

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**CBS ORTAMINDA GERÇEĞE YAKIN ZAMANLI HEYELAN TAHMİNİ-
RİZE ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Emin Yahya MENTEŞE**

**Anabilim Dalı : Jeodezi ve Fotogrametri
Mühendisliği
Programı : Geomatik Mühendisliği**

EYLÜL 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**CBS ORTAMINDA GERÇEĞE YAKIN ZAMANLI HEYELAN TAHMİNİ-
RİZE ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Emin Yahya MENTEŞE
(501071607)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29 Eylül 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 21 Ekim 2009

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ergin TARI (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Okan TÜYSÜZ (İTÜ)
Doç. Dr. Tayfun KINDAP (İTÜ)**

KASIM 2009

ÖNSÖZ

İnsanoğlu hayatta ne kadar dikkatli olursa olsun hiç ummadığı anlarda bütün kazanımları yerle bir olabilir, kendini adadığı, kendinden bir parça olarak tanımladığı birçok varlık göz açıp kapayıncaya kadar yok olabilir. Hayatın gerçekleri her ne kadar bu denli öngörülmez olsa da matematik ilmi ve onun temelleri üstünde yükselen bilgi teknolojileri sayesinde bilinmez olan gelecek bugün belli bir oranda tahmin edilebilir konumda bulunmaktadır.

İşte bu çalışma da bu çabaya katkı olarak düşünülebilir ve eğer bu çalışmayı inceleyen insanlarda bu doğrultuda bir fikir oluşmasını sağlayabilirse çalışma gerçek amacına ulaşmış olacaktır.

Bu çalışma esas itibarıyla 2 senelik bir ekip çalışmasının ürünüdür ve bu çalışmalarını bilimsel bir tez haline getirme şerefi de bana nail olmuştur. Belirtmem gerekir ki şu anda bulunduğum yerde olmamı sağlayan ve son 2 sene boyunca içinde bulunduğum çalışmaların gerçekleşmesini mümkün kılan Prof. Dr. Muhammed Şahin benim nazarımda en büyük teşekkürü hak etmektedir. Onun liderliğinde gerçekleşen RABİS Projesi sayesinde hayatım baştan aşağı değişmiş, akademik ve bilimsel kazanımlarımın yanında çok güzel arkadaşlıklar ve unutamayacağım anılar hayatımın bir parçası olmuştur.

Bu çalışmanın gerçekleşmesini sağlayan ekibe nasıl teşekkür edeceğimi tam olarak bilememekle beraber bu çalışmada çok önemli katkıları olan başta Doç. Dr. Tayfun Kindap ve Doç Dr. Ömer Lütfi Şen olmak üzere, Araş. Gör. Korhan Erturaç'a, Araş. Gör. Dr. Ufuk Tarı'ya ayrıca Ulusal Cad. ve Gis Çözümleri A.Ş.'de çalışmakta olan ve yazılımın geliştirilmesinde çok büyük pay sahibi olan Sinem Demir'e çok teşekkürler. Bu çalışmanın en büyük diğer pay sahipleri ise şüphesiz ki İTÜ Ölçme Tekniği Anabilim Dalı Proje Odası çalışanlarıdır. Oturma sırasına göre Özge, Nilay, Namik, Serhan, Ece, Yener, Selma, Senem, Orkan, Serpil ve Elif'e en içten teşekkürlerimi sunar ve tabii ki hayatıma Murphy kanunlarını sokan, ayrıntıların önemini kavratan, bu çalışmanın konusunu tez haline getirmemi mümkün kılan Prof. Dr. Ergin Tarı'ya sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Fikir sahibi olmak isteyenlere bilgi kaynağı olması ümidiyle...

Haziran 2009

Emin Yahya Menteşe

Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
3. AMAÇ	5
4. KAPSAM	7
4.1 RABİS	7
4.2 Afet Risk Yönetimi	9
4.2.1 Afet risk azaltma çalışmalarının uygulamaya yönelik güçlü kurumsal bir tabana sahip olması	9
4.2.2 Afet risklerinin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve gözlemlemesi	9
4.2.3 Daha dirençli toplumlar oluşturulması için bilgi, eğitim ve inovasyonun kullanılması	10
4.3 Erken Uyarı Sistemleri	11
4.3.1 İnsan odaklı erken uyarı sistemleri	11
4.3.2 Risk bilgisi	11
4.3.3 Gözleme ve uyarı sağlama	12
4.3.4 Haber verme ve iletişim	12
4.3.5 Müdahale yeteneği	12
4.4 Heyelan.....	14
4.4.1 Tanım	14
4.4.2 Heyelan türleri.....	15
4.4.2.1 Düşme türü heyelanlar	15
4.4.2.2 Devrilme türü heyelanlar	16
4.4.2.3 Akma türü heyelanlar	16
Kaya akmaları	16
Zemin ve toprak akmaları	17
4.4.2.4 Kayma türü heyelanlar	18
Blok kaymalar	19
Dönel kaymalar	19
4.4.2.5 Yanal yayılma türü heyelanlar	20
4.4.2.6 Karmaşık tür heyelanlar	21
4.4.3 Etkenler	22
4.4.3.1 Jeolojik etkenler	22
4.4.3.2 Jeomorfolojik etkenler	22
4.4.3.3 İnsan kaynaklı etkenler	22

4.4.3.4 Meteorolojik etkenler	23
4.4.4 Rize ili	24
4.4.4.1 Genel özellikler	24
4.4.4.2 Beşeri durum	32
4.4.4.3 Rize’de heyelan	34
Jeolojik faktörler	34
Topografik faktörler	37
Jeoteknik faktörler	38
Tarımsal faktörler	38
Meteorolojik faktörler	39
İnsan kaynaklı faktörler	41
5. YÖNTEM.....	43
5.1 Şev Stabilite Modeli	43
5.2 Heyelan Tehlikesi Altında Bulunan Alanların Kullanım Türlerinin Tespiti....	48
5.3 Meteorolojik Model.....	53
5.4 Coğrafi Bilgi Sistemi	59
6. UYGULAMA.....	67
6.1 Jeolojik Çalışmalar	67
6.2 Uzaktan Algılama Çalışmaları	70
6.3 Meteorolojik Çalışmalar	70
6.4 Coğrafi Bilgi Sistemi	79
7. SONUÇLAR-ÖNERİLER.....	83
KAYNAKLAR.....	88
EKLER.....	91

KISALTMALAR

AWOS	: Automated Weather Observation System
BM	: Birleşmiş Milletler
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
ECMWF	: European Center for Medium Range Weather Forecasts
ESRI	: Environmental Research Institute
GPS	: Global Positioning System
GTPO30	: Global 30 Arc Second Digital Elevation Data Set
HFA	: Hyogo Framework for Action: 2005-2015
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
LSM	: Land Surface Model
MM5	: 5 th Generation Meso-scale Model
MSLP	: Mean Sea Level Pressure
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
NCAR	: The National Center for Atmospheric Research
OGC	: Open Geospatial Consortium
RABİS	: Rize İli Geneline Afet Bilgi ve Meteorolojik Erken Uyarı Sistemi
SHALSTAB	: Shallow Landslide Tools
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TABİS	: Türkiye Afet Bilgi Sistemi
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
USGS	: United States Geological Survey
UTC	: Coordinated Universal Time
WFS	: Web Feature Service
WMS	: Web Map Service

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1: Erken uyarı sistemleri bileşenleri	13
Çizelge 4.2: Heyelan türleri	15
Çizelge 4.3: Rize ili nüfus dağılımı	33
Çizelge 4.4: MTA Trabzon paftasına ait illerin heyelan etki değerleri	37
Çizelge 4.5: Rize ili genelinde heyelan ve eğim ilişkisi	38
Çizelge 4.6: Rize ili genelinde heyelan ve bakı ilişkisi	38
Çizelge 4.7: Rize ili genelinde heyelan ve yola yakınlık ilişkisi	42
Çizelge 5.1: Shaltab tools programından elde edilen aralık değerleri	45
Çizelge 5.2: Uzaktan algılama sınıflandırma değerleri	48
Çizelge 5.3: Heyelan tehlikesi altındaki bölgelerin kullanım türlerine göre dağılımı	50
Çizelge 5.4: Heyelan tehlikesi altındaki yerleşim birimlerinin konum ve alan verileri	51
Çizelge 5.5: Simülasyon bilgileri	57
Çizelge 6.1: Pazar istasyonuna ait 18.09.2008 tarihli yağışlı verisi	75
Çizelge 6.2: Pazar istasyonuna ait 27.07.2009 tarihli yağışlı verisi	75
Çizelge 6.3: Heyelan tarihlerinde test edilen eşik değer eşitlikleri	76
Çizelge 6.4: Ağustos 2008 heyelan tahmini üretilen günlük ortalama grid sayıları..	79

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 4.1: Düşme türü heyelan.....	15
Şekil 4.2: Devrilme türü heyelan.....	16
Şekil 4.3: Kaya akması.....	17
Şekil 4.4: Döküntü akması.....	17
Şekil 4.5: Döküntü çığı.....	18
Şekil 4.6: Ötelenmeli kayma.....	19
Şekil 4.7: Dönel kayma.....	20
Şekil 4.8: Yanal yayılma.....	21
Şekil 4.9: Karmaşık tür heyelan.....	22
Şekil 4.10: Rize ili genelinde RABİS kapsamında kurulan AWOS istasyonlarının Eylül 2008 tarihli yağış ve toprak nemi grafikleri.....	18 24
Şekil 4.11: Rize topoğrafya haritası.....	26
Şekil 4.12: Rize ili jeoloji haritası.....	27
Şekil 4.13: İklim istasyonlarında ölçülen verilere göre yıllık ortalama yağış dağılımı.....	28
Şekil 4.14: Türkiye-Rize Aylık Toplam Yağış Dağılımı (1971-2000).....	29
Şekil 4.15: Rize ili genelinde eğitim durumu.....	34
Şekil 4.16: Litoloji gruplarına göre heyelan dağılımları, Trabzon paftası.....	36
Şekil 4.17: Rize ili genelinde heyelan ve etkilenen hane sayısı grafiği.....	40
Şekil 4.18: Rize ili genelinde ilçe bazlı heyelan ve etkilenen köy, hane sayısı.....	40
Şekil 4.19: Yağış kaynaklı heyelanların dağılımı (KS=Köy sayısı, BS=Bina Sayısı).....	41
Şekil 5.1: Rize ili heyelan potansiyeli dağılımı.....	46
Şekil 5.2: Rize il alanı içerisinde kayalık alan ve toprak örtülü alan ile mevcut heyelanlı ve yüksek heyelan potansiyeli olan alanların yüzde dağılımları.....	47
Şekil 5.3: Rize ili genelinde kayalık alanlar ve yüksek heyelan riski taşıyan alanların dağılımı.....	47
Şekil 5.4: Rize ili arazi kullanım türleri.....	58
Şekil 5.5: MM5 modeli ile oluşturulan Rize ili topoğrafyası.....	55
Şekil 5.6: MM5 modeli ile oluşturulan Rize ili Kasım 2006'ya ait yağış dağılımı.....	56
Şekil 5.7: MM5 modeli performans test grafiği (Pazar).....	58
Şekil 5.8: NOAA-LSM modeli genel gösterimi.....	59
Şekil 5.9: Heyelan tahmininde kullanılan meteorolojik risk algoritması.....	60
Şekil 5.10: DMİ verisinin .dat formatına dönüşmesini sağlayan kod.....	61
Şekil 5.11: DMİ verisinin CBS ortamına uyumlu versiyonu.....	61
Şekil 5.12: DMİ verisinin veritabanında güncellenmesini sağlayan kod.....	61
Şekil 5.13: DMİ'den temin edilen verinin veritabanında gösterimi.....	62
Şekil 5.14: Yoğunluk-Süre tabanlı eşik değer grafikleri.....	63
Şekil 5.15: Meteorolojik ve jeolojik risk verisinin karşılaştırılmasını sağlayan kod.....	64
Şekil 5.16: Yetkililere kısa mesaj gönderilmesini sağlayan kod.....	65
Şekil 5.17: Yetkililere elektronik posta gönderilmesini sağlayan kod.....	65
Şekil 6.1: Heyelan arşiv verisi örneği.....	68

Şekil 6.2: Heyelan arşiv verisi ve heyelan potansiyeli verisi karşılaştırması	69
Şekil 6.3: Çayeli istasyonunun ilgili tarih aralığındaki toprak nemi verisi	71
Şekil 6.4: 27.08.2009 tarihli heyelan tahmini	72
Şekil 6.5: 27.08.2009 tarihli heyelan tahmini-Fındıklı ilçesi	73
Şekil 6.6: 18.09.2008 tarihli heyelan tahmini	74
Şekil 6.7: 18.09.2008 tarihli heyelan tahmini-Pazar ilçesi	74
Şekil 6.8: Eşik değer testi	77
Şekil 6.9: MM5 meteorolojik yağış tahmin veri seti	79
Şekil 6.10: Rize merkez ilçesine ait sorgulama sınırı	80
Şekil 6.11: Riskli bölge sorgulama ekranı	81
Şekil 7.1: RABİS iyileştirme ve güncelleştirme adımları.....	87

CBS ORTAMINDA GERÇEĞE YAKIN ZAMANLI HEYELAN TAHMİNİ- RİZE ÖRNEĞİ

ÖZET

Afetlerle mücadelede en önemli bölüm afetlerin önceden belirlenebilmesi ve konuyla ilgili yetkililerin ve sivillerin bu doğrultuda mümkün olduğunca hazırlıklı olmasıdır. Bu çalışma da bu temele dayanarak karar vericilerin en hazırlıklı biçimde afetle mücadele etmesini sağlayacak bir sistem olan, TÜBİTAK tarafından desteklenen ve İTÜ ile ULUSAL CAD ve GIS ÇÖZÜMLERİ AŞ. tarafından ortak yürütülen Rize İli Genelinde Afet Bilgi ve Meteorolojik Erken Uyarı Sistemi Kurulması Projesi (RABİS)'nin iyileştirilmesi amacıyla çıktılarının değerlendirilmesini ve bu doğrultuda öneriler geliştirmeyi amaçlayan bir çalışmadır.

CBS tabanlı yapılan benzeri birçok çalışmada heyelanların gerçekleşme potansiyeli tespit edilebilmekte, bu sayede karar mekanizmalarının olası bir afete karşı en verimli biçimde afet yönetiminin gereklerini yerine getirmeleri sağlanmaktadır.

En genel tanımıyla bu çalışmanın amacı da RABİS'te gerçekleştirilen heyelan tahmin sisteminin iyileştirilmesine altlık olacak analizleri yürütmektir.

Çalışmada girdi olarak kullanılan veriler RABİS kapsamında üretilen verilerdir. Bunları üç kısımda incelemek mümkündür. Birincisi jeolojik veriler, ikincisi uzaktan algılama verileri, üçüncüsü de meteorolojik verilerdir. Jeolojik veriler RABİS kapsamında İTÜ bünyesinde çalışmakta olan jeoloji grubunun çalışmaları sonucunda elde edilmiştir. Bu kapsamda yürütülen çalışmalarda elde edilen ve bu çalışmada dikkate alınan veri Rize ilinde yüksek heyelan potansiyeli taşıyan alanların sunulduğu veri setidir. Uzaktan algılama çalışmalarından temin edilen veriler ise çeşitli uydu görüntülerinin işlenmesiyle elde edilen sınıflandırma verileri ve sayısallaştırma verileridir. Meteorolojik veriler de yine RABİS kapsamında ve İTÜ bünyesinde çalışmalarını yürüten meteoroloji çalışma grubunun araştırmaları sonucunda üretilen verilerdir ve Rize ili için DMİ tarafından üretilen meteorolojik tahmin verileridir.

Elde edilen bu veriler bu çalışma ile birlikte CBS ortamında bir araya getirilmiş ve proje kapsamında üretilen çıktılar incelenerek heyelan tahminine olan etkisi ortaya konmuştur.

Bu çalışma ile elde edilen veriler Rize iline ait çok önemli bulguları ortaya koymuştur. İl genelinde gerçekleştirilmiş olan RABİS çalışmasının çıktılarından yararlanılarak öncelikle bu çıktıların performansı değerlendirilmiş, sonrasında da bu proje çıktılarının nasıl iyileştirilebileceğine dair öneriler sunularak karar destek sistemlerine altlık olacak bilgilere ulaşılmıştır.

NEAR REAL-TIME LANDSLIDE FORECAST IN GIS ENVIRONMENT-RIZE CASE

SUMMARY

The most important parts in disaster management are to predict the disaster and make the responsible persons and civilians prepared as much as possible to the hazards. On this basis, this study aims at improvement of RABIS (Establishment of a GIS Based Disaster Information and Meteorological Early Warning System) project which was carried out by ITU and ULUSAL CAD and GIS Solutions Company with the sponsorship of TUBITAK. In this sense the outputs of the project are evaluated and tested, so there have been developed some suggestions.

In various GIS based studies it has been proven that GIS is efficiently used in landslide predictability projects. Thus decision makers are made enabled in means of disaster management works in the most efficient way.

With the broadest definition, the main goal of this study is to carry out the analysis to improve the outputs of the RABIS project.

The input data in this research is gathered from the RABIS project. These data can be divided in three categories. These are geological data, remote sensing data and meteorological data. Geological data is obtained from the outputs of the geology workgroup that took place in the project. This data includes the landslide potential map of Rize province. The remote sensing data is including the classification and digitization data which are based on satellite images. Meteorological data is constituted by the rainfall forecast data of Rize province which is supplied by Turkish State Meteorological Service.

The data has been gathered together in GIS environment and the effect of the studies on the quality of the forecast model has been analyzed.

The result of this study has reached to very important findings on Rize province. Benefiting from the outputs of the RABIS project, the performance of these outputs is tested and then regarding these tests there have been generated some suggestions on how to improve the quality of the project. So there have been reached to critical results which can serve as base data for decision makers in Rize.

1. GİRİŞ

Afetlerin öncesinde zararlarını azaltmak ve hazırlıklı olabilmek gerekirken, sonrasında müdahalenin ve iyileştirmenin eşgüdüm içinde yapılabilmesi için afete maruz kalma riski bulunan bölgelerle ilgili gerekli verilerin düzenli ve hızlı bir şekilde ulaşılabilir ve kullanılabilir olması çok büyük önem taşır.

Bu bakış açısıyla Türkiye’de gerçekleştirilen en önemli çalışmalardan biri Rize İli Genelinde Afet Bilgi ve Meteorolojik Erken Uyarı Sistemi Kurulması Projesi (RABİS)’dir. Bu projede başta coğrafi bilgi sistemleri (CBS) olmak üzere uzaktan algılama ile meteorolojik ve jeolojik modeller kullanılarak Rize ilini etkileyebilecek afetler karşısında insan kaybının ve maddi zararın en aza indirilmesi için bir sistemin kurulması planlanmıştır.

Çalışmanın gerçekleştirilmesiyle birlikte acil durum hazırlıklarının planlanmasında uygulanmasında ve herhangi bir afet durumunda afet yönetimi ve hasar tahmininde kullanılabilecek bir sistem hazırlanmıştır. Ayrıca olağan zamanlarda merkezi ve taşra idaresi (bakanlıklar valilikler kaymakamlıklar belediyeler) için karar destek sistemi olarak fonksiyon görmek üzere Türkiye genelinde uygulamalara örnek oluşturacak CBS tabanlı bir bilgi ve yönetim sistemi standardı modeli Rize için uygulanmıştır.

Projenin uygulanması içerdiği standartlar açısından Türkiye’de ilk ve tek uygulama olan Türkiye Afet Bilgi Sistemi (TABİS) Obje Katalogu’nun temellerine dayalı olarak tasarlanmış ve hayata geçirilmiştir (Şahin ve diğ., 2002).

Bu proje Rize ilinin yapısı gereği heyelan odaklı bir proje olarak gerçekleştirilmiştir. Buna bağlı olarak ilgili proje grupları tarafından kullanılması öngörülmüş olan jeolojik ve meteorolojik modellerin entegrasyonu çok önemli bir konuma sahiptir. Nitekim üretilen heyelan tahmini bu entegrasyon sonucu ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada da RABİS kapsamında gerçekleştirilen CBS ve meteorolojik model entegrasyonu incelenmiş, bu entegrasyonun sonucu olarak ortaya konan heyelan tahminin doğruluğu mevcut heyelan kayıtlarından faydalanılarak test edilmiş ve böylece sistemin doğruluğu konusunda karşılaştırmalı sonuçlara ulaşılmıştır. Bu sonuçlardan faydalanılarak, üretilen erken uyarının iyileştirilmesi amacıyla öneriler sunulmuştur.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Dünyanın çeşitli bölgelerinde heyelanların gözlemlenmesi ve oluşan risklerin tespiti üzerine çeşitli çalışmalar yürütülmüş ve yürütülmektedir. Cheng Qui ve diğ. tarafından yapılan bir çalışmada üç boyutlu olarak eğim duraylılığının CBS kullanılarak analiz edilmesi amaçlanmıştır (2005). Bu çalışmada Rize iline benzer özellikler gösteren dağlık bir bölge test alanı olarak seçilmiş ve deterministik bir yöntemle heyelan gerçekleşme kapasitesi yüksek bölgeler belirlenmiştir. Giovanni Crosta tarafından yürütülen bir başka çalışmada Rize ilinde sıklıkla rastlanılan sığ heyelan oluşumlarının yağmur yağışıyla olan ilişkisi incelenmiştir. Bu çalışmada öncelikle bölgenin toprak yapısı, litolojik ve morfolojik yapısı ile yağış eşik değerleri sistemde girdi olarak kullanılmış ve analizler CBS ortamında yürütülmüştür (Crosta ve diğ., 2005). Çalışma Rize’de yürütülen RABİS projesi ile bu anlamda büyük bir benzerlik göstermektedir. Bir başka çalışmada Lee ve Evangelista heyelan oluşumunu lojistik regresyon ve frekans oranları yöntemleri CBS ortamında bütünleştirilerek yöntemler arasında doğruluk karşılaştırmaları yapılmıştır. Çalışmada gerek uzaktan algılama, gerekse jeolojik çalışmalardan yararlanılarak veri temini sağlanmıştır (Lee ve diğ., 2005). Ercanoğlu ve diğ. (2007) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada heyelanların bulanık mantık ve yapay sinir ağlarının kullanılarak analiz edilebilirliği araştırılmış ve diğer çalışmalara benzer olarak CBS ortamı analizlerin görselleştirilmesi amacıyla etkili bir biçimde kullanılmıştır (Erener, 2007). Erener A. ve Kaynia M.A. (2007) tarafından yapılan çalışmada İsveç’in Lilla Edet şehrinde meydana gelen killi toprak kaymaları için, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak heyelan duraylılık haritalarının oluşturulmasını içermektedir. Heyelana duyarlı bölgeler, heyelana neden olan faktörler dikkate alınarak, frekans oranı metodu ve ilk derece ikinci moment metodları kullanılarak (FOSM) belirlenmiştir. Heyelana neden olan faktörler olarak eğim açısı, bakı, eğrilik ve yükseklik değerleri kullanılmıştır. Bu faktörler LIDAR verisinden çıkarılmıştır. İlyas Yılmaz ve diğ. (2003) çalışmasında Sinop’a bağlı Kurundu bölgesinde yaşanan bir heyelan analiz edilmiş ve heyelanın nedenleri incelenerek, heyelana neden olan faktörler tespit edilmiş ve bu doğrultuda heyelana karşı ne gibi önlemler

alınabileceği incelenmiştir. Kevitha Muthu ve diğ. (2008) tarafından yapılan heyelan olasılığının belirlenmesi çalışmalarında bulanık mantık yöntemi analiz yöntemi olarak temel alınmış ve bu yöntem CBS ortamıyla bütünleştirilmiştir. CBS için girdi olarak, arazi kullanım haritaları, heyelan arşiv verileri, yağış verileri, deprem verileri olarak, bölgeye ait jeoloji ve jeomorfoloji verileri kullanılmıştır. Sonuç olarak, heyelan gerçekleşme olasılığı olan bölgeler belirlenmiştir. Lee ve Biswajet (2006) tarafından yapılan bir çalışma da benzeri yöntemlerden yararlanarak Malezya Cameron Yaylası'nda heyelan tehlikesinin CBS ile belirlenmesi sağlanmıştır. Kullanılan matematiksel yöntemler frekans oranı ve lojistik regresyon modelleri olarak belirlenmiştir. Bu çalışmanın bir diğer önemli tarafı söz konusu çalışma bölgesinin Rize örneğinde olduğu gibi yoğun biçimde çay yetiştirilen bir bölge olmasıdır. Analizler için kullanılan parametreler eğim, bakı, eğrilik, drenaj bölgesine mesafe, yüzey hattına mesafe, arazi örtüsü, bitki örtüsü verisi ve nemlilik verisi olarak belirlenmiştir. Oluşturulan analizler, gerçek heyelan durumları ile de karşılaştırılarak sistemin doğruluğu test edilmiştir. Sonuçlara göre frekans oranı modeli %89.25, lojistik regresyon modeli ise %85.73 doğruluk sağlamıştır. Cavallo ve Norese (2001) tarafından yürütülen bir araştırmada da erozyon ve heyelan değerlendirmesi ve haritalanması, CBS ve çoklu kriter analizi yöntemleri entegre edilerek gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı eğim duraysızlığının ve erozyon kavramının çok yönlü yapısının açıklanması ve tehlike haritasının oluşturulmasında etkin rol oynayan kriterlerin tanımlanmasına yardımcı olunması olarak gösterilmiştir. Bu doğrultuda gerçekleştirilen çalışmalarda çoklu kriter modellemesinin CBS uygulamalarında kullanılması sonucu söz konusu kavramların daha derinlemesine analiz edilmesinin mümkün olduğu tespit edilmiştir. İspanya'nın kuzeyine yönelik Cuesta ve diğ. (1999) tarafından yapılan bir çalışmada da basında çıkan heyelan haberleri veri olarak kullanılarak, yağmur yağışının eğim duraysızlığı ile olan ilişkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada yöntem olarak CBS kullanılmamış olmasına rağmen bu iki kavramın arasında olan ilişkinin, heyelan tehlikesinin belirlenmesi açısından olan önemi istatistiksel sonuçlarla ortaya konmuştur.

3. AMAÇ

Bu çalışmada amaç TÜBİTAK tarafından desteklenen ve İTÜ ile ULUSAL CAD ve GIS ÇÖZÜMLERİ AŞ. firması tarafından yürütülen Rize İli Genelinde Afet Bilgi ve Meteorolojik Erken Uyarı Sistemi Kurulması Projesi (RABİS) kapsamında geliştirilen heyelan tahmin sisteminin bütün parametreler dikkate alınarak gözden geçirilmesi ve sistemin bulgular neticesinde güncellenmesidir. Bu doğrultuda Rize ili genelinde hangi bölgenin heyelan tehlikesi altında olduğunun gerçeğe yakın zaman aralığında belirlenmesini sağlayan sistemin iyileştirilmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Çalışmalar ışığında Rize ili için heyelan oluşumunu tetikleyen yağış eşik değerinin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bu tespitlerin yanında proje kapsamında yürütülen heyelan tahmin çalışmalarının tekrar gözden geçirilmesiyle erken uyarı sisteminin iyileştirilmesine katkıda bulunulması amaçlanmıştır.

4. KAPSAM

Çalışmanın amacına uygun olarak yürütülen araştırmalar başta heyelan olmak üzere çeşitli kavramlar etrafında şekillenmiş ve bu kavramlar doğrultusunda uygulama geliştirilmesi hedeflenmiştir. Herşeyden önce bu çalışma RABİS projesinin çıktılarına ve yürüttüğü işlemlere dayandığından projenin genel hatlarıyla tanımlanması önemlidir. Buna ek olarak RABİS projesinin daha iyi anlaşılabilmesi için Afet Risk Yönetimi projelerinin en temel dökümanı olarak nitelenebilecek Birleşmiş Milletler (BM) tarafından yayınlanan (2005) Hyogo Framework for Action hakkında bilgi sahibi olunması söz konusu projenin değerlendirilmesine de büyük oranda yardımcı olacaktır. Bir başka önemli nokta projenin erken uyarı sistemi olması itibarıyla erken uyarı sistemlerinin işleyiş mantığının iyi anlaşılmasıdır. Bu doğrultuda yine Birleşmiş Milletler (2006) tarafından hazırlanan Global Survey of Early Warning Systems çalışmasının ayrıntıları önem taşımaktadır. Nitekim söz konusu bu çalışma Hyogo Framework'un uzantılarından biri niteliğindedir ve anlaşılması RABİS proje çıktılarının hangi doğrultuda değerlendirilmesi gerektiğini göstermesi açısından önemlidir. Bu çalışmada temel alınan doğal afetin heyelan olması nedeniyle heyelan olgusunun genel hatlarıyla kavranması önemlidir. Heyelanların ne şekilde meydana geldiği, hangi tür heyelanların var olduğu ve heyelanları tetikleyen faktörlerin neler olduğu bu bakış açısıyla incelenmiştir. Çalışmanın Rize ili genelinde yürütülmesi nedeniyle de Rize iline ait özellikler bu çalışmada genel hatlarıyla vurgulanmıştır. Bu doğrultuda Rize ilinde hangi bölgenin hangi oranda heyelan tehlikesi altında olduğunun analizi de yöntemlere dayalı olarak ortaya konmuştur. Ayrıca Rize ilinde heyelana neden olan jeolojik ve meteorolojik faktörler de ele alınarak Rize'deki heyelan olgusunun önemi ortaya konmuştur.

4.1 RABİS

Bu projenin birincil amacı, proje öneri formunda modern uydu teknolojileri ve bilgi sistemlerini kullanarak özellikle acil durum hazırlıklarının planlamasında uygulamasında ve herhangi bir afet durumunda afet yönetimi ve hasar tahmininde

kullanılabilecek; ayrıca olağan zamanlarda merkezi ve taşra idaresi (Bakanlıklar, Valilikler, Kaymakamlıklar, Belediyeler) için karar destek sistemi olarak fonksiyon görmek üzere Türkiye genelinde uygulamalara örnek oluşturacak CBS tabanlı bir bilgi ve yönetim sistemi standardı modelinin Rize için uygulanması olarak belirlenmiştir (Şahin, 2006).

Öngörülen çalışma ile Rize'nin afet planlaması ve yönetimi konusunda ilçeler ve diğer iller arasında uyumlu çalışmayı ve koordinasyonu sağlayabilecek standartlar ortaya konarak bölgesel, çevresel ve yönetsel bir bilgi sistemi modeli oluşturulması planlanmıştır. Bu sistemin GPS (Küresel Konum Belirleme Sistemi) ve Uzaktan Algılama gibi güncel uydu teknolojileri verileri ve imar, kadastro, altyapı, zemin ile üstyapı ve nüfus bilgileri gibi kritik yersel verilerle desteklenmesi planlanmıştır. Bu verilerin yanında Rize'nin Türkiye'nin en fazla yağış alan ili olmasından dolayı sel ve heyelan afetlerinden etkilenmesinin fazla olması nedeniyle hidrometeorolojik afet yönetiminde kullanılacak bir hidrometeorolojik veri tabanı oluşturulması ve sonrasında dinamik ve stokastik modeller yardımıyla heyelan ve sel tahmini yapılması gerekmektedir. Söz konusu verilerin oldukça detaylı öz niteliklere sahip olarak analiz, planlama, karar destek ve müdahale operasyonlarında güvenle kullanılabilmeleri tasarlanmıştır. Böylece olası bir afette öncelikle afet yönetiminin ve dolayısıyla da sistemin ilk amacı olan can kayıplarının azaltılması sağlanacak ardından da mal kayıpları ve ülke ekonomisinin zararı minimuma indirilmiş olacaktır (Şahin, 2006).

Türkiye'de geliştirilmiş olan Netcad yazılımına TABİS referanslı Afet Yönetim Sisteminin kazandırılması amaçlanmaktadır. Bu sayede henüz yaygın kullanılmayan TABİS standartları sürdürülebilir iş akışları ile uygulamaya konulacak ve bundan sonra hayata geçirilecek olan diğer çalışmalar bu uygulamayı temel alabilecektir. Bu yaygın etki; veri tekrarı, kalitesiz, amacına uygun olmayan veri, paylaşılamayan veri sıkıntılarını ortadan kaldıracak ekonomik ve sürdürülebilir bir ürün ortaya koyacaktır (Şahin, 2006).

RABİS projesi kapsamında Rize ili genelinde afet yönetimi anlamında belli bir standarta dayanan, meteorolojik, jeolojik birtakım yaklaşımlar kullanarak sel ve heyelan tahmini yürütmesi ve kent yöneticileri tarafından analiz, planlama, karar alma ve müdahale operasyonlarında güvenle kullanılabilecek bilgilerin üretilmesi amaçlanmaktadır.

4.2 Afet Risk Yönetimi

Dünya üzerinde afet risklerinin yönetilmesi konusunda bir çerçeve çalışması olan “Hyogo Çerçeve Programı: 2005-2015” çok önemli bir nokta teşkil etmektedir. 18-22 Ocak 2005 tarihlerinde Japonya’nın Kobe şehri Hyogo’da gerçekleştirilen çok kapsamlı uluslararası konferansta ülkelerin ve toplumların afetlere karşı direnç oluşturacak sistemleri kurmasını sağlayacak birtakım stratejik ve sistematik yaklaşımlar geliştirilmiştir (Hyogo Framework for Action: 2005-2015). Bu çalışma 2005 tarihinden itibaren dünyada yürütülen bütün afet riski yönetimi çalışmalarına çerçeve olması, projelerin bu yaklaşımlar doğrultusunda şekillendirilmesi amacıyla ele alınmıştır. Bu doğrultuda 2005-2015 sürecinde göz önünde bulundurulması öncelikli olarak hedeflenmiş beş adet yaklaşım tespit edilmiştir.

4.2.1 Afet risk azaltma çalışmalarının uygulamaya yönelik güçlü kurumsal bir tabana sahip olması

Bu kapsamda ulusal çapta kurumsal ve yasal çerçeveler belirlenmelidir. Ulusal çapta bütünleşik afet risk azaltma mekanizmaları kurulmalı, risk azaltma çalışmaları kalkınma projelerine entegre edilmeli, yasal düzenlemeler gerekli durumlarda afet risk azaltma çalışmaları esas alınarak yapılmalı ve yerel risk eğilimleri belirlenerek afet risk azaltma çalışmaların yerel ölçekte yürütülmesini sağlayacak sorumlulukların bütün ilgili paydaşlara dağıtılması sağlanmalıdır. Risk azaltma çalışmalarında kullanılacak insan kaynağı kapasitesi her seviyede değerlendirilmeli ve toplumun kapasitesini artıracak plan ve programlar geliştirilmelidir. Risk azaltma çalışmalarının kalkınma planlarında yer alması için karar vericilerin güçlü bir politik kararlılık sergilemesi gereklidir (Hyogo Framework for Action: 2005-2015).

4.2.2 Afet risklerinin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve gözlemlenmesi

Afet risk azaltma çalışmalarında başlangıç noktası olarak toplumların karşı karşıya olduğu, kısa ve uzun vadede değişkenlikler gösteren tehlikeler ile fiziksel, sosyal, ekonomik ve çevresel kırılganlıkların yapılarının bilinmesi gösterilebilir. Bu anlamda risk haritaları ve karar mekanizmalarının kullanacağı ilgili veriler geliştirilmeli ve periyodik olarak güncellenmelidir. Afet riskini, kırılganlıkların tespit edilmesini ve afetlerin fiziksel, sosyal, ekonomik ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesini sağlayan göstergeler belirlenmelidir. Afetlerin oluşumu, etkisi ve sebep olduğu kayıpların düzenli istatistiksel veriler olarak kaydedilmesi, analiz edilmesi ve

özetlenerek yayımlanması gerekmektedir. Bu çalışmalara paralel olarak; insan odaklı, riske maruz kalma ihtimali olanların anlayabileceği uyarılar üreten erken uyarı sistemleri geliştirilmelidir. Bu erken uyarı sistemleri nüfus, cinsiyet, kültür ve çevre faktörlerini dikkate almalı, uyarılar doğrultusunda risk altındaki toplumun ne şekilde harekete geçeceği ve karar mekanizmalarının nasıl müdahalede bulunacağına dair yol gösterici her türlü veriyi üretmelidir. Bilgi sistemleri periyodik olarak güncellenmeli, gözden geçirilmeli ve erken uyarı sistemlerinin bir parçası olarak tesis edilmelidir ve böylece hızlı ve eşgüdüm içinde eylemlerin gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır. Kurumsal kapasitelerin, yerel ve ulusal çapta erken uyarı sistemlerinin yönetim politikalarına, karar alma mekanizmalarına ve acil durum yönetimine entegre olması doğrultusunda tesis edilmesi gerekmektedir. Risk azaltma çalışmalarında kapasitelerin artırılması çok önemli bir rol oynamaktadır. Bu doğrultuda araştırma, gözlem, analiz, haritalama ve mümkün olduğu durumlarda tahmin sistemlerinin geliştirilmesi için altyapının, bilimsel, teknolojik ve kurumsal kapasitelerin gelişimi ve sürekliliği desteklenmelidir. Yerel, ulusal, bölgesel ve uluslararası seviyede veritabanlarının ve bu veritabanlarının araştırma, değerlendirme ve gözlem amaçlı olarak yayımlanması ve paylaşılması doğrultusunda yaklaşımlar geliştirilmelidir. Risk belirleme, gözlemlene, erken uyarı oluşturma konularında bilimsel ve teknik yöntemler geliştirilmesi desteklenmelidir. Bu desteklere yersel ve uzay tabanlı gözleme sistemlerinin, coğrafi bilgi sistemlerinin, uzaktan algılama yöntemlerinin, tehlike modelleme ve tahminlerinin, iklim modelleme ve tahminlerinin kullanımının teşviki dahildir. Bunlara ek olarak tehlike haritalarına, risk değerlendirmelerine ve kayıp analizlerine altlık olan verilerin kaydedilmesi, analiz edilmesi, özetlenmesi, yayımlanması ve paylaşılması konularında gerekli olan kapasitenin geliştirilmesi gerekmektedir (Hyogo Framework for Action: 2005-2015).

4.2.3 Daha dirençli toplumlar oluşturulması için bilgi, eğitim ve inovasyonun kullanılması

Afetlere ait üretilen bilgiler, ilgili toplumun kültür ve bilgi düzeyi dikkate alınarak düzenlenmelidir. Afet konusunda uzman olan farklı uzmanlık alanlarından profesyonellerin arasındaki bağlar kuvvetlendirilmeli, böylece afet risk azaltma çalışmaları en geniş kapsamda ele alınabilmelidir. Bilim çevreleri arasında etkileşim ve diyalogun artırılması ve teknik ve bilimsel çalışmaların yanında sosyoekonomik çalışmaların da risk azaltma çalışmaları da dikkate alınmalıdır. Araştırma anlamında

da kırılganlıkların tespiti ile jeolojik ve meteorolojik tehlikelerin değerlendirilmesi için gerekli olan teknik kapasitelerin geliştirilmesi çok önemlidir. Medya ve benzeri unsurlar devreye sokularak yapılan bilimsel ve teknik çalışmalar toplumlara net bir biçimde aktarılmalı ve toplumun bilinçlendirilmesine ve direç kazanmasına bu şekilde de katkıda bulunulmalıdır (Birleşmiş Milletler, 2005).

Söz konusu çalışma yeryüzünde yaşanan doğal ve/veya doğal olmayan her türlü tehlikeye karşı ne şekilde hareket edileceğini genel hatlarıyla bir çerçeveye oturtmaktadır. Yürütülen çalışmada afet süreci; bilim camiasından, karar mekanizmalarına, uluslararası işbirliklerinden yerel organlara kadar bütün paydaşların ne şekilde çalışmalar yürütmesi gerektiği, bunların işleyiş sürecinin ne şekilde olacağı dikkate alınarak belirlenmiştir. Dikkatlice incelendiğinde bu kapsamlı çalışmanın birçok çalışmaya altlık oluşturacak yaklaşımlar geliştirdiğini görmek mümkündür.

4.3 Erken Uyarı Sistemleri

BM (2006) Global Survey of Early Warning Systems çalışması ile küresel düzeyde, erken uyarı sistemlerinin nasıl ve hangi doğrultuda kurulmaları gerektiğini tanımlamaktadır. Çalışma, en temelde insan odaklı erken uyarı sistemi kavramını ele almaktadır. Sonrasında ise sırasıyla erken uyarı sistemi bileşenlerinin verimliliği ve geniş kapsamlı küresel düzeyde bir erken uyarı sisteminin nasıl gerçekleştirilebileceğine dair bilgiler sunulmaktadır.

4.3.1 İnsan odaklı erken uyarı sistemleri

İnsan odaklı erken uyarı sistemlerinin kurulum amacı birey ve toplumların tehlikeler karşısında en kısa zamanda ve etkin biçimde bilgilendirilmesi ve bu sayede olası kişisel yaralanma, hayat kaybı, mülk zararı ve çevre ile yaşam alanlarının kaybının en aza indirgenmesidir. Tam ve etkin bir erken uyarı sistemi bünyesinde; risk bilgisi, gözlemlleme ve uyarı sağlama, haber verme ve iletişim ve müdahale yeteneği bileşenleri yer alır. Bu bileşenlerden herhangi birinin aksaması bütün sistemin aksamasına neden olabilir (Birleşmiş Milletler, 2006).

4.3.2 Risk bilgisi

Riskler; tehlikeler ve bu tehlikelere karşı mevcut olan kırılganlıklardan meydana gelir. Risklerin belirlenmesi, sistematik bir biçimde veri temini ve analizini

gerektirir. Risk belirleme süreci ayrıca kentleşme, arazi kullanımındaki değişiklikler, çevresel bozulmalar ve iklim değişikliklerinden doğan tehlikelerin dinamikleri ve değişkenliklerini de hesaba katmalıdır. Bu anlamda oluşturulacak risk haritaları toplumun motive edilmesinde, erken uyarı sistemlerinin özelleştirilmesinde ve afet müdahale ve önlem çalışmalarında yardımcı bir rol oynar (Global Survey of Early Warning Systems, 2006).

4.3.3 Gözlemlene ve uyarı sağlama

Uyarı sağlanması bu sistemlerin merkezinde yer alan bileşendir. Bu uyarılar tahmin ve kestirim sağlanması için çok sağlam bilimsel tabanlara dayanmalı ve 24 saat boyunca çalışmalıdır. Güncel biçimde uyarıların sağlanması için tehlike parametrelerinin sürekli biçimde gözlemlenmesi şarttır (Birleşmiş Milletler, 2006).

4.3.4 Haber verme ve iletişim

Uyarıların risk altındaki insanlara iletilmesi gerekmektedir. İnsanların bu uyarıları anlayabilmesi için uyarıların insanları doğru hareket etmeye yönlendirecek açık ve kullanışlı bilgiler içermesi gerekmektedir. Bölgesel, ulusal ve toplum düzeyindeki iletişim kanalları belirlenmeli ve çeşitli kanallar kullanılarak toplumun her kesiminin bu bilgiye ulaşması sağlanmalıdır (Birleşmiş Milletler, 2006).

4.3.5 Müdahale yeteneği

İnsanların söz konusu uyarılara saygı duyması ve uyarı anında ne şekilde hareket etmesi gerektiğini bilmesi gerekmektedir. Bu da toplumun afet yönetim otoriteleri tarafından sistematik biçimde eğitilmesi ve hazırlıklı olma programlarına tabi tutulmasını gerektirir (Birleşmiş Milletler, 2006).

Çizelge 4.1: Erken uyarı sistemleri bileşenleri

RİSK BİLGİSİ Sistematiik olarak veri temini ve risk değerlendirmesi: Tehlikeler ve kırılganlıklar yeterince biliniyor mu? Tehlike ve kırılganlık faktörlerinin yönelim ve eğilimleri nedir? Risk harita ve verileri geniş çapta erişilebilir midir?	GÖZLEM VE UYARI SERVİSİ Tehlike gözlem ve erken uyarı sisteminin kurulması: Doğru parametreler gözlemleniyor mu? Tahminler sağlam bilimsel temellere dayanıyor mu? Doğru ve zamanlı uyarılar ürtilebiliyor mu?
HABER VERME & İLETİŞİM Risk bilgisinin ve erken uyarının iletilmesi: Uyarılar bütün risk altındakilere ulaşılıyor mu? Risk ve uyarılar anlaşılıyor mu? Uyarı bilgisi net ve anlaşılır mı?	MÜDAHALE YETENEĞİ Ulusal ve toplumsal müdahale yeteneklerinin geliştirilmesi: Müdahale planları güncel ve doğrulanmış mı? Yerel kapasite ve bilgiden yararlanılıyor mu? İnsanlar uyarılara karşı hazırlıklı ve harekete geçmeye hazır mı?

Global Survey of Early Warning Systems (2006) çalışmasında özellikle belirtilen noktalardan biri erken uyarı sistemleri bileşenleri arasındaki ilişkinin çok sağlıklı ve verimli gerçekleşmesi gerekliliğidir. Bu da geniş çaplı aktörleri devreye sokmakta ve kamu yöneticilerinden bilim insanlarına, özel sektörden sivil toplum kuruluşlarına kadar çeşitli ilgililerin rol almasını gerektirmektedir.

Bu doğrultuda ele alındığında erken uyarı sistemlerinin kurulması için tanımlanan çeşitli görev ve yükümlülükler çok geniş bir yelpazede yer alan kurum, kuruluş ve bireylerin katkısını gerektirmektedir. Bunlar sırasıyla toplum, yerel yönetimler, ulusal yönetimler, bölgesel kurumlar, uluslararası yapılar, sivil toplum kuruluşları, özel sektör ve bilim camiası olarak ele alınabilir. Toplumlar insan odaklı erken uyarı sistemlerinin merkezinde yer alırlar. Bu anlamda insanlar maruz oldukları tehlikelerin ve bu tehlikelerin etkilerinin farkında olmalı ve olası zarar ve kayıpları en aza indirgeyecek hamleleri yapabilecek kapasitede. Yerel yönetimler, toplumların etkisinde bulunduğu tehlikelere karşı insanların güvenliği ve bilinçlenmesi konularında doğrudan sorumluluk sahibidirler. Aktif biçimde erken uyarı sistemlerinin kurulumu ve yaşatılmasını sağlamalı ve toplumda bu konu hakkında bilinç oluşturacak çalışmalar yürütmelidirler. Ulusal hükümetler ise erken uyarı sistemlerinin kurulumuyla ilgili yasal düzenleme ve çerçevelerin belirlenmesi ve bu çalışmaların teşviki ile yükümlüdür. Sistemlerin hedef kitlelerin bütün seviyelerine ulaşmasını garanti altına alan ulusal yönetimler bu bağlamda yerel yönetimlerin ve toplumun afet riski azaltma yeteneklerini geliştirmesini de desteklemelidir. Bölgesel

kurum ve kuruluşlar aynı coğrafyayı paylaşan ülkeler arasında bilgi alışverişi gerçekleşmesini sağlayarak bölgede operasyonel bir erken uyarı sistemi kurulmasını sağlayabilirler. Bu kurumlar ayrıca ülkelerin uluslararası yapılarla olan ilişkisini de düzenler ve kolaylaştırır. Uluslararası kuruluşlar ise bütün bu yapıların en üstünde standartlar, teknoloji, bilgi vb. her türlü teknik konunun paylaşımını sağlanması, bu bağlamda politikalar geliştirilmesine altlık olacak projeleri desteklemesi ile ön plana çıkar. Erken uyarı sistemleri ve daha genel seviyede afet riski azaltma çalışmalarında bir diğer önemli paydaş sivil toplum kuruluşlarıdır. STK'ların en önemli rolü toplum düzeyinde bilinç artırma çalışmalarını gönüllü olarak yürütmesidir. Ek olarak erken uyarı sistemlerinin karar mekanizmalarının gündeminde yer almasını da aktif biçimde takip ederler. Özel sektörlerin erken uyarı sistemleri konusunda değişik sorumlulukları bulunmaktadır. Medyanın öneminin yanında, özel sektör gelişmiş teknik eleman, uzmanlık sağlama ve bağışlar yoluyla özellikle iletişim konusunda çok etkin bir rol sahibi olabilir. Bu organlardan başka en önemli paydaşlardan bir diğeri ise bilim camiasıdır. Bilim çevreleri sağladıkları teknik ve bilimsel girdiler sayesinde erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesinde merkezi ve kritik bir rol oynarlar. Uzmanlıkları risklerin toplum tarafından anlaşılmasında, gözlem ve uyarı sistemlerinin bilimsel ve teknik altyapılarının tasarlanmasında, veri alışverişi sağlanmasında, bilimsel uyarıları anlaşılabilir ve sade bir yapıya getirmede çok büyük önem sahibidir (Global Survey of Early Warning Systems, 2006).

