıkıldı ve 4 kişi hayatını kaybetti.
21 Temmuz 1988	Pazar	Pazar, Ardeşen ve Fındıklı ilçelerinde oluşan heyelan sonucu 3 kişi yaşamını yitirdi.
31 Ağustos 1995	Güneysu	Güneysu’nun Selamet Köyü’nde aşırı yağış sonucu 18 kişi hayatını kaybetti.
11 Kasım 2001	Rize	Aralıksız süren yağış sonucu meydana gelen heyelanda Çayeli ilçesinin Gürpınar köyünde heyelan nedeniyle 2 kişi öldü ve ayrıca birçok yol heyelan ve dere taşması nedeniyle ulaşıma kapandı.
11 Kasım 2001	Çamlıhemşin	Şiddetli yağış sonucu Çamlıhemşin’in Çayırdüzü köyünde meydana gelen heyelanda 1 kişi öldü.

Çizelge 5.3: (Devamı)

Tarih	Heyelan Bölgesi	Heyelan Sonucu
23-24 Temmuz 2002	Güneysu	Rize'nin Güneysu ve Çayeli ilçelerinde etkili olan taşkın ve heyelanlar 32 kişinin yaşamını yitirmesine neden oldu.
2 Ağustos 2005	İkizdere	Sağanak yağış nedeniyle taşan derecede 1 kişi öldü. Ayrıca kalkandere ilçesinde 2 kişi öldü.
2 Ağustos 2005	Çaykara	Çaykara ilçesine bağlı ulucami köyünde ahşap bir ev Sağanak yağış nedeniyle meydana gelen Heyelan da çöktü ve 3 kişi öldü.
22 Ağustos 2005	Çamlıhemşin	Heyelan sonucunda 4 kişi toprak altında kalarak hayatını kaybetti.
3 Ekim 2005	Rize	Aşırı yağmur sonucu meydana gelen heyelan ve sel sonucunda 2 kişi hayatını kaybetti.
20 Ekim 2005	Rize	Sağanak Yağış sonucu meydana gelen heyelanda Pınarbaşı, Taşpınar, Yenikale, Balıkçılar köyü ulaşım kapandı.
19 Şubat 2006	Çayeli	Heyelan sonucu bir otobüs toprak altında kaldı 15 kişi yaralandı.
19 Şubat 2006	Çayeli	Rize-Çayeli kesimi heyelan nedeniyle ulaşım kapandı.
3 Temmuz 2006	Kalkandere ve Derepazarı	Şiddetli Yağış sonucu Kalkandere ilçesi yokuşlu köyündeki bir ev heyelan nedeniyle yıkıldı. Derepazarı İlçesi sağlık ocağı heyelan altında kaldı.
25 Temmuz 2006	Fındıklı	Rize-Artvin Karayolu 5 saat ulaşım kapandı.
9 Kasım 2006	Güneysu	Bir iş makinesinin çalışması sonucu meydana gelen heyelanda 1 işçi öldü 4 işçi yaralandı
2 Aralık 2007	Fındıklı	Yeni kale köyünün yolu toprak kayması sonucu ulaşım kapandı.
30 Haziran 2007	İkizdere	Sağanak Yağış sonucu sel ve heyelan meydana geldi. Rize-İkizdere Karayolu 4 noktadan ulaşım kapandı. Jandarmaya ait 1 araç tahrip oldu. Elektrik ve telefon bağlantısı kesildi.
21 Temmuz 2007	İkizdere	Yağış nedeniyle meydana gelen heyelan ve sellerde Soğuksu mevkii, Güneyce belde merkezi ile ayvalık mevkilerinde 4 ayrı noktadan ulaşım kapandı
15-16 Ekim 2007	Rize	Şiddetli Yağış Sonucu inşaatı devam eden bir Apartman heyelana neden oldu.
22 Haziran 2008	Çamlıhemşin	yağan yağmur sonrası Çamlıhemşin ve Hemşin İlçelerinde sel ve heyelan meydana geldi. Hemşin'de toki konutlarını sel suları bastı.
19 Eylül 2008	Pazar	9 katlı apartmanın zemin katı Toprakla doldu. 2 kişi öldü.
19 Eylül 2008	Rize	Rize Ticaret ve Sanayi odasının bahçe duvarında heyelan meydana geldi.
1 Ekim 2008	Rize	Rize'nin yüksek kesimlerinde etkili olan kar yağışı ve yağmur nedeniyle ufak çaplı heyelanlar meydana geldi.
16 Ekim 2008	Çamlıhemşin	Şiddetli yağış sonucu Çamlıhemşin-Ardeşen yolu ulaşım kapandı
19 Ekim 2008	Rize	Rize Sanayi ve Ticaret odasının bahçe duvarında şiddetli yağış sonucu heyelan oldu.
22-23 Temmuz 2009	Rize	Sağanak yağış nedeniyle Ardeşen ve Fındıklı İlçelerinde dereler taşı. Çok sayıda ev ve işyerini su bastı. Ardeşen Köprüköy yolunda heyelan meydana geldi.
28 Temmuz 2009	Rize	Etkili olan yağış nedeniyle kentte 36 köye ulaşım sağlanamadı.
31 Temmuz 2009	Rize	Sağanak yağışlar Rize de heyelana neden oldu. Belediyeye ait bir kamyon toprak altında kaldı.

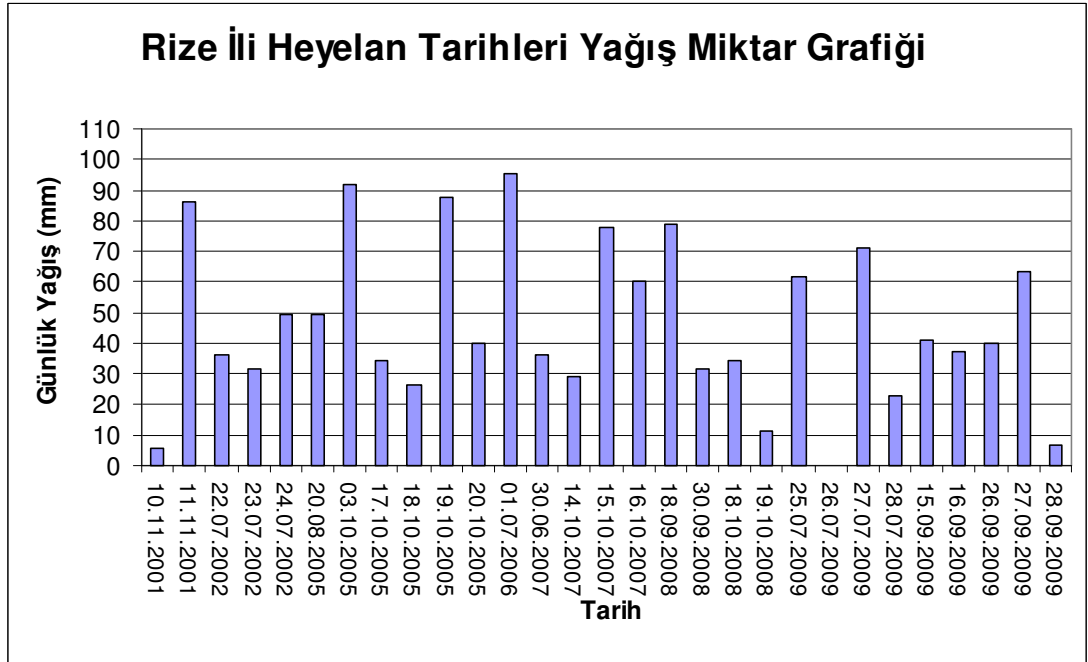
Çizelge 5.3: (Devamı)

Tarih	Heyelan Bölgesi	Heyelan Sonucu
16 Eylül 2009	Derepazarı	Sabah başlayan etkili yağış sel ve heyelana neden oldu. Derepazarı ilçesi Karadeniz sahil yolunda heyelan meydana geldi
28 Eylül 2009	Rize	Şiddetli yağıştan dolayı Güneli köyü Sivrikaya Mahallesinde bir ev tamamen toprak altında kaldı. Evin daha önce meydana gelen heyelandan dolayı boşaltılmasından can kaybı yaşanmadı.
Temmuz 1929	Trabzon-Of	1929 un Temmuzunda Of-Sürmene ve Çaykarada büyük seller ve heyelanlar oldu.146 kişi öldü ve 1193 ev yıkıldı.
1959	Trabzon	Sel ve Heyelan sonucu bir çok aile evsiz kaldı.
23 Haziran 1988	Trabzon	Trabzon-Maçka-Çatak mevkiinde meydana gelen heyelanda 46 kişi hayatını kaybetmiştir.
18-20 Haziran 1990	Trabzon	Heyelan sonucu bir çok mal ve can kaybı oldu.
19-20 Temmuz 1990	Trabzon	Ortalama 5 saat süren yağış sonucunda şehir ve kırsal alanlarda su baskınları ve heyelanlara neden olmuş bir çok kişi hayatını kaybetmiştir.
1991	Trabzon	Maçka Onlarca insan ölmüş evler yıkılmıştır.
7-8 Ağustos 1998	Trabzon	Yoğun şiddetli yağışlar sonucu Trabzona bağlı beşkøy beldesi taşkın ve heyelan sonucunda neredeyse haritadan silinmiş, 50 insan ölmüş, 100 bina yıkılmıştır.
14-15 Ağustos 1998	Trabzon	Trabzon-Sürmene-Köprübaşı-Beşkøy de çok fazla mal ve can kaybı oldu.
13 Haziran 2004	Trabzon	Sağanak yağış nedeniyle meydana gelen heyelan da 2 si ağır olmak üzere 17 ev hasar gördü.
9 Kasım 2005	Trabzon-Of	Yağışlar sonucunda Of ilçesinin Fındıkoba beldesinde 3 ev toprak altında kaldı.
19 Ekim 2006	Trabzon (Araklı)	Bir cami, okul, ve bir ev heyelan nedeniyle tamamen çöktü.
10 Şubat 2007	Trabzon	Trabzonun akfikebir ilçesinde yol yapım çalışmaları nedeniyle meydana gelen heyelan da 2 kişi hayatını kaybetti.
2 Ekim 2007	Trabzon	Vakfikebir ilçesinde meydana gelen heyelan da 1 kişi öldü 3 kişi yaralandı.
21 Kasım 2009	Trabzon	Yağışlar sonucu meydana gelen heyelanda 2 kişi hayatını kaybetti.
19-20 Haziran 1990	Giresun	Heyelan sonucu bir çok mal ve can kaybı oldu.
23 Eylül 2008	Giresun	Çanakçı ilçesinde bir okulun istinat duvarı inşaatı sırasında meydana gelen heyelan da 1 kişi hayatını kaybetti 2 işçi de yaralandı.
28 Temmuz 2009	Giresun	Devam eden yağmurlar sonucunda heyelenlar meydan geldi.
29 Eylül 2009	Giresun	Görelle ilçesinde etkili olan yağış heyelana neden oldu.
21 Kasım 2009	Giresun	Giresunun Yağlıdere ilçesinin Kanlıca köyünde 2 gündür etkili olan yağış neticesinde meydana gelen heyelanda 1 evde aynı aileden 4 kişi göçük altında kaldı,2 kişi kurtarıldı 2 kişi hayatını kaybetti.

