YÜZEY GÖZLEMLERİNE VE UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİNE DAYALI AKTÜEL EROZYON RİSKİ ANALİZİ

PROJE NO: TUJJB-TUMEHAP-01-06

PROF.DR. ZAFER ASLAN

PROF.DR. DONALD GABRİEL

PROF.DR. CAN AYDAY

MSC. D. NAİL YENİÇERİ

DR. DENİZ OKÇU

MSC. A. SERAP SÖĞÜT

MSC. BAHAR OĞUZHAN

MSC. Z. NEVİN ÇAĞLAR

YARD.DOÇ.DR. AHMET TOKGÖZLÜ

YARD.DOÇ.DR. MAHNAZ GÜMRÜKÇÜOĞLU

DR. KEMAL GÜRER

DOÇ.DR. GÜNAY ERPUL

NİSAN 2009

İSTANBUL

ÖNSÖZ

Harita Genel Komutanlığı, Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği (TUJJB-TUMAHAP-01-06) tarafından desteklenmiş olan bu proje sonucunda Türkiye genelinde aktüel yağış erozyonu ve rüzgar erozyonu risk haritaları ile seçilen üç bölgede (Sakarya, Eskişehir ve Isparta) ayrıntılı yağış, yağış-rüzgar erozyonu ve diğer indekslerin risk haritaları oluşturulmuştur.

Bir ülke genelinde çevre politikalarının belirlenmesinde, çevre boyutu ile birlikte tüm ilgili kurum ve kuruluşların görüşlerinin göz önüne alınması gereklidir. Bir ülkenin sahip olduğu doğal kaynakları ve yaban hayatı, toprak kalitesi ve su kaynaklarının potansiyel durumunu ve dağılımını, kullanım politikalarını etkiler. Arazi yönetiminde, doğal riskler ve çevrede oluşturduğu etkilerinin göz önüne alınması zorunludur. Bu amaçla; i) karşılaştırılabilir ve güvenilir, metedolojik veri tabanının geliştirilmesi, ii) bölgesel ve ülke genelini kapsayan çevre koşulları hakkında bilgi sahibi olunması, iii) finans ve insan kaynaklarından optimum yararlanma yollarının ve koşullarının belirlenmesi gereklidir. Öncelikli olarak toprak kaynaklarının durumu ve değişiminin saptanması ve ülkemizdeki yerel politikaların Avrupa Toprak Kaynakları Kullanım Politikası ile uyumlaştırılması, bu projenin spesifik amaçları arasında yer almaktadır. Projeden beklenen bulgular aşağıdaki gibi özetlenebilir: i) Yüzey ve uydu verilerine dayalı ölçüm ve veri toplama yöntemlerinin uygulanmasında koordinasyon sağlanması, ii) risk analizi için uygun ölçekte haritaların oluşturulması ile ilgili uygulama çalışmaları, iii) daha önce yapılan Türkiye genelindeki erozyon risk çalışmalarına ek olarak aktüel yağış ve rüzgar erozyonu risk haritalarının oluşturulması, iv) uygulama yöntemlerinin ve varılan sonuçların bundan sonraki çalışmalardaki rolünün belirlenmesi, v) toprak erozyonu koruma politikalarının geliştirilmesi veya yeni politikalar oluşturulması, vi) erozyon risk haritalarına dayalı olarak hangi bölgelerde ayrıntılı çalışmaların yapılması gerektiğinin saptanması ve erozyon kontrol çalışmalarının yürütülmesi, vii) oluşturulan aktüel yağış ve rüzgar erozyon risk haritalarının, yeraltı suyu tuzlanma problemi veya kıyı alanları sediment taşınımı gibi ilgili çalışmalarda kaynak oluşturması.

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nde yürütülen bu proje, iki uluslararası kurum (Gent Üniversitesi, Belçika ve California Air Resources Board Planning and Technical Support Division, ABD) ve altı ulusal kurum (İstanbul Ticaret Üniversitesi (İTİCÜ), İstanbul Aydın Üniversitesi (İAÜ) ve Beykoz Lojistik Meslek Yüksek Okulu (BLMYO), Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü) destekleri ve mensupları ile yapılan işbirliği ile tamamlanmıştır.

Tüm proje üyeleri olarak, sağlanan mali ve ayni katkılardan dolayı başta HGK-TUJJB olmak üzere tüm kurum ve kuruluşlara, ayrıca Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Meteoroloji Laboratuvarı Teknik Elemanı Sn. Şenol Solum ve Süleyman Demirel Üniversitesi Coğrafya Bölümü Asistanlarından Sn. Belkiya Ercan'a teşekkürlerimizi sunarız.

Prof. Dr. Zafer ASLAN (Proje Yürütücüsü)

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

I. ÖZET 6
II. ABSTRACT ……...…..6
III. PROJE ANA METNİ …….....7
1.GİRİŞ……..……..……..……7
2. GELİŞME ……10
2.1. İnceleme Bölgesi ve Veri ……10
2.1.1. İnceleme Bölgesi ……..……10
2.1.1.1. Kandilli ……...……..11
2.1.1.2. Sakarya (Adapazarı) …….11
2.1.1.3. Isparta ……...12
2.1.1.4. Eskişehir ……...13
2.1.2. Veri ……...14
2.1.2.1. Elektronik Yağış Ölçer Sistemi ……14
2.1.2.2. Örnek veriler: Adapazarı Verileri, Tablo ve Grafikler ……..…….....18
2.1.2.3. Hidrolojik Veriler …….……21
2.1.2.4. Meteorolojik Gözlem Verileri …….……21
2.1.2.5. Uydu Verileri ……...……21
2.1.2.6. Sayısal Toprak Haritası ……....27
2.2. Yöntem ……27
2.2.1. İstatistik Yöntemler ……..27
2.2.2. Yağış İndeksleri ve Erozivite İndeksi Hesaplama Yöntemleri …….28
2.2.3. Uydu Verisi Analiz Yöntemleri ……...32
2.3. Analiz …….....35
2.3.1. Yüzey Gözlemlerinin Analizi ……..35
2.3.1.1. Yağış İndeksleri ve Erozivite İndeksi Analizleri …….....39
2.3.1.2. Yağış Şiddeti Analizleri …….. 50
2.3.2. Uydu Verilerinin Analizi ……52
2.3.2.1. Arazi Kullanım Haritalarının Analizi …….....54
2.3.2.2. Topoğrafik Verilerin Analizi ……...56
2.3.2.3. Adapazarı, Eskişehir ve Isparta Örnek Uygulamaları …….....61
2.3.3. Türkiye Genelindeki Analizler ……...……72
3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER ……...77
IV. KAYNAKLAR ……79
V. EKLER
EK-1. Gözlem Bölgesine ait Fotoğraflar
EK-2. Gözlem Bölgesine ait Meteorolojik Verilerin, Hesaplanan İndeks ve Sediment Değerlerinin İstatistiksel Analizleri
EK-3. Uydu Verileriyle Sakarya ve Kandilli için Örnek Uygulamalar

TABLO LİSTESİ

Sayfa No
Tablo 1. Elektronik Yağış Ölçer teknik özellikleri …….....15
Tablo 2.Yağış Data Logger (RG – 200) elektronik özellikleri…….....16
Tablo 3. Örnek çıktılar…….....18
Tablo 4. Performans koşullarına göre ASTER sensör sistemleri…….....22
Tablo 5. Performans koşullarına göre (ASTER)…….....22
Tablo 6. Fournier İndeksi'ne dayalı erozyon risk sınıfı değerleri…….....28
Tablo 7. Farklı hesaplama yöntemlerine göre mevsimsel ve zamansal Yağış Konsantrasyon İndeksi sınıfları…….....29
Tablo 8. Modified Fournier İndeksine dayalı erozyon risk sınıfları…….....30
Tablo 9. De Martonne's Kuraklık İndeksi ve arazi sınıfları…….....30
Tablo 10. BGI sınıf değerleri tablosu…….....31
Tablo 11. Erozivite indeksi sınıf değerleri tablosu…….....31
Tablo 12. SPI Sınıf değerleri…….....32
Tablo 13. Türkiye genelinde seçilen istasyonlara ait indeks sınıf değerleri.....44
Tablo 14. Maksimum yağış (mm) (1950-1996)…….....51

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil.1. İnceleme bölgesi ve istasyonlar……...11
Şekil 2. Isparta ve göller yöresi(uydu fotoğrafı)……...12
Şekil 3 (a-b).Elektronik Yağış Ölçer……....17
Şekil 4. Elektronik Yağış Ölçer veri transferi ……..18
Şekil 5a. Uydu alıcı sistemi (ASTER) …….....23
Şekil 5b. ASTER uydu sistemi görev döngüsü…….23
Şekil 5c.Yakın kızılötesi, kızılötesi, termal kızılötesi, ASTER ve LANDSAT bant bölgeleri….....24
Şekil 5(d-e). ASTER uydu verisi VNIR, VNIR2 görüntü örnekleri.....25
Şekil 5(f-g). ASTER uydu verisi SWIR ve TIR görüntü örnekleri.....26
Şekil 6 .Yıllık toplam yağış değerlerinin değişimi (1975-2006)...……....35
Şekil 7. Yıllık ortalama sıcaklık değerlerinin değişimi (1975-2006) …….36
Şekil 8. Yıllık ortalama maksimum sıcaklık değerlerinin değişimi (1975-2006)…….36
Şekil 9. Yıllık ortalama minimum sıcaklık değerlerinin değişimi(1975-2006)……37
Şekil 10 (a).Sakarya toplam yağış değerlerinin değişimi ……...37
Şekil 10 (b).Sakarya ortalama sıcaklık değerlerinin değişimi ……...37
Şekil 10 (c).Sakarya maksimum sıcaklık değerlerinin değişimi ……....37
Şekil 10 (d).Sakarya minimum sıcaklık değerlerinin değişimi ……..37
Şekil 11 (a). Isparta toplam yağış değerlerinin değişimi ……...38
Şekil 11 (b). Isparta ortalama sıcaklık değerlerinin değişimi ……38
Şekil 11 (c). Isparta maksimum sıcaklık değerlerinin değişimi …….38
Şekil 11 (d). Isparta minimum sıcaklık değerlerinin değişimi ……...38
Şekil 12 (a). Eskişehir toplam yağış değerlerinin değişimi ……...38
Şekil 12 (b). Eskişehir ortalama sıcaklık değerlerinin değişimi ……...38
Şekil 12 (c). Eskişehir maksimum sıcaklık değerlerinin değişimi ……. 39
Şekil 12 (d). Eskişehir minimum sıcaklık değerlerinin değişimi ……...39
Şekil 13. Fournier İndeksi (FI) sınıf değerlerinin değişimi (1975-2006) ……40
Şekil 14. Yağış Konsantrasyon İndeksi (PCI) sınıf değerlerinin değişimi (1975-2006)……..40
Şekil 15. Modified Fournier İndeksi (MFI) sınıf değerlerinin değişimi (1975-2006)……..41
Şekil 16. De Martonne's Kuraklık İndeksi (DM) sınıf değerlerinin (1975-2006)……42
Şekil 17. Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeksi (BGI) sınıf değerlerinin değişimi (1975-2006)……42
Şekil 18. Erozivity İndeksi (EI) sınıf değerlerinin değişimi (1975-2006) ……..43
Şekil 19.Sakarya için MFI değerlerinin 1975-2006 yılları arasındaki değişimi, (Kış-İlkbahar-Yaz-Sonbahar)……46
Şekil 20. Isparta için MFI değerlerinin 1975-2006 yılları arasındaki değişimi, (Kış-İlkbahar-Yaz-Sonbahar)……47
Şekil 21. Eskişehir için MFI değerlerinin 1975-2006 yılları arasındaki değişimi, (Kış-İlkbahar-Yaz-Sonbahar)……49
Şekil 22 (a,b). Sakarya için yağış miktarı ve aylık MFI değerleri arasındaki ilişki (a) 2007 yılı, (b) 2008 yılı.....50
Şekil 22 (a-d). Kandilli uzun dönem yağış gözlemlerinin (1950-1996) yıllık 30 dakika (a), 60 dakika (b), 6 saat (c) ve 12 saatlik (d), en yüksek yağış miktarlarının değişimi değişimi.....52
Şekil 23. ASTER uydu datasının ait olduğu çalışma alanlarının lokasyonu.....53
Şekil 24. Senirkent arazi kullanım haritası.....54

ŞEKİL LİSTESİ (devam)

Sayfa No

Şekil 25. Eskişehir arazi kullanım haritası.....55
Şekil 26. Sakarya arazi kullanım haritası.....55
Şekil 27. Senirkent bakı haritası.....56
Şekil 28. Senirkent eğim haritası.....57
Şekil 29. Senirkent topoğrafya haritası.....58
Şekil 30. Eskişehir bakı haritası.....58
Şekil 31. Eskişehir eğim haritası.....59
Şekil 32. Eskişehir topoğrafya haritası.....59
Şekil 33. Sakarya bakı haritası.....60
Şekil 34. Sakarya eğim haritası.....60
Şekil 35. Sakarya topoğrafya haritası.....61
Şekil 36. Senirkent toprak haritası.....62
Şekil 37. Senirkent arazi kapalılık haritası.....63
Şekil 38. Senirkent erodibiliti haritası.....64
Şekil 39. Senirkent potansiyel erozyon risk haritası.....64
Şekil 40. Senirkent aktüel erozyon risk haritası.....65
Şekil 41. Eskişehir toprak haritası.....66
Şekil 42. Eskişehir arazi kapalılık haritası.....67
Şekil 43. Eskişehir erodibiliti haritası.....67
Şekil 44. Eskişehir potansiyel erozyon risk haritası.....68
Şekil 45. Eskişehir aktüel erozyon risk haritası.....68
Şekil 46. Sakarya toprak haritası.....69
Şekil 47. Sakarya arazi kapalılık haritası.....70
Şekil 48. Sakarya erodibiliti haritası.....70
Şekil 49. Sakarya potansiyel erozyon risk haritası.....71
Şekil 50. Sakarya aktüel erozyon risk haritası.....71
Şekil 51a. Türkiye genelinde FI değerlerinin değişimi (1975-2006) 72
Şekil 51b. Türkiye genelinde DMI değerlerinin değişimi (1975-2006).....73
Şekil 51c. Türkiye genelinde MFI değerlerinin değişimi (1975-2006).....73
Şekil 51d. Türkiye genelinde BGI değerlerinin değişimi (1975-2006).....74
Şekil 51e. Türkiye genelinde PCI değerlerinin değişimi (1975-2006).....74
Şekil 51f. Türkiye genelinde EI değerlerinin değişimi (1975-2006).....75
Şekil 51g. Türkiye genelinde aktüel yağış erozyonu (1975-2006).....75
Şekil 51h. Türkiye genelinde rüzgar erozyonu (1975-2006).....76
Şekil 51i. Türkiye genelinde aktüel yağış-rüzgar erozyonu (1975-2006).....76

.

ÖZET

Bu projede, Türkiye genelinde 55 istasyon için potansiyel ve aktüel yağış erozyonu, kuraklık indeksi, bitki örtüsü değerlerinin yerel ve zamansal değişimleri incelenmiştir. 1975-2006 yılları arasında gözlenen aylık ortalama ve yıllık toplam yağış miktarı, hava sıcaklığı, buharlaşma miktarı değerleri göz önüne alınmıştır. Projede, yağış miktarı, hava sıcaklığı, kuraklık indeksi, potansiyel ve aktüel yağış ve rüzgar erozyonu indeksleri, Türkiye'nin Kuzey Batı'sında seçilen bölgeler için sediment miktarı vb. değerlerinin yüzey verilerine dayalı olarak yerel ve zamansal değişimleri analiz edilmiştir. Erozyon kontrol çalışmalarında kullanılmak üzere optimum yöntemlerin belirlenmesi amacı ile uydu verilerine dayalı bitki örtüsü ve yüzey özellikleri belirlenmiş, Türkiye genelinde aktüel erozyon risk haritası oluşturulmuştur. Yüzey özelliklerinin incelenmesi amacı ile ASTER ve NOAA-AVHRR uydu verilerinden yararlanılmıştır. Sakarya (Adapazarı), Eskişehir, Isparta ve civar bölgeleri için CORINE Yöntemi ile ayrıntılı yağış erozyonu analizi çalışmaları yürütülmüştür. Normalize indeks değerlerinin değişimleri incelenmiştir. Kırsal ve kıyı bölgeleri başta olmak üzere, yağış miktarı, hava sıcaklığı ve indeks değerleri ile NDVI değerlerinin değişimi karşılaştırılmıştır. Projede yüzey gözlemleri ile uydudan elde edilen veriler uzaktan algılama yöntemleri ve coğrafi bilgi sistemlerine dayalı analizlerle birlikte yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Erozyon Riski, CORINE Yöntemi, NDVI, Kuraklık İndeksi, Potansiyel ve Aktüel Yağış Erozyonu, Rüzgar Erozyonu.

ABSTRACT

Temporal and spatial variations of potential and actual water/wind erosion and aridity risk indexes, and vegetation cover classes have been analyzed in selected 55 stations of Turkey. Climatological variables data of monthly mean and annual total rainfall rate, air temperature and evaporation rate observed in Turkey between 1975 and 2006 were considered. To define land surface characteristics, RS data (ASTER and NOAA-AVHRR) was analyzed. The more detailed analyses of actual erosivity, CORINE Methodology on surface and remote sensing data were applied on selected stations in northwestern parts of Turkey (Sakarya (Adapazarı), Eskişehir and Isparta). Results of the project present temporal and spatial variations of monthly, seasonal and annual fluctuations of rainfall rate, air temperature, aridity index, potential / actual water – wind erosion indexes and sediment concentration in country scale. Temporal and spatial variations of normalized values were analyzed. Climatological changing effects on rainfall, air temperature, aridity indices, simple departure index (SCDI) and precipitation concentration index (PCI) near vicinity of rural and coastal parts were defined. Rainfall rates, aridity, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), map of water and wind erosivity risk classes were analyzed. To use and define an optimum methodology of erosion control planning, analyses of vegetation cover and land classes combined with surface and remote sensing data were taken into account and interpreted. As a result of project "actual water / wind erosivity risk maps" of Turkey were prepared and published.

Keywords: Erosivity Risk, CORINE Methodology, NDVI, Aridity Risk Indexes, Potential and Actual Water Erosion, Wind Erosion.

PROJE ANA METNİ

1. GİRİŞ

Büyük ve orta ölçekli iklim simülasyon çalışmalarının önemli bir bölümü, sera gazlarının konsantrasyonuna dayalı olarak yürütülmektedir, (GIORGI and FRANCISCO, 2000). Toprak erozyonuna olan bu etkilerin iyi anlaşılması için, erozyonun; sosyal, ekonomik ve diğer boyutlarının iyi incelenmesi gerekir. (GAO v.d., 2003), basit bir deneye dayalı olarak, erozyonun mekanizmasını ve toprağın taşınmasını modellemiştir. İspanya'nın güney doğusundaki yarı kurak bölge için hidrolojik özellikler ve erozyon yapısı, (CANTON v.d., 2001), tarafından incelenmiştir. Büyük ölçekte, rüzgar erozyonunun incelenmesi ile ilgili bir araştırma çalışması (LEYS v.d., 2001), tarafından yürütülmüştür. (LIMA v.d., 2002), yağış fırtınalarının hareketinin erozyon üzerine etkisini incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, fırtınanın yönü ve şiddetinin yağış erozyon sürecini önemli ölçüde etkilediği saptanmıştır. Yağış nedeni ile oluşan toprak erozyonu sayısal çözümleri, sediment miktarı ile erozyon hızınının yerel ve zamansal değişimi, (HOGARTH v.d., 2004), tarafından incelenmiştir. Analitik çözüme dayalı bir yaklaşım yöntemi, hafif bir eğim üzerindeki toprak erozyonunun modellenmesinde kullanılmıştır, (HOGARTH v.d., 2004). Akdeniz Bölgesi dağlık alanlarında, iklimsel, jeolojik ve topografik faktörler, erozyon kontrolü konuları, (THORNES ve AYALA, 1998), tarafından incelenmiştir.

(MOREIRA v.d., 2008), loglineer model kullanarak SPI değerleri ile kuraklık kategorileri tahmin etmişlerdir. Tahminin kısa vadede kuraklık uyarısı için yaralı olduğu sonucuna varmışlardır.

Yüksek seçicilikteki radyometre verilerine dayalı bitki örtüsü indeksi ve sıcaklık indeksi değerleri (AVHRR based Vegetation Condition Index : VCI and Temperature Condition Index: TCI) hesaplanmıştır. (HANAMEAN v.d. 2003), yağış ve sıcaklığın kurak koşullarda, bitkide oluşturduğu stresi, yeşil bitki örtüsünün en yüksek ve en düşük hava sıcaklığına etkisini Kuzey Colorado bölgesi için, incelemiştir. Sayısal tahmin yöntemlerinde, iklim değişimi çalışmalarında bitki örtüsünün önemli bir faktör olarak gözönüne alınması gerektiği belirtilmiştir. Bu projede aktüel erozyon risk haritalarının oluşturulmasına çalışılmıştır. Yüzey ve uydu verlierinin yerel ve zamansal değişimleri belirlenmiştir, (GABRIELS, 1999; GABRIELS v.d., 2005; PLA SENTIS, 1998; FEOLI v.d., 2000; TÜRKEŞ, 1999; ERBEK v.d., 2000).

Günümüzde çok geniş alanları kaplayan çalışmalarda uzaktan algılama yöntemlerinin kullanılması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bu tür çalışmaların daha gerçekçi olması, kısa sürede tamamlanması için uydu görüntülerinden elde edilen verilere gereksinim duyulmaktadır (AVERY ve BERLIN, 1992).

Yer yüzeyi değişimi, jeomorfolojik süreçleri, yağış oluşumunu etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Uzun dönem araştırma çalışmalarının eksikliği nedeni ile, toprak erozyonu oluşumu ile ilgili bilgiler de eksiktir. Uzun dönem girdi verilerinin eksikliği nedeni ile karmaşık modeller, erozyon şiddeti değişimlerinin belirlenmesinde uygun bulunmamaktadır. Kompleks erozyon modellerinde sediment değerlendirilmesi ile ilgili veriler kullanılarak çözüme gidilmektedir. Bu modellerden biri, ölçeği uyarlanmış erozyon modeli olan (ADZ)'dir, (DIODATO, 2006). Bu model Thornes ve Douglas algoritmalarına dayanmaktadır. Bu yöntemle yıllık net erozyon (ARE) saptanmaktadır. Bu model

kullanılarak yapılan bir çalışmada test bölgesi olarak, Calore Nehri (İtalya'nın güneyinde, 3015 km^2) seçilmiştir. Burası erozyon modeli için uygun bir bölge olup, iklim ve yüzey değişimlerini yansıtmaktadır. Bu bölge ile ilgili girdi verileri üretilmiş, sonuçlar yorumlanmış, erozyon öncesi ve sonrası mevcut hidrogeomorfolojik olaylarla sonuçlar desteklenmiştir. Bu yöntemde, ANE-ADI değerleri, 1675 – 2004 yılları arası için, yağış indeks değerleri kullanılarak yeniden belirlenmiştir. Yeni kayıtlar, yüzey örtüsü istatistikleri (tarım kurumu kayıtlarına dayalı olarak) göz önüne alınmıştır. Ormansızlaşma öncesi doğal sediment, şiddetli yağış değişimleri, Vesuvius volkanik aktivitesi ve yağış frekansı değişimleri ile ilgilidir. Ormansızlaşma sonrası, bölgede, hidrogeomorfolojik rejimde, ani kararsız salınımlar oluşmuş, bu durum, erozyonu artırmış, dolayısıyla nehir drenaj bölgesinden, Tyrhenian sahiline doğru sediment taşınımı oluşmuştur.

Kuzeybatı Arjantin'in subtropikal bölgesi; mevsimsel farklılıklar gösteren hava koşulları, yüksek derecede aşınmaya uğramış kül rengi topraklar, farklı eğime sahip bir topografi ve insanların doğal kaynakları kötü kullanımı ve tarımsal gelişmelere bağlı olarak ormanların yok edilmesi sebebiyle doğal bitki örtüsünün bozulması gibi bir takım faktörlerin birleşmesiyle oluşan şiddetli çevresel bozulma (BUSNELLI v.d., 2006) tarafından incelenmiştir. Erozyonun artışını gösteren çevresel bozulmayı saptamak amacıyla yapılan bu çalışmada, iki bölge örnekleme alanı olarak seçilmiştir: i) Doğudaki dağ etekleri (yamaç) ile güney kenarlarındaki ova (Batı Chaco) ve ii) dağ aralarındaki Tafi Vadisi. Erozyon artış miktarını, Tafi Vadisi'nin ortasında yer alan yapay göldeki sedimantasyon miktarının, derin vadilerin ve sel ya da yağmur suyu ile oluşmuş derelerin genişliklerinin ölçülmesiyle belirlenmiştir. İklim değişimi ve her iki örnekleme alanında son 30 yıldaki yağış erozyonu ile oluşan değişimler analiz edilmiştir. Erozyon miktarındaki doğrusal artışın, yağış dinamiğiyle yakından ilişkili olduğu ve ayni zamanda bu erozyonun şiddetinin, çevresel faktörlerle olan etkileşime ve de ormanların yok edilmesi, arazi kullanımındaki değişimler, tarım alanlarının sınırsız kullanımı vs. gibi insan aktivitesine de bağlı olduğu sonucuna varmışlardır.

Toprak nemi ve dinamiğinin stokastik modellenmesi ile nehirlere bağlı erozyon ve sediment taşınım yöntemlerinin birleştirildiği bir diğer çalışmada, yağış üç parametreli olarak (yağış yoğunluğu, devam süresi, sağanak periyotları) "Poisson dikdörtgen yağış modeli" ile simule edilmiştir (İSTANBULLUOĞLU, 2006). Model ortalama yağıştaki değişimi ve ortalama mevsimsel yağışlardan daha az olan şiddetli yağışların tekrarlanma frekansındaki değişimi, bitki örtüsündeki hassasiyeti, erozyonu ve potansiyel kuraklık süresini incelenmek için kullanılmıştır. Yağış miktarı, şiddetli yağışın frekansı ve toprak tipinden oluşan üç temel faktör, sistem sonuçlarının kontrolü için yeterlidir. Şiddetli yağış frekansındaki değişim, bitki dinamiği açısından önemli olan sediment taşınım kapasitesinde önemli bir belirleyicidir. Yarı kurak ve kurak bölgelere göre nemli sistemlerde, şiddetli yağış frekansındaki azalma potansiyel toprak kaybından daha önemlidir, (az yağış olsa bile). Ortalama sediment miktarı ve yağış miktarı bu modelle yeniden oluşturulmuştur. Farklı toprak tiplerine dayalı sayısal deneyler, toprak yapısının özelliğinin bu ilişkinin şeklini ve büyüklüğünü etkilemektedir.

Mevsimsel yağış erozivitesi, Akdeniz ekosistemin en önemli dinamik yapısını oluşturmaktadır. İtalya'da yapılan çalışma RUSLE'nin aylık erozivite indeksinin Akdeniz bölgesi için sayısal değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır, (DIODATO, 2006). Bu nedenle, bölgesel aylık erozivite indeksi tahmini sadece yağış parametresi (EI_{30}) ile elde edilmektedir. Erozivitenin mevsimsel ve yıllık dağılımı ile ilgili bilgiler; toprak ve su koruma, erozyon kontrol çalışmaları, su temini veya küçük hidrolik yapılar açısından önemlidir. Gerçi birkaç uzun dönem veri seti bu çalışmada kullanıldı ise de aylık erozivite indeksi değerleri,

İtalya'nın diğer bölgeleri için de oluşturulmuştur, (r^2=0,973 alınarak). Yağış verileri eksik olduğunda, aylık erozivite tahminlerinin kullanılması önerilebilir. Basitleştirilmiş bir yağış erozivite modeli kullanılarak Güney İtalya'da erozivitenin zamansal değişimi (CAPOLONGO v.d., 2008), tarafından analiz edilmiştir.

(SURI v.d., 2002) tarafından yapılan bir çalışmada GIS veri entegrasyonu ve analizi ile tüm Slovakya'da bölgesel ölçekte (1:500.000), potansiyel ve aktüel toprak erozyonu incelenmiştir. Potansiyel toprak erozyonu, var olan (ya da oluşmuş) yüzey örtüsüne bakmaksızın, yüzeyin erozyona doğal yatkınlığını (hassasiyetini) gösterir. Aktüel toprak erozyonu ise güncel erozyonun tahmininde, yüzey örtüsünü ve potansiyel erozyon riskini azaltan politikaları geliştirmede yol göstericidir. Hesaplamalar, bölgesel ölçekteki uygulamalar için biraz değiştirilmiş USLE yöntemiyle yapılmıştır. Analitik GIS ile elde edilmiş çıkarılmış girdi parametreleri 50m çözünürlükteki gridlerde raster veri modeli içinde ele alınmıştır. Yağış erozivitesi (R faktörü), 82 meteoroloji istasyonunda hesaplanmış R faktörü değerlerinin interpolasyonu ile elde edilmiştir. Toprak erozivite faktörü (K), toprak dokusu ve 50m lik çözünürlükte dijital rölyef modelinin rölyef parametrelerinden çıkarılmıştır. Yüzey örtüsü faktörü (C) CORINE yüzey örtüsü veri tabanından türetilmiştir. Bu veri tabanları temel ürün gruplarını ve bunların yüzölçümlerine göre sınıflandırılmış "tarıma uygun (ekilebilir) alan" sınıflarını içerir. Bu çalışmada, erozyon kontrol uygulamaları faktörü göz ardı edilmiştir. Sonuçta inceleme bölgesinin % 75'inin potansiyel toprak erozyonu riski altında olduğunu saptanmıştır.

Toprak kaybına karşı önlem almak üzere mevcut yapıyı saptamak amacıyla bunlar üzerindeki insan aktivitelerinin etkilerini ve potansiyel erozyonu önleyici politikaları belirlemek için uygun göstergeler hakkında doğru planlama bilgileri gereklidir, (ERHARD, 2003). Potansiyel erozyon riskini tahmin etmek için yeterli bilgi bulunmaktadır. Ancak, aktüel erozyon riskini saptamak üzere ekilebilir tarım alanları ile ilgili tarım işleme bilgisini ve güncel arazi kullanımını göz önünde tutmak gereklidir. Bunun için, mevcut alan kullanım bilgisinin zamansal ve uzaysal çözünürlüğünü iyileştirmek üzere bir metot geliştirilmiştir. Bu metot, Avrupa CORINE arazi örtüsü yöntemi ve arazi kullanımının istatistiksel verilerinin birlikte kullanılmasıyla çalışmaktadır. İstatistiksel veri ile uzaktan algılama verisinin birlikte kullanılmasının avantajı, yeni bir uzaktan algılama verisine gereksinim olmadan mevcut bilgilerle belirli aralıklarla kendini yenileyerek arazi kullanımındaki değişiklikler hakkındaki bilgiyi iyileştirmesidir. Bu metodla, arazi kullanımı veya ürün yönetimine bağlı olarak toprak kaybı riski tahmin edilebilmektedir. Ekili arazi verimliliği üzerinde önemli bir etki gösteren ve geri dönüşümü olmayan toprak erozyonu; doğal toprak fonksiyonları, yüzey suyu ve civardaki bio-kütle üzerinde ekonomik bir etki oluşturur. İstatistiksel verinin yüksek çözünürlüklü bir arazi kullanım haritası ile birlikte kullanılması geniş alanlarda tarımsal arazi kullanımı hakkında toprak yönetimi ve arazi kullanımındaki değişikliklere bağlı olarak toprak erozyon riski değişikliklerinin incelenmesine olanak vermektedir.

Kesin raporu sunulan bu projede Türkiye genelinde ve seçilen üç pilot bölge için ayrıntılı aktüel erozyon risk haritalarının oluşturulmasına çalışılmıştır. Yüzey ve uydu verlierinin yerel ve zamansal değişimleri belirlenmiştir, (GABRIELS, 1999; GABRIELS v.d., 2005; PLA SENTIS, 1998; FEOLI v.d., 2000; TÜRKEŞ, 1999; ERBEK v.d., 2000).

2. GELİŞME

Bu proje de Türkiye genelinde aktüel erozyon risk sınıflarının belirlenmesi, yerel ve zamansal değişimlerinin incelenmesi ve seçilen üç pilot bölge için ayrıntılı çalışmalar ile karşılaştırılmasına yer verilmiş, Türkiye aktüel erozyon riski haritası oluşturulmuştur.

Birçok ülkede erozyon riski sonucunda oluşan toprak kaybı, yağış karakteristikleri, maksimum yağış şiddeti, süresi ve kinetik enerjisi ile ilişkili olarak belirlenmektedir. Yağış şiddeti ile ilgili ölçüm sistemlerinin sayısının kısıtlı olması, genelde, aylık toplam yağış miktarlarından yararlanılarak, erozyon şiddeti değerlerinin belirlenmesini zorunlu kılmaktadır. Projede, Türkiye'de 55 istasyon için erozivite ve kuraklık indeksi değerleri hesaplanmış, sınıf değerleri belirlenmiş ve haritalar oluşturulmuştur.

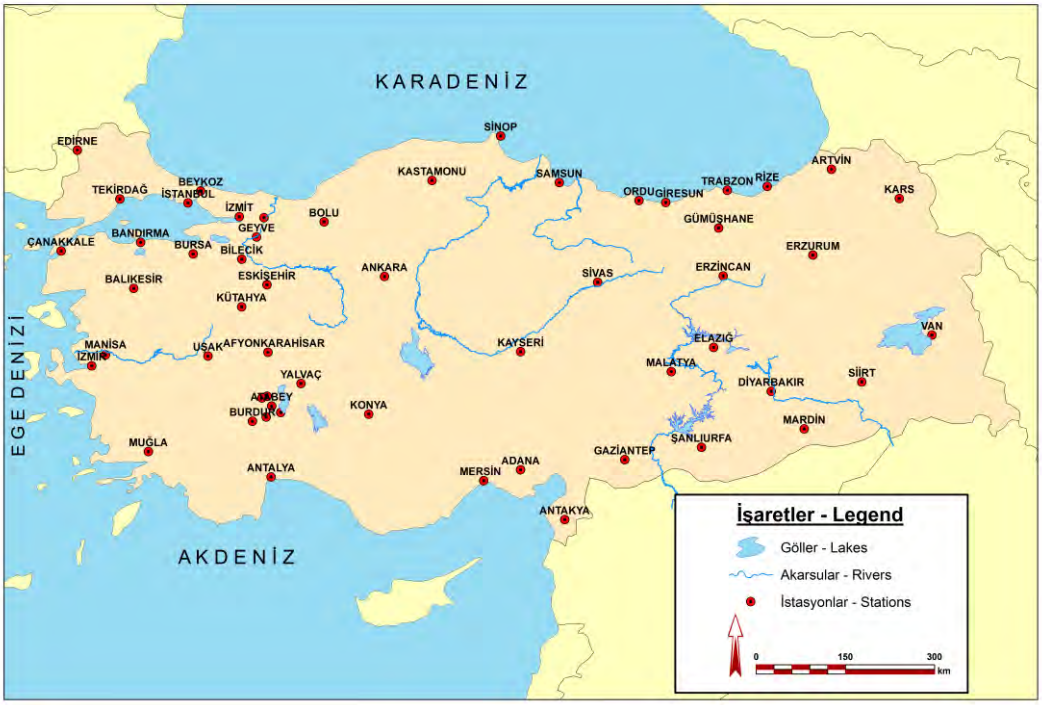
Pilot çalışma bölgesi olarak seçilen yerlerden olan Isparta için, yağış, sıcaklık, nisbi nem verilerinin analizi, rüzgar yönlerine göre şiddet, hakim rüzgar yönü ve frekans değişimleri incelenmiştir, rüzgar gülü oluşturulmuş. Thorntwaite yöntemiyle Senirkent su bütçesi ve iklim tipi belirlenmiştir. Kandilli gözlem istasyonu verilerinin analizleri, Sakarya ve Isparta için sediment analizleri sunulmuştur. Seçilen üç pilot bölgeye (Sakarya, Eskişehir, Senirkent (Isparta) ve civarı) ait uydu (ASTER) verilerinin analizleri yapılmıştır. Analizlerde yüzey gözlemleri, uydu ve topoğrafik veriler birlikte kullanılmıştır. Ayrıca Sakarya ve civarını temsil eden ve proje kapsamında kurulan otomatik yağış istasyonundan elde edilen ölçüm verileri istatistiksel analize tabi tutulmuştur.

2.1. İnceleme Bölgesi ve Veri

2.1.1. İnceleme Bölgesi

Türkiye 36°- 42° Kuzey enlemleri ile 26°- 45° Doğu boylamları arasında yer almaktadır. Buna bağlı olarak; Türkiye dört mevsimin belirgin bir şekilde yaşandığı ılıman kuşakta yer alır. Türkiye'nin gerçek yüzölçümü 814.578 km^2, izdüşüm yüzölçümü ise 779.452 km^2dir. Aradaki fark ülkemizin yüksek ve engebeli yapıya sahip olmasından kaynaklanmaktadır**.** Ülkenin doğusu ile batısı arasında 76 dakikalık zaman farkı vardır. Türkiye'nin Asya ve Avrupa kıtalarında toprakları bulunur. Üç tarafı denizlerle çevrili yarımada özelliği taşır. Ortalama yüksekliği fazladır (1130m) ve yükseklik batıdan doğuya doğru artar. Yakın jeolojik zamanda oluştuğundan kırıklı arazisi fazladır. Bu nedenle tektonik depremler sık görülür, [1]; [2].

Bu proje çalışmasında gözlem verilerinden yararlanılan Türkiye genelindeki 55 istasyon, Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. İnceleme bölgesi ve istasyonlar

İnceleme Bölgesine ait fotograflar Ek-1' de sunulmaktadır.

2.1.1.1 Kandilli :

Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü İstanbul Boğazı'nın doğu yakasında, Vaniköy, İcadiye civarında yer almaktadır. Rasathane arazisinin etrafında çok sık sayılmayacak ve alçak evler (en çok üç dört katlı) bulunmaktadır. Rasathane arazisi genelde ağaçlıktır. Gözlem istasyonunun enlemi 41,06° Kuzey, boylamı 29,06° Doğu olup, yüksekliği 114.5m'dir, [3].

2.1.1.2. Sakarya (Adapazarı) :

Marmara Bölgesi'nin kuzeydoğu bölümünde, kendi adı ile anılan ovanın güneybatı kenarında yer alan Sakarya; doğusunda Bolu'nun Göynük, Mudurnu, Düzce ve Akçakoca ilçeleri, güneyinde Bilecik'in Gölpazarı ve Osmaneli ilçeleri, batısında Kocaeli'nin Kandıra, Merkez ve Gölcük İlçeleri, kuzeyinde de Karadeniz ile çevrilidir. Sakarya, Tarihi İstanbul - Anadolu yolunun Sakarya Irmağı'nı aştığı noktada bir köprü başı ve kavşak noktası konumuna sahiptir. İl toprakları güneydeki Göynük Suyu vadisinden başlayarak Karadeniz'e kadar uzanmaktadır. İlin doğu ve güney kesimleri diğerlerinden daha yüksek ve engebelidir. Sakarya gözlem istasyonun koordinatları; enlem 40.77° Kuzey, boylam 30.42° Doğu, yüksekliği 31m'dir.