4.4 Heyelan

Rize ili geneli için gerçekleştirilen RABİS çalışması daha önce de belirtildiği gibi il genelinde gerçekleşen heyelanların tahmin edilmesini amaçlamaktadır. Bu doğrultuda da bir erken uyarı sistemi geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu sistemin anlaşılabilirliği ve öneminin kavranabilmesi için heyelan olgusunun net bir biçimde tanımlanmasında fayda vardır.

4.4.1 Tanım

Heyelan bir toprak, yer veya kaya kütlelerinin eğimden kaymasıdır (Cruden, 1991). Günther ve Reichenbach (2007) tarafından yapılan tanımda da heyelanlar yerçekiminin doğrudan etkisi altında gerçekleşen toprak veya kayaların kaymasıyla bir çeşit kütle kaybına neden olan yersel aktiviteler olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 4.2: Heyelan türleri (Vranjes, 1978)

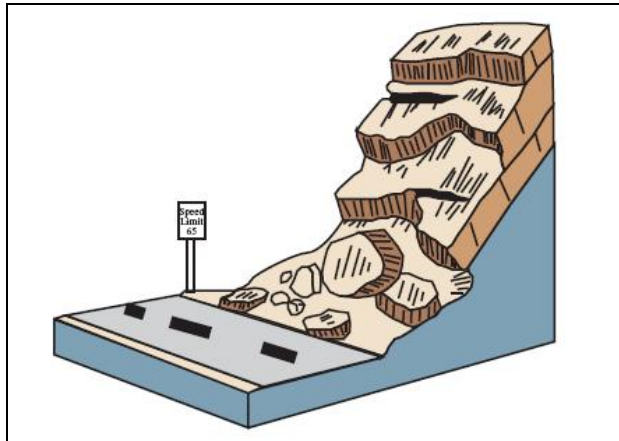
HAREKET TÜRÜ		Malzemenin Türü	
		KAYAÇLAR	ZEMİNLER
			İri taneli İnce taneli
DÜŞME		Kaya Düşmesi	Moloz Düşmesi Zemin Düşmesi
DEVİRİLME		Kaya Devrilmesi	Molozda devrilme Zeminde devrilmesi
AKMA	Yavaş	Kaya Kripi	Moloz Kripi Zemin Kripi
	Hızlı	Çok Parçalı Kayaç Akması	Moloz Akması Zemin Akması
KAYMA	Blok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

Birçok parametreye bağlı olarak gerçekleşen heyelan olayları birden fazla türde meydana gelir ve çeşitli sınıflara ayrılabilir (Çizelge 4.2) (Vranjes, 1978).

4.4.2 Heyelan türleri

4.4.2.1 Düşme türü heyelanlar

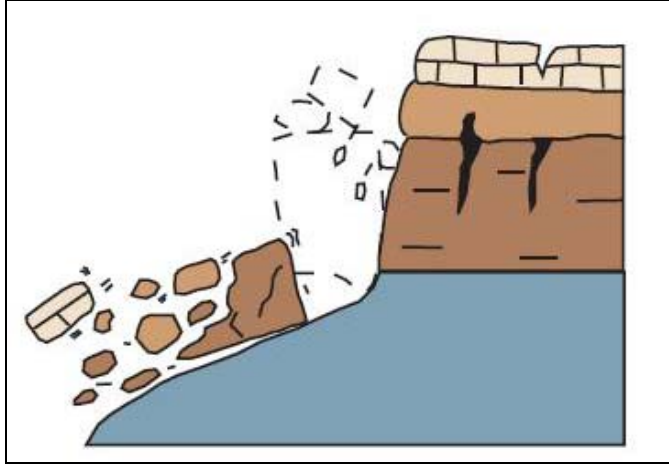
Düşme türü heyelanlar genellikle beklenmedik anlarda gerçekleşen ve dik yamaçlardan kaya düşmesi şeklinde karşılaşılan kütle hareketleridir (Şekil 4.1) (USGS, 2004). Düşmeler, yamaç hareketlerinin en çok görünen şeklidir. Toprak ve kaya düşmeleri şeklinde hareket eden kütle havada serbest düşme, sıçrama, sekme veya yuvarlanma hareketi yapar ve bu düşme sırasında hareket eden parçaların birbirine ya hiç etkisi olmaz veya çok az olur.(Url-1).



Şekil 4.1: Düşme türü heyelan (USGS, 2004)

4.4.2.2 Devrilme türü heyelanlar

Devrilmeler hareket tipiyle belirgindir. Süreksizliklerle sınırlanmış, oldukça dik eğimli ve eğim yönleri şev aynası içine doğru olan kaya bloklarının ağırlık merkezleri altındaki bir nokta etrafında dönmesi sonucunda gelişen duraysızlık ile oluşurlar. Bu tip harekette eklemlerin konumları ve çatlaklardaki suyun basıncı önemli rol oynar. Bu hareket bir tür yıkılma olmaksızın devrilmedir. Devrilmeler, genellikle ana kayada gelişen bir hareket tipidir (Şekil 4.2) (USGS, 2004 ve Url-1).



Şekil 4.2: Devrilme türü heyelan (USGS, 2004)

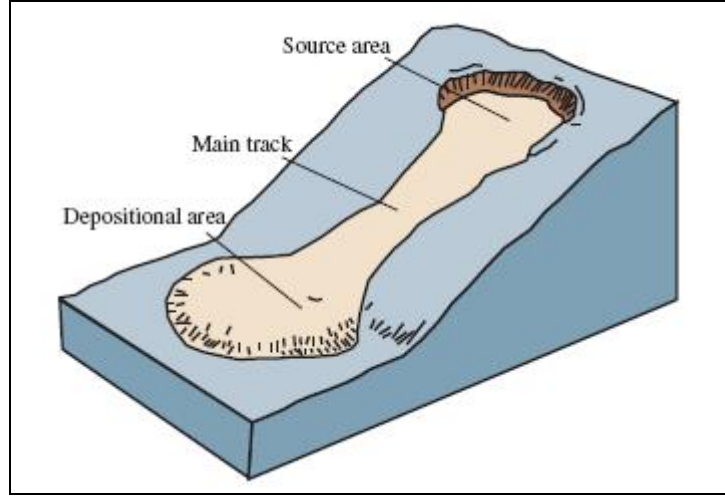
4.4.2.3 Akma türü heyelanlar

Bu tip heyelanlarda hareket, düşme, devrilme, kayma veya yayılma olarak tanımlanamayabilir. Bu durumda hareketlerin, özellikle konsolide olmamış zeminlerde yavaş veya hızlı ve ıslak veya kuru akma şeklinde geliştiği gözlenir. Bu tip yamaç hareketlerine akma denir. Akmalarda hareket eden kütle içerisindeki hareket ve hareket eden malzemelerinin aldığı şekil veya görülebilen hız dağılımları ve yer değiştirmeler, tıpkı yüksek viskoziteli sıvılardaki duruma benzer. Bu tip yamaç hareketlerinde, hareket eden kütle içerisindeki kayma yüzeyleri çoğunlukla görülmez veya çok kısa ömürlü olur. Akmalar iki başlık altında incelenebilir (USGS, 2004 ve Url-1):

Kaya akmaları

Malzemenin kuru veya kuruya yakın olduğu durumlarda da çok büyük ölçek ve şiddette heyelanlar oluşur. Bu tip heyelanlara genelde kaya akmalarında rastlanır.

Kaya içindeki akma hareketi genellikle deformasyon yani bozulmalarla gelişir, bunlar büyük veya küçük çatlaklar, hatta çok küçük çatlaklarla da gelişebilir.

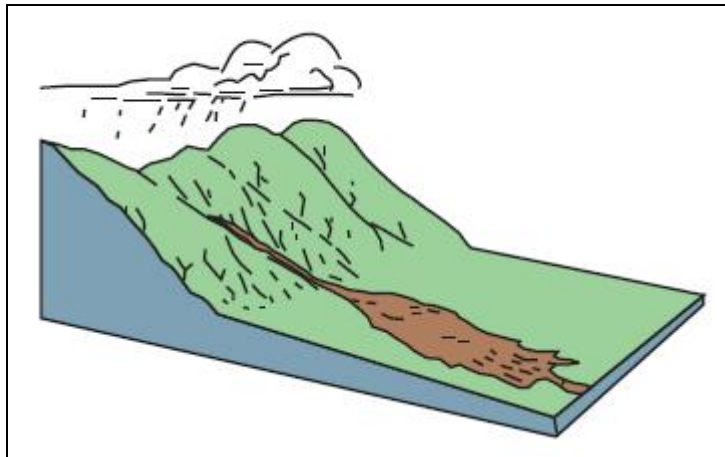


Şekil 4.3: Kaya akması (USGS, 2004)

Zemin ve toprak akmaları

İçinde belli bir su içeriği bulunduran malzemenin az eğimli bir yamaçta ise akma özelliği gösterdiği görülmüştür. Bu durumda döküntü akması ile döküntü çığları arasında su içeriği, hareketlilik ve hareketin karakteri önemli bir rol oynamaktadır.

Döküntü akmaları (Şekil 4.4) ile döküntü çığları arasındaki belirleyici faktör ise düşük kohezyon veya çok fazla su içeriği ve genellikle dik yamaç eğimi nedeniyle hareketin çok ani oluşmasıdır.



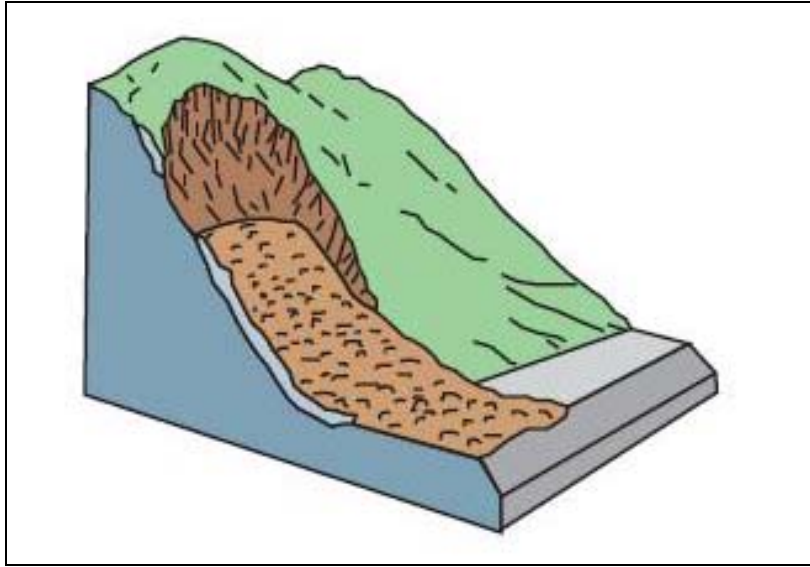
Şekil 4.4: Döküntü akması (USGS, 2004)

Döküntü akmalarında hareket eden kütle yukarıdan aşağıya doğru ilerledikçe, malzeme birden daha inceye doğru mekanik olarak parçalara bölünür ve hareket nispeten yavaş gelişir. Döküntü çığlarında (Şekil 4.5) ise kütlede gittikçe artan denge

bozuklukları daha hızlı gelişir ve bütün kütle tamamen suya doymuş olduğundan veya dik bir şev üzerinde bulunduğundan genelde bir dere vadisi boyunca aşağıya doğru akar ve şev tabanından bir hayli uzaklara gider. Döküntü çığları genellikle uzun ve dar olurlar, tepe kısımlarındaki çökmelerde görülen at nalı şeklindeki şevin tersine, yükseldikçe sivrileşen V şeklinde veya testere gibi girintili çıkıntılı bir yapı gösterir.

Döküntü akmaları, hemen hemen daima olağanüstü şiddetli yağmurlar veya donmuş zeminin ani çözülmesi sonucu meydana gelirler. Orman yangınları sonucu üzerindeki bitki örtüsü kaybolmuş ve kalın toprak tabakası içeren dağ ve vadi yamaçlarında da bu tip heyelanların gelişmesi muhtemeldir.

Toprak akması çoğunlukla plastik veya çok ince taneli plastik olmayan malzemeyi içerir ve hızı yavaştan çok hızlıya doğru değişen bir akma şeklidir. Denge bozulması, suyla doymunluğun ve boşluk suyu basıncının artmasından sonra meydana gelir. Malzemenin bir kısmı su tarafından kaldırılır, aynı zamanda kesme dayanımı azalır. Kütle suya doymuş ise ön kısmı kabarır ve çok az sıvı olarak dil şeklinde ilerler; eğer daha az ıslak ise hareket üstteki ve arka plandaki malzemenin devamlı basıncı altında kısmi düşme ve yuvarlanma şeklinde gelişir (USGS, 2004 ve Url-1).



Şekil 4.5: Döküntü çığı (USGS, 2004)

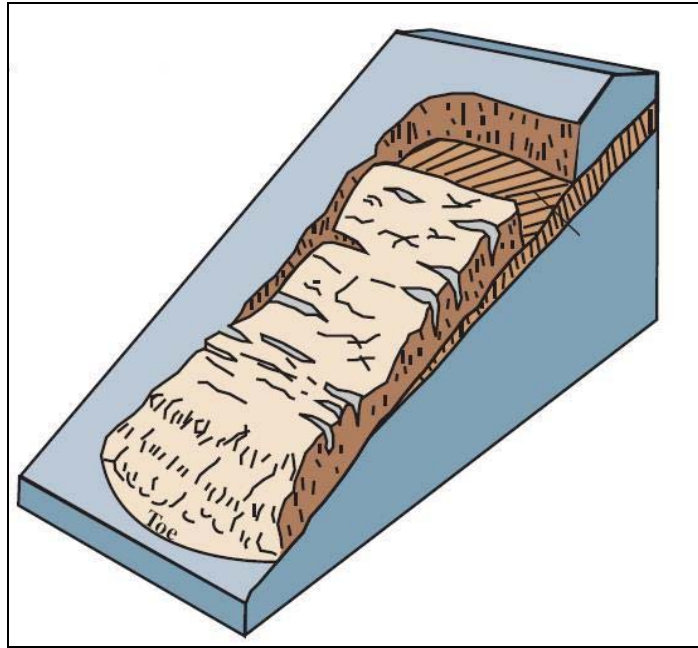
4.4.2.4 Kayma türü heyelanlar

Kayma türü heyelanlar gevşek yapıdaki bir bölgenin, kendinden daha sıkı bir alt tabakanın üstünden eğim doğrultusunda kayması sonucu gerçekleşen kütle hareketleridir (USGS, 2004). Kaymalar, bir ya da birkaç yüzey boyunca kesme

dayanımının azalması sonucunda oluşur. Bu yüzeyler gözle görülebilir ya da tahmin edilebilir (Url-1). Kayma türü heyelanlar ikiye ayrılır. Bunlar ötelenmeli ve dairesel heyelanlardır.

Blok kaymalar

Blok kaymaları, dönel hareket ve üst yüzeyin geriye doğru eğimlenmesi özellikleri görünmeksizin, kütlelerin bir tek ünite halinde dışa ve aşağıya doğru az çok düzlemsel yüzeyler boyunca hareket etmesidir. Bazı durumlarda hareket eden kütle kendi tabanı üzerinde dışa doğru kayabilir. Dönel kayma gösteren heyelanlarda, kayma yüzeyi tabanı bir yamaca dayanıyorsa; dönel kaymanın hareketi duraysız kütlelerin dengesini sağlama eğilimini gösterir ve hareket yavaşlar, sonunda heyelanın hareketi durur. Buna karşılık bir blok kayma heyelanında taban zemini yeteri kadar eğimli olduğu ve bu taban yüzeyindeki kesme dayanımı hareket ettirici kuvveti karşılamadığı sürece gelişmeye devam eder (Şekil 4.6) (USGS, 2004 ve URL-1).

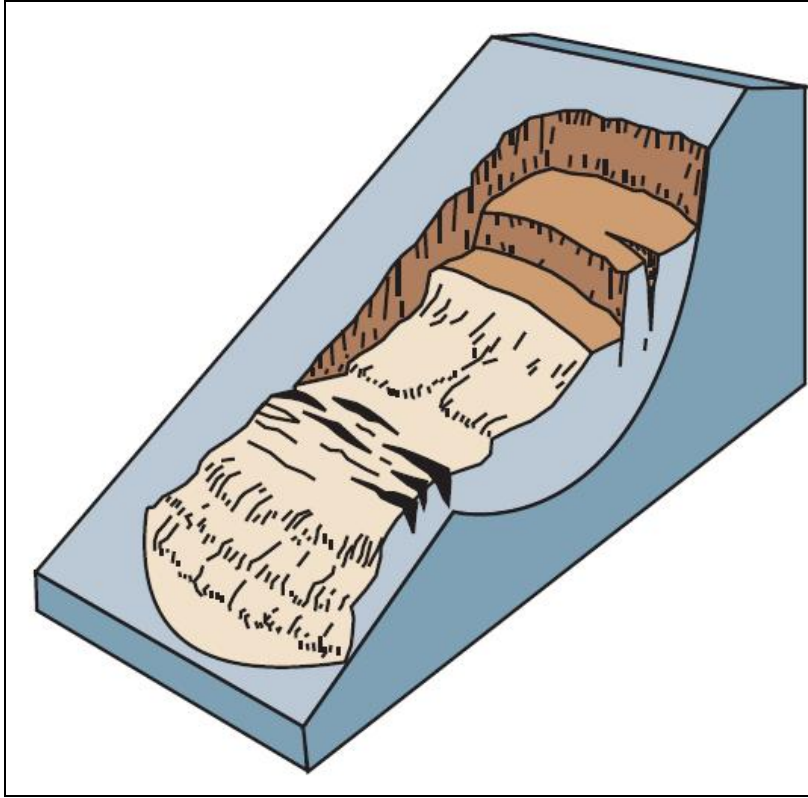


Şekil 4.6: Ötelenmeli kayma (USGS, 2004)

Dönel kaymalar

Yapıda çok az değişiklik olan veya değişme olmayan kaymaların en yaygın örneği dönel kaymalardır. Dönel kaymalar (Şekil 4.7) topoğrafyada çökme ile belgindir, bu nedenle “dönel çökmeler” olarak da tanımlanmıştır. Dönel kayma şeklinde kayan kütlelerin üst yüzeylerinin geriye doğru olması veya topografik düzensizliklerin bulunması nedeniyle dönel kaymanın üst kısımlarında yüzey suları birikmekte,

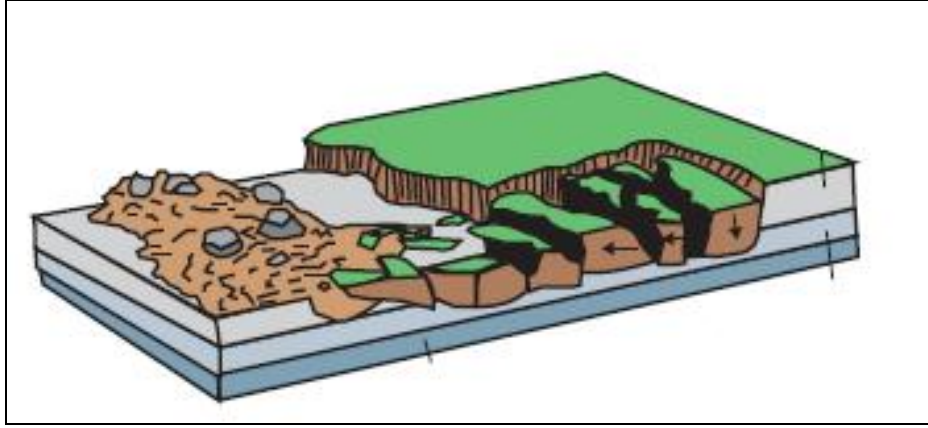
böylece heyelan gölcükleri oluşmaktadır. Birbirini izleyen derin ve dik kayma yüzeylerinin meydana gelmesi ve buralarda suların birikmesi nedeniyle bu gibi duraysız yerlerde, dönel kaymalar çok az eğimli duraylı bir şev meydana gelinceye kadar devamlı olarak hareket eden ve gittikçe genişleyen ve yayılan bir yapı gösterir. Dönel kaymanın topuk kısmındaki malzeme bazen çok fazla ufalanmış ve ezilmiş bir durumda bulunur, bu durumda dönel kayma eteğindeki ilerleme taç kısmındaki dönme hareketinden farklı olarak, tıpkı bir toprak veya döküntü akmasına benzer bir görünüm alır (USGS, 2004 ve Url-1).



Şekil 4.7: Dönel kayma (USGS, 2004)

4.4.2.5 Yanal yayılma türü heyelanlar

Yayılmalarda, yanal genişleme hareketinin başlıca nedeni makaslama ve gerileme çatlaklarıdır.

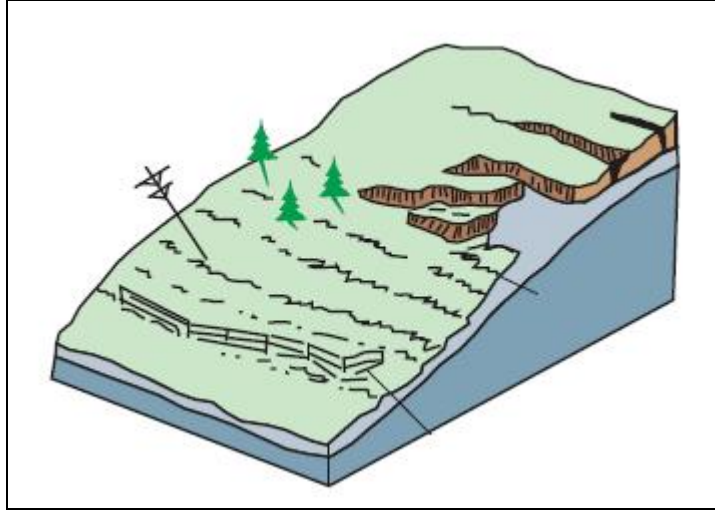


Şekil 4.8: Yanal yayılma (USGS, 2004)

Yanal yayılmalar (Şekil 4.8) iki tipte incelenebilir. Bunlardan ilki hareketleri tamamıyla yüzeysel gelişmelerle ilgili fakat belli belirsiz olarak, tabanı kesme yüzeyi veya plastik akışkan bir alan kontrolünde gelişenlerdir. Bu tip yanal yayılmalar genelde temel kayada, özellikle tepe yamaçlarında gelişirler. İkinci olarak hareketleri, kohezyonlu malzemenin genişlemesi, çatlaması ile ilişkili olarak temel kayada ve toprak malzemedede veya bitişik malzemenin akışkanlığa veya plastik akmaya ulaşması sonucunda oluşan heyelanlar bulunur. Bu tip heyelanlarda kohezyonlu üst seviyelerdeki birimler çökebilir, kayabilir, dönebilir veya ufalanabilir ve bu tip malzemeler akışkanlaşıp akarlar. Yanal yayılmalarda, hareket mekanizması birçok sebebe bağlıdır; bu sebepler sadece dönme, kayma veya akma olmayabilir. Bu nedenle yanal yayılmalar, kaymalar, karmaşık bir yapı gösterir (USGS, 2004 ve Url-1).

4.4.2.6 Karmaşık tür heyelanlar

Genellikle yamaç hareketleri yukarıda belirtilen hareket tiplerinin sadece bir tipi olarak oluşmaz, hareket eden kütlenin belirli kısımlarında ve değişik bölümlerinde, çeşitli zamanlarda, hareket tipi birden çok hareketin karışımı olara gelişir. Bu tip yamaç hareketlerine karmaşık tür heyelan adı verilir (USGS, 2004 ve Url-1).



Şekil 4.9: Karmaşık tür heyelan (USGS, 2004)

4.4.3 Etkenler

Heyelan olayını tetikleyen birçok etken bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla jeolojik, jeomorfolojik ve insan kaynaklı olarak belirtilebilir (USGS, 2004).

4.4.3.1 Jeolojik etkenler

Heyelanların oluşmasında jeolojik faktörler en temel etkenler arasında gelir. Bu etkenler sırasıyla bölgenin sahip olduğu zayıf veya gevşek madde yapısı, hava içeriği yüksek madde yapısı, kesik, birleşik veya çatlak madde yapısı, zıt yönde etkileşen kütleler, maddelerin geçirgenlikleri arasındaki fark şeklinde sıralanabilir (Url-1).

4.4.3.2 Jeomorfolojik etkenler

Heyelanların oluşmasındaki bir diğer etkili unsur olan morfolojik etkenler de bölgenin etkisi altında olduğu tektonik veya volkanik faaliyetlerden kaynaklanan itmeler, buzul sekmeleri, eğim bitiminin veya yanal bölümlerinde meydana gelen nehir, dalga veya buzul aşınmaları, yeraltı aşınmaları, eğim üzerinde tortu birikmesi, bitki örtüsünün yok olması, erime, hava durumuna bağlı olarak gerçekleşen ani donma ve erime ile büzülme ve şişme kaynaklı aşınmalar olarak belirtilebilir (Url-1).

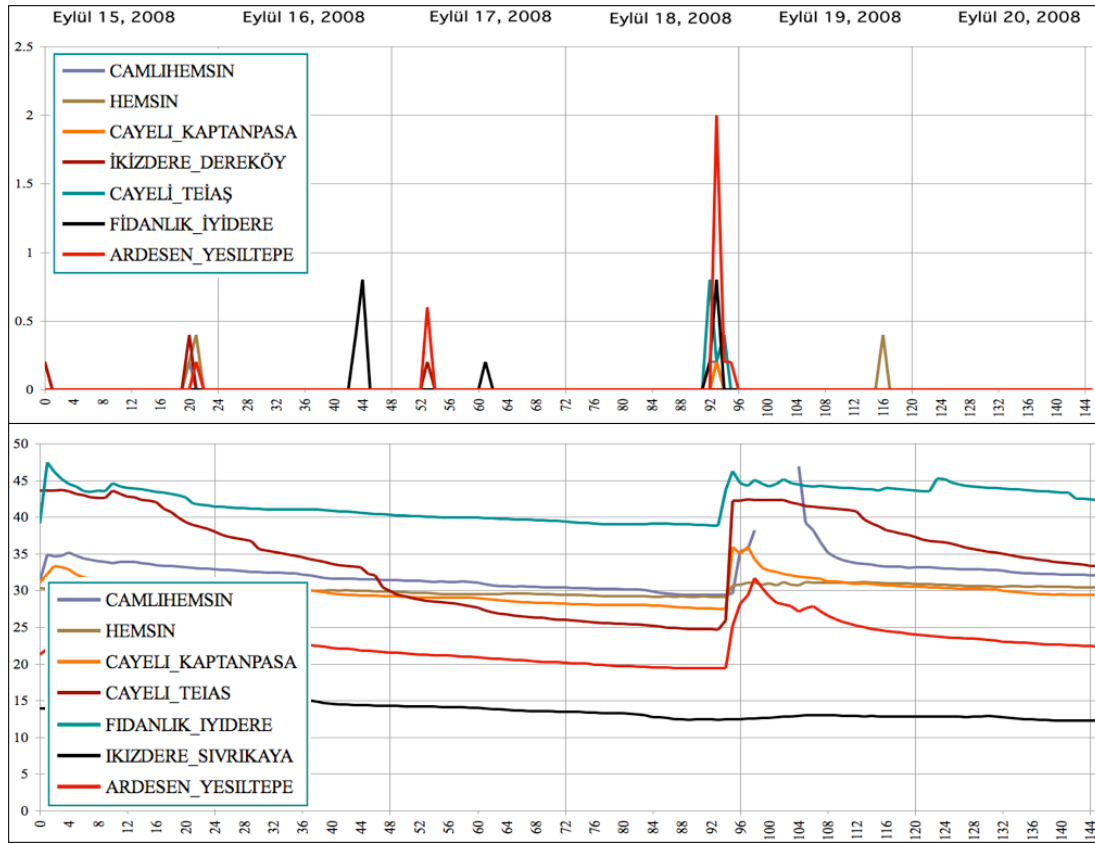
4.4.3.3 İnsan kaynaklı etkenler

Şüphesiz ki birçok doğal afette olduğu gibi, heyelanların gerçekleşmesinde de insan parametresi önemli bir role sahiptir. İnsan kaynaklı etkenler genel anlamda mühendislik çalışmaları olarak belirtilebilir. Bu çalışmalar sırasıyla eğimin veya eğim sonunun kazılması, eğimin yüklenmesi, yeraltı su kaynaklarının tüketilmesi,

bölgedeki ormanların yok edilmesi, sulama çalışmaları, madencilik çalışmaları, yaratılan yapay titreşimler ve mühendislik çalışmalarından farklı olarak yerleşim birimlerinden kaynaklanan su sızıntıları şeklinde tanımlanabilir (Url-1).

4.4.3.4 Meteorolojik etkenler

Bilinmektedir ki yoğun yağmur yağışı heyelanları tetikleyen en önemli etkenlerden biridir. İskoçya'nın Cairndow, Glen Ogle bölgelerinde gerçekleşen akma şeklindeki heyelanların öncesinde kısa süreli yoğun yağışların etkili olduğu görülmüştür. Bunun yanında Dunkeld bölgesinde meydana gelen heyelandan önce uzun süreli ama daha düşük yoğunlukta yağmur yağışı kaydedilmiştir (Winter ve diğ., 2005). Buna benzer olarak RABİS projesi sonuç raporunda 19 Eylül 2008'de Rize iline bağlı Pazar ilçesinde meydana gelen ve 2 kişinin hayatını kaybetmesine yol açan heyelan olayından önce de bölgeye en yakın istasyonlardan olan Ardeşen-Yeşiltepe istasyonu olayın gerçekleşmesinden 6-8 saat öncesinde yoğun bir yağmur yağışı kaydetmiştir (Şekil 4.10) (Tarı ve diğ., 2008). Bu örnekler yağmurun yoğun olduğu bölgelerde heyelan olaylarının yağmurla olan ilişkisini göstermesi açısından çok önemlidir. Yağmurun etkisiyle artan toprak nemi ve toprak yapısının duraysız hale gelmesi ile heyelan gerçekleşme riski artmaktadır.



Şekil 4.10:Rize ili genelinde RABİS kapsamında kurulan AWOS istasyonlarının 18 Eylül 2008 tarihli yağış ve toprak nemi grafikleri (Tarı ve diğ., 2008)

4.4.4 Rize ili

4.4.4.1 Genel özellikler

Rize kuzeydoğu Anadolu'da; Doğu Karadeniz kıyı şeridinin doğusunda, 40°22'- ve 41°28' doğu meridyenleri ile 40°20' ve 41°20' kuzey paralelleri arasında yer alır. Batıdan Trabzon'un Of, güneyden Erzurum'un İspir, Doğudan Artvin'in Yusufeli ve Arhavi ilçeleri ve kuzeyden Karadeniz ile çevrili olan Rize'nin göller hariç yüzölçümü 3920km² dir (Url-2).

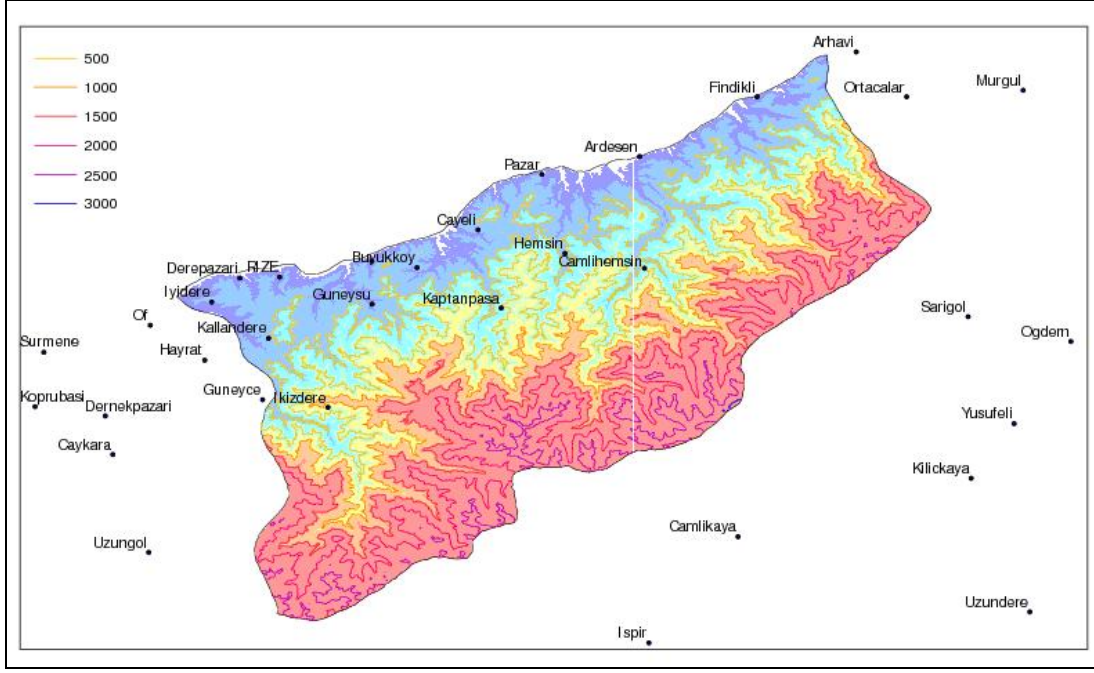
Doğu Karadeniz Kıyı sıradağları yayının kuzey yamacında yer alan Rize toprakları genel ifade ile dağlık ve engebelerdir. Ancak bu genel topografik durum dikey yönde bazı farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle Rize'nin topoğrafyasını üç bölümde incelemekte fayda vardır (Url-2).

Çok dar olan kıyı şeridi ve alüvyon düzlüklerinin Rize topoğrafyası içinde ayrı bir yeri vardır. Kabaca 80km uzunluğundaki kıyı şeridinin genişliği akarsu vadileri dışında ortalama 20-150m arasında değişmektedir. Çok sayıda akarsu tarafından kesilen bu şeridin en geniş düzlüklerini taban seviyesi ovaları oluşturur. Tümüyle

akarsuların getirdiği alüvyonlardan oluşan bu düzlükler, akarsuların denize kavuştuğu noktadan itibaren içeriye doğru 500-600m'ye kadar taban seviyesi ovası şeklinde, 9-10km'ye kadar da taraça düzlükleri şeklinde uzanırlar. Bu düzlüklerin kıyı boyunca olan genişlikleri ise yaklaşık olarak 200m ile 1000m arasında değişmekte olup hemen tamamı yerleşmeye sahne olmuştur. Bunlardan en geniş olanı Ardeşen ilçe merkezinin yerleşim alanını oluşturan Fırtına Deresi'nin taban seviyesi ovasıdır (Url-2).

Yüksek kıyılar kategorisine giren Rize kıyıları genellikle sade bir görünüş sergiler. Kıyı çizgisi küçük boyutlu ve asimetrik yapıda girinti ve çıkıntılardan oluşur. Bütün burunların önüne kıyıdan 5-25m, hatta bazen 150m. uzaklıkta ve boyutları 5-15m arasında değişen taş adacıkları mevcuttur. Diğer taraftan kara yolunun inşası sırasında geniş ölçüde tahrip edilmiş olmasına rağmen yer yer taraça ve falezlere de rastlanmaktadır (Url-2).

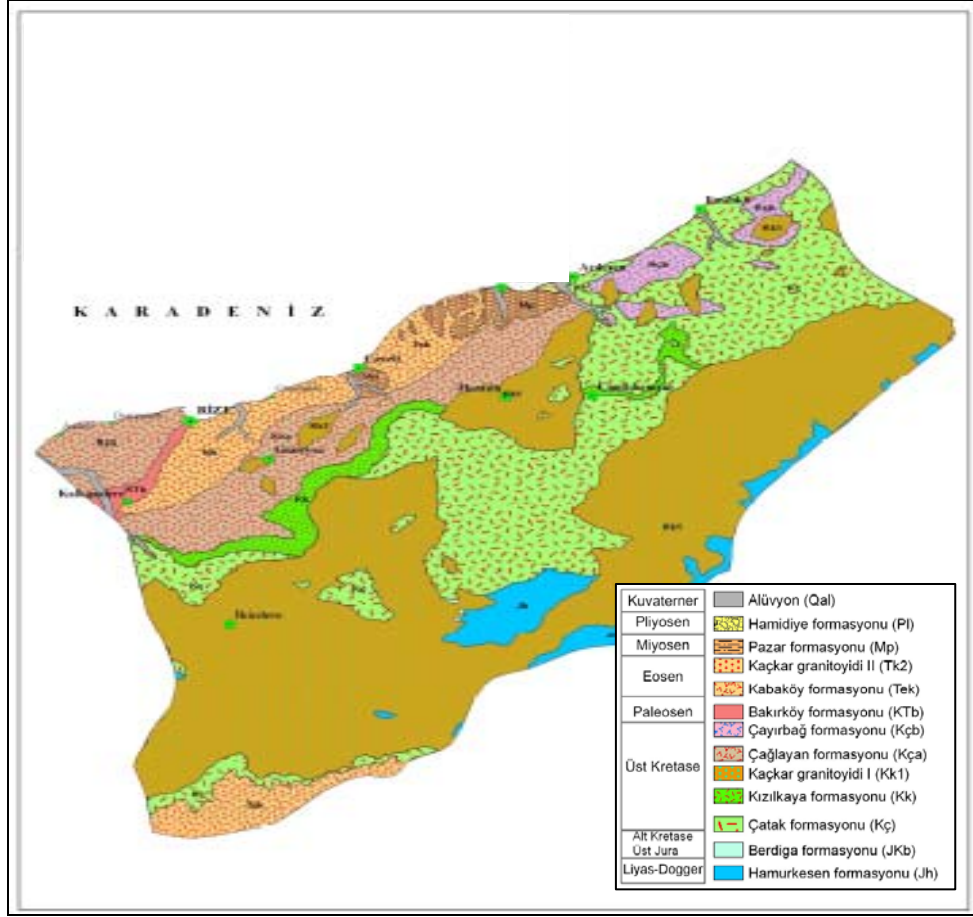
Topoğrafya kıyı düzlüğünün hemen gerisinde arızalanmakta ve yükselti birdenbire 150-200 m'yi bulmaktadır. Buradan itibaren arazi, giderek daralan akarsu vadileri tarafından derin bir şekilde yarılmıştır. Gerek ana akarsular gerekse bu akarsuların orta çığıruları boyunca aldıkları sayısız kollar araziye şiddetle aşındırmış ve çok arızalı bir görünüş kazandırmıştır. Keskin ve birbirine yakın sırtlar, dik yamaçlı "V" profilli vadiler yaklaşık 2000 m yüksekliğine kadar olan bu sahanın karakteristik topoğrafik görünüşünü oluştururlar. Kabaca 2000 m yükseklikten başlayan yüksek dağlık saha ve buzul topoğrafyası 3000-3200 m yüksekliğe kadar olan kısımlarında topoğrafya basık sırtlar, dik yamaçlı "U" profilli vadilerden oluşur. Dördüncü jeolojik zamanın buzul devrelerinde geniş ölçüde buzul aşındırmasına sahne olan bu sahada çok sayıda küçük boyutlu buzylağı ve moren set gölleri mevcuttur. Bu sahanın, yüksekliği 3000 m'yi aşan kısımları ise Rize'nin en sarp ve en arızalı kesiminin oluşturmaktadır. Geniş ölçüde çıplak ve tamamen kayalık zirveler ile bunların arasındaki keskin sırtların yamaçları insanın gezmesini engelleyecek kadar diktir. Rize'nin en yüksek noktalarını bu sırtlar arasındaki zirveler oluşturur (Url-2).



Şekil 4.11: Rize topoğrafya haritası (Şahin ve diğ., 2007)

Üzerinde hâlâ buzul bulunan ve Rize topraklarının en yüksek noktası olan Kaçkar Tepesi (3937m) ile Verçenik (üç doruk) Tepesi (3709m), Koyunsokağı Vacakar Dağı (3458m), Çaymakçur Tepesi (3420m), Gudashevsivrisi Tepesi (3406m), Koyunsokağı tepesi (3342m), Marsis Tepesi (3334m) ve Aşağı Karataş Tepesi (3322m) bu zirvelerden bazılarıdır. Bu arızalı topoğrafya Fındıklı ilçe merkezinin güneyinden itibaren sarplığını ve yüksekliğini kaybetmeye başlar (Url-2).

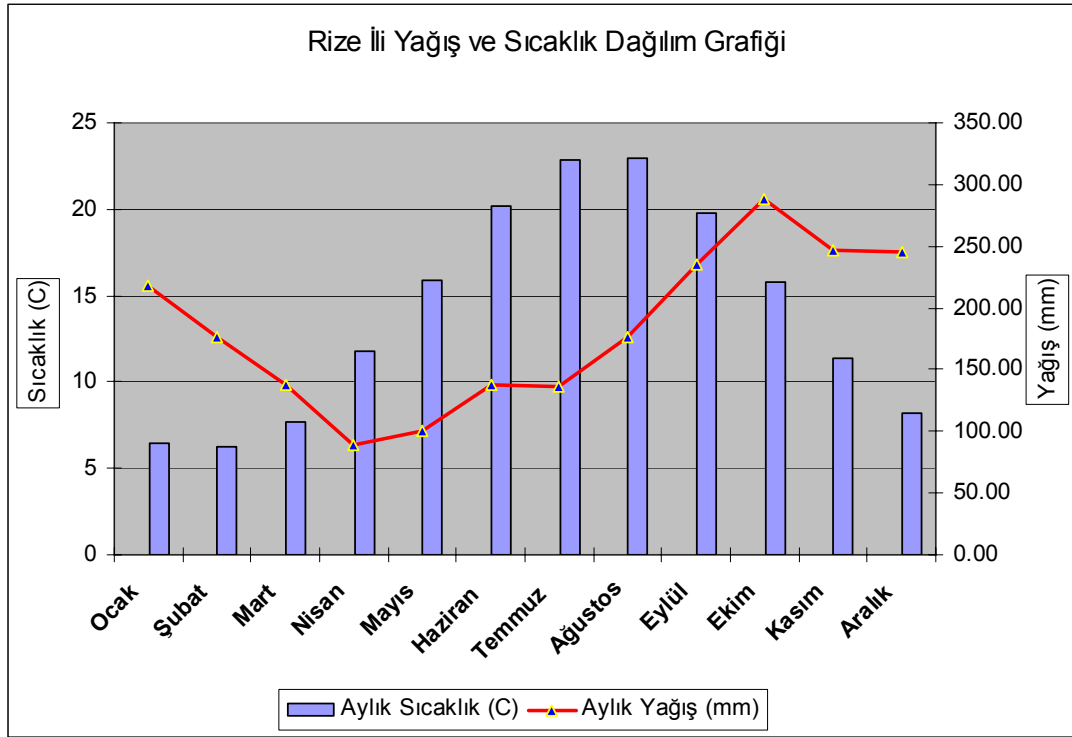
RABİS projesi kapsamında jeoloji çalışma grubu tarafından Rize iline ait jeolojik özellikler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır. Rize il sınırları içerisinde yer alan kaya-stratigrafi birimleri tabanda Jura yaşlı volkano-sedimanter kayalarla başlayarak üste doğru sırasıyla Üst Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları, Üst Kretase-Paleosen aralığında meydana gelmiş volkanik ve çökel birimler, Üst Kretase-Paleosen-Eosen yaşlı granitoidler, Eosen yaşlı volkanik kayalar, Miyosen yaşlı volkano-sedimanter topluluk, Pliyosen yaşlı karasal çökel kayalar ve Pliyo-Pleistosen yaşlı volkanik cam akıntıları ile devam eder ve nihayet Kuvaterner yaşlı Alüvyon, moloz, sahil kumları vb birimler ile son bulur (Şahin ve diğ., 2007).



Şekil 4.12: Rize ili jeoloji haritası (Şahin ve diğ., 2007)

Rize'de yazları serin, kışları ılıman ve her mevsimi yağışlı bir iklim görülür. Elli yıl boyunca yapılan rasat sonuçlarına göre Rize'nin yıllık sıcaklık ortalaması 14°C'yi biraz geçer. Bu süre içinde kaydedilen en düşük sıcaklık -7°C olup 23 Mart 1962'de, en yüksek sıcaklık ise 38.2°C olup 21 Mayıs 1980'de kaydedilmiştir. En soğuk ay olan Ocak ayının sıcaklık ortalaması 6.7°C; en sıcak ay olan Temmuz ayının sıcaklık ortalaması ise 22.2°C 'dir. Ocak minimumunun -5.6°C, Temmuz maksimumunun 32.5°C olduğu Rize'de yıllık sıcaklık genliği 25.8°C'dir. Bu haliyle Rize, denizsel iklimlerin karakteristik özelliğini taşır. Rize'de aylık ortalama sıcaklık eğrisi bütün yıl 5°C'nin üzerinde seyretmekte olup, sadece 4 ayın sıcaklık ortalaması 10°C'nin altındadır. Diğer bütün ayların sıcaklık ortalaması 10°C'nin üzerindedir. Sıcaklık ortalaması 20°C'yi geçen ay sayısı ise ikidir. Bütün bunlardan Rize'nin oldukça istikrarlı bir sıcaklık rejimine sahip olduğu sonucunu çıkarmak mümkündür. Türkiye'nin en çok yağış alan ili olan Rize'de yıllık toplam yağış miktarı 2300mm'nin üzerinde olup, yağışlar her mevsime dengeli olarak dağılmıştır (Şekil 4.13). Bu

nedenle Rize'de kurak mevsim yoktur. En az yağış alan ilk baharın toplam yağış miktarı kuraklık sınırının çok üzerindedir (367.9 mm).



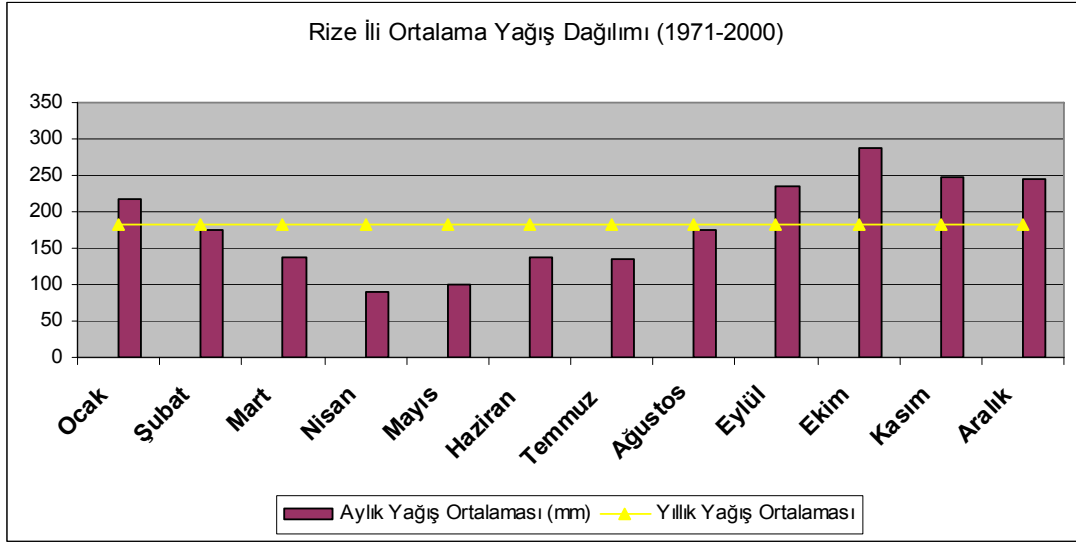
Şekil 4.13: İklim istasyonlarında ölçülen verilere göre yıllık ortalama yağış (mm) dağılımı (Url-3)

Rize'de kar yağışları olağandır. Toplam yağışın bir kısmı kar şeklinde düşmekte, yağış eğrisi son bahar ve kış aylarında yükselirken akarsu rejim eğrisi bu aylarda maksimumun oldukça altında seyretmekte ve maksimuma ilkbahardan itibaren uzanmaktadır. Oysa ilkbahar Rize'de en az yağış alan mevsimdir. Bu durumda kışın düşen yağışların kar şeklinde olduğu ve ilkbaharla birlikte bu kar örtüsünün erimesiyle akarsuların kabardığı anlaşılmaktadır (Url-2).

Mevsimlere göre değişmekle birlikte Rize'de nem oranı her zaman %75'in üzerindedir. Yılın 150 günü kapalı, 163 günü bulutlu geçmektedir. Açık gün sayısının az olması Rize'de güneş enerjisinden yararlanma imkânını en aza indirmiştir (Url-2).