6. YÖNTEM

6.1 Rize İli Yağış Yoğunluğu – Süre (ID) İlişkisi ve Minimum Eşik Değerinin Saptanması

Rize İlini yansıtabilecek şekilde Yağış yoğunluğu-Süre ilişkisi incelenecek olup heyelanın meydana gelmiş olduğu tarihlerin öncesinden heyelan zamanına kadar ki yağış değerleri ve devam müddetleri kayıt altına alınmıştır. Yağış miktar ve süreleri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden Rize ve Pazar Meteoroloji istasyonları kayıtları temin edilerek çıkarılmıştır. Rize Meteoroloji İstasyon Müdürlüğünde kayıt edilen yağış miktarları çıkarıldığında



Şekil 6.1: Rize ili heyelan tarihleri yağış miktar grafiği

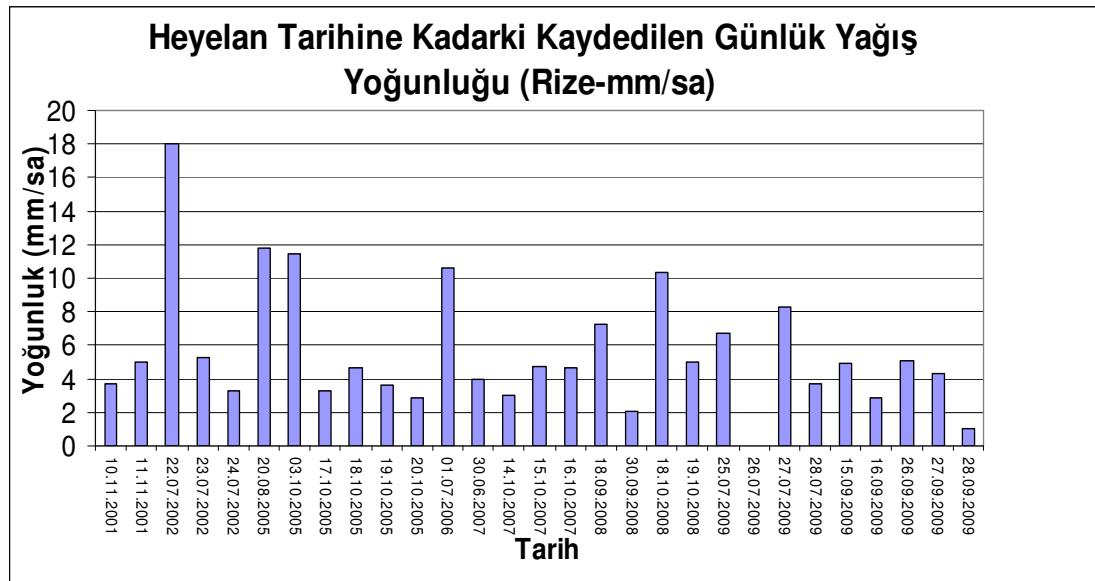
Rize ilinde meydana gelen heyelan tarihine kadarki yağışlar 1 günlük ile 4 günün sonundaki yağışlardır. Bir günün sonucunda meydana gelen yağışlara baktığımız zaman gün içerisinde 4.16 saatlik yağış sonucu heyelan meydana gelmiştir. Rize ilindeki heyelan tarihleri incelendiğinde, heyelanların özellikle haziran sonu ile kasım ayları arasında meydana geldiği ve sıklıkla Temmuz ve Eylül aylarında

görüldüğü grafikten anlaşılmaktadır. Heyelan tarihleri toplam yağış ve süreleri ise aşağıdaki Tablo da yer almaktadır. Çizelge 6.1 den de görüleceği üzere Rize ilinde heyelanın meydana geldiği andaki en fazla yağış 188.7 mm ile 20 Ekim 2005 tarihinde olup 4 günlük yağışlar sonucu (54.13 saat) meydana gelmiştir.

Çizelge 6.1: Rize ili toplam yağış ve süreleri

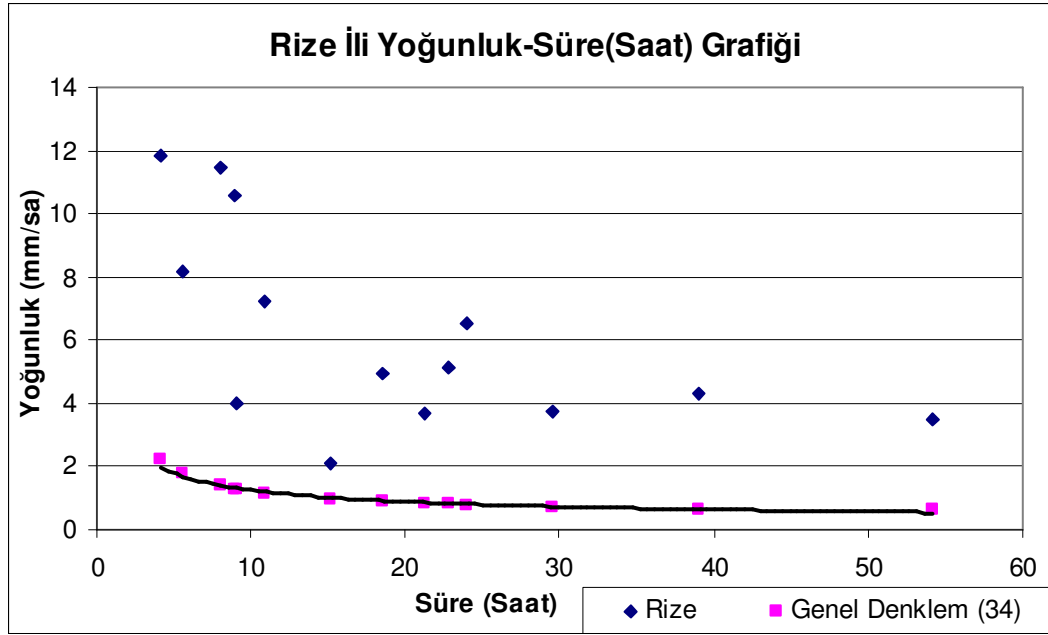
Heyelan Tarihi	Toplam Yağış (mm)	Süre (Saat)	Açıklama
11.11.2001	91.4	18.58	2 günlük toplam yağış
24.07.2002	116.8	22.85	3 günlük toplam yağış
20.08.2005	49.2	4.16	1 günlük toplam yağış
03.10.2005	91.9	8	1 günlük toplam yağış
20.10.2005	188.7	54.13	4 günlük toplam yağış
01.07.2006	95.3	9	1 günlük toplam yağış
30.06.2007	36.3	9.08	1 günlük toplam yağış
16.10.2007	166.9	39	3 günlük toplam yağış
18.09.2008	78.7	10.92	1 günlük toplam yağış
30.09.2008	31.8	15.17	1 günlük toplam yağış
19.10.2008	45.6	5.58	2 günlük toplam yağış
28.07.2009	155.5	23.92	4 günlük toplam yağış
16.09.2009	77.9	21.25	2 günlük toplam yağış
28.09.2009	110.3	29.5	3 günlük toplam yağış

Rize ilinde Heyelan tarihine kadar kaydedilen günlük yağış yoğunluğu (mm/sa) ise Şekil 6.2 de görülmektedir. Şekil 6.2 den de görüleceği üzere günlük yağış yoğunluğunun en fazla olduğu tarih 22 Temmuz 2002 tarihidir ve çıkarılan kayıtlar sonucu 32 kişi yaşamını yitirmiştir.

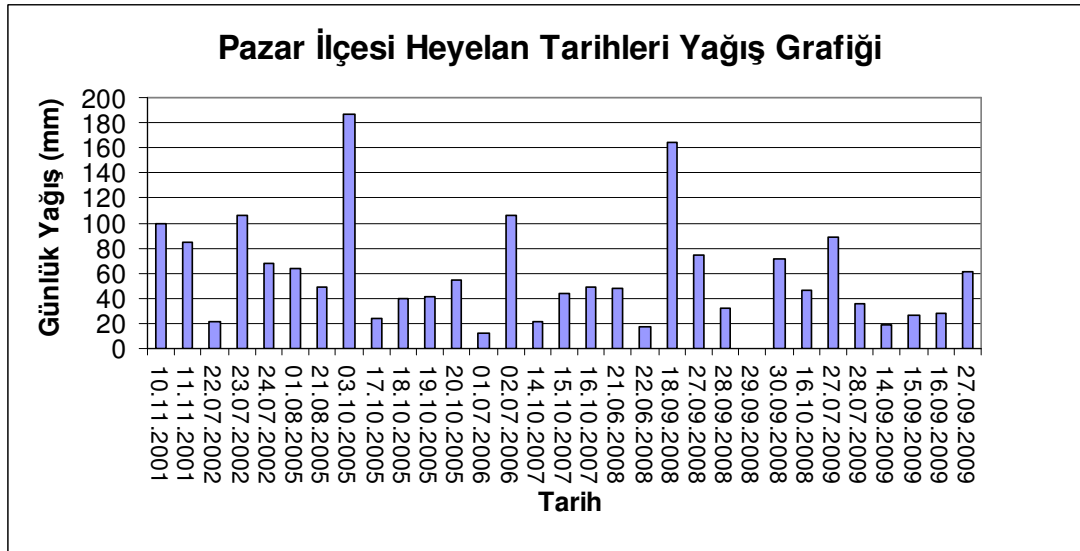


Şekil 6.2: Heyelan tarihine kadarki kaydedilen günlük yağış yoğunluğu (mm/sa)

Bütün bu bilgiler ışığında Rize için şiddet-süre (ID) grafiği çıkardığımızda (Şekil 6.3), Rize de meydana gelen heyelanlarda yağış yoğunluğunun süre ile ilişkisinde literatür çalışmalarında kullanılan 34 numaralı genel denklemin oldukça üzerinde olduğu görülmektedir. Ayrıca kısa zamanda miktarı fazla olan yağışların oluşturduğu yağış yoğunluğunun genel eşik denkleminin çok üzerinde olduğu ve bu nedenle özellikle Rize bölgesi için kısa zamanda çok fazla yağış miktarı bırakacağı önceden modeller yolu ile tahmin edilen sistemlerde; önceden uyarılar düşünülmeli ve gerekli tedbirler alınmaya çalışılmalıdır.



Şekil 6.3: Rize ili yoğunluk – süre grafiği



Şekil 6.4: Pazar ilçesi heyelan tarihleri yağış grafiği

Grafikten görüleceği üzere Pazar ilçesinde en fazla 4 gün boyunca yağan yağışlar sonucu heyelan olabildiği gibi 1 gün içerisinde 8 saatlik yağış sonucu da heyelan meydana gelmiştir. Pazar ilçesinde meydana gelen heyelan tarihlerini incelediğimiz zaman ise heyelanların bölgede özellikle temmuz ile kasım ayları arasında yağış şiddetlerinin fazla olması ve kısa zamanda bol miktarda yağış bırakması eğimin ve toprağın yapısının da müsait olması nedenlerinden dolayı heyelanın sıklıkla meydana geldiği görülmektedir.