İlin Merkezi olan Adapazarı Akova adıyla anılan düzlükte, Sakarya Havzası'nın aşağı kısmındadır. İl toprakları içerisinde Adapazarı Ovası (Akova), Pamukova (Akhisar Ovası), tektonik kökenli düzlük alanlardır. Geyve Boğazı aynı zamanda bu iki ovayı birbirine bağlamaktadır. Akarsuların taşıdığı alüvyonlardan oluşan bu ovalar ilin tarım alanlarıdır. Adapazarı Ovasının bulunduğu alan kırık fay hattı üzerinde olduğundan, tarih boyunca depremler kaydedilmiştir.

Sakarya ili doğal bitki örtüsü bakımından oldukça zengindir. Kuzey Anadolu kıyı dağlarının uzantısı olan dağlar gür ormanlarla kaplıdır. Bu ormanlarda gürgen, meşe, kayın, kızılçam ve karaçam ağaçları bulunmaktadır, [4].

2.1.1.3. Isparta :

Isparta ili, Akdeniz Bölgesi'nin kuzeyinde bulunan Göller bölgesinde yer almaktadır. Isparta Gözlem istasyonu koordinatları: Enlem 37.77° Kuzey, boylam 30.55° Doğu, istasyon yüksekliği 997m'dir. 8.933km^2'lik yüzölçümüne sahip olan Isparta ili, kuzey ve kuzeybatıdan Afyon ilinin Sultandağı, Çay, Şuhut, Dinar ve Dazkırı, batıdan ve güneybatıdan Burdur ilinin Merkez, Ağlasun ve Bucak, güneyden Antalya ilinin Serik ve Manavgat, doğu ve güneydoğudan ise Konya ilinin Akşehir, Doğanhisar ve Beyşehir ilçeleri ile çevrilmiştir.

Isparta'nın Uzaydan Görünümü

Şekil 2. Isparta ve göller yöresi (uydu fotoğrafı)

Isparta ili uzun süreli gözlemlerin klimatolojik olarak incelenmesi sonucunda, Akdeniz iklimi ile Orta Anadolu'da yaşanan karasal iklim arasında geçiş bölgesinde yer almaktadır. Bu nedenle il sınırları içinde her iki iklimin özellikleri gözlenir. Akdeniz kıyılarında görülen sıcaklık ve yağış özellikleri ile karasal iklimin düşük sıcaklık ve düşük yağış özellikleri tam olarak gözlenmez. İlin güneyinde (Sütçüler) Akdeniz, kuzeyinde (Ş.Karaağaç, Yalvaç) ise karasal iklimin özellikleri gözlenir.

Isparta ili arazisinin yarısına yakın bir kısmı ormanlardan oluşmaktadır. Bu alanlar içinde verimli orman ağaçlarının yanı sıra fundalık ve çalılık alanlarla da karşılaşılmaktadır. Bu araziler dışındaki alanlar bitki örtüsü ve otlardan oluşur.

Aksu Vadisi boyunca Davras Dağı eteklerine kadar, Akdeniz sahillerinin tipik bitkilerinden olan zeytin, mersin gibi ağaçlara rastlanır. Davras Dağı'nın güney eteklerinde sedir ağaçları da bu bitki topluluklarına katılır.

Isparta'da 1500m yükselti kuşağına kadar, Akdeniz'e özgü maki türü ağaççıklarla birlikte, meşenin egemen olduğu yapraklı ormanlar bulunur. Eğirdir Gölü'nün kuzeyinde, Gelendost-Yalvaç arasında, Afşar yöresinde, Isparta-Ağlasun arasında ve Sütçüler bölgesinde yer yer iyi

koru niteliği gösteren yapraklı ormanlar geniş alanlar kaplar. Yapraklı ormanlar üzerinde 1700-1800m'lere kadar kızılçam, karaçam, sedir ve ardıç gibi ibreli ağaçlardan oluşan ve özellikle ilin güneyinde çok iyi koru özelliği gösteren iğne yapraklı ormanlar yayılmıştır. Bu ağaçlardan başka buralarda yer yer köknar ağaçlarına da rastlanmaktadır.

Kızılçam ve karaçamdan sonra ilde en çok alan kaplayan Torosların temel ağacı olan sedir alanları yanlış arazi kullanım politikaları nedeni ile daralmıştır. Sedir ormanları, ancak Davras Dağı eteklerinde, Barla-Senirkent arasında ve yüksek dağların doğu ve kuzey yamaçlarında yayılım göstermiştir.

İklim, topografya, bitki örtüsü etkisi ile zamanla Isparta ilinde çeşitli büyük toprak grupları oluşmuştur. Büyük toprak gruplarının yanı sıra toprak örtüsünden ve profil gelişmesinden yoksun, bazı arazi tipleri de görülmektedir. Toprak alanları dışında, Isparta ilinin toplam alanının yaklaşık %24.2'si de çıplak kaya ve molozluklar ve su yüzeyleri ile kaplıdır, [5].

2.1.1.4. Eskişehir:

Eskişehir, İç Anadolu Bölgesi'nde yer almaktadır. Gözlem istasyonu koordinatları: Enlemi 39.82° Kuzey, boylamı 30.52 ° Doğu, istasyon yüksekliği 787m'dir. Eskişehir'in topoğrafik yapısını, Sakarya ve Porsuk havzalarındaki düzlükler ile bunları çevreleyen dağlar oluşturur.

Eskişehir'deki önemli vadiler Sakarya ve Porsuk vadileridir. Sakarya Vadisi'nin denizden yüksekliği yaklaşık 250m kadardır, dolayısıyla bu vadide Eskişehir geneline göre dahi ılıman bir iklim hüküm sürer. Bu da beraberinde farklı ürün türlerinin yetişmesini getirir. Diğer vadi ise Porsuk Vadisi'dir, Porsuk Vadisi'nin geniş tabanında, yukarıda sözü edilen Porsuk ve Sarısu ovaları yer alır.

Eskişehir il alanı, Sakarya Irmağı ile Porsuk ve Sarısu Çayları havzalarını kaplamaktadır. Havzaların denize doğru eğimleri fazla değildir. Bu nedenle akarsular, havzaların yüksek bölümlerinden taşıdıkları toprakları alçak kesimlere yığarak çok geniş düzlükler oluşturmuştur. Ovaların, il toplam alanı içindeki payı %26 dolayındadır. Eskişehir'de ovalar, ovaların çevrelerini kuşatan dağlar ve platolardan oluşan normal bir topografya görülür.

Batı-doğu yönünde eğimli olan Porsuk Ovası'nda eğim fazla değildir. Kalın alüvyal bir toprak tabakası ile kapalı olan Porsuk Ovası, çok verimlidir. Porsuk Ovası'nın batı uzantısı, "Sarısu Ovası" olarak adlandırılan bir ovada noktalanır. Sarısu Çayı'nın her iki yanında kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanır.

Kuzeyde Bozdağ, güneyde Küçük Türkmen Dağı ile çevrili olan ovanın denizden yüksekliği 840 m.dir. Sarısu Ovası kalın alüvyal topraklarla kaplıdır.

İlin güneybatısında yer alan Yukarı Sakarya Ovası, Porsuk Ovası'ndan sonra Eskişehir'in en geniş düzlüğüdür. Yukarı Sakarya Ovası; kuzeyden Sivrihisar Dağları ve Türkmen Dağı'nın kuzey uzantıları, batıdan Türkmen Dağı'nın doğu uzantıları, güneyden ise Emirdağ'la çevrilidir. Bu geniş düzlüğün denizden yüksekliği 800-1000m arasındadır.

Yukarı Sakarya Ovası, Porsuk Ovası gibi tam düz değildir. Ovadaki en belirgin kabartı, Mahmudiye İlçesi'nin batısındaki 1.301m yüksekliğindeki "Kırgız Dağı" dır. Yine aynı yörede Congerçalı ve Çerkezçalı tepeleri bulunmaktadır. Yer yer kalın bir toprak tabakası ile kaplı olan ova, Sarısu ve Porsuk Ovaları kadar verimli değildir.

Eskişehir il alanı daha çok platolar ve dağlarla kaplıdır. Yaylalar, il topraklarının %0.6 gibi çok küçük bir bölümünü kaplar.

Ege, Marmara ve İç Anadolu Bölgeleri arasında bir geçiş noktasında bulunan Eskişehir ilinde Ege ve İç Anadolu'ya özgü iklim özellikleri görülse de, sert bir kara iklimi hakimdir. Kışlar sert ve süreklidir. Yaz aylarında ise gündüzleri sıcak, geceleri serindir. Gece ve gündüz sıcaklıkları arasında büyük farklılıklar gözlenir. Sarıcakaya Vadisi'nde Akdeniz İklimi, özelliklerini gösteren ″mikroklima″ hakimdir. Eskişehir, İç Anadolu, Batı Karadeniz ve Akdeniz iklimlerinin etki alanı içinde olması nedeniyle, kendine özgü bir iklime sahiptir, [6].

2.1.2. V eri

Proje çalışmasında kullanılan yüzey ve uydu verileri aşağıdaki bölümlerde açıklanmaktadır. Meteoroloji istasyonlarının yağış miktarı, sıcaklık ve rüzgar gözlemlerine ek olarak bir elektronik yağış ölçer sistemi proje bütçesi ile alınmış, Sakarya ve civarında ölçümler yapılmıştır. Yüzey gözlemlerinin dışında uydu verilerinden (NOAA-AVHRR, LANDSAT ve ASTER) yararlanılmıştır.

2.1.2.1. Elektronik Yağış Ölçer Sistemi

Yağış rejimi bilinmeyen havzalarda elektronik yağış ölçerlerle 1 m^2'ye düşen yağış elektronik olarak ölçülmektedir. Elektronik yağış ölçer, limitsiz yağış kapasiteli, yağış toplama ünitesi, yağış hareketlerini bilgisayar komutları haline dönüştüren otomatik kefe sistemi, datal logger, hafıza, elektronik ve mekanik bölümlerden oluşmaktadır. (Tablo 1-2, Şekil 3(a-b)).

a) Çalışma prensibi

Yağış toplama hunisinin yağış çıkış noktasının altına montajı yapılmış hareketli kefe içine yağış toplama hunisinden gelen yağış miktarı tam 0.1mm olduğunda kefe sağa hareket eder ve diğer boş kefeye yağış dolmaya başlar. Kefenin her sağa-sola devrilmesinde, kefe üstündeki mıknatısın kırmızı nokta altından geçmesi sırasında manyetik devre kapanır ve data logger'a bir sinyal gönderilir. Bu işlem sürekli olarak tekrarlanır. Hafızada toplanan yağış bilgileri istenildiği zaman elektronik yağış ölçerin, data logger RS-232 çıkışından; Dizüstü Bilgisayar, Desktop, Hafıza Kartı ve GSM Data MODEM aracılığı ile PC'ye transfer edilir. Yağış dataları Windows ve Excel ortamında tablolar ve grafik halinde değerlendirilir. Elektronik plüviyograflar 0.1mm veya 0.2mm ölçme hassasiyetine uygun olarak kalibre edilmiştir.

b) Teknik özellikler

Tablo 1. Elektronik yağış ölçer teknik özellikleri

Yağış Toplama Alanı	200 cm^2
Kefe	Plastik malzemeden (ABS)
Çözünürlük	1 impulse = 0,1mm yağış miktarı
Kefe kapasitesi	0.1mm veya 0.2mm ayarlanabilir
Mekanizma	Manyetik reed switch
Çıkış	Potansiyel free contact
Materyal	Alüminyum
Max. Switch kapasitesi	150 V, 0,25 A ,3 Watts
Boyutları	Yükseklik: 355mm , Çapı: 205mm
Ağırlık	3,7 kg

Tablo 2. Yağış Data Logger (RG – 200) elektronik özellikleri

Data Logger Özellikleri	"Tipping Bucket Plüviograf Datalogger", sağa-sola kefe pulsları ile aynı anda tarih, saat, dakika ve saniyesini "on time" olarak 2 MByte bellekte yağış toplama ve depolama işlemi yapılır. Datalogger su sızdırmaz contalı, kompakt ve dokunmatik tuşludur. Bu tuşlarla kayıt başlangıç tarihi, toplam yağış, kayıt zamanı, kefe sayacı, batarya ömrü gibi bilgileri LCD displayden gösterir. LCD display 12 saniye sonra otomatik kapanır.
Tasarım	Hellman tasarımı, WMO Standartlarına uygun.
Ports	RS-232 bağlantısı
Display	2 satırlı Dot Matrix LCD Monitör. Her satır 16 karakter, Toplam:32 karakter
Memory	2 MByte. Eprom
Memory Kapasitesi	2 MByte. Eprom . Yaklaşık 280.000 impulse = 28.000mm yağış
Zaman Formatı	24 saat, yaklaşık hassasiyet ± 2 dak. / 1 yıl . Quartz RTC.
İletişim (Haberleşme)	Data logger RS-232 çıkışından bilgi alış-verişi Lap-Top bilgisayar, Desktop, Data Flash Card veya GSM Data MODEM aracılığı ile yapılır.
Alarm Mesajları	Yüksek yağış alarmı; SMS mesaj olarak 2 ayrı cep telefonuna, 2 ayrı PC'ye otomatik gönderilir.
Resetleme	Setup programından bir komutla
Data Aktarma Hızı	19200 bps Baut
Setup Parametreleri	Plüviograf başlangıç, ayar tarihi, başlangıç zamanı, bölge, havza, istasyon nosu, ölçüm birimi (0,1mm veya 0,2mm)
Directory	C:\PLV\ORJDATA\xxxxx-xx.xxP
Güç Kaynağı	1 adet 3,6 Volt 8500 mAh C size Lithium batarya pili
Batarya Ömrü	10 yıl, normal çalışma modu
Batarya Raf Ömrü	10 yıl, % 10 kapasite kaybı ile
Program (Software)	"PLV3-011 Windows tabanlı, Win95/98/2000/ME/NT.4.0. ve XP altında çalışır
Setup/Yazma-Okuma	Başlangıç ayar parametreleri, Plüviograf data logger RS-232 çıkışından Lap-Top bilgisayar, Desktop, Data Flash Card ve GSM Data MODEM İletişim programları ile yapılmaktadır. Dataların excel ortamında yağış tabloları ve histogram, çubuk veya eğrisel grafik halinde değerlendirilmesi işlemleri bir CD içinde PLV3-011 "Windows Data Management Software" programı ile yapılmaktadır.
Daha Fazla Bilgi	Ayrıntılı bilgi "Plüviograf kullanma klavuzunda" yer almaktadır.
Çalışma Sıcaklığı	-20°C ile + 70°C arası
Depolama Sıcaklığı	-40°C ile + 80°C arası
Nem	% 98 nisbi nem, Su Geçirimi: Waterproof IP65 Basınçlı
Kutu	Basınçlı Alüminyum döküm, boyutlar: (125x80x40 mm)
Ağırlık	Yaklaşık 495gr

(a)

(b)

Şekil 3 (a-b). Elektronik Yağış Ölçer

Şekil 4. Elektronik Yağış Ölçer Veri Aktarım Sistemi

2.1.2.2. . Örnek veriler : Adapazarı Verileri, Tablo ve Grafikler

Tablo 3 . Örnek çıktılar

İstasyon No-Ad:	**02002-Adapazarı**
Yılı:	**2009**

Gün	**AYLAR**											
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
1	2,4		0,2		5,4							
2			7,2		9,4	1,6						
3	6,2	0,6	2,4			0,2						
4	12,6					10,0	2,4					
5	16,6	0,8			2,4	36,8	29,2					
6	23,8	0,2		20,6								
7	0,2		23,2	9,0								
8		6,8		1,2								
9	10,0	0,6										
10	2,6	32,4	2,0									
11	0,8		0,2									
12		9,0	0,4				4,4					
13		5,4	12,2			16,8	12,8					
14	2,8	4,2	5,2	3,8			1,4					
15		28,8	10,0	0,2								
16	0,8	11,6	3,0									
17	14,2	6,8		4,0								
18			3,4									

Gün/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
19		0,2	13,4		0,6							
20		2,8			1,4							
21		9,0			2,4							
22		5,8	5,6	10,4	0,6							
23	1,4	2,8	1,4	6,4								
24		26,2			5,0							
25	4,6	0,2										
26	2,8	38,8	9,0	0,6	0,2							
27		58,6	13,6	1,6								
28		1,4				2,8						
29	22,2			3,4		4,0						
30	5,0			1,0		0,6						
31	2,4											
Aylık Toplam	131,4	253,0	112,4	62,2	27,4	72,8	50,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Örnek veri:

01.01.2009	10:49	0,2
01.01.2009	11:36	0,2
01.01.2009	12:03	0,2
01.01.2009	12:23	0,2
01.01.2009	12:41	0,2
01.01.2009	12:57	0,2
01.01.2009	13:15	0,2
01.01.2009	13:33	0,2
01.01.2009	13:48	0,2
01.01.2009	14:04	0,2
01.01.2009	14:20	0,2
01.01.2009	14:43	0,2
Günlük Toplam.....= 2,4		
03.01.2009	00:38	0,2
03.01.2009	14:43	0,2
03.01.2009	15:22	0,2
03.01.2009	15:47	0,2
03.01.2009	16:27	0,2
03.01.2009	16:43	0,2
03.01.2009	16:57	0,2
03.01.2009	17:13	0,2
03.01.2009	17:27	0,2
03.01.2009	17:46	0,2
03.01.2009	17:58	0,2
03.01.2009	18:15	0,2
03.01.2009	18:23	0,2
03.01.2009	18:33	0,2

03.01.2009	18:40	0,2
03.01.2009	18:49	0,2
03.01.2009	18:56	0,2
03.01.2009	19:03	0,2
03.01.2009	19:17	0,2
03.01.2009	19:26	0,2
03.01.2009	19:34	0,2
03.01.2009	19:42	0,2
03.01.2009	19:51	0,2
03.01.2009	20:04	0,2
03.01.2009	20:17	0,2
03.01.2009	20:29	0,2
03.01.2009	20:40	0,2
03.01.2009	20:58	0,2
03.01.2009	21:14	0,2
03.01.2009	21:33	0,2
03.01.2009	23:58	0,2
Günlük Toplam.....= 6,2		
04.01.2009	00:34	0,2
04.01.2009	01:00	0,2
04.01.2009	01:24	0,2
04.01.2009	01:51	0,2
04.01.2009	02:17	0,2
04.01.2009	02:38	0,2
04.01.2009	02:59	0,2
04.01.2009	03:15	0,2
04.01.2009	03:31	0,2
04.01.2009	03:42	0,2
04.01.2009	03:54	0,2
04.01.2009	04:06	0,2
04.01.2009	04:24	0,2
04.01.2009	04:44	0,2
04.01.2009	05:03	0,2
04.01.2009	05:14	0,2
04.01.2009	05:29	0,2
04.01.2009	05:42	0,2
04.01.2009	06:03	0,2
04.01.2009	06:43	0,2
04.01.2009	07:25	0,2
04.01.2009	07:50	0,2
04.01.2009	08:07	0,2
04.01.2009	08:55	0,2
04.01.2009	09:19	0,2
04.01.2009	09:41	0,2
04.01.2009	09:54	0,2

2.1.2.3. Hidrolojik Veriler

a) 1991-1999 dönemi akım, sediment, konsantrasyon, su sıcaklığı değerleri. Tüm Türkiye için 1999 su yılı sonu 114 sediment gözlem istasyonunu arasında Sakarya Havzası, Burdur Havzası verileri.
b) 1935-2000 dönemi aylık ve yıllık ortalama olarak akımlar. Sakarya, Marmara, Burdur Havzaları verileri.
c) 2003 su yılı sonu için günlük ortalama seviyeler ve günlük ortalama akım verileri. Müteferrik Marmara, Sakarya, Orta Anadolu kapalı havzası verileri.
d) 1984 su yılı sonuna göre 87 adet sediment gözlem istasyonuna ait veriler arasından, Müteferrik Marmara, Sakarya, Burdur havzası verileri.

2.1.2.4. Meteorolojik Gözlem Verileri

Bu projede Türkiye'de 55 istasyondaki yüzey verileri kullanılarak yağış indeksleri hesaplanmış ve analiz edilmiştir, (Şekil1). Kullanılan 55 istasyondan 54'ne ait veriler Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden (DMİ) temin edilmiş olup, ayrıca Kandilli Rasathanesi sıcaklık ve yağış verileri kullanılmıştır.

1- Günlük maksimum sıcaklık değerleri	(1975 – 2006 Ekim)
2- Günlük minimum sıcaklık değerleri	(1975 – 2006 Ekim)
3- Günlük ortalama sıcaklık değerleri	(1975 – 2006 Ekim)
4- Günlük toplam yağış değerleri	(1975 – 2006 Ekim)

2.1.2.5. Uydu Verileri

Proje kapsamında, seçilen pilot çalışma alanlarımıza ait alınan LEVEL 3A, Orjinal ASTER dosyaları (VNIR, SWIR, TIR, DEMZV) aşağıda belirtilmiştir.

Eskişehir

AST3AI_0308140850110701060082	(14/08/2003)
AST3AI_0308140850200701060083	(14/08/2003)
AST3AI_0309220856440701060084	(22/09/2003)

Sakarya

AST3AI_0308140850020701060085	(14/08/2003)

Senirkent (Isparta)

AST3AI_0608220851070701060086	(22/08/2006)
AST3AI_0608220851160701060087	(22/08/2006)

Yukarıdaki uydu görüntülerine ait uygulamalar Bölüm 2.3.2 ve Ek-3'te verilmektedir.

ASTER (Advansed Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) verisi:

İlk dünya gözlem sistemi (EOS-Earth Observing System) uydusu olan Terra (önceden AM-1) 18 Aralık 1999'da Kaliforniya'daki Vandenberg Hava Kuvvetleri Üssü'nden fırlatıldı. Terra, Ekvator üzerinden sabah saat 10:30 da geçecek şekilde güneşle senkronize kutupsal yörüngeli bir uydudur. ASTER (gelişmiş uzay aracında taşınan termal yayınım ve yansıma radyometresi); VNIR (görünür yakın infrared), SWIR (kısa dalga infrared), TIR (termal infrared) bantlarında geniş spektral kapsamlı ve yüksek yersel çözünürlükte eşsiz kombinasyonlara sahip Terra'daki beş sensörden birisidir. ASTER, NASA Yerküre Gözlem

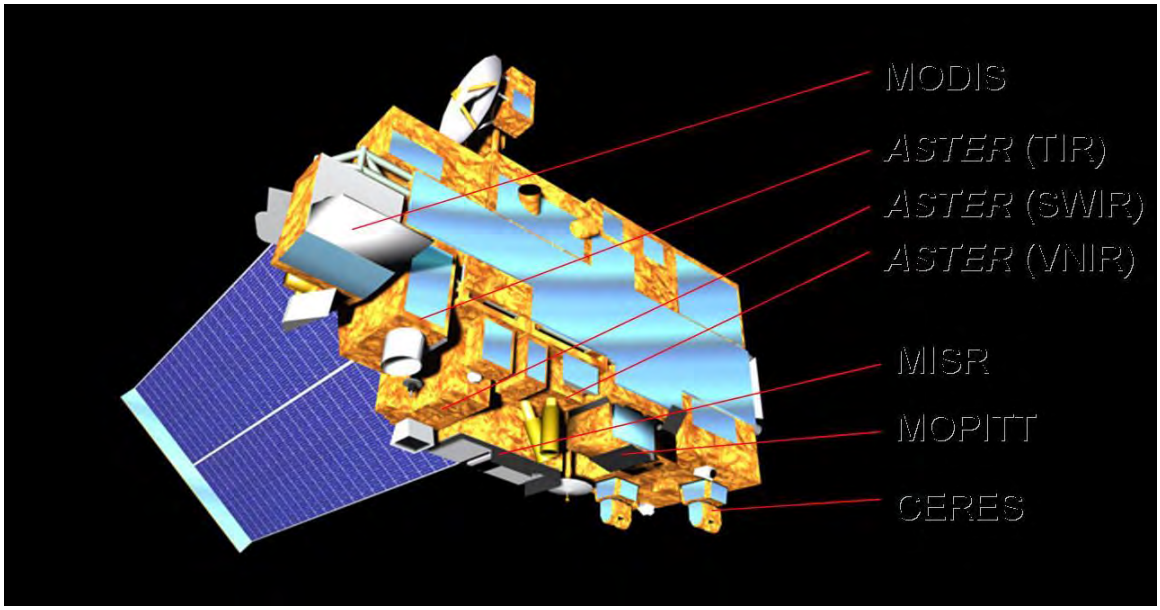
Sistemi ile Japon endüstrisi ve uzaktan algılama data analiz merkezinin birlikte çalışmasıyla oluşturulmuştur. ASTER datasının; bitki örtüsü ve ekosistem dinamikleri, risk kontrolü, jeoloji ve toprak, iklim, hidroloji ve arazi örtüsü değişikliklerini içeren küresel değişimle ilgili geniş kapsamlı uygulama alanlarına katkıda bulunması beklenmektedir, [7].

Tablo 4. Performans koşullarına göre ASTER sensör sistemleri

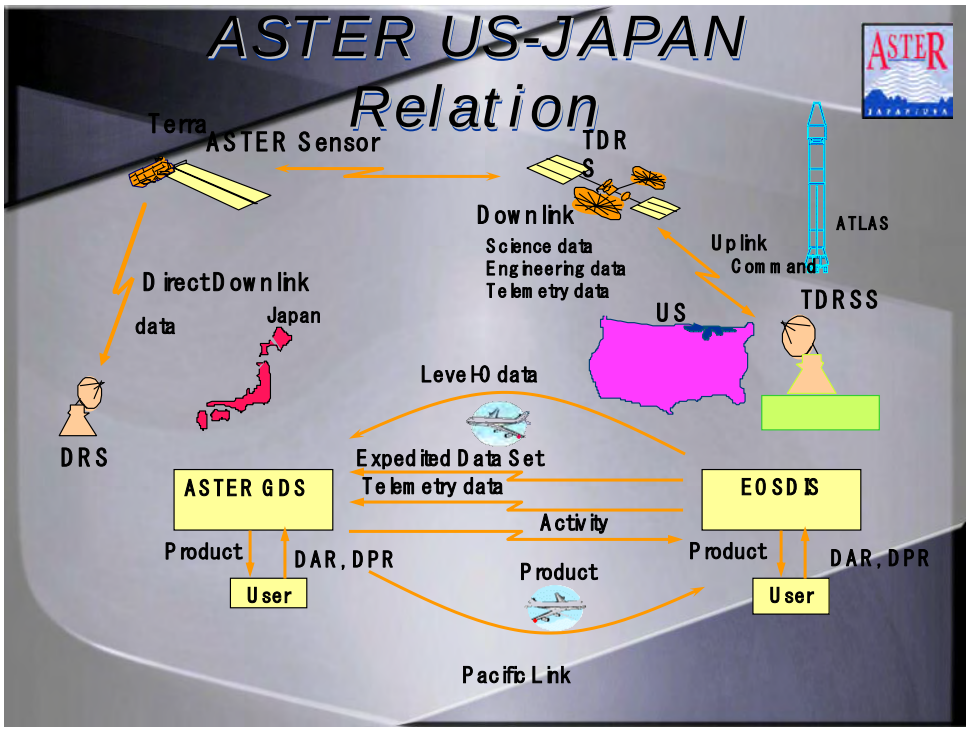
Alt Sistemler	Bant No.	Spektral Alan (μm)	Radyometrik Çözünürlük	Mutlak Doğruluk (σ)	Yersel Çözünürlük	Sinyal Miktar Seviyeleri
VNIR	1 2 3N 3B	0.52 – 0.60 0.63 – 0.69 0.78 – 0.86 0.78 – 0.86	NE Δp 0.5 %	≤± 4 %	15 m	8 bits
SWIR	4 5 6 7 8 9	1.600-1.700 2.145-2.185 2.185-2.225 2.235-2.285 2.295-2.365 2.360-2.430	NE Δp≤0.5 % NE Δp≤1.3 % NE Δp≤1.3 % NE Δp≤1.3 % NE Δp≤1.0 % NE Δp≤1.3 %	≤± 4 %	30 m	8 bits
TIR	10 11 12 13 14	8.125-8.475 8.475-8.825 8.925-9.275 10.25-10.95 10.95-11.65	NE ΔT≤0.3 %	≤3K(200-240K) ≤2K(240-270K) ≤1K(270-340K) ≤2K(340-370K)	90 m	12 bits

Tablo 5. Performans koşullarına göre (ASTER)

Bant Genişliği (Swath Width)	60 km
Toplam Alan – İzleme Alanı (Total Cross – Track Coverage)	± 116 ile ± 318 Km
Stereo Destek -ile-Yükseklik Oranı (Stereo Base-to-Height Ratio)	0.6 (along-track)
Modülasyon Geçirme Frekansı (Modulation Transfer Frequency)	0.25 (cross-track) 0.20 (along-track)
Banttan Banta Kayıt (Band-to-Band Registration)	0.2 piksel (intra-telescope) 0.3 piksel (inter-telescope)
Görev Döngüsü (Duty Cycle)	8 % (VNIR & SWIR) 16 % (TIR)
En Yüksek Data Hızı (Peak Data Rate)	89.2 Mbp
Kütle (Mass)	406 Kg
Güç (En Yüksek) (Peak Power)	726 W

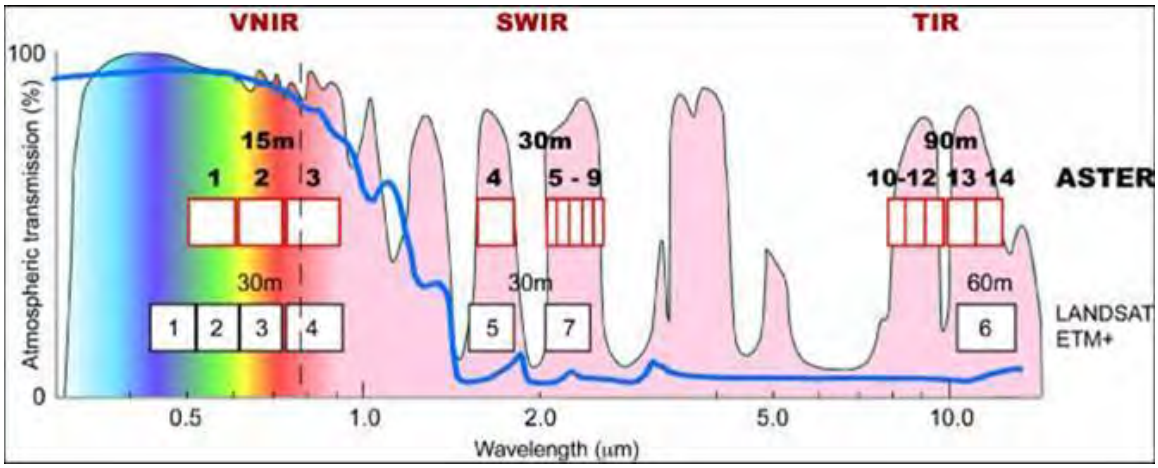


Şekil 5a. Uydu alıcı sistemi (ASTER)

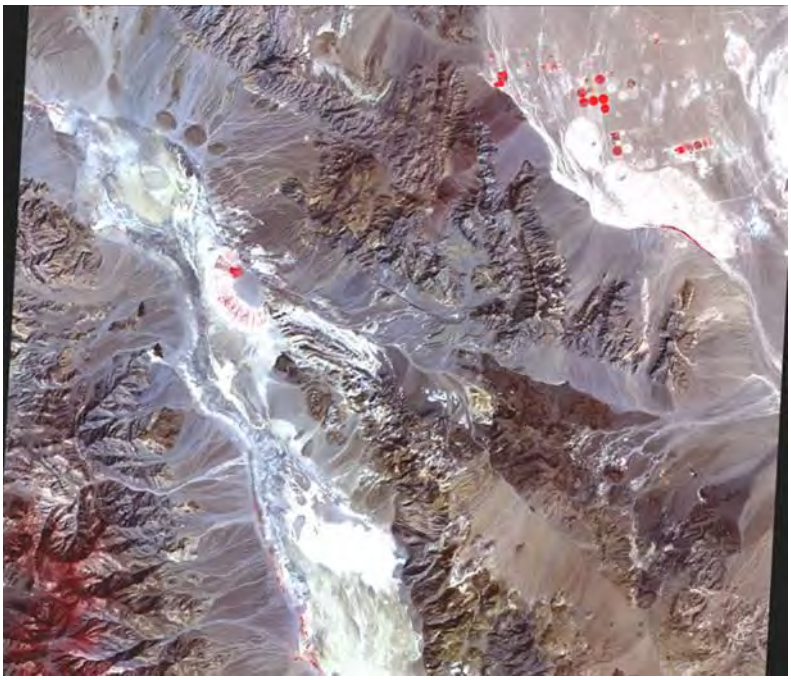


Şekil 5b. ASTER uydu sistemi görev döngüsü

(ASTER sensor : ASTER uydusu, Direct Downlink : Doğrudan Bağlantı, Data: Veri; Product: Çıktılar, User : Kullanıcı, Expected Data : Beklenen Veri, Expedited Data Set : Anında gönderilen veri, Telemetry Data : Telemetrik veri, Activity : Aktivite, Pasific Link : Pasifik linki, Science Data : Bilimsel veri, Engineering Data : Mühendislik verisi, Up Link : Yukarı bağlantı)

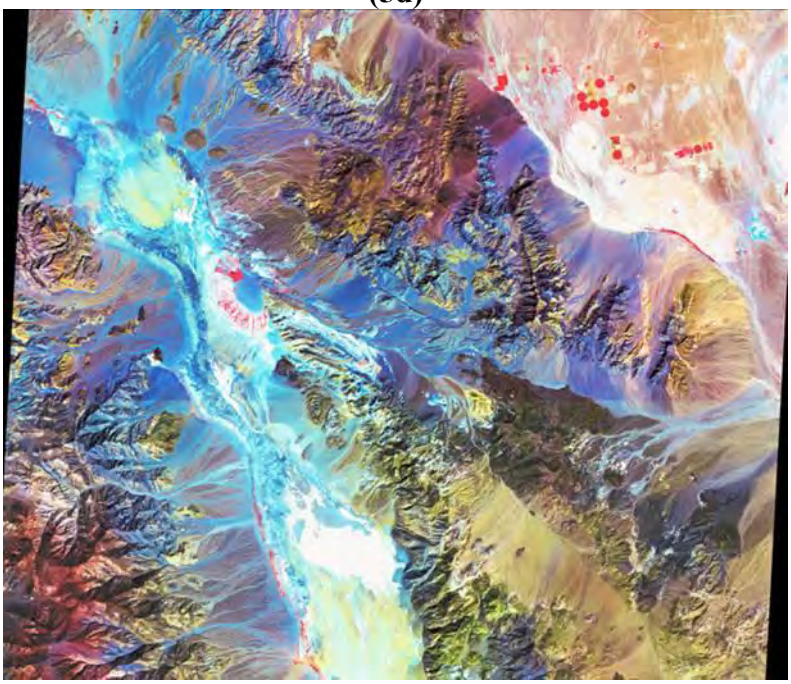


Şekil 5c. Yakın kızılötesi, kızılötesi, termal kızılötesi, ASTER ve LANDSAT bant bölgeleri



Visible NIR

(5d)



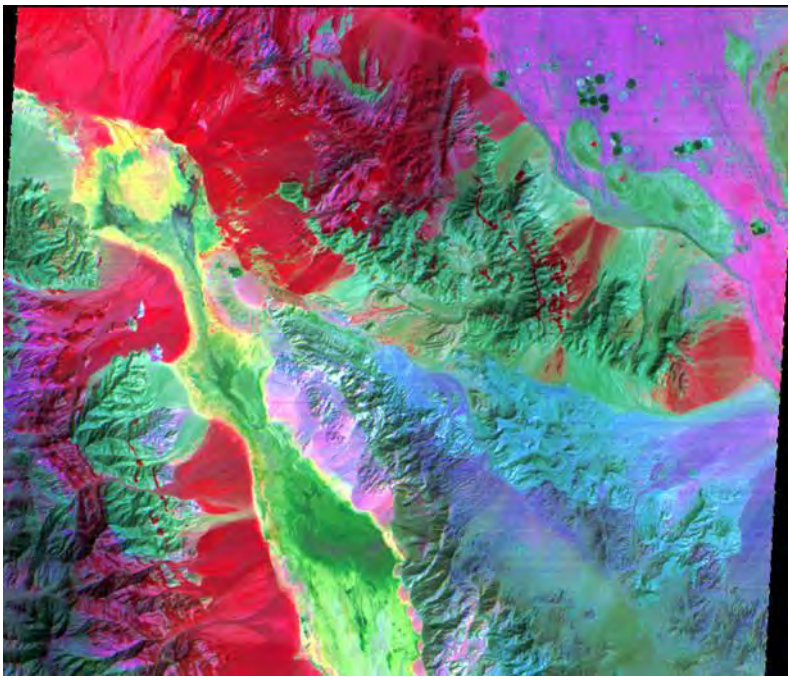
Visible-NIR 2

(5e)

Şekil 5 (d-e). ASTER uydu verisi VNIR, VNIR2 görüntü örnekleri

Short Wave -IR

(5f)



Thermal IR

(5g)

Şekil 5 (f-g). ASTER uydu verisi SWIR ve TIR görüntü örnekleri

ASTER - DEMs

Dijital Yükseklik Modelleri (Digital Elevation Models; DEMs); topoğrafi, görünüm değiştirme ve yüzey şekillendirmelerinin görsel ve matematiksel analizlerinin yanısıra yüzey şekillerinin modellenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. DEMs buzul alanlarının analizinde de önemli bir araç olarak rol oynamaktadır.

DEM, önemli topoğrafik bilginin elde edilmesi için en iyi bilinen metodu temin eder ve hatta arazi şekillendirme işlemlerine ait modellerde önemli bir kontrol faktörü olarak topografya içindeki akışın modellenmesini mümkün kılar. Bunu başarmak için, DEM'in hassasiyetinin geo-morfometrik analizin güvenilirliğini belirlemesinden dolayı, DEM'in araziyi mümkün olduğu kadar iyi temsil etmesi gerekir. Bugünlerde, uzaktan algılanmış bilgiden yararlanılarak otomatik DEM üretimi, pikselin alt hassasiyetleri ile yapılabilmektedir.

DEMs, ASTER gibi elektro-optik tarayıcılardan gelen stereo uydu datasından üretilebilir (KAMP v. d., 2003).

Bu projede uydu görüntülerini işleme yazılımı olarak ERDAS Imagine 9.1 ve ARC GIS 9.2 programları kullanılmıştır. Bu yazılımla arazi sınıflandırmaları, eğim ve bakı haritaları yorumlanmıştır.

2.1.2.6. Sayısal Toprak Haritası

Projede kullanılmak üzere tüm Marmara Bölgesi ile çalışma alanlarımız içersinde olan Eskişehir ve Isparta illerine ait 1/25.000 ölçekli ulusal toprak veri tabanı, Tarım Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü'nden (TÜGEM) satın alınma yoluyla elde edilmiştir.