Rize'de hakim rüzgar yönü güneybatıdır. Ancak 2-3 yılda bir Kasım'dan Nisan'a kadar kısa aralıklarla esen föhn rüzgarlarına da değinmek gerekir. Doğu Anadolu Antisiklonunun Sibiry Antisiklonu ile birleşerek güçlendiği yıllarda Doğu Anadolu'da Doğu Karadeniz üzerindeki siklon merkezine doğru yönelen hava, 3000 m'yi geçen Rize dağlarını aştıktan sonra kıyıya doğru inerken ısınır ve kıyıya

ulaştığında bu bölgede sıcaklıkların yükselmesine yol açar. Böylece Rize'de kış sıcaklık değerlerinin aşırı düşüş göstermesini önler.



Şekil 4.14: Türkiye-Rize aylık toplam yağış dağılımı (1971-2000) (Url-3)

Bol yağış alan ve dengeli bir sıcaklık rejimine sahip olan Rize sık ve gür bir tabii bitki örtüsüne sahiptir. Kıyıda yaklaşık 750 m yüksekliğe kadar olan saha geniş yapraklı kıyı ormanları ile kaplıdır. Bu sahada 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 kızılgağaç (*Alnus Barbata*) olup diğer türler kayın, kestane, ıhlamur türleri, gürgen, karaağaç türleri, yabani Trabzon hurması, yabani karayemiş, yabani kiraz, defne, çınar, tesbih ağacı, meşe, dişbudak ve şimşirdir. Bunlardan sakallı kızılgağaç 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 (*Rhododendron*) olup, sayılamayacak kadar çok otsu ve odunsu bitki türü, orman gülü ile birlikte orman altı bitki örtüsünü oluşturur. Bu yükseklik basamağı aynı zamanda kültür bitkilerinin de yayılış alanıdır. Ancak konunun kapsamı dışına çıkmamak için burada bunlara yer verilmeyecektir. Yaklaşık olarak 800-1400 m yükseklikler arasındaki kuşak karışık orman kuşağıdır. Bu katın yaygın türlerini geniş yapraklılarından sakallı kızılgağaç, 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. 1600 m'den

sonra iğne yapraklılarının hakimiyeti kesindir. Hakim tür doğu ladini (*Picea Orientallis*) olup, orman üst sınırına yaklaştıkça Kafkas köknarı da yaygın bir şekilde görülür. Karaçam da bu kuşağın yaygın türlerindendir. Orman altı bitki örtüsü bu kuşakta da değişmez. Rize'de ormanlar yaklaşık olarak 2000-2200 m yüksekliklerde sona erer ve yerini alp çayırlarına bırakır. Turuncu ve beyaz renkli küçük dağ zambakları ile papatyalar gibi çeşitli türlerin yer aldığı bu sahada, çayırların yanında lekeler halinde yer yer kısa boylu, orman gülü çalılıkları da yer almaktadır. Yaylacılık faaliyetlerine sahne olan bu sahada yakacak ihtiyacını karşılamak amacıyla tahrip edilen orman gülü çalılıkları gün geçtikçe azalmaktadır. Karın ortalama 14 gün yerde kaldığı Rize'de donlu gün ortalama sayısı 10'dur. Donlu gün sayısının az olması ve minimum sıcaklık ortalamasının -7°C 'yi geçmemesi Rize'de narenciye üretimine imkan vermiştir (Url-2).

Rize, yağışlı iklimi ve çok sayıdaki yeraltı 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 (Url-2).

Rize'nin akarsuları kısa boylu, yatay eğilimi 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 (34.7km), Arılı Deresi (31.5km), Fırtına Deresi (68.0 km), Hemşin Deresi (38.5km), Sabuncular Deresi (46.0km), Taşlıdere (34.0 km), İyidere (78.4km)'dir. Diğerlerinin boyları kısadır. Öyleki kol durumundaki bir çok akarsu bile bunların en uzun olan Venek Deresi'nden (20.3km) daha uzundur. Örneğin Fırtına Deresi'nin kolları olan Durak Deresi 33.0km, Hala Deresi 32.5km ve Taşlı Dere'nin kolu olan Balamya Çayı 22.6km. uzunluğundadır. Rize'nin büyük akarsuları olarak belirttiğimiz 7 akarsudan en uzun olanı İyi dere (78.4km) ama beslenme sahası en geniş olanı Fırtına Deresi'dir (1149.3km). Havza genişliği yönünden ikinci sırayı İyidere (1047.4km), uzunluk yönünden ikinci sırayı ise Fırtına Deresi (68km) 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. Rize akarsuları Kasım'dan Mart'a kadar çekik devreyi yaşamaktadır. 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 $11.3\text{m}^3/\text{sn}$) (Url-2).

Mart'tan itibaren önce kar erimeleriyle kabarmaya başlayan akarsular ilkbahar yağmurlarıyla da beslenince birdenbire kabarmaya başlar ve kar erimelerinin en şiddetli olduğu Haziran ayında en kabarık seviyeye ulaşır. (Fırtına deresi Haziran ortalama debisi $65.2\text{m}^3/\text{sn}$). Haziran'dan itibaren kar suyu desteğinin azalmasına paralel olarak akarsular da çekilmeye başlar. Ancak gene de Haziran-Ağustos arasındaki seviyeleri diğeri 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 Deresi'nin ortalama debisi ($28.4\text{m}^3/\text{sn}$), üzerinde Demirköprü barajının bulunduğu Gediz Nehri'nden ($26\text{m}^3/\text{sn}$); minimum debisi ise ($4.6\text{m}^3/\text{sn}$), Kızılırmak ($1.7\text{m}^3/\text{sn}$) ve Gediz Nehri'nden ($0.07\text{m}^3/\text{sn}$) fazla, Dicle Nehri'nin ($9.4\text{m}^3/\text{sn}$) yarısıdır. Türkiye'nin diğeri akarsularıyla kıyaslandığında oldukça düzenli rejimli oldukları görülen Rize akarsularının asıl dikkat çeken özellikleri elektrik enerji potansiyelleri ve sediment miktarlarıdır. Türkiye'nin diğeri akarsularına göre oldukça az sediment taşıyan Rize akarsuları yıllık elektrik enerji potansiyeli bakımından da elverişli şartlar içindedir. Rize akarsularının Doğu Karadeniz Havzası içinde yer aldıkları ve Doğu Karadeniz Havzası'nın da yıllık elektrik enerji potansiyeli bakımından Fırat ve Dicle Havzaları'ndan sonra yaklaşık 12 milyar kWh. ile üçüncü sırayı aldığı dikkate alınırsa, Rize akarsularının Türkiye elektrik enerji potansiyeli içindeki yeri daha iyi anlaşılır (Url-2).

Rize Dağları'nın 2400 m'yi aşan bölümlerinde buzul aşındırması ve biriktirmesi sonucu oluşmuş olan 19 adet küçük alanlı göl tespit edilmiştir. Bu göllerin en büyükleri 0.07km^2 yüzölçümündeki Ambar Gölü (2950m) ile Büyük Deniz Gölü'dür (2900m.) 2400-3000m yükseklikler arasında yer alan bu göllerin en küçüğü ise

0.01km yüzölçümündeki Öküzyatağı Gölü'dür. (2775m). Bunların bir kısmı buzyalığı, bir kısmı da moren set gölüdür (Url-2).

4.4.4.2 Beşeri durum

Beşeri açıdan incelendiğinde Rize'de aşağıdaki özellikler ön plana çıkmaktadır. Rize merkez ilçeden başka 11 ilçe, 4 bucak ve 350 köyden oluşmaktadır. İlin belediye sayısı ise Kendirli ve Madenli köyleri ile birlikte toplam 18'dir. 1940 da 185,526 olan Rize nüfusu 50 yılda yüzde yüze yakın bir artış göstererek 1990 da 348,776'ya yükselmiş, 1997 de 333569'a düşmüştür. son 50 yıllık dönemde Rize'nin yıllık ortalama nüfus artış oranı ortalaması %1.3 olup, Türkiye ortalamasının (%2.3) çok altındadır. Bunda bazı yıllarda görülen nüfus azalması etkili olmuştur. Rize'de nüfus 1940-45 arasında %0.1, 1985-90 arasında da %1.3 azalmıştır. Gerek bu azalma, gerekse Rize nüfus artış oranının 1940-1990 arasında çoğunlukla Türkiye ortalamasının altında seyretmiş olması; Rize'den başka kentlere nüfus akışını göstermektedir. 1990 yılı itibariyle Rize'de yaşayan insanların %38.2'si kentler, %61.8'i ise köylerde yaşarken bu oran 1997'de kentlerde %52.4 , köylerde %47.6'ya inmiştir. Aynı değerlerin Türkiye de sıra ile %59.0 ve %41.0 olduğu düşünülürse Rize'de kentleşme oranının Türkiye ortalamasının altında olduğu sonucuna varılabilir. Ancak buna rağmen Rize'de toplam nüfus içindeki payı 1940'dan bugüne kadar % 100 civarında artış göstermiştir. Bir başka deyişle Rize'de şehir nüfusu Türkiye'ye göre daha hızlı artış göstermiştir. Nitekim 1940-1990 arasında şehir nüfusu artış oranı ortalaması Türkiye'de %4.5, Rize'de %4.6'dır. Bundan da anlaşılacağı üzere Rize'de şehirleşme oranı Türkiye ortalamasının biraz üstündedir. Buna karşılık aynı dönemde Rize'de köy nüfusu artış oranı %0.7 olup, Türkiye ortalamasının (%1.1) altındadır. Diğer taraftan Rize'de köy nüfusu 1940-45, 1980-85 ve 1985-90 yılları arasında azalma göstermiştir. Özellikle 1985-90 yılları arasında yüzde 34 gibi önemli oranda azalma kaydedilmiştir. Söz konusu sayım dönemleri arasındaki rakamlar incelendiğinde köy nüfusunun 47,432 kişi azaldığı, bundan 22,002 kişinin Rize sınırları içindeki kentlere, 25,430 kişinin de başka illere göçtüğü anlaşılmaktadır. Başka illere göçenlerin de kentlerde yaşadığı düşünülürse Rize'de 1985-90 arasında her yıl ortalama 9,486 kişinin kente göç ettiği sonucuna varılır. Bu yıllar arasında Ardeşen dışındaki bütün ilçelerde nüfus azalması kaydedilmiş olup, en çok nüfus kaybeden ilçelerin Pazar, Çayeli ve Kalkandere olduğu görülür. Sonuç olarak Rize'de şehir nüfusu artış oranı Türkiye ortalamasının üstünde olduğu halde

toplam nüfus ve köy nüfusu artış oranlarının Türkiye ortalamasının altında olması ve özellikle yukarıda izah edilen 1985-90 arasındaki durum, gerek köyden kente ve gerekse Rize'den başka illere nüfus akışı olduğunu kesin olarak kanıtlar (Url-2).

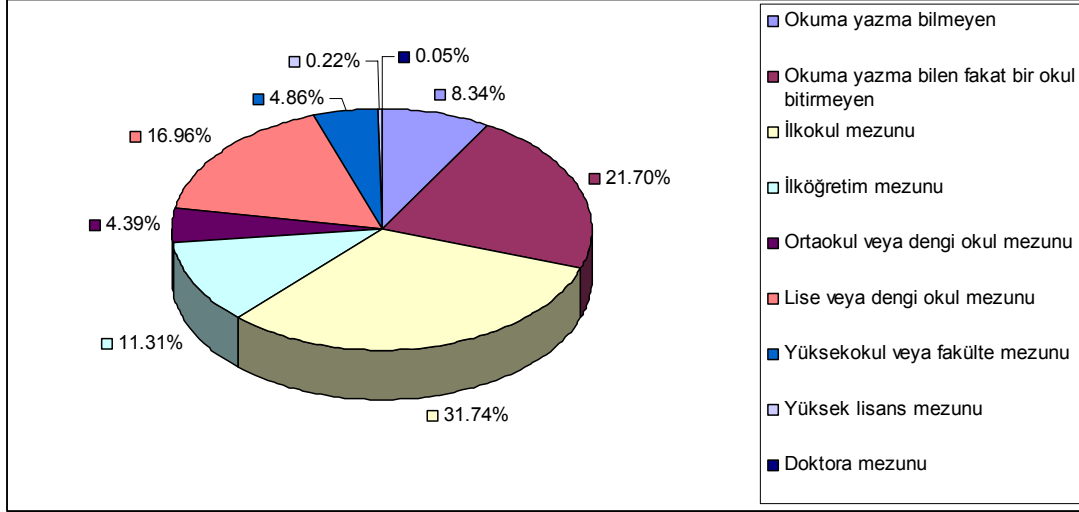
Rize'de nüfusun dağılımını belirleyen temel faktör yer şekilleridir. Yerleşmeye elverişli düz alanların az bulunması, yerleşme merkezlerinin sahil şeridinde ve akarsu vadilerinde kurulmasını zorunlu kılmıştır. Nitekim merkez ilçe de dahil olmak üzere 12 ilçenin 6 tanesi sahil şeridinde, diğer ilçelerin tamamı ve köylerin önemli bir kısmı da akarsuların taraça düzlüklerinde kurulmuştur. Ayrıca içerilere doğru engebenin çok artması iç bölgenin تنها olmasına yol açmıştır. TÜİK tarafından açıklanan Adrese Dayalı Nüfus Bilgi Sistemi verilerine göre 2007 yılı Rize ili nüfusu Çizelge 4.3'deki gibidir.

Çizelge 4.3: Rize ili nüfus dağılımı (T.C. Rize Valiliği, Url-2)

	ŞEHİR			KÖY		
	Toplam	Erkek	Kadın	Toplam	Erkek	Kadın
Toplam	316.252	155.58	160.672	197.167	97.122	100.045
Merkez	133.258	65.805	67.453	94.800	46.820	47.980
Ardeşen	38.524	18.972	19.552	26.762	13.183	13.579
Çamlıhemşin	6.023	2.910	3.113	877	433	444
Çayeli	42.109	20.851	21.258	25.205	12.505	12.7
Derepazarı	7.651	3.732	3.919	4.273	2.078	2.195
Findikli	15.556	7.644	7.912	9.909	4.833	5.076
Güneysu	12.616	6.200	6.416	4.442	2.116	2.326
Hemşin	2.342	1.119	1.223	1.580	762	818
İkizdere	6.034	2.993	3.041	2.109	1.076	1.033
İyidere	8.663	4.190	4.473	4.904	2.393	2.511
Kalkandere	12.712	6.240	6.472	5.670	2.816	2.854
Pazar	30.764	14.924	15.84	16.636	8.107	8.529

Diğer taraftan arazinin çok engebeli olmasının yanı sıra bir takım sosyo-ekonomik nedenler köylerde yerleşme biçimini "Dağınık Köy Yerleşmesi" olarak belirlemiştir. Evler çoğunlukla birbirinden uzak olup, her ailenin konutu kendi arazisi içerisinde kurulmuştur. İç, Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da olduğu gibi evlerin bir arada bulunduğu bir köy meydanına rastlanmaz. Ancak Rize'de çayın yarattığı ekonomik ve sosyal gelişme, bu yerleşme biçimine bir yenisini eklemiştir. Daha iyi şartlarda yaşama isteği insanları yeni konutlar yapmaya ve bunları yol kenarına inşa etmeye yöneltmiştir. Bunun sonucunda bir yandan, eskinin tamamen ahşap yada "dolma" adı verilen yontulmuş taş-ahşap karışımı evleri yerlerini betonarme evlere terk ederken bir yandan da evlerin yol kenarlarında toplanması sonucu "Yol Boyu Köy

Yerleşmesi" doğmuştur (T.C. Rize Valiliği, Url-2). Son olarak Rize’de yaşayan halkın eğitim durumuna bakılacak olursa eğitim seviyesinin çok düşük olduğu göze çarpmaktadır. TÜİK adrese dayalı nüfus kayıt sistemi (ADNKS) verilerine göre Rize’de şehirde yaşayanların yaklaşık %60’ı ilkokul ve altı eğitim seviyesine sahip durumdadır (TÜİK, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi, 2007).



Şekil 4.15: Rize ili genelinde eğitim durumu (TÜİK, ADNKS 2007)

4.4.4.3 Rize’de heyelan

Rize heyelan oluşumları açısından oldukça aktif bir bölgedir. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Afet Etüt ve Hasar Tespit Dairesi Başkanlığı tarafından hazırlanan heyelan envanterinde bölgede 1995-2006 yılları arasında toplamda 431 adet maddi hasara neden olmuş heyelan kaydedilmiştir. Birimle yapılan sözlü görüşmede heyelan sayısının bu değerden daha fazla olduğu ancak envanterin yalnızca bir ihbar halinde güncellendiği bilgisi elde edilmiştir (Temmuz 2009).

Rize ilinde meydana gelen heyelanları jeolojik, jeoteknik, topografik, tarımsal, meteorolojik ve insani faktörlerle tanımlamak mümkündür. Rize ilinde görülen heyelan türleri genel itibarıyla akma türü heyelanlardır. En sıklıkla rastlanan türler yavaş akma, moloz akması, çamur akması ve toprak akması şeklinde gerçekleşen akmalardır (Şahin ve diğ., 2007).

Jeolojik faktörler

Rize ilinde heyelanlar ve jeolojik birimler arasında doğrudan bir ilişki söz konusudur. Heyelanları etkileyen başlıca faktörlerin arasında jeolojik faktörler,

kayaçların ayrışma derecesi, zemin özellikleri, morfolojik durum, yağış, kazı ve akarsu oymaları, bitki örtüsü gibi sebepler görülmektedir (Yalçın ve Bulut, 2007). Yörede jeolojik birimlerin dağılımları incelendiğinde andezit, bazalt, dasit ve riyodasit gibi volkanik kayaçların egemen olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra bu volkanikler arasında ara katkılı olarak daha çok kumtaşı, kıltaşı, silttaşı ve marndan oluşan sedimanter kayaçları görmek mümkündür. Rize il genelinde çevresel ve iklimsel faktörlerin etkisiyle litolojik birimlerdeki ayrışmanın çok yoğun olduğu görülmektedir. Ayrışmaya uğrayan birimler dayanımını büyük oranda yitirmektedir. Bölgenin genellikle yoğun yağış alması, yüzeyleşen malzemenin belli bir su içeriği barındırmasına sebep olmaktadır. Dolayısıyla şiddetli yağışlarla artan su içeriği, boşluk suyu basıncını daha da artırarak malzemenin dayanımının yenilmesine sebep olmakta ve zemin sağlamlığını olumsuz etkilemektedir (Yalçın ve Bulut, 2007). RABİS projesi kapsamında jeoloji çalışma grubu tarafından yürütülen benzeri incelemelerde de paralel sonuçlara ulaşılmıştır. Jeolojik faktörler incelendiğinde; Rize ilinde kuzeye doğru volkanik ve volkanojenik birimler yaygınlaşır. Feldspat açısından zengin bu tür litolojiler iklim ve yoğun bitki örtüsü etkisi ile çok şiddetli bir ayrışmaya uğramışlar, üzerlerinde bol killi bir toprak örtüsü gelişmiştir. Bu toprak örtüsü killi olması nedeniyle su alıp şişmekte, uygun gravite koşullarında ana kayadan sıyrılarak içerisindeki kırık ve çatlaklar boyunca kaymaya başlamaktadır. Nitekim bölgedeki heyelanların çok büyük bir kısmı, sığ toprak akmalarının ise tamamı bu tür birimler üzerinde gelişmektedir (Şahin ve diğ., 2007). MTA tarafından hazırlanan 1/500,000 Ölçekli Türkiye Heyelan Envanteri Haritası Trabzon Paftası'nda sözkonusu pafta içinde yer alan bölgede meydana gelen heyelanlar incelenmiş ve tanımlanan 17 litoloji grubunda heyelan dağılımlarına ilişkin bilgiler verilmiştir (Duman ve diğ., 2007) (Şekil 4.16).

Grup	Toplam Grup Alanı (km ²)	Heyelanlı Alan (km ²)			Toplam Heyelanlı Alan (km ²)	Toplam Kütle Adedi				Tüm Heyelanların (%)	Grup Heyelan Şiddeti
		Tip 1	Tip 2	Tip 4		Tip 1	Tip 2	Tip 4	Tip4I		
Grup 1; Kuvaterner çökelleri	924.64	0.61	0.32	0.00	0.93	0	2	0	0	0.11	0.00
Grup 2; Miyosen-Pliyosen - Ayrılmamış karasal kırıntılılar	894.30	16.65	54.46	0.48	71.59	19	144	11	180	8.20	0.08
Grup 3; Oligosen - Miyosen – Ayrılmamış evaporitli çökel kayalar	461.87	14.52	87.20	4.81	106.53	47	289	65	24	12.20	0.23
Grup 4; Paleosen – Eosen Kırıntılı ve karbonatlar	102.10	3.19	0.41	0.17	3.78	7	8	0	0	0.43	0.04
Grup 4a; Eosen - Volkanit ve çökel kayalar	4569.35	29.62	19.23	3.28	52.13	106	134	34	618	5.97	0.01
Grup 5; Eosen – Alt Miyosen - Neritik kireçtaşları	10.34	0.00	0.34	0.00	0.34	0	1	0	0	0.04	0.03
Grup 6; Üst Paleosen Eosen- Kırıntılı ve karbonatlar	1030.25	11.87	24.56	2.43	38.86	53	83	23	41	4.45	0.04
Grup 7; Üst Kretase - Paleosen - Kırıntılı ve karbonatlar	1252.37	16.68	33.50	1.49	51.67	61	170	19	69	5.92	0.04
Grup 8; Kretase - Paleosen -Neritik - Pelajik kireçtaşları	2685.31	43.37	30.07	3.15	76.60	94	142	48	51	8.77	0.03
Grup 9; Jura-Üst Kretase – Volkanik ve çökel kayalar	9285.31	96.13	67.69	7.63	171.45	379	484	115	1491	19.64	0.02
Grup 11; Jura – Alt Kretase – Kırıntılı ve karbonatlar	1749.77	43.91	69.38	4.35	117.63	135	352	48	36	13.47	0.07
Grup 12; Permo – Karbonifer kırıntılı ve karbonatlar	15.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00
Grup 14; Paleosen-Pliyosen- Ayrılmamış volkanitler	2981.70	53.41	72.33	3.22	128.96	73	256	25	19	14.77	0.04
Grup 15; Jura - Üst Kretase – Bazalt, riyodasit, andezit, spilit vb.	608.26	6.80	4.03	0.65	11.49	20	31	12	52	1.32	0.02
Grup 16; Mesozoyik - Ofiyolitik kayalar	350.31	3.37	18.73	0.81	22.91	12	102	15	13	2.62	0.07
Grup 17; Prekambriyen-Paleosen Granitoyid	5336.22	7.56	6.28	3.40	17.25	30	53	25	374	1.98	0.00
Grup 19; Prekambriyen – Paleozoyik Metamorfik kayalar	346.47	0.09	0.72	0.09	0.91	0	9	0	3	0.10	0.00
TOPLAM	32604.45	347.78	489.25	35.98	873.0	1036	2260	440	2971	100.00	

*Tip 1: Eski-Derin Kayma **Tip 2: Aktif-Derin Kayma ***Tip 4: Aktif - Akma (alansal) ****Tip 4I: Aktif - Akma (Çizgisel)

Şekil 4.16: Litoloji gruplarına göre heyelan dağılımları-Trabzon Paftası (Duman ve diğ., 2007)

Bu tablodan ortaya çıkan sonuç, akma türünde heyelan kütlelerinin en yüksek değerde olduğu litoloji tipleri en yüksekten en düşüğe doğru sırasıyla Grup 9 (Jura-Üst Kretase, Volkanik ve Çökel Kayalar), Grup 4a (Eosen, Volkanit ve Çökel Kayalar), Grup 17 (Prekambriyen-Paleosen Granitoyid) ve Grup 2 (Miyosen-Pilyosen, Ayrılmamış karasal kırıntılar) olarak tespit edilmiştir. Dikkat çeken nokta ise bu heyelan sınıflarının bölgedeki toplam heyelanlara oranının %35'i civarında olmasıdır. Fakat grup heyelan şiddeti en fazla olan Grup 2 (en az gerçekleşen akma tipi heyelan) 0.08 katsayısına sahipken daha sıklıkla gerçekleşen diğer üç grup 0.02 katsayısını geçememektedir (Duman ve diğ., 2007). Buradan çıkan sonuç akma türü heyelanların zarar oluşturma etkisinin çok yüksek olmadığıdır. Bu yorumu destekleyen sonuç yine MTA'nın söz konusu envanter çalışmasında hesaplandığı üzere Trabzon paftasında yer alan illerin heyelandan etkilenme durumunu ve afet etki değerini gösterir tablodan anlaşılmaktadır (Çizelge 4.4) (Duman ve diğ., 2007).

Çizelge 4.4: MTA Trabzon paftasına ait illerin heyelan etki değerleri (Duman ve diğ., 2007)

İL	Kayıt Yılı Aralığı	Rapor Edilen Olay Sayısı	Etkilenen Hane Sayısı	ΔE (Afet Etki Değeri)
Gümüşhane	1958-2005	248	1939	0.166
Erzurum	1945-2005	661	4288	0.108
Bayburt	1958-2005	77	335	0.098
Trabzon	1952-2006	976	3898	0.074
Artvin	1955-2005	430	1265	0.058
Rize	1971-2006	1025	1645	0.045

Çizelgedeki hesaplama Afet Etki Değeri şu şekilde hesaplanmıştır:

$$\Delta E = [(Etkilenen \ hane \ sayisi)/(Kütle \ hareketi \ sayisi)] \times [1/(Kayit \ araligi)] \quad (4.1)$$

Tablodan da anlaşılacağı üzere akma türü heyelanların sıkça yaşandığı Rize'de etkilenen hane bazlı afet etki değeri bölgedeki diğer illere göre en düşük değerdedir.

Topografik faktörler

Rize'de tüm vadiler derin deşilmiş, böylece önemli yükseklik farklılıkları gelişmiştir. Bu farklılığın gelişiminde jeolojik yapının, iklimin ve bitki örtüsünün etkisi vardır. Yüksek eğimli morfoloji, su alıp şişme eğilimindeki ayrışma ürünleri ile birleştiğinde potansiyel heyelan bölgeleri ortaya çıkmaktadır. Nitekim il sınırları içerisinde

gözlenen heyelanların hemen hemen tamamı yüksek eğimli bölgelerde yer almaktadır (Şahin ve diğ., 2007). Bu gözlemleri destekleyen veriler Yalçın tarafından yapılan araştırmada ortaya konmuştur. Yalçın'ın (2005) Ardeşen ilçe sınırları içinde gerçekleştirdiği çalışmada eğim faktörünün önemi analizlerle tespit edilmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5: Rize ili genelinde heyelan ve eğim ilişkisi (Yalçın, 2005)

Eğim değeri (°)	Heyelan Alanı (m ²)	Heyelan Yüzdesi(%)
0 - 10	51078.00	11.23
10 - 20	100257.00	22.05
20 - 30	162113.00	35.66
30 - 40	107496.00	23.65
40 - 50	27825.00	6.12
> 50	5869.00	1.29

Yalçın'ın (2005) elde ettiği bulgulardan bir diğeri de bakı ile heyelan ilişkisidir ve Ardeşen ilçesinde kuzey ve batı yönlerinde heyelanların yaklaşık %60 civarında bir değere ulaştığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6: Rize ili genelinde heyelan ve bakı ilişkisi (Yalçın, 2005)

Bakı Yönü	Heyelan Alanı (m ²)	Heyelan Yüzdesi(%)
Düz	46821.00	10.29
Kuzey	154559.00	34.00
Doğu	57996.00	12.76
Güney	71252.00	15.67
Batı	124010.00	27.28

Jeoteknik faktörler

Yalçın bu çalışmasında heyelanların gerçekleşmesini etkileyen faktörleri jeoteknik olarak da incelemiştir. Yapılan gözlem ve deneyler sonucunda amaç eğimine karşı güvenlik katsayısı izdüşümleri ile doygun koşullarda farklı zemin sınıfları için güvenlik katsayılarını belirlenmiş, buradan hareketle kohezyon ve içsel sürtünme açısının güvenlik katsayısı üzerine etkisini araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, bu iki faktörün güvenlik katsayısı üzerinde hemen hemen %50'şer oranında etkili olduğunu işaret etmiştir (2005).

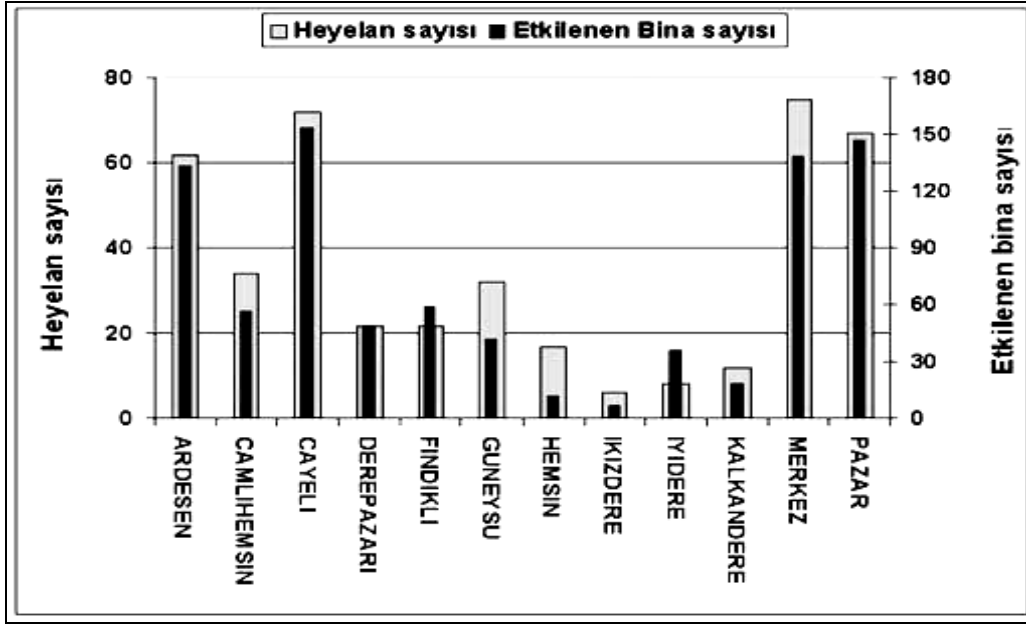
Tarımsal faktörler

Yalçın (2008) yaptığı bir diğ er incelemede heyelan oluşumunda tarımsal ve insani etkenlere de değ inmiştir. Heyelanları oluşturan malzemenin su içeriğ inin yüksek

olmasında bölgede çay ekiminin kontrolsüz bir biçimde gerçekleşmiş olması da önemli bir rol oynamaktadır. Herhangi bir drenaj sistemi olmadan ekilen çay bitkisi, yüzeysel akışı engelleyerek suyun doğrudan zemine işlemesini kolaylaştırmaktadır. Dolayısıyla fazla olan yağışa bir de yüzeysel akışa geçmesi gereken su kütlesinin de eklenmesiyle malzemenin doygunluğa ulaşması daha çabuk olmaktadır. Bunun yanı sıra topografik olarak eğimli olan bölgede geliş güzel yapılan kazı ve yol çalışmaları da yamaçların stabilitesini bozmakta ve heyelanları tetiklemektedir (Yalçın, 2008). Benzeri paralel sonuçlara RABİS projesi kapsamında jeoloji çalışma grubu da ulaşmıştır. Grup hazırladığı raporda Rize ilinin neredeyse tüm arazi örtüsünün çay bitkisi ile kaplı olduğunu belirtmiş, özellikle ilin kuzey kesimlerinde çoğu yerde orman arazisinin yok edilmekte, yerine çay bitkisi dikilmekte olduğunu vurgulamıştır. Kısa boylu bir bitki olan çay -sığ köklere sahip olması nedeniyle- kökleri genellikle ana kaya ile ayrışmanın gerçekleştiği toprak sınırını izlemektedir. Bu durum örtü ile ana kaya arasında bir süreksizlik oluşumuna yol açarken, kökler arasında su tutulmasına, böylece kaymaya meyilli toprağın ağırlığının artmasına neden olmaktadır. Rize ilindeki sığ toprak kaymalarının hemen hemen tamamı çay ekimi yapılan yerlerde gelişmektedir (Şahin ve diğ., 2007).

Meteorolojik faktörler

Yukarıda da değinildiği gibi heyelanların oluşmasında malzemenin içerdiği su oranı önemli bir rol oynamakta ve bunda yağışların etkisi en üst sırada bulunmaktadır. Reis ve diğ.(2008) bu konu üzerine birtakım araştırmalar yapmış ve Rize ilinde heyelan-yağmur ilişkisini ortaya koymaya çalışmışlardır. Yapılan çalışma daha önce bahsedilen ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nce yapılan çalışmalar sonucunda üretilen heyelan envanterini baz almaktadır. Bu envantere göre Rize il genelinde özellikle Ardeşen, Çamlıhemşin, Çayeli, Merkez ve Pazar ilçelerinde heyelanların yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Heyelan olayları sonucunda 852 bina için kullanılamaz raporu verilmiştir (Şekil 4.19). Raporda heyelan nedeni olarak %99 oranında yağış gösterilmiştir.



Şekil 4.17: Rize ili genelinde heyelan ve etkilenen hane sayısı grafiği (Reis ve diğ., 2008)

Rize’de bulunan toplam 347 köyden tam 237’si heyelandan etkilenmiştir. %68 civarında bir yüzdeye varan bu sayılar heyelanın Rize için ne kadar önemli bir olgu olduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 4.17).

İLÇELER	ETKİLENEN KÖY SAYISI	HEYELAN SAYISI	ETKİLENEN BİNA SAYISI
ARDEŞEN	27	62	133
ÇAMLIHEMŞİN	15	34	56
ÇAYELİ	39	72	154
DEREPAZARI	10	22	49
FINDIKLI	18	22	59
GÜNEYSU	19	32	42
HEMŞİN	11	17	12
İKİZDERE	4	6	7
İYİDERE	4	8	36
KALKANDERE	8	12	18
MERKEZ	49	75	139
PAZAR	33	69	147
TOPLAM	237	431	852

Şekil 4.18: Rize ili genelinde ilçe bazlı heyelan ve etkilenen köy, hane sayısı (Reis ve diğ., 2008)

Reis ve diğ. (2008) çalışmalarında yağışın heyelan ile olan ilişkisini araştırmış ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü etüt raporlarını doğrular nitelikte sonuçlara ulaşmışlardır. İncelemelere göre 13-14 Ekim 1996, 10-11 Kasım 2001, 23 Haziran 2002, 1 Ağustos – 3 Ekim 2005 tarihlerinde meydana gelen sürekli yağışlar büyük hasarlı heyelanlara neden olmuşlardır. Bu yağışlar nedeniyle etkilenen bina ve köy sayısı Şekil 4.18’deki gibi gerçekleşmiştir.

YIL	1995		1996		2001		2002		2005	
İLÇELER	KS	BS	KS	BS	KS	BS	KS	BS	KS	BS
ARDEŞEN	1				23	84			13	
ÇAMLIHEMŞİN	4				8	5			10	22
ÇAYELİ	5		4		21	49	17	90	16	13
DEREPAZARI			13	37					5	2
FINDIKLI					17	53				
GÜNEYSU	1		1		2	4	14	32	12	5
HEMŞİN	3				4					
İKİZDERE					3	1			2	6
İYİDERE			4	6	1				2	30
KALKANDERE			1	2	2	2			6	8
MERKEZ			3	10	18	32	20	55	30	40
PAZAR	6		7	1	26	72			9	
TOPLAM	20	0	33	56	125	302	51	177	105	126

Şekil 4.19: Yağış kaynaklı heyelanların dağılımı (KS=Köy sayısı, BS=Bina Sayısı) (Reis ve diğ., 2008)

Yukarıda bahsedilen bütün bu çalışmalar Rize ilinde heyelan olgusunun önemini net bir biçimde ortaya koymakta, heyelanların ne oranda tehlikeli olduğuna dair önemli ipuçları sunmaktadır. MTA 1/500,000 Ölçekli Türkiye Heyelan Envanter Haritası Trabzon Paftası'nda da konuyla ilgili bilgilere yer verilmiştir. Rize ilinde 19 Temmuz 1983, 21 Temmuz 1988, 11-12 Kasım 2001, 23-24 Temmuz 2002 tarihlerinde meydana gelen aşırı yağışlar sonucu oluşan heyelanların sonucunda onlarca kişinin hayatını kaybettiği ve birçok köyde de mal kayıplarının yaşandığı belirtilmektedir (Duman ve diğ., 2007).

İnsan kaynaklı faktörler

RABİS projesi kapsamında yürütülen çalışmalarda insani faktörlerin de heyelanlarda önemli bir rol oynadığı tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirmede yol, duvar gibi insan eli ile yapılan unsurların zaten çok hassas olan doğal dengeyi bozmakta olduğu, böylece heyelan oluşumuna yol açmakta olduğu vurgulanmaktadır. Nitekim Rize ilindeki çoğu yol kenarında yol yapımı sonucunda gelişmiş farklı büyüklük ve nitelikte heyelanlar izlenmektedir. Bu gözlemden hareketle Rize ilinde bilhassa yüksek eğimli yerlerdeki yol kenarları, heyelan potansiyeli yüksek alanlar olarak değerlendirilmelidir (Şahin ve diğ., 2007). Yalçın'ın (2005) çalışmasında bu görüşleri destekler istatistiksel veriler mevcuttur. Çalışmada yamaçlarda açılan yolların hem topoğrafyada hem de yamaç topuğunda yük azalmasına neden olduğu gözlemlenmiştir. Topoğrafyanın değişmesi ve yük azalmasının yamaç gerisinde gerilim artışlarına sebep olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yol açılmadan önce dengede

olan yamaçta, daha sonra dışarıdan gelebilecek su girişi gibi negatif etkilerle duraysızlıklar meydana geldiği belirtilmiştir.

Yalçın (2005) daha sonra yola yakınlık haritasını heyelan envanter haritası ile karşılaştırarak yola yakınlık derecelerine göre heyelan alanları ve yüzde dağılımlarını belirlemiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7: Rize ili genelinde heyelan ve yola yakınlık ilişkisi (Yalçın, 2005)

Yola yakınlık (m)	Heyelan alanı (m ²)	Heyelan yüzdesi(%)
0 - 25	34898.00	14.91
25-50	42442.00	18.13
50-75	55556.00	23.73
75-100	53608.00	22.90
100-125	47582.00	20.33

Çizelgeden anlaşıldığı üzere heyelanların yaklaşık %80'lik kısmının yola 0-100 m uzaklıklarda olduğu anlaşılmaktadır.

Bütün bu çalışma ve bulgular ışığında denilebilir ki Rize ili heyelan olgusu bakımından incelenmeye değer bir bölgedir. Heyelan çok çeşitli sebeplerden ötürü değişik zaman, mekan ve koşullarda değişken boyutlarda zararlara neden olmuştur. RABİS projesi de bu bilinçle planlanmış, heyelanların tahmininin gerçekleştirilmesini sağlamayı amaçlayan bir sistem olarak tasarlanmıştır (Şahin ve diğ. 2007).

5. YÖNTEM

Bu çalışmada RABİS projesinden elde edilen bulgular kapsam bölümünde belirlenen başlıklar doğrultusunda incelenmiştir. Öncelikle proje kapsamında yararlanılan yöntemler hakkında genel bilgiler verilmiş ve daha sonra bu yöntemlerin ne şekilde kullanıldığı tanımlanmıştır. Bu yöntemler sonucu elde edilen çıktıların doğruluğu test edilmeye çalışılmış ve son olarak da kurulan sistemin mevcut durumunu oluşturan bileşenler tespit edilmiştir. Böylece sistemdeki olumlu ve olumsuz yanlar belirlenmiştir.

Bu doğrultuda öncelikle heyelan potansiyelinin tespit edildiği yöntem açıklanmış, ardından meteorolojik tahmin için yararlanılan hesaplamalar tanımlanmıştır. Bu genel bilgiler verildikten sonra öncelikle heyelan potansiyelinin önceki çalışmalarla örtüşüp örtüşmediği kontrol edilmiştir. Bunun için uzaktan algılama görüntülerinden yararlanılarak proje kapsamında üretilen arazi kullanımı sınıflandırma verisinden yararlanılmış ve Rize ili genelinde heyelan potansiyelinin arazi kullanım türlerine göre dağılımı tespit edilmeye çalışılmıştır. Sonrasında ise heyelan tahmini üreten sistemin genel hatlarıyla işleyişi açıklanmış; meteorolojik ve heyelan arşiv verilerinden yararlanılarak sistemin yakın geçmişte yaşanan heyelanlarda uyarı vermediği test edilmiştir.

Ayrıca sistemin kurulum tarihinden itibaren ne sıklıkta uyarı ürettiği, bu uyarıların doğruluğu, bu uyarıların karar vericiler tarafından ne oranda dikkate alındığı ve Rize’de heyelan konusuna yaklaşımın ne ölçüde değiştiğinin cevapları aranmıştır. Bu bulgular sonucunda sistemin işlerliği değerlendirilmiştir.

5.1 Şev Stabilite Modeli

Rize ili genelinde yer alan belli başlı şevlerin duraylılık ve risk analizleri bölgenin sayısal yükseklik modeli, eğim durumu, kaya-stratigrafi birimlerinin durumu ve özellikleri, zemin veya toprak nem durumu gibi unsurların bir arada değerlendirilmesiyle “SHALSTAB TOOLS© (Shallow landslide potential tools)” programı kullanılarak tamamlanmıştır.

Shalstab Tools, Microsoft Windows işletim sisteminde çalışan, sığ heyelan oluşum potansiyelinin haritalanmasını sağlayan C++ tabanlı bir yazılımdır. Bu yazılım ESRI firmasının ArcGIS yazılımına eklenti olarak geliştirilmiştir. Shalstab Tools kullanılarak bir bölgenin Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ve analizler için gerekli parametreleri (kohezyon, içsel sürtünme açısı, doğal birim hacim ağırlığı) girdi olarak tanımlanıp, çalışma alanının sığ heyelan potansiyel haritası oluşturulmaktadır (Dietrich ve Montgomery, 1998).

Rize ili geneli için şev duraylılık analizlerinin yapılması şu kriterler gözetilerek ArcGIS ortamında Shalstab Tools kullanılarak gerçekleştirilmiştir:

- a) Rize ili geneli için daha önceden hazırlanmış olan sayısal yükseklik modeli (SYM),
- b) Zemine ait bazı parametreler (kohezyon (c); içsel sürtünme açısı, (ϕ); doğal birim hacim ağırlığı, (γ_n)).

Rize ilinin her yöresine ait zemin parametrelerini elde etmek amacıyla değişik yörelerden farklı zemin türlerini karakterize edecek şekilde zemin örnekleri alınmış ve mekanik, fiziksel parametreleri laboratuvar çalışmaları ile ortaya konulmuştur. İl geneli heyelan potansiyeli açısından toplam 5 ayrı alt bölgeye ayrılmıştır. Bunlar;

- 1) Duraylı bölge
- 2) Orta duraylı bölge
- 3) Kararsız bölge
- 4) Kuraysız bölge
- 5) Tamamen duraysız bölge

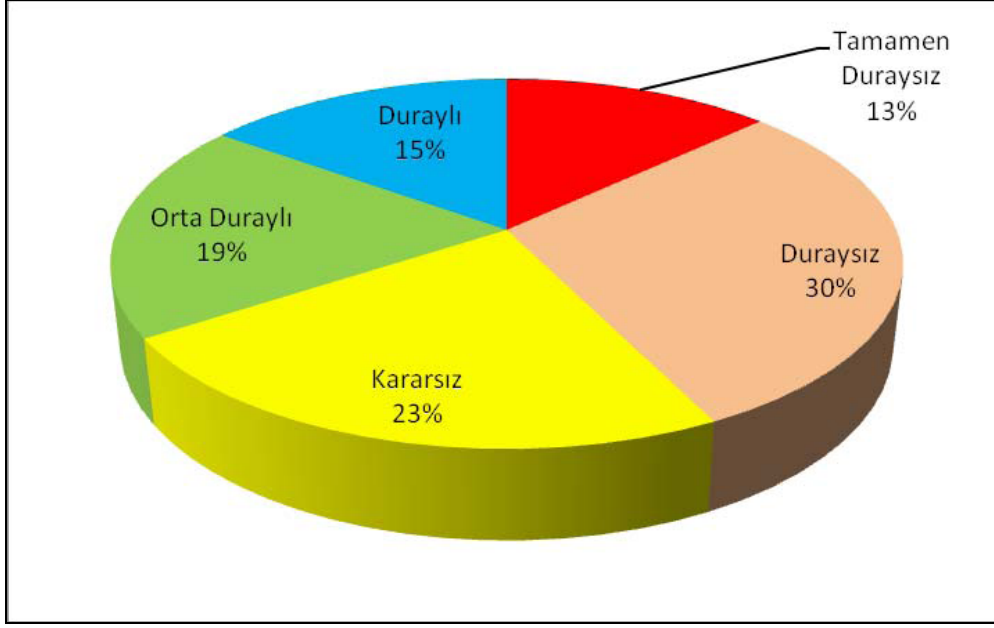
olarak sınıflandırılmıştır (Şahin ve diğ., 2007). Bu sınıflar Shalstab Tools tarafından üretilen verilerin yeniden sınıflandırılması ile elde edilmiştir. Orijinal halde Shalstab Tools'a zemin parametreleri girilmekte ve sonrasında yapılan şev stabilitesi indeks analizi ile belirli sınıflar tanımlanmaktadır. Tanımlamada program doğrudan farklı ϕ ve γ_n değerlerine göre risk gruplarını aşağıdaki gibi 7 ayrı alt sınıf olarak vermektedir. Programın verdiği bu sınıflama Rize İli genelinde yapılan saha çalışmalarında tespit edilen heyelanlar ve heyelan riskleri de gözetilerek yeniden sınıflandırılmıştır. Bu sınıflamada 1.grup: duraylı, 2. ve 3. gruplar birleştirilerek orta duraylı, 4. ve 5. gruplar birleştirilerek kararsız, 6. grup duraysız ve 7. grup ise

tamamen duraysız olarak yeniden tanımlanmıştır (Çizelge 5.1). Şev stabilite analizleri ve buradan türetilen heyelan potansiyel haritalarına esas veriler alansal olarak değerlendirdiğinde Şekil 5.1’de görülen diyagram elde edilmektedir. Buna göre; mevcut değerlendirmeye göre, Rize ili genelinde tamamen duraysız alanlar %13, duraysız alanlar %30, kararsız alanlar %23, orta duraylı alanlar %19 ve duraylı alanlar da %15 oranında yer kaplamaktadır. Bu çalışmada Rize ilinin heyelan tehlikesinin belirlenmesi probleminin çözümü için (1) arazi çalışması ve (2) modelleme konu başlıkları ile sınıflanabilecek iki aşamalı bir yöntem kullanmıştır (Şahin ve diğ., 2007).

Çizelge 5.1: Shalstab programından elde edilen aralık değerleri

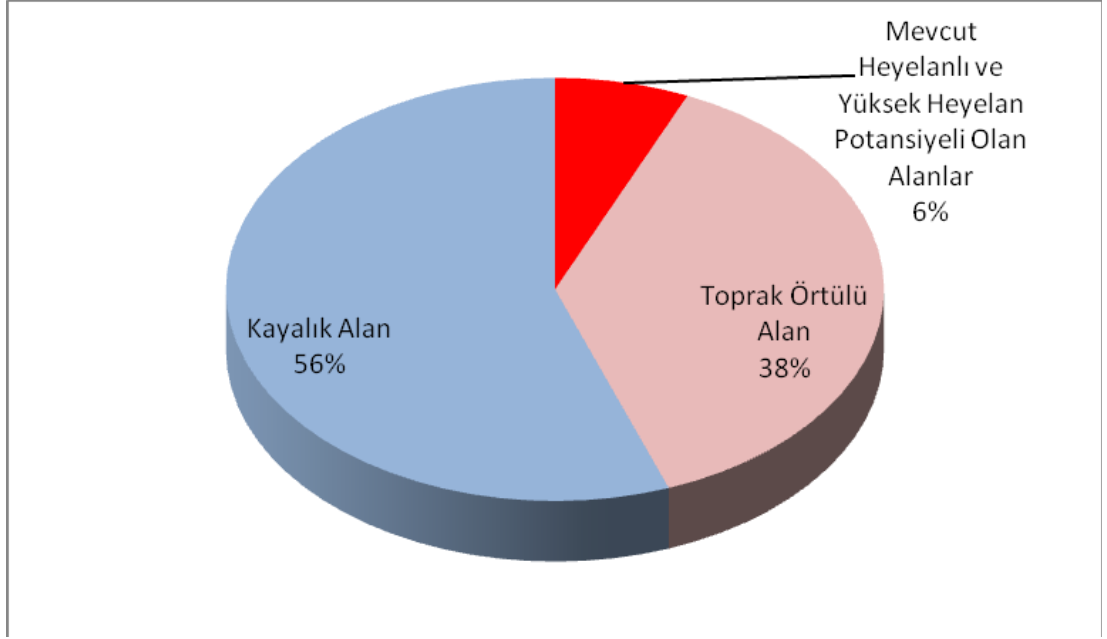
1.grup:	9.8 – 10.1 (duraylı)
2.grup:	-2.2 – 9.8
3.grup:	-2.5 – (-2.2)
4.grup:	-2.8 – (-2.5)
5.grup:	-3.1 – (-2.8)
6.grup:	-9.9 – (-3.1)
7.grup:	-10.1 – (-9.9) (tamamen duraysız)

İlk yöntemde iki dönemde gerçekleştirilen toplam 2 aylık arazi çalışması sonucunda Rize ili genelindeki derin heyelanlar (çizgi ve kapalı alan) ve sığ toprak akımları (yön bilgisi olan nokta) haritalanmıştır. Bu heyelanların özellikleri, jeofizik ve jeoteknik yöntemlerle detaylı olarak incelenmiştir. Bu bölgeler uygun meteorolojik, jeolojik (toprak kalınlığı, toprak yoğunluğu, içsel sürtünme açısı ve kohezyon), morfolojik (yamaç eğimi) koşulların oluşmasıyla yamaç duraysızlığının gerçekleştiği yerlerdir. Bu lokasyonlar potansiyel heyelan tehlikesine açık alanlardır (Şahin ve diğ., 2007).