Çizelge 6.2: Pazar ilçesi toplam yağış ve süreleri

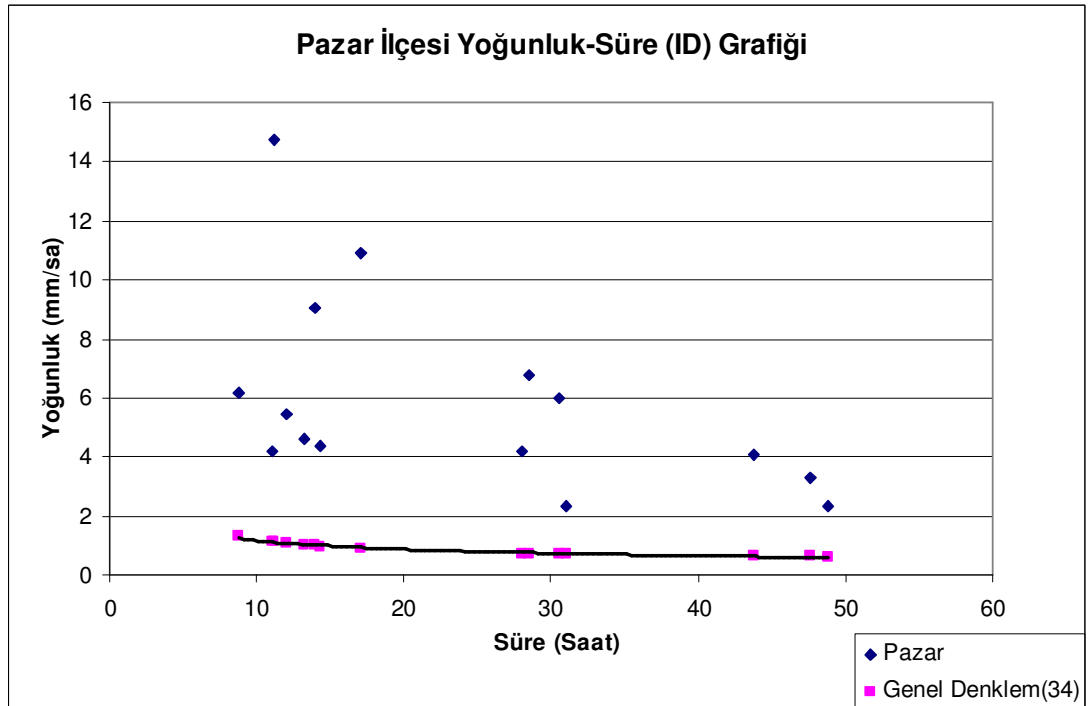
Heyelan tarihi	Toplam Yağış(mm)	Süre (saat)	Açıklama
11.11.2001	184.2	30.6	2 günlük toplam yağış
24.07.2002	193.4	28.46	3 günlük toplam yağış
01.08.2005	63	14.32	1 günlük toplam yağış
21.08.2005	54.1	8.75	1 günlük toplam yağış
03.10.2005	186.4	17.1	1 günlük toplam yağış
20.10.2005	158.2	47.65	4 günlük toplam yağış
02.07.2006	118.1	27.96	2 günlük toplam yağış
16.10.2007	114	48.84	3 günlük toplam yağış
22.06.2008	65.3	12	2 günlük toplam yağış
18.09.2008	164.2	11.15	1 günlük toplam yağış
30.09.2008	177.6	43.81	4 günlük toplam yağış
16.10.2008	46.5	11.08	1 günlük toplam yağış
28.07.2009	125.7	13.92	2 günlük toplam yağış
16.09.2009	71.6	31	3 günlük toplam yağış
27.09.2009	60.6	13.17	1 günlük toplam yağış

Heyelanın olduğu tarihe kadarki yağış günlük yağış yoğunluğu grafiği oluşturduğumuzda ise özellikle yoğunluğun (mm/sa) 22 Temmuz 2002 tarihinde en fazla olduğunu görebilmekteyiz. 22-23 ve 24 Temmuz 2002 tarihlerinde 3 günlük toplam yağış (193.4 mm) sonucu (28.46 saat) meydana gelen heyelanda 32 kişi hayatını kaybetmiştir.



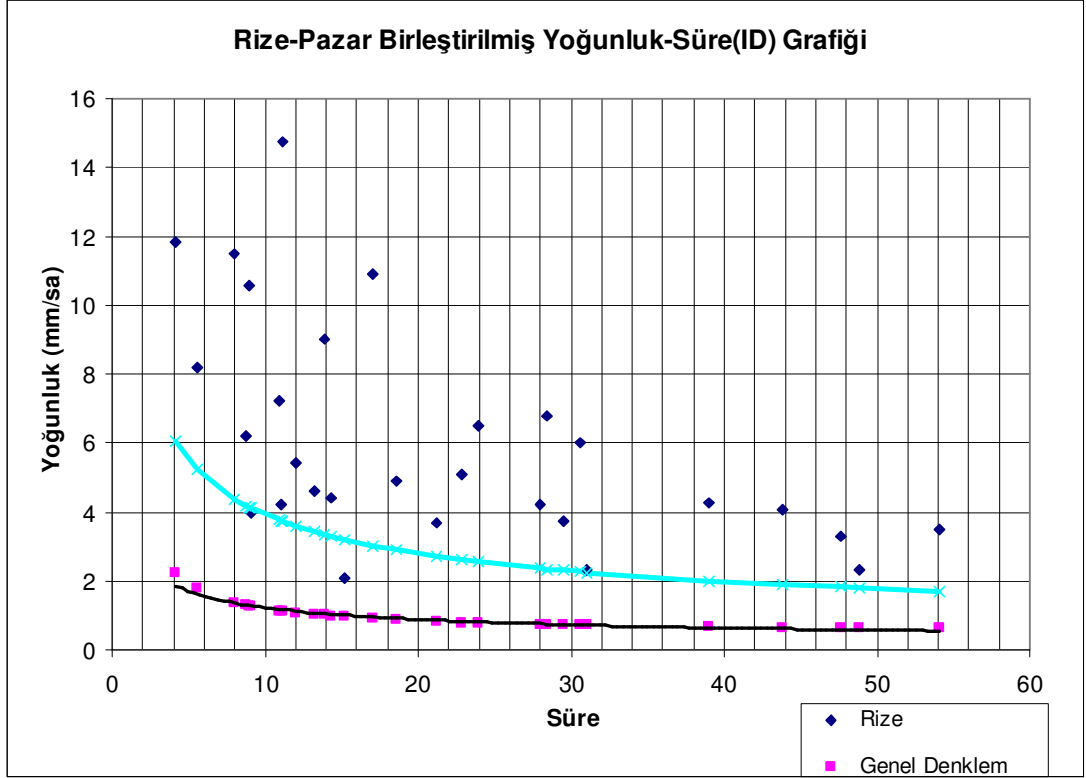
Şekil 6.5: Pazar ilçesi heyelan tarihine kadarki günlük yağış yoğunluğu (mm/sa)

Bütün bu bilgiler ışığında Pazar ilçesi için Yoğunluk-Süre (ID) Grafiği oluşturulduğunda literatür çalışmaların dan da gördüğümüz üzere dünya için kullanılan genel yoğunluk-Süre istatistiksel Denklem (34) oldukça üzerindeki değerlerde heyelanın meydana geldiği görülmektedir.

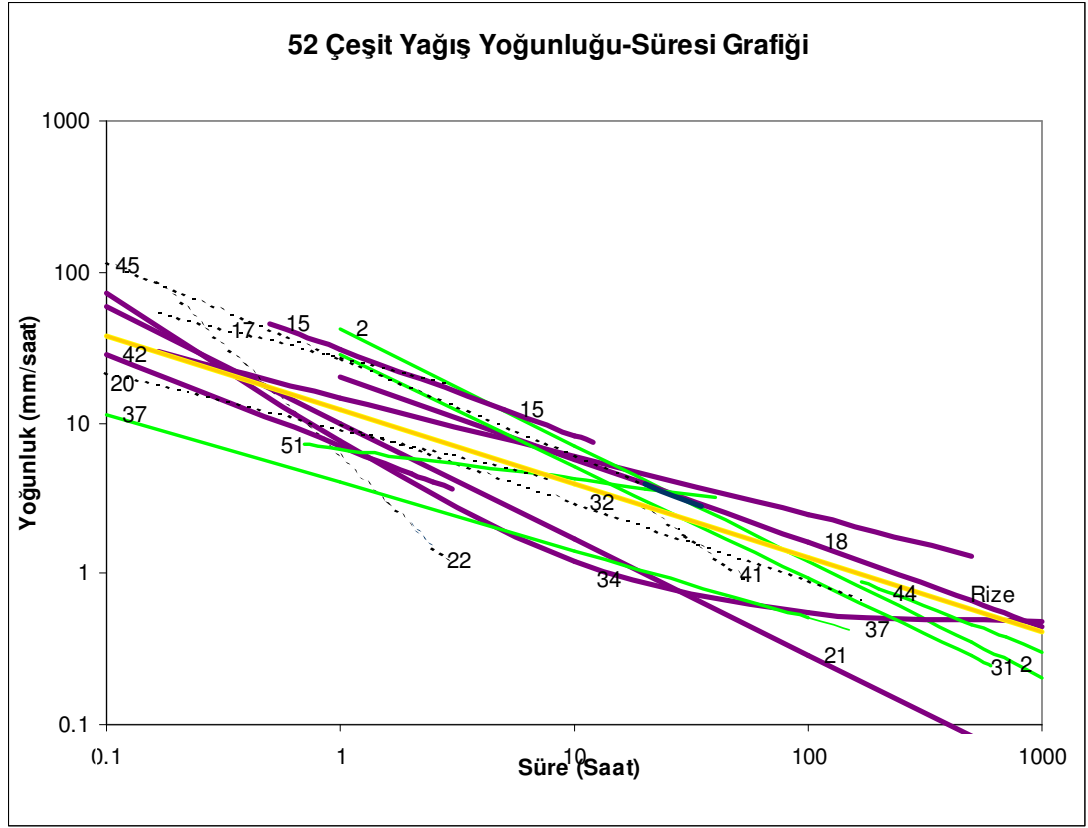


Şekil 6.6: Pazar ilçesi yoğunluk – süre grafiği (mm/sa)

Rize ili ve Pazar ilçesi değerleri ele alınarak Rize için Yoğunluk-Süre eşik değerlerini oluşturan denklem çıkardığımızda Genel (34) olarak kullanılan denklemin oldukça üzerinde ki değerlerde heyelanın meydana geldiği ve Rize bölgesi için oluşturulan minimum eşik eğrisinin genel eğrinin çok üzerinde olduğu görölmektedir.