2.2. Yöntem

2.2.1. İstatistik Yöntemler

Türkiye genelinde göz önüne alınan 55 istasyona ait yüzey verilerinin düzenlenmesi ve değerlendirilmesi aşamasında, DMİ Genel Müdürlüğü'nden elde edilen kayıtlar elektronik ortama aktarılmış ve analize uyumlu forma getirilmiştir. Örnekleme aralığı değiştirilmiş, daha kısa süreli veya daha uzun süreli aralıklarla kaydedilmiş verilerin, Excel, SPSS, MATLAB ve Surfer Paket programları yardımı ile istatistiksel analizleri yapılmıştır. Ayrıca her istasyon için standart yağış indeksleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Analizlerde Eskişehir, Isparta ve Sakarya pilot bölge olarak seçilmiştir. Pilot bölgelere ait meteorolojik parametreler daha detaylı olarak incelenmiştir. Bu üç pilot bölgeye ait 3 adet ASTER uydu görüntüsü, uzaktan algılama tekniklerine dayalı olarak erozyon risk analizlerinde kullanılmıştır.

Bu çalışmalarda Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi, Meteoroloji Laboratuvarı'nda mevcut olan ve proje kapsamında alınan HP Pavilion yazılım/donanım sistem ve programları ile,İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Beykoz Lojistik Meslek Yüksek Okulu, Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sakarya Üniversitesi bilgisayar olanaklarından yararlanılmıştır.

2.2.2. Yağış İndeksleri ve Erozivite İndeksi Hesaplama Yöntemleri

Meteorolojik verilere dayalı olarak hesaplanan yağış ve erozivite indeksi değerleri hesaplama yöntemleri ve sınıf aralıkları aşağıda verilmiştir :

Fournier İndeksi :

Herhangi bir bölgede gözlenen erozyon olayı, yağışın erozivitesine, toprağın aşınma oranına, arazinin özelliklerine ve kullanım amacına bağlı olarak değişim gösterir.

Yağış erozyonu risk sınıfları, Fournier İndeksi (FI) ile hesaplanmaktadır (MICHIELS ve GABRIELS, 1996):

$$FI = \sum_{i=1}^{12} p_{max}^2 / P \qquad (1)$$

(1) Eşitliğinde:

FI : Fournier İndeksi (mm),
p_{max} : Aylık toplam en yüksek yağış miktarı (mm),
P : Yıllık toplam yağış miktarı (mm).

Yağış erozyon risk sınıfı değerleri, yağış erozivite indeksine dayalı olarak belirlenir. Tablo 6, Fournier İndeksi (FI, mm) ve karşı gelen erozivite risk sınıflı değerlerini göstermektedir, ODURO AFRİYE (1996) VE ASLAN (1997). Bu rapor döneminde daha önce göz önüne alınan indeks değerleri yerine sınıf değerleri analiz edilmiştir.

Tablo 6. Fournier İndeksine dayalı erozyon risk sınıfı değerleri, (AFRIYE, 1996)

Sınıf No	Fournier İndeksi (FI)	Erozyon Risk Sınıfı
1	<20	Zayıf
2	20-40	Orta
3	40-60	Şiddetli
4	61-80	Çok Şiddetli
5	81-100	Aşırı
6	>100	Aşırı Şiddetli

PCI (Precipitation Concentration Index) :

Aylık yağış verilerinin zamansal değişimlerinin belirlenmesine yönelik olarak, Yağış Konsantrasyon İndeksi (PCI: Precipitation Concentration Index) değerleri hesaplanır.

$$PCI = 100 . \sum_{i=1}^{12} p_i^2 / P^2 = 100 . \sum_{i=1}^{12} p_i^2 / (\sum_{i=1}^{12} p_i)^2 \qquad (2)$$

Burada,
p_i : Aylık yağış miktarı,
P : Yıllık yağış miktarı,

PCI değerleri yağışın mevsimsel olarak nasıl dağıldığını göstermektedir, (Tablo 7).

Tablo 7. Farklı hesaplama yöntemlerine göre mevsimsel ve zamansal Yağış Konsantrasyon İndeksi sınıfları, (MICHIELS ve GABRIELS, 1996)

Sınıf No	PCI	Mevsimsel Yağış Dağılımı
1	< 10	Üniform
2	11 – 15	Orta mevsimsel
3	16 – 20	Mevsimsel
4	21 – 50	Kuvvetli Mevsimsel
5	> 50	Ayrık

Bu rapor döneminde 1 ile 5 arasında değişen PCI sınıf numaraları göz önüne alınmış olup analizler bu değerlere göre yapılmıştır.

Modifiye Fournier İndeksi :

ARNOLDUS, (1980), MFI (Modified Fournier Index) indeksini sadece en yağışlı ayın yağış miktarını değil tüm aylardaki yağış miktarlarını da göz önüne alarak, yağış erozyon faktörünün çıkarılması için hızlı bir yöntem bulmak amacıyla değiştirmiştir. Bu indeks kolaylıkla hesaplanabilir ve çok az veri gerektirir. Modifiye Fournier İndeksi (MFI) ve Yağış Erozyon Faktörü (R) arasında ABD ve Batı Afrika'da 150 istasyondan daha fazla (ARNOLDUS, 1980) ve Belçika'da 3 istasyon için (BOLLINNE v.d., 1980) yüksek korelasyon katsayıları veren lineer ilişkiler elde edilmiştir. Bununla beraber, iklim çalışmalarında düzgün dağılım gösteren bölgelerin ayrı olarak göz önüne alınması gereklidir. Bu denklemler, yağış erozyon faktörünün genel olarak ve kısa süre içinde belirlenmesine olanak verirler.

Belçika, Orta Doğu ve Kuzey Afrika'nın en uygun erozivite haritaları Modifiye Fournier İndeksi (MFI) kullanılarak oluşturulmuştur.

$$MFI\ (1) = \sum_{i=1}^{12} p_i^2 / P \qquad (3)$$

P: Yıllık toplam yağış miktarı (mm),
p_i: Aylık toplam yağış miktarı (mm).
Modifiye Fournier İndeksine (MFI) dayalı erozyon risk sınıfları Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Modified Fournier İndeksine dayalı erozyon risk sınıfları

Sınıf No	Modifiye Fournier İndeksi (MFI)	Erozyon Risk Sınıfı
1	< 60	Çok zayıf
2	60 - 90	Zayıf
3	90 - 120	Orta
4	120 - 160	Kuvvetli
5	> 160	Çok kuvvetli

Bu analiz döneminde Tablo 8'in son kolonunda yer alan sınıf numaraları göz önüne alınarak, MFI sınıf değerlerinin yerel değişimleri analiz edilmiştir.

De Martonne's İndeksi :

Toprak nemine bağlı yüzey kuraklılık sınıflaması için kullanılan bir diğer bağıntı, De Martonne's İndeksi, (I), aşağıda sunulmaktadır, (PIERVITALI v.d., 1999; ASLAN, 2000).

$$I = P / t + 10 \qquad (4)$$

Burada;

P =Yıllık toplam yağış (mm)
t = Yıllık ortalama sıcaklık (°C)
De Martonne's İndeks verileri ve karşı gelen arazi özellikleri Tablo 9'da verilmektedir.

Tablo 9. De Martonne's İndeksi ve arazi kuraklık sınıfı, (PIERVITALI v.d., 1999)

Arazi Tipi	D.M. İndeksi (I)	Sınıf No
Çöl veya Çöle Yakın	$I \leq 10$	1
Kurak, (Sürekli Sulama Gerektiren)	$10 < I \leq 15$	2
Yarı Nemli, (Sulama Gerektiren)	$15 < I \leq 20$	3
Oldukça Nemli, (Zaman Ayarlı Sulama Gerektiren)	$20 < I \leq 30$	4
Nemli, (Mevsimsel Sulama Gerektiren)	$30 < I$	5

BGI (Bagnouls-Gaussen Aridity Index) :

MFI yağış değişkenliğinin belirlenmesinde yeterli olmasına rağmen, kurak dönemlerin belirlenmesinde ve kısa süreli kuraklıkların saptanmasında yeterli değildir. Yani neme bağlı olarak, toprak erozyonunun artması ve bitki örtüsünün azalmasını göz önüne almaz. Bu durumda erozivitenin belirlenmesinde diğer bir kuraklık indeksi olan BGI (Bagnouls-Gaussen aridity index) belirlenmiştir, (GABRIELS, 1996)

$$BGI = \Sigma (2t_i - p_i)\, k_i \qquad (5)$$

Burada,
t_i: aylık ortalama sıcaklık
p_i: Aylık toplam yağış
k_i: $2t_i - p_i > 0$ olan gün sayısının, ayın gün sayısına oranı

Tablo 10, Bagnouls-Gaussen aridity indeksi (BGI) sınıf değerlerini göstermektedir.

Tablo 10. BGI Sınıf değerleri tablosu, (GABRIELS, 1996)

Sınıf No	Bagnouls-Gaussen aridity indeksi (BGI)	Erozyon Risk Sınıfı
1	0	Nemli
2	0-50	Az nemli
3	50-130	Kuru
4	>130	Çok kuru

Erozivite İndeksi :

MFI ve BGI klimatik göstergeleri sınıflanıp birleştirildiğinde aşağıdaki erozivite indeksini verir, (Tablo 11).

Erozivite İndeksi (EI) = MFI Sınıf Değeri * BGI Sınıf Değeri (6)

Tablo 11. Erozivite indeksi sınıf değerleri tablosu

Sınıf No	Erozivite İndeksi	Erozyon Risk Sınıfı
1	<4	Düşük
2	4-8	Orta
3	>8	Yüksek

EI değerleri, MFI ve BGI risk değerlerinin değil, sınıf değerlerinin çarpımı olarak göz önüne alınmıştır.

Standart Yağış İndeksi (Standardized Precipitation Index, SPI)

Standart yağış indeksi, McKee ve grubu tarafından Colorado'da 1993 yılında geliştirilmiş olup, sadece yağışa bağlı olarak hesaplanmaktadır, (SHARMA, 2006). Bu nedenle daha az girdi parametresine gerek duyulur. Göz önüne alınan bir bölgenin uzun dönem yağış kayıtlarının dağılım olasılık fonksiyonları (gamma dağılımı vb.) saptanır. Daha sonra bu dağılım, SPI değerleri ile normal dağılım fonksiyonuna dönüştürülür. Böylece, ortalama SPI değerleri sıfır olur (SHARMA, 2006). SPI değerleri 1 ay, 3 ay... 48 ay gibi, farklı zaman ölçekleri için hesaplanabilir ve böylece su kaynaklarının (yeraltı suyu, su göletleri, toprak nemi, küçük akarsuların akışları vb.) bileşenlerde gözlenen yağış eksikliğinin etkisi aynı indekste hesaba katılır.

Pozitif SPI değerleri ortalama yağış miktarından büyük değerlerin gözlendiğini, negatif SPI indisleri ise ortalamadan düşük yağış kaydedildiğini belirtmektedir. Tablo 12, SPI sınıf değerlerini göstermektedir.

Tablo 12. SPI Sınıf değerleri, (SHARMA, 2006)

SPI Sınıf Değerleri	Özellikleri
2.0+	Aşırı nemli
1.5-1.99	Çok nemli
1.0-1.49	Orta nemli
(-0.99)-(0.99)	Normale yakın
(-1.0)-(-1.49)	Orta derece kurak
(-1.5)-(-1.99)	Çok kurak
-2.0 ve daha düşük	Aşırı kurak

2.2.3. Uydu Verisi Analiz Yöntemleri

Projenin bu bölümünde uydu görüntüleri kullanılmıştır. Görüntüler üzerinde denetimsiz sınıflandırma yapılmış ve arazi kullanım haritası hazırlanmıştır. Uydu verisi olarak ASTER uydusundan yararlanılmış olup, sınıflandırmada ASTER verisinin sadece Görünür ve Yakın Kızılötesi (VNIR) bandları kullanılmıştır.

Uzaktan algılama verilerinin, özellikle uydu verilerinin kuraklığın incelenmesindeki yararları bilinmektedir. En yaygın kullanılan yöntem, yerel değişimlerin incelenmesidir. Uydu teknolojileri günümüzde, kuraklık değerlerinin gösterilmesi ve tahmini için yardımcı olmaktadır. Günümüzde, bu amaçla çeşitli uydu verilerinden yararlanılmakta, tarım, meteoroloji, hidroloji alanlarında kuraklığa yönelik araştırma çalışmaları yürütülmektedir. Bu sistemler, geniş bölgelerdeki kuraklık değişimini, yaygın kullanılan yöntemlerden daha doğru ve daha kısa zaman içinde göstermektedir.

Kuraklık gösterilimi, optik RS (uzaktan algılama) verilerinden elde edilen indisler kullanılarak yürütülmektedir. RS tekniklerinin dayandığı fizik prensipler, em spektrumun değişik dalga boylarında gözlenen etkiler ve faktörlerle ilgili olarak açıklanabilmektedir. Yer yüzeyini sürekli gözlemlemekte olan uydu sensörleri, yer yüzeyi üzerinde fotosentezi başlatan bitki örtüsünün yapısını sayısal olarak açıklayabilmektedir.

Yağış eksikliği sonucunda, kuraklık oluştuğunda, bitkinin klorofil oluşturma kapasitesi, önemli oranda azalır. Bu yapı, bitki örtüsünün spektral yansımalara tepkisi ile gösterilir. Yeşil bitkilerde, klorofil pigmentlerine bağlı olarak, absorblanan radyasyon değerlerinde iki maksimum bölge oluşur. Birincisi spektrumun mavi bölgesi (0,43μ) ve diğeri, kırmızı bölge'sidir (0,6μ). Diğer taraftan yaprağın mesophyll'i düzensiz şekillenmiş hücreler oluşturur. Bu yüzeyin geniş iç hücre uzaylarını oluşturur. Bu yapı, 0,75-11 mikrometre bölgelerinde (kızılötesi bant) gelen radyasyonu daha fazla yansıtır. Böylece, sağlıklı ve fizyolojik konumu iyi olan yeşil bitkilerin tepkisi, kızıl bölgede absorblama ve yakın kızıl ötesi bant bölgesinde fazla yansıma oluşturur. Sağlıklı olmayan, yaşlı veya kuraklık etkisinde, stres altında kalmış bitkilerde spektrumun kızıl bölgesinde yansıtma artarken, kızılötesi bölgede azalır, (SHARMA, 2006).

Normalize Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) :

NDVI ilk defa 1979 yılında Tucker tarafından bitki sağlığı ve yoğunluğu indeksi olarak tanımlanmıştır (TUCKER, 1979) :

$$NDVI = (NIR - RED)/(NIR+RED) \quad (7)$$

Burada, NIR ve RED değerleri, sırasıyla yakın kızılötesi ve kırmızı bant bölgesindeki yansıtma değerleridir. NDVI önemli ölçüde bitki örtüsü, yeşil örtü yüzdesi, yaprak alan indeksi (LAI) ve biokütle ile ilgili ayrıntıları yansıdır. NDVI, en yaygın kullanılan bitki örtüsü indekslerinden biridir, (SHARMA, 2006). NDVI değerleri, -1 ve +1 arasında değişim gösterir. Bununla beraber, NDVI değerleri;

a) sadece iki bant bölgesindeki verileri değerlendirmektedir ve düşük bitki örtüsü durumunda, toprak yüzeyinden olan yansıtma etkilerine karşı çok duyarlı değildir,
b) Kuraklığa karşı zaman kaymasıyla tepki verir. Bitki örtüsünün yağış eksikliğine tepkisi, toprakta depolanan nem nedeni ile daha yavaş ve gecikmeli olur. Önceki çalışmalar NDVI değerlerinin zaman farkı ile tepki gösterdiğini, yağış verileri ile 3 aylık bir fark oluşturmakta olduğunu belirtmektedir, (ASLAN v.d., 1997; ASLAN v.d., 2004; OKÇU, 1999) Zaman kayması, bölgenin tamamen yağış alması, kısmen veya tümüyle sulanması gibi özelliklerine bağlı olarak değişir. NDVI doğrudan kurak veya kurak olmayan koşulları yansıtmaz. Fakat kuraklığın şiddeti (veya nemliliğin yayılması), NDVI değerlerinin uzun dönem ortalamalarından sapması (DEV_{NDVI}) ile belirlenebilir. Bu değişim, NDVI değerlerinin örneğin Ocak 2005 gibi aylık zaman aralıkları ile 1981-2003 yılları arasındaki 23 yıllık uzun dönem Ocak ayı ortalamalarından olan farkı olarak her piksel için hesaplanabilir, (SHARMA, 2006):

$$DEV_{NDVI} = NDVI_i - NDVI_{mean,m} \quad (8)$$

Burada, $NDVI_i$, i ayı için NDVI değeri, $NDVI_{mean,m}$ ise uzun dönem için aynı aya ait ortalama değerdir. DEV_{NDVI} değerleri negatif ise, normal bitki örtüsü (sağlıklı) koşulların dışındaki yapıyı gösterir ve kuraklığın öncüsü olarak göz önüne alınır. Negatif sapmanın büyümesi, kuraklığın büyümesi demektir.

Genel olarak uzun dönem ortalama NDVI değerlerinden olan farklar, kuraklığın daha etkin ve iyi göstergesidir. Bu değerler, sağlıklı bitki örtüsünün normal veya yağışlı aylardaki yapısını daha iyi yansıtabilir. Bu indeks, kuraklık çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu indeksin tek kısıtlaması, ortalamadan olan sapmalar hesaplanırken, standart sapmanın göz önüne alınmamış olmasıdır. Özellikle göz önüne alınan bir yıl içinde, bitki koşullarının çok değişken yapı göstermesi durumunda yanlış yorumlara neden olabilir, (SHARMA, 2006).

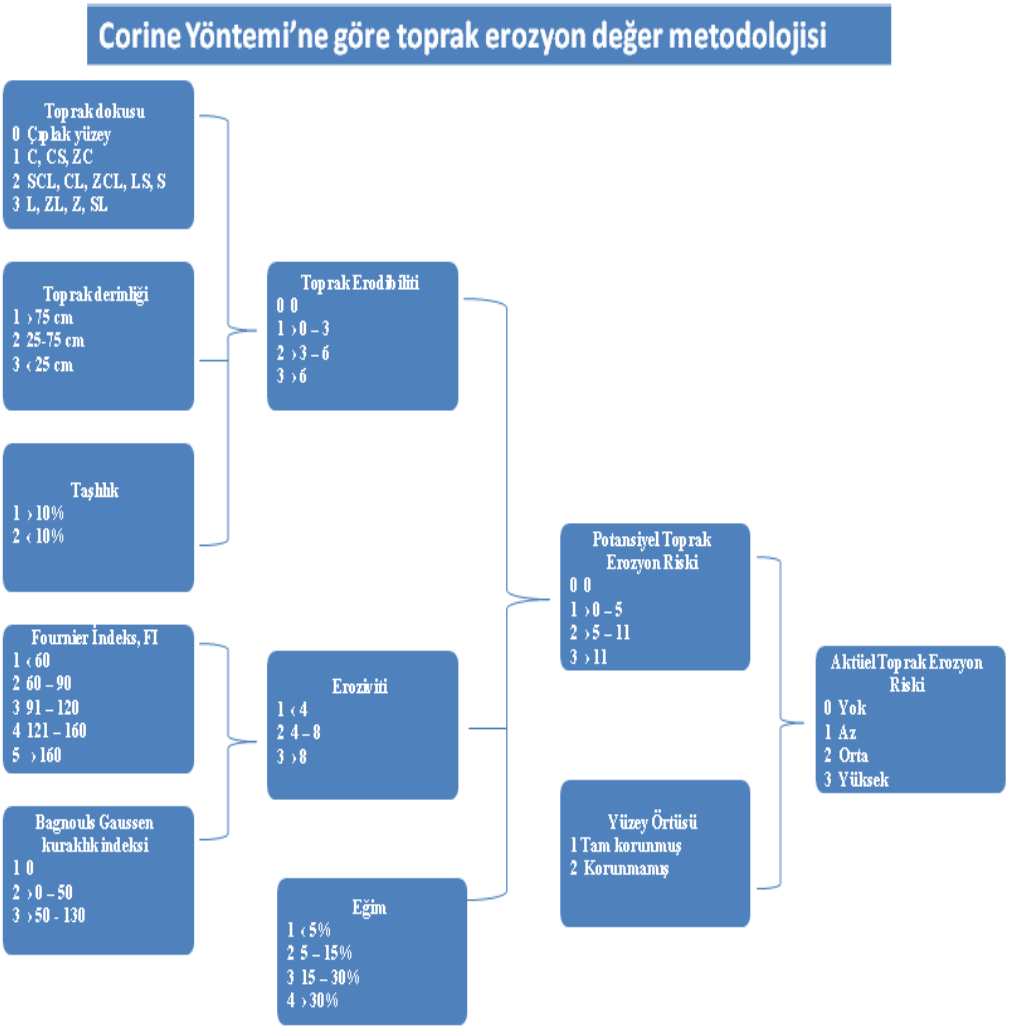
Bitki Durum İndeksi (Vegetation Condition Index, VCI) :

VCI, ilk kez (KOGAN, 1995, 1997) tarafından önerilmiştir, (SHARMA, 2006). Göz önüne alınan NDVI değerinin uzun dönem verilerine göre hesaplanan minimum NDVI değerine ne kadar yakın olduğunu gösterir:

$$VCI_j = (NDVI_j - NDVI_{min})100/\ (NDVI_{max} - NDVI_{min}) \quad (9)$$

Burada, $NDVI_{max}$ ve $NDVI_{min}$) uzun dönem kayıtlarından (örneğin 23 yıl) göz önüne alınan ay (veya hafta) için hesaplanır. j, ilgili ayı (veya haftayı) gösterir. Yüzey bitki örtüsünün sağlıklı olup olmadığı vb. koşullar, bu eşitlik yardımı ile saptanır. %50 civarında değişen VCI değerleri, zayıf bitki örtüsü koşularını gösterir. %50-%100 arasındaki değerler, normalden yüksek koşulları belirtir. %100 olan değerler, o ay veya hafta için NDVI değerlerinin maksimum değere eşit olduğunu gösterir. Kuraklık şiddetinin çok farklılık göstermesi durumunda değerler %50'nin altında değişir. KOGAN (1995), %35 VCI eşik değerinin aşırı kurak koşulların ayırt edilmesinde kullanılabileceğini belirtmektedir. 0-%35 arasındaki aşırı kurak koşulların daha iyi sınıflandırabilmesi için araştırma çalışmalarına gerek duyulduğunu belirtmektedir. Sıfıra yakın VCI değerleri, aşırı kurak bir ay için yansıtma değerlerinin sıfıra yakın olduğunu göstermektedir. Diğer bir ifade ile, DVI değeri uzun dönem minimum değerine eşit ise, aşırı kurak koşullar söz konusudur. Ardışık zaman aralıklarında gözlenen düşük VCI değerleri, kuraklığın gelişmekte olduğunun göstergesidir, (SHARMA, 2006).

CORINE Yöntemi



Şema 1. CORINE Yöntemi Akış Şeması

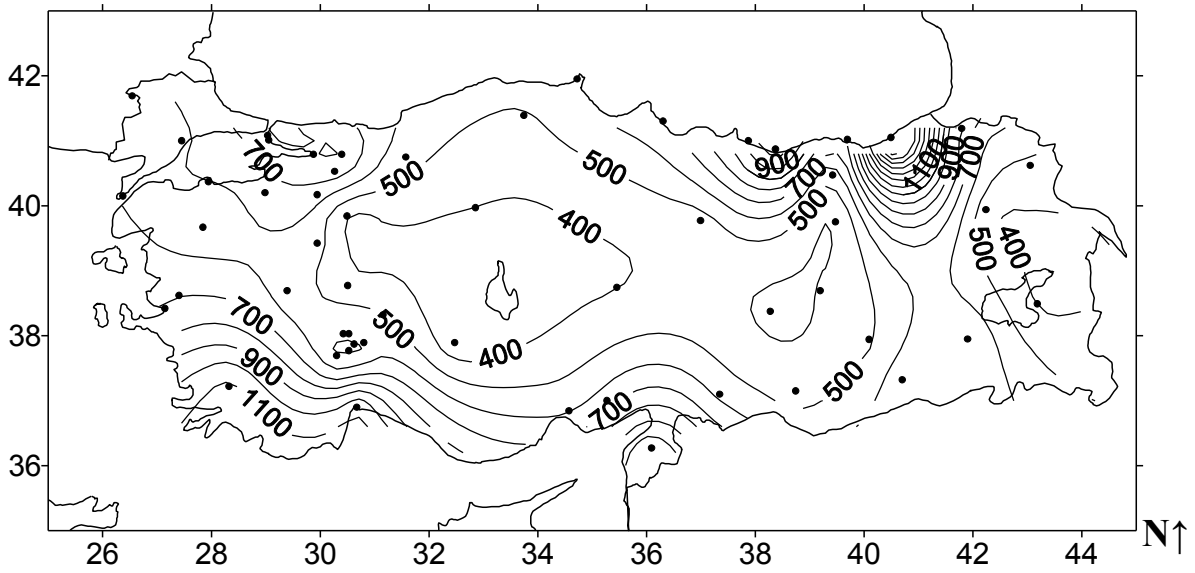
Çalışmada aktüel erozyon risk haritasını elde etmek için CORINE Yöntemi kullanılmıştır, (GOBIN, 2003). Bu yöntem; toprak dokusu, toprak derinliği, taşlılık oranı, eğim, yüzey örtüsü, Fournier Indeks ve Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeksi'nden oluşan ana parametrelere dayalıdır. CORINE Toprak Erozyon Yöntemi basit olmasından ötürü büyük bir avantaja sahiptir. Öyle ki, tüm arazi çalışmalarında hedef olarak belirlenmiş alan üzerinde oldukça iyi bir tahmin sağlar.

2.3. Analiz

2.3.1. Yüzey Gözlemlerinin Analizi

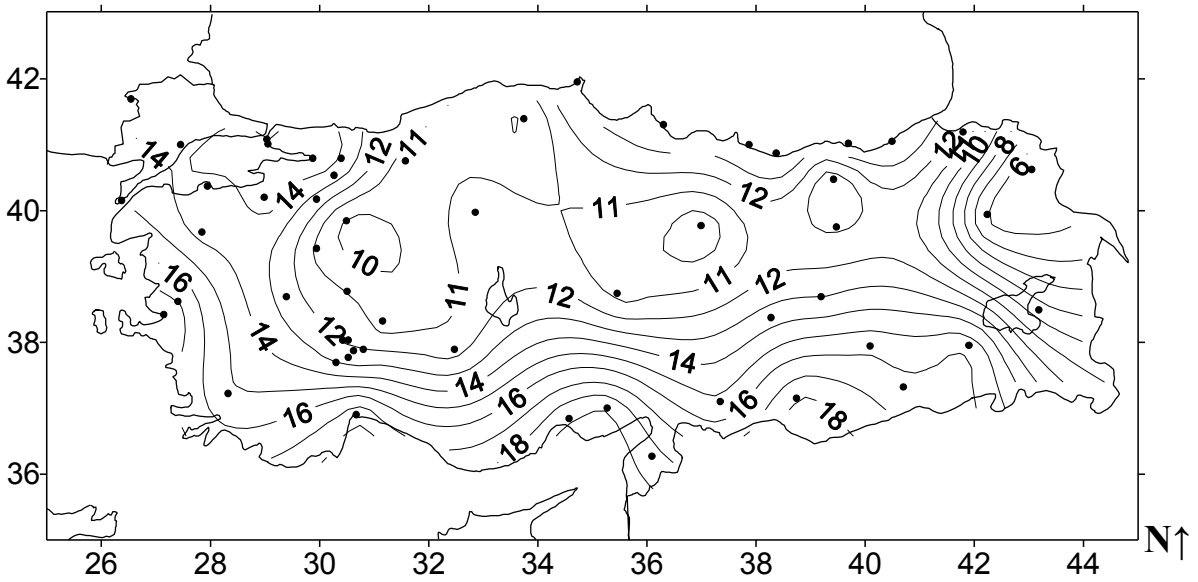
Gözlem bölgesine ait meteorolojik verilerin, hesaplanan indeks ve sediment değerlerinin istatistiksel analizleri EK-1'de sunulmuştur.

Şekil 6'da Türkiye'de 55 istasyondaki 1975-2006 aralığındaki ortalama yıllık toplam yağış değerlerinin dağılımı görülmektedir. Yağışın en fazla olduğu bölgeler başta Doğu Karadeniz ve Akdeniz bölgeleri, diğer bölgeler sırasıyla,Ege, Marmara Bölgeleridir. İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgeleri yağışın en az görüldüğü bölgelerimizdir, (Yıllık Türkiye ortalaması olan 600mm'den daha düşük (400-500mm) yağış değerleri kaydedilmektedir).



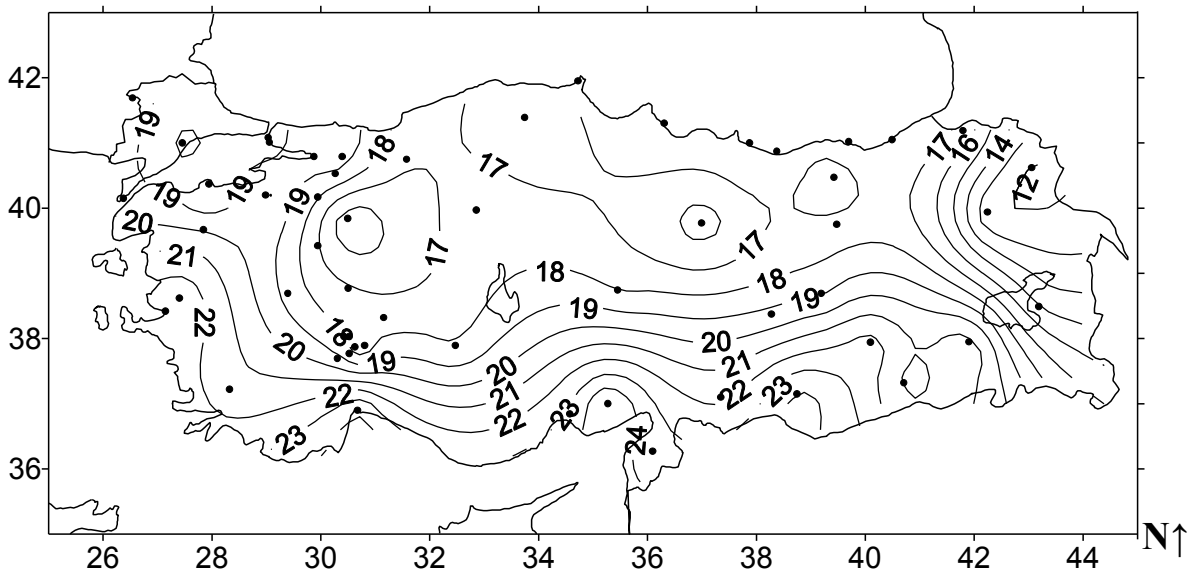
Şekil 6. Yıllık toplam yağış miktarının değişimi (1975-2006)

1975-2006 döneminde, kullanılan 55 istasyona göre Türkiye'nin yıllık ortama sıcaklığı 13.3^{0}C dir. Aynı dönemde bu istasyonlar içinde gözlenen yıllık ortalama sıcaklığı en yüksek olan istasyon Mersin (19.3^{0}C), en düşük istasyon Kars (4.9^{0}C) dır. Yıllık ortalama sıcaklık haritasına bakılacak olursa (Şekil 7) en sıcak bölgelerin, Türkiye'nin güney bölgeleri olduğu, bunu batı bölgelerinin izlediği görülür.



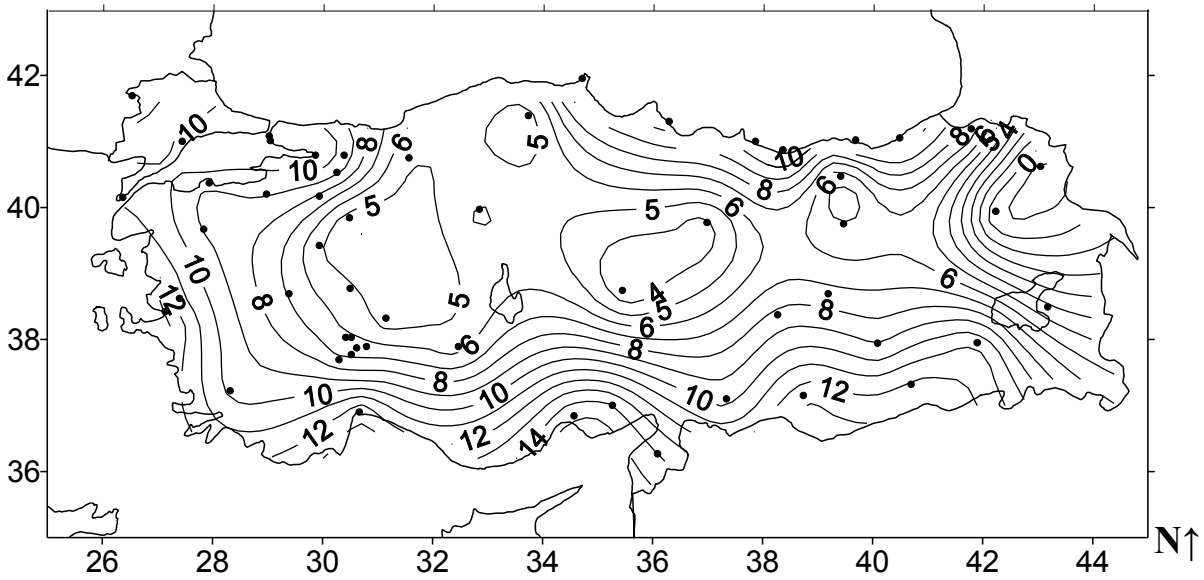
Şekil 7. Yıllık ortalama sıcaklık değerlerinin değişimi (1975-2006)

Yıllık ortalama maksimum sıcaklık değerleri incelendiğinde (Şekil 8), Türkiye ortalamasının (55 istasyon için) 18.8^{0}C olduğu gözlenmiştir. Yıllık ortalama maksimum sıcaklığın en yüksek olduğu istasyon Adana (25.3^{0}C), en düşük olduğu istasyon Kars (11.8^{0}C) dır. Türkiye'nin güney bölgelerimiz ve sonra batı bölgelerimiz yıllık ortalama maksimum sıcaklığın en yüksek olduğu bölgelerdir.



Şekil 8. Yıllık ortalama maksimum sıcaklık değerlerinin değişimi (1975-2006)

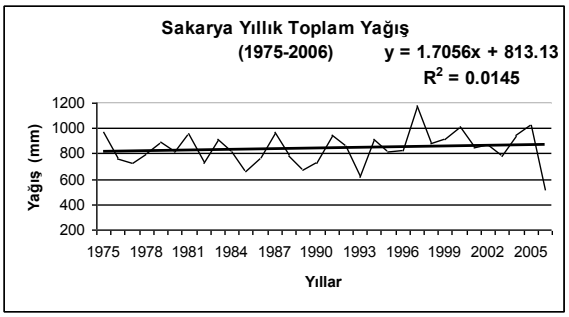
Yıllık ortalama minimum sıcaklıklarda da en yüksek yıllık ortalama minimum değerleri güney, ikinci olarak da yine batı bölgelerinde görülmekte olup (Şekil 9), yıllık ortalama minimum sıcaklık ortalaması 8.3^{0}C dır, (55 istasyona göre). Ortalama yıllık minimum sıcaklıkların en yüksek olduğu istasyon Mersin(15.4^{0}C), en düşük olduğu istasyon Kars (-1.5^{0}C) dır.



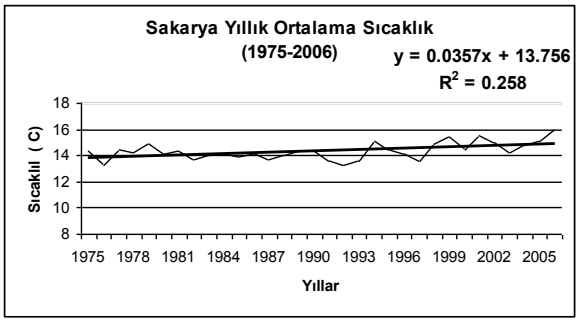
Şekil 9. Yıllık ortalama minimum sıcaklık değerlerinin değişimi(1975-2006)

Sakarya, Isparta ve Eskişehir için Yağış ve Sıcaklık Verilerinin Analizleri

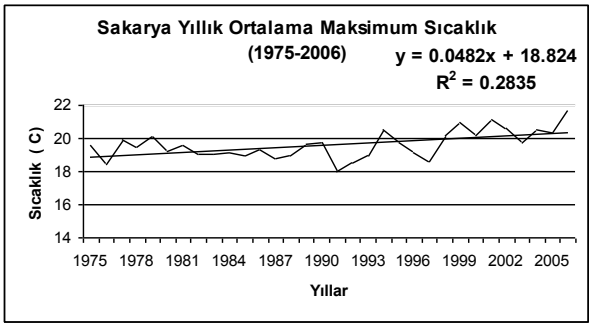
Sakarya ve civarı için yıllık toplam yağış değerlerinin değişiminin 1995 yılından itibaren 2006 yılı hariç, artış gösterdiği görülmüştür. Sakarya yıllık ortalama sıcaklık ve minimum sıcaklık değerlerinin ise 1994 yılından itibaren, maksimum sıcaklık değerlerinin özellikle 1997 yılından itibaren artış gösterdiği gözlenmektedir. (Şekil 10 a,b,c,d)



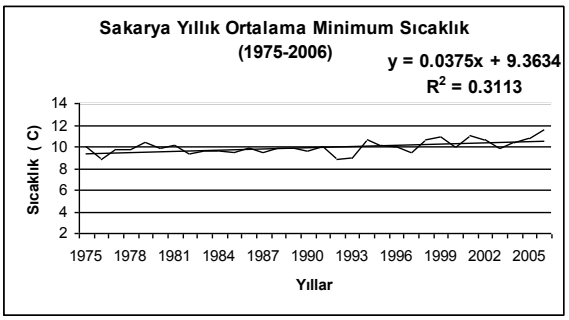
Şekil 10 (a). Sakarya toplam yağış değerlerinin değişimi



Şekil 10 (b). Sakarya ortalama sıcaklık değerlerinin değişimi

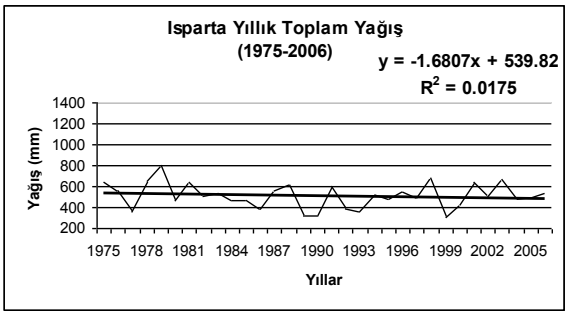


Şekil 10 (c). Sakarya maksimum sıcaklık değerlerinin değişimi

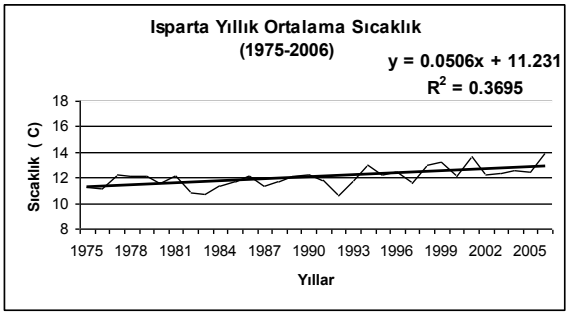


Şekil 10 (d). Sakarya minimum sıcaklık değerlerinin değişimi

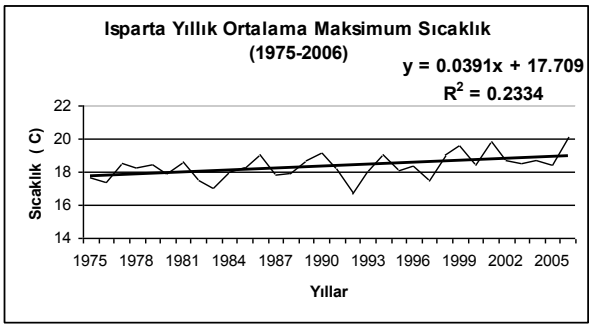
Isparta ve civarı için yıllık toplam yağış değerlerinin değişiminde incelenen zaman aralığında yavaş bir azalma gözlenmekte, buna karşın yıllık ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık değerlerinde 1994-1995 yıllarından itibaren görülen artış Isparta da gözlenmektedir, (Şekil 11 a,b,c,d).