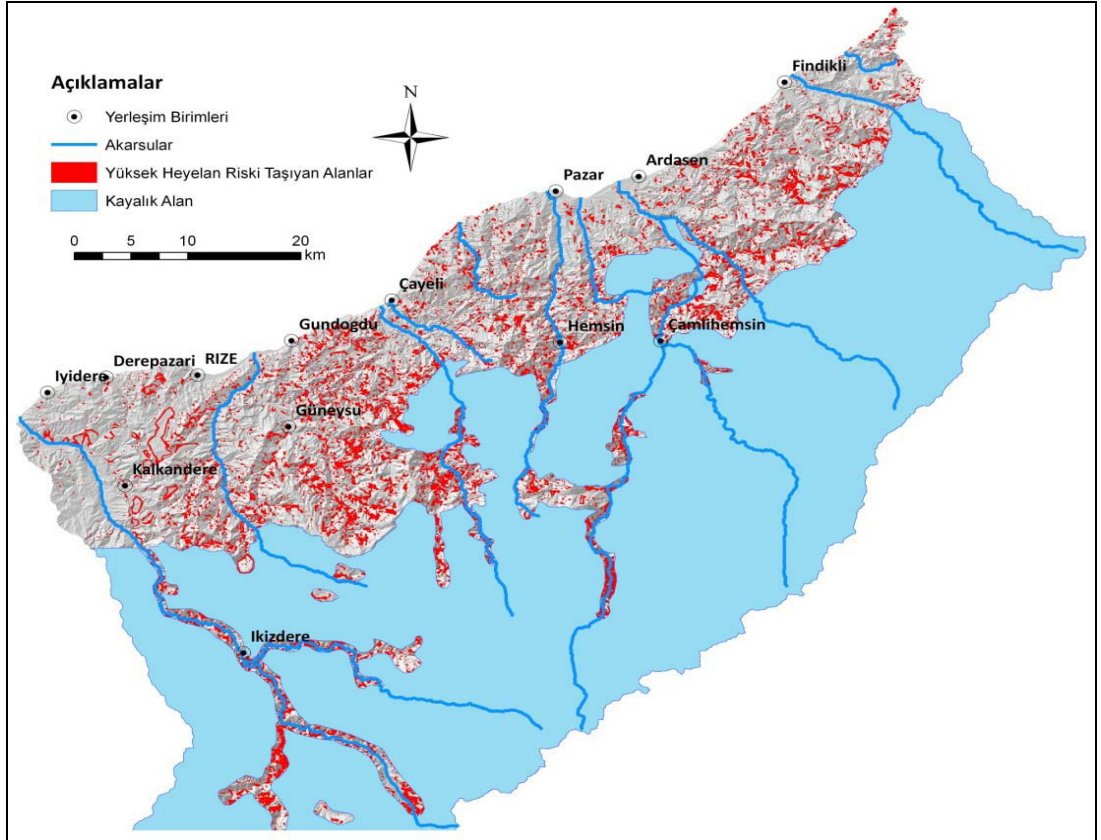


Şekil 5.1: Rize ili heyelan potansiyeli dağılımı (Şahin ve diğ., 2007)

İlk aşama kapsamında Rize ili genelinde toprak kalınlığının 1 m'den düşük yada üzerinde hiç toprak örtüsü bulunmayan kaya alanları da haritalanmıştır. Bu bölgelerin kaya akmaları dışında heyelan tehlikesi bulunmamaktadır ve büyük oranda yerleşim yerleri ile ana yolların dışında kalmaktadır. Bu alan heyelan tehlike analizinden çıkarılmıştır. İkinci aşamada Rize ili genelinin 1/25,000 ölçeğindeki (10m piksel çözünürlüğü) Sayısal Yükseklik Modeli ve arazinin jeoteknik özelliklerine ait veriler ortak kullanılarak Shalstab Tools yazılımı ile bir modelleme çalışması gerçekleştirilmiştir. Rize ilinin yüksek topoğrafik yapısı ve dik yamaçlar ile derin kazılmış vadilerle tanımlanan morfolojisi, heyelan modellemesi sonuçları üzerinde önemli kontrole sahiptir. Bunun sonucu olarak arazi verisinden edilen en yüksek güvenlik katsayılarının kullanılması durumunda bile yüksek şiddette heyelan riski taşıyan alanlar oluşmaktadır. Bu alanlar uygun meteorolojik koşulların da oluşması (belirlenecek olan eşik seviyelerinin aşılması) durumunda kütle hareketlerinin (heyelan ve toprak akması) oluşabileceği öncelikli yerlere ek olarak değerlendirilmelidir. Sonuç olarak tüm bu veriler (haritalanan kütle hareketleri ve Shalstab Tools çıktısı) birlikte değerlendirilerek yağış eşiğinin aşıldığı koşullarda yamaç yenilmesine uğrayabilecek alanlar belirlenmiştir (Şekil 5.3). Bu veri 100m piksel çözünürlüğünde elde edilmiştir. Bu alanlar Rize ili genelinde %6'lık bir alana karşılık gelmektedir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2: Rize il alanı içerisinde kayalık alan ve toprak örtülü alan ile mevcut heyelanlı ve yüksek heyelan potansiyeli olan alanların dağılımları (Tarı ve diğ., 2008)



Şekil 5.3: Rize ili genelinde kayalık alanlar ve yüksek heyelan riski taşıyan alanların dağılımı (Tarı ve diğ., 2008)

5.2 Heyelan Tehlikesi Altında Bulunan Alanların Kullanım Türlerinin Tespiti

RABİS projesi kapsamında jeoloji çalışma grubu tarafından yürütülen bu çalışmalar her ne kadar heyelan gerçekleşme potansiyelini jeolojik olarak ele alsın da fiziksel risk tanımı itibarıyla tam bir anlam ifade etmemektedir. RABİS projesi kapsamında kırılgenlikler tespit edilmediği için heyelan olaylarının tam anlamıyla risk teşkil edip etmediği kesinleştirilmemiştir. Bu çalışmada Rize’de kullanım türlerine göre alanların hangi heyelan tehlike sınıfına girdiği tespit edilmiştir.

Bu analizin yapılmasındaki temel neden mevcut tehlike potansiyelinin riske sebebiyet verip vermediğinin tespitinin yapılmasıdır. Böylece hangi tipte bölgelerin hangi oranda risk altında bulunduğu belirlenmiş olup, karar vericiler için risk azaltma çalışmalarına altlık olacak nitelikte bulgulara ulaşmak amaçlanmıştır.

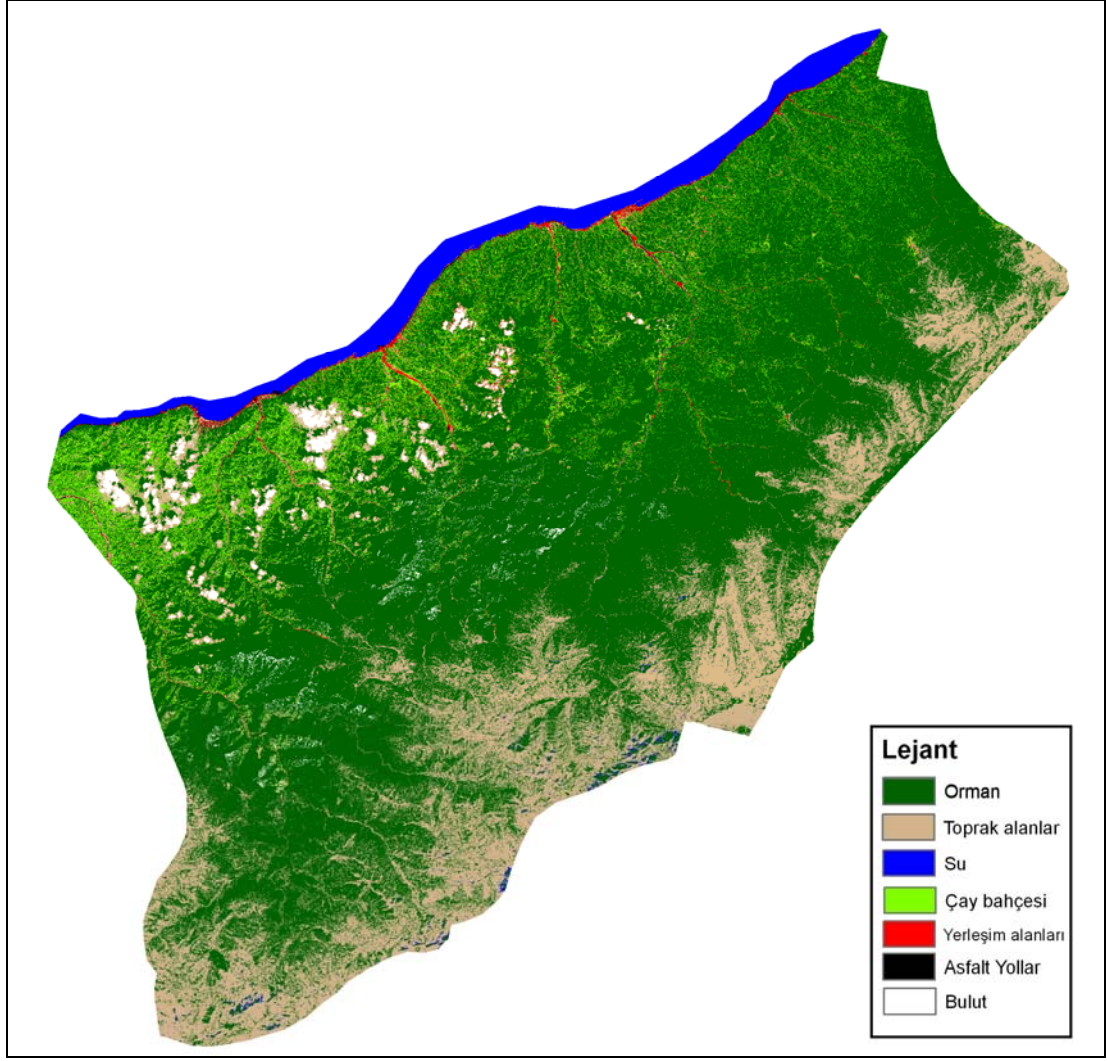
Analizde öncelikle RABİS projesi kapsamında yürütülen uzaktan algılama çalışmaları baz alınmıştır. Burada yararlanılan çalışma Rize ilinin optik uydu görüntüleri kullanılarak üretilmiş bir sınıflandırma verisidir. Sınıflandırma için seçilen uydu görüntüleri SPOT uydusu görüntüleridir. Sınıflandırma doğruluğu kabul edilir düzeydedir (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2: Uzaktan algılama sınıflandırma doğruluk değeri (Tarı ve diğ., 2008)

Sınıf Adı	Referans Toplam	Sınıflandırılmış Toplam	Doğru Nokta Sayısı	Üretici Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu
Orman	69	70	62	%86.00	%88.57
Toprak alanlar	18	22	16	%88.89	%72.73
Çaylık alanlar	10	5	4	%40.00	%80.00

Bu doğrulukta yürütülen sınıflandırma çalışması sonucunda Rize ilinde hakim olan arazi kullanım türleri açıkça görölmektedir (Şekil 5.4) (Tarı ve diğ., 2008).

Bu veriler Rize ilinde arazinin ne şekilde kullanılmakta olduğunu net bir biçimde ve kabul edilebilir doğrulukta ortaya koymaktadır. Bu verilerden yararlanılarak karar vericilerin en çok önemsendiği kavramlardan olan risk kavramını Rize ili için analiz etmek mümkündür. Bu doğrultuda şev stabilite analizleri ve uzaktan algılama analizlerini bir arada değerlendirerek sonuca ulaşmak mümkündür.



Şekil 5.4: Rize ili arazi kullanım türleri (Tarı ve diğ., 2008)

Bu analizler konuma dayalı analizler olmaları nedeniyle Coğrafi Bilgi Sistemi mantığında yer almaktadırlar ve CBS ortamında bir araya getirilerek değerlendirilmiştir. Bunun için ESRI firmasının ürünlerinden ArcInfo 9.2 yazılımı kullanılmıştır. Eldeki verilerin raster formatında olması nedeniyle söz konusu yazılımın “Spatial Analyst” modülünde bulunan “Raster Calculator” alt modülünden yararlanılmıştır. Raster Calculator modülü iki farklı raster verisinin özniteliklerinin bir araya getirilerek değerlendirilmesinde etkin bir araçtır. Bu modülden yararlanılarak eldeki heyelan tehlike verisine ait öznitelikler ile uzaktan algılama sınıflandırma sonuçlarından elde edilen verilere ait öznitelikler karşılaştırılmış ve heyelan tehlikesinin hangi bölgede ne oranda bulunduğu hektar biriminde tespit edilmiştir. Bunun sonucunda ulaşılan sonuçlar Çizelge 5.3’deki gibidir.

Çizelge 5.3: Heyelan tehlikesi altındaki bölgelerin kullanım türlerine göre dağılımı

	TAM DURAYSIZ	DURAYSIZ	KARARSIZ	TOPLAM
YOL	0.30	0.13	0.17	0.6
YERLEŞİM	1.48	3.04	3.11	7.63
ÇAY	16.78	49.02	50.65	116.45

Bu sonuçlar incelendiğinde Rize’de yaklaşık 6000 m²’lik bir yol kesiminin, 76,300m²’lik yerleşim biriminin tehlike altında olduğu görülmektedir. Ancak elde edilen uzaktan algılama sınıflandırma verileri ile halihazır ve uzaktan algılama verileri beraber değerlendirilerek ulaşılan yerleşim birimlerine ait alanlar arasında yaklaşık olarak 1240 ha’lık bir fark bulunmaktadır. Uzaktan algılama görüntülerinden elde edilen yerleşim alanı verisi yaklaşık 2840 ha iken halihazır haritalardan üretilen yerleşim birimlerine ait alan verisi ise 1600 ha olarak gözükmemektedir. Proje sürecinde, verilerden halihazır haritalar yardımıyla üretilen bina verileri kullanılmış olduğundan bu verilerin analize sokularak riskli binaların belirlenmesi daha doğru bir yaklaşımdır. Bu doğrultuda uzaktan algılama verilerinden elde edilen çakıştırılmış risk verilerinden hangilerinin bu binalarla kesiştiğinin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu bakış açısıyla yürütülen çalışmada yaklaşık 200 yerleşim bölgesinin heyelan tehlikesi içeren bölgede yer aldığı ortaya çıkmıştır. Bu tehlike alanlarına ait koordinat ve alan bilgileri Çizelge 5.4’deki gibidir. Bu verilerin harita gösterimi Ek-1’de yer almaktadır. Bu analizler sonucu elde edilen koordinat verileri ED_1950_UTM_Zone_37N şeklinde tanımlanmıştır. Ölçek faktörü 0.9996 olarak kullanılmıştır. Böylece hangi bölgede hangi büyüklükte bir yerleşim bölgesinin tehlike altında olduğu konumlarıyla birlikte bilinmektedir. Bu veri karar vericiler için çok değerli bir veridir ve karar destek sistemlerinde altlık olarak kullanılmasının büyük faydalar sağlayacağı açıktır. Bu analizde dikkat çeken bir diğer nokta da uzaktan algılama sınıflandırma verisi ile sayısallaştırma işlemleri sonucu üretilen veri arasındaki çok büyük farktır. Sayısallaştırma sonuçlarının daha yüksek doğruluğa sahip olduğu bilindiğinden, uzaktan algılama sınıflandırmasının yerleşim birimleri için bir hayli düşük doğruluğa sahip olduğunu söylemek mümkündür.

Çizelge 5.4: Heyelan tehlikesi altındaki yeleşim birimlerinin konum ve alan verileri

ID	ALAN (m ²)	X(m)	Y(m)	ID	ALAN(m ²)	X(m)	Y(m)
1	10000	682073.4	4566707	51	10000	637673.4	4538207
2	10000	683673.4	4565907	52	10000	635673.4	4537807
3	10000	683573.4	4563007	53	10000	676073.4	4536107
4	20000	673973.4	4562257	54	10000	639473.4	4535007
5	20000	666373.4	4559657	55	10000	630273.4	4530907
6	10000	655473.4	4559307	56	10000	625773.4	4528007
7	10000	653773.4	4559107	57	10000	622673.4	4526607
8	10000	666873.4	4558707	58	10000	624373.4	4523807
9	10000	651373.4	4558307	59	10000	624673.4	4523807
10	10000	680573.4	4555907	60	10000	685068.2	4561329
11	10000	681473.4	4555807	61	10000	651368.2	4558229
12	10000	675373.4	4555607	62	10000	650868.2	4557629
13	10000	682473.4	4555507	63	10000	681368.2	4555729
14	10000	679573.4	4555407	64	10000	679868.2	4555329
15	20000	649273.4	4555057	65	10000	659468.2	4545829
16	10000	662373.4	4554707	66	10000	649368.2	4543929
17	10000	648073.4	4554607	67	10000	641768.2	4543329
18	10000	653073.4	4553807	68	10000	649668.2	4543329
19	10000	653173.4	4553707	69	10000	672468.2	4542929
20	10000	648973.4	4553507	70	10000	651668.2	4542429
21	10000	647573.4	4553407	71	10000	649668.2	4542229
22	10000	648173.4	4553407	72	20000	650118.2	4542229
23	10000	648673.4	4552907	73	10000	672468.2	4542229
24	10000	647373.4	4552007	74	40000	649893.2	4542254
25	10000	645973.4	4550907	75	30000	650101.6	4541995
26	10000	653573.4	4550707	76	10000	631768.2	4541629
27	10000	662873.4	4550607	77	20000	673218.2	4540529
28	10000	646173.4	4550407	78	10000	673368.2	4540329
29	10000	658073.4	4550007	79	10000	674268.2	4538329
30	10000	645673.4	4549607	80	10000	674168.2	4538029
31	10000	658773.4	4549607	81	10000	643568.2	4535229
32	10000	646373.4	4549407	82	20000	639468.2	4532979
33	10000	667373.4	4548507	83	10000	631668.2	4529829
34	10000	651473.4	4548207	84	10000	623468.2	4525229
35	10000	648973.4	4547907	85	10000	684973.4	4574407
36	10000	659173.4	4547307	86	10000	683473.4	4570607
37	10000	642173.4	4546707	87	10000	677173.4	4567507
38	10000	659773.4	4546707	88	10000	687173.4	4566607
39	10000	637273.4	4546607	89	10000	684673.4	4565507
40	10000	644873.4	4546607	90	10000	679973.4	4564807
41	10000	645073.4	4546607	91	10000	681873.4	4564407
42	10000	650473.4	4546307	92	10000	682473.4	4564007
43	20000	650323.4	4546207	93	10000	670473.4	4563907
44	10000	636173.4	4546107	94	10000	655973.4	4560007
45	10000	659673.4	4545907	95	10000	655873.4	4559807
46	10000	650973.4	4545807	96	10000	667173.4	4559707
47	30000	649573.4	4545707	97	10000	666673.4	4559507
48	10000	659873.4	4545707	98	10000	653773.4	4559307
49	10000	661273.4	4545507	99	10000	653873.4	4558807
50	10000	647873.4	4545307	100	10000	670973.4	4558807

Çizelge 5.4: (devamı)

ID	ALAN(m ²)	X(m)	Y(m)	ID	ALAN(m ²)	X(m)	Y(m)
101	10000	677473.4	4544607	152	10000	651373.4	4558307
102	10000	660473.4	4544507	153	10000	667073.4	4558307
103	10000	648473.4	4543307	154	10000	651873.4	4558207
104	10000	649673.4	4543307	155	20000	651223.4	4558007
105	10000	633473.4	4541507	156	10000	651073.4	4556907
106	10000	634073.4	4540507	157	10000	652573.4	4556907
107	10000	641573.4	4539607	158	10000	657273.4	4556807
108	10000	636273.4	4538507	159	10000	654573.4	4556607
109	10000	650973.4	4556207	160	20000	647973.4	4545657
110	10000	661473.4	4556107	161	10000	642273.4	4545507
111	10000	666773.4	4556107	162	10000	644473.4	4545507
112	10000	654273.4	4556007	163	10000	648173.4	4545407
113	10000	681573.4	4555807	164	20000	648423.4	4545207
114	10000	652173.4	4555607	165	10000	659673.4	4545207
115	10000	662073.4	4555607	166	10000	645973.4	4545007
116	10000	681873.4	4555307	167	20000	648673.4	4544857
117	10000	649273.4	4555207	168	20000	660123.4	4544507
118	10000	648673.4	4555107	169	10000	647073.4	4543907
119	10000	675973.4	4555007	170	10000	640773.4	4543607
120	10000	678073.4	4555007	171	10000	668073.4	4543407
121	10000	649373.4	4554507	172	10000	633173.4	4543307
122	10000	660273.4	4554007	173	10000	672473.4	4542907
123	10000	661273.4	4554007	174	10000	626973.4	4542707
124	10000	657273.4	4553807	175	10000	635873.4	4542707
125	20000	655973.4	4553657	176	10000	618073.4	4542107
126	10000	660073.4	4553407	177	10000	623073.4	4541707
127	10000	661473.4	4551307	178	10000	621273.4	4541607
128	10000	645873.4	4551107	179	10000	632073.4	4540907
129	10000	646373.4	4550807	180	10000	633273.4	4540707
130	10000	658273.4	4550707	181	10000	630473.4	4540507
131	10000	658973.4	4550407	182	10000	628773.4	4540107
132	10000	663373.4	4550407	183	10000	623473.4	4539607
133	10000	680873.4	4550407	184	10000	641773.4	4539507
134	10000	664973.4	4550207	185	10000	630673.4	4539307
135	10000	649773.4	4549907	186	10000	635173.4	4539307
136	10000	663673.4	4549907	187	10000	621873.4	4538507
137	10000	645373.4	4549807	188	10000	620873.4	4538207
138	10000	648073.4	4549507	189	10000	629973.4	4537807
139	10000	644273.4	4549407	190	10000	629473.4	4536707
140	10000	645273.4	4549407	191	10000	676073.4	4536407
141	10000	646873.4	4549407	192	10000	643173.4	4535607
142	10000	646973.4	4549207	193	10000	639373.4	4535007
143	20000	651823.4	4549107	194	10000	630473.4	4534507
144	10000	643873.4	4548707	195	10000	623573.4	4534407
145	10000	657973.4	4548707	196	10000	621373.4	4534007
146	10000	641173.4	4548507	197	10000	639473.4	4533507
147	10000	650473.4	4548507	198	10000	635273.4	4533407
148	10000	660873.4	4548507	199	10000	627173.4	4533207
149	10000	644273.4	4548207	200	10000	621773.4	4532407
150	10000	640373.4	4548107	201	10000	626773.4	4531607
151	10000	644473.4	4548107	202	10000	631573.4	4531607

Çizelge 5.4: (devamı)

ID	ALAN(m ²)	X(m)	Y(m)
203	10000	649773.4	4547907
204	10000	651673.4	4547907
205	10000	646173.4	4547607
206	10000	639073.4	4547507
207	10000	651373.4	4547407
208	10000	650373.4	4547007
209	10000	638573.4	4546907
210	10000	645673.4	4546807
211	10000	637673.4	4546707
212	10000	647373.4	4546607
213	10000	659873.4	4546507
214	10000	647473.4	4546207
215	20000	668373.4	4546057
216	10000	668473.4	4545907
217	10000	623573.4	4529307
218	10000	622373.4	4526907
219	10000	622373.4	4525807
220	10000	624473.4	4525107
221	10000	623873.4	4519107
222	10000	623373.4	4518907
223	10000	628373.4	4530607
224	10000	659673.4	4545807

Bu analizler sonucu elde edilen bir diğer önemli veri çaylık alanların yoğun bir biçimde heyelan tehlikesi altında olduğudur. Bu da kontrolsüz çay ekiminin Rize özelinde önemli bir heyelan faktörü olduğunun altını çizen çalışmaları doğrular nitelikte bir veri olarak karşımıza çıkmaktadır.

5.3 Meteorolojik Model

Bu çalışmada RABİS kapsamında Rize ilini en iyi biçimde temsil edecek meteorolojik model belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda test edilen modellerden MM5 (5th Generation Meso-scale Model) modeli kullanılmıştır. MM5 modeli NCAR (National Center for Atmospheric Research-USA) tarafından geliştirilmiş ve tüm dünyada birçok meteoroloji örgütünde ve özellikle üniversitelerde kullanılan bir modeldir. Yüksek çözünürlükte kuvvetli fizik ve topoğrafya seti ile oldukça iyi sonuçlar veren MM5 modeli çoklu iç içe geçmiş bölge yapısını desteklemesi, 10 km ve altındaki çözünürlüklerde çalışma kabiliyetine (non-hydrostatic) sahip olması nedeniyle tercih edilmektedir. MM5 modeli şu anda Türkiye’de günde 4 defa 00, 06,

12, 18 UTC’de, iki ayrı alanda iki farklı çözünürlükte eş zamanlı olarak DMİ tarafından çalıştırılmaktadır. İç içe geçmiş bu alanların yatay çözünürlüğü birinci bölge için 27 km, Türkiye ve denizleri için ise 9 km’dir (Çöleri ve diğ., 2007).

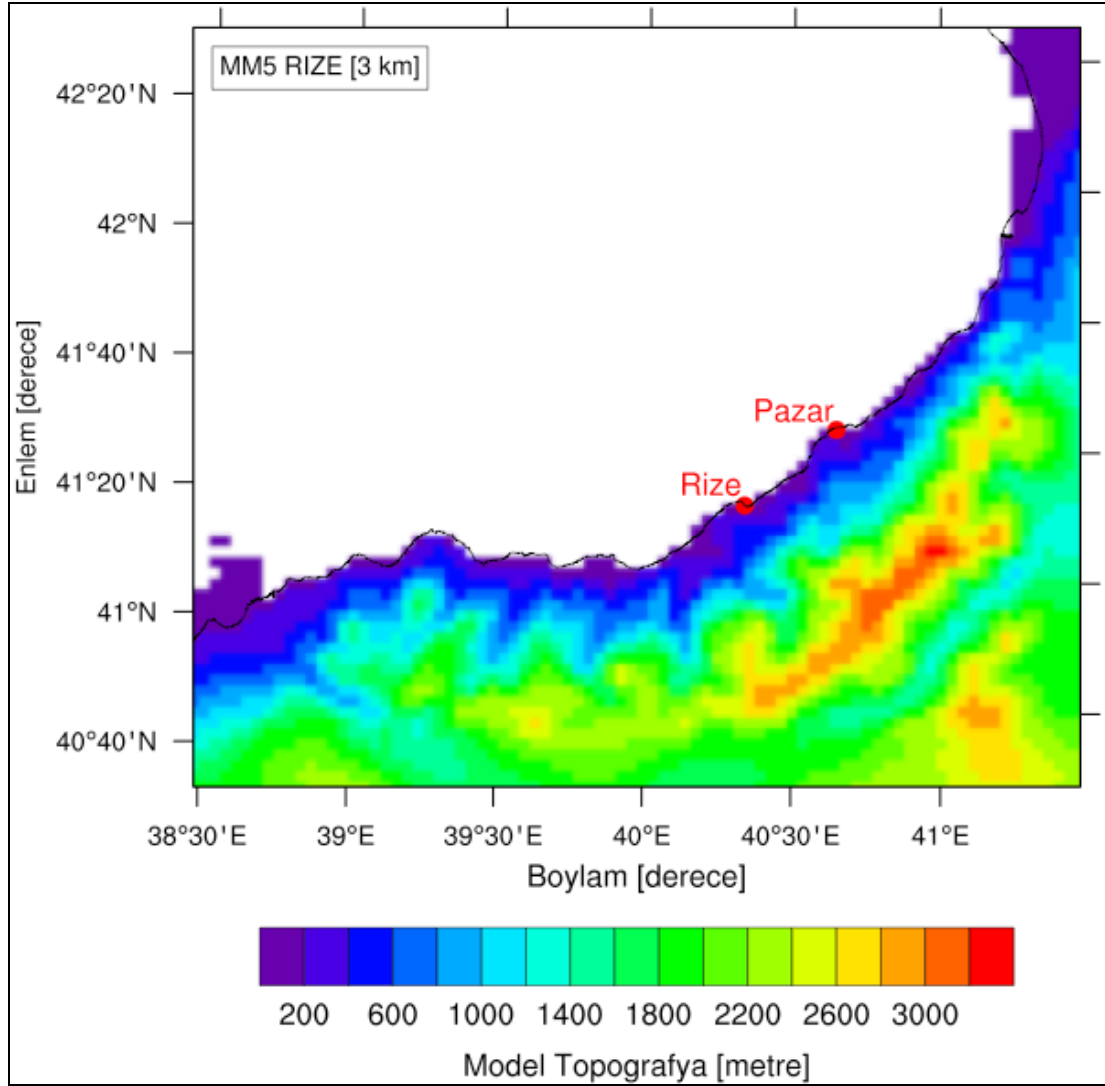
MM5 model sonuçları olarak şu anda yukarı seviyeler için tüm standart ve ara basınç seviyelerinde sıcaklık, rüzgar, geopotansiyel yükseklik, nem, düşey hız, akım çizgileri, diverjans ürünleri, yer seviyesi için ise MSLP, 2m sıcaklığı, 10m rüzgar, toplam yağış (istenilen aralıklarda), kar karışım oranı, yağışa geçebilir su miktarı, konvektivite, tansiyon değerleri üretilmektedir (Çöleri ve diğ., 2007).

MM5 modelinde kullanılan başlangıç ve sınır verisi ECMWF’nin (Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi) Sınır Koşulları Projesi’nden (BC-Suite) temin edilmektedir. Sadece t+0 (t=başlangıç zamanı) tahmin adımı tüm alan için içi dolu, t+3’ten t+48’e kadar olan adımlarda ise önceden tanımlanan çerçeve alanın verisi verilmektedir (Çöleri ve diğ., 2007).

Bu doğrultuda MM5 modeli, ilk olarak Rize ili ve çevresini merkez alacak şekilde kurgulanmış ve simülasyon, 2006 yılının Kasım ayı için gerçekleştirilmiştir. Simülasyonda Kasım ayının kullanılması bu ayın bölgede en fazla heyelan olan aylar arasında olması nedeniyledir. En dıştaki alan Avrupa, Akdeniz, Kuzey Afrika ve Orta Doğu’yu içine alan bir alanı içerir ve 81 km çözünürlüğe sahiptir. İkinci bölge Türkiye, Balkanlar, Karadeniz, Hazar Denizi, Kafkaslar ve Karadeniz’in kuzeyindeki ülkelerin bir kısmını içerir ve 27 km çözünürlüğe sahiptir. Üçüncü alan Doğu Karadeniz bölgesi ile Karadeniz’in doğusunu içerir ve 9 km çözünürlüğe sahiptir (Çöleri ve diğ., 2007). RABİS projesi kapsamında yürütülen tahmin çalışmasında bu değer 7km olarak kullanılmıştır.

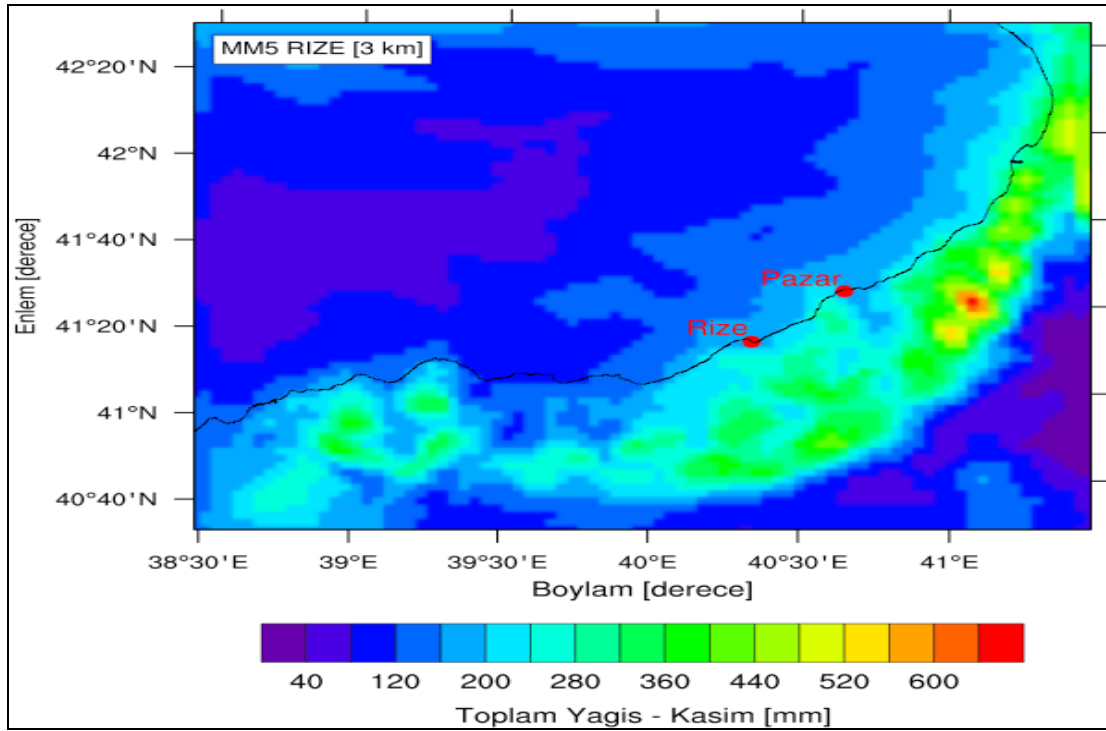
Bu konfigürasyonda tek yönlü kümeleme yapılmaktadır. Yani kümeler arasındaki geçişler dışarıdan içeriye doğrudur. Ancak, modelde iki yönlü geçişler de mümkündür. Modelin kurgulanmasında düşeyde 23 sigma (basınç/yüzey basıncı) seviyesi tanımlanmıştır. Bu sayı artırılarak daha iyi bir düşey çözünürlük elde edilebilir. Model topoğrafyası GTOPO30 (USGS tarafından üretilmiş olan küresel boyutta sayısal yükseklik modeli) adlı veri setinden elde edilmiştir. Bu veri seti kullanılarak en içteki veri kümesi için elde edilen topoğrafya haritası Şekil 5.5’de gösterilmektedir. Bu haritada Rize ilinde topoğrafyanın deniz seviyesinden 3000

m'nin üzerine çıkan yükseltiler arasında değiştiğini görmek mümkündür (Tarı ve diğ., 2008).



Şekil 5.5: MM5 modeli ile oluşturulan 3km çözünürlüklü Rize ili topoğrafyası (Tarı ve diğ., 2008)

Daha önce bahsedildiği gibi, yukarıda detayları açıklanan konfigürasyon kullanılarak MM5 modeli 2006 yılının Kasım ayı için çalıştırılmıştır. Geçmiş veriler kullanılarak çalıştırılmasının sebebi model çıktıların karşılaştırılabileceği ölçüm verilerine ulaşmanın kolay olmasıdır. Bu tip karşılaştırmalar modelin optimum performansa ayarlanması için önemlidir. Bu tip simülasyonlarda ilk önce en önemli iki iklim parametresine bakılır; bunlar yağış ve sıcaklıktır. Şekil 5.6, 2006 yılı Kasım ayı için simüle edilen toplam yağış miktarlarının dağılımını göstermektedir (3km çözünürlüklü).



Şekil 5.6: MM5 modeli ile oluşturulan Rize ili Kasım 2006'ya ait yağış dağılımı (Tarı ve diğ., 2008)

Rize ilinde bulunan iki meteorolojik gözlem istasyonunda (Rize ve Pazar) günlük yağış ve sıcaklık ölçümleri mevcuttur. Bu nedenle modelde bu iki merkeze en yakın iki gridden elde edilen günlük yağış ve sıcaklık verilerinin bu istasyonlardan elde edilen günlük yağış ve sıcaklık verileri ile karşılaştırılması yoluna gidilmiştir. Ayrıca değişik duyarlılık simülasyonları da gerçekleştirilmiştir. Bu simülasyonlara ait bilgiler Çizelge 5.5'de verilmektedir.

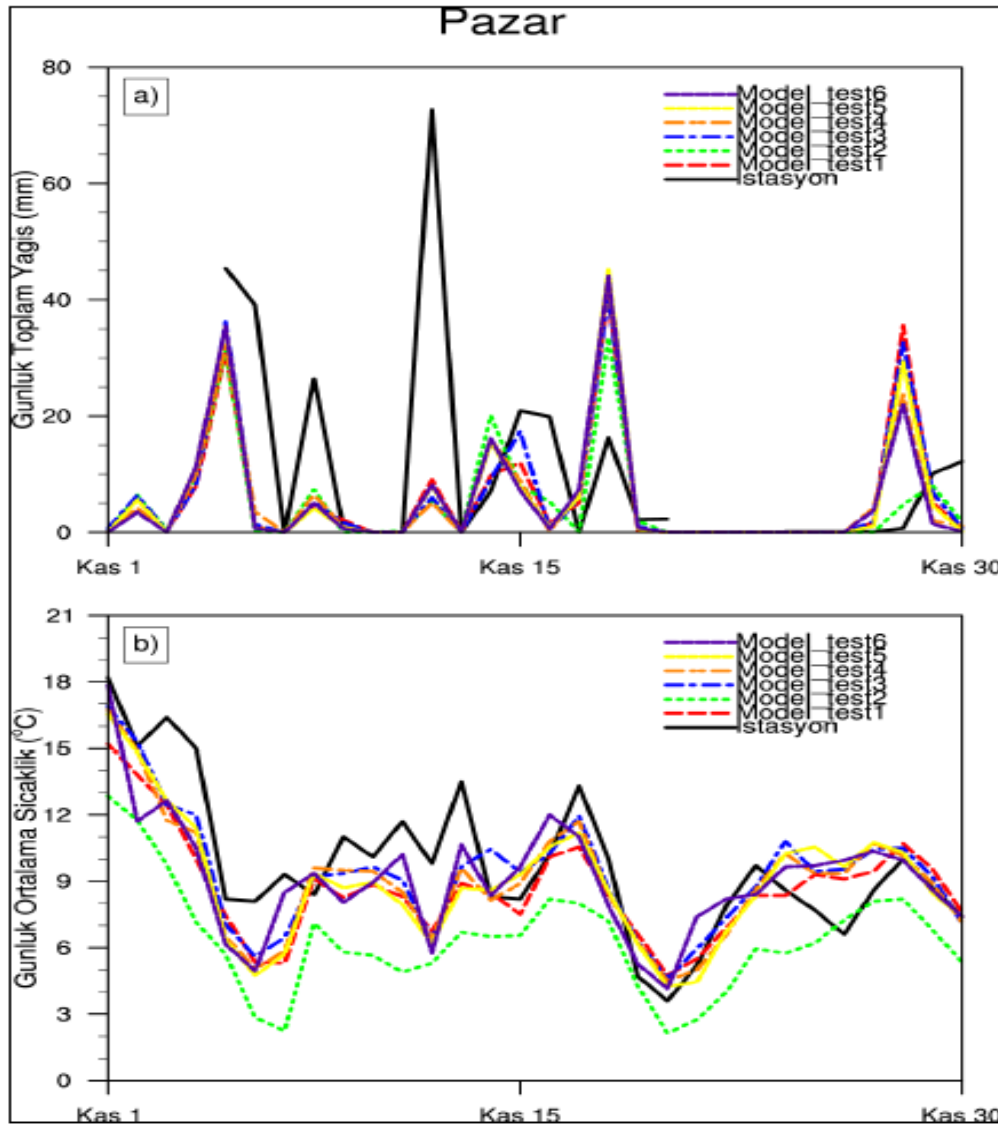
Bu simülasyonlara ait grafikler Şekil 5.7'de Pazar ilçesinde bulunan istasyon verisiyle karşılaştırmalı olarak verilmektedir. “Model_test1” simülasyonu kontrol simülasyonudur. Modelin bilinen olarak çalıştırılması ile elde edilmiştir. Model_test2 simülasyonu, başlangıç şartının simülasyon üzerindeki etkisini araştırmak için gerçekleştirilmiştir. Farklı bir zamandan başlanması modelin performansını iyileştirmemiştir.

Çizelge 5.5: Simülasyon bilgileri (Tarı ve diğ., 2008)

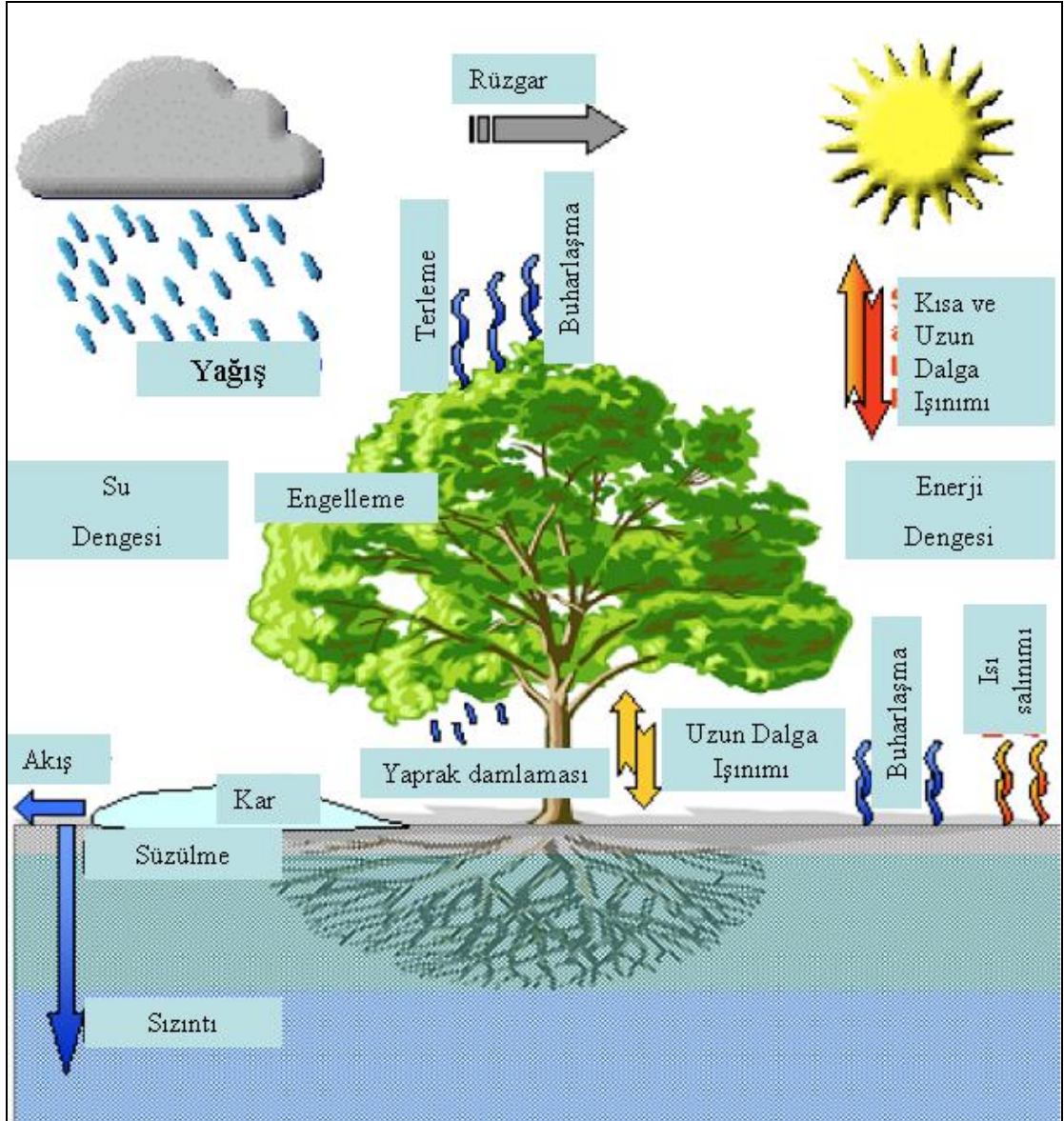
Simülasyonlar	Periyot	Arazi Yüzeyi Modeli	Kümüls Şeması	Düşey seviyeler
Model_test1	Kasım	5 tabaka toprak	KF2	23 tane
Model_test2	Kasım	5 tabaka toprak	KF2	23 tane
Model_test3	Kasım	NOAH	KF2	23 tane
Model_test4	Kasım	NOAH	Grell+KF2	23 tane
Model_test5	Kasım	NOAH	Grell+KF2	30 tane

MM5 modeli, bu iki simülasyonlarda kullanılan konfigürasyonlarda arazi yüzeyi modeli olarak “beş tabaka toprak modeli” (five layer soil model) olarak adlandırılan bir modeli içermektedir. Bu model, yüzey ile hemen üzerindeki hava tabakası arasındaki enerji ve momentum değişimlerini çok basit bir şekilde hesaplamaya yarayan bir modeldir. Ancak bu çalışmada amaç arazi yüzeyi modeli olarak daha gelişmiş bir modeli kullanmaktır. MM5 modeli ile çalışabilen böyle bir model mevcuttur. NOAH (National Centers for Environmental Prediction (NCEP), Oregon State University (Dept of Atmospheric Sciences), Air Force, Hydrologic Research Lab)-LSM (Land Surface Model) olarak adlandırılan bu model Şekil 5.8’de gösterilen yüzey su ve enerji işleyişi ile ilgili bütün süreçleri hesaplamaktadır. Ancak diğer basit modele göre yüzey ile ilgili çok daha fazla bilgiye ihtiyaç duymaktadır (Tarı ve diğ., 2008). Bu model toprak nemi ve sıcaklığını dört seviyede (10, 30, 60, 100 cm kalınlıklarında) kestirmede, arazi örtüsü nemini ve suya eşdeğer kar derinliğinin tespitinde kullanılan bir modeldir. Ayrıca yüzey ve yer altı geçiş birikimlerinin çıktı olarak sunulmasını sağlar. LSM modeli toprak iletkenliği ve nemin yer çekimine bağlı akışını hesaba katmasının yanında, bitki örtüsü ve toprak tiplerinin terleme yoluyla nem oluşumundaki kontrol kapasitesini de dikkate alır (MM5 Modeling System Version 3, 2005). RABİS kapsamında bu model MM5 ile çalışır hale getirilmiş ve duyarlılık simülasyonlarında kullanılmıştır. İlk olarak, “Model_test1” simülasyonu yeni arazi yüzeyi modeli kullanılarak tekrarlanmıştır (Model_test3 simülasyonu). Bu simülasyon; sıcaklıkta önemli, yağışta ise küçük de olsa iyileştirmelere sebep olmuştur (Şekil 5.7). Bir diğer simülasyon kümülüs bulutları şeması değiştirilerek gerçekleştirilmiştir (Model_test4 simülasyonu). En

dışta bulunan iki alanda Kain-Fritch şemasının (KF) ikinci versiyonu yerine Grell şeması kullanılmıştır. Bu değişiklik matematiksel olarak anlamlı bir ilerlemeye neden olmamıştır. Rize ili ve civarındaki arazinin kompleks ve yüksek kotlu olması nedeniyle düzeydeki (atmosferik) süreçlerin daha iyi simüle edilebilmesi amacıyla düzeydeki seviyelerin sayısı 23'ten 30'a çıkarılarak beşinci bir simülasyon (Model_test5) daha gerçekleştirilmiştir. Ancak bu değişiklik ile yapılan simülasyon da önemli sayılabilecek bir ilerleme ile sonuçlanmamıştır. Bu duyarlılık simülasyonları göstermektedir ki MM5 modelinin performansı genel olarak kabul edilebilir düzeydedir. Ancak gelişmiş bir arazi yüzeyi modeli kullanılarak özellikle sıcaklık gibi yüzey parametrelerinde iyileştirmeler yapmak mümkündür (Tarı ve diğ., 2008).