şekil 6.7: Rize-Pazar birleştirilmiş şiddet – süre grafiği (mm/sa)



Şekil 6.8: Rize denkleminin 52 çeşit şiddet – süre grafiğinde gösterimi

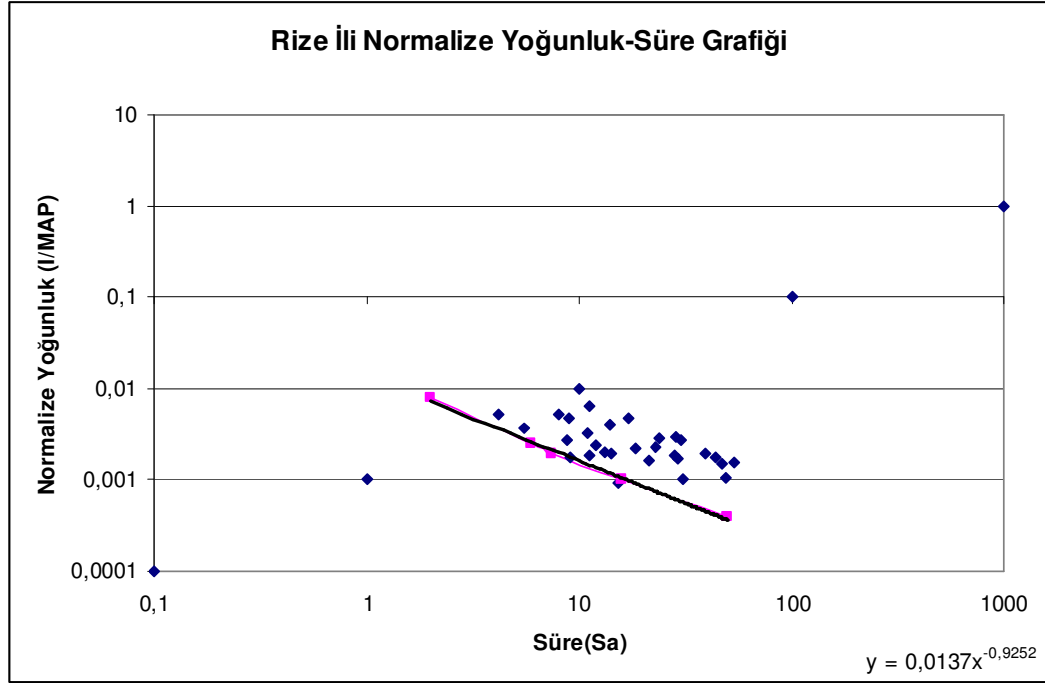
Rize İli için Yağış Şiddeti(I)-Süre(D) grafiğini çıkardığımız zaman Denklem

$$I=12,186*D^{-0,492} \quad (6.1)$$

olarak görülecektir.

6.2 Rize İli Normalize Yağış Yoğunluğu – Süre (ID) İlişkisi ve Minimum Eşik Değerinin Saptanması

Rize İli için Yağış yoğunluğunu normalize etmek amacıyla bulunan yoğunluk miktarını (mm/sa) Rize'nin 1951-2008 yılları arasında alınan yıllık toplam yağış değerlerinin ortalaması olan 2239 mm ye böldüğümüzde belirlenen süre için normalize edilmiş yoğunluk değerleri meydana gelir. Bu normalize değerleri logaritmik ölçek grafiğinde gösterdiğimizde ve bu değerlerin altında eşik olacak şekilde grafiği biçimlendirdiğimizde Şekil 6.9 da ki gibi olacaktır.

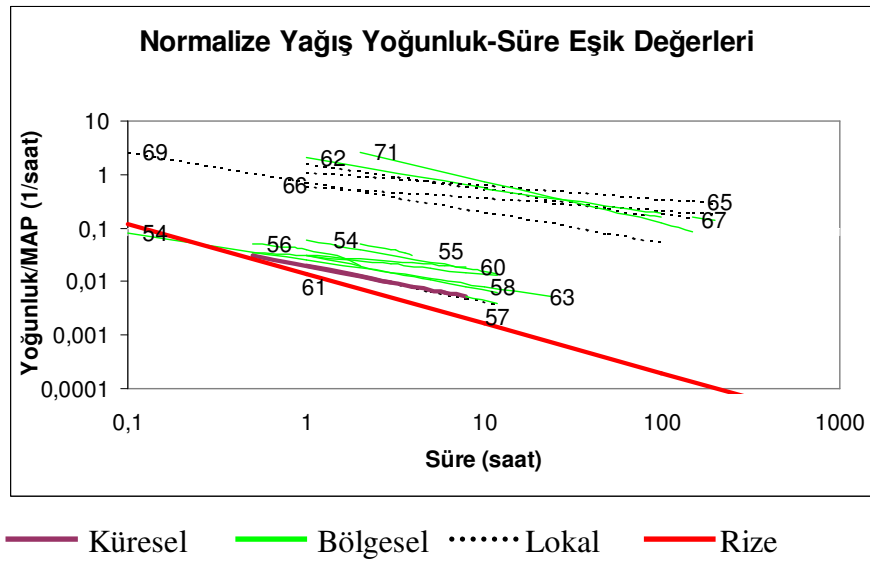


Şekil 6.9: Rize normalize yoğunluk- süre genel denklemi

Ölçülen değerlerin altından minimum eşik geçmesi açısından çizilen eğrinin denklemi

$$\text{Normalize ID} = 0.0137 * D^{-0,9252} \quad (6.2)$$

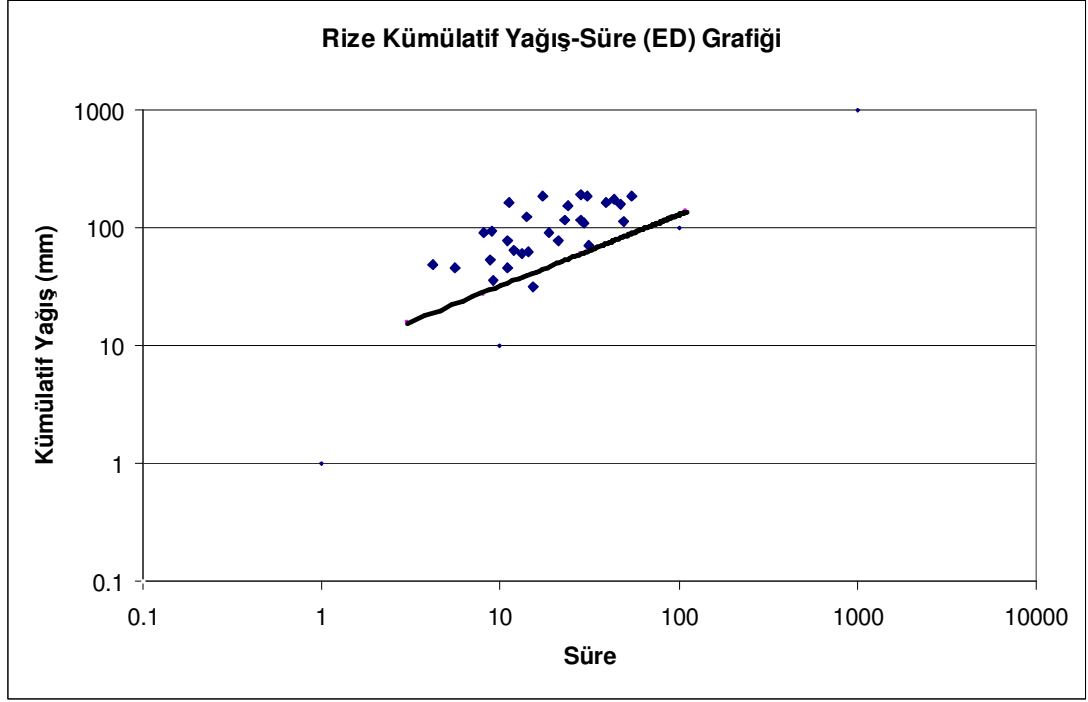
olarak görülecektir. Rize ili için oluşturulan değerlerin eğrisini literatür çalışmaların da gösterilen eşik değer eğrileri ile beraber göstermek istediğimizde şekil 6.10 daki gibi olduğu görülmektedir.



Şekil 6.10: Rize normalize şiddet- süre denkleminin diğer eşiklerle karşılaştırılması

6.3 Rize İli Kümülatif Yağış – Süre (ED) İlişkisi ve Minimum Eşik Değerinin Saptanması

Rize İli için yağış nedeniyle meydana gelmiş olan kümülatif yağış değerleri ile süre grafiği ve bunun neticesinde eşik değerlerini oluşturan eğri çıkardığımızda aşağıdaki şekilden rahatlıkla görebilmekteyiz.

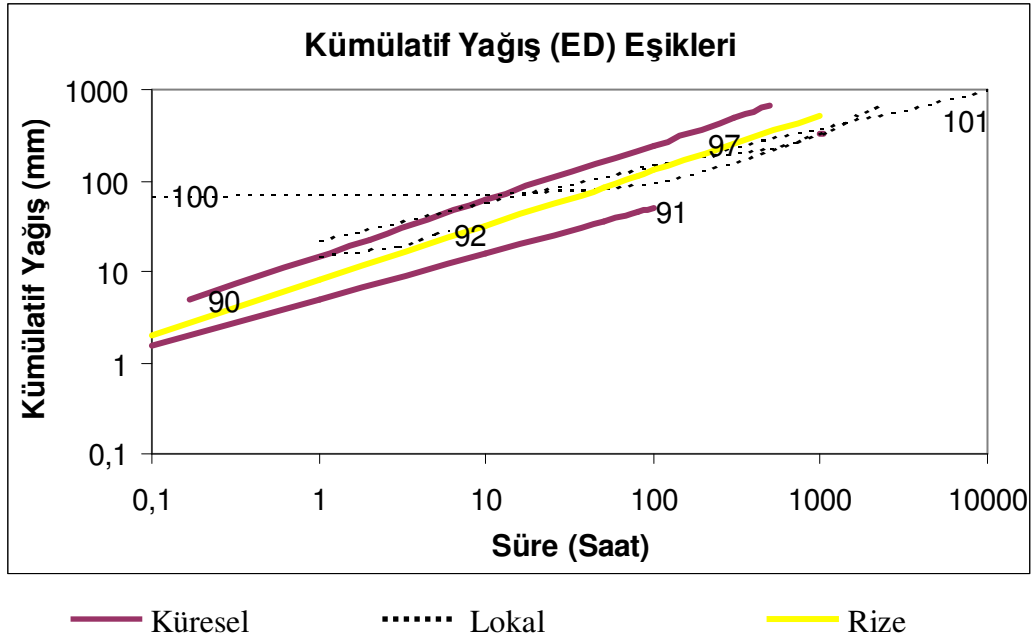


Şekil 6.11: Rize kümülatif yağış- süre grafiği

Yukarıdaki şekilden oluşturulan kümülatif yağış(E) değerleri sonucunda Rize ili için oluşturulan minimum eşik eğrisinin denklemi

$$E = 7,9966 * D^{0,6045} \quad (6.3)$$

olarak çıkacaktır. Çıkarılan bu eğriyi literatür çalışmalarında oluşturulan başka bölgeler ve dünya için kullanılan genel eğrilerle beraber göstermek istediğimizde