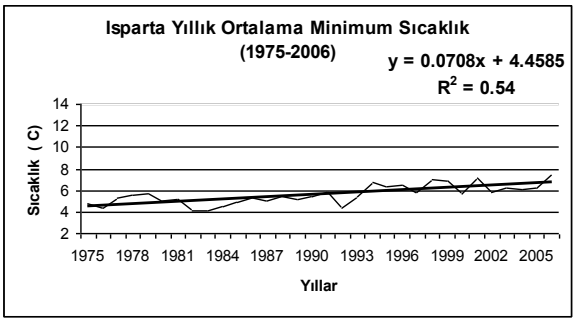
Şekil 11 (a). Isparta toplam yağış değerlerinin değişimi



Şekil 11 (b). Isparta ortalama sıcaklık değerlerinin değişimi

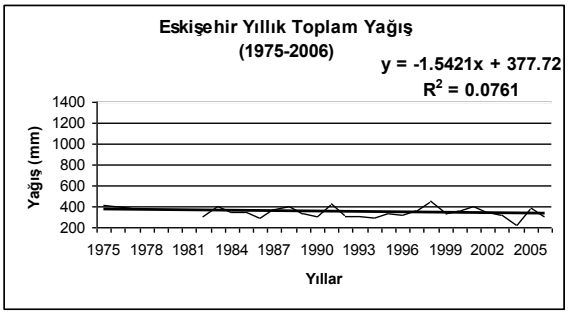


Şekil 11 (c). Isparta maksimum sıcaklık değerlerinin değişimi

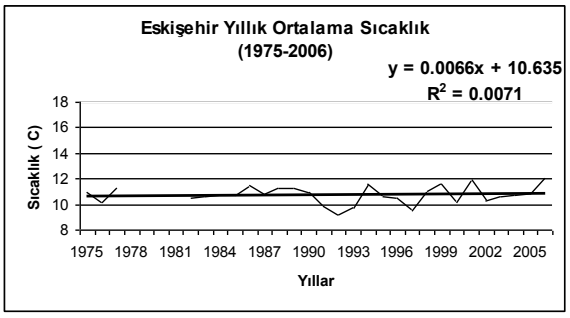


Şekil 11 (d). Isparta minimum sıcaklık değerlerinin değişimi

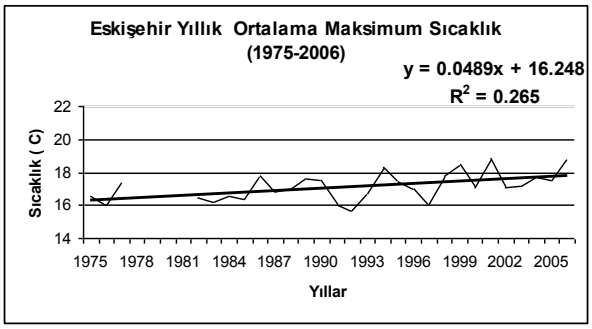
Eskişehir ve civarı için yıllık toplam yağış değerlerinin değişiminde 1992 yılından itibaren hafif bir azalma terendi gözlenirken, yıllık ortalama sıcaklık değerlerinde önemli bir değişiklik görülmemektedir. Yıllık ortalama maksimum sıcaklık değerlerinde artış trendi, yıllık ortalama minimum sıcaklık değerlerinde ise düşüş eğilimi görülmektedir, (Şekil 12 a,b,c,d).



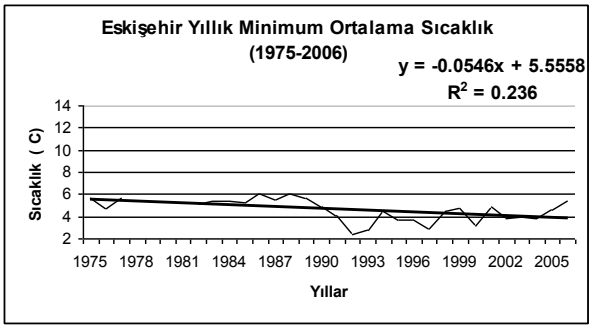
Şekil 12 (a). Eskişehir toplam yağış değerlerinin değişimi



Şekil 12 (b). Eskişehir ortalama sıcaklık değerlerinin değişimi



Şekil 12 (c). Eskişehir maksimum sıcaklık değerlerinin değişimi



Şekil 12 (d). Eskişehir minimum sıcaklık değerlerinin değişimi

2.3.1.1. Yağış İndeksleri ve Erozivite İndeksi Değerlerinin Analizi :

Bu proje kapsamında 55 istasyonda hesaplanan standart yağış indeksleri ve sınıf aralıklarına ait analiz sonuçları aşağıdaki bölümde sunulmaktadır.

<u>Fournier İndeksi Analizleri :</u>

Fournier İndeksi erozyon risk sınıfları ve sınıf numaraları Tablo 6'da verilmiştir. Şekil 13'de ise FI erozyon riski sınıf değerlerinin dağılımı görülmektedir.

Karadeniz Bölgesi'nde Ordu ve Rize şiddetli erozyon risk sınıfına girmekte olup, Karadeniz'in diğer kıyı bölgelerinde orta erozyon risk sınıfı görülmektedir. Karadeniz Bölgesi'nin iç kesimleri ise (Kastamonu, Bolu, Gümüşhane) zayıf erozyon risk sınıfına girmektedir.

Marmara Bölgesi (Bilecik hariç) orta şiddette erozyon risk sınıfına girmektedir. Bilecik ise zayıf erozyon risk sınıfındadır.

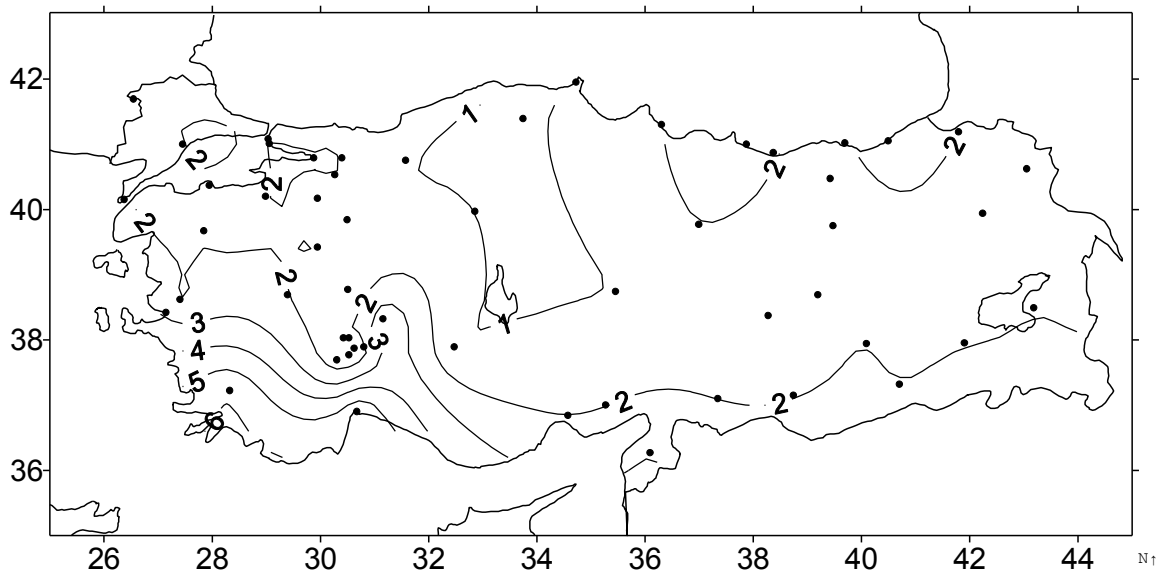
İç Ege Bölgesi orta erozyon risk sınıfına girmektedir. Kıyı Ege ise şiddetli erozyon risk sınıfına girmektedir. FI değerlerinin değişimine göre Türkiye'nin güney batı kıyıları özellikle Muğla ve Antalya civarı aşırı şiddetli erozyon risk sınıfında (6) bulunmaktadır.

Akdeniz Bölgesi Antalya (6) ve Yalvaç (4) hariç genelde orta erozyon risk sınıfı hakimdir. Hatay, Eğirdir şiddetli erozyon riski sınıfına girmektedir. Yağış dağılımı haritasına bakılacak olursa, FI yüksek sınıf değerlerinin görüldüğü bölgeler fazla yağışın olduğu bölgelere karşı gelmektedir.

İç Anadolu Bölgesi Sivas hariç zayıf erozyon risk sınıfına girmektedir. Sivas ve civarı ise orta erozyon risk sınıfına girmektedir.

Doğu Anadolu Bölgesinde, İç Anadolu Bölgesinde olduğu gibi genelde zayıf erozyon risk sınıfını değerleri kaydedilmiştir. Van, Elazığ ve Siirt civarı ise orta erozyon risk sınıfına girmektedir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi orta erozyon risk sınıfına girmektedir.

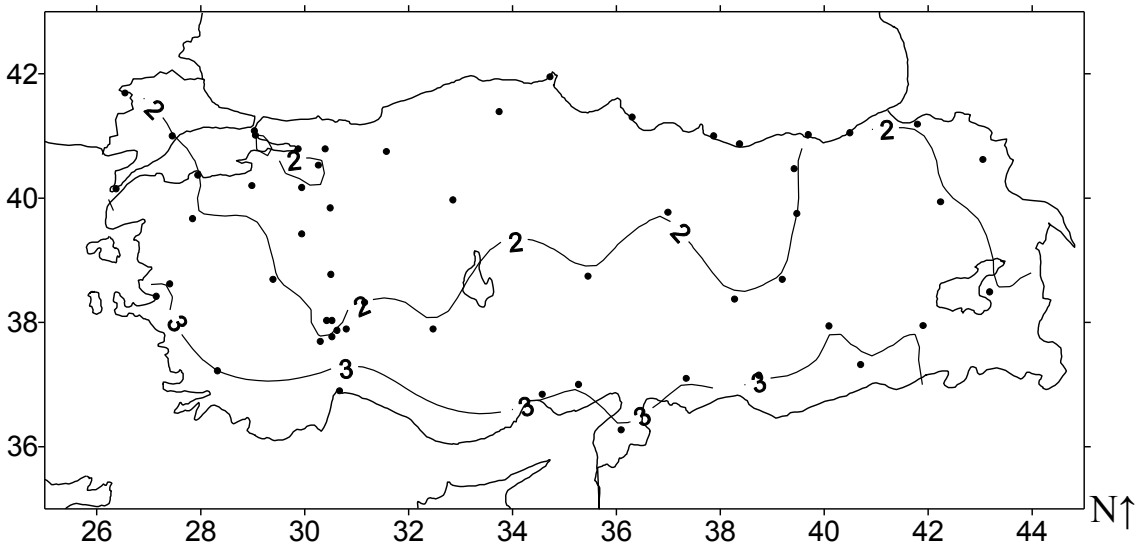


Şekil 13. Fournier İndeksi (FI) sınıf değerlerinin değişimi (1975-2006)

<u>PCI (Precipitation Concentration Index = Yağış Yoğunluk İndeksi) Analizleri :</u>

Aylık yağış verilerinin zamansal değişimlerinin belirlenmesine yönelik olarak, Yağış Konsantrasyon İndeksi (PCI: Precipitation Concentration Index) risk sınıfları ve sınıf numaraları Tablo 7'de verilmiştir. Şekil 14'de ise PCI erozyon riski sınıf değerlerinin dağılımı görülmektedir.

PCI sınıf değerlerinin Türkiye üzerindeki dağılımı kuzeyden güneye doğru artış göstermekte olup, genelde orta mevsimsel yağış dağılımı görülmektedir. Güneyde Akdeniz Bölgesinde mevsimsel ve kuvvetli mevsimsel, kıyı ege de ise mevsimsel yağış rejiminin gözlendiği sınıf değerlerinin etken olduğu görülmektedir. Orta ve doğu bölgelerimizde orta mevsimsel yağış dağılımının olduğu sınıf değerleri görülmektedir (Şekil 10).

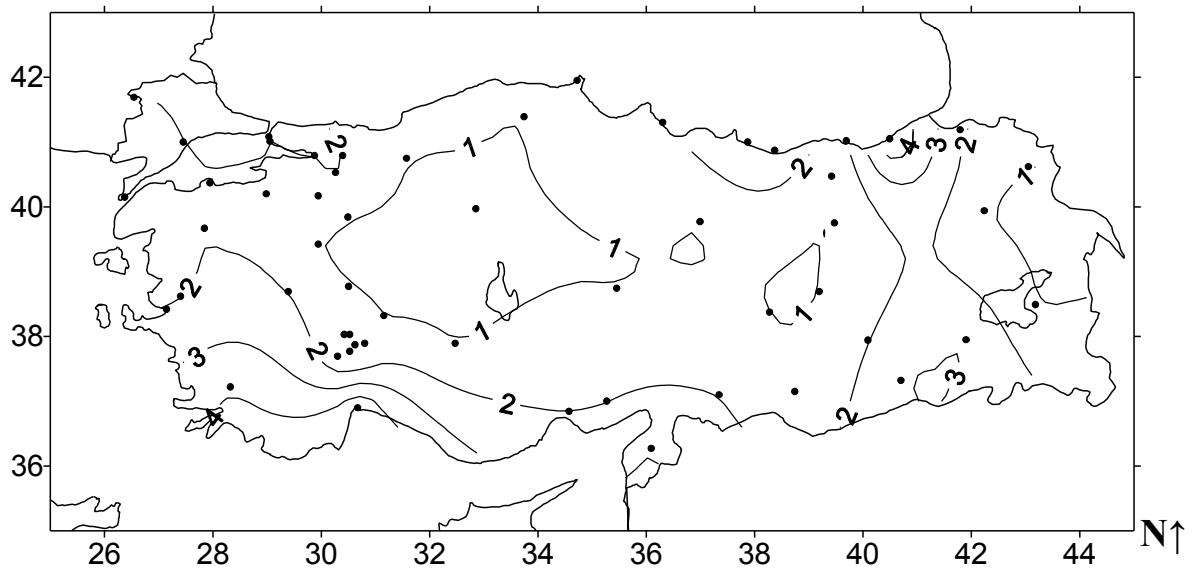


Şekil 14. Yağış Konsantrasyon İndeksi (PCI) sınıf değerlerinin değişimi (1975-2006)

Modifiye Fournier İndeksi Analizleri :

Modifiye Fournier İndeksi erozyon risk sınıfı değerleri ve sınıf numaraları Tablo 8'de verilmiştir. Şekil 15'de ise MFI erozyon riski sınıf değerlerinin dağılımı görülmektedir.

MFI sınıf değerlerinin dağılımı FI değerlerinin dağılımı ile büyük benzerlik göstermektedir. Rize ve Antalya çok kuvvetli erozyon risk sınıfına girmektedir. İç Anadolu ve Doğu Anadolu hariç diğer bölgelerde zayıf erozyon risk sınıf değerleri görülmektedir. İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgeleri Siirt hariç çok zayıf erozyon risk sınıfına girmektedir. Siirt'te orta erozyon risk sınıfı görülmektedir, (Şekil 15).



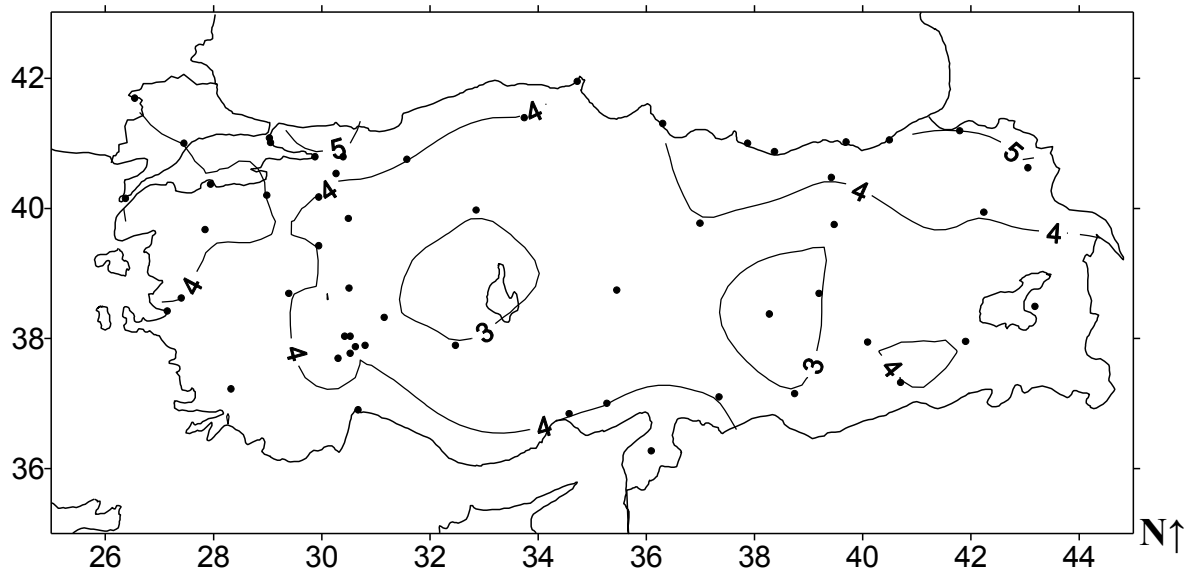
Şekil 15. Modified Fournier İndeksi (MFI) sınıf değerlerinin değişimi (1975-2006)

De Martonne's Kuraklık İndeksi Analizleri :

Yağış erozyonu, yağış miktarına özellikle toprak nemine bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu nedenle projenin bu bölümünde De Martonne's Kuraklık İndeksi değerlerinin değişimine yer verilmiştir.

De Martonne's Kuraklık İndeksi risk sınıfları ve sınıf numaraları Tablo 9'da verilmiştir. Şekil 16'da ise DM sınıf değerlerinin dağılımı görülmektedir.

Türkiye'de DM İndeksi sınıf değerleri iç kesimlerden dışa doğru yani kıyı bölgelerine doğru artış göstermektedir. Kıyı kesimlerinin oldukça nemli, zaman ayarlı sulama gerektiren arazi tipine sahip olduğu gözlenmektedir. İç bölgeler ise yarı nemli, sulama gerektiren arazi tipine girmektedir, (Şekil 16).



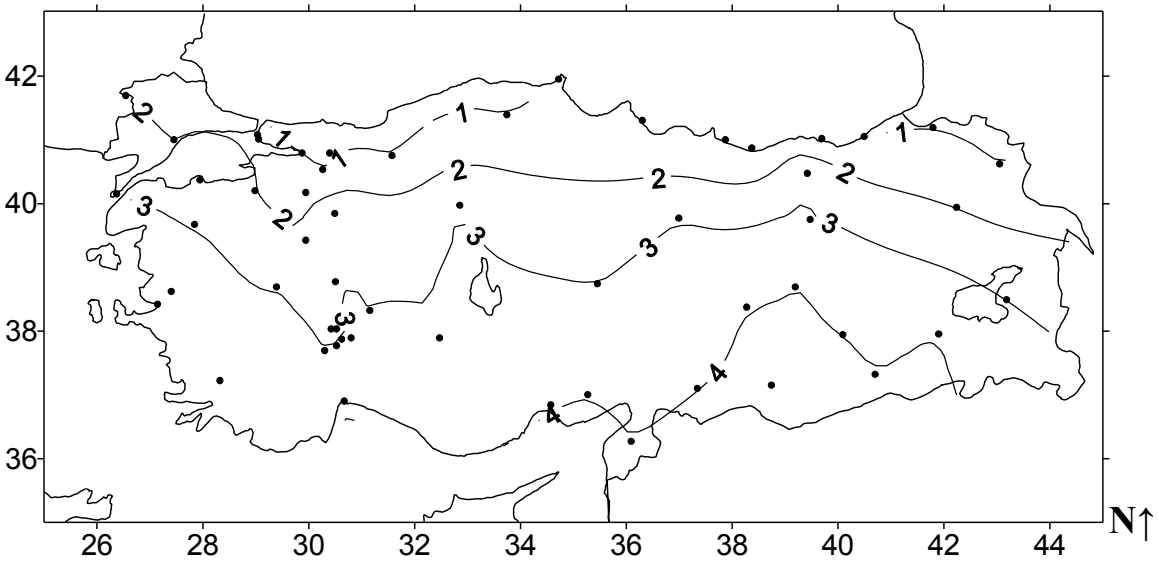
Şekil 16. De Martonne's Kuraklık İndeksi (DM) sınıf değerlerinin değişimi (1975-2006)

<u>BGI (Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeksi) Analizleri :</u>

BGI (Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeksi) erozyon risk sınıfları ve sınıf numaraları Tablo 10'da verilmiştir. Şekil 17'de ise BGI erozyon riski sınıf değerlerinin dağılımı görülmektedir.

Türkiye'de BGI sınıf değerleri ve dolayısıyla kuraklık riski kuzeyden güneye doğru artış göstermektedir. Yani kuzey bölgelerden güneye doğru gidildikçe çok kurak risk sınıfı değerleri görülmektedir (Tablo13, Şekil 17).

BGI değerlerinin değişimi PCI değişimlerine benzer yapı göstermektedir. Sadece FI ve MFI değerleri incelendiğinde güney ve güneybatı bölgelerinde kuvvetli erozyon riski bulunmakta olup, hava sıcaklığı nedeni ile aşırı kuru olan toprağın aşınması ve taşınması da o oranda fazla olacaktır.

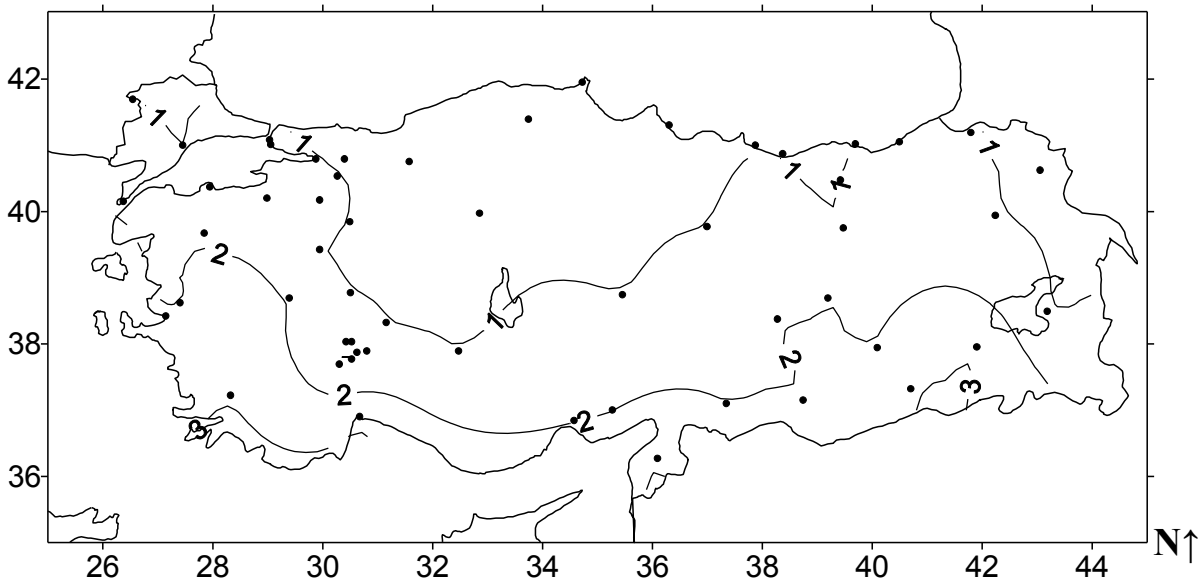


Şekil 17. Bagnouls-Gaussen Kuraklık İndeksi (BGI) sınıf değerlerinin değişimi (1975-2006)

Erozivite İndeksi Analizleri :

EI değerleri, MFI ve BGI risk değerlerinin değil sınıf değerlerinin çarpımı olarak göz önüne alınmıştır.

Erozivite indeksi sınıf değerleri tablosuna göre (Tablo 11), Şekil 18 değerlendirilecek olursa, Türkiye'de erozyon riski kuzeyden güneye doğru artış göstermektedir. Yani kuzeyden güneye doğru gidildikçe düşük erozyon risk sınıfından orta ve yüksek erozyon risk sınıfına doğru geçiş görülmektedir. Karadeniz ve tüm kuzey kıyıları, Doğu Anadolu, Marmara ve kuzey Ege Bölgeleri düşük erozyon risk sınıfında yer almaktadır. Ortadan güneye doğru (Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu'nun kuzeyi ile Ege'nin orta kesimlerinde) orta erozyon riski içeren sınıf değerleri görülmektedir. Güney Ege ve Akdeniz Bölgesinin kıyı kesimleri ile Güneydoğu Anadolu Bölgesinin güney kesimlerinde yüksek erozyon risk sınıf değerleri bulunmaktadır. En yüksek erozivite indeksi değerleri ise sırasıyla Antalya (13.97), Muğla (11.53), Siirt (11.06), Hatay (11.00), Mardin (10.84) ve Eğirdir (8.31) istasyonlarında hesaplanmıştır.



Şekil 18. Erozivite İndeksi (EI) sınıf değerlerinin değişimi (1975-2006)

Sediment konsantrasyonu ve erozyon şiddeti ilişkisi Sakarya için 1997-98 yılı kayıtlarına dayalı olarak incelenmiş olup 1992 -1993, 1996-1999 dönemlerinde uyumlu değişim göstermektedir. (EK-2 Şekil 3a)

İndeks Sınıf Değerleri Tablosu :

Türkiye'de 55 istasyonda 1975-2006 dönemine ait hesaplanmış indeks sınıf değerleri tablosu aşağıda verilmiştir, (Tablo 13). Rize hariç tüm Karadeniz, Edirne, Tekirdağ, Sakarya, Kandilli, İç Ege, İç Anadolu ve Isparta, Burdur civarında düşük erozivite indeksi sınıf değerleri (1); Kıyı Ege, Uşak, Mersin, Adana, Elazığ, Malatya, Rize ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde, orta erozivite indeksi sınıf değerleri (2); Kıyı Akdeniz, Mardin ve Siirt civarında ise yüksek erozivite indeksi sınıf değerleri (3) gözlenmiştir. En yüksek erozyon risk sınıfı Akdeniz kıyıları ve Güneydoğu Anadolu'nun güney kısımlarıdır.

Tablo 13. Türkiye genelinde seçilen istasyonlara ait indeks sınıf değerleri (1975-2006)

İst. No	İst. Adı	Boylam	Enlem	Rakım	(1) FI	(2) PCI	(3) DM	MFI	BGI	(4) Erz. Index	(1+2+3+4) TOPLAM
17045	ARTVIN	41.82	41.17	628	2	2	5	2	1	1	10
17037	TRABZON	39.72	41.00	30	2	2	5	2	1	1	10
17034	GIRESUN	38.40	40.85	37	2	2	5	3	1	1	10
17030	SAMSUN	36.33	41.28	4	2	2	4	2	1	1	9
17026	SINOP	34.75	41.93	32	1	2	4	2	1	1	8
17033	ORDU	37.9	40.98	4	3	2	5	3	1	1	11
17040	RIZE	40.52	41.03	9	3	2	5	5	1	2	12
17074	KASTAMON	33.77	41.37	800	1	2	4	1	1	1	8
17070	BOLU	31.60	40.73	743	1	2	4	1	1	1	8
17088	GUMUSHAN	39.45	40.45	1219	1	2	4	1	3	1	8
17062	ISTANBULG	29.08	40.99	33	2	2	4	2	2	2	10
17050	EDIRNE	26.57	41.67	51	2	2	4	2	2	1	9
17056	TEKIRDAG	27.48	40.98	3	2	2	4	2	2	1	9
17112	CANAKKAL	26.40	40.13	6	2	3	4	1	3	2	11
17152	BALIKESI	27.87	39.65	146	2	2	4	2	3	2	10
17116	BURSA	29.01	40.18	100	2	2	4	2	2	2	10
17114	BANDIRMA	27.97	40.35	58	2	2	4	2	3	2	10
17120	BILECIK	29.97	40.15	526	1	2	4	1	2	1	8
17066	KOCAELI	29.90	40.77	76	2	2	5	2	1	1	10
17069	SAKARYA	30.42	40.77	30	2	2	5	2	1	1	10
17662	GEYVE	30.29	40.51	100	2	2	4	2	1	1	9
	KANDILLI	29.06	41.06	114	2	2	5	2	1	1	10
17220	IZMIR	27.17	38.40	25	3	3	4	2	4	2	12
17186	MANISA	27.43	38.60	71	2	3	4	2	4	2	10
17292	MUGLA	28.35	37.20	646	6	3	5	4	3	3	17
17190	AFYON	30.53	38.75	1034	1	2	4	1	3	1	8
17725	KUTAHYA	29.97	39.40	969	2	2	4	1	2	1	9
17188	USAK	29.42	38.67	919	2	2	4	2	3	2	10
17240	ISPARTA	30.55	37.75	997	2	2	4	1	3	1	9
17826	SENIRKENT	30.55	38.01	1000	2	2	4	2	3	2	10
17882	EGIRDIR	30.83	37.87	950	3	3	5	3	3	3	14
17828	YALVAC	31.18	38.30	1100	4	2	3	1	3	1	10
17864	ULUBORLU	30.45	38.01	1160	2	2	4	2	3	1	9
17885	ATABEY	30.65	37.85	1000	1	2	4	1	3	1	8
17238	BURDUR	30.33	37.67	967	1	2	3	1	3	1	7
17300	ANTALYA	30.70	36.88	54	6	4	5	5	4	3	18
17340	MERSIN	34.60	36.82	3	2	3	4	2	4	2	11
17351	ADANA	35.30	36.98	27	2	3	4	2	4	2	11
17984	HATAY	36.12	36.25	100	3	3	5	3	4	3	14
17130	ANKARA	32.88	39.95	891	1	2	3	1	3	1	7
17706	ESKISEHI	30.52	39.82	787	1	2	3	1	3	1	7
17244	KONYA	32.50	37.87	1031	1	2	3	1	3	1	7
17196	KAYSERI	35.48	38.72	1093	1	2	3	1	3	1	7
17090	SIVAS	37.02	39.75	1285	2	2	4	1	3	1	9
17096	ERZURUM	42.27	39.92	1869	1	2	4	1	2	1	8
17092	ERZINCAN	39.50	39.73	1218	1	2	3	1	3	1	7
17201	ELAZIG	39.22	38.67	990	2	2	3	1	4	2	9

İst. No	İst. Adı	Boylam	Enlem	Rakım	(1) FI	(2) PCI	(3) DM	MFI	BGI	(4) Erz. Index	(1+2+3+4) TOPLAM
17199	MALATYA	38.30	38.35	948	1	2	2	1	4	2	7
17172	VAN	43.21	38.47	1661	2	2	3	1	3	1	8
17210	SIIRT	41.93	37.93	896	2	3	4	3	4	3	12
17098	KARS	43.08	40.60	1775	1	2	5	1	1	1	9
17270	URFA	38.77	37.13	549	2	3	3	1	4	2	10
17280	DIYARBAK	40.12	37.92	677	2	3	4	2	4	2	11
17261	GAZIANTE	37.37	37.08	855	2	3	4	2	4	2	11
17275	MARDIN	40.73	37.30	1050	2	3	4	3	4	3	12

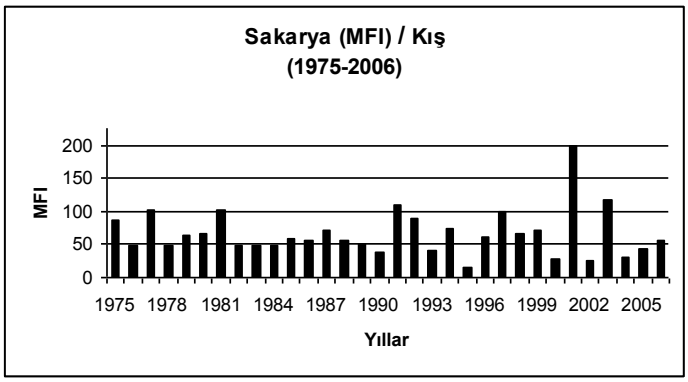
Pilot Bölgelerde MFI Değerlerinin Mevsimsel Analizi :

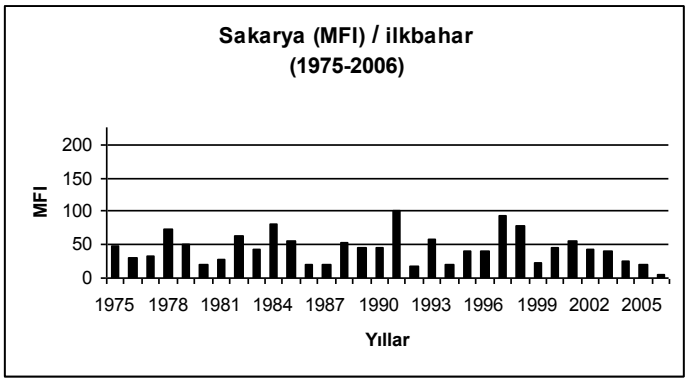
Sakarya İli ve Civarında Mevsimsel MFI Değerlerinin Değişimi:

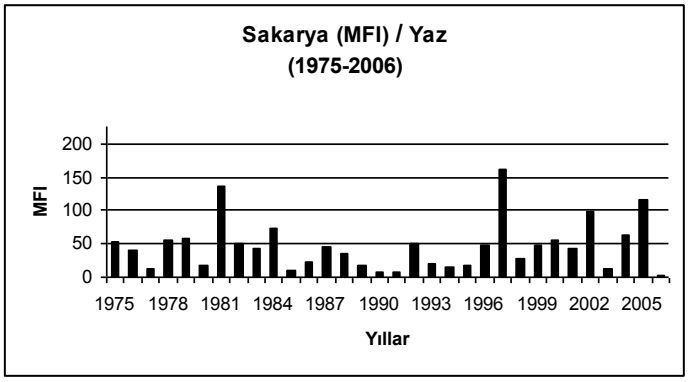
Sakarya ili ve civarında kış mevsimi boyunca MFI değerlerinin 1975-2006 yılları arasındaki değişimi Şekil 19'da gösterilmektedir. 1977, 1981, 1999, 1997 ve 2003 yıllarında orta şiddette, 2001 yılında çok kuvvetli, diğer yıllarda ise zayıf erozyon riski olduğu gözlenmiştir.

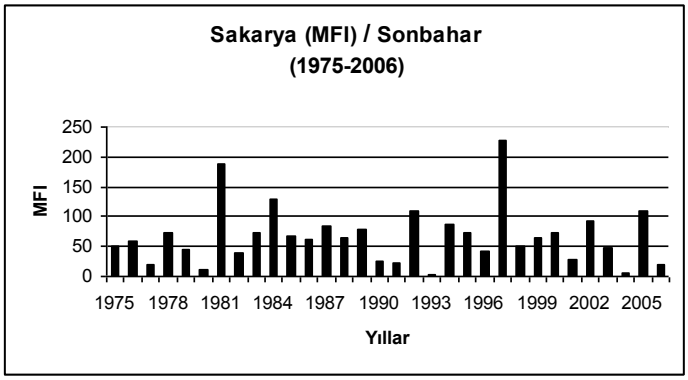
İlkbahar mevsiminde, 1978, 1982, 1984 ve 1998 yıllarında zayıf, 1991-1997 yıllarında orta şiddetli erozivite riski gözlenmiştir. Yaz ve sonbahar mevsimlerinde 1981 ve 1997 yıllarında kuvvetli ve çok kuvvetli erozyon riski kaydedilmiştir.

Yıllık ortalama risk değerlerinin değişimi incelendiğinde, 1997, 1999 ve 2002 yıllarında orta şiddette, diğer dönemlerde zayıf şiddette erozivite kaydedilmiştir, (Şekil 19).









Şekil 19. Sakarya için MFI değerlerinin 1975-2006 yılları arasındaki değişimi, (Kış-İlkbahar-Yaz-Sonbahar)

Ek-2, Şekil 3m'de 1990 yılından itibaren El Nino yıllarında (190-1992, 1992-1993, 1994-1995, 1997-1998 R ve MFI değerlerinde artış gözlenmiştir, [8].

Isparta İli ve Civarında Mevsimsel MFI Değerlerinin Değişimi:

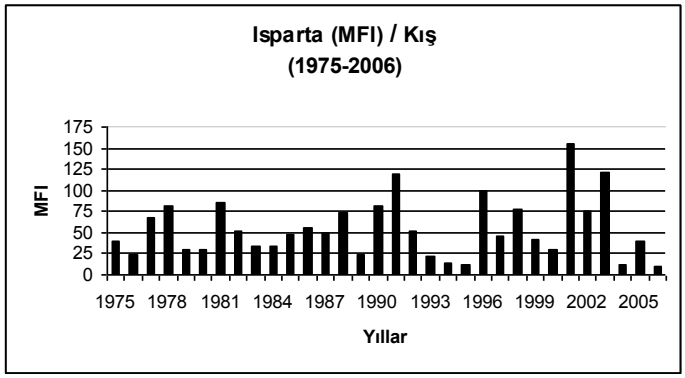
Isparta İli ve civarında kış mevsimi boyunca MFI değerlerinin 1975-2006 yılları arasındaki değişimi Şekil 20'de gösterilmektedir. 1977, 1978, 1981, 1989, 1990, 1996, 1999 ve 2002 yıllarında zayıf, 1991 ve 1996 yıllarında orta, 2001 ve 2003 yıllarında kuvvetli diğer dönemlerde zayıf veya çok zayıf erozyon riski gözlenmiştir.

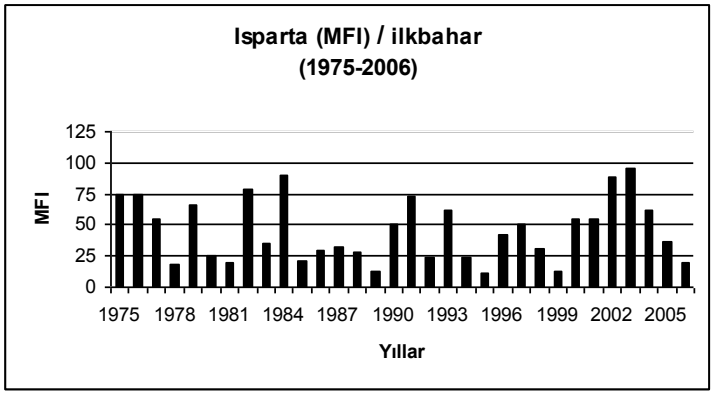
İlkbahar mevsiminde 2003 yılında orta, diğer dönemlerde zayıf veya çok zayıf şiddette erozivite riski kaydedilmiştir.