Şekil 5.7: MM5 modeli performans test grafiği (Pazar) (Tarı ve diğ.,2008)



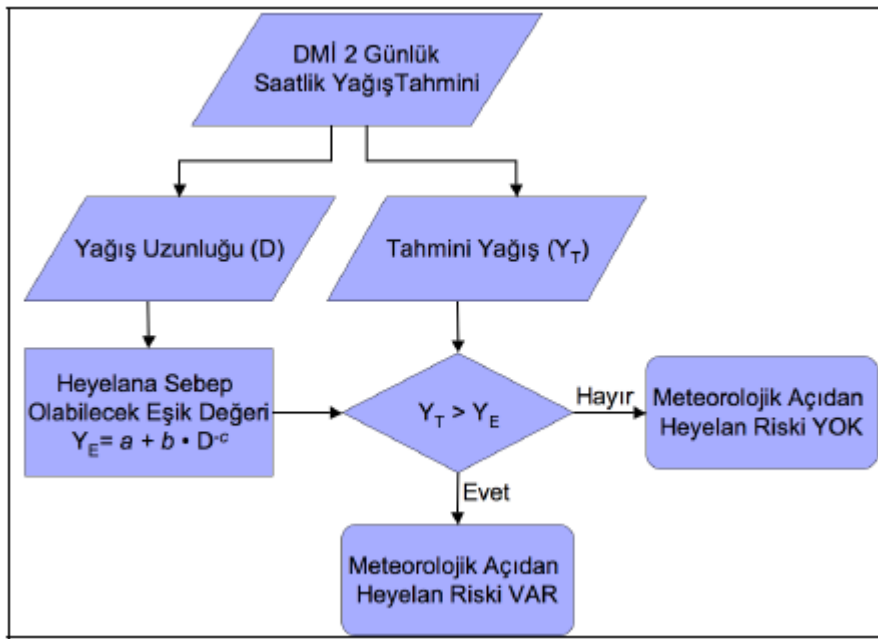
Şekil 5.8: NOAH-LSM modeli genel gösterimi (Tari ve diğ., 2008)

5.4 Coğrafi Bilgi Sistemi

Wilson ve Fotheringham'ın (2008) belirttiği üzere CBS çeşitli veri kaynaklarından elde edilen farklı verilerin bir arada incelenmesinde ve bu girdilerin farklı ölçeklerdeki ilişkilerinin analiz edilmesinde çok önemli bir araç olarak kullanılabilmektedir. Literatür özeti bölümünde de detaylı bir biçimde görülebileceği gibi CBS özellikle heyelan modellenmesinde çok sıklıkla ve verimli bir biçimde kullanılan bir yöntemdir. CBS'nin bu sıklıkla kullanılıyor olmasının en büyük nedeni heyelan olgusunun tahmininde birden fazla ve birbiriyle çeşitli katsayılarla etkileşim içinde bulunan parametrelerin analizlerde kullanılması zorunluluğudur. Bu çalışmada da heyelan risk analizi sonucu elde edilen çıktılar ile meteorolojik çıktılar CBS

ortamında bir araya getirilerek ilişkilendirilmiştir. Heyelan risk analizlerinin de CBS ortamında yürütülmüş olması bu sonuç analizinin yapılmasını kolaylaştırmıştır. Ancak meteorolojik model çıktılarının farklı bir yazılım ortamında yürütülüyor olması CBS ile doğrudan entegrasyonu zorlaştırmıştır. Bu nedenle RABİS kapsamında bir arayüz geliştirilmiş ve NETCAD 5.0 ortamında heyelan riskini üretebilen bir sistem geliştirilmiştir. Analizlerin CBS ortamında entegrasyonu esnasında en önemli noktayı heyelan tahmininin ne şekilde yürütüleceği oluşturmuştur. Bu kapsamda yapılan araştırmalar sonucunda belirlenen jeolojik heyelan risk analizi verisi üzerine, meteorolojik eşik değerin işlenmesi uygun görülmüştür (Tarı ve diğ., 2008).

Meteorolojik eşik değerin sisteme dahil edilmesi ve meteorolojik açıdan heyelan riskinin belirlenmesi şu şekilde şematize edilebilir (Şekil 5.9).



Şekil 5.9: Heyelan tahmininde kullanılan meteorolojik risk algoritması (Tarı ve diğ., 2008)

Bu sistemde öncelikle Devlet Meteoroloji İşleri’nden ileriye dönük 48 saatlik yağış tahmin verisi elde edilmektedir. Bu verinin CBS ortamında kullanılabilir olması için DMI’den elde edilen veri seti hazırlanan uygulama (Şekil 5.10) ile .dat dosyası olarak Şekil 5.11’deki formata çevrilmektedir.

```

        satir = mesaj.Split(new char[] { '\r', '\n' }, StringSplitOptions.RemoveEmptyEntries);

        sr.Dispose();
        SaveFilePre();
        for (int i = 0; i < satir.Length; i++)
        {
            string[] sutun;
            sutun = satir[i].ToString().Split(Convert.ToChar(32));
            string[] sutunic = new string[60];

            int n = 0;
            for (int k = 0; k < sutun.Length; k++)
            {
                if (sutun[k] != "")
                {
                    if (sutun[k] == "NaN" || sutun[k] == "Infinity") //NaN Infinity
                        sutun[k] = "0";
                }
            }
        }
    }

```

Şekil 5.10: DMİ verisinin .dat formatına dönüşmesini sağlayan kod

39.91074	39.17334	0.00000	0.24907	0.43829	0.48010	0.44382	0.33117	0.22595	0.30158	0.50278
39.90410	39.25757	0.00000	0.23161	0.50745	0.52247	0.53709	0.48610	0.37129	0.40727	0.57378
39.89739	39.34155	0.00000	0.00000	0.46361	0.43991	0.48181	0.53155	0.47432	0.51371	0.62310
39.89060	39.42578	0.00000	0.00000	0.26311	0.22049	0.24741	0.38385	0.43227	0.54569	0.64066
39.88376	39.50977	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.25334	0.38826	0.60305	0.74894
39.87685	39.59375	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.31432	0.51418	0.83699	1.08104
39.86987	39.67798	0.00000	0.00000	0.32574	0.27767	0.32834	0.55462	0.83578	1.27907	1.64742
39.86282	39.76196	0.00000	0.30619	0.51283	0.42747	0.48303	0.69314	1.01948	1.50194	1.88280
39.85570	39.84595	0.00000	0.42142	0.64938	0.52279	0.55330	0.70553	1.03013	1.49315	1.83358
39.84851	39.92993	0.00000	0.43685	0.64701	0.39914	0.35352	0.41651	0.64665	1.02992	1.28904
39.84126	40.01392	0.00000	0.49480	0.64651	0.23343	0.00000	0.00000	0.00000	0.37030	0.52849
39.83394	40.09766	0.00000	0.50326	0.54287	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
39.82655	40.18164	0.00000	0.47770	0.40873	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Şekil 5.11: DMİ verisinin CBS ortamına uyumlu versiyonu

Bu dosya içeriğinde Rize bölgesine ait gridlerin ağırlık merkezlerinin enlem ve boylam verileriyle toplam 48 saat olmak üzere 1 saat aralıklı yağış tahmin verileri bulunmaktadır. Bu verinin heyelan tahmininde kullanılabilmesi için veritabanına aktarılması gerekmektedir. Bu amaçla Şekil 5.12'deki kod .NET ortamında geliştirilmiştir.

```

        SqlCommand cmd = new SqlCommand();

        cmd = new SqlCommand("update DMI SET D_1 =" + satir[2] + " ,D_2 =" + satir[3] + " ,D_3 =" + satir[4] + " ,D_4 =" + satir[5] + " ,D_5 =" + satir[6] + " ,D_6 =" + satir[7] + " ,D_7 =" + satir[8] + " ,D_8 =" + satir[9] + " ,D_9 =" + satir[10] + " ,D_10 =" + satir[11] + " ,D_11 =" + satir[12] + " ,D_12 =" + satir[13] + " ,D_13 =" + satir[14] + " ,D_14 =" + satir[15] + " ,D_15 =" + satir[16] + " ,D_16 =" + satir[17] + " ,D_17 =" + satir[18] + " ,D_18 =" + satir[19] + " ,D_19 =" + satir[20] + " ,D_20 =" + satir[21] + " ,D_21 =" + satir[22] + " ,D_22 =" + satir[23] + " ,D_23 =" + satir[24] + " ,D_24 =" + satir[25] + " ,D_25 =" + satir[26] + " ,D_26 =" + satir[27] + " ,D_27 =" + satir[28] + " ,D_28 =" + satir[29] + " ,D_29 =" + satir[30] + " ,D_30 =" + satir[31] + " ,D_31 =" + satir[32] + " ,D_32 =" + satir[33] + " ,D_33 =" + satir[34] + " ,D_34 =" + satir[35] + " ,D_35 =" + satir[36] + " ,D_36 =" + satir[37] + " ,D_37 =" + satir[38] + " ,D_38 =" + satir[39] + " ,D_39 =" + satir[40] + " ,D_40 =" + satir[41] + " ,D_41 =" + satir[42] + " ,D_42 =" + satir[43] + " ,D_43 =" + satir[44] + " ,D_44 =" + satir[45] + " ,D_45 =" + satir[46] + " ,D_46 =" + satir[47] + " ,D_47 =" + satir[48] + " ,D_48 =" + satir[49] + " ,D_49 =" + satir[50] + " ,D_50 =" + satir[51] + " ,D_51 =" + satir[52] + " ,D_52 =" + satir[53] + " ,D_53 =" + satir[54] + " ,D_54 =" + satir[55] + " ,D_55 =" + satir[56] + " ,D_56 =" + satir[57] + " ,D_57 =" + satir[58] + " ,D_58 =" + satir[59] + " ,D_59 =" + satir[60] + " ,D_60 =" + satir[61] + " ,D_61 =" + satir[62] + " ,D_62 =" + satir[63] + " ,D_63 =" + satir[64] + " ,D_64 =" + satir[65] + " ,D_65 =" + satir[66] + " ,D_66 =" + satir[67] + " ,D_67 =" + satir[68] + " ,D_68 =" + satir[69] + " ,D_69 =" + satir[70] + " ,D_70 =" + satir[71] + " ,D_71 =" + satir[72] + " ,D_72 =" + satir[73] + " ,D_73 =" + satir[74] + " ,D_74 =" + satir[75] + " ,D_75 =" + satir[76] + " ,D_76 =" + satir[77] + " ,D_77 =" + satir[78] + " ,D_78 =" + satir[79] + " ,D_79 =" + satir[80] + " ,D_80 =" + satir[81] + " ,D_81 =" + satir[82] + " ,D_82 =" + satir[83] + " ,D_83 =" + satir[84] + " ,D_84 =" + satir[85] + " ,D_85 =" + satir[86] + " ,D_86 =" + satir[87] + " ,D_87 =" + satir[88] + " ,D_88 =" + satir[89] + " ,D_89 =" + satir[90] + " ,D_90 =" + satir[91] + " ,D_91 =" + satir[92] + " ,D_92 =" + satir[93] + " ,D_93 =" + satir[94] + " ,D_94 =" + satir[95] + " ,D_95 =" + satir[96] + " ,D_96 =" + satir[97] + " ,D_97 =" + satir[98] + " ,D_98 =" + satir[99] + " ,D_99 =" + satir[100] + " ,D_100 =" + satir[101] + " ,D_101 =" + satir[102] + " ,D_102 =" + satir[103] + " ,D_103 =" + satir[104] + " ,D_104 =" + satir[105] + " ,D_105 =" + satir[106] + " ,D_106 =" + satir[107] + " ,D_107 =" + satir[108] + " ,D_108 =" + satir[109] + " ,D_109 =" + satir[110] + " ,D_110 =" + satir[111] + " ,D_111 =" + satir[112] + " ,D_112 =" + satir[113] + " ,D_113 =" + satir[114] + " ,D_114 =" + satir[115] + " ,D_115 =" + satir[116] + " ,D_116 =" + satir[117] + " ,D_117 =" + satir[118] + " ,D_118 =" + satir[119] + " ,D_119 =" + satir[120] + " ,D_120 =" + satir[121] + " ,D_121 =" + satir[122] + " ,D_122 =" + satir[123] + " ,D_123 =" + satir[124] + " ,D_124 =" + satir[125] + " ,D_125 =" + satir[126] + " ,D_126 =" + satir[127] + " ,D_127 =" + satir[128] + " ,D_128 =" + satir[129] + " ,D_129 =" + satir[130] + " ,D_130 =" + satir[131] + " ,D_131 =" + satir[132] + " ,D_132 =" + satir[133] + " ,D_133 =" + satir[134] + " ,D_134 =" + satir[135] + " ,D_135 =" + satir[136] + " ,D_136 =" + satir[137] + " ,D_137 =" + satir[138] + " ,D_138 =" + satir[139] + " ,D_139 =" + satir[140] + " ,D_140 =" + satir[141] + " ,D_141 =" + satir[142] + " ,D_142 =" + satir[143] + " ,D_143 =" + satir[144] + " ,D_144 =" + satir[145] + " ,D_145 =" + satir[146] + " ,D_146 =" + satir[147] + " ,D_147 =" + satir[148] + " ,D_148 =" + satir[149] + " ,D_149 =" + satir[150] + " ,D_150 =" + satir[151] + " ,D_151 =" + satir[152] + " ,D_152 =" + satir[153] + " ,D_153 =" + satir[154] + " ,D_154 =" + satir[155] + " ,D_155 =" + satir[156] + " ,D_156 =" + satir[157] + " ,D_157 =" + satir[158] + " ,D_158 =" + satir[159] + " ,D_159 =" + satir[160] + " ,D_160 =" + satir[161] + " ,D_161 =" + satir[162] + " ,D_162 =" + satir[163] + " ,D_163 =" + satir[164] + " ,D_164 =" + satir[165] + " ,D_165 =" + satir[166] + " ,D_166 =" + satir[167] + " ,D_167 =" + satir[168] + " ,D_168 =" + satir[169] + " ,D_169 =" + satir[170] + " ,D_170 =" + satir[171] + " ,D_171 =" + satir[172] + " ,D_172 =" + satir[173] + " ,D_173 =" + satir[174] + " ,D_174 =" + satir[175] + " ,D_175 =" + satir[176] + " ,D_176 =" + satir[177] + " ,D_177 =" + satir[178] + " ,D_178 =" + satir[179] + " ,D_179 =" + satir[180] + " ,D_180 =" + satir[181] + " ,D_181 =" + satir[182] + " ,D_182 =" + satir[183] + " ,D_183 =" + satir[184] + " ,D_184 =" + satir[185] + " ,D_185 =" + satir[186] + " ,D_186 =" + satir[187] + " ,D_187 =" + satir[188] + " ,D_188 =" + satir[189] + " ,D_189 =" + satir[190] + " ,D_190 =" + satir[191] + " ,D_191 =" + satir[192] + " ,D_192 =" + satir[193] + " ,D_193 =" + satir[194] + " ,D_194 =" + satir[195] + " ,D_195 =" + satir[196] + " ,D_196 =" + satir[197] + " ,D_197 =" + satir[198] + " ,D_198 =" + satir[199] + " ,D_199 =" + satir[200] + " ,D_200 =" + satir[201] + " ,D_201 =" + satir[202] + " ,D_202 =" + satir[203] + " ,D_203 =" + satir[204] + " ,D_204 =" + satir[205] + " ,D_205 =" + satir[206] + " ,D_206 =" + satir[207] + " ,D_207 =" + satir[208] + " ,D_208 =" + satir[209] + " ,D_209 =" + satir[210] + " ,D_210 =" + satir[211] + " ,D_211 =" + satir[212] + " ,D_212 =" + satir[213] + " ,D_213 =" + satir[214] + " ,D_214 =" + satir[215] + " ,D_215 =" + satir[216] + " ,D_216 =" + satir[217] + " ,D_217 =" + satir[218] + " ,D_218 =" + satir[219] + " ,D_219 =" + satir[220] + " ,D_220 =" + satir[221] + " ,D_221 =" + satir[222] + " ,D_222 =" + satir[223] + " ,D_223 =" + satir[224] + " ,D_224 =" + satir[225] + " ,D_225 =" + satir[226] + " ,D_226 =" + satir[227] + " ,D_227 =" + satir[228] + " ,D_228 =" + satir[229] + " ,D_229 =" + satir[230] + " ,D_230 =" + satir[231] + " ,D_231 =" + satir[232] + " ,D_232 =" + satir[233] + " ,D_233 =" + satir[234] + " ,D_234 =" + satir[235] + " ,D_235 =" + satir[236] + " ,D_236 =" + satir[237] + " ,D_237 =" + satir[238] + " ,D_238 =" + satir[239] + " ,D_239 =" + satir[240] + " ,D_240 =" + satir[241] + " ,D_241 =" + satir[242] + " ,D_242 =" + satir[243] + " ,D_243 =" + satir[244] + " ,D_244 =" + satir[245] + " ,D_245 =" + satir[246] + " ,D_246 =" + satir[247] + " ,D_247 =" + satir[248] + " ,D_248 =" + satir[249] + " ,D_249 =" + satir[250] + " ,D_250 =" + satir[251] + " ,D_251 =" + satir[252] + " ,D_252 =" + satir[253] + " ,D_253 =" + satir[254] + " ,D_254 =" + satir[255] + " ,D_255 =" + satir[256] + " ,D_256 =" + satir[257] + " ,D_257 =" + satir[258] + " ,D_258 =" + satir[259] + " ,D_259 =" + satir[260] + " ,D_260 =" + satir[261] + " ,D_261 =" + satir[262] + " ,D_262 =" + satir[263] + " ,D_263 =" + satir[264] + " ,D_264 =" + satir[265] + " ,D_265 =" + satir[266] + " ,D_266 =" + satir[267] + " ,D_267 =" + satir[268] + " ,D_268 =" + satir[269] + " ,D_269 =" + satir[270] + " ,D_270 =" + satir[271] + " ,D_271 =" + satir[272] + " ,D_272 =" + satir[273] + " ,D_273 =" + satir[274] + " ,D_274 =" + satir[275] + " ,D_275 =" + satir[276] + " ,D_276 =" + satir[277] + " ,D_277 =" + satir[278] + " ,D_278 =" + satir[279] + " ,D_279 =" + satir[280] + " ,D_280 =" + satir[281] + " ,D_281 =" + satir[282] + " ,D_282 =" + satir[283] + " ,D_283 =" + satir[284] + " ,D_284 =" + satir[285] + " ,D_285 =" + satir[286] + " ,D_286 =" + satir[287] + " ,D_287 =" + satir[288] + " ,D_288 =" + satir[289] + " ,D_289 =" + satir[290] + " ,D_290 =" + satir[291] + " ,D_291 =" + satir[292] + " ,D_292 =" + satir[293] + " ,D_293 =" + satir[294] + " ,D_294 =" + satir[295] + " ,D_295 =" + satir[296] + " ,D_296 =" + satir[297] + " ,D_297 =" + satir[298] + " ,D_298 =" + satir[299] + " ,D_299 =" + satir[300] + " ,D_300 =" + satir[301] + " ,D_301 =" + satir[302] + " ,D_302 =" + satir[303] + " ,D_303 =" + satir[304] + " ,D_304 =" + satir[305] + " ,D_305 =" + satir[306] + " ,D_306 =" + satir[307] + " ,D_307 =" + satir[308] + " ,D_308 =" + satir[309] + " ,D_309 =" + satir[310] + " ,D_310 =" + satir[311] + " ,D_311 =" + satir[312] + " ,D_312 =" + satir[313] + " ,D_313 =" + satir[314] + " ,D_314 =" + satir[315] + " ,D_315 =" + satir[316] + " ,D_316 =" + satir[317] + " ,D_317 =" + satir[318] + " ,D_318 =" + satir[319] + " ,D_319 =" + satir[320] + " ,D_320 =" + satir[321] + " ,D_321 =" + satir[322] + " ,D_322 =" + satir[323] + " ,D_323 =" + satir[324] + " ,D_324 =" + satir[325] + " ,D_325 =" + satir[326] + " ,D_326 =" + satir[327] + " ,D_327 =" + satir[328] + " ,D_328 =" + satir[329] + " ,D_329 =" + satir[330] + " ,D_330 =" + satir[331] + " ,D_331 =" + satir[332] + " ,D_332 =" + satir[333] + " ,D_333 =" + satir[334] + " ,D_334 =" + satir[335] + " ,D_335 =" + satir[336] + " ,D_336 =" + satir[337] + " ,D_337 =" + satir[338] + " ,D_338 =" + satir[339] + " ,D_339 =" + satir[340] + " ,D_340 =" + satir[341] + " ,D_341 =" + satir[342] + " ,D_342 =" + satir[343] + " ,D_343 =" + satir[344] + " ,D_344 =" + satir[345] + " ,D_345 =" + satir[346] + " ,D_346 =" + satir[347] + " ,D_347 =" + satir[348] + " ,D_348 =" + satir[349] + " ,D_349 =" + satir[350] + " ,D_350 =" + satir[351] + " ,D_351 =" + satir[352] + " ,D_352 =" + satir[353] + " ,D_353 =" + satir[354] + " ,D_354 =" + satir[355] + " ,D_355 =" + satir[356] + " ,D_356 =" + satir[357] + " ,D_357 =" + satir[358] + " ,D_358 =" + satir[359] + " ,D_359 =" + satir[360] + " ,D_360 =" + satir[361] + " ,D_361 =" + satir[362] + " ,D_362 =" + satir[363] + " ,D_363 =" + satir[364] + " ,D_364 =" + satir[365] + " ,D_365 =" + satir[366] + " ,D_366 =" + satir[367] + " ,D_367 =" + satir[368] + " ,D_368 =" + satir[369] + " ,D_369 =" + satir[370] + " ,D_370 =" + satir[371] + " ,D_371 =" + satir[372] + " ,D_372 =" + satir[373] + " ,D_373 =" + satir[374] + " ,D_374 =" + satir[375] + " ,D_375 =" + satir[376] + " ,D_376 =" + satir[377] + " ,D_377 =" + satir[378] + " ,D_378 =" + satir[379] + " ,D_379 =" + satir[380] + " ,D_380 =" + satir[381] + " ,D_381 =" + satir[382] + " ,D_382 =" + satir[383] + " ,D_383 =" + satir[384] + " ,D_384 =" + satir[385] + " ,D_385 =" + satir[386] + " ,D_386 =" + satir[387] + " ,D_387 =" + satir[388] + " ,D_388 =" + satir[389] + " ,D_389 =" + satir[390] + " ,D_390 =" + satir[391] + " ,D_391 =" + satir[392] + " ,D_392 =" + satir[393] + " ,D_393 =" + satir[394] + " ,D_394 =" + satir[395] + " ,D_395 =" + satir[396] + " ,D_396 =" + satir[397] + " ,D_397 =" + satir[398] + " ,D_398 =" + satir[399] + " ,D_399 =" + satir[400] + " ,D_400 =" + satir[401] + " ,D_401 =" + satir[402] + " ,D_402 =" + satir[403] + " ,D_403 =" + satir[404] + " ,D_404 =" + satir[405] + " ,D_405 =" + satir[406] + " ,D_406 =" + satir[407] + " ,D_407 =" + satir[408] + " ,D_408 =" + satir[409] + " ,D_409 =" + satir[410] + " ,D_410 =" + satir[411] + " ,D_411 =" + satir[412] + " ,D_412 =" + satir[413] + " ,D_413 =" + satir[414] + " ,D_414 =" + satir[415] + " ,D_415 =" + satir[416] + " ,D_416 =" + satir[417] + " ,D_417 =" + satir[418] + " ,D_418 =" + satir[419] + " ,D_419 =" + satir[420] + " ,D_420 =" + satir[421] + " ,D_421 =" + satir[422] + " ,D_422 =" + satir[423] + " ,D_423 =" + satir[424] + " ,D_424 =" + satir[425] + " ,D_425 =" + satir[426] + " ,D_426 =" + satir[427] + " ,D_427 =" + satir[428] + " ,D_428 =" + satir[429] + " ,D_429 =" + satir[430] + " ,D_430 =" + satir[431] + " ,D_431 =" + satir[432] + " ,D_432 =" + satir[433] + " ,D_433 =" + satir[434] + " ,D_434 =" + satir[435] + " ,D_435 =" + satir[436] + " ,D_436 =" + satir[437] + " ,D_437 =" + satir[438] + " ,D_438 =" + satir[439] + " ,D_439 =" + satir[440] + " ,D_440 =" + satir[441] + " ,D_441 =" + satir[442] + " ,D_442 =" + satir[443] + " ,D_443 =" + satir[444] + " ,D_444 =" + satir[445] + " ,D_445 =" + satir[446] + " ,D_446 =" + satir[447] + " ,D_447 =" + satir[448] + " ,D_448 =" + satir[449] + " ,D_449 =" + satir[450] + " ,D_450 =" + satir[451] + " ,D_451 =" + satir[452] + " ,D_452 =" + satir[453] + " ,D_453 =" + satir[454] + " ,D_454 =" + satir[455] + " ,D_455 =" + satir[456] + " ,D_456 =" + satir[457] + " ,D_457 =" + satir[458] + " ,D_458 =" + satir[459] + " ,D_459 =" + satir[460] + " ,D_460 =" + satir[461] + " ,D_461 =" + satir[462] + " ,D_462 =" + satir[463] + " ,D_463 =" + satir[464] + " ,D_464 =" + satir[465] + " ,D_465 =" + satir[466] + " ,D_466 =" + satir[467] + " ,D_467 =" + satir[468] + " ,D_468 =" + satir[469] + " ,D_469 =" + satir[470] + " ,D_470 =" + satir[471] + " ,D_471 =" + satir[472] + " ,D_472 =" + satir[473] + " ,D_473 =" + satir[474] + " ,D_474 =" + satir[475] + " ,D_475 =" + satir[476] + " ,D_476 =" + satir[477] + " ,D_477 =" + satir[478] + " ,D_478 =" + satir[479] + " ,D_479 =" + satir[480] + " ,D_480 =" + satir[481] + " ,D_481 =" + satir[482] + " ,D_482 =" + satir[483] + " ,D_483 =" + satir[484] + " ,D_484 =" + satir[485] + " ,D_485 =" + satir[486] + " ,D_486 =" + satir[487] + " ,D_487 =" + satir[488] + " ,D_488 =" + satir[489] + " ,D_489 =" + satir[490] + " ,D_490 =" + satir[491] + " ,D_491 =" + satir[492] + " ,D_492 =" + satir[493] + " ,D_493 =" + satir[494] + " ,D_494 =" + satir[495] + " ,D_495 =" + satir[496] + " ,D_496 =" + satir[497] + " ,D_497 =" + satir[498] + " ,D_498 =" + satir[499] + " ,D_499 =" + satir[500] + " ,D_500 =" + satir[501] + " ,D_501 =" + satir[502] + " ,D_502 =" + satir[503] + " ,D_503 =" + satir[504] + " ,D_504 =" + satir[505] + " ,D_505 =" + satir[506] + " ,D_506 =" + satir[507] + " ,D_507 =" + satir[508] + " ,D_508 =" + satir[509] + " ,D_509 =" + satir[510] + " ,D_510 =" + satir[511] + " ,D_511 =" + satir[512] + " ,D_512 =" + satir[513] + " ,D_513 =" + satir[514] + " ,D_514 =" + satir[515] + " ,D_515 =" + satir[516] + " ,D_516 =" + satir[517] + " ,D_517 =" + satir[518] + " ,D_518 =" + satir[519] + " ,D_519 =" + satir[520] + " ,D_520 =" + satir[521] + " ,D_521 =" + satir[522] + " ,D_522 =" + satir[523] + " ,D_523 =" + satir[524] + " ,D_524 =" + satir[525] + " ,D_525 =" + satir[526] + " ,D_526 =" + satir[527] + " ,D_527 =" + satir[528] + " ,D_528 =" + satir[529] + " ,D_529 =" + satir[530] + " ,D_530 =" + satir[531] + " ,D_531 =" + satir[532] + " ,D_532 =" + satir[533] + " ,D_533 =" + satir[534] + " ,D_534 =" + satir[535] + " ,D_535 =" + satir[536] + " ,D_536 =" + satir[537] + " ,D_537 =" + satir[538] + " ,D_538 =" + satir[539] + " ,D_539 =" + satir[540] + " ,D_540 =" + satir[541] + " ,D_541 =" + satir[542] + " ,D_542 =" + satir[543] + " ,D_543 =" + satir[544] + " ,D_544 =" + satir[545] + " ,D_545 =" + satir[546] + " ,D_546 =" + satir[547] + " ,D_547 =" + satir[548] + " ,D_548 =" + satir[549] + " ,D_549 =" + satir[550] + " ,D_550 =" + satir[551] + " ,D_551 =" + satir[552] + " ,D_552 =" + satir[553] + " ,D_553 =" + satir[554] + " ,D_554 =" + satir[555] + " ,D_555 =" + satir[556] + " ,D_556 =" + satir[557] + " ,D_557 =" + satir[558] + " ,D_558 =" + satir[559] + " ,D_559 =" + satir[560] + " ,D_560 =" + satir[561] + " ,D_561 =" + satir[562] + " ,D_562 =" + satir[563] + " ,D_563 =" + satir[564] + " ,D_564 =" + satir[565] + " ,D_565 =" + satir[566] + " ,D_566 =" + satir[567] + " ,D_567 =" + satir[568] + " ,D_568 =" + satir[569] + " ,D_569 =" + satir[570] + " ,D_570 =" + satir[571] + " ,D_571 =" + satir[572] + " ,D_572 =" + satir[573] + " ,D_573 =" + satir[574] + " ,D_574 =" + satir[575] + " ,D_575 =" + satir[576] + " ,D_576 =" + satir[577] + " ,D_577 =" + satir[578] + " ,D_578 =" + satir[579] + " ,D_579 =" + satir[580] + " ,D_580 =" + satir[581] + " ,D_581 =" + satir[582] + " ,D_582 =" + satir[583] + " ,D_583 =" + satir[584] + " ,D_584 =" + satir[585] + " ,D_585 =" + satir[586] + " ,D_586 =" + satir[587] + " ,D_587 =" + satir[588] + " ,D_588 =" + satir[589] + " ,D_589 =" + satir[590] + " ,D_590 =" + satir[591] + " ,D_591 =" + satir[592] + " ,D_592 =" + satir[593] + " ,D_593 =" + satir[594] + " ,D_594 =" + satir[595] + " ,D_595 =" + satir[596] + " ,D_596 =" + satir[597] + " ,D_597 =" + satir[598] + " ,D_598 =" + satir[599] + " ,D_599 =" + satir[600] + " ,D_600 =" + satir[601] + " ,D_601 =" + satir[602] + " ,D_602 =" + satir[603] +
```

Bu sayede DMI'den temin edilen meteorolojik veri, veritabanında analizlerde kullanılabilecek hale getirilmektedir (Şekil 5.13).

RBGIS.RABISGIS - dbo.DMI									
RBGIS.RABISGIS...YARI_DMI_RISK									
Object Explorer Details									
	OBJECTID	ENLEM	BOYLAM	NOKTA_NO	TOPLAM_YAGI...	SURE_8	SIDDET_8	ESIK_DEGER	UYARI_PRE
	2	41.3812	41.73047	1094	16.23207	26	0.62431	0.75692	0
	3	41.31677	41.71899	1053	10.8651	22	0.49387	0.80727	0
	4	41.25235	41.70752	1012	4.61988	11	0.41999	1.13455	0
	5	41.18793	41.69604	971	2.04406	4	0.51101	2.28	0

Şekil 5.13: DMI'den temin edilen verinin veritabanında gösterimi

Bu tahmin verisinden yağış süresi (Şekil 5.13'de "SURE_8" isimli sütun) verisi alınarak heyelana neden olacak meteorolojik eşik değerin belirlenmesinde kullanılan formül içine yerleştirilmektedir (Tarı ve diğ., 2008). Rize ili için geliştirilmiş benzeri bir veri olmadığı için söz konusu formülün belirlenmesi amacıyla daha önce dünyanın farklı bölgelerinde yürütülmüş olan çalışmalardan yararlanılmıştır. Bu çalışmalar arasında Guzzetti ve diğ. (2007) tarafından gerçekleştirilen araştırmada dünya çapında yürütülmüş olan birçok araştırma taranarak ve incelenerek farklı bölgeler için belirlenmiş yağmur yağışı eşik değerleri derlenmiştir. Çalışmada buna ek olarak Orta Avrupa Adriyatik Danube Güneydoğu Sahası için yeni bir eşik değeri belirlenmiştir. Söz konusu araştırmada da belirtildiği gibi yağmur yağışı eşik değeri heyelanların tetiklenmesinde çok önemli bir faktör oluşturmaktadır ve en yüksek doğrulukta tespit edilmesi heyelanların tahmini açısından çok önemli bir yere sahiptir. Ancak daha önce de belirtildiği gibi Rize ili için böyle bir eşik değeri belirlenmemiştir. Bu nedenle yukarıda belirtilen çalışmada derlenen değerlerden bir eşik değeri seçilmiştir. Eşik değeri belirlenmesinde çeşitli yöntemler mevcuttur. Bu yöntemlerden en yaygın olarak kullanılanı yağışın yoğunluk ve süresini temel alarak geliştirilen yöntemlerdir. Guzzetti ve diğ. (2007) tarafından yapılan çalışmada dünyanın çeşitli bölgeleri için yoğunluk-süre bazlı yöntem kullanılarak geliştirilmiş olan toplam 52 adet eşik değeri değerlendirilmiştir. Bu yöntem şu fonksiyonla ifade edilmektedir:

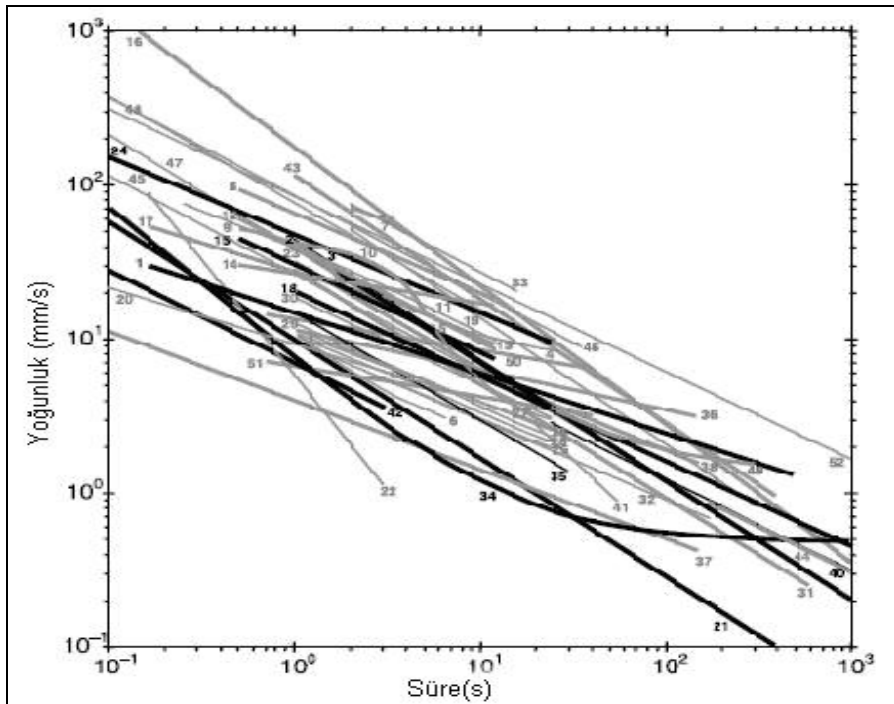
$$I = c + \alpha D^{\beta} \quad (5.1)$$

Fonksiyonda I değeri ortalama yağmur yağış yoğunluğu, D yağmur yağış süresini, c , α ve β parametreler olarak tanımlanmıştır. Çalışmada araştırılan eşik değerler çok

geniş bir aralıkta yer alsa da yağış süresi 1 ve 100 saat arasında, yağış yoğunlukları 1 ve 200 mm/s arasında değişmektedir. İncelenen eşik değerlerin çoğunda c değeri 0 olarak kabul edilmiştir. Bu durumda (5.1) formülü basit bir üstel fonksiyon halini almaktadır. Kullanılan formüllerde β , -1.5 ve -0.19 aralığında, α değeri ise 4.00 ve 176.40 aralığında yer almaktadır. Bu doğrultuda Rize ilinin genel meteorolojik yapısı dikkate alınarak şu formülün eşik değer için uygun olduğu düşünülmüş ve kullanılmıştır:

$$I = 0.48 + 7.2 D^{-1.0} \quad (5.2)$$

Bu formülün Rize için seçilme nedeni Şekil 5.14’de görüldüğü gibi uzun süreli ve yoğun bir yağış grafiği oluşturmasıdır (34 numaralı eğri). Bu formülasyonda yağış süresinin 0 ile 1000 saat arasında değiştiği öngörülmektedir. Bu yaklaşım Rize ile örtüşmektedir. Bunun başlıca nedeni Rize’de çok uzun süreli yağışların söz konusu olmasıdır. Ayrıca bu formülün seçilmesindeki diğer etkenler; eşik değerinin düşük bir seviyede olması ve sığ heyelanlar için geliştirilmiş bir fonksiyon olmasıdır. Eşik değerinin düşük olması da heyelan tahmininin daha geniş güven aralığı oluşturmasından ötürü tercih edilmiştir. Böylece en ufak bir heyelan olayının dahi gözlemlenebilmesi ve yetkililerin anında müdahalesi ile söz konusu tehlikenin insan hayatı açısından bir risk oluşturmaması amaçlanmıştır.



Şekil 5.14: Yoğunluk-Süre tabanlı eşik değer grafikleri (Guzzetti ve diğ., 2007)

Bu şekilde Rize ili için bir eşik değer fonksiyonu tespit edildikten sonra, DMİ tarafından sağlanan yağış tahmin değeri ile karşılaştırma yapmak mümkün olmuştur. Eğer elde edilen eşik değeri DMİ'den sağlanan yağış tahmininin üzerinde ise meteorolojik açıdan heyelan riski var; şayet tam tersi ise heyelan riski yok şeklinde bir sonuca ulaşılmaktadır. Sistem 6 saatte bir alınan 2 günlük DMİ verileri ve gerçek zamanlı olarak hesaplanan eşik değeri ile güncellenmektedir (Şekil 5.12). Geliştirilen yazılım modülü sayesinde (Şekil 5.15) yağış şiddeti, türetilen eşik değerden büyük ise söz konusu alan işaretlenmektedir ve bunun ardından elde edilen veri jeolojik analiz sonucunda elde edilen heyelan potansiyeli verisi ile karşılaştırılarak heyelan riski taşıyan bölgeler yaklaşık gerçek zamanlı olarak belirlenebilmektedir (Tarı ve diğ., 2008).

```

        toplamsure = al.Count;
    }

    conn.Close();
}
if (al.Count > 0)
{
    siddet = toplamyagis / toplamsure;
    esikdeger = Convert.ToDecimal(0.48 + 7.2 / toplamsure); //(world I=0.48+7.2*D(Düzeri -1))

    SqlCommand cmd1 = new SqlCommand();
    cmd1.Connection = conn;
    cmd1.CommandType = System.Data.CommandType.Text;
    conn.Open();
    if (siddet > esikdeger)
    {
        cmd1.CommandText = "update DMI SET TOPLAM_YAGIS_8 =" + toplamyagis + " , SURE_8 = " +
siddet + " , ESİK_DEGER= " + esikdeger + " , UYARI=" + 1 + " WHERE OBJECTID = " + t;
    }
    else { cmd1.CommandText = "update DMI SET TOPLAM_YAGIS_8 =" + toplamyagis + " , SURE_8 = "
+ siddet + " , ESİK_DEGER= " + esikdeger + " , UYARI=" + 0 + " WHERE OBJECTID = " + t; }

    SqlDataReader rdr1;

    rdr1 = cmd1.ExecuteReader();
    conn.Close();
}
}
return (Info.DMI[])al.ToArray(typeof(Info.DMI));

```

Şekil 5.15: Meteorolojik ve jeolojik risk verisinin karşılaştırılmasını sağlayan kod

Geliştirilen bu modül ile Rize'nin hangi bölgesinin heyelan tehlikesi altında olduğu hem jeolojik hem de meteorolojik yöntemler bir araya getirilerek tespit edilmektedir. Sistemin veritabanında çalışma şekli Ek-2'de gösterilmektedir.

Geliştirilen kısa mesaj servisi ve elektronik posta gönderisi sağlayan yazılım modülleri (Şekil 5.16, Şekil 5.17) ile erken uyarı sistemi devreye girerek ilgili kişilere kısa mesaj (Ek-3) ve elektronik posta (Ek-4) yoluyla haber vermektedir.


```

public void sms_send()
{
    string servicecode = ConfigurationManager.AppSettings["servicecode"].ToString();
    string alphanumeric = ConfigurationManager.AppSettings["alphanumeric"].ToString();
    string customerno = ConfigurationManager.AppSettings["customerno"].ToString();
    string customer = ConfigurationManager.AppSettings["customer"].ToString();
    string customerpwd = ConfigurationManager.AppSettings["customerpwd"].ToString();
    string msj1 = ConfigurationManager.AppSettings["msj1"].ToString();
    string msj2 = ConfigurationManager.AppSettings["msj2"].ToString();

    string simdi = DateTime.Now.Year.ToString() + "-" + DateTime.Now.Month.ToString() + "-" +
    Day.ToString() + " " + DateTime.Now.ToLongTimeString();

    List<string> smslistesi = SmsListesi();
    foreach (string alici in smslistesi)
    {
        string[] alicipar = new string[3];
        alicipar = alici.Split("/").ToCharArray();
        try

```

Şekil 5.16: Yetkililere kısa mesaj gönderilmesini sağlayan kod

Kısa mesajda yetkililerin elektronik posta adresini kontrol etmesi ve konuyla ilgili ayrıntılı bilginin gönderilen elektronik posta iletilisinde yer aldığı belirtilmektedir (Ek-3).

```

SmtpClient istemci = new SmtpClient(ConfigurationManager.AppSettings["SMTP"].ToString()); // mail
sunucusu

//SmtpClient istemci = new SmtpClient("mail.rabisportal.com"); // mail sunucusu

MailMessage mail = new MailMessage();

mail.From = new System.Net.Mail.MailAddress(ConfigurationManager.AppSettings["mailaddress"], "Rize Afet
Bilgi Sistemi");
//mail.From = new System.Net.Mail.MailAddress("rabis@rabisportal.com", "Rize Afet Bilgi Sistemi");

List<string> maillistesi = MailListesi();
foreach (string alicil in maillistesi)
{
    mail.To.Add(new MailAddress(alicil));
}
mail.IsBodyHtml = true;

AlternateView av1 = AlternateView.CreateAlternateViewFromString("<html><body>Heyelan Riski Oluşturan
Bölgeler Bulunmaktadır!!!<br> Detay Bilgi İçin Aşağıdaki Linke Bakınız.<br><br><a href='http://webgis.rabisportal.
com/webgissdk_web/GenelHarita3.aspx?WorkSpaceName=RABIS&WebServiceUrl=http://webgis.rabisportal.com/webgis_net'>
http://webgis.rabisportal.com/webgissdk_web/GenelHarita3.aspx?WorkSpaceName=RABIS&WebServiceUrl=http://webgis.
rabisportal.com/webgis_net</a><br><br></body></html>", System.Text.Encoding.UTF8, MediaTypeNames.Text.Html);

mail.AlternateViews.Add(av1);

mail.Subject = "Rize Afet Bilgi Sistemi Uyarı Maili";

```

Şekil 5.17: Yetkililere elektronik posta gönderilmesini sağlayan yazılım kodu

Elektronik posta içeriğinde yetkili kişiyi riskli bölgeyi tespit etmesi doğrultusunda yönlendiren bir bağlantı adresi bulunmaktadır (Ek-4).

Bu bağlantı adresine erişildiğinde görüntülenen tarayıcı ekranda, riskli bölgelerin konumları kırmızı renkte işaretlenmiş olarak bulunmaktadır. Ekranın alt kısmında bölgenin dahil olduğu ilçe adı belirtilmekte ve riskli bölge içinde hangi binaların ve bina birimlerinin bulunduğu rapor görüntüleme ekranına erişim sağlayan “rapor” sekmesi bulunmaktadır (Ek-5). Rapor sekmesi kullanıcıyı riskli bölge raporu sayfasına (Ek-6) yönlendirerek bölgedeki bina ve bina birimlerinin listelerini görüntülemesini sağlamaktadır (Ek-7, Ek-8). Bu sayede karar vericiler için çok önemli bir veri olan tehlike altında yaşayan insanların adres bilgilerine ulaşması sağlanmaktadır.

6. UYGULAMA

RABİS Projesi'nin çıktıları yukarıda anlatılan çalışmalar doğrultusunda üretilmiş ve hedeflenen erken uyarı sistemin kurulması sağlanmıştır. Bu çalışma kapsamında üretilen erken uyarının doğruluğu test edilecektir. Bunun için öncelikle yöntemlerin kendi içlerindeki doğruluklarının test edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla sırasıyla jeolojik çalışmalar, uzaktan algılama çalışmaları, meteorolojik çalışmalar ve CBS çalışmaları ele alınacaktır.

6.1 Jeolojik Çalışmalar

Proje kapsamında yürütülen jeolojik çalışmaların ana eksenini şev stabilite modelinin ortaya konması oluşturmıştır. Bu çalışma sonucunda Rize ili heyelan tehlikesi açısından tamamen duraysız, duraysız, kararsız, orta duraylı, duraylı olmak üzere beş sınıfa ayrılmıştır. Daha sonra bu çıktı gerekli meteorolojik eşik değerin geçilmesi halinde heyelan gerçekleşmesi kesin alanlar şeklinde geliştirilmiş ve heyelan tahmininde kullanılacak veri haline dönüştürülmüştür. Dolayısıyla öncelikle Shalstab Tools yazılımı kullanılarak yapılan sınıflandırma sonuçlarının değerlendirilmesinde fayda vardır. Bunun için Rize İl Bayındırlık ve İskan Müdürlüğüne bağlı Afet ve Etüt Daire Başkanlığı'ndan temin edilen heyelan kayıtları ile bir karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan karşılaştırma işlemi ArcGIS ortamında mevcut heyelanların koordinatlarının heyelan tehlike sınıfları ile karşılaştırılması şeklinde yapılmıştır. Bu karşılaştırmanın yapılması esnasında karşılaşılan sorun Afet ve Etüt Daire Başkanlığı tarafından tutulan heyelan kayıtlarda aynı nokta koordinatında birden fazla heyelan gözükmesi olmuştur (Şekil 6.1). Şekil 6.1'de bu noktalardan bazılarına ait örnekler renklendirilerek gösterilmiştir. Bu nedenle öncelikle bu verilerin düzenlenmesi ve gereksiz nokta koordinatlarının elenmesi gerekmiştir. Sonrasında, temizlenmiş olan heyelan kayıt verisi analiz edilmiştir. Bu analize göre heyelan gerçekleşmiş olan noktalardan 42'si (%19) duraylı bölümde, 47'si (%21) orta duraylı kesimde, 51 tanesi (%23) kararsız kesimde, 30 tanesi (%13) duraysız ve 13 tanesi (%6) ise tamamen duraysız bölümde meydana gelmiştir. 38 adet (%18) heyelan ise kayalık

alan olarak gösterilen ve ciddi boyutlarda heyelan gerçekleşmesi mümkün olmayan bölümde meydana gelmiştir.