Şekil 6.12: Rize kümülatif yağış- süre eğrisinin diğer eşiklerle karşılaştırılması

6.4 Trabzon İli Yağış Yoğunluğu – Süre (ID) İlişkisi ve Minimum Eşik Değerinin Saptanması

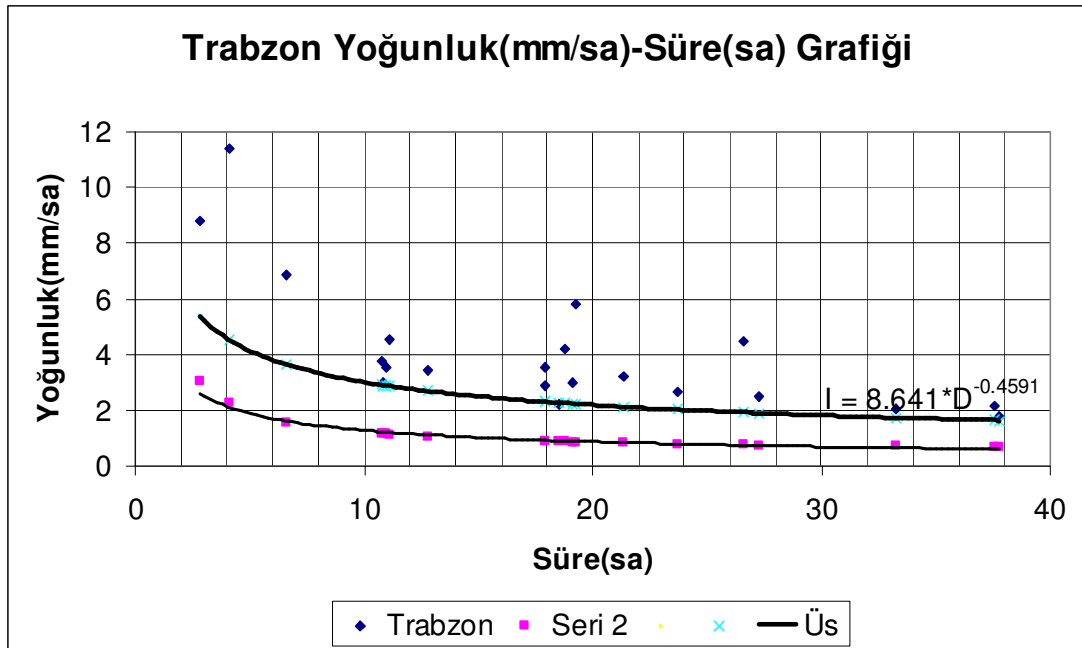
Trabzon ili için yoğunluk-süre ilişkisi ve minimum eşik değerini saptayabilmek için heyelan tarihlerinde meydana gelen toplam yağış miktar ve süreleri tablo 9.3 de görülmektedir. Temel eksiklik olarak ise Trabzon ilçesindeki istasyonların çalışma süreleri çok kısa olarak kayıtlar da mevcut olup heyelan tarihi belli olan zamanlarda kayıt olmadığından yağış miktar ve süreleri belirlenememiştir. Bu nedenle Trabzon ili ve çevresindeki değerler için gerek heyelanın olduğu zaman ve gerekse yağış verileri çıkartılarak aşağıdaki tablo oluşturulabilmiştir. Çizelge 6.3 den görüleceği üzere yağışın en fazla olduğu tarih 19-20 Haziran 1990 tarihi olup m2 ye yaklaşık olarak 119.5 mm ile Düzköy ilçesine düşmüştür.

Çizelge 6.3: Trabzon ili ve ilçeleri toplam yağış ve süreleri

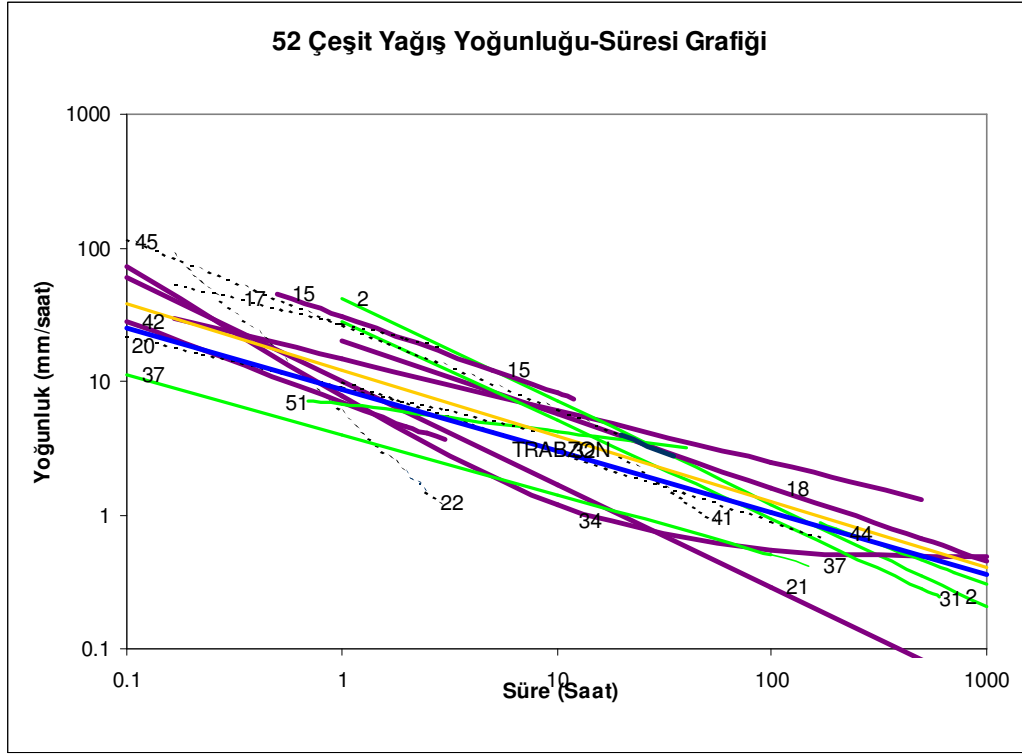
	Heyelan Tarihi	Toplam Yağış(mm)	Süre(Saat)
Trabzon	19-20.06.1990	79.2	18.78
Trabzon	19.10.2006	62.9	23.72
Trabzon	02.08.2005	46.5	4.08
Trabzon	05.11.2006	66.5	37.8
Akçaabat	14.08.1998	45.2	6.6
Akçaabat	19.10.2006	44.1	12.77
Akçaabat	02.08.2005	24.6	2.8
Akçaabat	23.09.2009	32.6	10.83
Akçaabat	05.11.2006	40.7	10.75
Vakfıkebir	19.20.06.1990	112.1	19.25
Vakfıkebir	19.10.2006	41.2	18.53
Vakfıkebir	17.12.2007	68.2	33.24
Vakfıkebir	02.08.2005	38.9	11
Vakfıkebir	23.09.2009	80.7	37.58
Vakfıkebir	05.11.2006	50.4	11.13
Araklı	19-20.06.1990	51.1	17.91
Maçka	19-20.06.1990	56.9	19.13
Duzkoy	19-20.06.1990	119.5	26.6
Arsin	19-20.06.1990	63	17.91
Çaykara	19-20.06.1990	68.2	27.26
Çaykara	06.07.1995	68.8	21.37

Trabzon ilini yansıtabilecek şekilde yağış şiddeti(I)-süre(D) grafiğini ve bunun sonucunda minimum eşik eğrisini oluşturduğumuzda (Şekil 9.13) eğrinin denklemi

$$I=8.641*D^{-0.4591} \quad (6.4)$$



Şekil 6.13: Trabzon şiddet – süre grafiği (mm/sa)

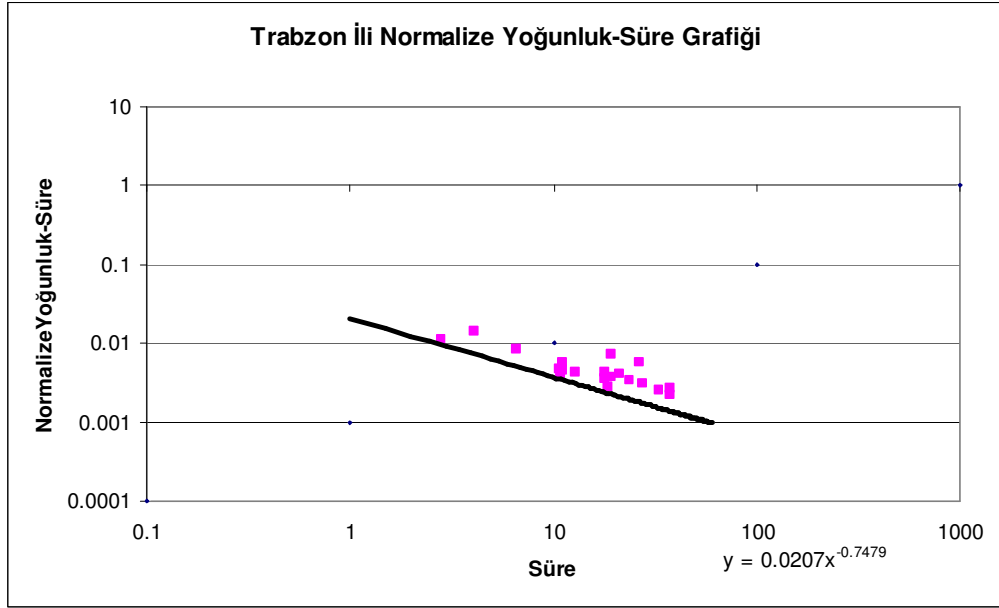


Şekil 6.14: Trabzon denkleminin 52 çeşit şiddet – süre grafiğinde gösterimi

6.5 Trabzon İli Normalize Yağış Yoğunluğu – Süre (ID) İlişkisi ve Minimum Eşik Değerinin Saptanması

Trabzon İli için Yağış yoğunluğunu normalize etmek amacıyla bulunan yoğunluk miktarını (mm/sa) Trabzon'un 1951-2008 yılları arasında alınan yıllık toplam yağış değerlerinin ortalaması olan 809 mm ye böldüğümüzde belirlenen süre için normalize edilmiş yoğunluk değerleri meydana gelir. Bu normalize değerleri logaritmik ölçek grafiğinde gösterdiğimizde ve bu değerlerin altında eşik olacak şekilde grafiği biçimlendirdiğimizde Şekil 9.15 deki gibi olacaktır ve minimum eşik denklemini