Yaz mevsiminde 1995 yılında zayıf, diğer dönemlerde çok zayıf erozivite riski kaydedilmiştir.

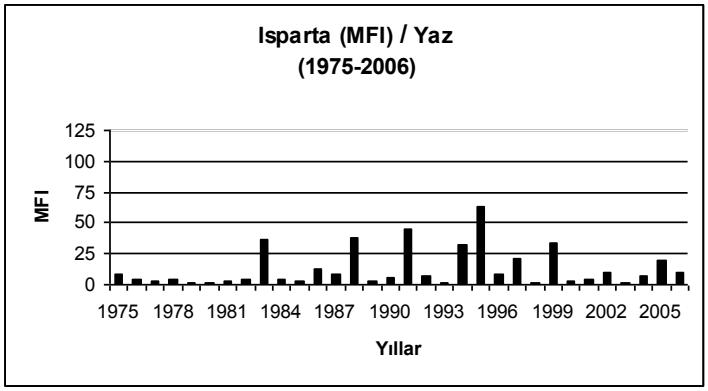
1995, 2006 yıllarında kuvvetli, diğer dönemlerde zayıf, çok zayıf erozivite şiddeti kaydedilmiştir.

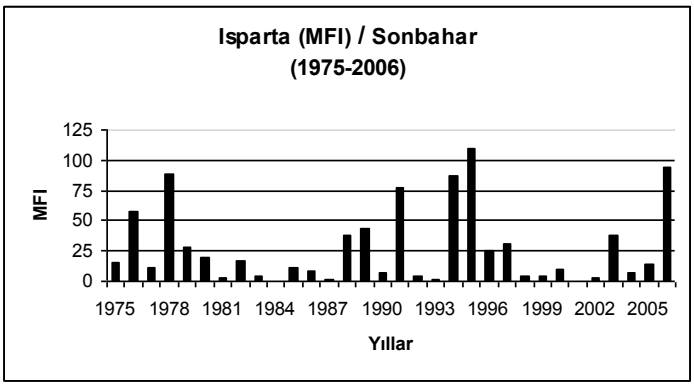
Yıllık değerler incelendiğinde, 2001 yılı orta şiddette, diğer dönemlerde zayıf veya çok zayıf erozivite risk değerleri gözlenmiştir, (Şekil 20).





Şekil 20. Isparta için MFI değerlerinin 1975-2006 yılları arasındaki değişimi, (Kış-İlkbahar)





Şekil 20. Isparta için MFI değerlerinin 1975-2006 yılları arasındaki değişimi, (Yaz-Sonbahar), (devam)

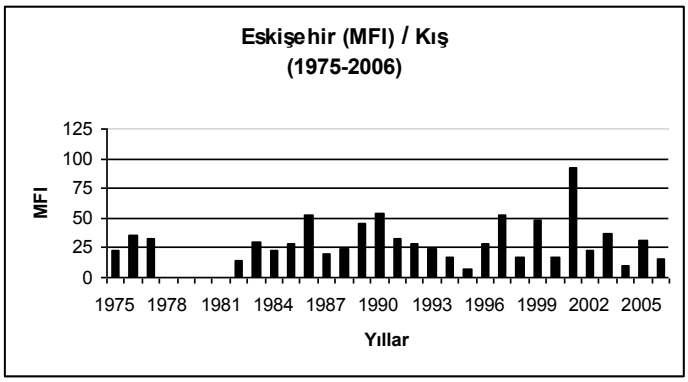
Eskişehir İli ve Civarında Mevsimsel MFI Değerlerinin Değişimi:

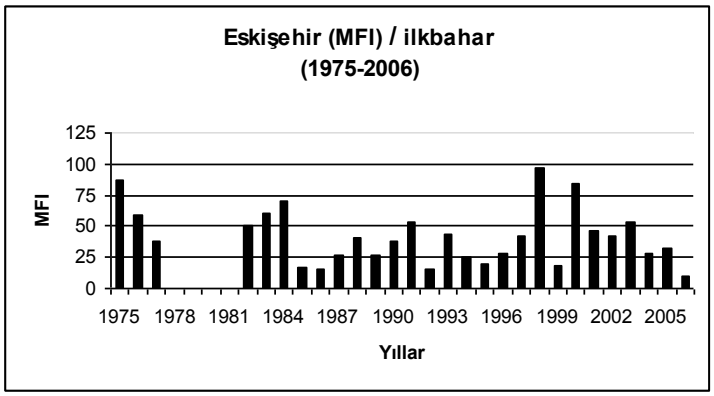
Eskişehir İli ve civarında kış mevsimi boyunca MFI değerlerinin 1975-2006 yılları arasındaki erozivite indeksi değerlerinin değişimi Şekil 21'de gösterilmektedir. 2001 yılında zayıf diğer dönemlerde çok zayıf şiddette erozivite riski kaydedilmiştir.

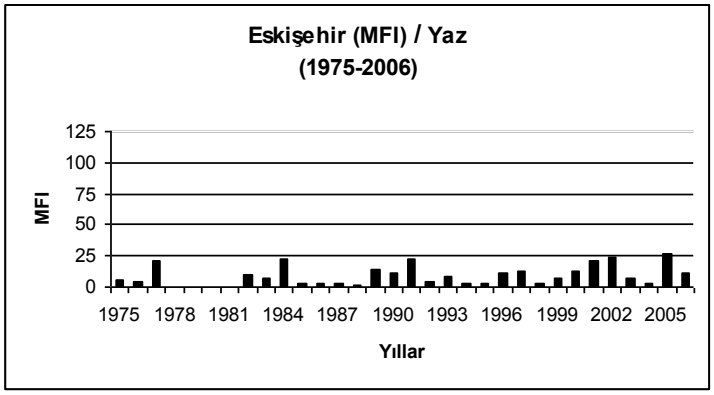
İlkbahar mevsiminde, 1998 yılında orta şiddette, diğer dönemlerde zayıf veya çok zayıf risk söz konusudur.

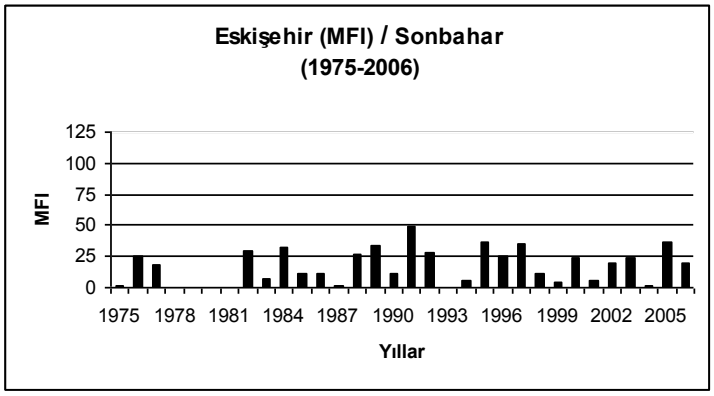
Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde inceleme dönemi boyunca çok zayıf erozivite riski gözlenmiştir.

Erozivite riski değerlerinin yıllık değişimi incelendiğinde 1975-2005 yılları arasında zayıf veya çok zayıf erozivite riski kaydedilmiştir.





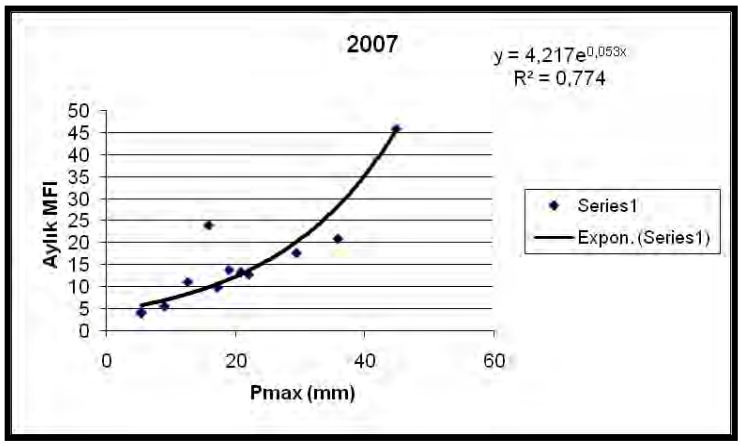




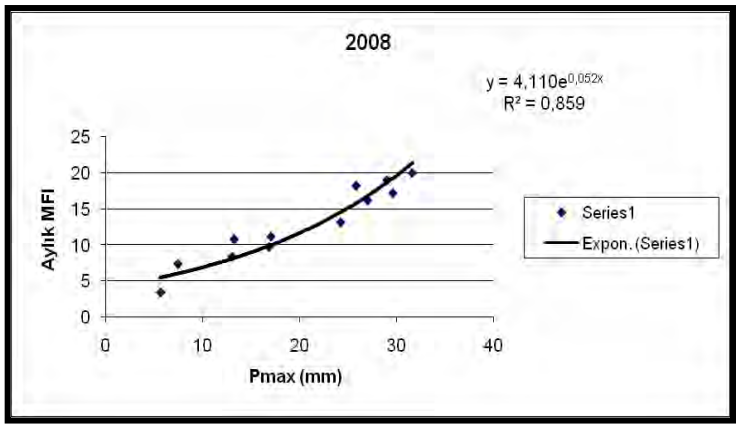
Şekil 21. Eskişehir için MFI değerlerinin 1975-2006 yılları arasındaki değişimi, (Kış- İlkbahar- Yaz- Sonbahar)

2.3.1.2. Yağış Miktarı, Şiddeti ve Erozyon İlişkisi Analizleri

Sakarya için maksimum yağış miktarı ve aylık MFI değerleri arasındaki ilişki Şekil 22 a ve b'de verilmektedir. Her iki yıl için yapılan uygulamada üstel ilişkinin α=0,01 güven seviyesinde anlamlı olduğu saptanmıştır.



(a)



(b)

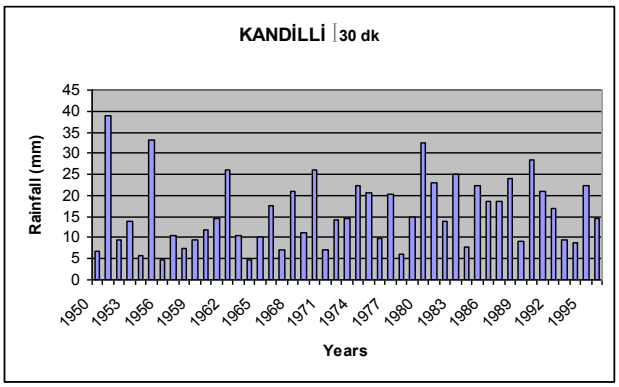
Şekil 22 (a,b). Sakarya için yağış miktarı ve aylık MFI değerleri arasındaki ilişki (a) 2007 yılı, (b) 2008 yılı.

Kandilli için 1950-1996 yılları arası, maksimum30, 60 dakika ve 6, 12 saatlik yağış şiddetleri aşağıda Tablo 14'de ve Şekil 22 (c-f)'de verilmiştir:

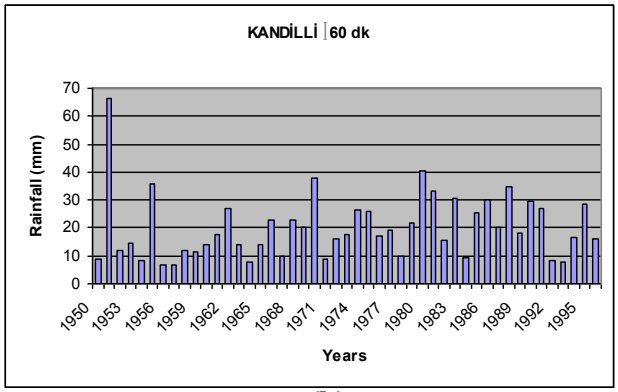
Kandilli 1950-1996 arası, maksimum30, 60 dakika ve 6, 12 saatlik yağış şiddetleri aşağıda Tablo 14'de verilmiştir:

Tablo 14. Maksimum yağış (mm) (1950-1996)

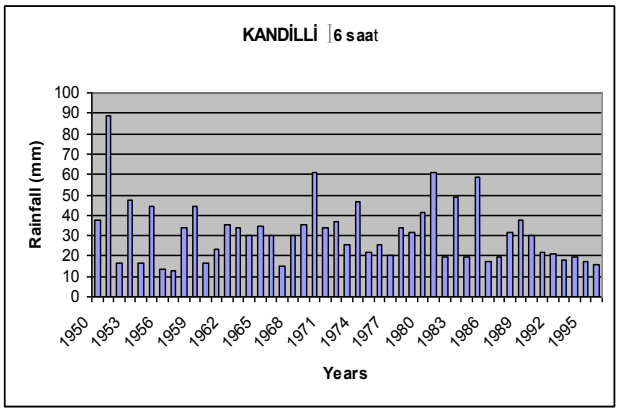
Yıllar	I 30dk	I 60dk	I 6 saat	I 12 saat
1950	6,6	9,0	37,6	23,0
1951	39,0	66,5	89,0	0,0
1952	9,6	12,0	16,5	25,4
1953	13,8	14,4	47,4	70,0
1954	5,6	8,4	16,5	20,9
1955	33,2	35,9	44,2	47,2
1956	4,6	6,5	13,8	23,3
1957	10,5	6,8	12,7	16,8
1958	7,3	12,1	33,7	42,5
1959	9,4	11,5	44,2	47,2
1960	11,7	14,2	16,8	20,0
1961	14,7	17,4	23,0	28,8
1962	26,0	26,9	35,7	42,3
1963	10,6	14,0	33,7	51,2
1964	4,9	7,7	30,0	13,9
1965	10,3	14,0	34,6	54,7
1966	17,6	22,8	30,3	44,2
1967	7,1	9,7	15,2	23,8
1968	20,9	22,8	30,0	41,6
1969	11,1	20,2	35,7	22,2
1970	26,0	37,9	60,7	33,9
1971	7,0	8,9	34,2	51,1
1972	14,1	16,3	36,5	42,5
1973	14,4	17,5	25,4	42,7
1974	22,5	26,5	46,7	66,0
1975	20,8	25,7	21,5	21,1
1976	9,9	17,0	25,8	16,3
1977	20,3	19,4	20,6	25,1
1978	6,0	9,8	33,8	58,9
1979	15,0	21,6	31,5	42,7
1980	32,6	40,4	41,0	37,4
1981	23,0	33,2	60,7	34,3
1982	13,9	15,8	19,2	18,1
1983	24,6	30,7	49,1	28,5
1984	7,8	9,4	19,4	26,5
1985	22,5	25,3	58,5	52,4
1986	18,5	30,0	17,0	9,4
1987	18,6	20,2	19,3	0,0
1988	24,1	35,0	31,8	31,3
1989	9,0	17,9	37,9	51,3
1990	28,3	29,5	30,2	33,2
1991	21,0	27,1	21,5	31,6
1992	17,0	8,5	21,3	31,2
1993	9,5	7,8	17,8	14,5
1994	8,7	16,6	19,9	0,0
1995	22,2	28,5	17,5	32,7
1996	14,5	16,2	15,8	22,2



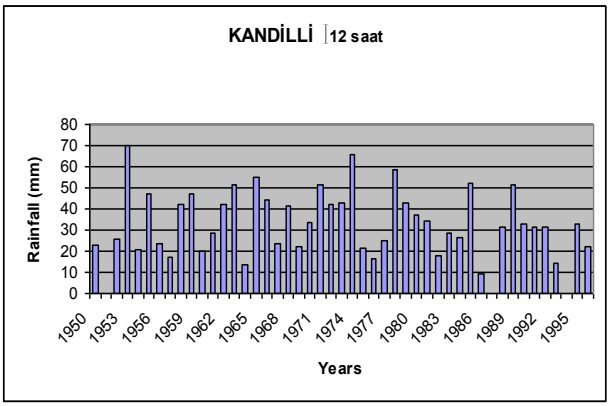
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 22 (a-d). Kandilli uzun dönem yağış gözlemlerinin (1950-1996) yıllık 30 dakika (a), 60 dakika (b), 6 saat (c) ve 12 saatlik (d), en yüksek yağış miktarlarının değişimi

.

Şekil 22'de, 30 dakikalık ve 1saatlik en yüksek yağış, inceleme döneminin birinci yarısında artış göstermiştir. Buna karşılık 6 saatlik ve 12 saatlik en yüksek yağış değerlerinde, 1990'lı yıllardan itibaren azalma kaydedilmiştir.

2.3.2. Uydu Verilerinin Analizi

Proje kapsamında seçilen üç pilot bölge Senirkent (Isparta), Eskişehir ve Sakarya olup bu bölgelere ait ASTER Uydu görüntülerini kullanarak, bu alanlardaki aktüel erozyon risk haritaları oluşturulmuştur, (VERIELING, 2007). Pilot bölgelerin lokasyon haritası Şekil 23'de gösterilmektedir. Bu dönemde gerçekleştiren çalışmalardan bir örnek olarak Senirkent pilot bölgesine ait ASTER Uydu görüntüleri ile aktüel erozyon risk haritası oluşturulması için CORINE Yöntemi gözönüne alınmıştır. CORINE Yöntemi bölüm 2.2.3'de ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Uydu görüntülerinin analizinde ERDAS Imagine 9.1 ve ARC GIS 9.2 programları kullanılmıştır, (DABRAL, 2008).

Şekil 23. ASTER uydu datasının ait olduğu çalışma alanlarının lokasyonu

ASTER uydusundan alınan Senirkent (Isparta), Eskişehir ve Sakarya illerindeki çalışma alanlarımıza ait uydu görüntülerimizin köşe koordinatları aşağıda verilmiştir:

Senirkent :

Sol Üst X=30° 42′ 10.37′′ E
Sol Üst Y=38° 13′ 40.27′′ N
Sağ Alt X=30° 45′ 26.74′′ E
Sağ Alt Y=38° 11′ 12.74′′ N

Eskişehir :

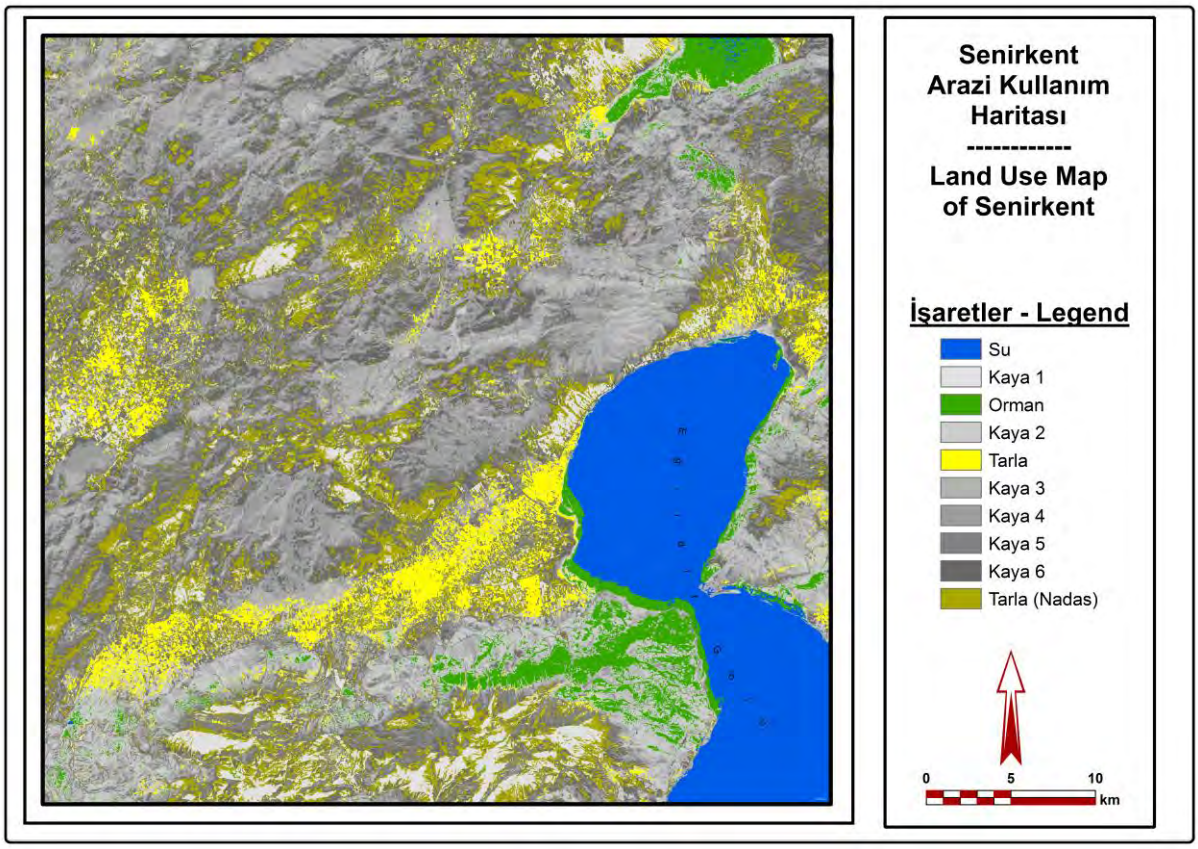
Sol Üst X=30° 22′ 33.88′′ E
Sol Üst Y=39° 37′ 12.61′′ N
Sağ Alt X=30° 28′ 01.22′′ E
Sağ Alt Y=39° 33′ 13.51′′ N

Sakarya :

Sol Üst X= 30° 41′ 34.26′′ E
Sol Üst Y= 40° 40′ 46.67′′ N
Sağ Alt X= 30° 47′ 05.54′′ E
Sağ Alt Y= 40° 36′ 46.36′′ N

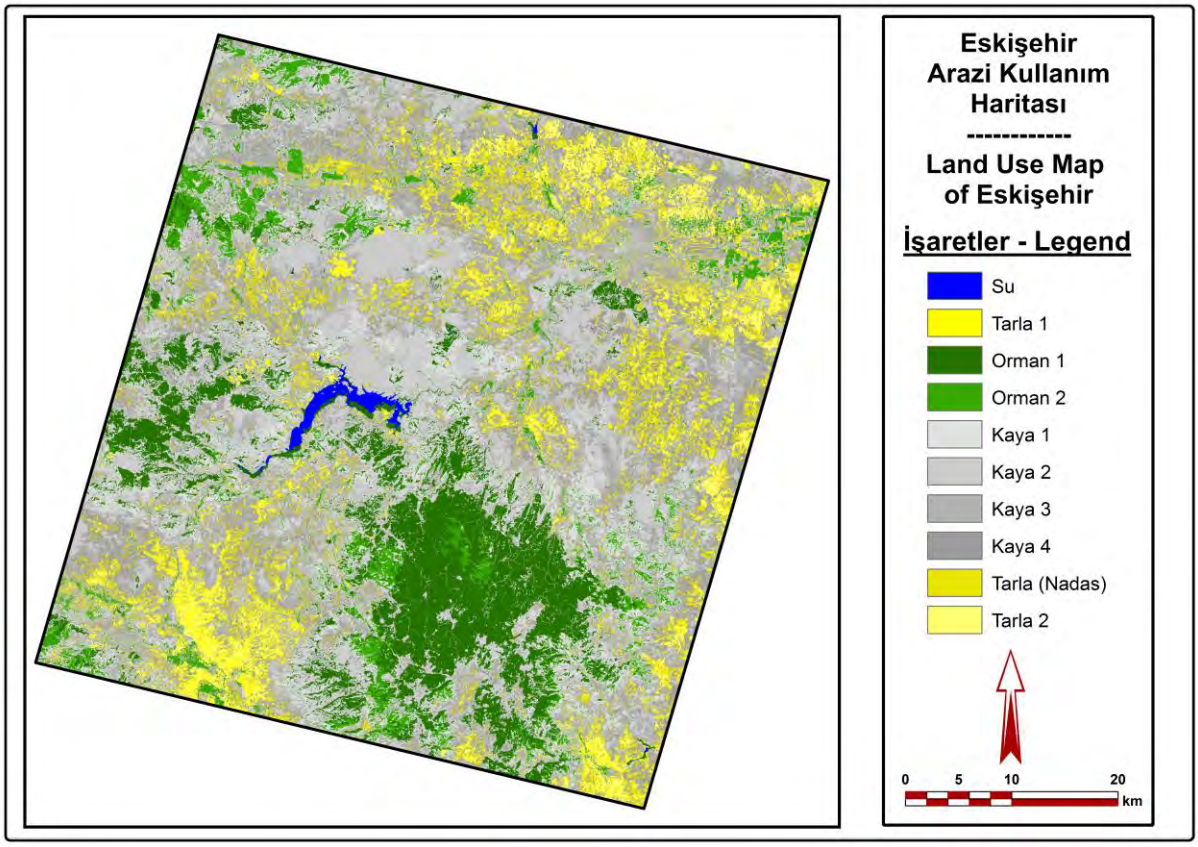
Projede kullanılan haritada ve uydu görüntüsünde projeksiyon olarak Enlem-Boylam kullanılmıştır. Spheroid ve Datum yani küresel başlangıç noktası ise WGS84 olarak alınmıştır.

2.3.2.1. Arazi Kullanım Haritalarının Analizi

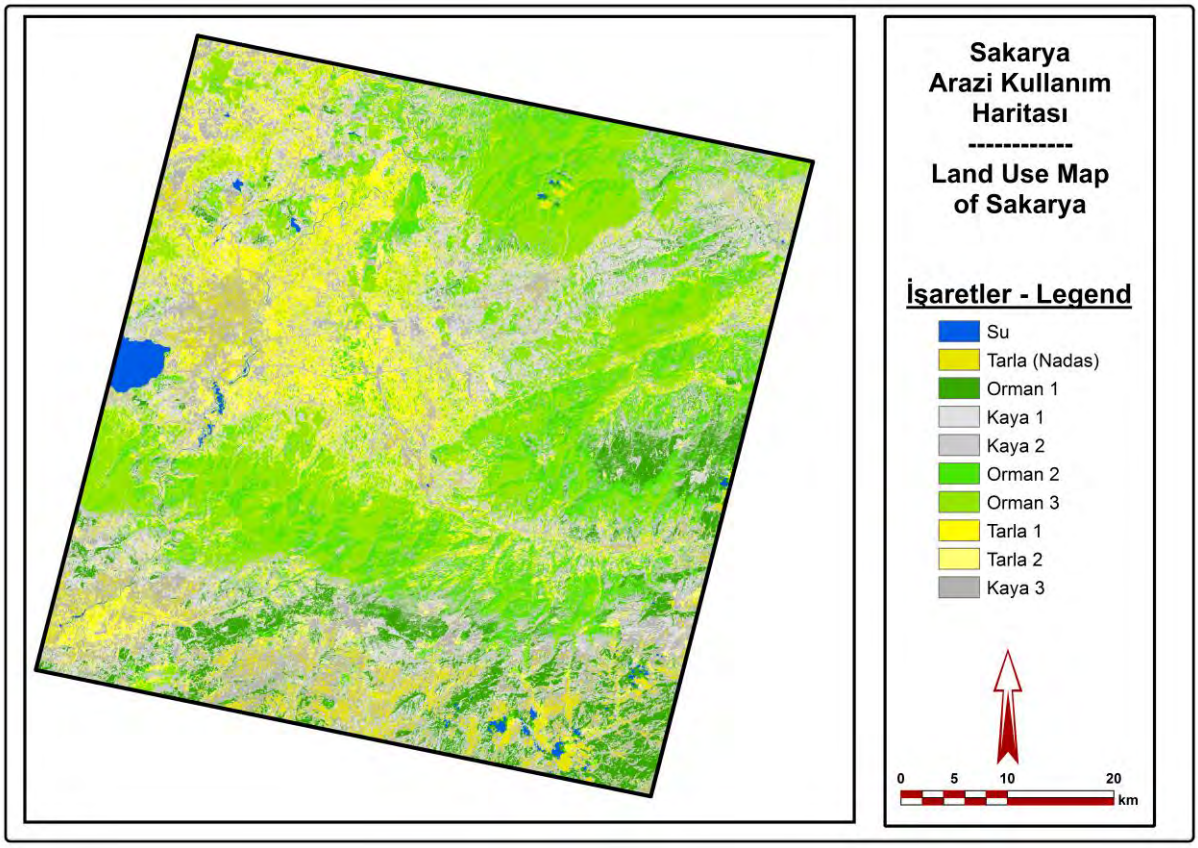


Şekil 24. Senirkent arazi kullanım haritası

Senirkent çalışma alanında yapılan arazi kullanım alanlarının belirlenmesinde bölgenin; ormanlık arazi, tarla ve nadasa bırakılmış tarla ile kayalık (kayalık alan tüm bölgenin büyük bir kısmını oluşturmaktadır) olarak sınıflara ayrıldığı gözlemlenmiştir (Şekil 24).



Şekil 25. Eskişehir arazi kullanım haritası



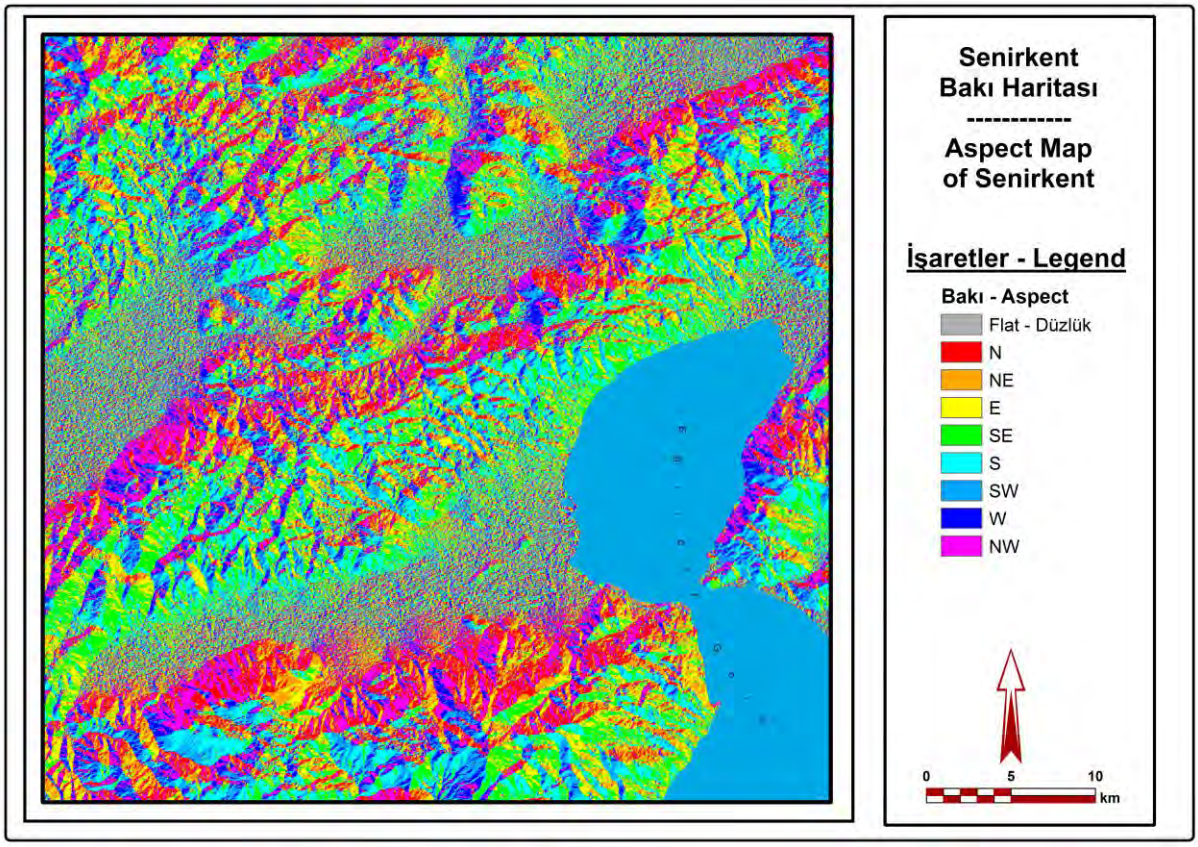
Şekil 26. Sakarya arazi kullanım haritası

Kayalık alanların Eskişehir'de daha az olduğunu, Sakarya'da ise bu oranın çok daha aşağı seviyelere düştüğünü görülmektedir, (Şekil 25 ve Şekil 26).

Haritalarda 10 farklı sınıflamaya yer verilmiştir. Bu bölümle ilgili bir örnek çalışma da Ek-3'de sunulmaktadır.

2.3.2.2. Topoğrafik Verilerin Analizi

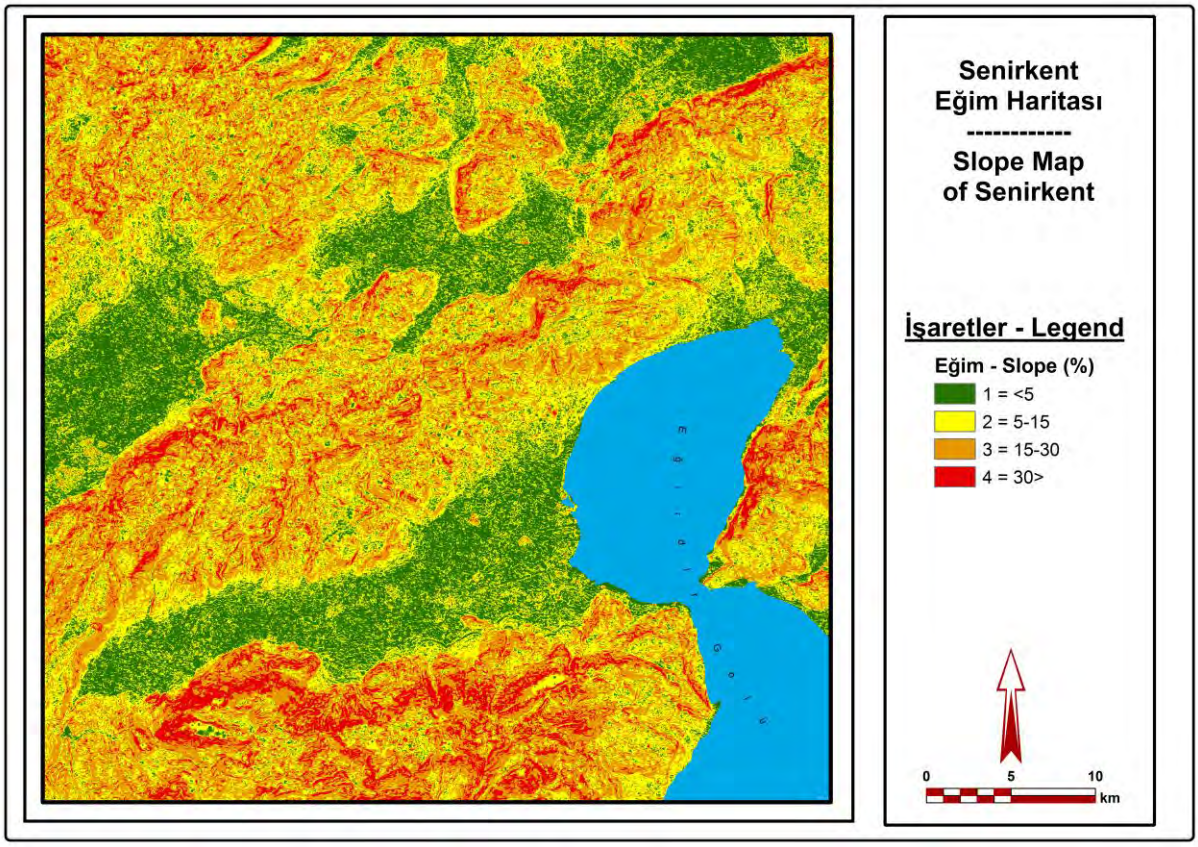
Şekil 27, 28 ve 29'da sırası ile Senirkent'in bakı, eğim ve topoğrafya haritaları verilmektedir.



Şekil 27. Senirkent bakı haritası

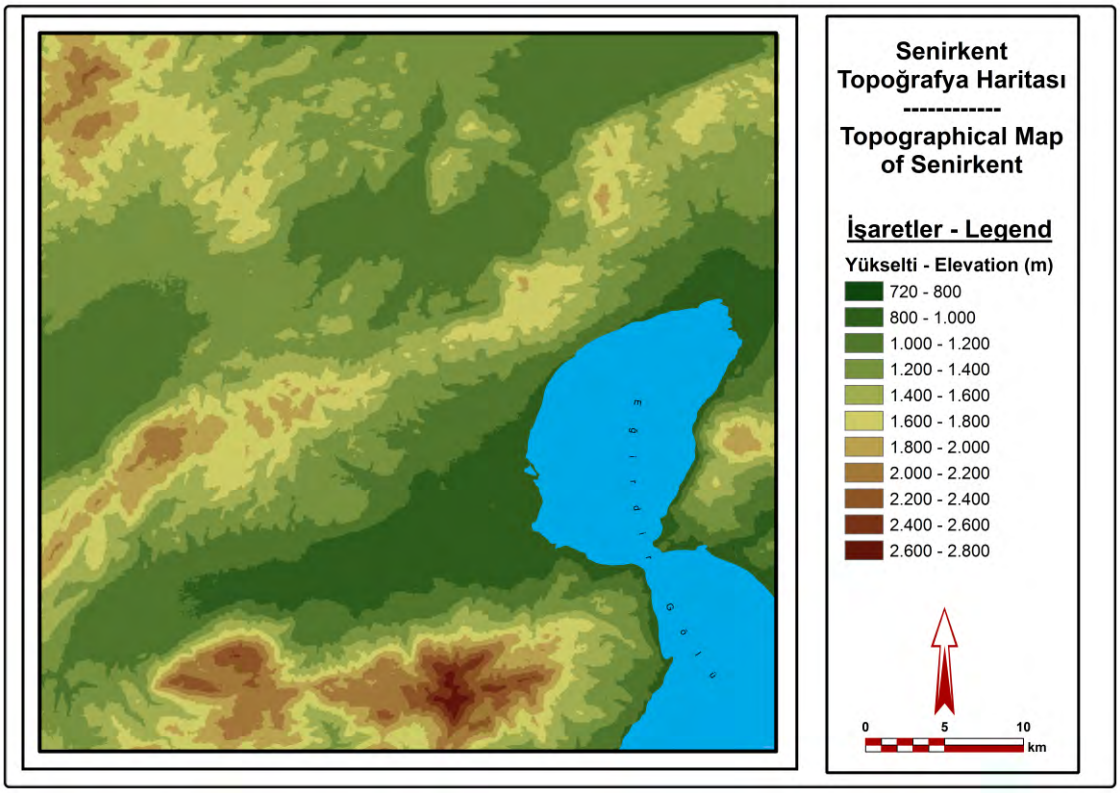
Projede; Isparta iline bağlı Senirkent ilçesi, pilot çalışma alanlarından birisi olarak seçilmiştir. Bu bölgeye ait iki ASTER Uydu görüntüsünün birleştirilmesiyle elde edilen çalışma alanına ait bakı haritası Şekil 27'de verilmiştir.