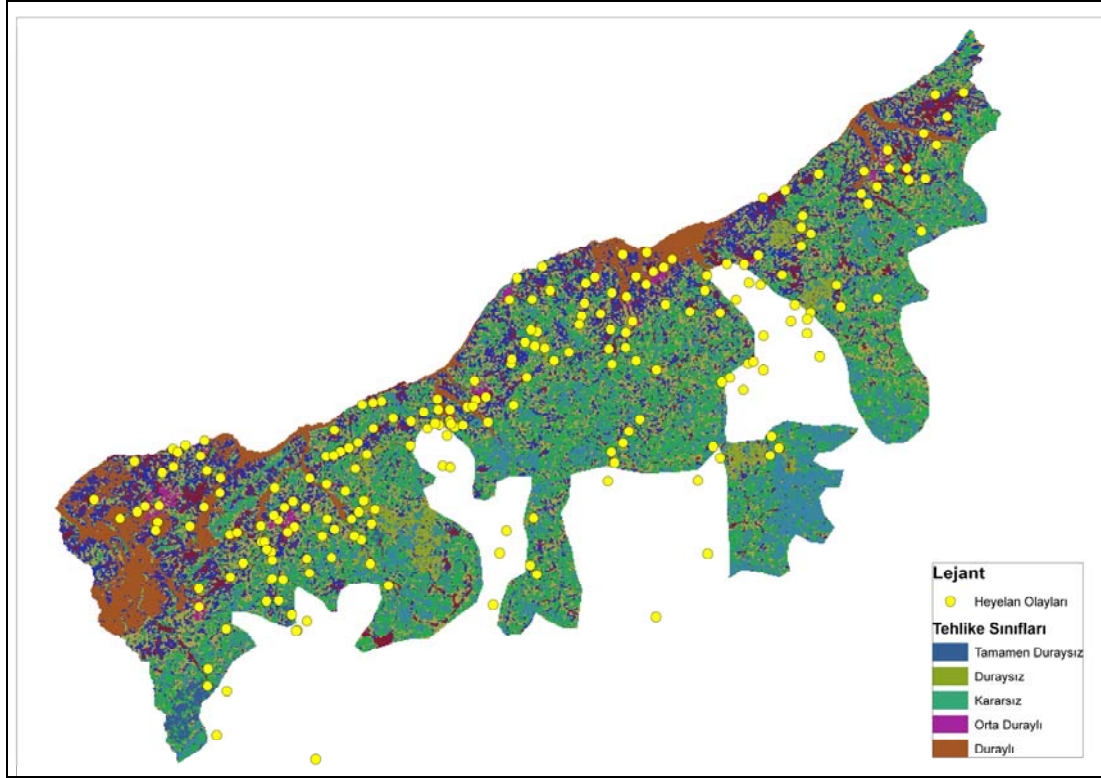
	A	B	C	D	E	F	G
	NO	Sayı	XKOORD	YKOORD	ILCE	KOYU	MAHALLE
2	58	58	4527591	632129	MERKEZ	GUZELYURT	Havger
3	23	23	4528361	632949	MERKEZ	KUCUKCAYIR	İçmeler (İlca)
4	24	24	4528904	631666	MERKEZ	KARASU	Çingöz, Mamati, Godol
5	99	99	4529568	623807	KALKANDERE	FINDIKLI	Fasteri
6	8	8	4530060	629527	MERKEZ	YESILDERE	Yıldıztepe, Güzeldere, Güneşli
7	12	12	4530116	630564	MERKEZ	AMBARLIK	ar, Türütler, Azaklar, İsmailoğlu, Ko
8	37	37	4530116	630564	MERKEZ	AMBARLIK	Koçallar, İsmailoğlu
9	11	11	4531896	629908	MERKEZ	KARAYEMİS	Menderes, Oranlar, Orta
10	47	47	4531896	629908	MERKEZ	KARAYEMİS	Menderes, Erenler
11	5	5	4531916	630935	MERKEZ	CIMENLI	
12	49	49	4531916	630935	MERKEZ	CIMENLI	
13	2	2	4532011	630002	MERKEZ	CAYBASI	İrmak, Orta ve MERKEZ
14	66	66	4532155	626455	MERKEZ	ERENKOY	
15	168	168	4532511	633172	GUNEYSU	BALLIDERE	MERKEZ, Delibalta
16	235	235	4533176	651895	CAYELI	ORMANCIK	Ulaş
17	163	163	4533305	638329	GUNEYSU	CAMLICA	Ada
18	9	9	4533361	627547	MERKEZ	ELMALI	Derebaşı
19	150	150	4533730	632948	GUNEYSU	YUKSEKKOY	Aşağı
20	173	173	4533830	635038	GUNEYSU	ASMALIIRMAK	Pakoz
21	183	183	4534215	649294	CAYELI	CUKURLUHOCA	Ayışığı, Aydoğdu
22	13	13	4534312	629929	MERKEZ	MURADIYE	Mesudiye
23	34	34	4534312	629929	MERKEZ	MURADIYE	Mesudiye, Orta
24	38	38	4534312	629929	MERKEZ	MURADIYE	Mesudiye
25	10	10	4534530	629547	MERKEZ	KOMURCULER	reboyu, Soğuksu, Köprübaşı, Akılta
26	39	39	4534530	629547	MERKEZ	KOMURCULER	Şehit Hasan (Asmalık)
27	60	60	4534530	629547	MERKEZ	KOMURCULER	Şehit Hasan (Asmalık), Gündoğan
28	32	32	4535173	629107	MERKEZ	YIGITLER	
29	20	20	4535185	629374	MERKEZ	TASKOPRU	
30	53	53	4535185	629374	MERKEZ	TASKOPRU	
31	151	151	4535657	634263	GUNEYSU	YESILKOY	Efendiler

Şekil 6.1: Heyelan arşiv verisi örneği

Bu karşılaştırmada önemli olan soru heyelan gerçekleşmiş alanlarda tekrar heyelan gerçekleşme olasılığının ne olduğudur. Genel kabule göre bir alanda heyelan gerçekleşmesi, o alanın artık stabilite kazandığı ve bir daha heyelan gerçekleşme olasılığının çok düşük olması anlamına gelmektedir. Bu tez çalışması esnasında kararsız, duraysız ve tamamen duraysız bölümler heyelan tehlikesi içeren bölgeler olarak düşünülmüştür. Buradan yola çıkarak bu üç sınıfta toplam 94 adet (%42) heyelan meydana gelmiş olduğu görülmektedir. Diğer yandan 89 adet (%40) heyelan ise duraylı ve orta duraylı sınıflarda meydana gelmiştir.

Eğer genel kabul konusu olan heyelan gerçekleşmiş alanlardaki duraylılık artımının geçerli olduğu varsayılırsa 94 noktada meydana gelen heyelanların bu duraysız bölgeleri duraylı bir yapıya sokması beklenirdi; ancak Rize’de bu durum gerçekleşmemiştir.

Benzer şekilde kayalık bölgelerde 38 adet (%18) heyelan gerçekleşmiş olması da dikkat çekici bir noktadır.



Şekil 6.2: Heyelan arşiv verisi ve heyelan potansiyeli verisi karşılaştırması

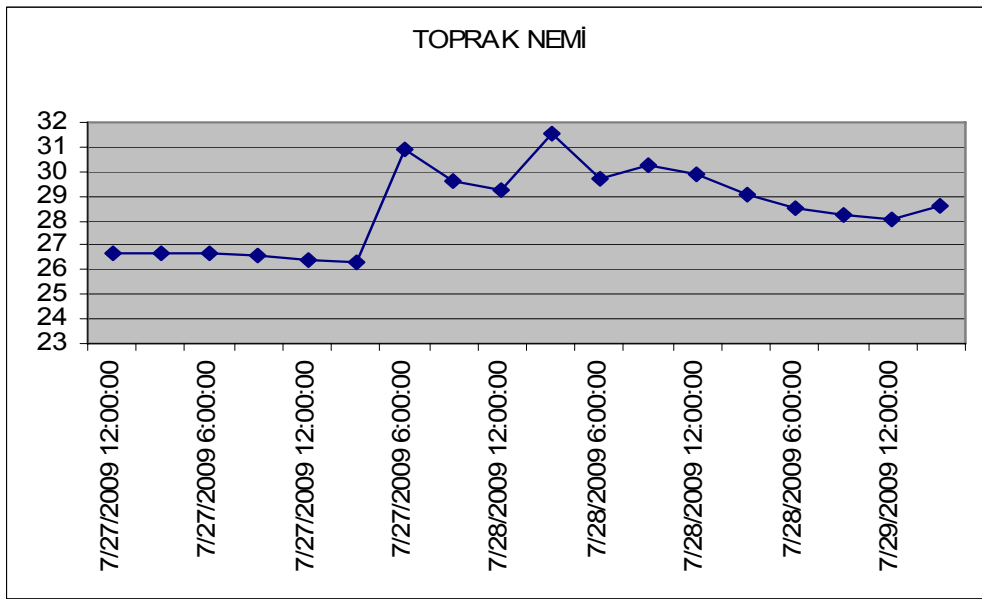
6.2 Uzaktan Algılama Çalışmaları

Uzaktan algılama çalışmaları RABİS kapsamında veri toplama çalışmalarına altlık oluşturması amacıyla ve Rize iline ait kent bilgi sistem kurulması esnasında kullanılmıştır. Bunun yanında kentin arazi kullanım türlerinin ortaya konması doğrultusunda da çalışmalar yürütülmüştür. Bu sınıflandırma çalışmasına ait doğruluk değerleri, bu çalışma kapsamında heyelan tehlikesi altında bulunan bölgelerin kullanım türlerinin ortaya çıkarılması başlığında belirtilmiştir (Çizelge 5.3). Bu değerler her ne kadar kabul edilebilir değerler olsa da yerleşim alanlarının doğruluk değerlerinin saptanamamıştır. Bu çalışma kapsamında yapılan analizde sınıflandırma sonucu ortaya çıkan yerleşim alanı verisi ile sayısallaştırma sonuçlarından yararlanılarak ortaya konan veriler arasında daha önceki bölümde de belirtildiği üzere yaklaşık 1240 ha bir fark bulunmaktadır. Bunun nedeni olarak projede kullanılan uydu görüntülerinin mekansal, spektral ve zamansal çözünürlüğü, sayısallaştırılan verinin ölçeği bu farkın ortaya çıkmasında etkili olmuştur. Ayrıca yoğun orman örtüsü ile kaplı alanlarda uydu görüntüsünün çözünürlüğünün yetersiz kalması nedeniyle yerleşim alanları saptanamamıştır (Musaoğlu, 2009). Proje sürecinde de sayısallaştırma sonuçlarından elde edilen bina verilerinin kullanıldığı dikkate alınırsa uzaktan algılama çalışmalarında yürütülen sınıflandırma analizlerinin yerleşim alanlarının tespit edilmesinde yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu nedenle de önceki bölümlerde ele alınan heyelan tehlikesi altında olan yerleşim alanlarının nokta koordinatlarının tespit edilmesinde sayısallaştırma verileri baz alınmıştır.

6.3 Meteorolojik Çalışmalar

RABİS projesi kapsamında yürütülen çalışmalarda meteorolojik çalışmaların esası Rize ilinin meteorolojik yapısını ayrıntılı bir biçimde ortaya koyacak olan otomatik gözlem istasyonlarının tesisi ve bu verilerle kentte hakim olan meteorolojik yapının modellenmesine altlık olacak verilerin üretilmesi olmuştur. Ancak proje esnasında yaşanan bürokratik ve yönetsel birtakım zorluklar bu sistemin öngörülen zamanda kurulmasını engellemiştir. Sistemin geç kurulmuş olması sonucunda da Rize ilinin meteorolojik yapısının yüksek çözünürlüklü olarak ortaya konması tam anlamıyla mümkün olmamıştır. Sistem tam performans ile çalıştığı zaman çok faydalı bilgileri de beraberinde getirmektedir. Otomatik istasyonlarda değişik türde birçok veri toplanmaktadır. Bu veriler; sıcaklık, nem, toprak nemi ve yağış şiddeti gibi Rize’de

heyelan açısından çok büyük önem taşıyan verileri içermektedir. Bu istasyonların RABİS projesinin ana hedeflerinden olan heyelan tahminine olan katkısı da önemli bir noktadır. Rize ilinde yağışın heyelanlar üzerinde etkisinin ele alındığı bölümde de görüldüğü üzere istasyonlardan elde edilen veriler heyelanı işaret eden bulgular ortaya koymaktadır (Şekil 4.10). Benzeri sonuçlara 27-28 Temmuz 2009 tarihinde meydana gelen heyelanların incelenmesi esnasında da ulaşılmıştır (Şekil 6.2). İlgili grafikte görüldüğü üzere heyelan gerçekleşmeden elde edilen son veride 27 Temmuz 2009 saat 18:00'dan itibaren, toprak neminin yağışa bağlı olarak ani biçimde yükseldiği gözlemlenmektedir (Çayeli TEİAŞ İstasyonu).



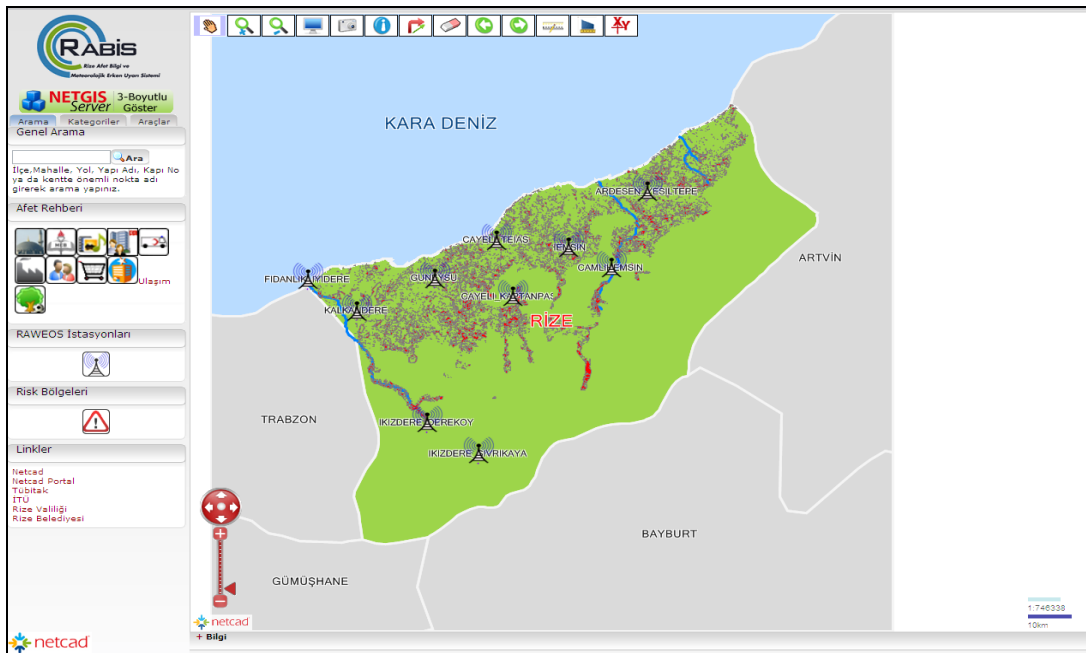
Şekil 6.3: Çayeli otomatik istasyonunun ilgili tarih aralığındaki toprak nemi verisi

Bu incelemenin daha ayrıntılı yapılabilmesi için diğer istasyonlara ait verilerin de incelenmesinde fayda vardır. Ancak daha önce belirtilen idari sıkıntılar giderilemediği için istasyonlar tam verimle çalışmamakta ve istasyon verilerine erişim sağlanamamaktadır.

Meteorolojik çalışmalar kapsamında yürütülen araştırmaların bir diğer önemli kısmı ise meteorolojik tahmin üretilmesidir. Yöntem bölümünde de ele alındığı üzere “meteorolojik olarak heyelan tehlikesi vardır” uyarısının üretilmesi için bir eşik değeri belirlenmiştir ve bu eşik değeri geçen yağışlar kaydedildiğinde sistem uyarı üretmektedir. Sistemin aktif biçimde çalışmaya başladığı tarihten itibaren sistem birçok kez heyelan uyarısı üretmiştir. Ancak Rize ilinde kayıtlara geçen heyelan olayları yalnızca 21-28 Temmuz 2009 tarihleri arasında gerçekleşen yoğun yağışlar

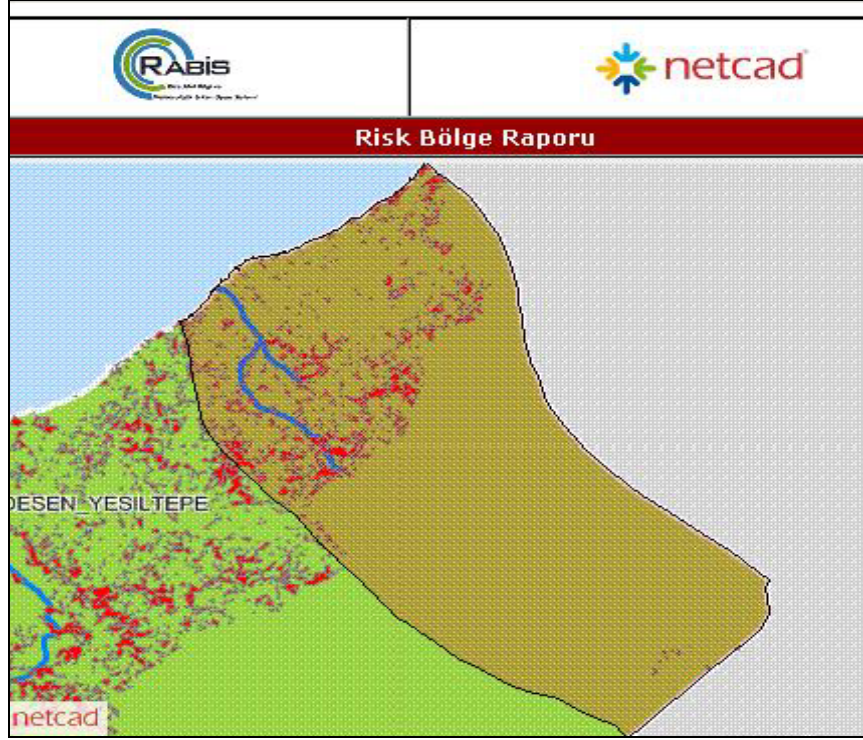
sonrasında Fındıklı ilçesinde meydana gelen ve birçok köy yolunun kapanmasına neden olan heyelan olaylarıdır (Url-4). Bunun dışında Rize’de 2009 yılı sonu içinde herhangi bir can veya mal kaybına neden olan heyelan olayı kaydedilmemiştir. 6 Haziran 2009 tarihinde haberlere yansıyan; heyelan sonucu bir kişinin ölmesi olayının ise aslen bir heyelan olmadığı, ağaç kopması sonucu gerçekleşen bir toprak hareketinin sonucu olduğu, Rize İl Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü’ne bağlı Afet ve Etüt Daire Başkanlığı ile yapılan görüşme sonucu teyit edilmiştir.

Meteorolojik tahmin sisteminin test edilmesi amacıyla DMİ ile iletişime geçilmiş ve 21-28 Temmuz tarihlerine ait MM5 sisteminde üretilen yağış tahmin verileri temin edilmiştir. Bu veriler CBS ortamında analize sokulmuş ve heyelan gerçekleştiği bilinen 28 Temmuz tarihli veri setinin uyarı üretip üretmediği test edilmiştir. Bu analiz sonucunda sistemin heyelan uyarısı ürettiği tespit edilmiştir (Şekil 6.3).



Şekil 6.4: 28.08.2009 tarihli heyelan tahmini

Bu açıdan bakıldığında söz konusu tarihe ait Rize’nin Fındıklı ve Ardeşen ilçe sınırları içinde birçok bölgenin heyelan tehlikesi içerdiği görülmektedir ve sistemin uyarı ürettiği tespit edilmiştir. Ancak buradaki önemli nokta sistemin Rize’nin neredeyse tamamında heyelan tahmini üretmiş olmasıdır.



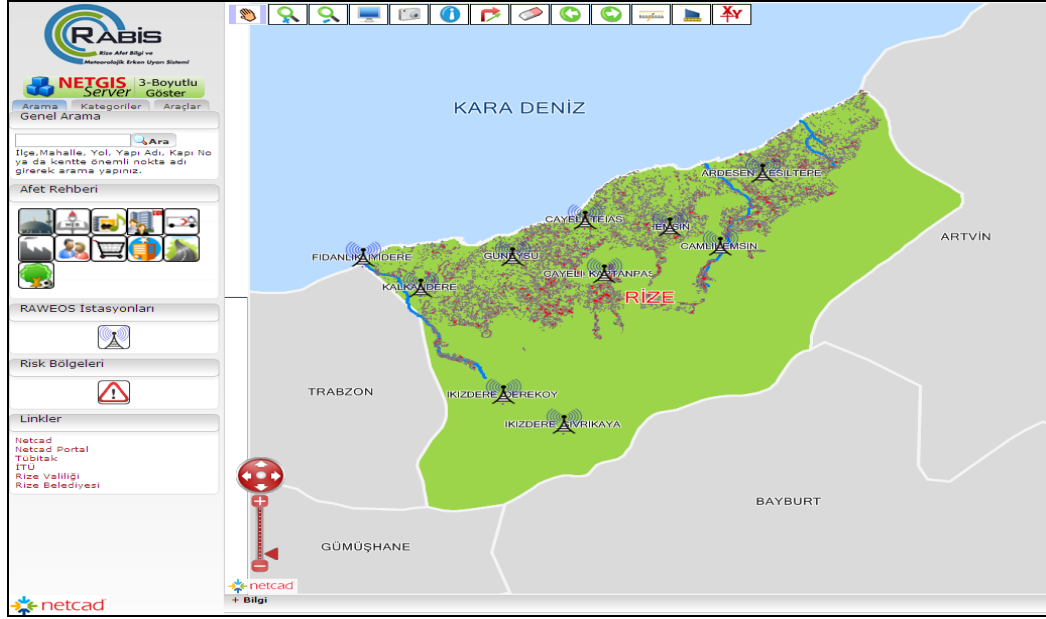
Şekil 6.5: 28.08.2009 tarihli heyelan tahmini-Fındıklı ilçesi

RABİS projesi kapsamında Rize’de kurulan otomatik meteorolojik gözlem istasyonlarının 18 Eylül 2008 tarihinde kaydettiği toprak nemi ve yağış değerleri gerçekleşen heyelanı tanımlar nitelikte olduğu Şekil 4.10’da görülmektedir. Heyelan tahmin sistemi bu tarihte henüz kurulmamış olduğundan sistemin tahmin üretip üretmediği bilinmemektedir. Bu doğrultuda sistem geçmişe yönelik olarak aynen 28.08.2009 tarihli heyelanda olduğu gibi çalıştırılmış ve sistemin uyarı verdiği görülmüştür.

Bu analize ait Pazar ilçesindeki heyelan gerçekleşme olasılığı olan bölgeler de Şekil 6.4’de gösterilmiştir. Bu tarihe ait MM5 yağış tahmin verileriyle yapılan analizde de 28.08.2009 tarihine ait heyelan tahmininde olduğu gibi Rize ilinin neredeyse tamamında tehlikeli bölgeler tespit edilmiştir. Ancak bu tarihte kayıtlara geçen tek heyelan Pazar ilçesi Soğuksu mahallesinde meydana gelen heyelandır.

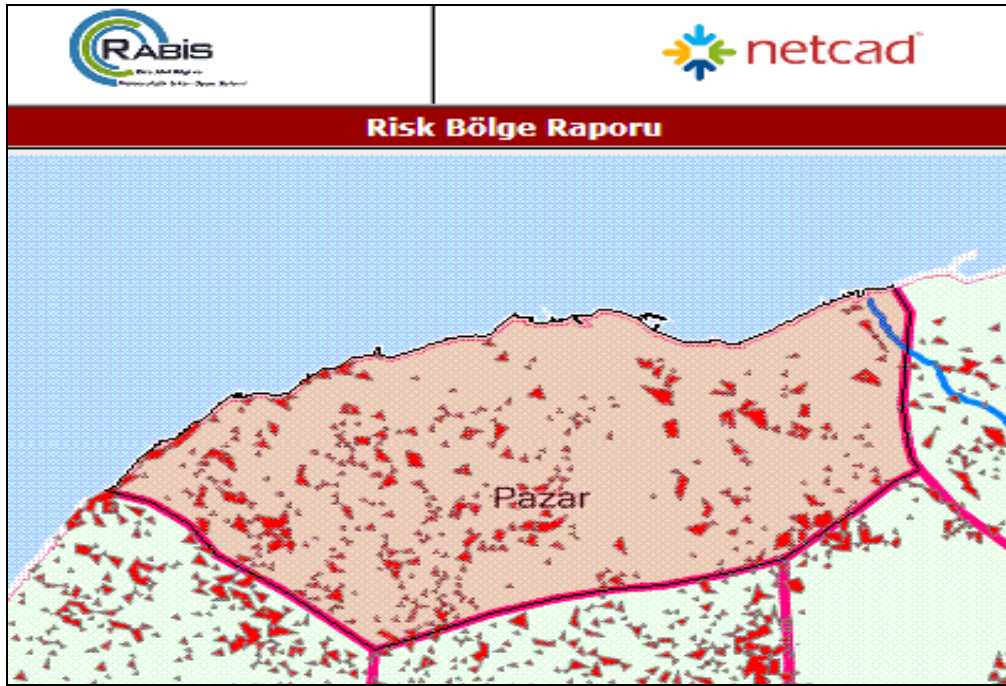
Bu açıdan bakıldığında her iki heyelan olayında da sistemin uyarı verdiği ancak karar destek anlamında etkin bir ürün ortaya koyamadığı gözlemlenmiştir. Bu durum sistemin kurulum tarihinden itibaren çeşitli zamanlarda yaşanmıştır ve halen sürmektedir. Sistem heyelan tahmini üretmekte ancak kayda değer ölçütlerde heyelan gerçekleşmemektedir. Bu durumaki en önemli etken meteorolojik eşik değerinin çok

düşük bir değer olarak seçilmesidir ki sistemin güvenilirliğini ciddi biçimde sarsmaktadır.



Şekil 6.6: 18.09.2008 tarihli heyelan tahmini

Ancak unutulmamalıdır ki bu tür bir sistemin olası bir heyelan tehlikesini haber vermemesi, gerçekleşmesi olasılığı olan ancak gerçekleşmeyen bir heyelanı haber vermesinden daha olumsuz sonuçlar doğurur (Tarı, 2009).



Şekil 6.7: 18.09.2008 tarihli heyelan tahmini-Pazar ilçesi

Dikkat çekici bir gelişme de 18 Eylül 2008’de Pazar ilçesinde meydana gelen heyelan olayında Rize ilinin 2008’in en yoğun yağışını almış olmasıdır (Çizelge 6.1,

Url-3). Bu tip verilerin sürekli takip edilmesi ve eşik değerin iyileştirilmesi anlamında kullanılmasında çok büyük faydalar olduğu açıktır.

Çizelge 6.1: Pazar istasyonuna ait 18.09.2008 tarihli yağış verisi (Url-3)

İSTASYON	TARİH	BAŞLAMA	BİTİŞ	DEVAM (dk)	MİKTAR (mm)	ŞİDDET (mm/dk)	VERİM (l/snHa)
PAZAR	18-19.09.2008	20:42	01:42	300	139.4	0.465	77.4
PAZAR	18-19.09.2008	19:57	01:57	360	145.6	0.404	67.4
PAZAR	18-19.09.2008	19:57	03:57	480	150	0.313	52.1

Bu iyileştirme çalışmaları kapsamında bu çalışmada meteorolojik eşik değeri ile ilgili incelemelerde bulunulmuştur. Bu incelemelerin sağlam bir temele oturabilmesi için öncelikle heyelanların gerçekleşme tarihlerinin bilinmesi ve sonrasında bu tarihlere ait meteorolojik verilerin erişilir durumda olması gerekmektedir. Bu doğrultuda öncelikle Rize’de (RABİS proje çalışmalarının başlamasından itibaren) gerçekleşmiş ciddi boyutlu heyelanlar araştırılmış ve 18 Eylül 2008’de Pazar ilçesinde meydana gelen heyelan ile 28 Temmuz 2009 tarihli Fındıklı ilçesinde meydana gelmiş olan heyelanlar tespit edilmiştir. Bir sonraki adım 28 Temmuz 2009 tarihli meteorolojik verilerin temini olmuştur. Bu doğrultuda DMİ’den bu tarihe ait meteorolojik veriler temin edilmiştir (Çizelge 6.2).

Çizelge 6.2: Pazar istasyonuna ait 28.07.2009 tarihli yağış verisi

İSTASYON	TARİH	BAŞLAMA	BİTİŞ	DEVAM (dk)	MİKTAR (mm)	ŞİDDET (mm/dk)	VERİM (l/snHa)
PAZAR	28.07.2009	00:30	09:30	540	89.4	0.166	40.3

5.4 numaralı bölümde bahsedildiği gibi heyelan tahmininin meteoroloji kısmında (5.2) formülünden yararlanılmaktadır. Bu formül yağış süresine bağlı olarak yağış şiddeti için eşik değeri hesaplanmasında kullanılmaktadır. Bu eşitlik belirlenen heyelan günleri için uygulanacak olursa 18 Eylül 2008 için hesaplanan eşik değeri 1.38mm/s olarak belirlenmiştir. Buna karşın kaydedilen son yağış şiddeti 18.75mm/s olarak tespit edilmektedir. Benzeri durum 28 Temmuz 2009 tarihi için de geçerlidir. (5.2) ile hesaplanan eşik değeri 1.28mm/s, gerçekleşen yağış şiddeti ise 14.52mm/s olmuştur. Her iki durumda da heyelan tetiklemesi muhtemel yağış şiddeti eşik değeri gerçekleşen yağış şiddetinden az olmuş, bu da sistemin uyarı üretmesini sağlamıştır. Ancak daha önce de belirtildiği gibi (5.1) eşitliği ile hesaplanan eşik değeri heyelan olmayan durumlarda da uyarı üretmektedir. Bu uyarıları elemek; ancak heyelan

gerçekleşmiş tarihlerde heyelan uyarısı üretilmesini sağlayacak eşik değerin belirlenmesi ile gerçekleşebilir. Bu eşik değerin tespit edilmesi için Guzzetti ve diğ. (2007) tarafından yürütülen çalışma incelenilmiş ve 4 adet farklı eşitlik test edilmiştir. Bu formüller sırasıyla aşağıdaki gibidir:

$$I = 41.83x D^{-0.58} \quad (6.1)$$

$$I = 39.71x D^{-0.62} \quad (6.2)$$

$$I = 13.5x D^{-0.20} \quad (6.3)$$

$$I = 176.40x D^{-0.90} \quad (6.4)$$

Bu eşitliklerden (6.1) ve (6.2) Jibson (1989) tarafından Porto Riko’da meydana gelen akmların tespiti, (6.3) Jan ve Chen (2005) tarafından Tayvan’da meydana gelen Herb Tayfunu sonrası akmların tespiti, (6.4) Guadagno (1991) tarafından güney İtalya için volkanik kayalarda meydana gelen akmların tespiti amacıyla üretilmiştir.

Bu eşitliklerin öncelikle heyelan gerçekleşmiş tarihlerde uyarı üretilip üretilmediği kontrol edilmiştir (Çizelge 6.3).

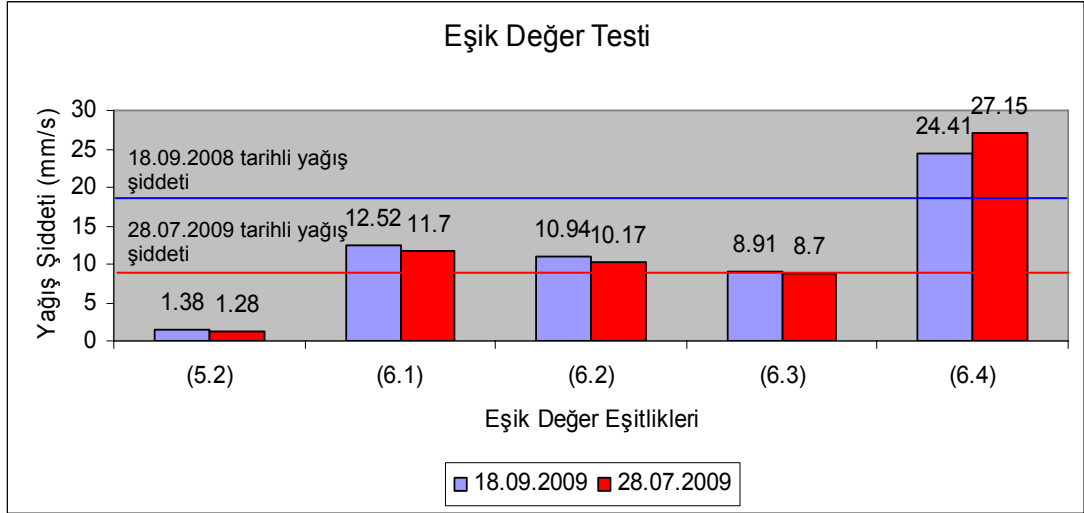
Çizelge 6.3: Heyelan tarihlerinde test edilen eşik değeri eşitlikleri

TARİH	SÜRE (s)	MİKTAR(mm)	ŞİDDET (mm/s)	(5.2)	(6.1)	(6.2)	(6.3)	(6.4)
18.09.2009	8	150.0	18.78	1.38	12.52	10.94	8.91	24.41
28.07.2009	9	89.4	9.93	1.28	11.70	10.17	8.70	27.15

Çizelge 6.3’de gösterilen sonuçlar doğrultusunda seçilen eşitliklerden (6.1), (6.2), (6.3) denklemlerinin 18.09.2009 tarihinde uyarı ürettiği sonucu anlaşılmaktadır. Ancak (6.4) denklemi kullanılarak hesaplanan eşik değerin gerçekleşen yağış şiddetinden daha fazla olduğu görülmektedir. Yani (6.4) denklemi ile elde edilen sonuç, gerçekleşmiş bir heyelanın tahmin edilememesine neden olmuştur. Diğer yandan bu denklemlerden (6.1), (6.2) ve (6.4) 28.07.2009 tarihli heyelanda gerçekleşen yağış şiddetinden daha yüksek eşik değerler türetmişler ve heyelan tahmini gerçekleştirememişlerdir. (6.3) eşitliği ise bu tarihte gerçekleşen heyelanın tahmin edilmesini mümkün kılmıştır. Bu tip tahmin çalışmalarında en istenmeyen durum gerçekleşmiş olayların tahmin edilememesidir ki eşitlikler bazı durumlarda bu

tip sonuçlara neden olmuştur. Yalnızca (6.3) eşitliği her iki heyelan tarihinde de uyarı üretilmesini sağlayan eşik değeri üretmiştir.

Şekil 6.8’de, eşitliklerden yararlanılarak oluşturulan sütun gösterimler ile 18.09.2008 ve 27.08.2009 tarihli heyelanlarda gerçekleşen yağış şiddeti verileri ile oluşturulan çizgisel gösterimler yardımıyla eşik değer-yağış şiddeti farkları daha net anlaşılmaktadır.



Şekil 6.8: Eşik değer testi

Bu tespitten sonra yapılan analiz ise bu eşitliklerin, heyelan olmamasına rağmen üretilen uyarıları eleyip eleyemediğinin ortaya konması amacıyla yürütülmüştür. Bu kapsamda 2009 Ağustos ayına ait MM5 meteorolojik yağış tahmin veri seti kullanılmıştır. Bu veri seti içinde enlem-boylam bilgisi, nokta kimlik numarası, toplam yağış, yağış süresi, yağış şiddeti, eşik değer ve uyarı verileri bulunmaktadır (Şekil 6.9).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	OBJECTID	Enlem	Boylam	NoktaNo	ToplamYagis	YagisSuresi	Siddet	EsikDeger	Uyarı
2	2	41.3812	41.7305	1094	26.0316	27	0.96413	0.74667	1
3	10	41.3898	41.6448	1093	14.09793	14	1.00699	0.99429	1
4	12	41.3254	41.6333	1052	17.5902	20	0.87951	0.84	1
5	25	41.3984	41.5588	1092	12.85514	6	2.14252	1.68	1
6	28	41.334	41.5474	1051	19.34731	13	1.48825	1.03385	1
7	31	41.2695	41.5361	1010	17.58732	20	0.87937	0.84	1
8	43	41.4069	41.4729	1091	55.08373	33	1.6692	0.69818	1
9	46	41.3425	41.4617	1050	20.89599	12	1.74133	1.08	1
10	49	41.278	41.4504	1009	37.50299	18	2.0835	0.88	1
11	52	41.2136	41.439	968	21.00897	17	1.23582	0.90353	1
12	54	41.1492	41.428	927	15.68666	14	1.12048	0.99429	1
13	56	41.0847	41.4168	886	17.69155	10	1.76916	1.2	1
14	58	41.0203	41.4055	845	17.88486	11	1.6259	1.13455	1
15	60	40.9558	41.3943	804	14.70308	10	1.47031	1.2	1
16	67	41.2865	41.3645	1008	19.8555	23	0.86328	0.79304	1
17	70	41.222	41.3535	967	13.13377	6	2.18896	1.68	1
18	72	41.1576	41.3423	926	22.20357	9	2.46706	1.28	1
19	74	41.0931	41.3311	885	16.34107	17	0.96124	0.90353	1

Şekil 6.9: MM5 meteorolojik yağış tahmin veri seti

Bu veri setinde toplam yağış milimetre cinsinden, yağış süresi saat cinsinden, şiddet değeri ise milimetre/saat (mm/s) cinsinden hesaplanmaktadır. Eğer (5.2) ile hesaplanan eşik değeri şiddet değerinden büyük ise uyarı sütununda “1” yazmaktadır. Bunun anlamı söz konusu gride (7kmx7km boyutunda, merkez noktası enlem-boylam ile tanımlanan kare alan) heyelan potansiyeli olduğudur. Heyelan potansiyeli olmaması durumunda ise “0” yazmaktadır. Bu tablolar her bir gün için 3 defa arşivlenmektedir. Bu çalışmada her bir güne ait ilk (DMİ tarafından saat 08:00 civarında aktarılan) meteorolojik tahmin verisi temel alınmıştır. Toplamda 29 güne ait veri setlerine; (6.1), (6.2), (6.3) ve (6.4) eşitlikleri yeni eşik değerler hesaplanması için eklenmiştir. Bu eşitliklerden elde edilen eşik değerler ile yapılan yağış şiddeti karşılaştırması sonucu sistemin uyarı verme eğilimi incelenmiştir. (5.2) eşitliği kullanılarak yapılan analizde 2009 Ağustos ayı boyunca günlük ortalama 47 adet gride heyelan tahmini üretilmiştir. Bu tahminler (6.1), (6.2), (6.3) ve (6.4) eşitlikleri ile tekrar hesaplanmıştır. Bu testler sonucunda (6.1) eşitliği Ağustos ayı boyunca ortalama 3 adet, (6.2) eşitliği ortalama 4 adet, (6.3) ve (6.4) eşitlikleri ise ortalama 2 adet gride heyelan riski belirlenmiştir. Yani Ağustos ayı boyunca üretilen heyelan uyarıları (6.1) eşitliği tarafından %94 (44 adet), (6.2) eşitliği tarafından %91 (43 adet), (6.3) ve (6.4) eşitlikleri tarafından %96 oranında (45 adet) eleştirilmiştir (Çizelge 6.4).

Çizelge 6.4: Ağustos 2008 heyelan tahmini üretilen günlük ortalama grid sayıları

Eşitlik	(5.2)	(6.1)	(6.2)	(6.3)	(6.4)
Heyelan tahmini üretilen günlük ortalama grid sayıları	47	3	4	2	2

Bu analizle ilgili Ağustos ayının her bir gününe ait grafik gösterimler Ek-9’da yer almaktadır. Bu grafiklerde yer alan “yağış şiddeti” meteorolojik tahmin verisinden temin edilmektedir. “Eşik Değer-RABİS” grafiği RABİS projesinde kullanılan (5.2) eşitliğinin sonucu oluşan grafik, diğer dört sınıf ise (6.1, 6.2, 6.3, 6.4) sırasıyla (6.1), (6.2), (6.3) ve (6.4) eşitliklerinden türetilen grafiklerdir. Bu grafikte yer alan “grid sayısı” o gün içinde toplam kaç gridde heyelan tehlikesinin var olduğunu göstermektedir.

6.4 Coğrafi Bilgi Sistemi

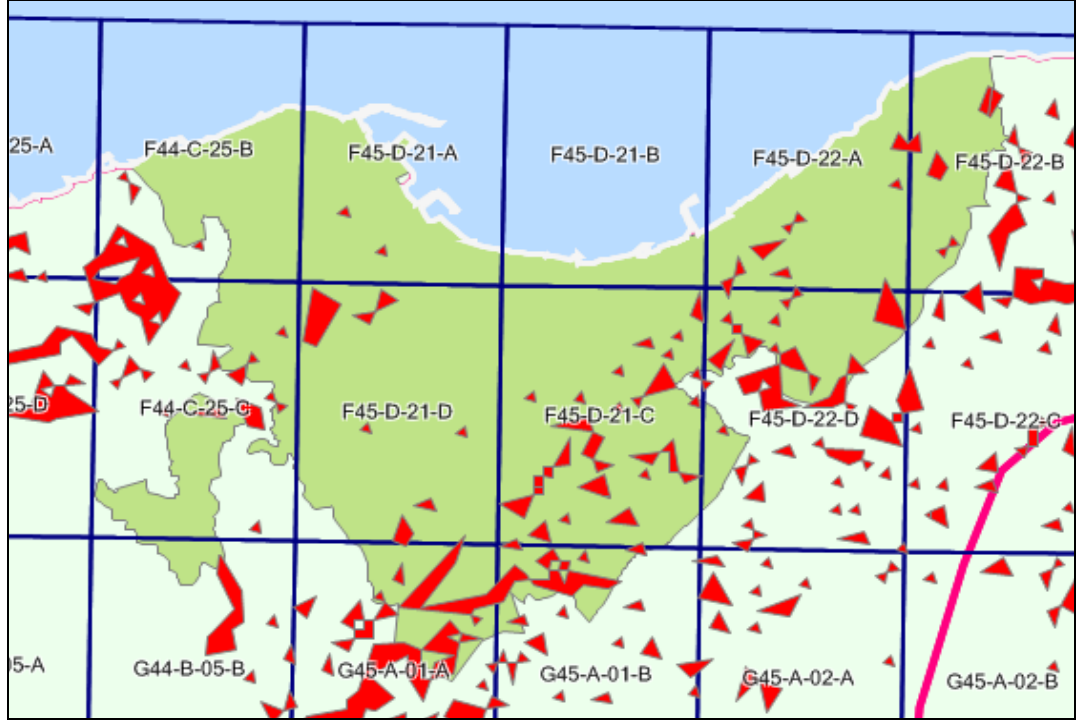
Coğrafi Bilgi Sistemleri projedeki çalışmaların bir araya getirildiği, analiz, raporlama, düzenleme, yayınlama ve gösterimlerinin yapıldığı sistem olarak kullanılmıştır. RABİS projesi’nin bu kısmı üretilen verilerin gösterimi ve analizlerin yayınlanması konusunda herhangi bir aksaklık göstermemektedir. Ancak buna rağmen DMİ’den temin edilen yağış tahmin verileri sonucu CBS ortamında oluşturulan heyelan tahmin haritaları Ağustos 2009 başlangıcından itibaren arşivlenmektedir. Bu her ne kadar belli bir döneme ait verilerin kaybolmuş olduğu anlamına gelse de gelecekte kaydedilecek olan veriler sistemin test edilmesi ve iyileştirilmesi kapsamındaki çalışmalara altlık olabilecektir.

Bu tip web tabanlı CBS çalışmalarında önemli bir diğer nokta uygulamaların uluslararası standartlara uygunluğudur. Bu kapsamda dikkate alınabilecek standartlar OGC (Open Geospatial Consortium) tarafından belirlenmektedir.

Bu standartlar arasında en önemli iki standart WMS (Web Map Service) ve WFS (Web Feature Service) standartlarıdır. Bu standartlardan WMS bir veya daha fazla dağıtık mekansal veritabanına kaydedilmiş harita görüntülerinin istenebilmesini sağlayan bir HTTP arayüzü standardıdır. WFS ise web ortamında yayınlanan mekansal verilerin, yayınlanan ortamdan bağımsız bir biçimde coğrafi özelliklerinin sorgulanabilmesini sağlayan bir arayüz standardıdır (Url-5).

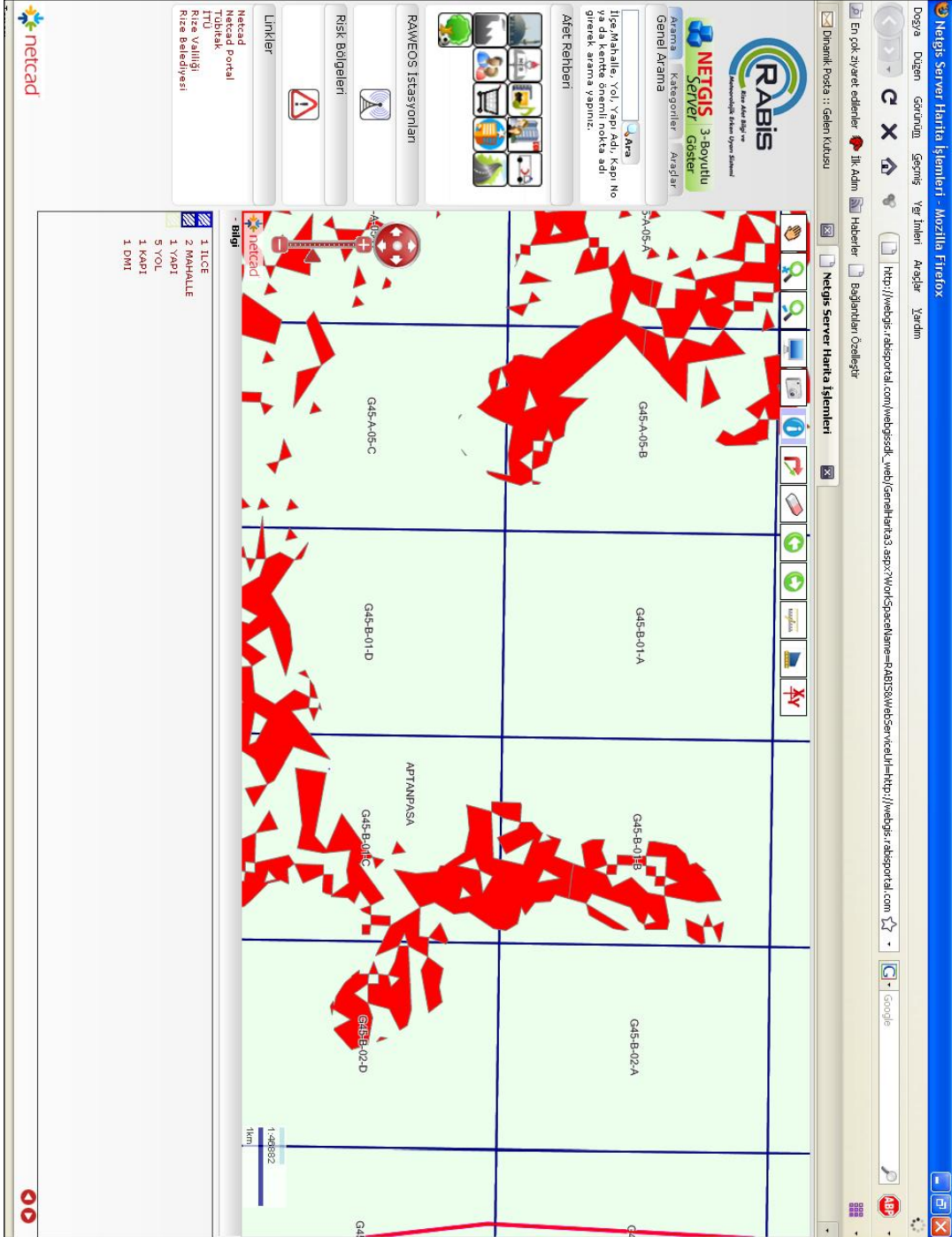
Uyarı sisteminin web tabanlı CBS uygulaması kapsamında incelendiğinde de başarılı bir yapıya sahip olduğu tespit edilmiştir. Nitekim OGC (Open Geospatial Consortium) tarafından belirlenmiş olan web tabanlı CBS uygulamalarına ait WMS (Web Map Service) ve WFS (Web Feature Service) standartlarının ilgili firma (ULUSAL CAD ve GIS Çözümleri A.Ş.) tarafından sağlandığı tespit edilmiştir (Url-6). Web ortamında yapılan fonksiyon kontrollerinde de kaydırma, büyütme, küçültme, tam ekran görüntüleme, seçili nokta ile ilgili konum-adres bilgisi alma, mesafe ölçme, görüntülere ait resim seçme, seçili bilgileri haritadan silme, bir önceki görüntüye veya bir sonraki görüntüye gitme gibi CBS fonksiyonlarının sorunsuz çalıştığı tespit edilmiştir. Ancak en kısa yol tarifi, en yakın hastane ve eczane sorguları yalnızca Rize merkez ilçesinin belirli bir bölümünde yürütülebilmektedir (Şekil 6.7).