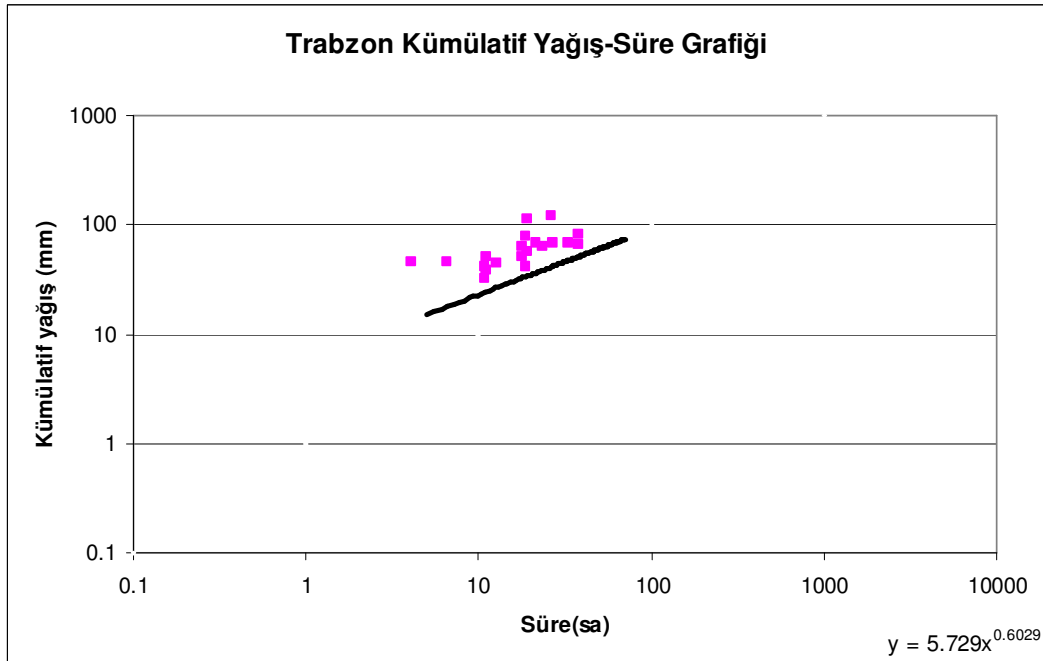
$$ID = 0.0207 * D^{-0.7479} \quad (6.5)$$



Şekil 6.15: Trabzon ili normalize şiddet- süre genel denklemi

6.6 Trabzon İli Kümülatif Yağış – Süre (ED) İlişkisi ve Minimum Eşik Değerinin Saptanması

Trabzon İli için yağış nedeniyle meydana gelmiş olan kümülatif yağış değerleri ile süre grafiği ve bunun neticesinde eşik değerlerini oluşturan eğriyi aşağıdaki şekilden rahatlıkla görebilmekteyiz.

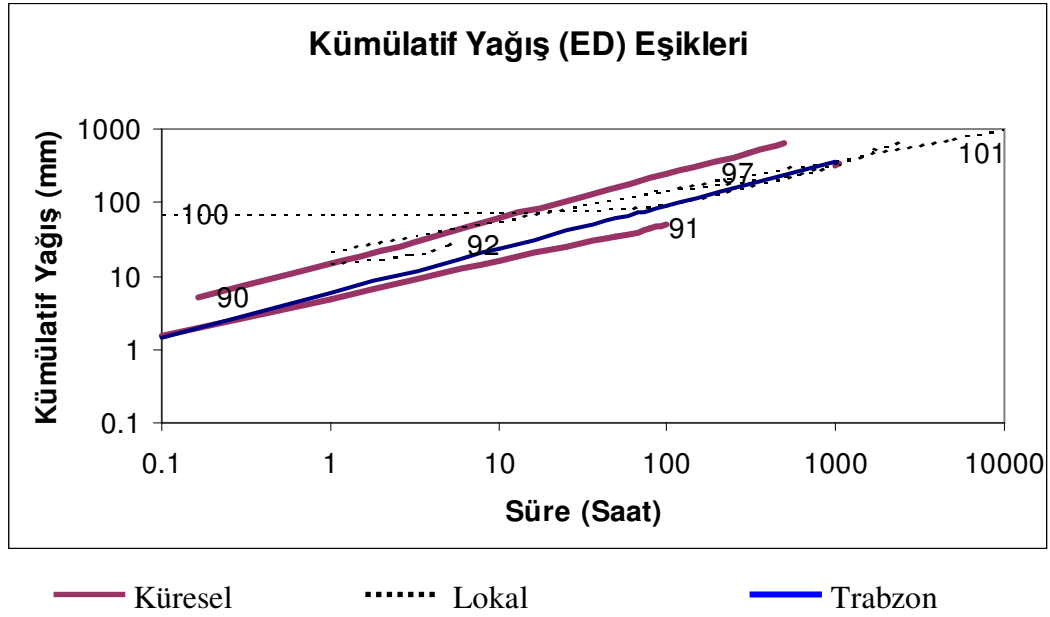


Şekil 6.16: Trabzon ili kümülatif yağış- süre eğrisi

Kümülatif yağış eğrisinden de görüleceği üzere

$$E=5,729*D^{0,6029}$$

(6.6)



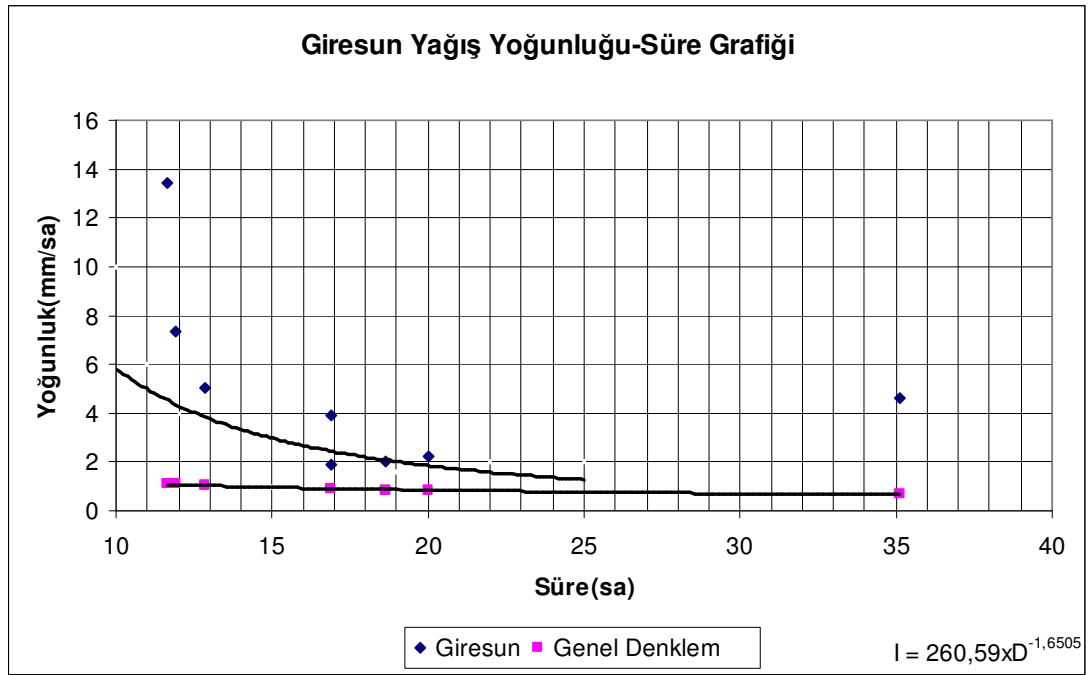
Şekil 6.17: Trabzon kümülâtif yağış-süre eğrisinin diğer eşiklerle karşılaştırılması

6.7 Giresun İli Yağış Yoğunluğu – Süre (ID) İlişkisi ve Minimum Eşik Değerinin Saptanması

Giresun ili için yoğunluk-süre ilişkisi ve minimum eşik değerini saptayabilmek için heyelan tarihlerinde meydana gelen toplam yağış miktar ve süreleri tablo 9.4 de görülmektedir. Giresun ili ve çevresindeki yağış miktar ve sürelerini alabilmek için Giresun bölgesinde meydana gelen heyelan tarihlerinin belirgin olması gerekmektedir. Ancak yapılan araştırmalarda Giresun bölgesi için heyelanın meydana geldiği tarih kayıtları Rize ve Trabzon illerine nazaran çok kısıtlı olup, başlıca belirgin olarak üç tarih üzerinde durulmuştur. Bu tarihleri incelediğimizde özellikle 19-20 Haziran 1990 tarihinde bölgede belirgin bir biçimde heyelan meydana gelmiş ve yaklaşık olarak 160 mm yağış bırakmıştır.

Çizelge 6.4: Giresun ili ve ilçeleri toplam yağış ve süreleri

	Heyelan Tarihi	Toplam Yağış	Süre(saat)
Giresun	19-20.06.1990	37,8	18,65
Giresun	28.07.2009	156,6	11,66
Giresun	29.07.2009	65,7	16,92
Bulancak	19-20.06.1990	32,2	16,92
Çamoluk	19-20.06.1990	45,3	20
Doğankent	19-20.06.1990	163,2	35,13
Tirebolu	19-20.06.1990	87,8	11,92
Kesap	19-20.06.1990	64,9	12,82

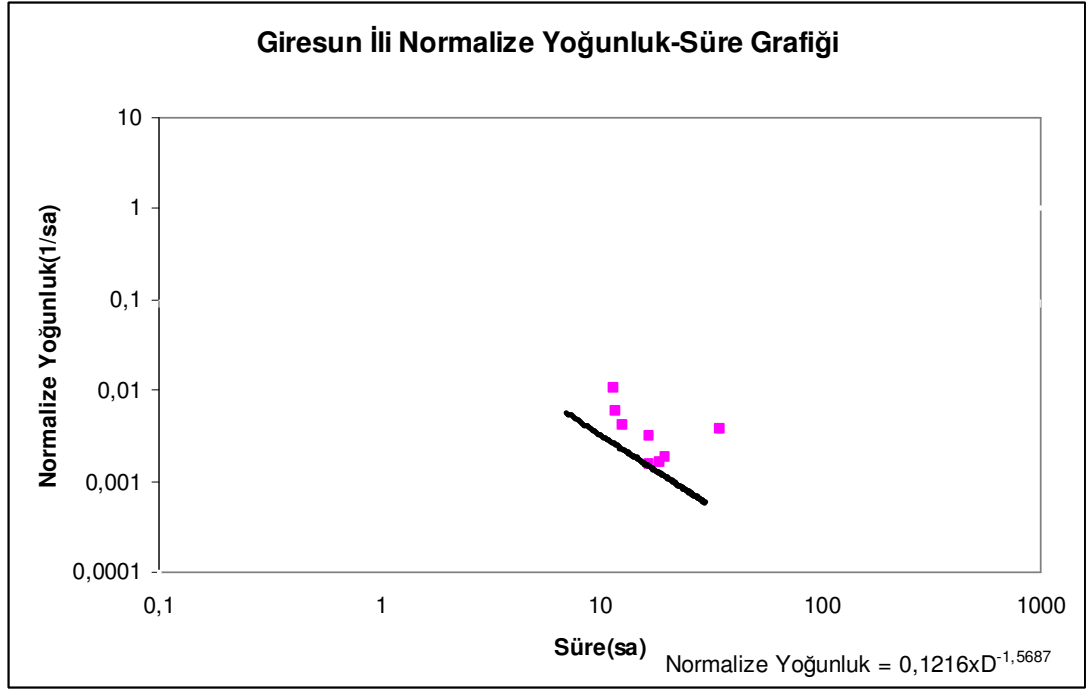


Şekil 6.18: Giresun şiddet – süre grafiği (mm/sa)