Bakı haritasına göre, 315° ile 45° arasında yer alan kuzeye bakan yamaçlar, erozyon riskinin az olduğu, 45° ile 135° doğu ve 225° ile 315° batı yamaçları, erozyon riskinin orta şiddette, 135° ile 225° arasındaki güneye bakan yamaçlarda ise riskin yüksek olduğu bölgelere karşı gelmektedir.



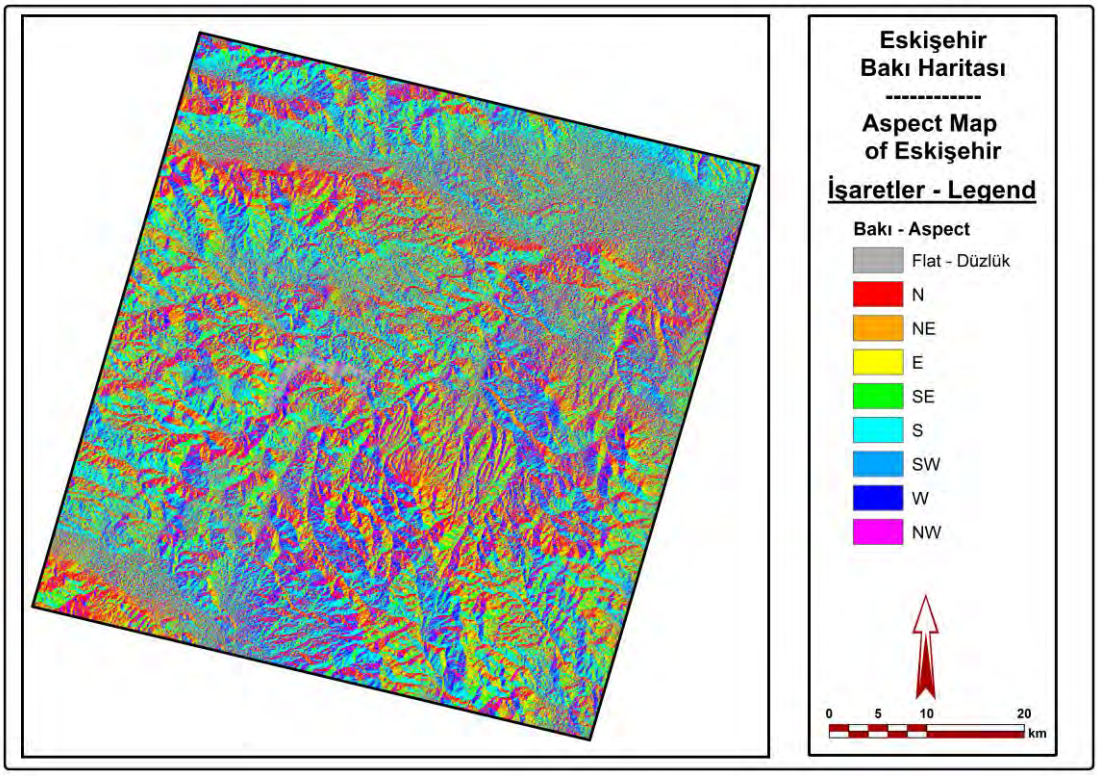
Şekil 28. Senirkent eğim haritası

Eğim haritasından (Şekil 28) görüldüğü gibi 0-50 (Düz-10°) ve 50-100 (10°-15°) arası erozyon riski az bölgelere, 100-125 (15°-25°) ve 125-150 (25°-35°) arası orta riskli bölgelere, 150-175 (35°-45°) ile › 175 (› 45°) arası da erozyon riski yüksek olan bölgelere karşılık gelmektedir.

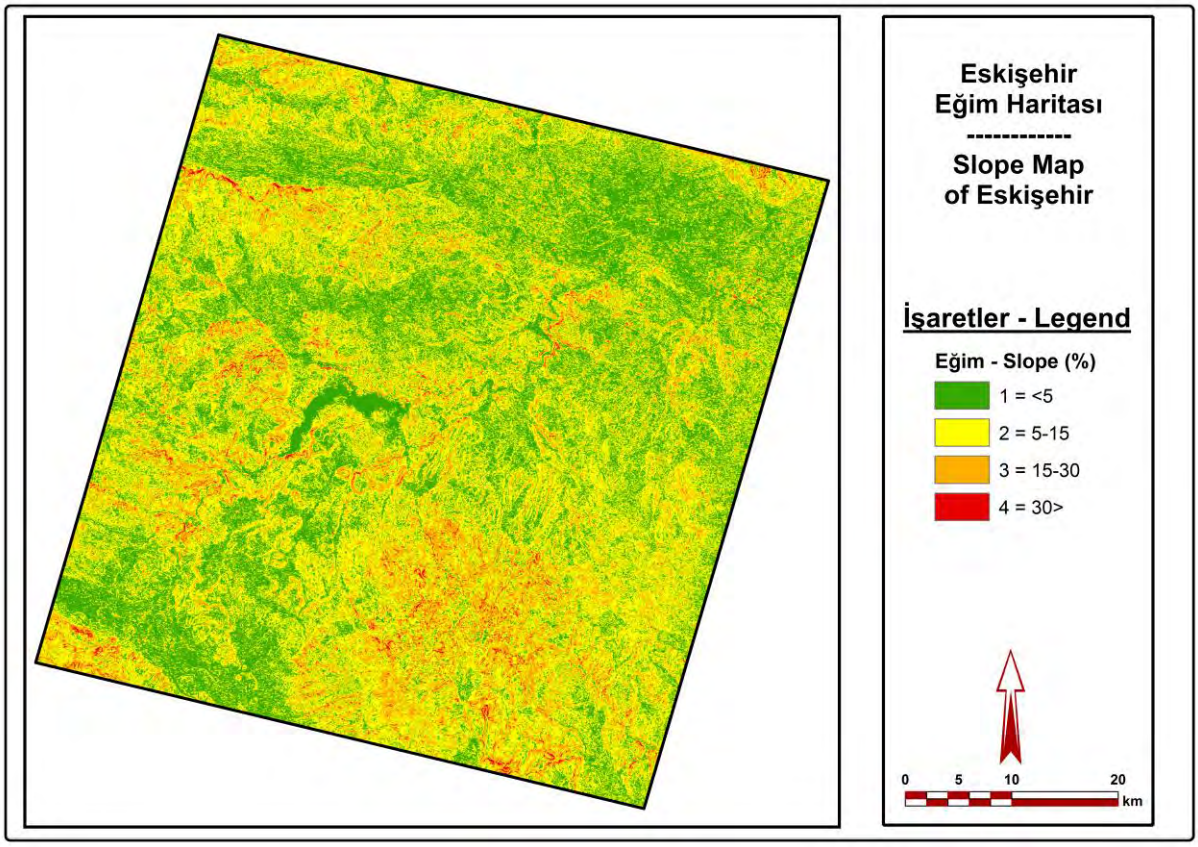


Şekil 29. Senirkent topoğrafya haritası

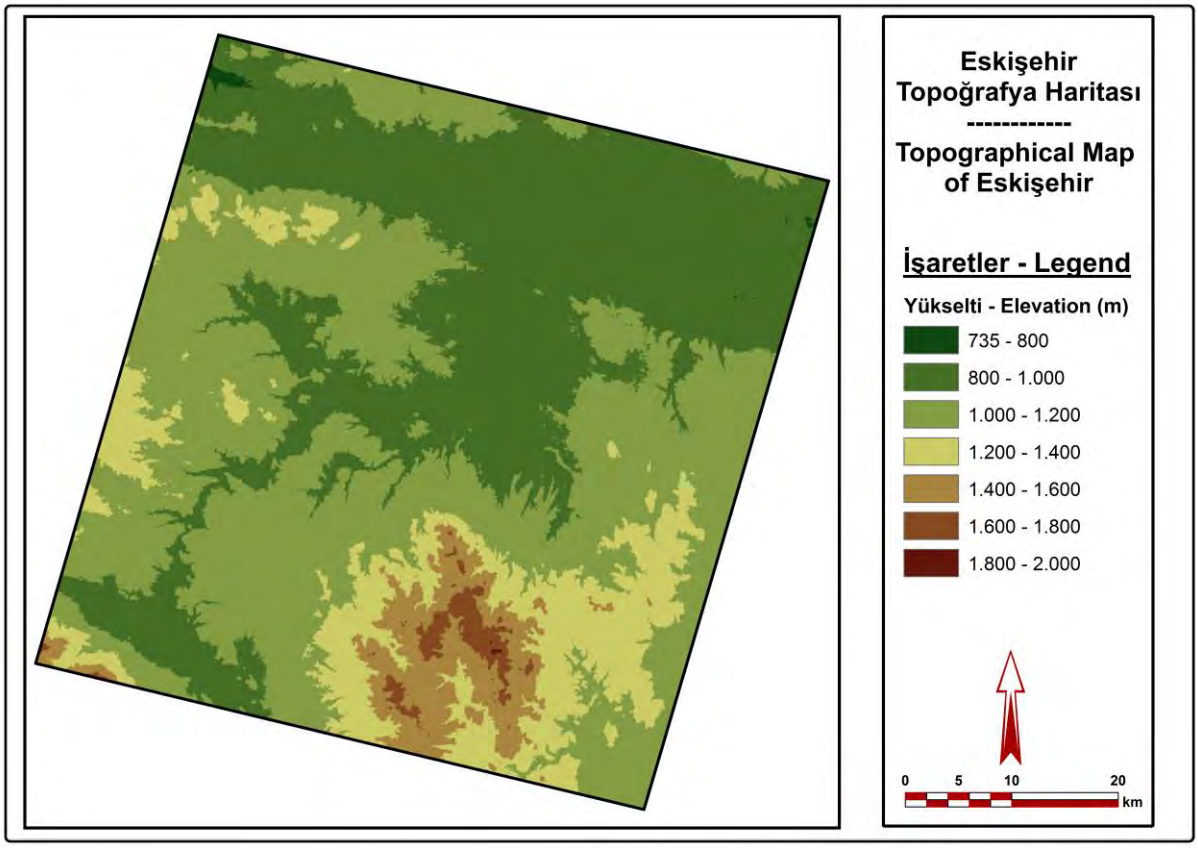
Şekil 30, 31 ve 32'de sırası ile Eskişehir'in bakı, eğim ve topoğrafya haritaları verilmektedir.



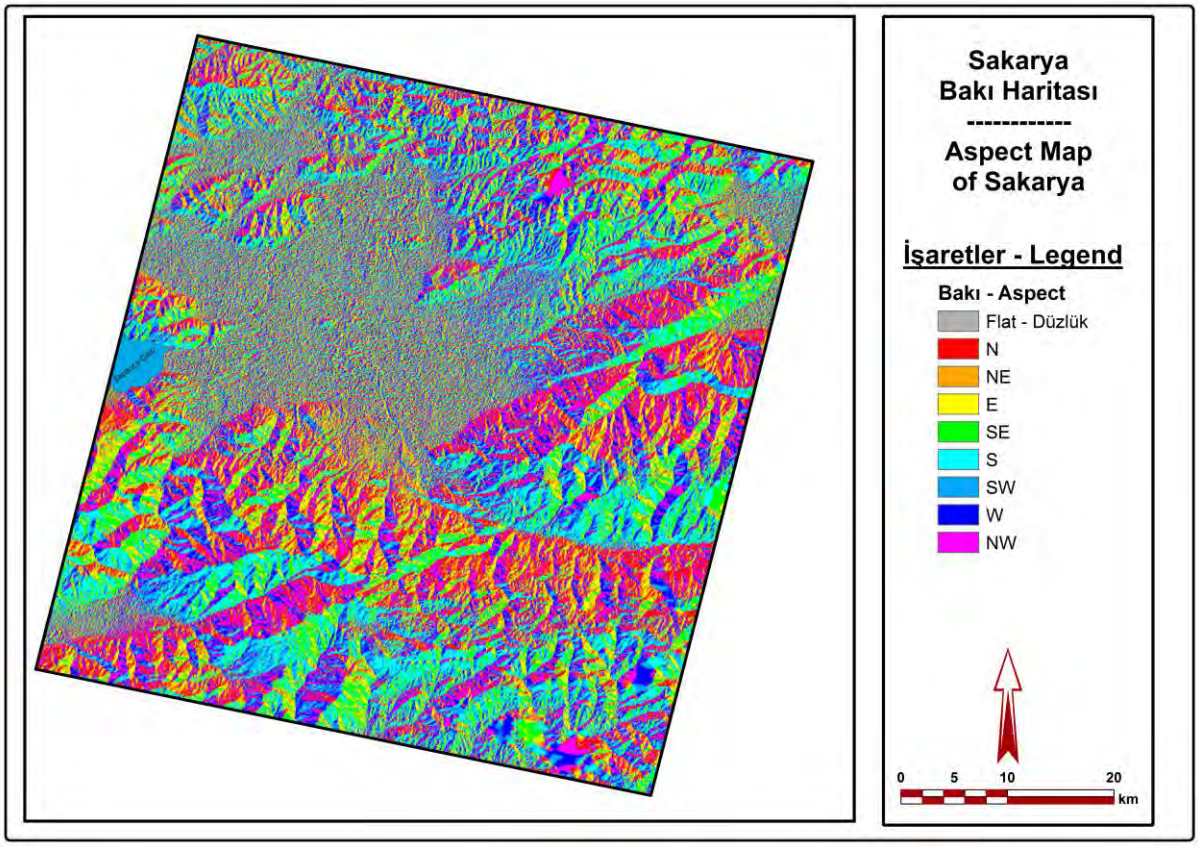
Şekil 30. Eskişehir bakı haritası



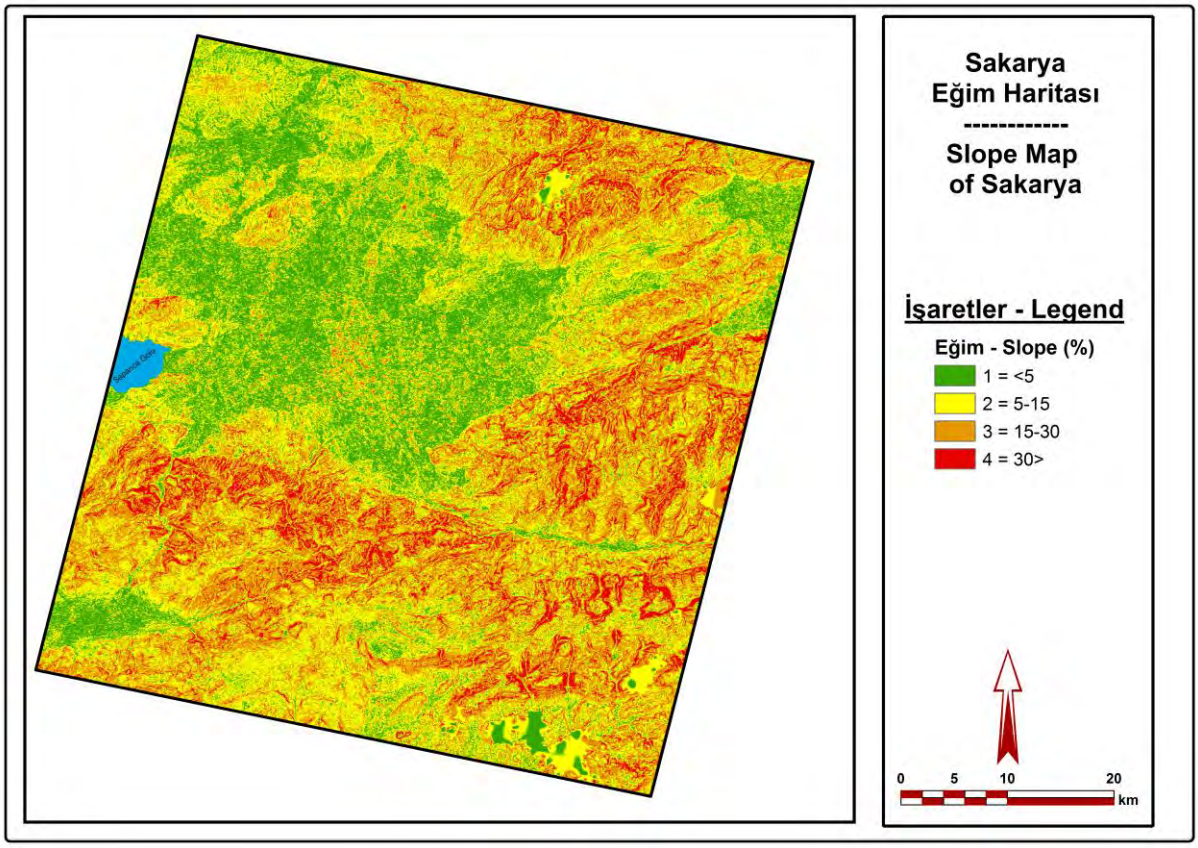
Şekil 31. Eskişehir eğim haritası



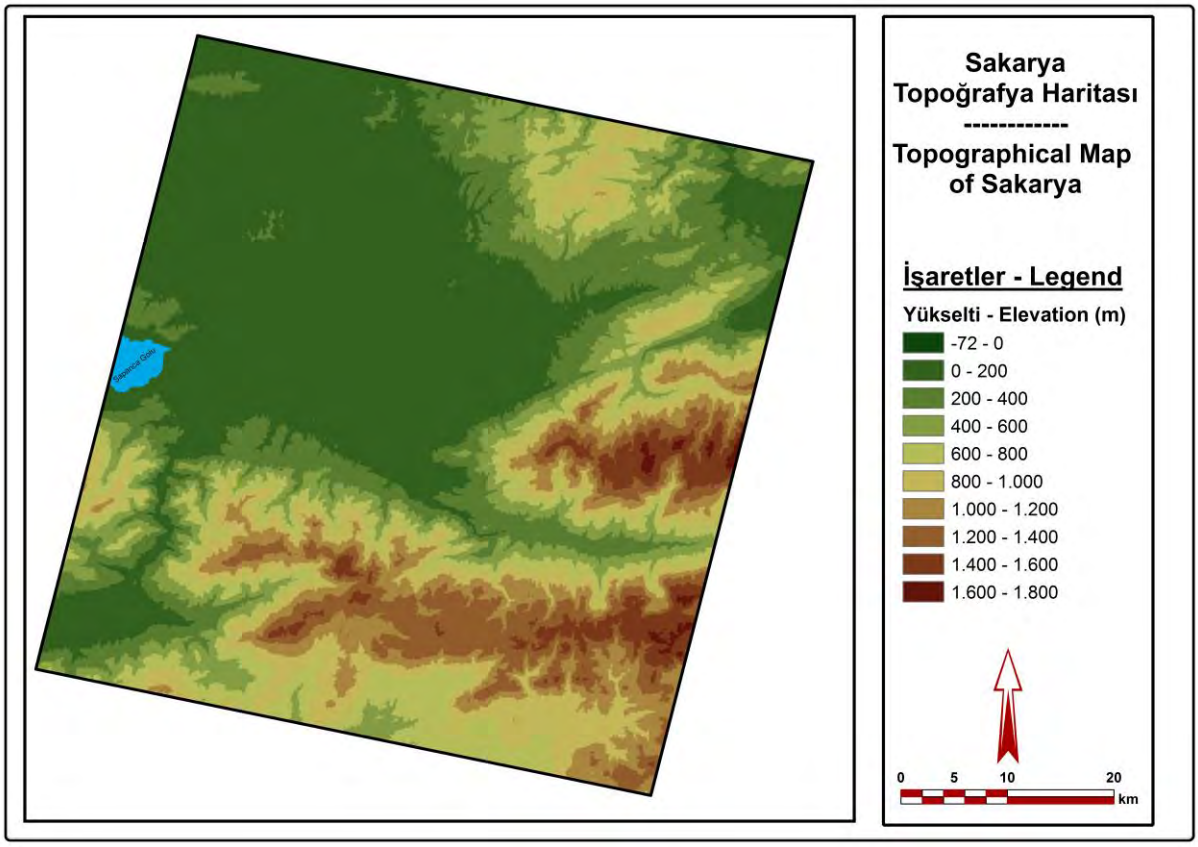
Şekil 32. Eskişehir topoğrafya haritası



Şekil 33. Sakarya bakı haritası



Şekil 34. Sakarya eğim haritası



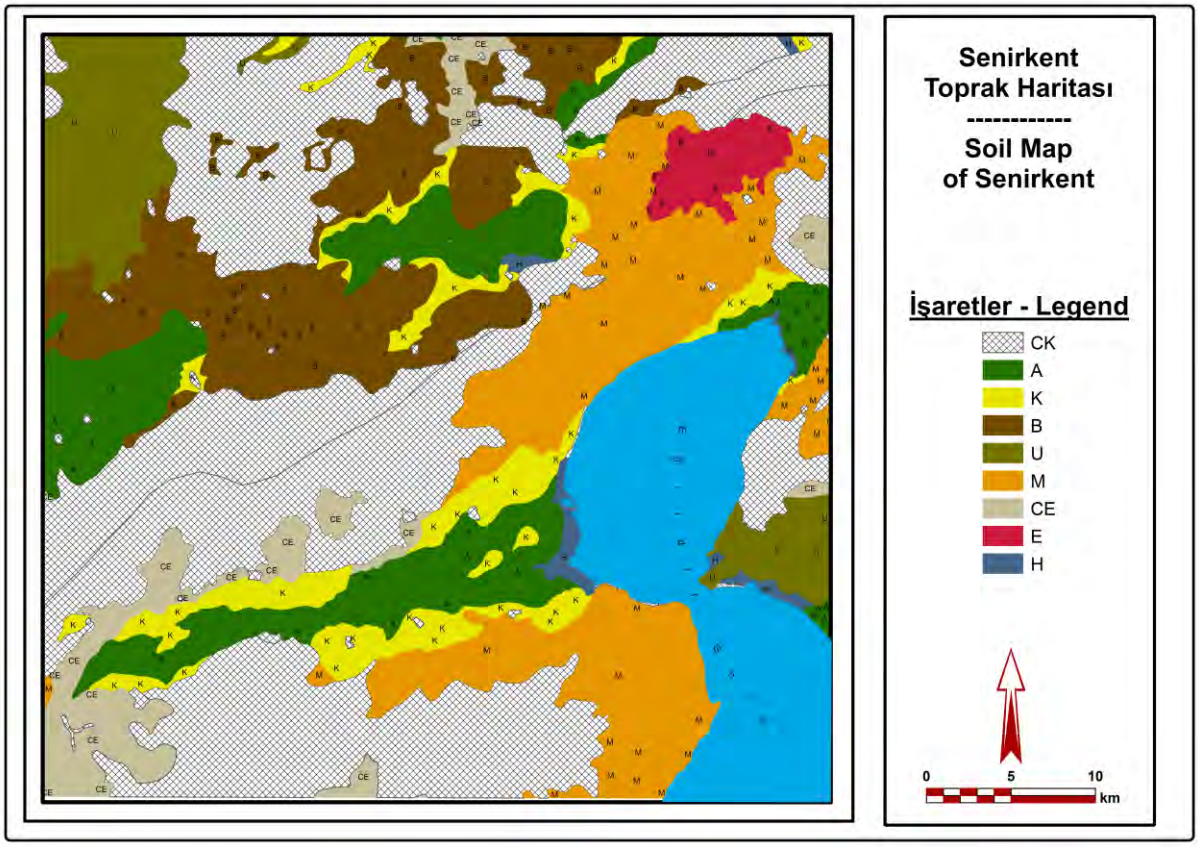
Şekil 35. Sakarya topoğrafya haritası

Şekil 33, 34 ve 35'de de sırası ile Sakarya'nın bakı, eğim ve topoğrafya haritaları verilmektedir.

2.3.2.3. Adapazarı, Eskişehir ve Senirkent (Isparta) Örnek Uygulamaları

a. Senirkent (Isparta)

Senirkent'e ait toprak türlerini gösteren çalışma alanına ait harita Şekil 36'da sunulmaktadır.

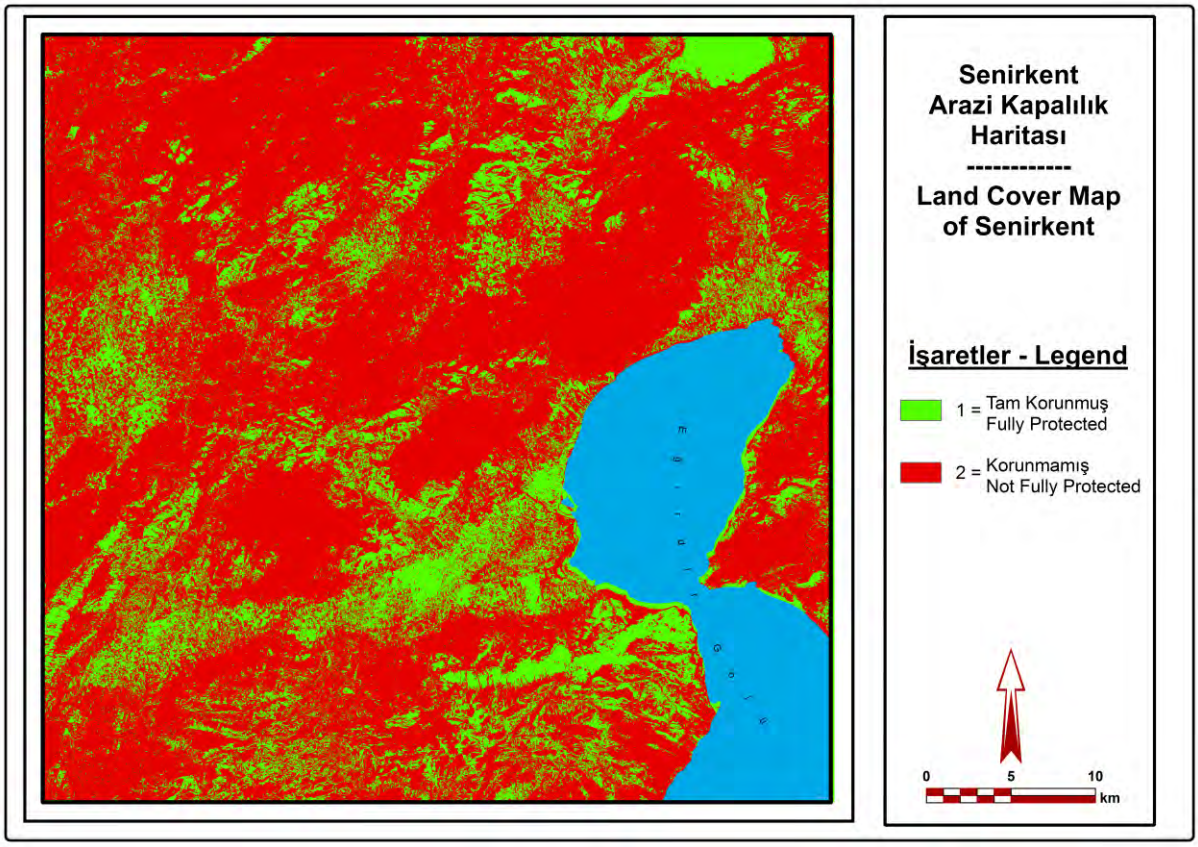


Şekil 36. Senirkent toprak haritası

Senirkent toprak haritasındaki işaretlerin açıklamaları :

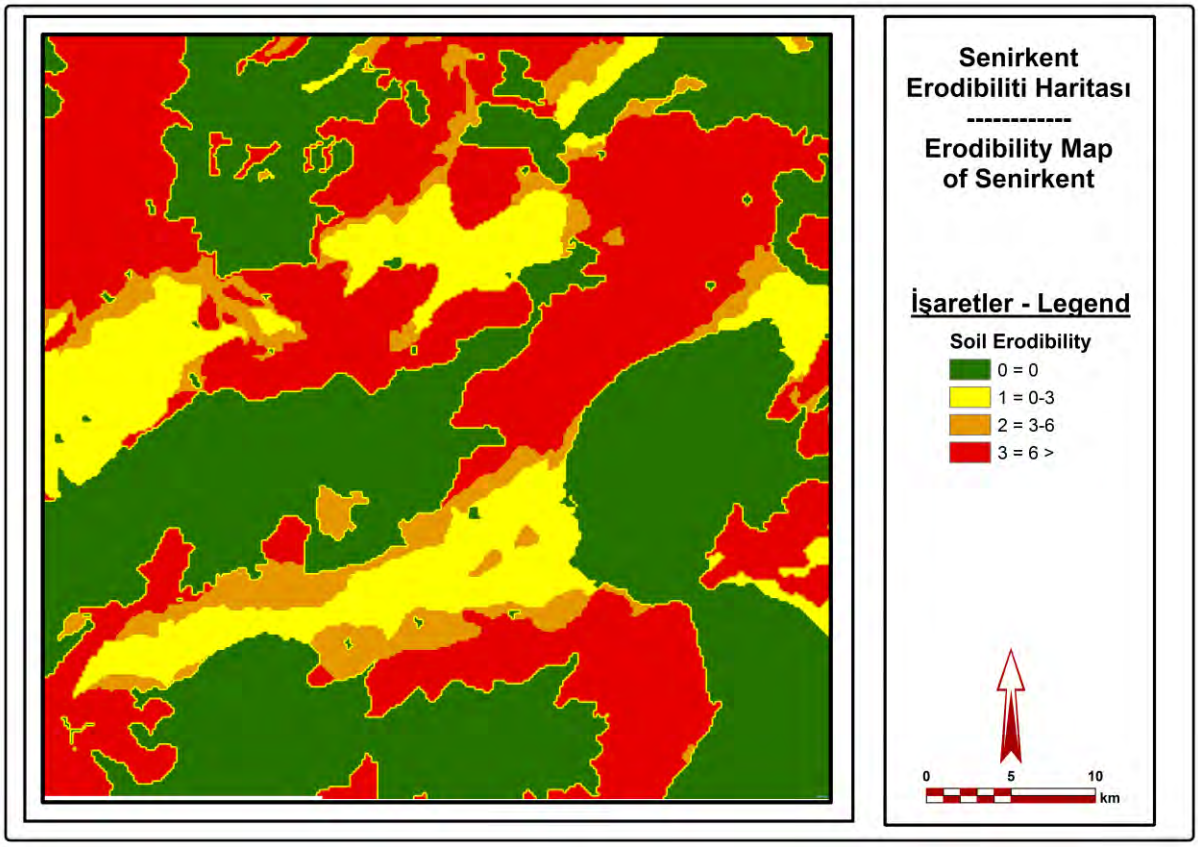
ÇK : Çıplak Kaya ve Molozlar
A : Alüvyal Topraklar
K : Kolüvyal Topraklar
B : Kahverengi Topraklar
U : Kireçsiz Kahverengi Topraklar
M : Kahverengi Orman Toprakları
CE : Kestane rengi Toprak
E : Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprak
H : Hidromorfik Alüvyal Toprak

Arazi kullanım haritasına dayanılarak çalışma alanında erozyona karşı korumalı ve korumasız olan bölgeler sarı ve kırmızı renklerle Şekil 37'de sınıflandırılmıştır. Sarı renk erozyona karşı korumalı alanları, kırmızı renk ise korumasız alanları göstermektedir.

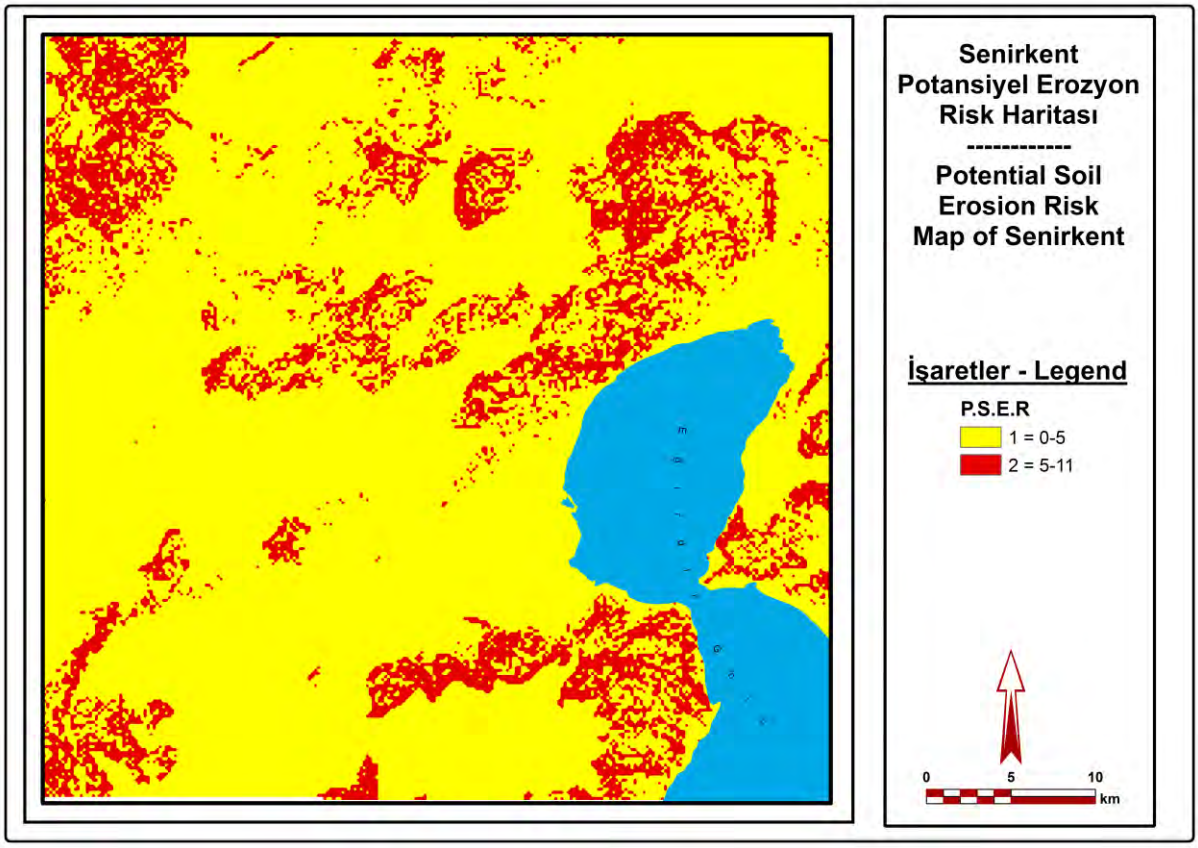


Şekil 37. Senirkent arazi kapalılık haritası

Senirkent erodibiliti ve potansiyel erozyon risk haritaları Şekil 38 ve 39'da verilmektedir. Potansiyel erozyon risk haritasının oluşturulmasında sadece yağış miktarı değerleri, erodibiliti haritasının oluşturulmasında ise toprak sınıfları, derinliği ve taşlılık sınıf değerleri gözönüne alınmıştır.

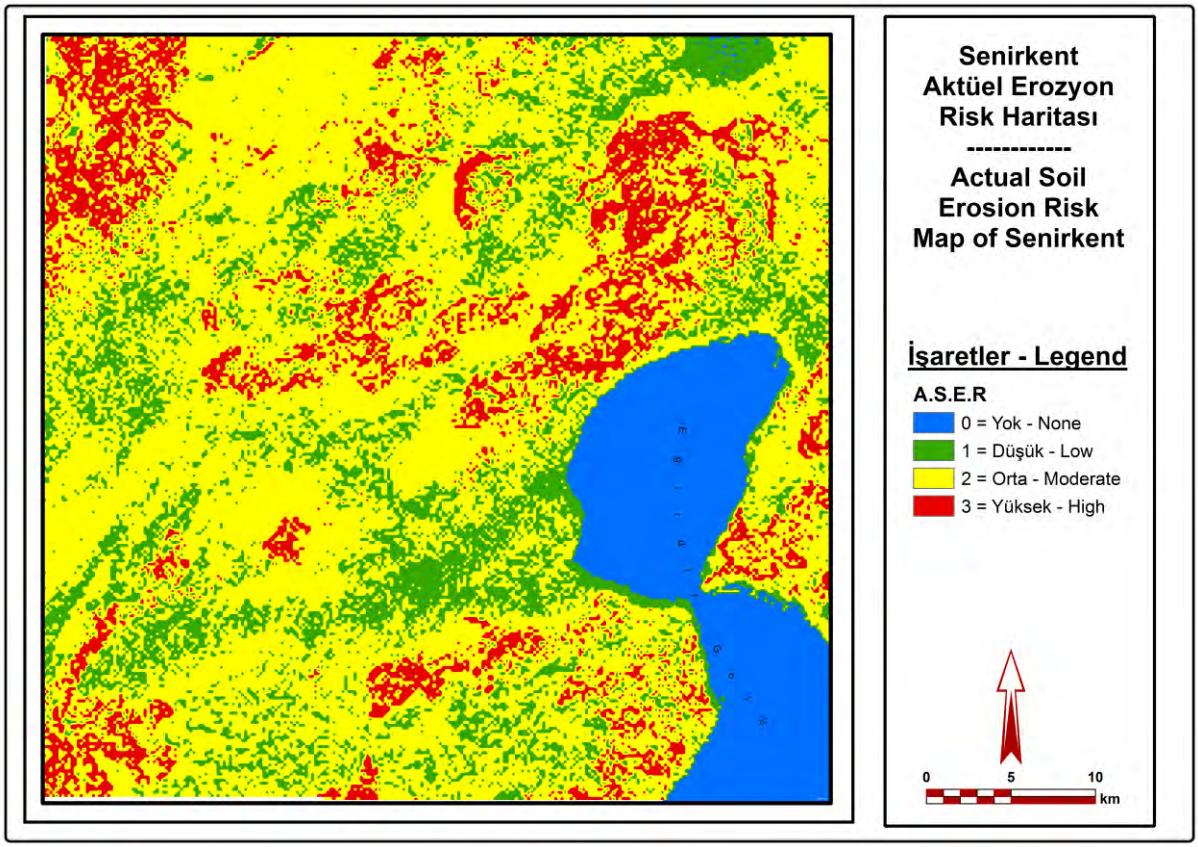


Şekil 38. Senirkent erodibiliti haritası



Şekil 39. Senirkent potansiyel erozyon risk haritası

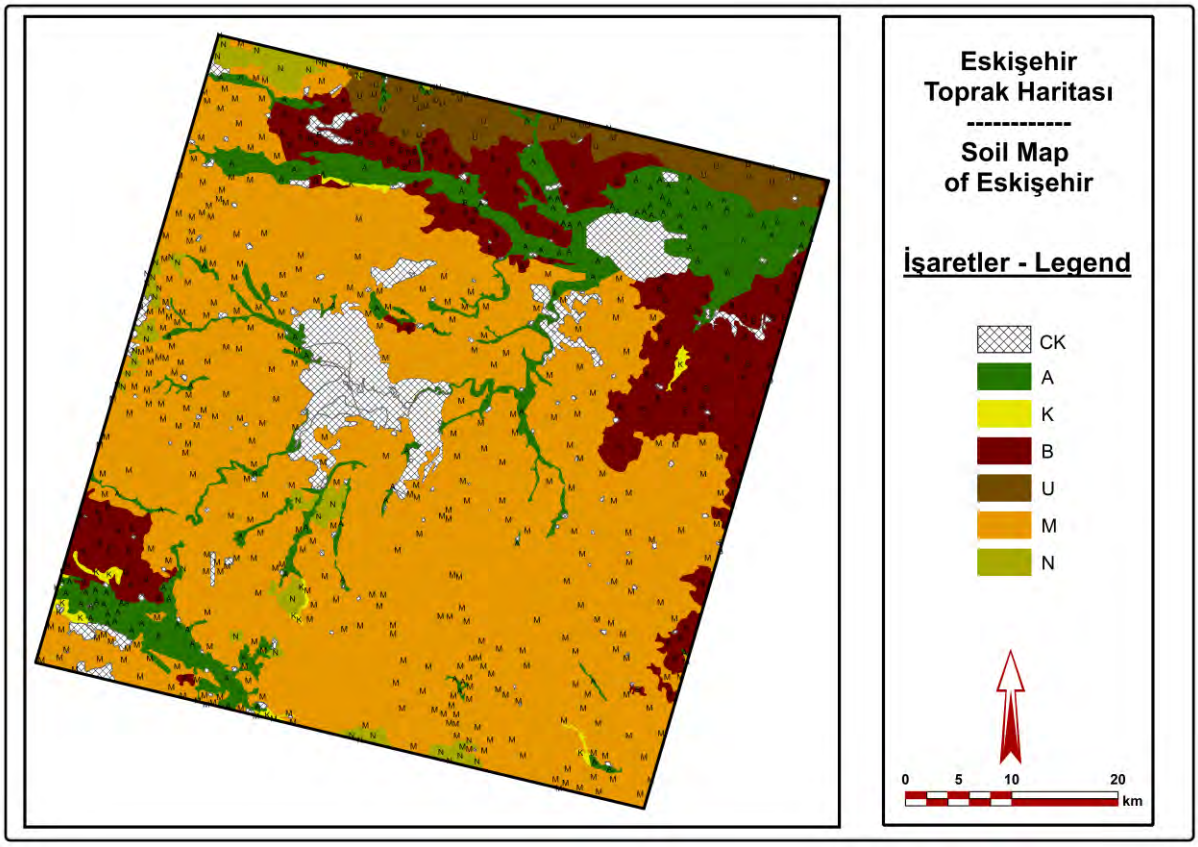
CORINE Yöntemi'ne dayalı olarak Senirkent bölgesine ait Aktüel Toprak Erozyon Risk Haritası Şekil 40'da verilmiştir, (VRIELING, 2008). Gözlenen sınıf sayısı artmıştır.