Önemli noktalardan biri; tahminlerin sunumlarının yapıldığı web tabanlı sistemde, tahminin üretildiği tarihe ait herhangi bir bilgi olmaması o tahminin üretilme zamanının bilinmemesine yol açmaktadır. Bu eksikliğin giderilmesi için web ortamında sunulan gösterimin bir bölgesinde (heyelan bölgelerinin gösterimini engellemeyecek bir noktada: Örn: ekran sağ üst köşesi) tahminin ne zaman üretildiği bilgisi gg/aa/yyyy formatında işlenebilir.



Şekil 6.10: Rize merkez ilçesine ait sorgulama sınırı

CBS ortamında yapılan tespitlerden biri de heyelan açısından riskli olduğu tespit edilen bölgelere ait bilgi sorgulama menüsünde (Şekil 6.10) bu potansiyeli meydana getiren meteorolojik koşullara ait herhangi bir veri bulunmamasıdır. Ekranın altında yer alan “bilgi” bölümünde bulunan “ilçe”, “mahalle”, “yol”, “bina”, “kapı”, “DMİ” başlıklarına ek olarak “Meteorolojik Koşullar” adında yeni bir satır eklenerek sorgulanan noktaya ait, heyelan tahmini üretilmesini sağlayan eşik değer ve DMİ’den temin edilen yağış şiddeti değeri ile yağış süresi gösterilebilir ve kullanıcının gerçekleşecek meteorolojik koşul hakkında bilgilenmesi sağlanabilir.



Şekil 6.11: Riskli bölge sorgulama ekranı

7. SONUÇLAR-ÖNERİLER

Öncelikle belirtmek gerekir ki RABİS projesi gerek içeriği, gerek hacmi ve bütçesiyle Türkiye’de gerçekleştirilmiş en önemli afet yönetimi projesidir. Bu proje kapsamında mühendislik disiplinleri arası iş birliğinin ötesinde; üniversite, kamu sektörü ve özel sektör arasında da bir iş birliği gerçekleşmiştir. Çalışmanın sonucunda da heyelan tahmini üreten bir sistem Türkiye için ilk defa tesis edilmiştir.

Diğer yandan bölge ekonomisinin çay tarımıyla ayakta durduğu dikkate alınır ve yaklaşık 116 ha çay ekim alanının heyelan gerçekleşme potansiyeli yüksek bölgeler dahilinde bulunması göz önünde bulundurulursa bölge insanının maddi kayıplara uğrama olasılığının yüksek olduğu öne sürülebilir. Bu da Rize halkının ekonomik anlamda kırılganlaşmasına ve heyelan riskinin yükselmesine neden olmaktadır. Bu doğrultuda karar vericilerin bu çalışmada belirlenen heyelan potansiyeli yüksek yerlerdeki yerleşim birimleri, yol yapıları ve aynı durumdaki çay ekim alanlarına ait bilgilerden yararlanarak birtakım önlemler almaları, heyelan olgusundan birincil derecede etkilenen halk için çok büyük bir önem taşımaktadır.

Rize’deki heyelanlarda jeolojik birim olarak lav, tuf, aglomera, bazalt ve andezit tiplerinin etki değerinin daha yüksek olduğu görülmüştür (Afet Etüt ve Hasar Tespit Dairesi Başkanlığı Heyalan Envanteri, 2009). Ayrıca Rize’de karşılaşılan heyelanlarda, RABİS kapsamındaki heyelan analizlerinde de dikkate alınan topoğrafyanın da etki değeri yüksektir (Yalçın, 2005). RABİS kapsamında yürütülen jeoloji çalışmalarında temel eksen heyelan gerçekleşme potansiyeli yüksek olan bölgelerin tespit edilmesi olmuştur ve bu kapsamda heyelan potansiyeli yüksek olan bölgeler Shalstab Tools programı kullanılarak üretilmiştir (Bölüm 5.1). Bu çalışmada da üretilen bu heyelan potansiyeli verisi ile gerçekleşmiş heyelan verilerinin ne şekilde bir ilişki içerdiğini tespit edilmeye çalışılmıştır. Şekil 6.1’de haritalanmış olan bu iki veri kümesinin karşılaştırma işleminde heyelan gerçekleşme potansiyeli yüksek olan bazı yerlerde geçmişte heyelan olduğu belirlenmiştir. Ayrıca jeolojik birim olarak kayalık şeklinde tanımlanan ve heyelan gerçekleşme potansiyeli çok düşük olarak değerlendirilen bölgelerde de heyelan gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Eldeki jeolojik ve topografik faktörler ile bu karşılaştırma analizi değerlendirilirse Rize’de heyelanların en etkin bileşeni yağış olarak değerlendirilebilir. Nitekim hem Reis ve diğ. (2008), hem de Afet İşleri Etüt Raporu bu bulguları destekler nitelikte sonuçları barındırmaktadır. Bu kapsamda gelecekte yürütülmesi gerekli çalışmaların başında Rize ilinin jeoloji haritasının daha yüksek çözünürlüklü olarak üretilmesi gelmektedir. Çünkü Rize ilinde gözlenen heyelanların miktar olarak çok önemli bir kısmı yüzeysel toprak akmaları, sellenmeye bağlı moloz akmaları ve yavaş akmalar seklindedir (Şahin ve diğ., 2007). Bu da jeolojik sınıflandırma çalışmalarının daha küçük ölçeklerde yapılmasını gerektirmektedir. Böyle bir mikro bölgeleme çalışması her ne kadar heyelanlar açısından yüksek doğruluklu veri üretimini sağlayacak olsa da maliyet dikkate alındığında var olan bilimsel tecrübe ve birikimden yararlanılarak, Rize ili genelinde risk azaltma çalışmalarına (mevcut tehlike altındaki yerleşim birimlerinin tahliyesi, yol hatlarının değiştirilmesi, şev ıslahı, çaylık alanların ağaçlandırılması) ağırlık verilmesi hem daha az maliyet getirecek hem de maddi ve manevi kayıpların önüne geçilmesine olanak sağlayacaktır.

Bu çalışma kapsamında üretilen ve risk azaltma çalışmalarına altlık oluşturabilecek çalışmalardan biri de heyelan potansiyeli yüksek olan bölgelerden yerleşim alanlarını içerenlerin belirlenmesi olmuştur (Çizelge 5.4, Ek-1). Bu sayede söz konusu bölgelere ait merkez nokta koordinatları tespit edilmiştir. 224 adet olarak tespit edilen bu yerleşim birimlerinin yeniden tasarlanması ve heyelana yönelik önlemler alınması konusunda bu konum bilgileri çok önemli bir rol oynayabilir.

RABİS projesi kapsamında yürütülen meteorolojik çalışmalarda temel amaç heyelan tahmini üretilmesinde kullanılacak olan yağış eşik değerinin tespit edilmesi ve otomatik gözlem istasyonlarının kurulumu ile Rize ilinin yağış rejiminin ortaya çıkarılmasıdır.

Bu çalışmada öncelikle RABİS kapsamında geliştirilen tahmin yönteminin sonuçları değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda geçmişte yaşanmış heyelanlara ilişkin analizler yürütülmüştür. Öncelikle gerçekleşen heyelanların tarihleri belirlenmiştir. Bunun için heyelan arşiv verilerinden yararlanılmıştır. Bu heyelanlardan büyük kayba neden olan ve MM5 ile değerlendirilebilecek türde iki adet heyelan tespit edilmiş (18 Eylül 2008, 27 Temmuz 2009), bu heyelanlara ait MM5 tahmin verileri DMİ’den temin edilmiştir. Temin edilen meteorolojik tahmin verileri heyelan tahminini üreten CBS

tabanlı yazılımda test edilerek bu tarihlerde heyelan uyarısı üretilip üretilmediği kontrol edilmiştir. Bu kontroller sonucunda bu tarihlerde sistemin uyarı verdiği belirlenmiştir; ancak ilin diğer bölgelerinde bu boyutlarda heyelan meydana gelmemiştir. Sistemin o bölgeler için de uyarı üretmesi meteorolojik eşik değerle ilişkili bir sorundur. Bu sorun sistemin heyelan olmayan tarihlerde de birçok uyarı üretmesine neden olmuştur. Bu eşik değerinin iyileştirilmesi için gerekli olan meteorolojik tahmin verileri, kurulan erken uyarı sistemi kapsamında Rize’de bulunan Rize Afet Koordinasyon Merkezi’ne aktarılmasına rağmen Ağustos 2009 tarihine kadar arşivlenmemiştir. Yetkililere durumun aktarılması sonucunda bu veriler 02.08.2009 tarihinden itibaren arşivlenmektedir. Aynı durum üretilen heyelan tahmin verileri için de geçerlidir. Bu verilerden yararlanılarak yapılan eşik değer test çalışmaları sonucunda da (6.1), (6.2), (6.3) ve (6.4) numaralı eşitliklerin heyelan gerçekleşmemesi durumunda üretilen uyarıları yaklaşık %94 oranında elediği tespit edilmiştir. Ancak bu testler bu eşitliklerin eşik değer hesabında doğrudan kullanılması gerektiği anlamına gelmez. Nitekim (6.4) eşitliği 18 Eylül 2008 ve 28 Temmuz 2009 tarihlerine ait, (6.1) ve (6.2) eşitlikleri ise 28 Temmuz 2009 tarihine ait heyelan olaylarında uyarı üretmeyen bir eşik değer hesaplanmasına neden olmaktadır. Diğer yandan (6.3) eşitliği her iki tarihte de uyarı üreten ve gerçekleşmemiş heyelanları yüksek oranda eleyen (%96) bir eşitlik olarak tespit edilmiştir.

Bu doğrultuda bu eşik değerlerin daha uzun zaman aralıklarını kapsayan ve mümkünse daha zengin heyelan arşiv verisinden yararlanarak değerlendirilmesi, daha yüksek doğruluklu heyelan tahmin çalışmaları yürütülmesini kolaylaştıracaktır.

Böyle bir çalışmanın temel özellikleri dikkate alındığında çok önemli hizmetler sunduğu açıktır. Bu anlamda teknik birtakım önlemlerin ilerleyen dönemlerde alınmasında büyük fayda vardır. Teknik olarak bu çalışmada kullanılan tahmin formülü, Rize ile ilgisi olmayan ancak benzerliği olduğu varsayılan bir bölgeye ait gözlemler sonucu üretilmiştir. Böyle bir yöntemin benimsenmesindeki etken Rize üzerine herhangi benzeri bir çalışma yürütülmemiş olması ve Rize iline ait herhangi bir heyelana sebep olacak yağış eşik değerinin tespit edilmemiş olmasıdır. Ayrıca Rize ili genelinde sağlıklı arşiv verisi bulunmamakta, üzerinde çalışılabilecek herhangi bir analiz verisi var olmamaktadır. Bu nedenle kullanılan yöntem Rize için

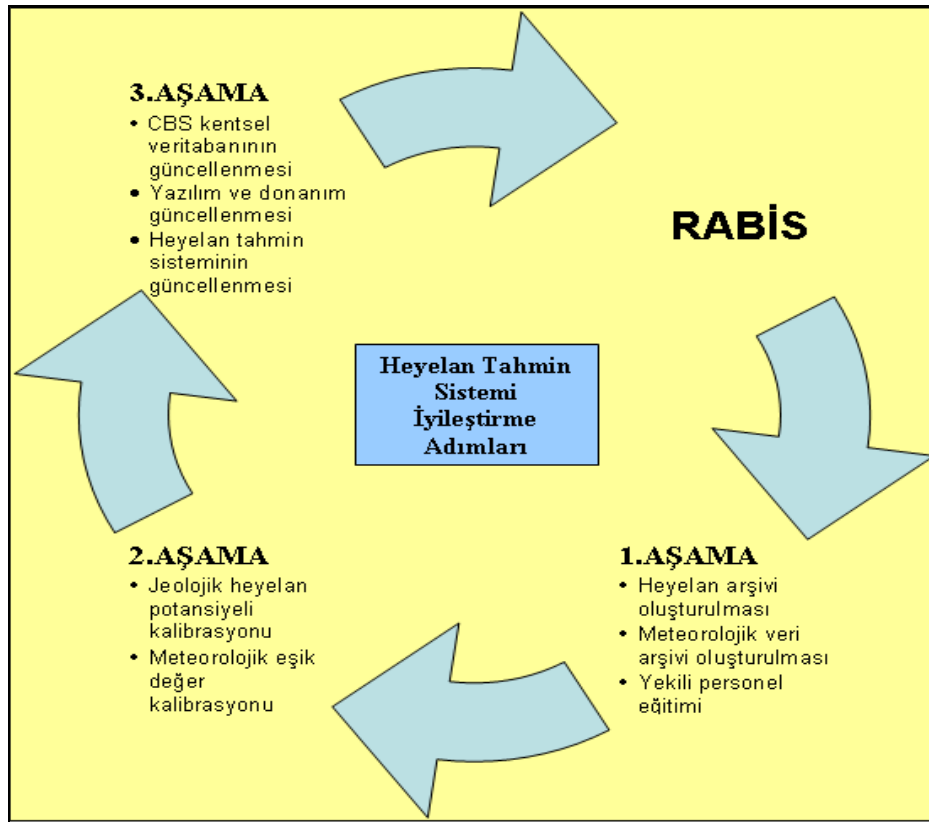
ilk defa denenmekte olup, Rize için doğruluğu da ilk olarak bu çalışmada test edilmiştir. RABİS projesi kapsamında yapılan meteorolojik çalışmalar dahilinde Rize ilinde 12 adet otomatik hava gözlem istasyonu tesis edilmiştir ve bu istasyonlar RABİS projesi kapsamında gerçekleştirilen protokol gereği DMİ'ye devredilmiştir. Bu istasyonlardan elde edilen meteorolojik verilerin (yağış, sıcaklık, toprak nemi, bağıl nem, basınç vb.) ve Rize Valiliği'nde sistemi gözetmekle yükümlü olarak görevlendirilen personelin takibi sonucu elde edilecek heyelan olaylarına ait kayıtlar ile gelecek dönemlerde Rize hakkında zengin bir jeolojik-meteorolojik arşiv verisine erişilmesi söz konusudur. Eğer bu kayıtlar sağlıklı bir şekilde tutulursa, sistemin doğruluğu RABİS doğrultusunda geliştirilen ve yalnızca heyelan tahmin sistemini güncelleme ve iyileştirme amacıyla yürütülen projelerle test edilebilir ve böylece sistemin daha güvenilir kılınması mümkün olabilir.

Daha önce de belirtildiği gibi heyelana sebep olan yağmur yağışı eşik değeri farklı bir projede türetilmiş olan formülasyondan yararlanılarak yönteme dahil edilmiştir. (5.2) numaralı formülde girdi olarak kullanılan iki değer olan yağış şiddeti (I) ve yağış süresi (D) verileri kurulan otomatik sistem sayesinde kayıt altına alınmaktadır. Bu veriler ve gerçekleşen heyelan olaylarının kayıtları ile hangi meteorolojik şartlarda heyelan gerçekleştiği tespit edilebilecek ve belli bir süre sonunda da (%5 standart sapma değerine ulaşılan kadar) heyelana neden olan ortalama meteorolojik koşullar belirlenebilecektir. Bu ortalama değerler belirlenirken %95 güven aralığı kabul edilir ve standart sapma %5 olarak kullanılırsa en gerçekçi yağış şiddeti ve yağış süresi verileri üretilebilir. Böylece formülde değişken olarak bulunan bu değerler (I ve D) sabit kabul edilerek formülü gerçekleyen katsayıların (c , α ve β) yeni değerleri tespit edilerek Rize'ye özel bir eşik değeri hesaplanmış olacaktır. Böylece heyelan uyarı sisteminin en gerçekçi seviyede uyarı yayınlaması sağlanmış olacaktır. Ancak daha önce de belirtildiği gibi bunun için sağlıklı bir veri arşivi gerekmektedir.

Bir diğer önemli nokta Rize iline ait bina ve yol verilerinin şehrin nüfus projeksiyonları temel alınarak güncellenmesidir. Bu sayede tehlike altındaki yapılar ve yollar tekrar tespit edilebilecektir. Bu çalışma Rize ili genelinde hangi bölgelerin ne oranda risk altında olduğunun belirlenmesine altlık olacak veriyi sunmaktadır. Bu veriler sayesinde Rize ilinde gelecekte yapılabilecek şehir ve bölge planlama

alışmalarına da çok değerli bir katkı sağlanmış olacaktır. Bu bilgiler ışığında sistemin gelecekte teknik olarak iyileştirilmesi şu şekilde şematize edilebilir (şekil 7.1).

27.09.2009 tarihine kadar olan bilgilere göre Rize ilinde kurulmuş olan otomatik meteorolojik istasyonları tam kapasite ile çalışmamaktadır. Her ne nedenle olursa olsun, heyelanın getirdiği zararlar göz önüne alındığında, bu aksaklık sistemin geleceği için çok büyük bir tehlike oluşurmaktadır; konuya acil çözüm getirilmesi, projenin sürdürülebilirliğinin sağlanması için gereklidir.



şekil 7.1: RABİS iyileştirme ve güncelleştirme adımları

Ek olarak Rize il genelinde afetlerle ilgili olan kurumların, başta heyelan olmak üzere diğer bütün afetlerin arşiv verilerini oluşurmaya başlamaları gerekmektedir. Bu arşivlerde kaydedilecek olan veriler ileride bu olayların analiz edilmesine olanak sağlayacak biçimde derlenmelidir. Örneğin heyelan için; konum verisi (koordinatlar), topografik veri (eğim, bakı), tarih (gün/ay/yıl), jeolojik ve jeomorfolojik yapı, derinlik, alan verileri tutulması gereken en temel verilerdir.

Böylece alınacak teknik ve idari önlemlerle başta heyelan olmak üzere afetlere karşı dayanıklı, dirençli ve bilinçli bir toplum oluşturmanın temelleri atılabilir.

KAYNAKLAR

- Birleşmiş Milletler**, 2005, *Hyogo Framework for Action: 2005-2015*, World Conference on Disaster Risk Reduction, 18-22 Ocak, Kobe, Japonya
- Birleşmiş Milletler**, 2006, *Global Survey of Early Warning Systems*, Cenevre
- Cavallo A., Norese M. F.**, 2001, GIS and Multicriteria Analysis to Evaluate and Map Erosion and Landslide Hazards, *INFORMATICA*, Vol. 12, No. 1, 25-44
- Crosta G.**, 1998, Regionalization of Rainfall Thresholds: an aid to landslide hazard evaluation, *Environmental Geology*, 35(2-3) Ağustos-Springer
- Cruden D.M.**, 1991, A Simple Definition of a Landslide, Bulletin of *International Association of Engineering Geology*, No:43 27-29
- Cuesta M.J.D., Sanchez M.J., Garcia A.R.**, 1999, Press Archives as Temporal Records of Landslides in the North of Spain: relationships between rainfall and instability slope events, *Geomorphology*, 30(1999) 25-32
- Çöleri M., Yayvan M., Deniz A., Turgut Ü., Eryılmaz A., Geçer C., Güser A.**, 2007 *Hava Analiz ve Tahmin Tekniği*, DMİ Yayınları 2006/1, Ankara
- Dietrich W.E., Montgomery D.R.**, 1998, SHALSTAB; A Digital Terrain Model for Mapping Shallow Landslide Potential, <http://calm.geo.berkeley.edu/geomorph/shalstab/index.htm>, en son izlenme tarihi Nisan 25, 2009
- Duman T.Y., Nefeslioğlu H.A., Çan T., Olgun Ş., Durmaz S., Hamzaçebi S., Çörekçioğlu Ş.**, 2007, Türkiye Heyelan Envanteri Haritası, 1/500000 Ölçekli Trabzon Paftası, MTA Özel Yayın Serisi-9, Ankara
- Ercanoğlu M., Temiz N., Kaşmer Ö.**, 2007 Heyelan Duraylılığının Belirlenmesinde Bulanık Mantık ve Yapay Sinir Ağlarının Kullanımına Yönelik Bir Çalışma, 60. *Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri*, sf: 307, 16-22 Temmuz, Ankara
- Erener A., Kaynia M.A.**, 2007, İsveç'te CBS Kullanılarak Heyelan Duraylılık Haritalaması Uygulaması, *TMMOB HKMO Ulusal CBS Kongresi 30 Ekim – 02 Kasım*
- Guadagno F. M.**, (1991) Debris flows in the Campanian volcanoclastic soil (Southern Italy). In: Proceedings International Conference on slope stability. Isle of Wight: Thomas Telford, 125-130
- Guzzetti F., Peruccacci S., Rossi M., Stark C.P.**, 2007, Rainfall Thresholds for the Initiation of Landslides in Central and Southern Europe, *Meteorology and Atmospheric Physics* (98), sf: 239-267

- Günther A., Reichenbach P.**, 2007, Common Criteria to deliniate Risk Areas for Landslides, *Workshop on Common Criteria for Risk Area Identification in the Soil Framework Directive*, BGR, Hannover, 25 Nisan
- Jan C.D., Chen C. L.**, (2005), Debris flows caused by Typhoon Herb in Taiwan. In: *Debris Flow Hazards and Related Phenomena*, Springer Berlin Heidelberg, 363-385
- Jibson R. W.**, (1989) Debris flow in southern Porto Rico. Geological Society of America, Special Paper 236, 29–55
- Lee S., Evangelista D.G.**, 2005, Landslide Susceptibility Mapping using Probabilist and Statistics Models in Baguio City, Philippines, <http://www.isprs.org/publications/related/ISRSE/html/papers/407.pdf>, en son izlenme tarihi 25.04.2009
- Lee S., Biswajeet P.**, 2006, Landslide Hazard Assessment at Cameron Highland, Malaysia Using Frequency Ratio and Logistic Regression, *Geological Research Abstracts*, Vol. 8, 03421, 2006
- Muthu K., Petrou K., Tarantino C., Blonda P.**, 2008, Landslide Possibility Mapping Using Fuzzy Approaches, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol.46, No:4, Nisan
- Musaoğlu N.**, 2009, Kişisel görüşme
- Dudhia J., Gill D., Manning K., Wang W., Bruyere C.**, 2005, PSU/NCAR Mesoscale Modeling System Tutorial Class Notes and User's Guide, MM5 Modeling System Version 3
- Qiu C., Esaki T., Xie M., Mitani Y., Wang C.**, 2005, A GIS System Development for Evaluating 3D Slope, *Proceedings of the 2005 ESRI International User Conference, Mining and Geoscience*, 25-29 Temmuz, CD-ROM
- Reis S., Bayrak T., Yalçın A., Atasoy M., Nişancı R., Ekercin S.**, 2008, Rize bölgesinde yağış heyelan ilişkisi, HKMO Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 99, 5-9, Şubat
- Tarı E. ve diğerleri.**, 2008, Rize İli Geneline Afet Bilgi Ve Meteorolojik Erken Uyarı Sistemi Kurulması Projesi Sonuç Raporu, Aralık
- Tarı E.**, 2009, kişisel görüşme
- Şahin M. ve diğerleri.**, 2002: Türkiye Afet Bilgi Sistemi (TABİS) Obje Katalogu
- Şahin M. ve diğerleri.**, 2006, Rize İli Geneline Afet Bilgi ve Meteorolojik Erken Uyarı Sistemi Kurulması Projesi-proje öneri formu
- Şahin M. ve diğerleri.**, 2006, Rize İli Geneline Afet Bilgi ve Meteorolojik Erken Uyarı Sistemi Kurulması Projesi-1.Ara Rapor
- Şahin M. ve diğerleri.**, 2007, Rize İli Geneline Afet Bilgi ve Meteorolojik Erken Uyarı Sistemi Kurulması Projesi-2.Ara Rapor
- Tuysuz O., Genç Ş.C., Tarı U., Erturaç M. K.**, 2008, Geological, Geographical and Man-made Factors Controlling Landslide Potential of Rize Province, NE Turkey, *The 33rd Geological Congress Oslo*, 6-14 Ağustos

- Url-1 <http://trabzonjfm.googlepages.com/home3223>; alındığı tarih 25.04.2009
- Url-2 <http://www.rize.gov.tr/test/tr/index.asp?SayfaNo=252>, alındığı tarih 25.04.2009
- Url-3 <http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme> , alındığı tarih 24.08.2009
- Url-4 <http://www.yurthaber.com/haber/rizedeki-selde-36-koye-ulasilamiyor-168709.htm>, alındığı tarih 15.08.2009
- Url-5 <http://www.opengeospatial.org/standards>, alındığı tarih 15.09.2009
- Url-6 <http://www.netcad.com.tr/TR/Sabitler/KaliteBelgelerimiz.aspx>, alındığı tarih 15.09.2009
- USGS, 2004, Landslide Types and Processes Report, Hazırlayan: Highland L. ve Johnson M. , <http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/pdf/fs2004-3072.pdf>, en son izlenme tarihi: 25.04.2009
- Varnjes D.J., 1978, Slope Movement and Types and Processes in Landslides Analysis and Control, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Washington DC., *Special Report* 176
- Wilson J.P., Fotheringham A.S., 2008, *The handbook of geographic information science*, Malden MA, Blackwell, sf. 123-125
- Winter M. G., Macgregor F., Shackman L., 2005, *Scottish Road Network Landslides Study*
- Yalçın A., Bulut F.; Landslide susceptibility mapping using GIS and digital photogrammetric techniques: a case study from Ardeşen NE-Turkey, *Natural Hazards* Cilt No: 41 (1), 2007, 201-226
- Yalçın A., 2005, Ardeşen (Rize) yöresinin heyelan duyarlılığı açısından incelenmesi, *Doktora Tezi*, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yılmaz İ., Yılmaz Ö., Saraç C., 2003, Case History of Controlling a Major Landslide at Kurandu-Turkey, *Engineering Geology*, 70(2003) 47-53

EKLER

EK 1: Heyelan tehlikesi altında bulunan yerleşim birimleri

EK 2: Jeolojik ve meteorolojik risk verisinin CBS ortamında çakıştırılması
işleminin veritabanı gösterimi

EK 3: SMS uyarı örneği

EK 4: Elektronik posta uyarı örneği

EK 5: Riskli bölgelerin gösterimi

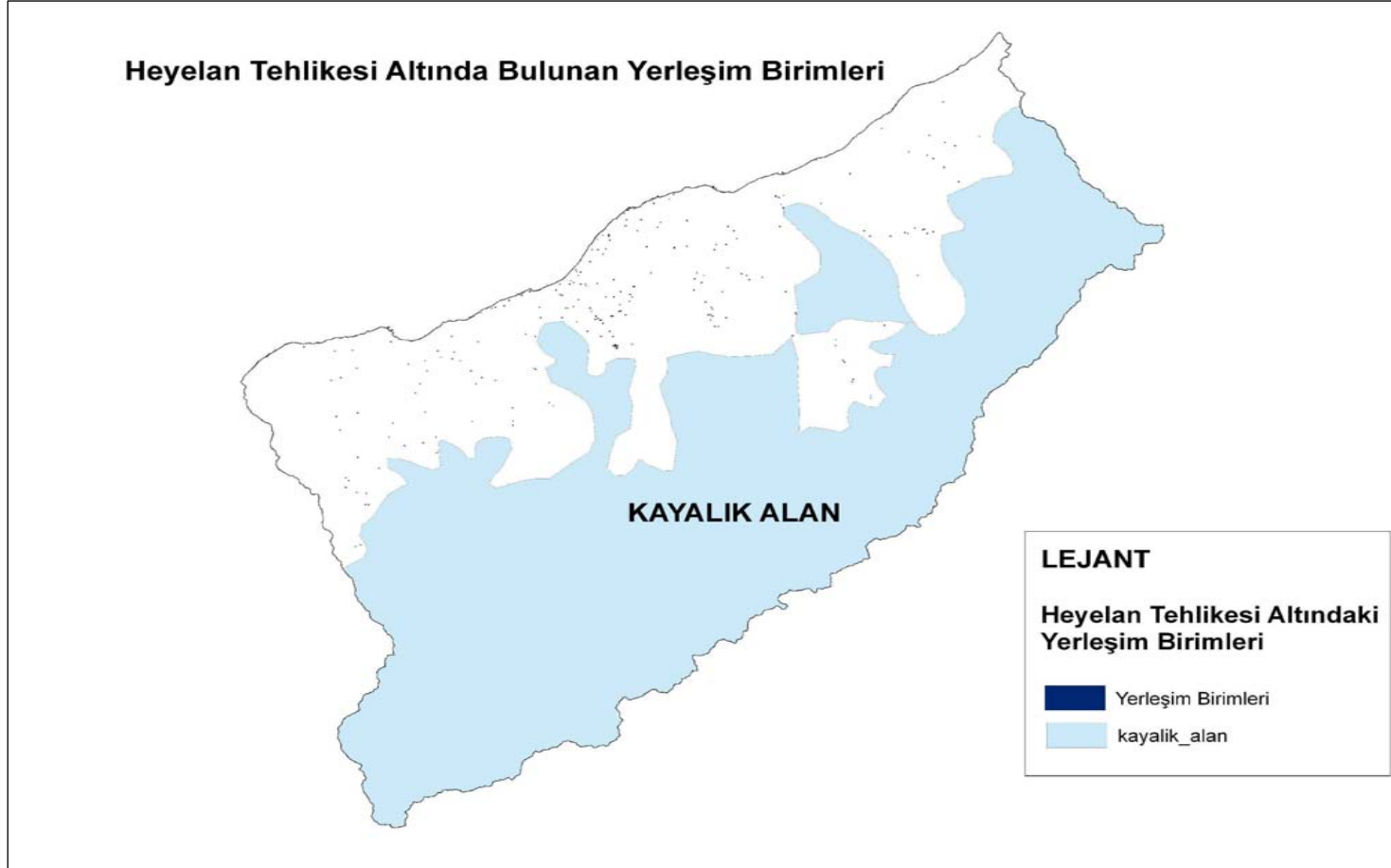
EK 6: Riskli bölge rapor sayfası

EK 7: Riskli binaların gösterimi

EK 8: Riskli bina birimlerinin gösterimi

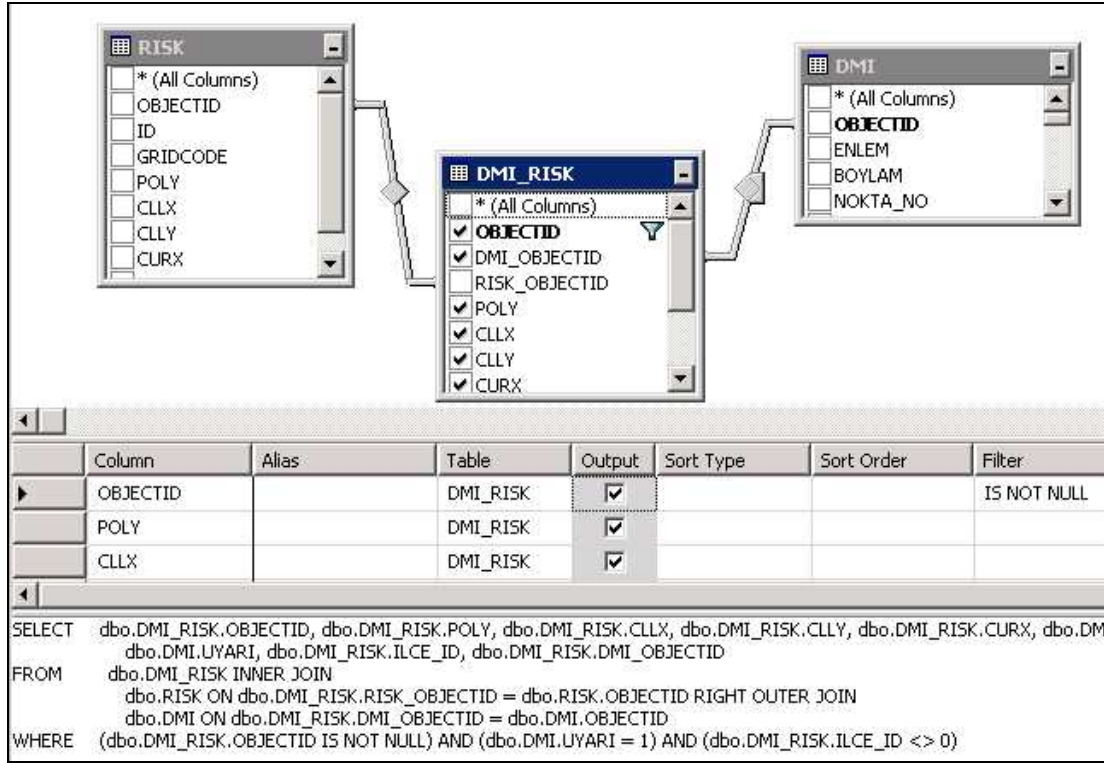
EK 9: Meteorolojik eşik değerlere ait karşılaştırmalar

EK 1



Şekil 1: Heyelan tehlikesi altındaki yerleşim birimleri

EK 2

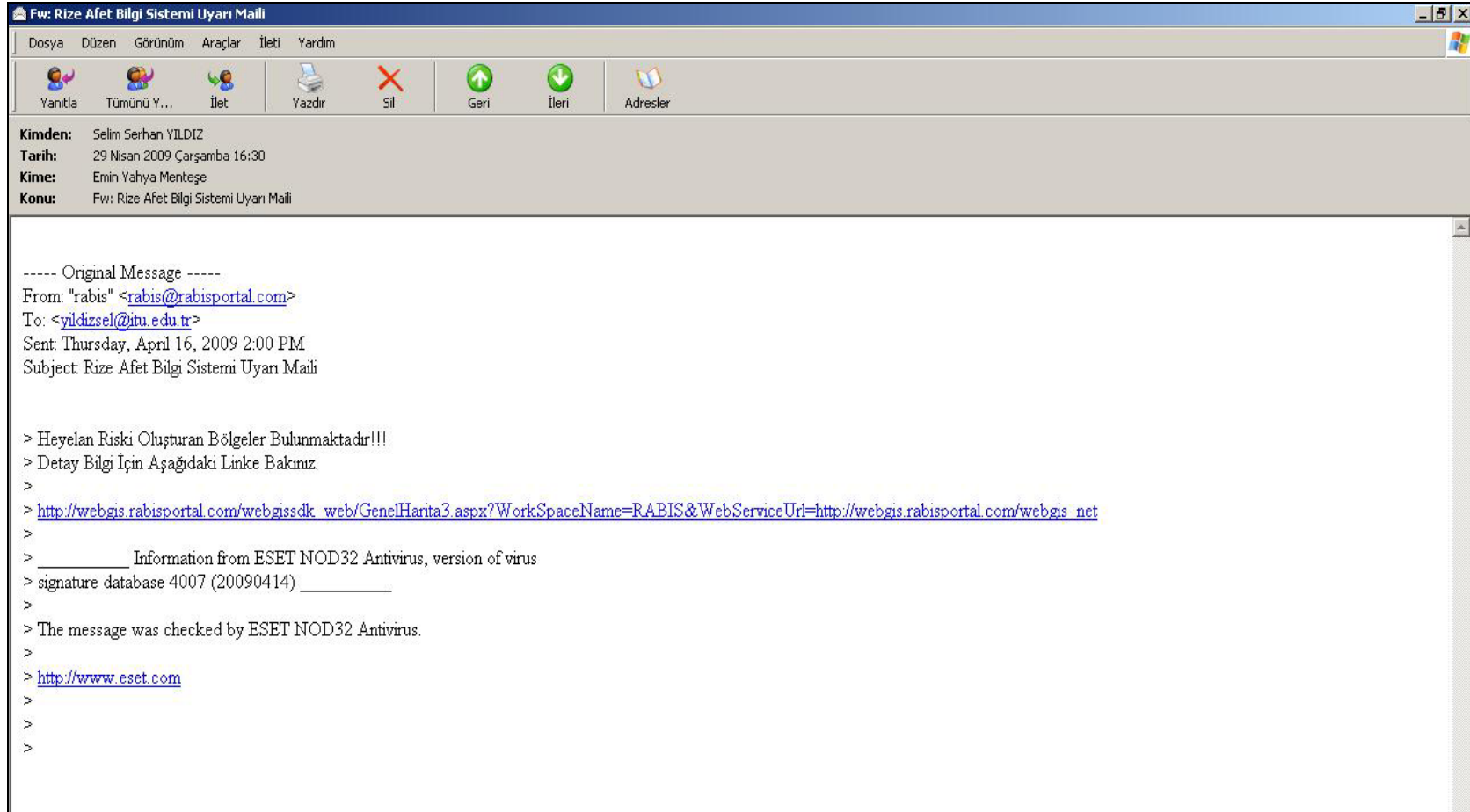


Şekil 2: Jeolojik ve meteorolojik risk verisinin CBS ortamında çakıştırılması işeminin veritabanı gösterimi