6.8 Giresun İli Normalize Yağış Yoğunluğu – Süre (ID) İlişkisi ve Minimum Eşik Değerinin Saptanması

Giresun İli için Yağış yoğunluğunu normalize etmek amacıyla bulunan yoğunluk miktarını (mm/sa) Giresun'un 1951-2008 yılları arasında alınan yıllık toplam yağış değerlerinin ortalaması olan 1254 mm ye böldüğümüzde belirlenen süre için normalize edilmiş yoğunluk değerleri meydana gelir. Bu normalize değerleri logaritmik ölçek grafiğinde gösterdiğimizde ve bu değerlerin altında eşik olacak şekilde grafiği biçimlendirdiğimizde Şekil 9.19 daki gibi olacaktır ve minimum eşik denklemi

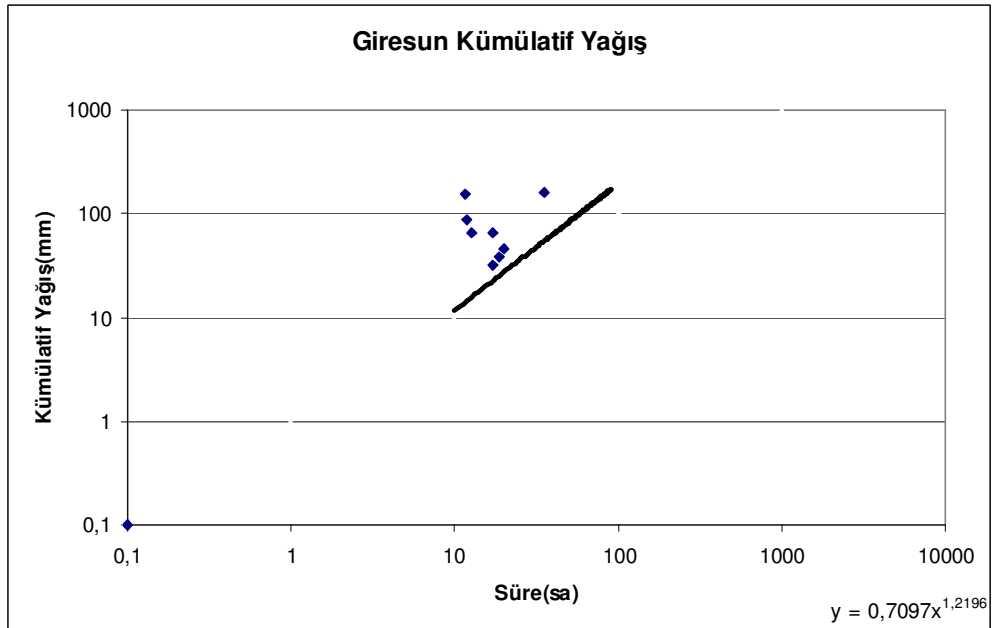
$$I = 0.1216 * D^{-1,5687} \quad (6.7)$$



Şekil 6.19: Giresun ili normalize şiddet- süre genel denklemi

6.9 Giresun İli Kümülatif Yağış – Süre (ED) İlişkisi ve Minimum Eşik Değerinin Saptanması

Giresun İli için yağış nedeniyle meydana gelmiş olan kümülatif yağış değerleri ile süre grafiği ve bunun neticesinde eşik değerlerini oluşturan eğriyi aşağıdaki şekilden rahatlıkla görebilmekteyiz.



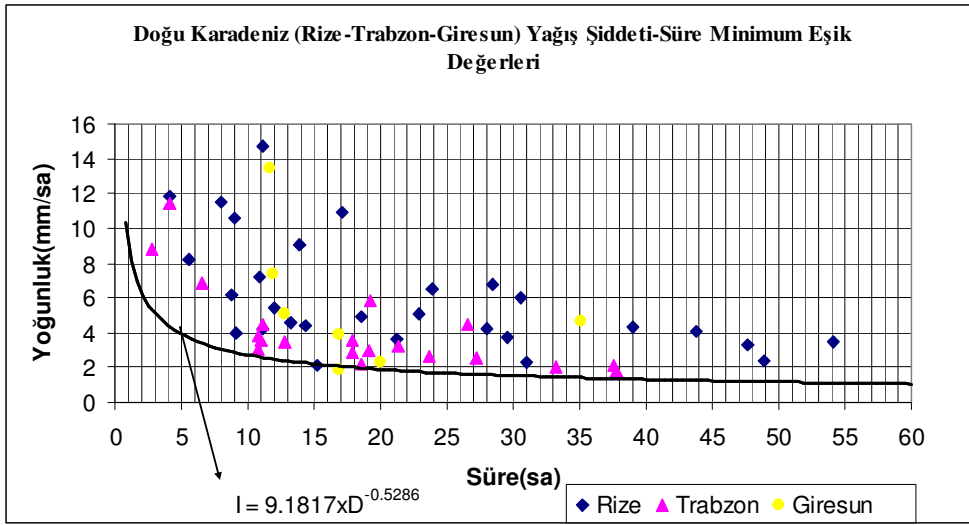
Şekil 6.20: Giresun kümülatif yağış- süre eğrisi

Kümülatif yağış(E) eğrisinden de görüleceği üzere eğrinin denklemi 6.8 denklemdir.

$$E=0,7097*D^{1,2196} \quad (6.8)$$

Rize, Trabzon ve Giresun il ve ilçelerinde meydana gelen heyelanların verilerini Yoğunluk-Süre logaritmik eğrisinde gösterip bu verilerin altında eşik geçecek şekilde eğriyi geçirdiğimizde ise doğu Karadeniz bölgesi için meydana çıkan eğrinin genel denklemi

$$I=9,1817*D^{-0,5286} \quad (6.9)$$



Şekil 6.21: Doğu karadeniz bölgesi şiddet- süre genel denklemi

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Türkiye’ de heyelanların en sıklıkla meydana geldiği bölgelerden birisi doğu Karadeniz bölgesidir. Bu bölgemizdeki heyelanların büyük bir kısmının oluşumunda başlıca etken yağış olup yıllık ortalama yağış miktarları Türkiye ortalamasının çok üzerinde olup 1000-2000 mm arasındadır. Yağış ile heyelanın sıkı bir ilişkisinin bulunması nedeniyle heyelanın sıklıkla meydana geldiği bu bölge için bir yağış eşik değerinin tespit edilmesi gerekmiştir.

Yapılan bu çalışmada amaç Doğu Karadeniz bölgesindeki Rize, Trabzon ve Giresun illeri için yağış nedeniyle meydana gelen heyelanlarda yağış eşiklerini tespit etmeye çalışmak ve bölgelere ait yağış yoğunluğu-süre, normalize yoğunluk-süre ve kümülatif yağış-süre eşik denklemlerini oluşturmaya çalışmak olmuştur. Literatür çalışmalarında özellikle yoğunluk-süre eşiklerinde genel olarak 52 bölge için eşik denklemleri oluşturulmuş olup Doğu Karadeniz Bölgesi için herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Rize ili için oluşturulan eşik değerlerde heyelan tarihleri belirlenmeye çalışılmış ve heyelan tarihinden heyelanın olduğu zamana kadarki yağış miktar ve süreleri DMI den temin edilmiştir. Yağış miktar ve süreleri olarak Rize ilinde Rize Meteoroloji İstasyon ve Pazar Meteoroloji İstasyon verileri alınmıştır. Bu veriler ışığında Rize ili için oluşturulan Yağış yoğunluğu süre denklemi Şekil 6.7 den $I=12.186*D^{-0.492}$ (I=Yoğunluk D=süre(sa) olarak bulunmuştur. Yine aynı verileri kullanarak Normalize edilmiş yağış yoğunluğu süre eşik değer denklemi ise Şekil 6.9 dan da görülebileceği üzere $0.0137*D^{-0.9252}$ tespit edilmiştir. Yağış miktarlarından Kümülatif yağış –süre eğrisi ve bu eğrinin denklemi oluşturulduğunda ise Rize ili için genel denklem $7.9966*D^{0.6045}$ (Şekil 6.11) elde edilmiştir.

Trabzon için eşik değerleri oluşturmak amacıyla geçmiş tarihlerde meydana gelen heyelan tarihleri ve buna bağlı olarak yağış miktar ve süreleri taranmış olup Trabzon merkez, Akçaabat, Vakfıkebir, Araklı, Maçka, Düzköy, Arşin ve Çaykara meteoroloji istasyonlarından kayıtlar çıkarılmaya çalışılmıştır. Burada ki en temel

sorun olarak ise Trabzon ilçelerindeki meteoroloji istasyonlarının çok kısa süreli olarak çalıştırılması ve belli bir süre sonra istasyonların kapatılmasıdır. Bütün bu bilgiler doğrultusunda Trabzon ilini yansıtacak biçimde yağış şiddeti-süre eşik denklemi Şekil 6.13 de oluşturulmuş olup eğrinin denklemi $I=8,641*D^{-0,4591}$ dir. Bölge için normalize yoğunluk-süre grafiği ise Şekil 6.15 den de görüleceği üzere $0,0207*D^{-0,7479}$ olarak bulunmuştur. Kümülatif yağış-süre eşik değer denklemi de Şekil 6.16 dan $5,729*D^{0,6029}$ olarak bulunmuştur.

Giresun ilini yansıtacak şekilde minimum eşik değer tespitlerini yapabilmek maksadıyla Giresun merkez, Bulancak, Çamoluk, Doğankent, Tirebolu ve Kesap meteoroloji istasyon verileri kullanılmıştır. Burada ki sorun ise Giresunda meydana gelmiş olan heyelanların tarihlerinin literatür çalışmalarında yetersiz olması ve bu bölgedeki meteoroloji istasyon sayısının az ve bu istasyonların kısa süreli çalışmış olması olarak gözükmektedir. Dolayısıyla bu bölge için eşik değer denklemleri Rize ve Trabzon illeri ile kıyasladığımızda çok az veri ile çıkartılmış olacaktır. Giresun ili için Yoğunluk-Süre minimum eşik denklemi Şekil 6.18 den $I=260,59*D^{-1,6505}$ ve normalize yoğunluk-süre denklemi Şekil 6.19 dan $0,1216*D^{-1,5687}$ ayrıca kümülatif yağış-süre denklemi ise Şekil 6.20 den $0,7097*D^{1,2196}$ bulunmuştur.

Rize, Trabzon ve Giresun için oluşturulan yoğunluk-süre grafiğini Doğu Karadeniz bölgesini yansıtacak biçimde bütün verileri kullanarak göstermek istediğimizde Şekil 6.21 deki gibi olacak ve bu değerlerin altından geçen minimum eşik eğrisinin denklemi ise $I=9,1817*D^{-0,5286}$ olarak belirlenmiştir.