Şekil 40. Senirkent aktüel erozyon risk haritası

b. Eskişehir :

Eskişehir'e ait toprak türlerini gösteren çalışma alanına ait harita Şekil 41'de sunulmaktadır.

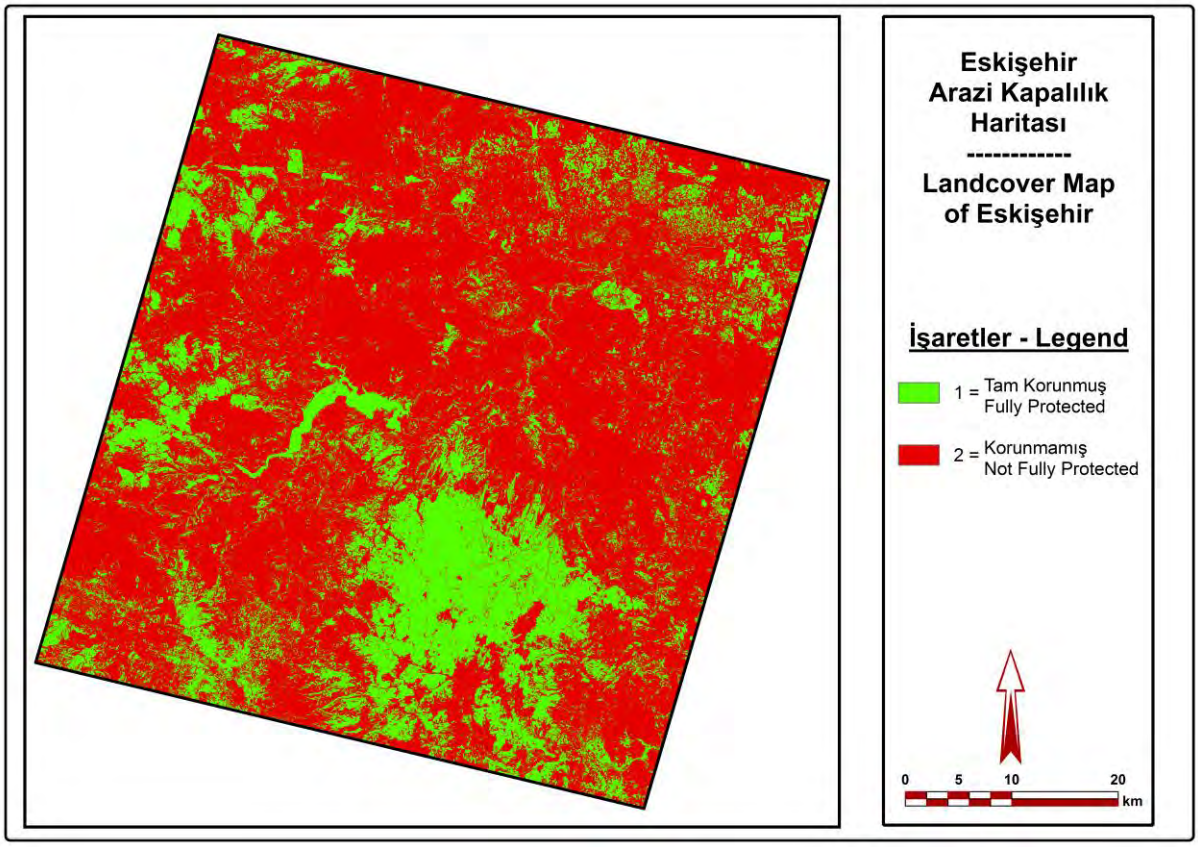


Şekil 41. Eskişehir toprak haritası

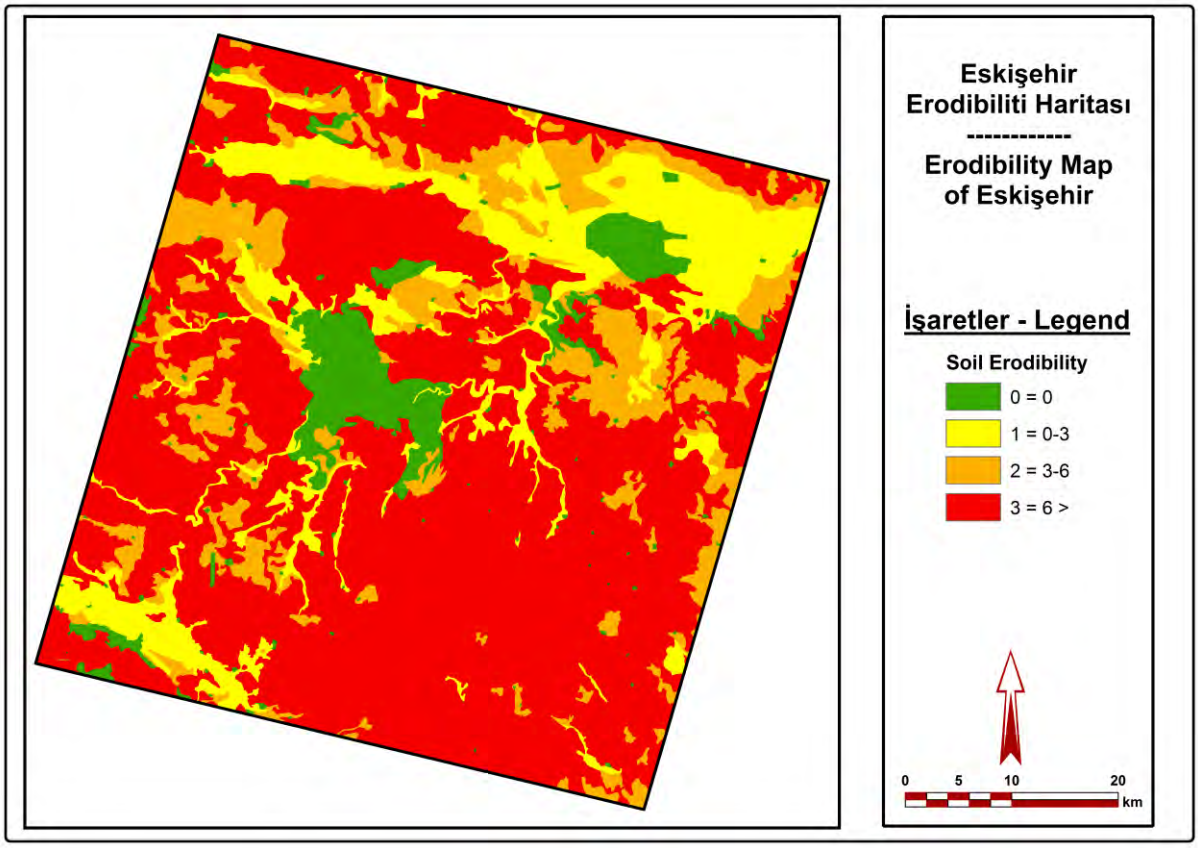
Eskişehir toprak haritasında Senirkent'ten farklı olarak N (Kireçsiz Kahverengi Orman Toprak) toprak cinsi gözlenmektedir, (Şekil 41).

Eskişehir ve civarında korumalı ve korumasız alanların dağılımı Şekil 42'de verilmektedir.

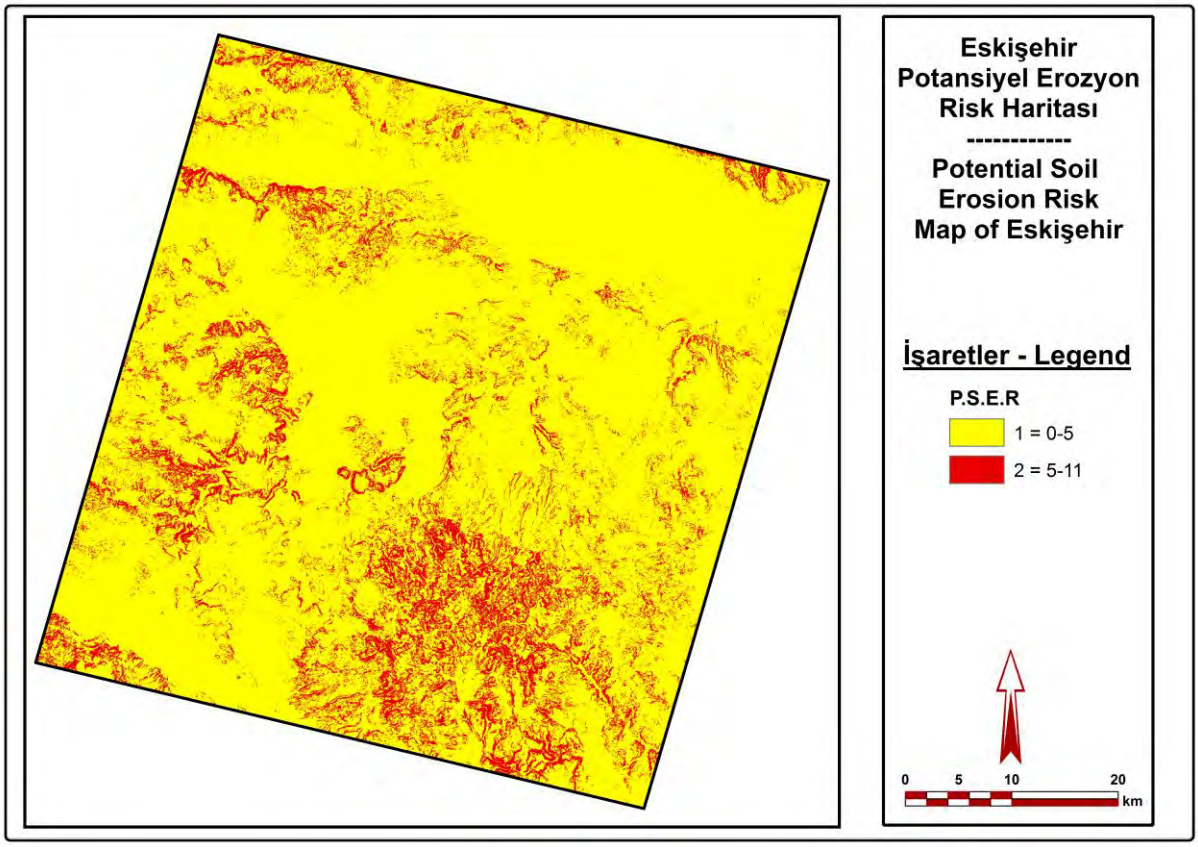
Proje pilot bölge analizleri sonucunda Eskişehir ve civarı için oluşturulan erodibilite, Potansiyel Erozyon Riski ve Aktüel Erozyon Riski haritaları da sırası ile Şekil 43, 44 ve 45'de sunulmaktadır.



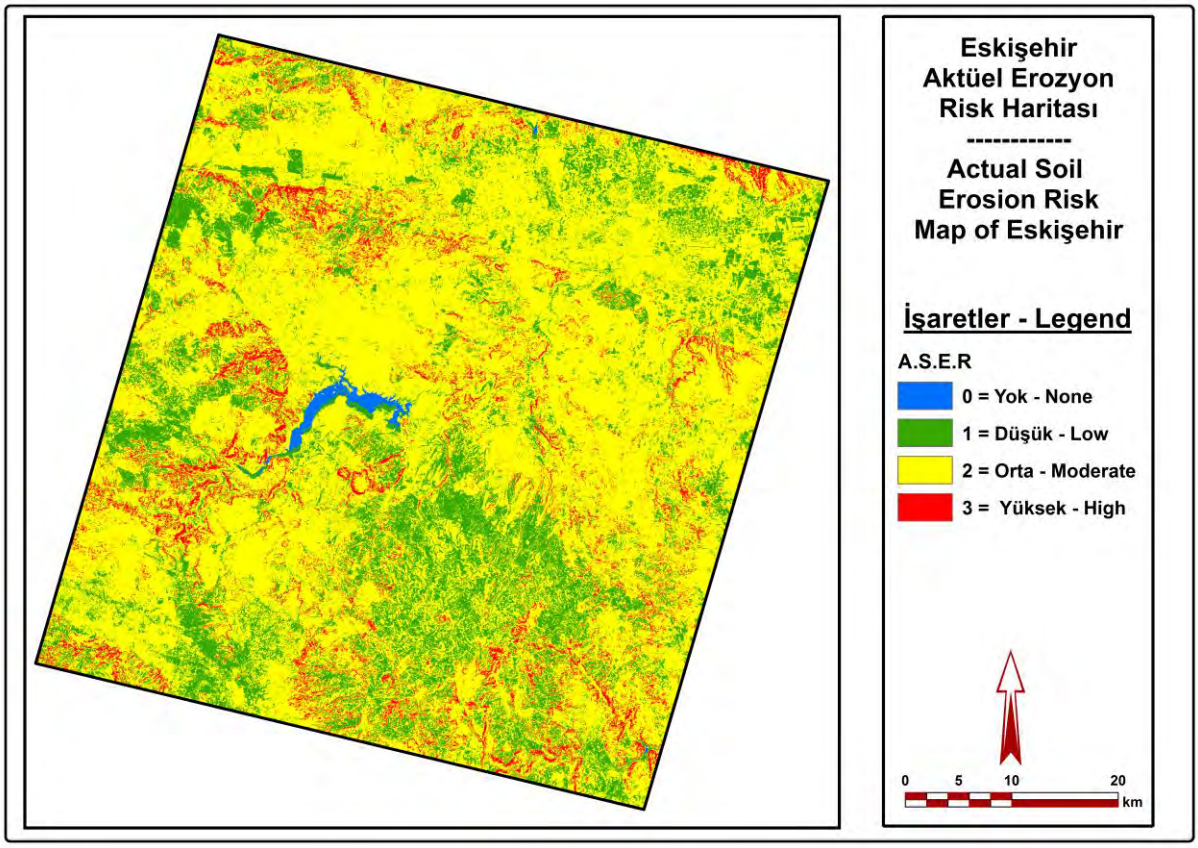
Şekil 42. Eskişehir arazi kapalılık haritası



Şekil 43. Eskişehir erodibiliti haritası

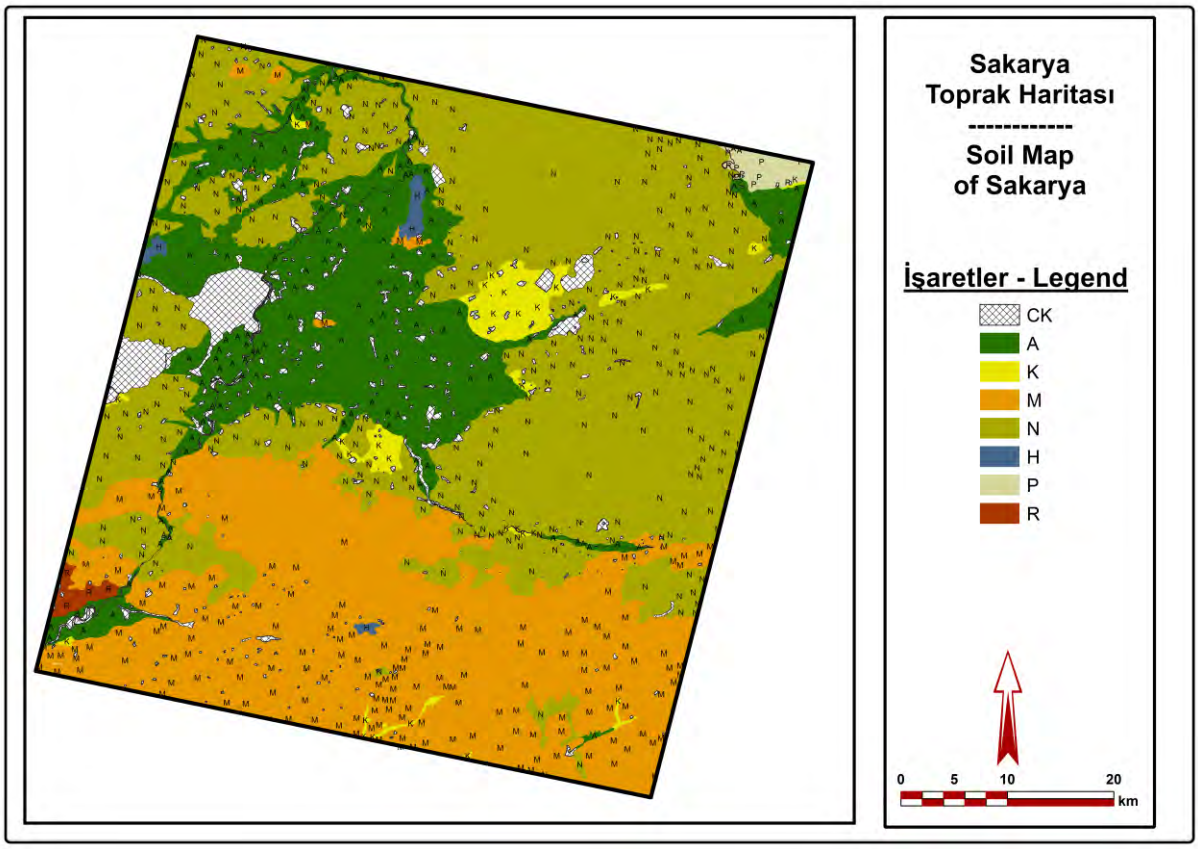


Şekil 44. Eskişehir potansiyel erozyon risk haritası



Şekil 45. Eskişehir aktüel erozyon risk haritası

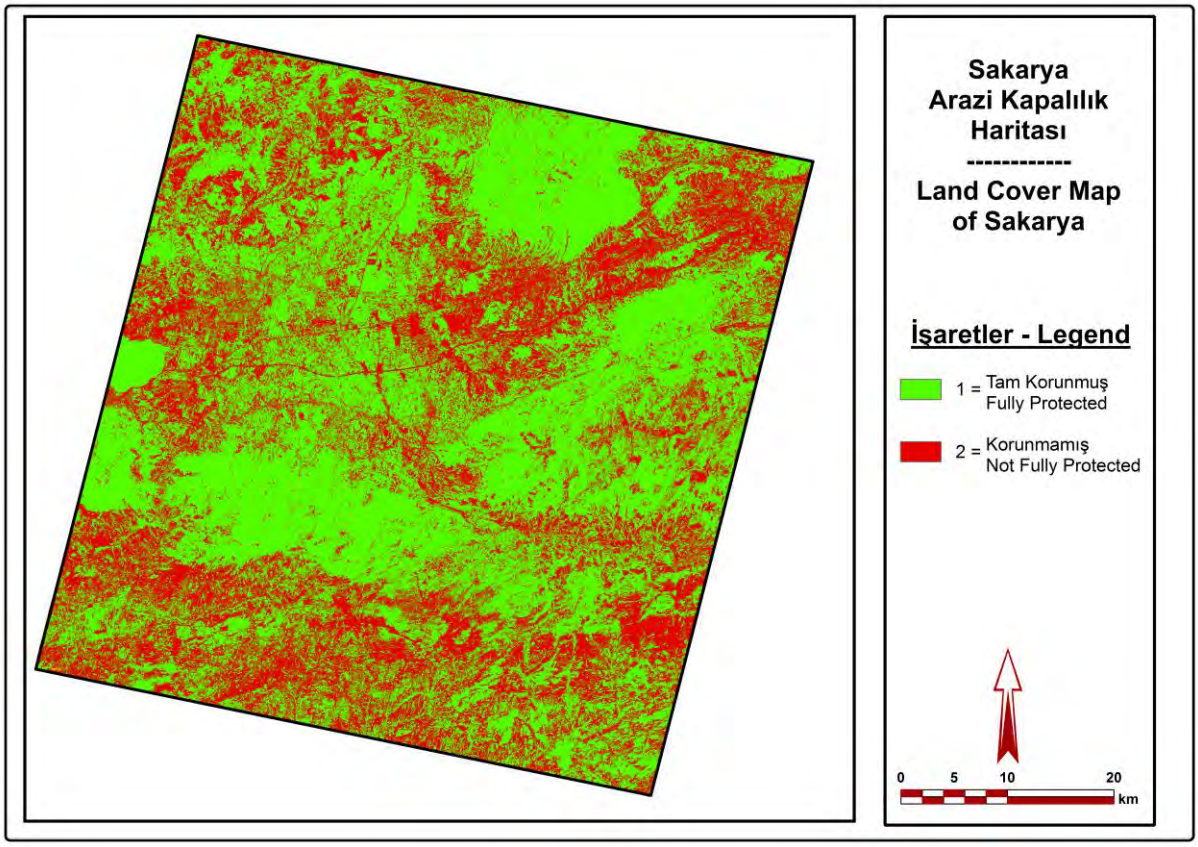
c. Sakarya



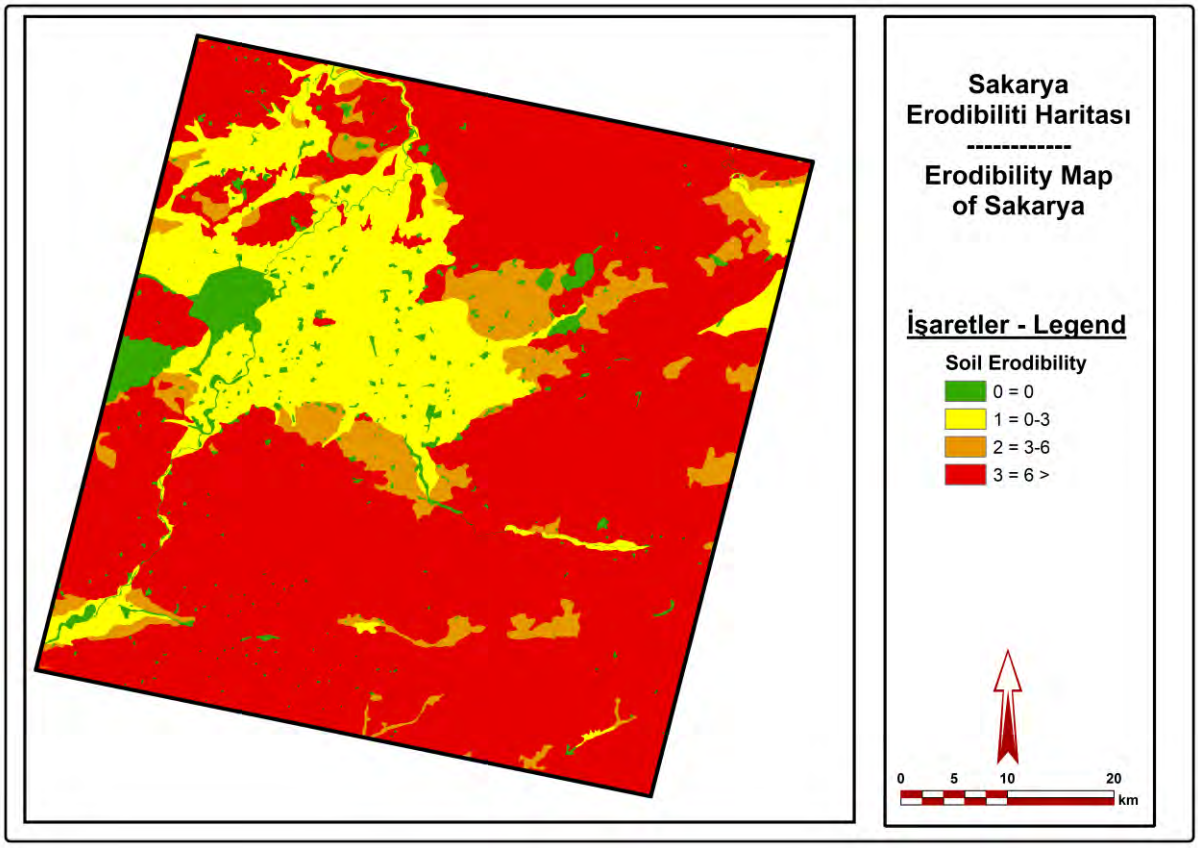
Şekil 46. Sakarya toprak haritası

Sakarya toprak haritasında Senirkent'ten farklı olarak P (Kırmızı Sarı Podzolik Topraklar) ve R (Rendzinalar) toprak cinsleri gözlenmektedir (Şekil 46).

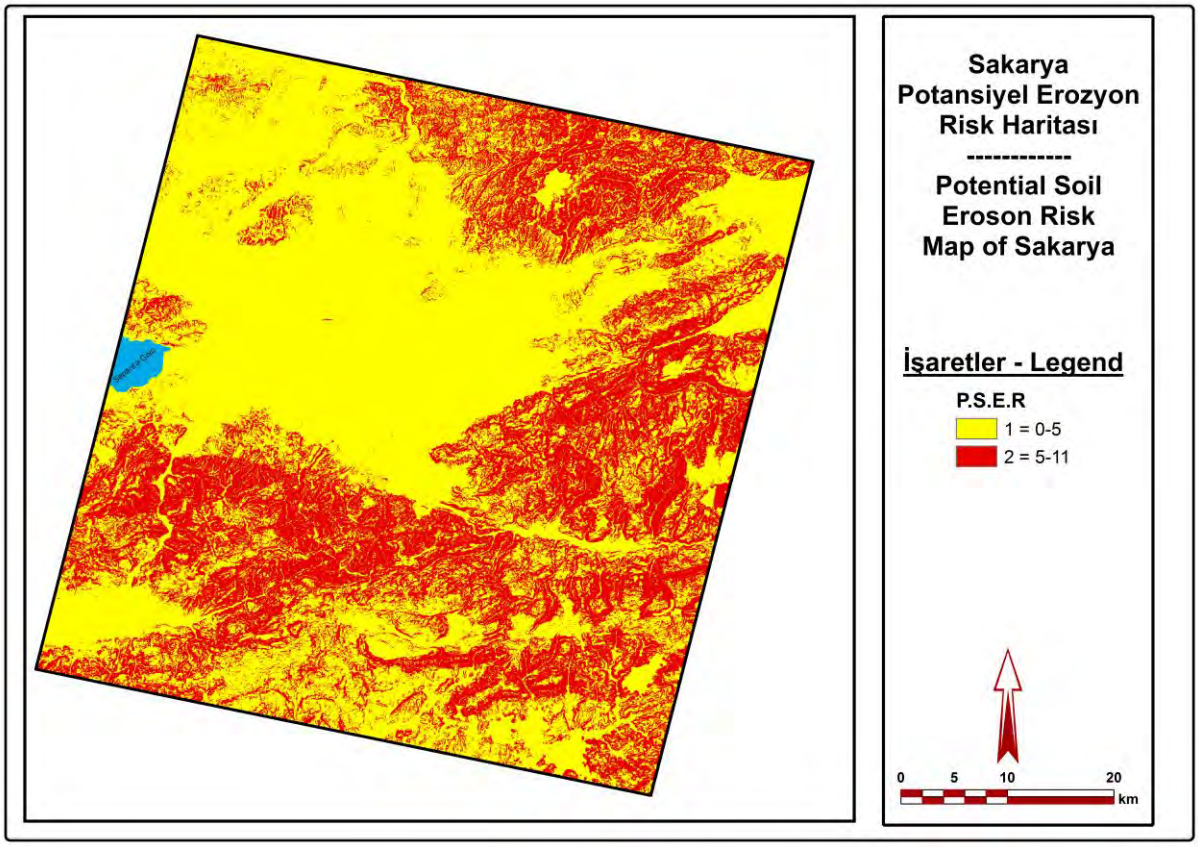
Sakarya ve civarı için erozyona karşı korumalı ve korumasız alanların dağılımı Şekil 47'de sunulmaktadır.



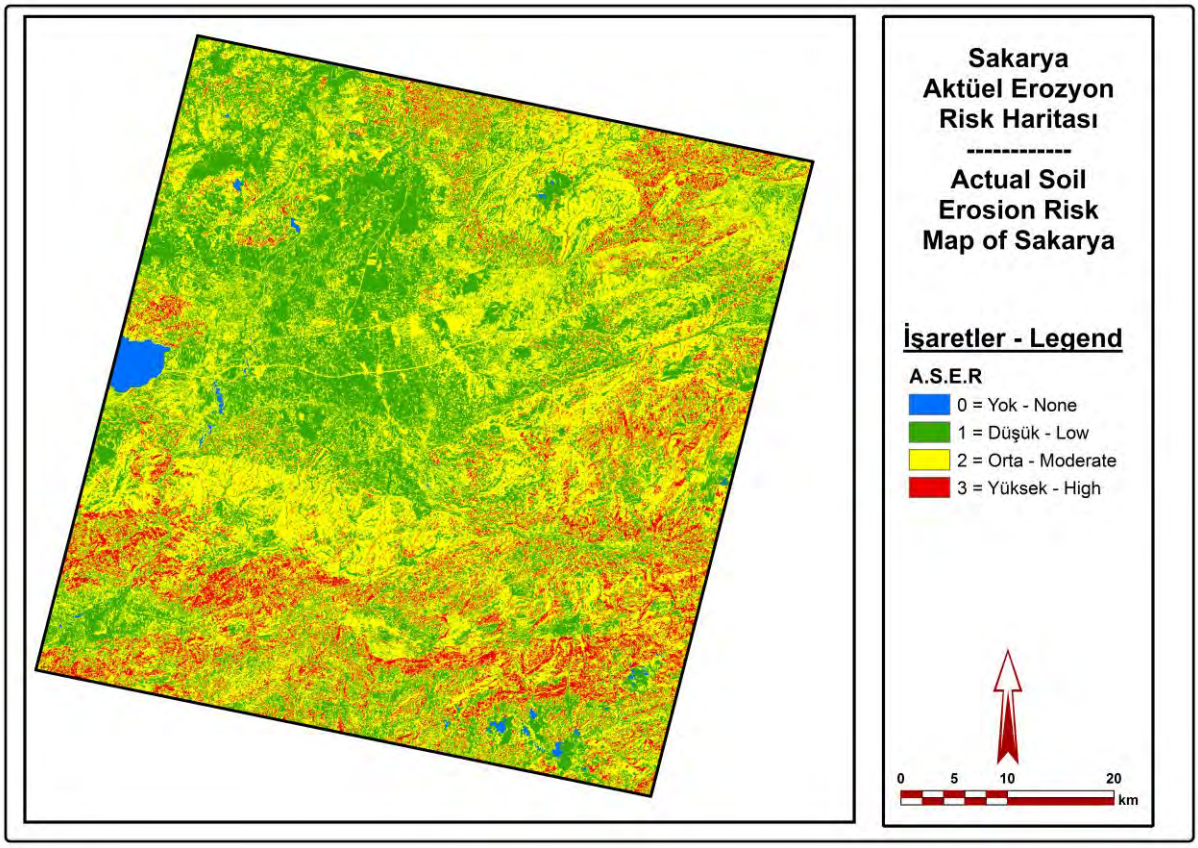
Şekil 47. Sakarya arazi kapalılık haritası



Şekil 48. Sakarya erodibiliti haritası



Şekil 49. Sakarya potansiyel erozyon risk haritası



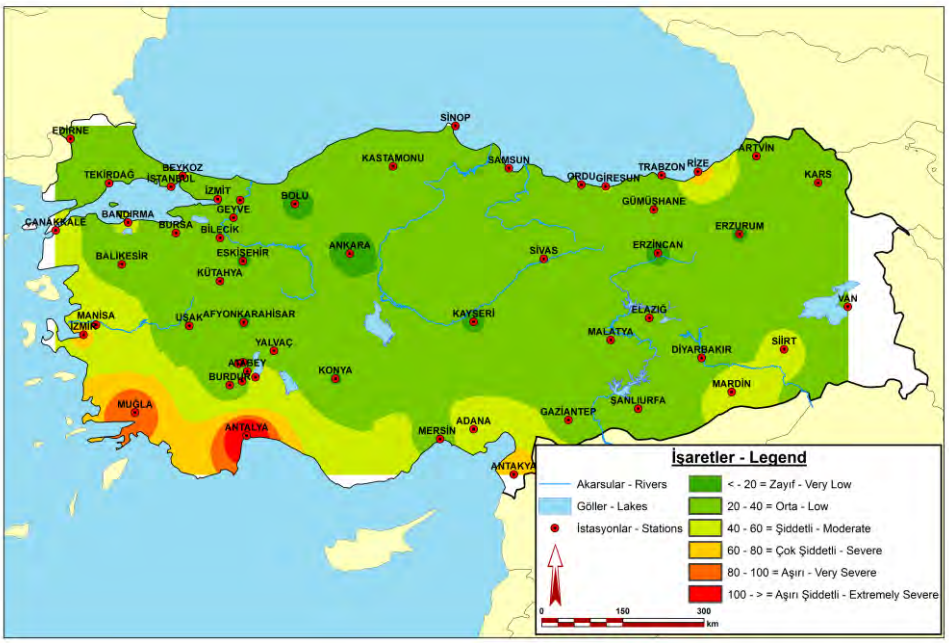
Şekil 50. Sakarya aktüel erozyon risk haritası

Sakarya ve civarı için erodibiliti, potansiyel ve aktüel erozyon risk haritaları ayrı ayrı Şekil 48, 49 ve 50'de sunulmaktadır.

2.3.3. Türkiye Genelindeki Analizler

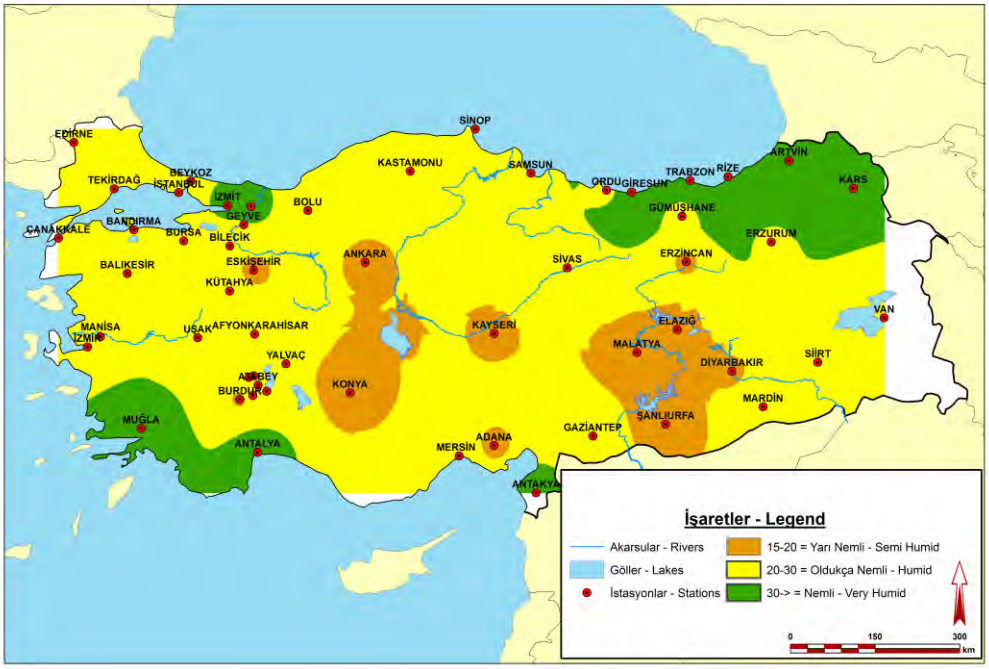
Bu bölümde yüzey ve uydu verilerine dayalı olarak belirlenen FI, DMI, MFI, BGI, PCI, EI, Aktüel Erozyon, Rüzgar Erozyonu ve Aktüel Yağış-Rüzgar Erozyonu haritaları oluşturulmuştur.

Haritaların oluşturulmasında CBS yazılımlarından biri olan ArcGIS 9.2 kullanılmıştır. Verilerin analizi Kriging ve Interpolated Surfacefrom Points Using an Inverse Distance Weighted Technique (IDW) tekniklerine dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar sınıflandırılarak her bir indeks değeri için Türkiye genelinde ayrı ayrı haritalar oluşturulmuştur, (Şekil 51 (a-i)).