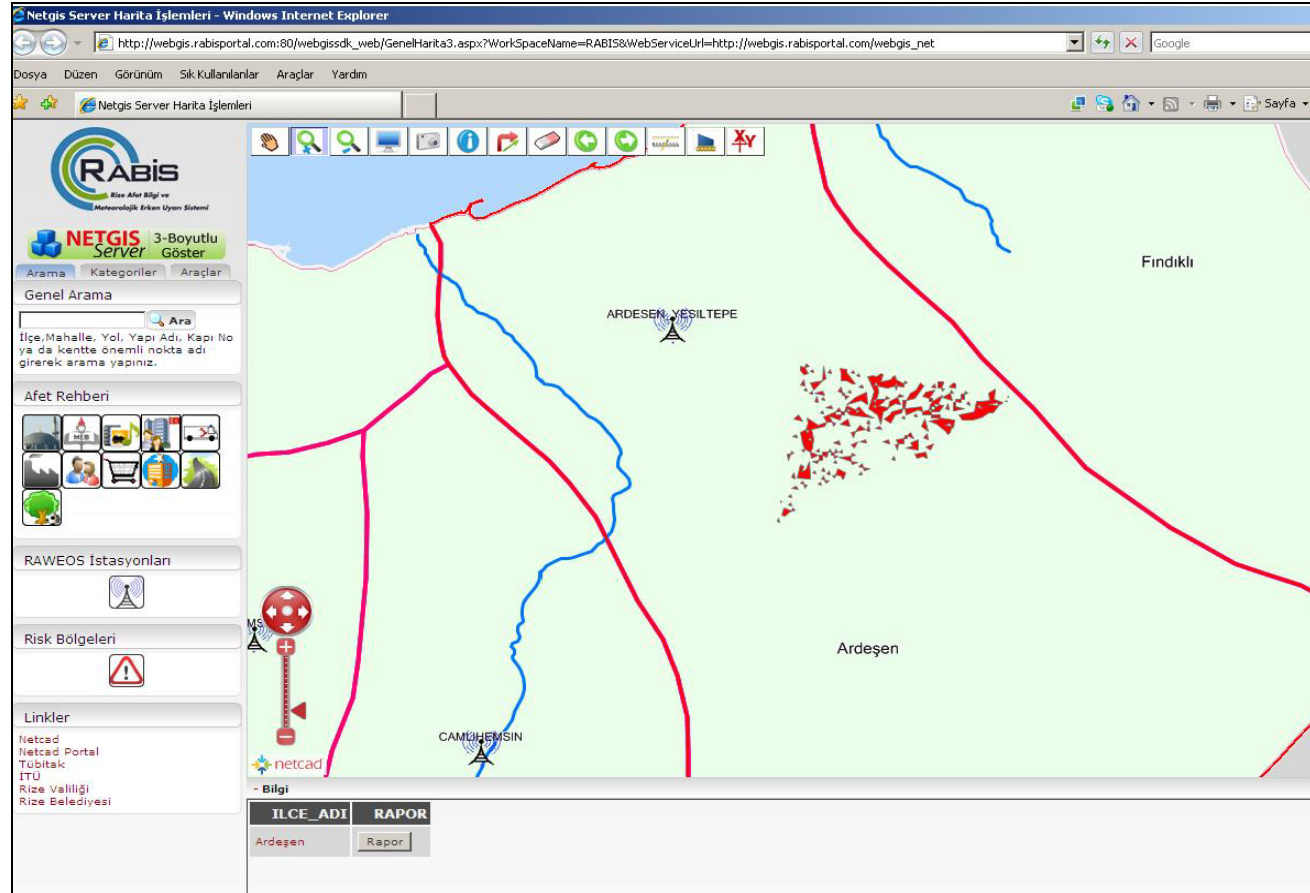
Şekil 3: SMS uyarı örneği

EK 4



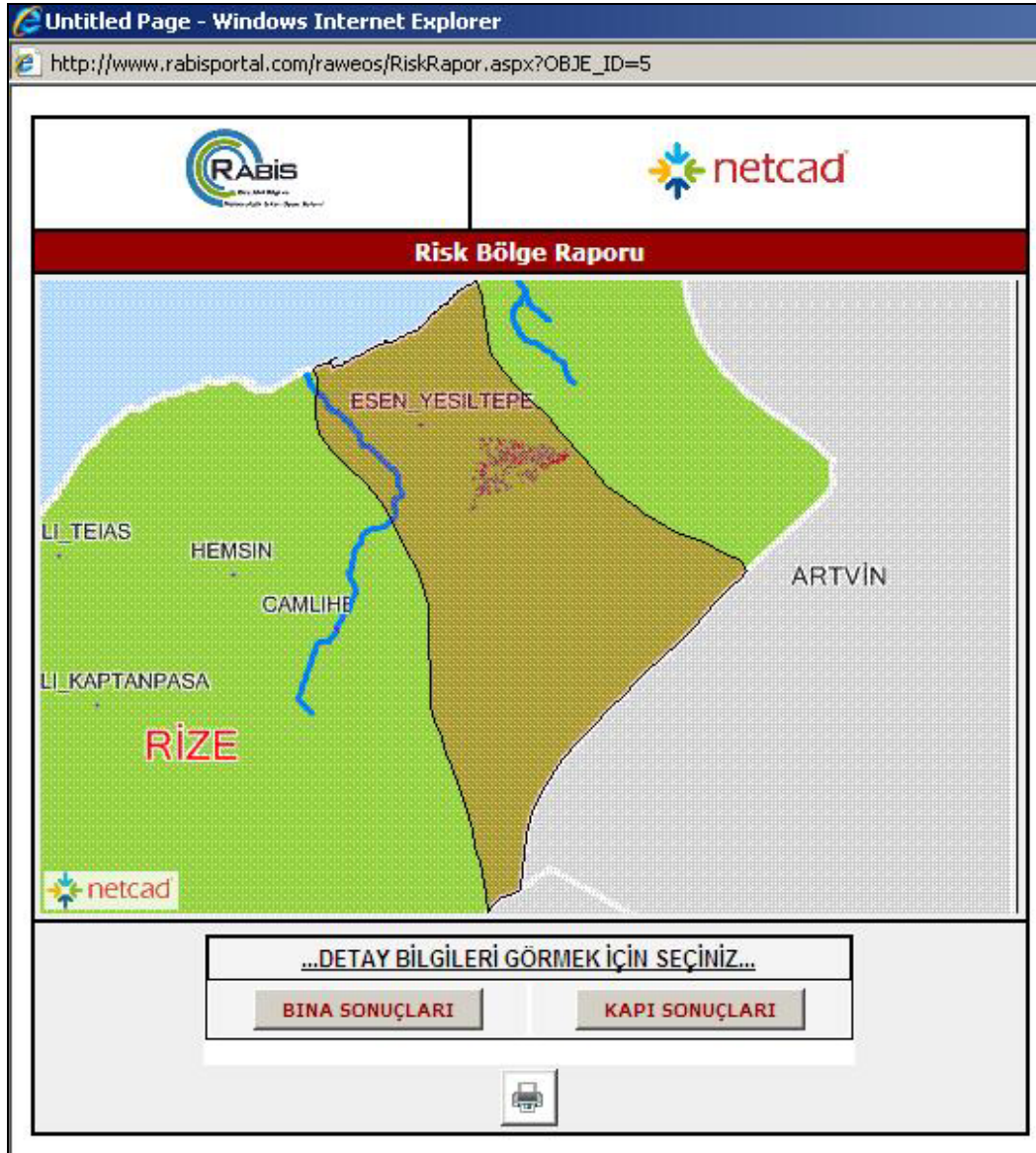
Şekil 4: Elektronik posta uyarı örneği

EK 5

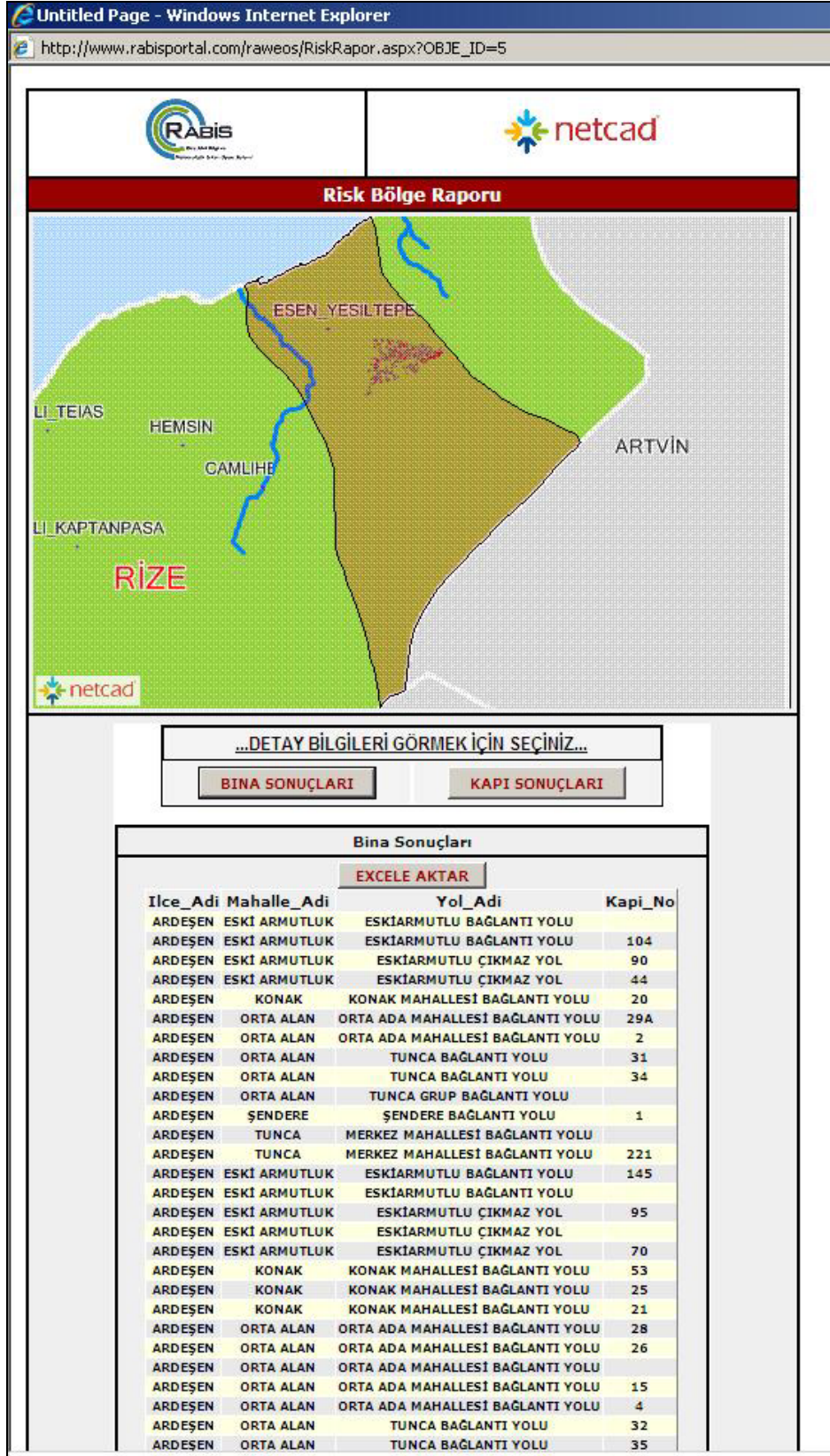


Şekil 5: Riskli bölgelerin gösterimi

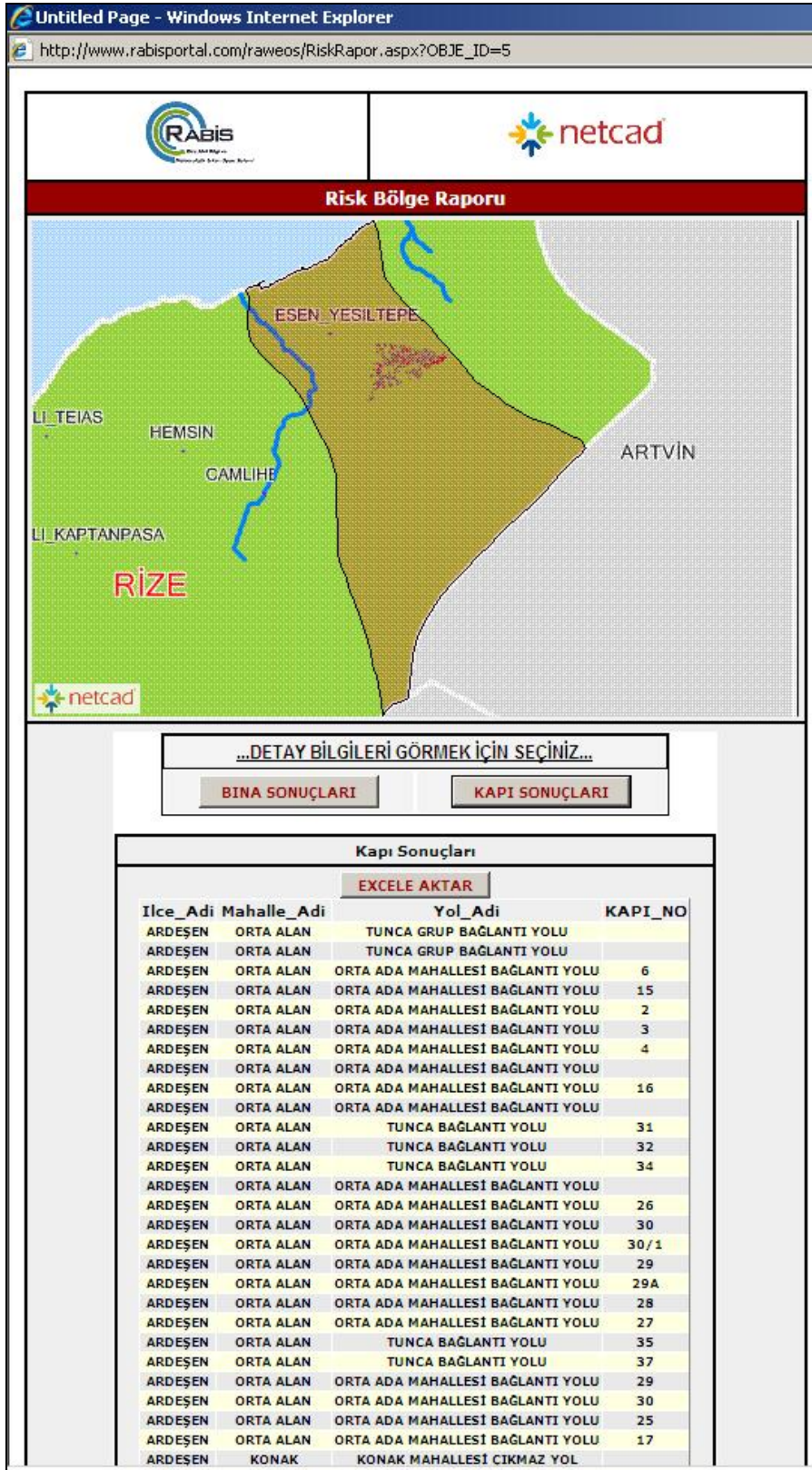
EK 6



Şekil 6: Riskli bölge rapor sayfası

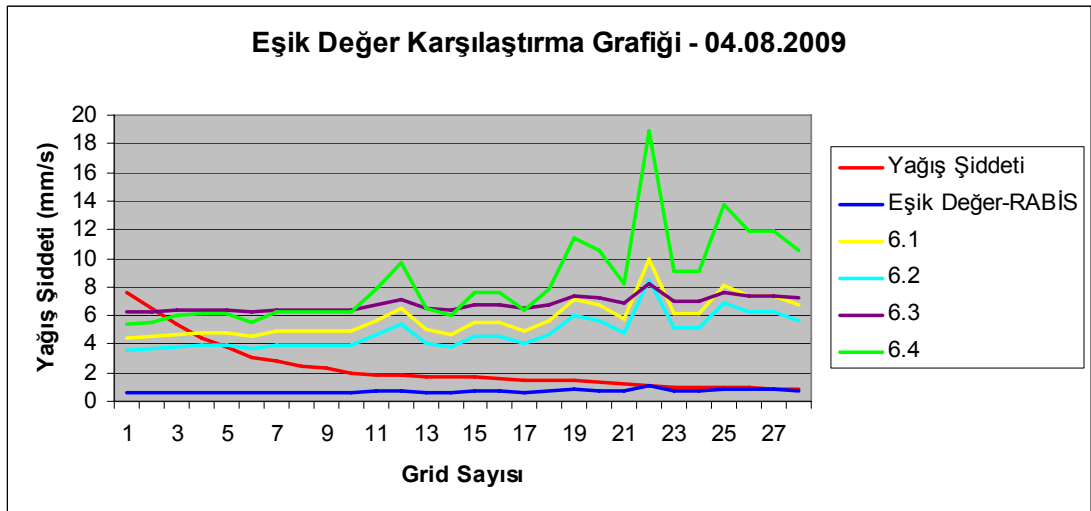
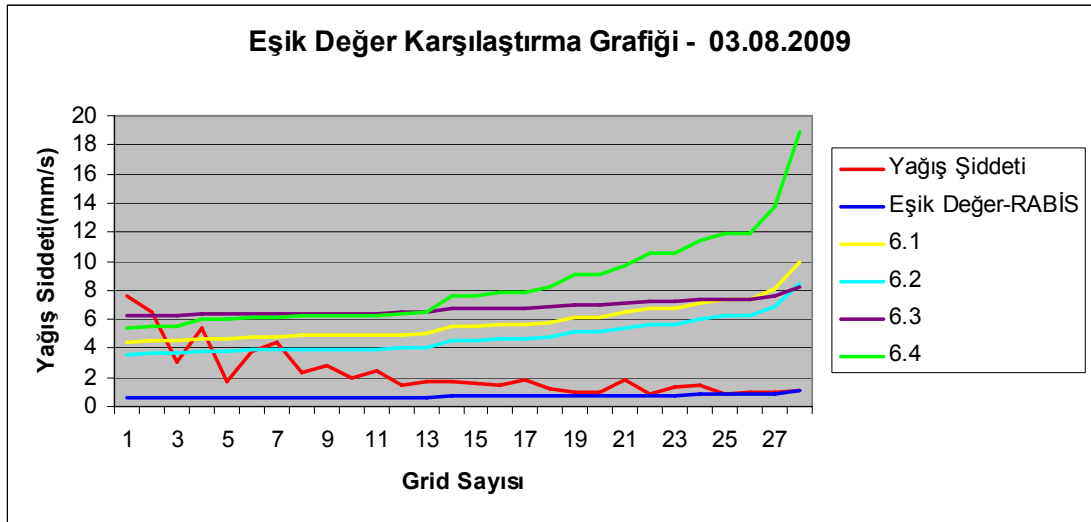
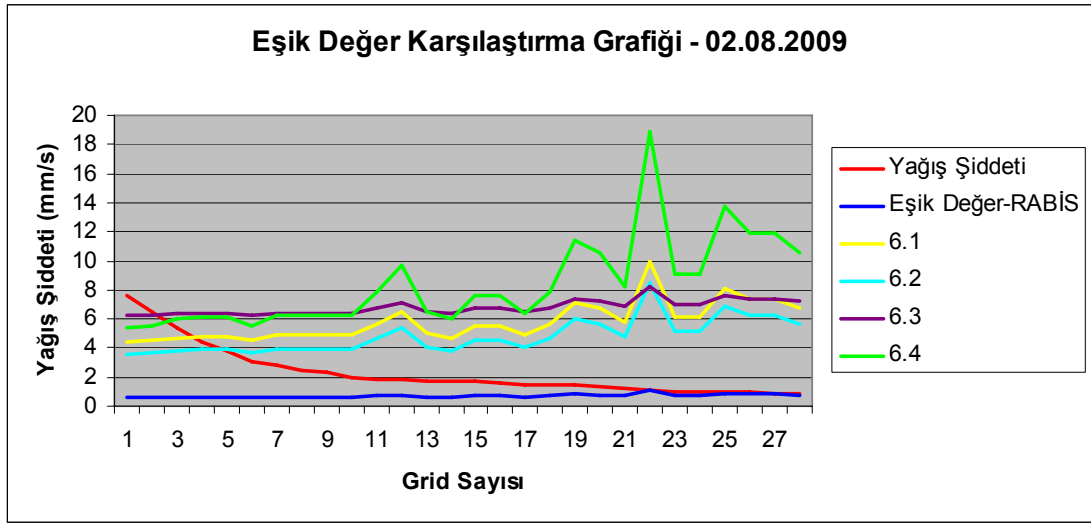


Şekil 7: Riskli binaların gösterimi

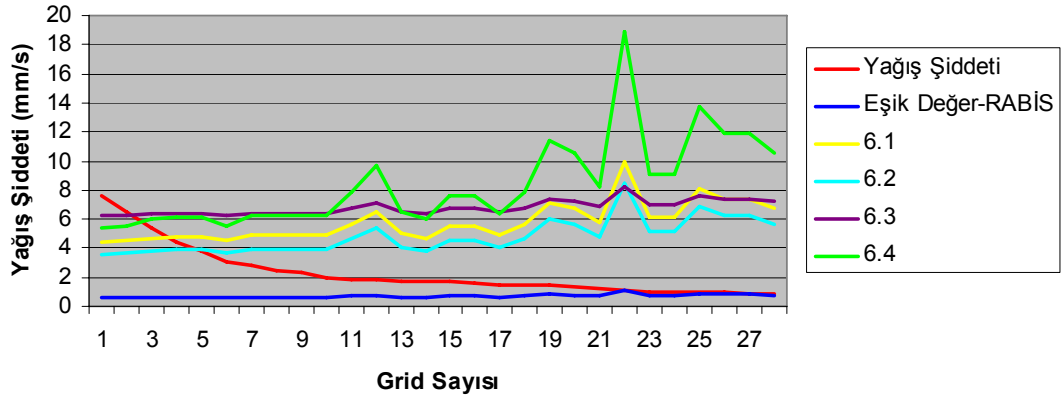


Şekil 8: Riskli bina birimlerinin gösterimi

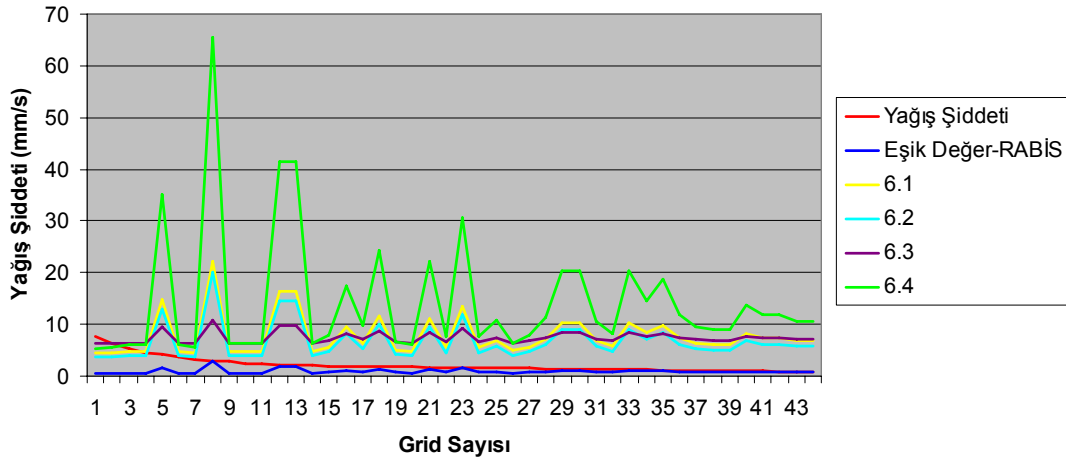
EK-9



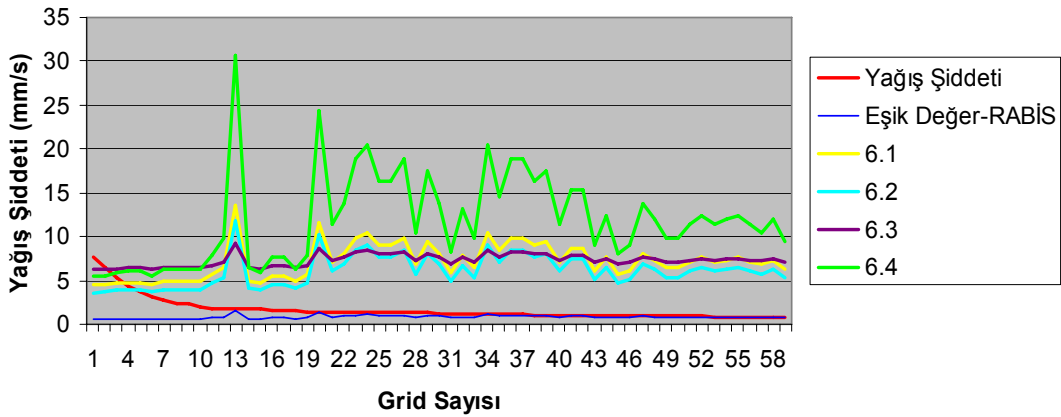
Eşik Değer Karşılaştırma Grafiği - 05.08.2009



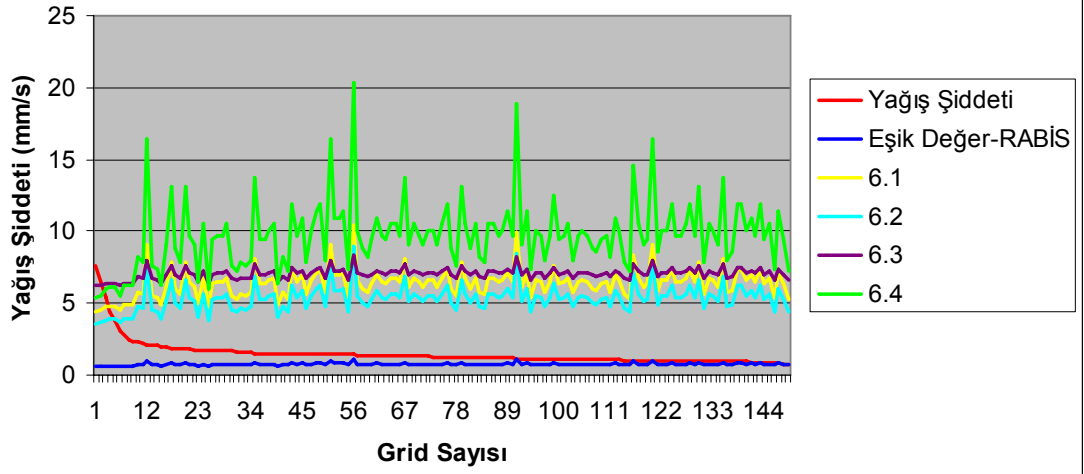
Eşik Değer Karşılaştırma Grafiği - 06.08.2009



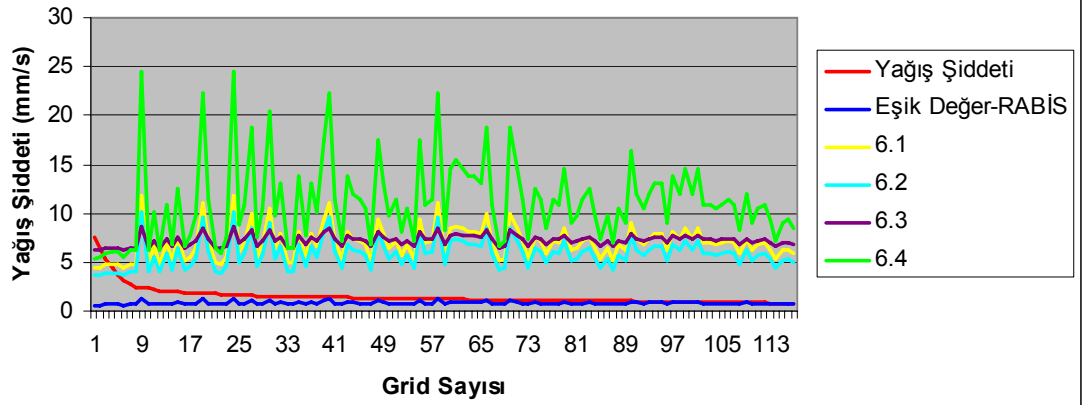
Eşik Değer Karşılaştırma Grafiği - 07.08.2009



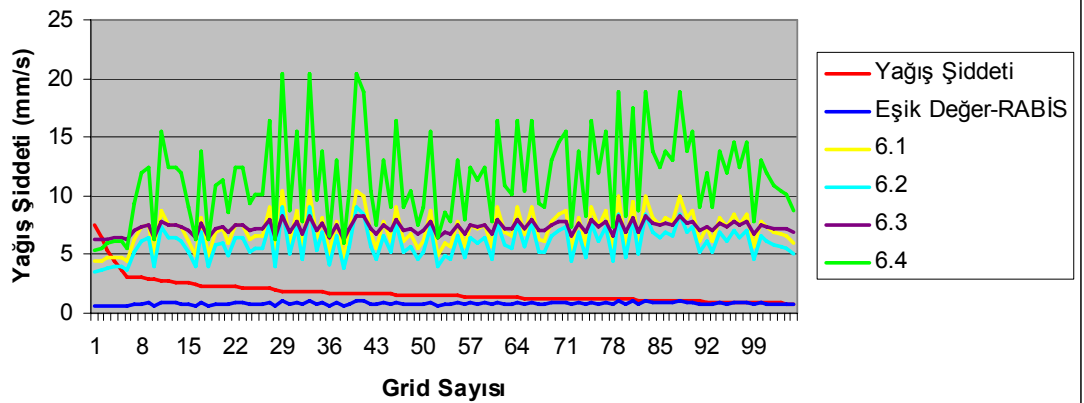
Eşik Değer Karşılaştırma Grafiği - 08.08.2009

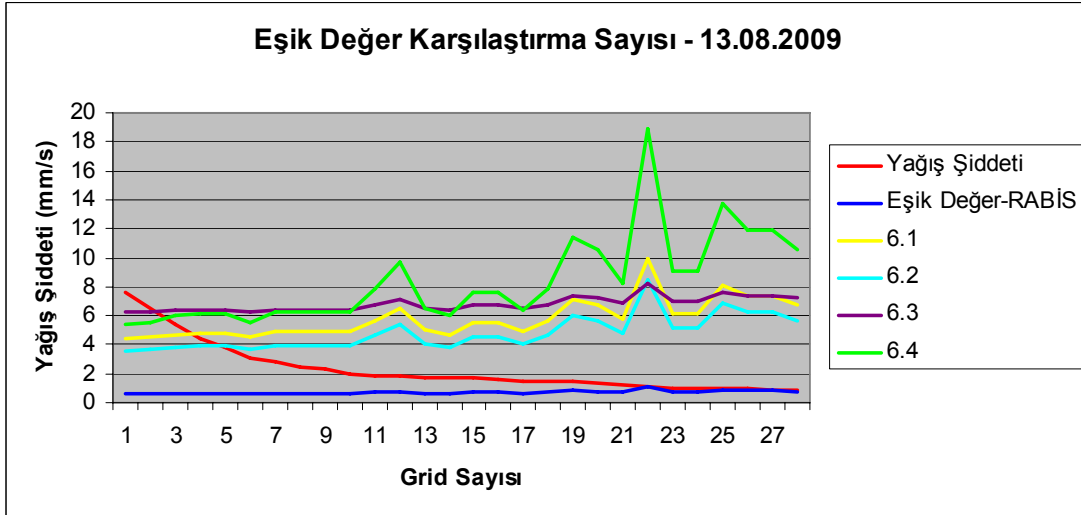
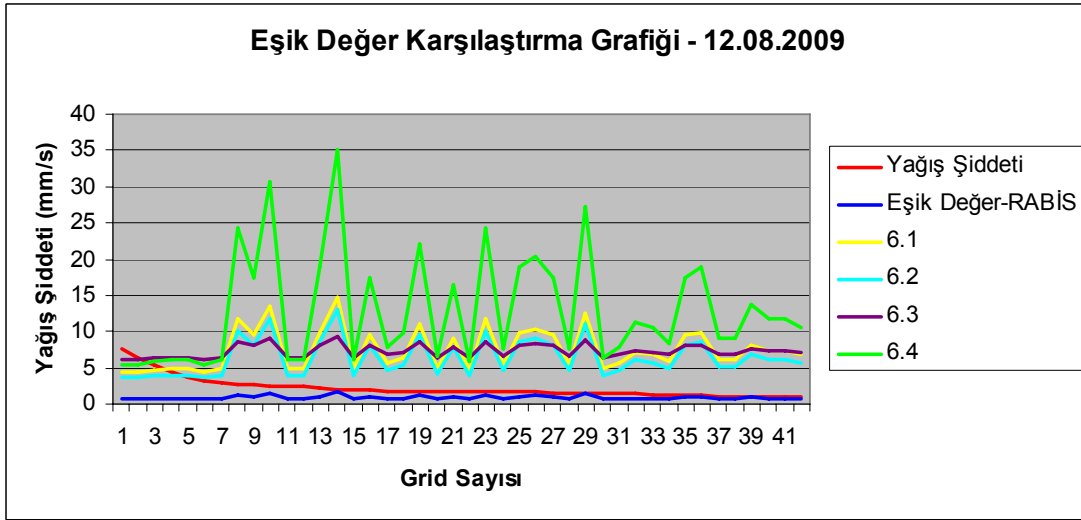
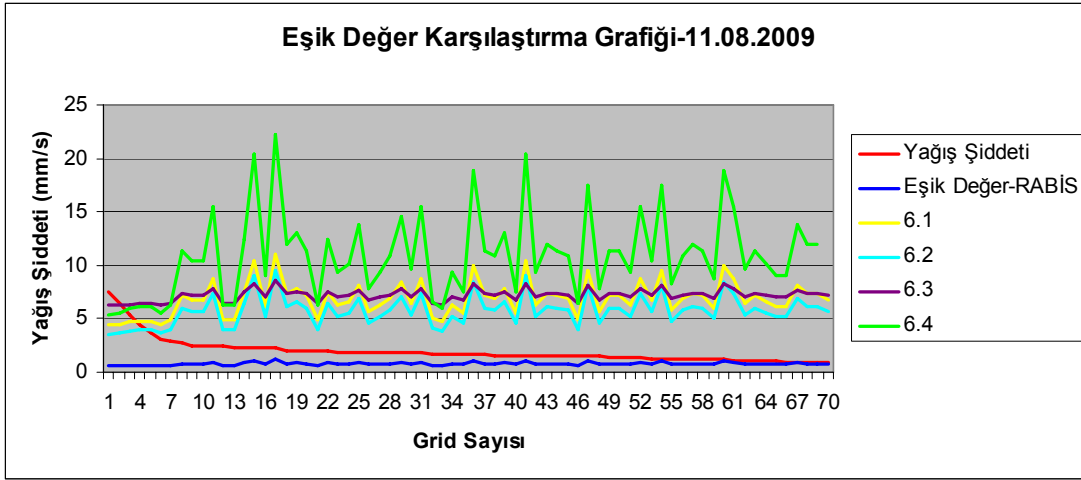


Eşik Değer Karşılaştırma Grafiği - 09.08.2009

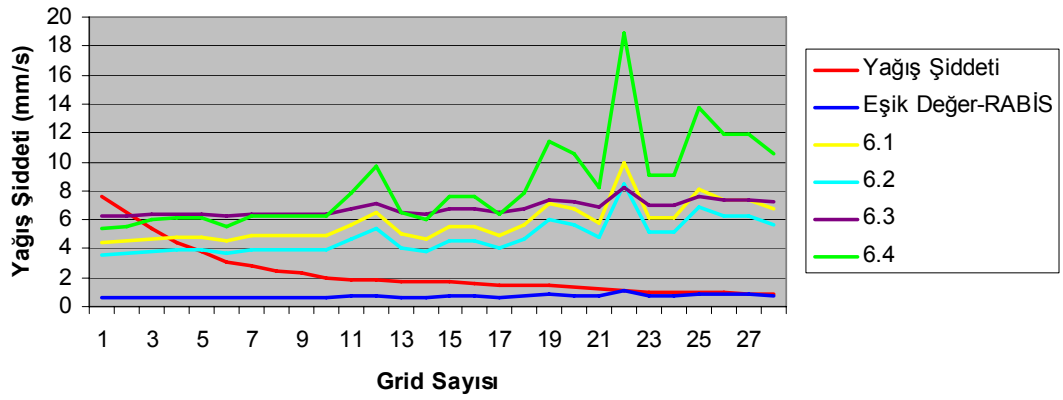


Eşik Değer Karşılaştırma Grafiği 10.08.2009

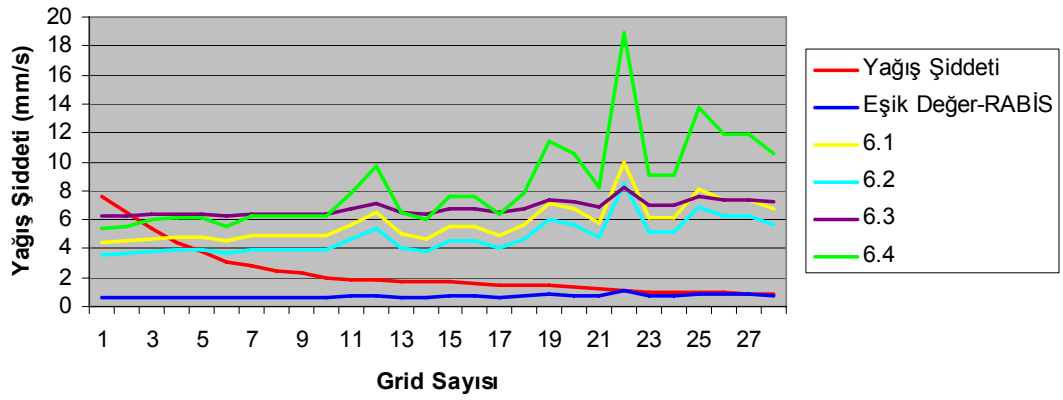




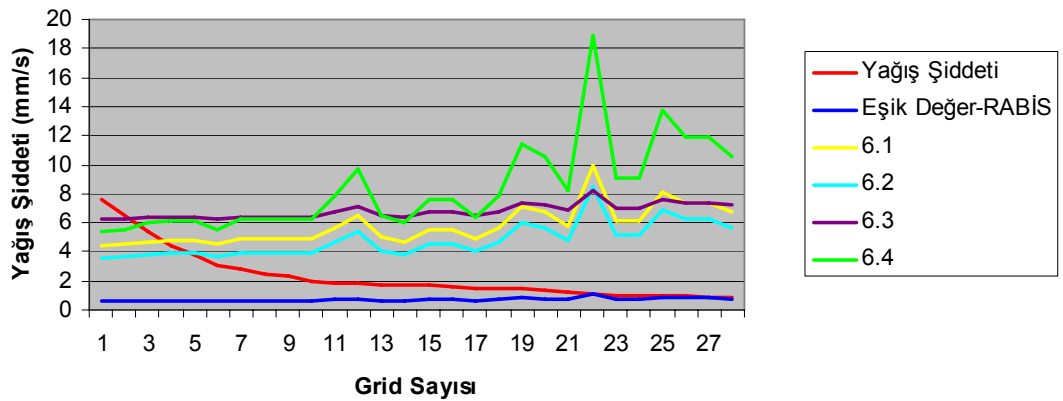
Eşik Değer Karşılaştırma Grafiği - 14.08.2009



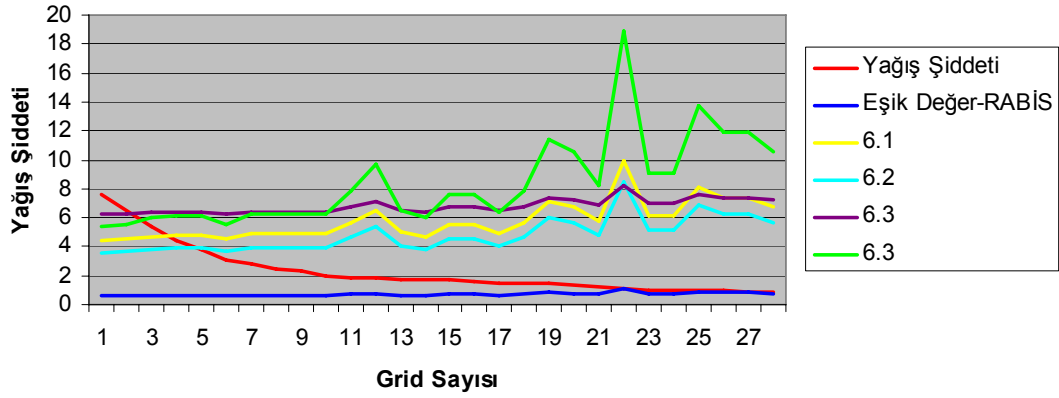
Eşik Değer Karşılaştırma Grafiği - 15.08.2009



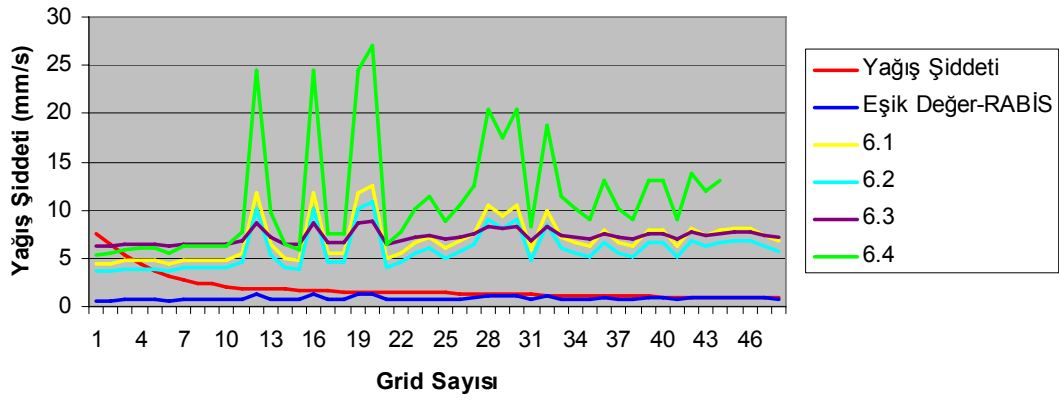
Eşik Değer Karşılaştırma Grafiği - 16.08.2009



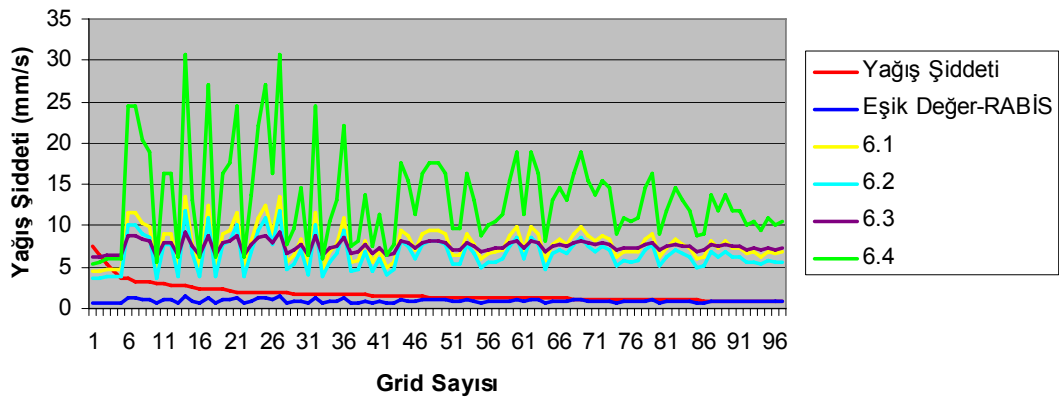
Eşik Değer Karşılaştırma Grafiği - 17.08.2009



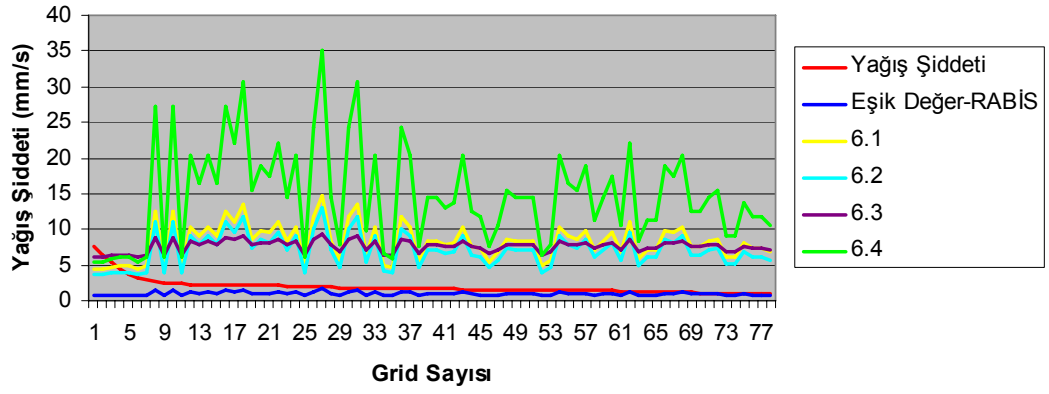
Eşik Değer Karşılaştırma Grafiği - 18.08.2009



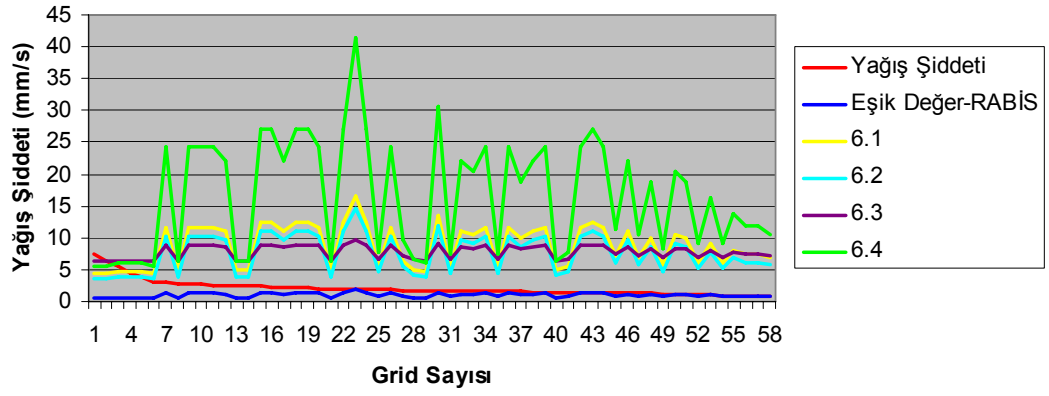
Eşik Değer Karşılaştırma Grafiği - 20.08.2009



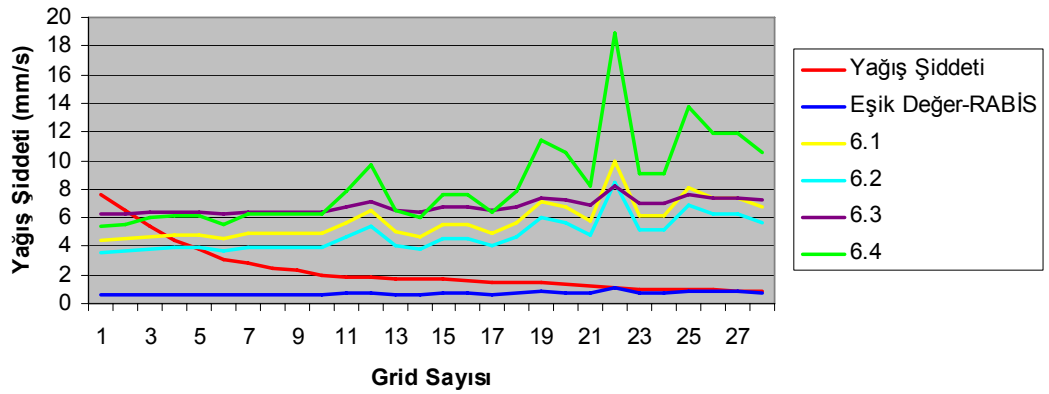
Eşik Değer Karşılaştırma Grafiği - 21.08.2009



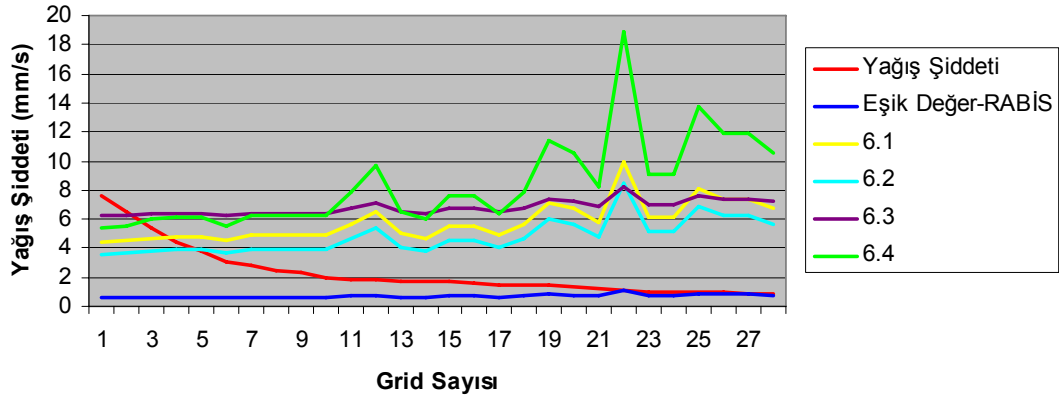
Eşik Değer Karşılaştırma Grafiği - 22.08.2009



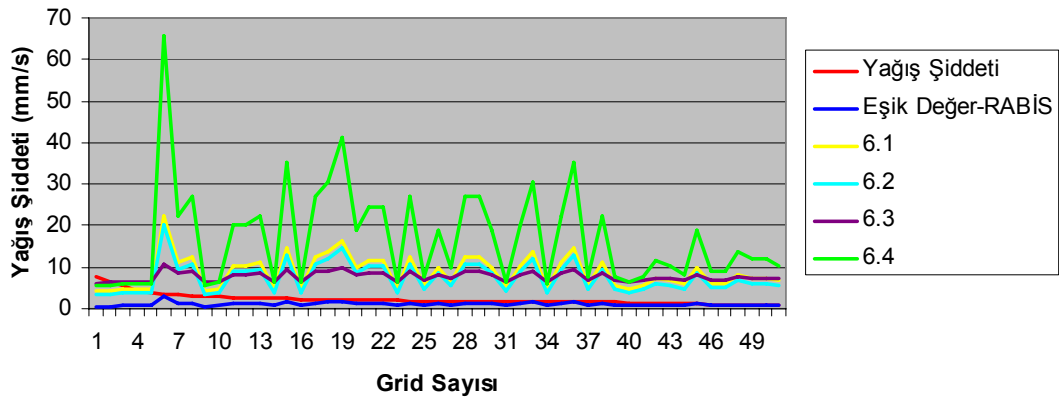
Eşik Değer Karşılaştırma Grafiği - 23.08.2009



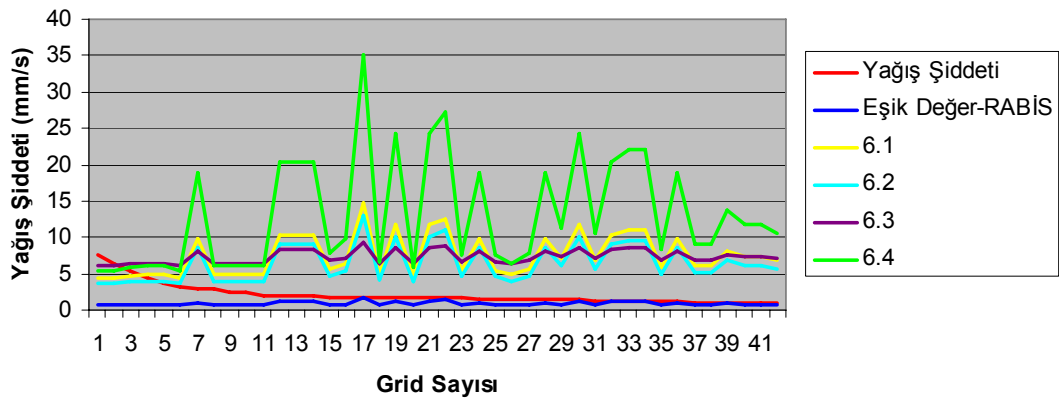
Eşik Değer Karşılaştırma Grafiği - 24.08.2009



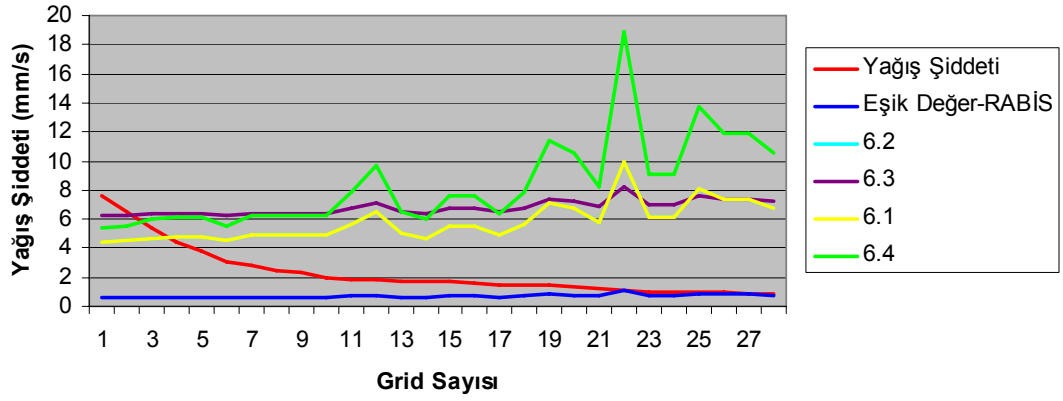
Eşik Değer Karşılaştırma Grafiği - 25.08.2009



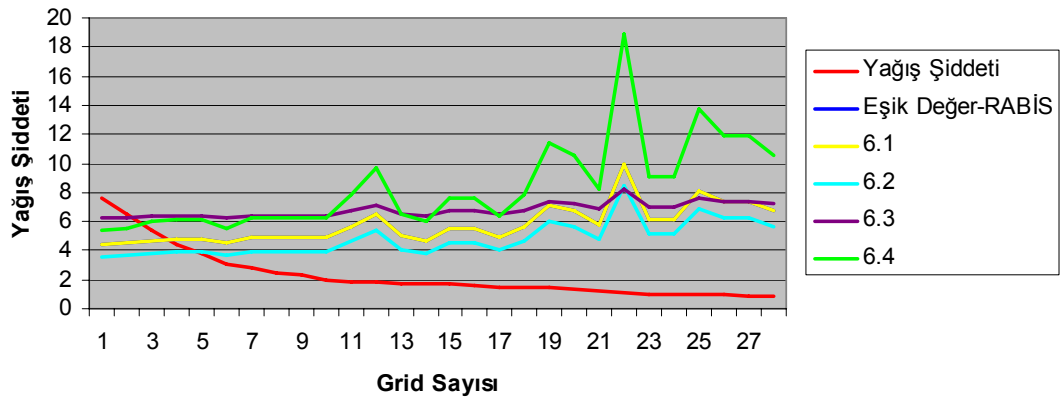
Eşik Değer Karşılaştırma Grafiği - 26.08.2009



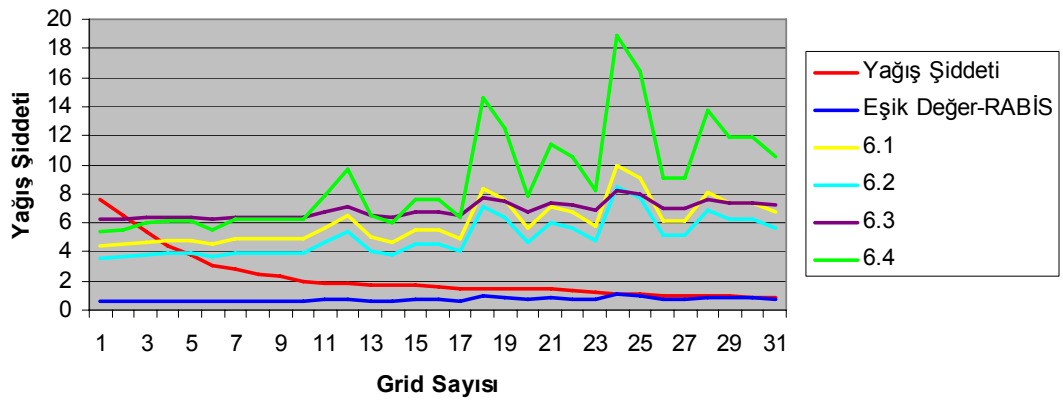
Eşik Değer Karşılaştırma Grafiği - 27.08.2009



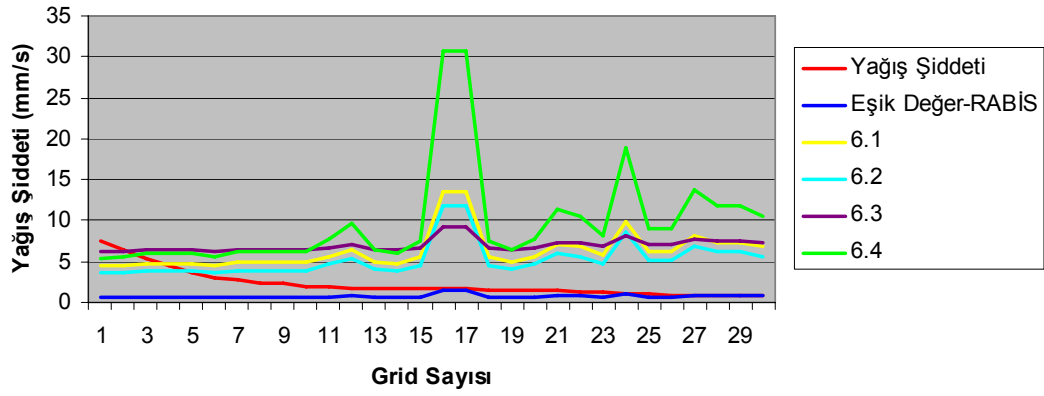
Eşik Değer Karşılaştırma Grafiği - 28.08.2009



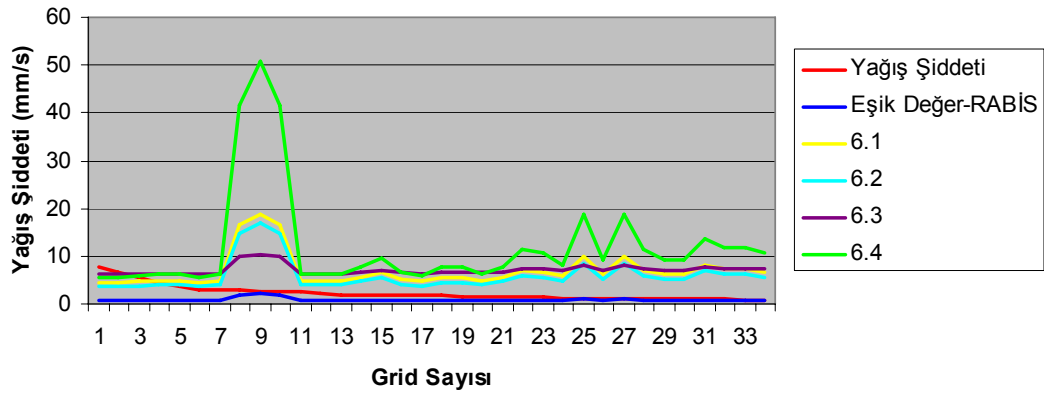
Eşik Değer Karşılaştırma Grafiği - 29.08.2009



Eşik Değer Karşılaştırma Grafiği - 30.08.2009



Eşik Değer Karşılaştırma Grafiği - 31.08.2009



ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Emin Yahya MENTEŞE

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul, 17/04/1984

Adres: İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem ve Zemin İnceleme Md. 5.Kat,
Saraçhane-Fatih/İstanbul

Lisans Üniversitesi: İstanbul Teknik Üniversitesi

Yayın Listesi:

- Sivri N., Seker D.Z., **Mentese E.Y.**, Özer E., 2008: “ANALYSIS of WATER PRACTICES and WATER SAVINGS in ISTANBUL by means of GIS” *FIG Working Week 2008 in Stockholm*
- Sivri N., Seker D.Z., **Mentese E.Y.**, Özer E., 2007: “ANALYSIS of WATER PRACTICES and WATER SAVINGS in ISTANBUL by means of GIS”, MESAEP (Mediterranean Scientific Association Environmental Protection) *14th International Symposium on Environmental Pollution and Its Impact on Life in the Mediterranean Region*, 10-14 Ekim, Sevilla, İspanya