Yapılmış olan çalışmada heyelan ile yağış arasında ilişki incelenmiştir. Toprak nemi, toprağın yapısı ve bitki örtüsü gibi heyelanın oluşumunu tetikleyen başka etkenler hesaba katılmamıştır. Çalışmada ki başlıca eksiklerden bazıları ise öncelikle heyelanın olduğu zamanlardaki tarih, yer ve saatini belirten düzgün bir veri seti hâlihazırda bulunmamaktadır. Bu nedenle yapılan çalışma az veri ile sonuçlandırılmaya çalışılmıştır. Ayrıca heyelanı etkileyen unsurlardan yağış dışında toprağın neminin de hesaba katılması gerekirdi, maalesef DMI den temin edilen verilerde yağış miktar ve süreleri bulunmakta istasyonlarda toprak nemini ölçecek toprak nem sensörü bulunmamaktadır. Heyelanın Rize, Trabzon ve Giresun illerinde her bölgede olması muhtemel olduğundan oldukça fazla sayıda meteoroloji istasyonunun özellikle Doğu Karadeniz bölgesinde farklı yüksekliklerde konumlanmasının yapılması gerekmektedir. Maalesef istasyonların genel olarak deniz

seviyesinde bulunması,sayısının az olması, zaman içerisinde kapatılmaları ve hatta dakikalık veri üretememesi sıkıntıya neden olmaktadır. Bu nedenle özellikle Doğu Karadeniz Bölgesine farklı yüksekliklere ve sıklıkla otomatik meteoroloji istasyonu kurulmalı ve işletilmeli, sürekli olarak dakikalık ve saatlik veriler alınmalı, depolanmalı ve otomatik istasyonlarında ayrıca toprak nemini ölçmek maksadıyla toprak nem sensörünüde bulunması gerekmektedir. Bunlara paralel olarak Gerek Afet İşleri Genel Müdürlüğünde ve gerekse Devlet Meteoroloji İşlerinde heyelan tarih ve zaman ve etkileri detaylarıyla kayıt altına alınmalı ve ileride yapılacak araştırmalara öncelik etmesi açısından veriler muhafaza edilmelidir.

KAYNAKLAR

- Aleotti P.**, 2004. A warning system for rainfall-induced shallow failures. *Eng Geol* **73**: 247-265
- Bayrak T., Atasoy M., ve Demir O.**,: Heyelanların Sosyoekonomik Etkileri: Kutlugün Köyü (Trabzon) Heyelanı Örneği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 2-6 Nisan 2007, Ankara.
- Bhandari, R.K., Senanayake, K.S., ve Thayalan, N.**, 1991. Pitfalls in the prediction on landslide through rainfall data. In: Landslides (Bell DH, ed), vol. **2**. Rotterdam: A.A. Balkema, pp 887-890
- Campbell R.H.**, 1975: Soil slips, debris flows, and rainstorms in the Santa Monica Mountains and vicinity, southern California. In: US Geological Survey Professional Paper 851. Washington DC: U.S. Government Printing Office, **51** pp
- Caine N.**, 1980. The Rainfall intensity-duration control of shallow landslides and debris flows. *Geogr Ann A* **62**: 23-27
- Cannon S.H. ve Gartner J.E.**, 2005. Wildfire-related debris flow from a hazards perspective. In: Debris flow hazards and related phenomena (Jakob M, Hungr O, eds). Berlin Heideberg: Springer, pp 363-385
- Ceylan A.**, 2006:01.01.2009 <http://www.meteor.gov.tr/2006/arastirma/files/metafetac.pdf>,
- Clarizia, M., Gulla, G., ve Sorbino, G.**, 1996. Sui mechanismi di innesco dei soil slip. In: Int. Conf. Prevention of Hydrogeological Hazards: The role of Scientific Research (Luino F, ed), vol. **1**. Alba: *L'Artistica Savigliano* pub, pp 585-597
- Corominas, J.**, 2000. Landslides and climate. Keynote lecture. In: Proc. 8th Int. Symp. On Landslides (Bromhead E, Dixon N, Ibsen ML, eds), vol. **4**. Cardiff: a.a. Balkema, pp 1-33
- Crosta, G.B.**, 1989. A study of slope movements caused by heavy rainfall in Valtellina (Italy – July 1987). In: Proc. 6th Int. Conf. and Field Workshop on Landslides Alps 90 (Cancelli A, ed), vol. **79b**. Milano: *Ricerca Scientifica ed Educazione Permanente*, pp 247-258
- Crosta, G.B. ve Frattini, P.**, 2001. Rainfall thresholds for triggering soil slips and debris flow. In: Proc. 2nd EGS Plinius Conf. on Mediterranean Storms (Mugnai A, Guzzetti F, Roth G, eds). Siena, pp 463-487
- Crosta, G.B. ve Frattini, P.**, 2003. Distributed modelling of shallow landslides triggered by intense rainfall. *Nat Hazard Earth sys Sci* **3**(1-2):81-93

- Crozier, M.J. ve Eyles, R.j.**, 1980. Assessing the probability of rapid mass movement. In: Proc. 3rd Australia-New Zealand Conf. on Geomechanics (Technical Groups, eds), vol.6. Wellington: *New Zealand Institution of Engineers*, pp 247-251
- Crozier, M.J.**, 1999. Prediction of rainfall-triggered landslides: a test of the antecedent water status model. *Earth Surf Proc Land* 24:825-833
- Erguvanlı, Kemal.**, 1982. Mühendislik Jeolojisi, 1982.
- Glade, T., Crozier, M.J., ve Smith, P.**, 2000. Applying probability determination to refine landslide-triggering rainfall thresholds using an empirical "Antecedent Daily Rainfall Model". *Pure Appl Geophys* 157(6/8): 1059-1079
- Govi, M. ve Sorzana, P.F.**, 1980. Landslide susceptibility as function of critical rainfall amount in Piedmont basin (Northwestern Italy). *Studia Geomorphologica Carpathobalcanica* 14: 43-60
- Green, W.H. ve Ampt, G.**, 1911. Studies of soil physics. Part I: the flow of air and water through soils. *J Agr Sci* 4: 1-24
- Guidicini, G. ve Iwasa, O.Y.**, 1977. Tentative correlation between rainfall and landslides in a humid tropical environment. *Bull Int Ass Eng Geol* 16: 13-20
- Guzzetti, F., Peruccacci, S., Rossi, M., ve Stark, C.P.**, 2007. Rainfall thresholds for the initiation of landslides in central and southern Europe
- Innes, J.L.**, 1983. Debris Flows. *Prog Phys Geog* 7: 469-501
- Iverson, R.M.**, 2000. Landslide triggering by rain infiltration. *Water Resour Res* 36(7): 1897-1910
- Jibson.**, 1989. Debris flow in southern Porto Rico. Geological Society of America, special paper 236, pp 29-55
- Marchi, L., Arattano, M., ve Deganutti A.M.**, 2002. Ten years of debris-flow monitoring in the Moscardo Torrent (Italian Alps). *Geomorphology* 46:1-17
- Montgomery, D.R. ve Dietrich, W.E.**, 1994. A physically based model for the topographic control of shallow landsliding. *Water Resour Res* 30(4):1153-1171
- Paronuzzi, P., Cocolo, A., ve Garlatti, G.**, 1998. Eventi meteorici critici e debris flows nei bacini montani del Friuli. *L'Acqua, Sezione I/ Memorie*, pp 39-50
- Reis, S., Atasoy, M., Nişancı, R., Yalçın, A., Bayrak, T., Sancar, C., ve İnan, H.:** Doğal afetlere yönelik kurumsal veritabanı oluşturulması: Rize ili örneği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 2-6 Nisan 2007, Ankara.
- Salvucci, G.D. ve Entekabi, D.**, 1994. Explicit expressions for Green-Ampt (Delta Function diffusivity) infiltration rate and cumulative storage. *Water Resour Res* 30: 2661-2663

- Tayanç, M., Dalfes, H.N., Karaca, M., ve Yenigün.,** 1998. A comparative assessment of different methodologies for detecting inhomogeneous in Turkish temperature dataset. *International Journal of Climatology*, 18, 561-578
- T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Afet Etüt ve Hasar Tespit Dairesi Başkanlığı, jeolojik Etüt ve İzleme Şube Müdürlüğü:** Jeolojik Etüt Raporları.
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Elektronik bilgi İşlem Müdürlüğü:** Rize ili ve Pazar ilçesi (1951-2008) iklim verileri
- T.C. Giresun Valiliği.:** İl Çevre ve Orman Müdürlüğü Çevre Durum Raporu, 2006.
- T.C. Rize Valiliği.:** İl Çevre ve Orman Müdürlüğü Çevre Durum Raporu
- T.C. Trabzon Valiliği.:** İl Çevre ve Orman Müdürlüğü Çevre Durum Raporu, 2006.
- Ulusoy, Reşat.,** Uygulamalı Jeoteknik Bilgileri, 2001.
- Unal Y, Kindap T, ve Karaca M** 2003. Redefining climate zones for turkey using cluster analysis. *International Journal of Climatology*, 23, 1045-1055
- Van Asch Th. W.J., Buma J ve Van Beek L.P.H.:** A view on some hydrological triggering systems in landslides, *Geomorphology*, No, 30 (1-2), (1999) 25-32
- White ID., Mottershead, D.N., ve Harrison, J.J.,** 1996: Environmental Systems, 2nd edn. London: Chapman & Hall, 616 pp.
- Wieczorek, G.F.,** 1996: Landslide triggering mechanisms. In: Landslides: investigation and mitigation (Turner AK, Schuster RL, eds). Washington DC: Transportation Research Board, National Research Council, special report, pp 76-90
- Wieczorek, G.F. ve Glade, T.,** 2005. Climatic factors influencing occurrence of debris flows. In: Debris flow hazards and related phenoma (Jakob M, Hungr O, eds). Berlin Heidelberg: Springer, pp 325-362
- Wilson, R.C.,** 1989: Rainstorms, pore pressures, and debris flows: a theoretical framework. In: Landslides in a semi-arid environment (Morton DM, Sadler PM, eds), vol. 2. California: Publications of the Inland Geological Society, pp 101-117
- Yalçın, A. ve Bulut, F.,:** Landslide susceptibility mapping using GIS and digital photogrammetric techniques: A case study from Ardesen (NE-Turkey), *Natural Hazards*, Cilt No, 41 (1), (2007), 201-226.
- Yalçın A.,** 2008: GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey). Comparisons of results and Confirmations, *Catena*, Cilt No, 72, (2008), 1-12

ÖZGEÇMİŐ

ÇalıŐmayı hazırlayan 1980 yılında KırŐehir/Mucur'da doğdu. İlk ve ortaokulu Avanos Mehmet Akif İlköğretim okulunda, liseyi de Ankara Anadolu Meteoroloji Meslek Lisesinde tamamladı. 2004 yılında İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği bölümünü bitirdi. 2005 yılında İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü İklim ve Deniz Bilimleri Anabilim Dalında Yüksek Lisans programına başladı. 1998 yılından bu yana DMİ'de İstanbul Meteoroloji Bölge Müdürlüğünde teknik personel olarak çalışmaktadır.