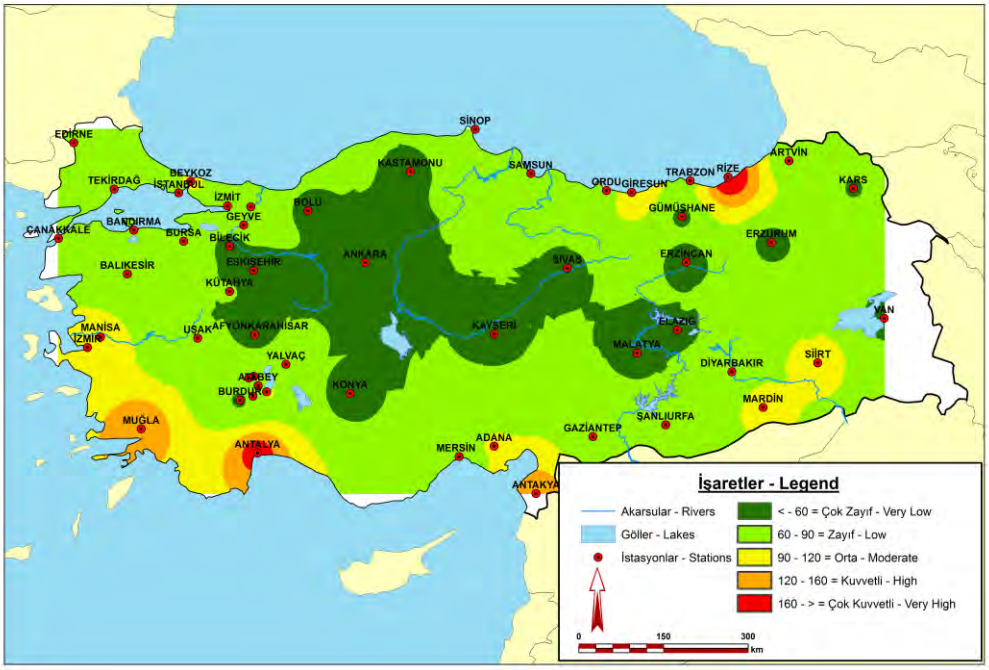
Şekil 51a. Türkiye genelinde FI değerlerinin değişimi (1975-2006)

FI değişiminde zayıf–aşırı şiddetli risk bölgeleri, Şekil 51a'da sunulmaktadır.



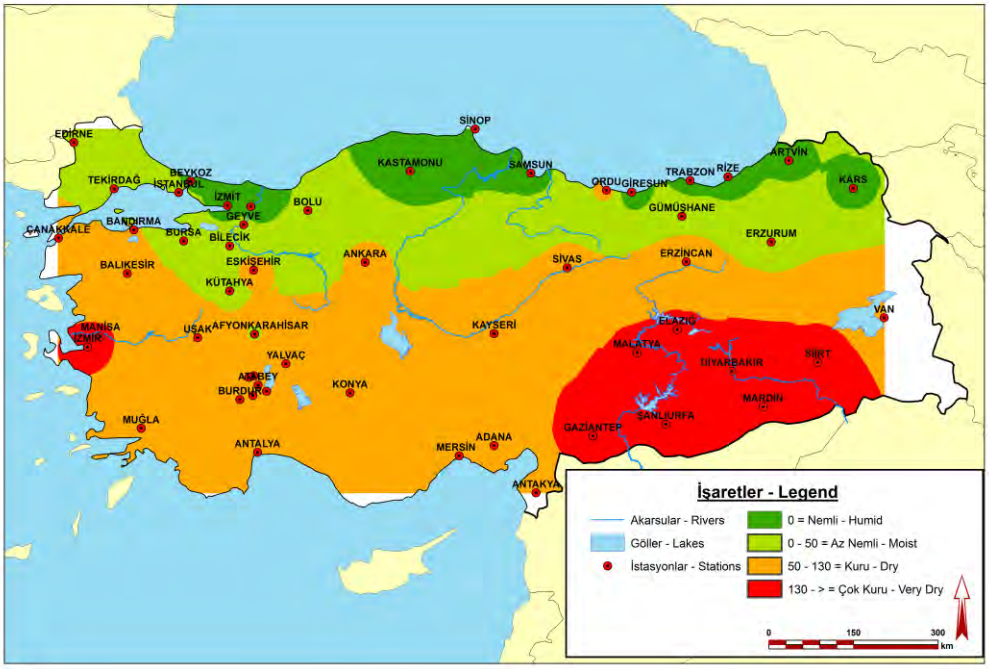
Şekil 51b. Türkiye genelinde DMI değerlerinin değişimi (1975-2006)

De Martonne's kuraklık indeksi değişiminde yarı nemli, nemli ve çok nemli bölgeler Şekil 51b'de sunulmaktadır.



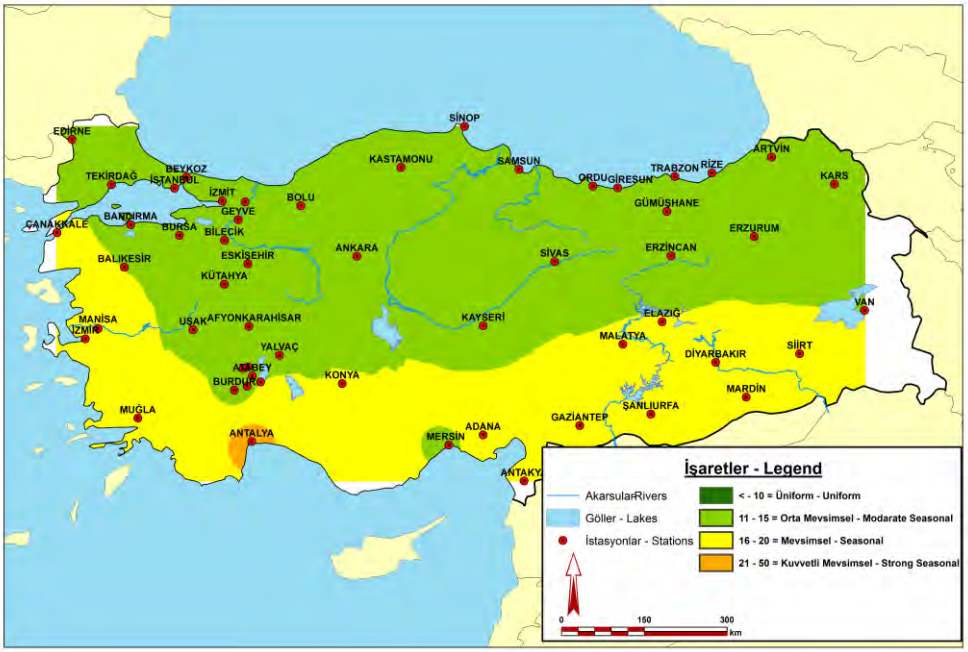
Şekil 51c. Türkiye genelinde MFI değerlerinin değişimi (1975-2006)

MFI analizlerinde, zayıf-yüksek erozyon riski altında kalan bölgeler Şekil 51c'de sunulmaktadır.



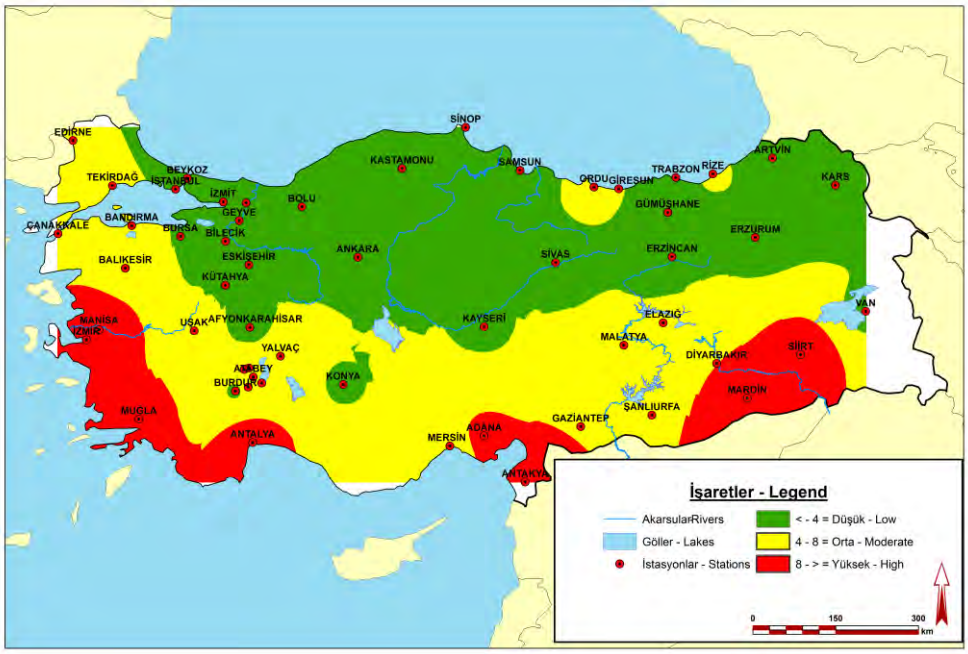
Şekil 51d. Türkiye genelinde BGI değerlerinin değişimi (1975-2006)

BGI değerlerine göre nemli ve çok kuru bölgelerin değişimi Şekil 51d'de sunulmaktadır.



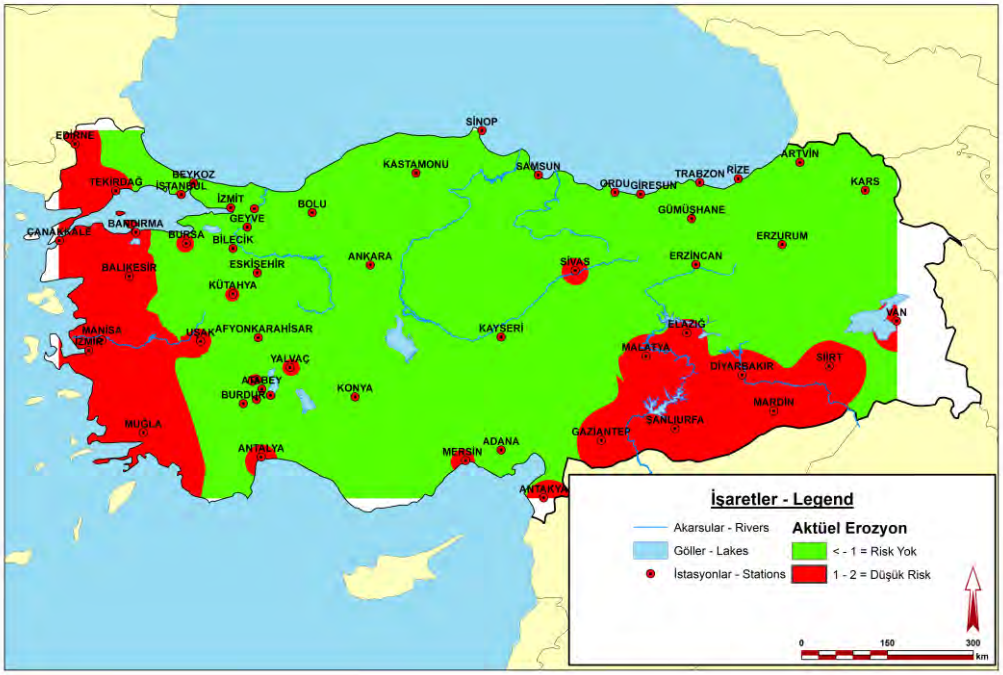
Şekil 51e. Türkiye genelinde PCI değerlerinin değişimi (1975-2006)

PCI değerlerinin değişimine göre yağış karakteristikleri Şekil 51e'de sunulmaktadır.



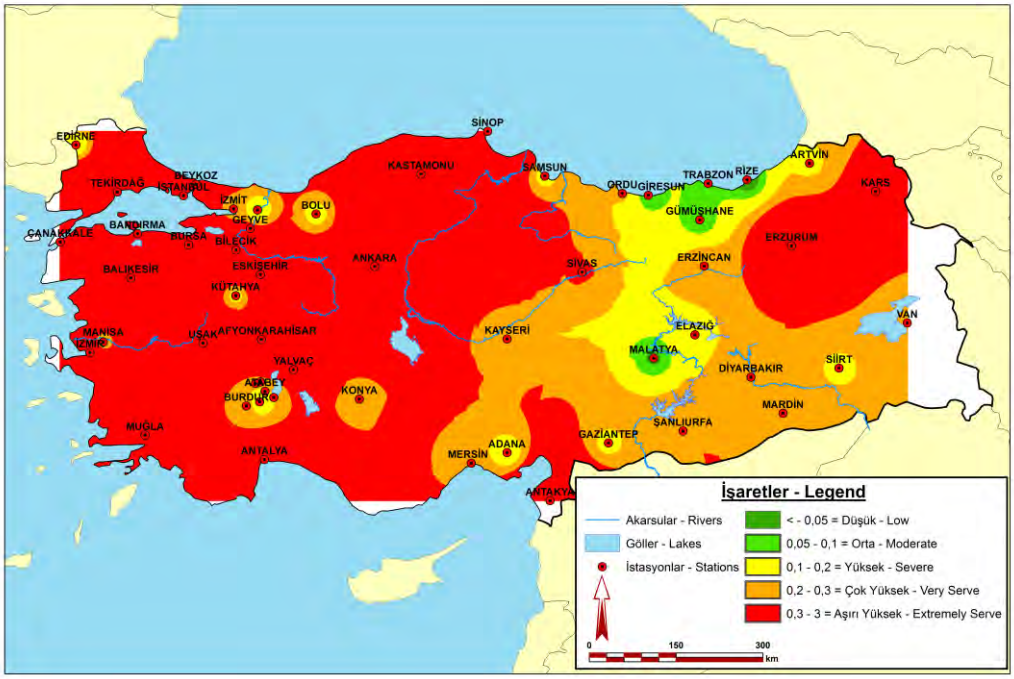
Şekil 51f. Türkiye genelinde EI değerlerinin değişimi (1975-2006)

Erozivite indeksi değişimi Şekil 51f'de sunulmaktadır. Düşük-orta ve yüksek risk bölgeleri 3 grup olarak görülmektedir.



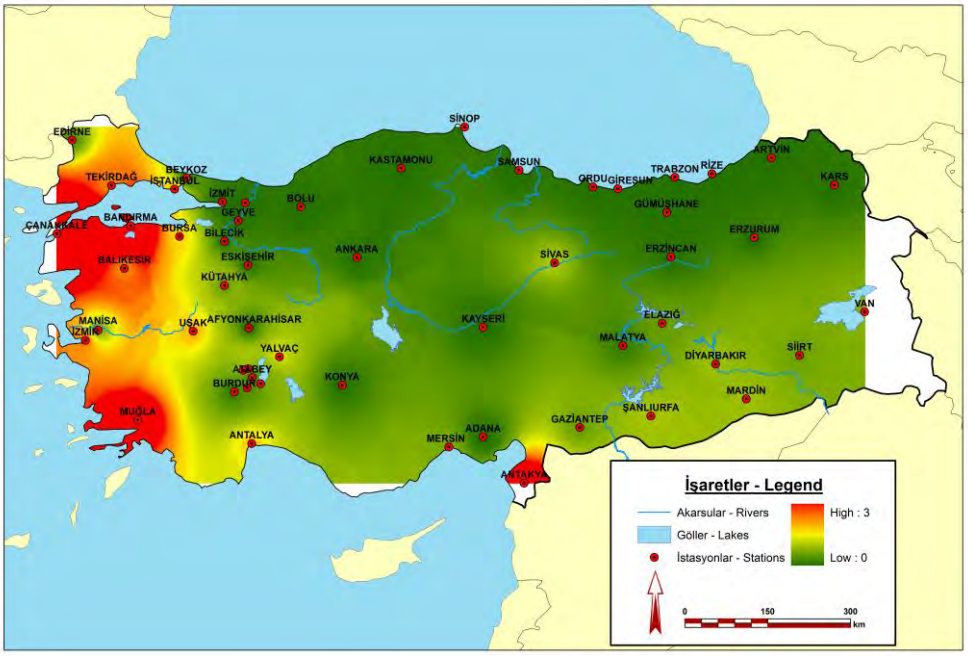
Şekil 51g. Türkiye genelinde aktüel yağış erozyonu (1975-2006)

Türkiye'de genel olarak Batı ve Güneydoğu Anadolu hariç yağış erozyonu riski yoktur. Bu iki bölge de düşük risk altındadır, (Şekil 51g).



Şekil 51h. Türkiye genelinde rüzgar erozyonu (1975-2006)

Sadece rüzgar erozyonu riski incelendiğinde düşük ve yüksek risk alanları Şekil51h'da sunulmaktadır. Türkiye'nin orta ve batı bölgeleri ve Doğu Anadolu Bölgesi en yüksek rüzgar erozyonu riski altındaki bölgelerdir. Doğu Karadeniz, Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu'nun doğusunda kalan bölgelerin yer yer orta - yüksek şiddette rüzgar erozyonu riski altında olduğu saptanmıştır.



Şekil 51i. Türkiye genelinde aktüel yağış-rüzgar erozyonu (1975-2006)

Türkiye'nin Kuzeybatısı, Güneybatısı ve Hatay civarı orta – yüksek şiddetli yağış ve rüzgar erozyonu riski altındadır, (Şekil 51i).

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Potansiyel toprak erozyonu, var olan veya oluşmuş yüzey örtüsüne bakılmaksızın yüzeyin erozyon olayına karşı doğal hassasiyetini gösterir, (TÜBİTAK/TOGTAG-2846, 2004; DOĞAN, 2002).). Aktüel toprak erozyonu, var olan erozyon riskini belirlemek veya tahmin etmek amacı ile yüzey karakteristiklerinin, rakım, eğim ve bakının ve ayrıca potansiyel erozyon riskinin birlikte göz önüne alınması ile belirlenir. Toprak erozyonundan korunma politikalarının geliştirilmesinde yol gösterici olarak önemli yol oynar.

Erozyon riski sonucunda oluşan toprak kaybı, birçok ülkede, yağış karakteristikleri, maksimum yağış şiddeti, süresi ve kinetik enerji miktarına bağlı olarak belirlenmektedir. Yağış şiddeti ile ilgili ölçüm sistemlerinin sayısının kısıtlı olması, genelde, aylık toplam yağış miktarlarından yararlanılarak, erozyon şiddeti değerlerinin belirlenmesi yoluna gidilmesini zorunlu kılmaktadır. Burada final raporu sunulan proje kapsamında yağış şiddetini belirlemek ve aylık toplam yağış miktarı ile indeks değerleri arasındaki ampirik ilişki oluşturulması planlanmıştır. Yaygın olarak kullanılan geleneksel yağış ölçüm sistemlerinden daha hassas olması nedeni ile proje bütçesinden satın alınan bir elektronik yağış ölçeri, Sakarya Üniversitesi Yerleşkesi'ne monte edilmiştir. Raporun birinci bölümünde Türkiye ve yurtdışında yapılan benzer çalışmalar özetlenmiştir. Gelişme bölümünde inceleme bölgesi ve göz önüne alınan veriler açıklanmış, özellikle pilot olarak seçilen üç bölge (Sakarya, Isparta ve Eskişehir) için ayrıntılı analiz çalışmaları yürütülmüştür. İstatistiksel, indeks hesaplama yöntemleri ve uydu yorumlama yöntemleri açıklanmıştır. Türkiye genelinde ve üç ayrı bölge için daha ayrıntılı olarak yağış, sıcaklık ve hesaplanan indeks değerlerinin ve potansiyel, aktüel yağış erozyonu risk sınıfı değerlerinin, rüzgar erozyon riski altında kalan alanların yerel ve zamansal değişimleri belirlenmiştir. Topoğrafik veriler (toprak sınıfı, eğim, bakı, bitki örtüsü) uydu verileri ve yüzey gözlemlerine dayalı olarak hesaplanan indeks değerleri ile birlikte yorumlanmıştır. Yukarıda vurgulandığı gibi indeks değerlerinin aylık verilere dayalı olarak hesaplanması, sonuçlar üzerinden beklenen değerde farklılıklar oluşturmaktadır. Buna karşılık hassas yağış şiddeti, süresi ve enerjisinin belirlenmesi ile toprak erozyon riski aktüel değere daha yakın olarak belirlenebilmektedir. Nokta yağış ölçümlerinin sayısının artırılması ile daha güvenilir erozyon risk haritaları oluşturulabilecektir. Son yıllarda geliştirilen sayısal modellerle erozyon risk analizlerinin güvenilirliği artmaktadır. Burada final raporu sunulan projede de CORINE yöntemi ve ona dayalı sınıflandırma algoritması esas alınmıştır. Seçilen pilot bölgelerde CORINE yöntemi, Türkiye ülke geneli analizlerine göre daha güvenilir ve yersel seçiciliği yüksek sonuçlar elde edilmesine olanak vermiştir. Türkiye genelinde oluşturulan haritadan da görüleceği üzere, Türkiye'nin Batı ve Güneydoğu bölgeleri hariç yağış erozyon riski bulunmadığı, batı ve güneydoğu bölgelerinde düşük yağış erozyon riski olduğu belirlenmiştir. Türkiye'nin orta ve batı bölgeleri ve Doğu Anadolu Bölgesi en yüksek rüzgar erozyonu riski altındaki bölgelerdir. Doğu Karadeniz, Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu'nun doğusunda kalan bölgelerin yer yer orta - yüksek şiddette rüzgar erozyonu riski altında olduğu saptanmıştır. Türkiye'nin Kuzeybatısı, Güneybatısı ve Hatay civarı orta – yüksek şiddetli yağış ve rüzgar erozyonu riski altındadır,.

Bu proje sonucunda elde edilen bulgular, Türkiye genelinde bir aktüel erozyon riski haritasının oluşturulmasını sağlamış olup, bu açıdan önem taşımaktadır. Ancak, gerek iklim değişimi, gerekse arazi kullanım politikalarının hızlı değişimi vb, nedenlerle, yakın ve orta vade erozyon risk tahmini için örneğin her beş yılda bir yeni analizler yapılmalı, yeni ve bir önceki bulgular birlikte değerlendirilmeli, risk haritaları güncellenmelidir. Toprak bir ülkenin en büyük zenginliğidir, yerine konulamaz kaynağıdır. Bu nedenle, bu kaynağın korunması ve

bilgi sürekliliğinin sağlanması için daha ileri çalışmaların yapılması yaşamsal değer taşımaktadır. Türkiye'de bu konuda yapılan diğer çalışmalar gibi, bu ve bundan sonra yapılacak her çalışma, toprak koruma politikalarının oluşturulması ve yerel uygulamaları açısından çok önemli rol oynayacaktır. Bu projenin spesifik sonuçlarına dayalı olarak aşağıdaki öneriler getirilebilir:

i) İklim parametreleri, stokastik iklim olaylarını ve kısa dönem değişimlere ait özellikleri taşır. Türkiye için oluşturulan iklim modelleri ve senaryolarına dayalı olarak Türkiye genelinde, gelecekte erozyon riskinin nasıl değişim göstereceğinin belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu çalışma konusu bu proje sonucunda yürütülecek yayın çalışmalarını oluşturacaktır.

ii) Yağmur damlası spektrumu ve damla konsantrasyonu, büyüklük değişimi ve enerjisinin toprak erozyonu üzerindeki etkileri Gent Üniversitesi Toprak Laboratuvarı simülasyon çalışmaları ile yürütülmektedir. Daha ayrıntılı ve noktasal yağış ölçümleri ve bölgesel erozyon risk analizlerinde bu çalışmaların sonuçlarının birlikte ele alınması olayın dinamik ve fiziksel yapısının anlaşılmasında rol oynayacaktır

iii) Yüzey verileri yanında uydu verilerinin kullanılması ile yersel seçicilik yükseltilmiş olmaktadır. Yüzey gözlemlerinin uydu verileri ile desteklenmesi analizleri ve yorumlamaları kolaylaştırmaktadır. Ancak uydu verilerinin pahalı oluşu ve kış aylarındaki yoğun bulut kapalılığı analizlerde kısıtlamalara neden olmaktadır.

iv) Türkiye genelinde farklı kurum ve kuruluşlar tarafından yapılan bu konudaki çalışmalara projede yararlanılan kaynaklar arasında yer verilmiş, HGK-TUJJB tarafından desteklenmekte olan bu proje çalışmaları hakkında proje ekibinden Gent Üniversitesi Toprak Laboratuvarı öğretim üyesi ve UNESCO Eromoloji Başkanı Prof. Dr. Donalds Gabriels ile birlikte TEMA yetkililerine genel bilgi verilmiştir. Bu çalışmalar hakkında ilgili sivil toplum kurum ve kuruluşları ile bilgi paylaşımına gidilmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir.

v) Proje süresince üç çalıştay düzenlenmiş, proje bulguları kısmen aşağıda sıralanan iki yayın ile uluslararası iki ayrı toplantıda sunulmuştur.

vi) Gent Üniversitesi tarafından yayınlanması planlanan ve çalıştay sunularını içeren kitapçığın İngilizce olarak hazırlanmasına başlanmıştır.

vii) Erozyondan koruma yöntemlerinin belirlenmesinde proje çıktıları olarak hazırlanan erozyon risk haritalarının yararlı olacağı düşünülmektedir.

viii) Proje sonucunda yeni ölçüm teknikleri ve uydu veri analizleri konularında deneyim kazanılmış, atmosfer bilimleri, ziraat mühendisliği toprak bilimi ve uzaktan algılama uzmanları arasında disiplinlerarası işbirliği oluşturulmuş, bilgi alışverişi sağlanmıştır.

Yukarıda sıralanan sonuç ve önerilen ışığında, bu projenin spesifik sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Yüzey ve uydu verilerine dayalı olarak yapılan analizlerle Türkiye gibi, büyük ve karmaşık topoğrafyaya, çok farklı bitki örtüsüne sahip bir ülke için ülke genelinde bir "Aktüel Erozyon Risk Haritası" oluşturulmuştur. Bu analizlerde Potansiyel Erozyon Risk haritasından farklı olarak toprak sınıfları, eğim, arazi sınıf özellikleri vb. ayrıntılar göz önüne alınmış olduğu için oluşturulan risk haritası aktüel yapıyı daha iyi temsil etmektedir. Rüzgar şiddetinin üçüncü dereceden kuvveti ile orantılı olan rüzgar faktörüne dayalı olarak, rüzgarın erozyon

oluşumunu tetikleme riskini saptamak üzere "Rüzgar Erozyon Risk Haritası" oluşturulmuştur. Her iki haritanın birlikte analizi ile "Yağış-Rüzgar Erozyonu Risk Haritası" hazırlanmıştır. Türkiye'nin kuzey batı ve güney batı bölgeleri ile, Hatay civarının toprak koruma çalışmalarında öncelikli bölgeler olarak ele alınması gerektiği ortaya konmuştur.

Seçilen üç pilot bölge için yapılan ayrıntılı analizler, Türkiye ülke genelinde yapılan analizlerle karşılaştırıldığında Sakarya, Isparta ve Eskişehir ve civarı için ayrıntılı bulguların elde edildiği ancak, ölçek farklılığı nedeni ile genel analizde bu ayrıntıların yer almadığı belirlenmiştir. Bu nedenle pilot bölgelerde yapılan ayrıntılı analizlerde olduğu gibi Türkiye genelinde seçilen inceleme bölge sayısının artırılması ve yüzey gözlemleri ile uydu verilerinin birlikte incelenmesi gerekmektedir. Türkiye'nin diğer coğrafi bölgeleri için de ayrıntılı haritaların oluşturulması, bu proje sonuçlarına dayalı olarak yürütülebilecek diğer araştırma çalışmalarına konu olabilir..

IV. KAYNAKLAR

ARNOLDUS, H.M.J., *An Approximation of the Rainfall Factor in the Universal Soil Loss Equation*. In De Boodt M. and Gabriels,D. (eds). Assessment of Erosion, Wiley and Sons, 127-132, (1980).

ASLAN Z., Maktav D., Skidmore E. L., Feoli E., Sunar Erbek F., Erol, H., Berberoğlu S., Okçu D., Söğüt A. S., Erosion Risk Map of Turkey: *Classification of Erosion Risk by Using Climatological and Remote Sensing Data, (*Proje), TUBITAK/TOGTAG-2846, (2004).

ASLAN Z., "Climatic Change Scenarios: Rainfall and Wind Erosion Prediction", Agro environ 2000, 2nd International Symposium on New Technologies for Environmental Monitoring and Agro-Applications, WORKSHOP Booklet , (2000) pp: 4-5.

ASLAN Z., Okçu D., Öztan Y., Maktav D., Yağız E., *Analysis of Vegetation Index and Thermic Potential by Using Digital - Satellite Data*, (Proje), TUBITAK/TOGTAG–1518*,* , (1997).

AVERY, T.E., Berlin, G.L., *Fundamentals of Remote Sensing and Air photo Interpretation*, Macmillian Publishing Company, Newyork, p.247-262, (1992).

BOLLINNE, A., Laurant, A. and Rosseau, P., *Provisional Rain Erosivity Map of Belgium*. In De Boodt M. and Gabriels,D. (eds). Assessment of Erosion, Wiley and Sons, 111-120, (1980).

BUSNELLİ J., Neder L., Del V., Sayago J.M., Temporal Dynamics of Soil Erosion and Rainfall Erosivity as Geo Indicators of Land Degradation in Northwestern Argentina, *Quaternary International*, 158, Issue 1, 147-161, (2006).

CANTON Y., Domingo F., Sole-Benet A., Puigdefabregas J.,. Hydrological and Erosion Response of a Badlands System in Semiarid SE Spain, *Journal of Hydrology*, 252, 65-84, (2001).

CAPOLONGO D., Diadatto N., Mannaerts C.M., Piccarreta M. and Strobl R.O., Analyzing Temporal Changes in Climate Erosivity Using a Simplified Rainfall Erosivity Model in Basilicata (Southern Italy), *Journal of Hydrology* , 356, 119-130, (2008).

DABRAL P. P., Baithuri N., Pandey A., Soil Erosion Assessment in a Hilly Catchment of North Eastern India Using USLE, *GIS* and Remote Sensing, *Water Resource Manage*, 22:1783–1798, (2008).

DİODATTO N., Modeling Net Erosion Responses to Enviroclimatic Changes Recorded Upon Multisecular Time Scales, *Geomorphology*, 80, 164-177, (2006).

DİODATO N., Predicting RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) Monthly Erosivity Index From Readily Available Rainfall Data in Mediterranean Area, *The Environmentalist*, 25, 63-70, (2006).

DOĞAN, O., Türkiye Yağışlarının Erozyon Oluşturma Gücü ve Üniversal Toprak Kaybı Eşitliğinin Yağış Erozyon İndeks Değerleri, Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Yayın No: 220, Rapor No: R-120, Ankara, (2002).

DURAR, A.A. and Skidmore E.L., WEPS technical documentation: hydrology submodel. SWCS WEPP/WEPS Symposium. Ankeny, IA, (1995). (Ek-2 de).

ERBEK, F. S., Maktav, D., Taberner, M., Crop Monitoring Using Multi-temporal ERS Data: A Case Study in Dalaman, Turkey, AGROENVIRON2000: 2nd. International Symposium on New Technologies for Environmental Monitoring and Agro-Applications, Tekirdağ, Turkey, (2000) pp:57-63.

ERHARD, M., Böken, H., Glante, F., The Assessment of the Actual Soil Erosion Risk in Germany, based on CORINE Land-cover and Statistical Data from the Main Representative Survey of Land Use, OECD Expert Meeting on Soil Erosion and Soil Biodiversity Indicators**,** Rome, Italy, (2003).

FEOLİ, E., Giacomich, P., Mignozzi, K., Ozturk, M., Scimone, M., The Use of GIS and Remote Sensing in Monitoring Desertification Risk in Coastal Areas of Turkey, AGROENVIRON2000: 2nd. International Symposium on New Technologies for Environmental Monitoring and Agro-Applications, Tekirdağ, Turkey, (2000), pp: 39 – 47.

GABRIELS D., Tulunay, Y. and Aslan, Z., Role of Multi-Purpose Agriculture in Sustaining Global Environment, *AGROENVIRON (2004), Udine, Italy, 20-24 October, 2004; Workshop Booklet on "Measuring and Computing Techniques on Agricultural Issues, Editor: Z. Aslan, Istanbul Commerce University*, (in Press), (2005).

GABRIELS D., The USLE for Predicting Rainfall Erosion Losses. *ICTP-SMR*. 705-3. Trieste, (2003).

GABRIELS, D. and Michiels, P.,. Rain Variability Indices for the Assessment of Rainfall Erosivity in the Mediterranean Region, Soil Degradation and Desertification in Mediterranean Environments, (1996) pp: 49-60

GAO B., Walter M. T., Steenhuis T. S., Parlange J. Y., Nakano K., Rose, C. W. and Hogarth W.L., Investigating Ponding Depth and Soil Detachability for a Mechanistic Erosion Model Using a Simple Experiment, *Journal of Hydrology*, 277, 116-124, (2003).

GIORGI F., and Francisco R., Evaluating Uncertainties in the Prediction of Regional Climate Change, *Geophysical Research Letters*, 27., 9., 1295-1298, (2000).

GOBIN, A., Govers, G., Jones, R., Kirkby, M., Kosmas, C., Assessment and Reporting on Soil Erosion Background and Workshop Report, Technical Report 94, European Environment Agency, Copenhagen (2003).

HANAMEAN J. R., Pielke R. A., Castro C. L., Ojima D. IS., Reed B. C. and Gao Z.,. Vegetation Greenness Impacts on Maximum and Minimum Temperatures in Northeast Colorado, *Meteorol. Appl.*,10, 203-215, (2003).

HOGARTH W.L., Rose C. W., Parlange J. Y., Sander G. C. and Carey G., Soil Erosion due to Rainfall Impact with no Inflow, a Numerical Solution with Spatial and Temporal Effects of Sediment Settling Velocity Characteristics, *Journal of Hydrology*, 294, 229-240, (2004).

İSTANBULLUOĞLU E., Bras R. L., On the Dynamics of Soil Moisture, Vegetation, and Erosion: Implications of Climate Variability and Change, *Water Resources Research*, Vol. 42, W06418, dio:10.1029/2005WR004113, (2006).

KOGAN, F. N., Global Drought Watch from Space, American Meteorological Society, (1997).

KOGAN, F. N., Application of Vegetation Index and Brightness Temperature for Drought Detection , Advances in Space Research, Vol. 12, No:11, (1995).

LEYS, J., Mc Tainsh, G. and Shao, Y., Wind Erosion Monitoring and Modeling Techniques in Australia, , Sustaining the Global Farm, Selected Papers from the 10th. International Soil Conservation Organization Meeting, Purdue University, USDA-ARS NSERL, Purdue, (2001) pp: 940-950.

LIMA, J. L. M. P., Singh, V. P. and Lima, M. I. P., The Influence of storm movement on water erosion: Storm direction and velocity effects, *CATENA, Elsevier*, 715, 1-18, (2002).

MICHIELS, P., Gabriels, D., *Rain Variability Indices for the Assessment of Rainfall Erosivity in the Mediterranean Region, Soil Degradation and Desertification in Mediterranean Environments*, (En: Rubio, J, and A. Calvo, eds.), 49-70, (1996).

MOREIRA E.E., Coelho C.A., PauloA.A., Pereira L.S.and Mexia J.T., SPI –based Drought Category Prediction Using Loglinear Models, *Journal of Hydrology* , 354, 116-130, (2008).

OKÇU, D., *Türkiye'de Bitki Örtüsü İndeksi Değerlerinin Değişimi ve Meteorolojik Parametrelerle İlişkilendirilmes*i, (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (1999).

PLA SENTIS I., Modeling the Influence of Soil Sealing and Soil Compaction on Soil Erosion Processes, College on Soil Physics, *ICTP/SMR,*.1065-9, Trieste, Italy, (1998).

PIERVITALI, E., Conte, M., Colacino, M., Rainfall Over the Central-Western Mediterranean Basin in the Period, 1951- 1995. II. Precipitation Scenarios, *Nuovo Cimento*, 22 (5), 649–661, (1999).

SHARMA, A., *Spatial Data Mining for Drought Monitoring: An Approach Using Temporal NDVI and Rainfall Relationship,* (M.Sc. Thesis), Int. Inst. For Geo-Information Science and Earth Observation Ensckhede, The Netherlands, (2006).

SURI M., Cebecauer T., Hofierka J., Fulajtar E., Soil Erosion Assessment of Slovakia at a Regional Scale Using GIS. *Ecology* (Bratislava),Vol. 21, 4, 404-422, (2002).

THORNES J. B. and Ayala I. A., Modeling Mass Failure in a Mediterranean Mountain Environment: Climatic, Geological, Topographical and Erosional Controls, *Geomorphology*, 24, 87-100, (1998).

TUCKER C. J., Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation, *Remote Sense. Environ.,* 8: 127–150, (1979).

TURKES M., Vulnerability of Turkey to Desertification with Respect to Precipitation and Aridity Conditions, *Tr. J. of Engineering and Environmental Science*, Vol. 23, p. 363-380, (1999).

VRIELING, A., Rodrigues, S. C., Bartholomeus, H., Sterk, G., Automatic Identification of Erosion Gullies with ASTER Imagery in the Brazilian Cerrados, *International Journal of Remote Sensing*, 28:12,2723 — 2738, (2007).

VRIELING A., M. de Jong, S., Sterk, G., Rodrigues, Silvio C., Timing of Erosion and Satellite Data: A Multi-resolution Approach to Soil Erosion Risk Mapping, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformatio*n, 10, 267–281, (2008).

[1] http://ansiklopedi.turkcebilgi.com (16.03.2009).
[2] http://www.cografyam.org (16.03.2009).
[3] http://www.koeri.boun.edu.tr/meteoroloji (07.05.2007).
[4] http:// www.adapazari.bel.tr/Sakarya (07.05.2007).
[5] http:// www.isparta.gov.tr (03.05.2007).
[6] http://www.kaliteliresimler.com/img2604.htm (15.072009).
[7] http://edcdaac.usgs.gov/aster/asteroverview.asp (01.11.2007).
[8] http://www.nws.noaa.gov (05.05.2009).

V. EKLER

EK-1. Gözlem Bölgesine ait Fotoğraflar
EK-2. Gözlem Bölgesine ait Meteorolojik Verilerin, Hesaplanan İndeks ve Sediment Değerlerinin İstatistiksel Analizleri
EK-3. Uydu Verileriyle Sakarya ve Kandilli için Örnek Uygulamalar

EK-1

Gözlem Bölgesine ait Fotoğraflar

EK 1 (1)

Sakarya araştırma bölgesi fotoğrafları :

a – Sakarya Üniversitesi'ne yerleştirilen elektronik yağış ölçer

b- Elektronik yağış ölçerin yerleştirildiği binadan arazinin görünümü

c- Elektronik yağış ölçerin binanın terasındaki konumu

EK 1 (2)

Senirkent araştırma bölgesi fotoğrafları :

a

b

c

d

e

f

g

h

i

j

k

Senirkent araştırma bölgemizde yaptığımız arazi çalışmasında çekilen bölgeye ait fotoğraflar (a-k) ek 1 (2) de sunulmuştur.

EK 1 (3)

Kandilli araştırma bölgesi fotoğrafları :

a

b

c

d

EK-2

Gözlem Bölgelerine ait Meteorolojik Verilerin, Hesaplanan İndeks ve Sediment Değerlerinin İstatistiksel Analizleri

Gözlem Bölgelerine ait Meteorolojik Verilerin, Hesaplanan İndeks ve Sediment Değerlerinin İstatistiksel Analizleri :

Bu proje kapsamında DMİ'den ve B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Laboratuvarı'ndan sağlanan 1975-2006 dönemi, günlük ortalama sıcaklık ve yağış verilerinin, inceleme bölgesi için (Kocaeli, Sakarya, Isparta, Kandilli) analizleri sunulmaktadır.

İnceleme bölgesinde, inceleme periyodunun son yarısında maksimum ve minimum sıcaklık değerlerinde artış gözlenmiştir. Yağış verileri incelendiğinde, günlük toplam yağış verilerinde Kocaeli ve Sakarya civarında periyodun ikinci yarısında artış olduğu söylenebilir. Isparta ve civarı için, inceleme döneminin ortalarında başlangıç ve son döneme nazaran düşük yağış değerleri kaydedilmiştir.

Yüzey Verileri Ve Standart Yağış İndeksi Analizleri

Bu analizler,

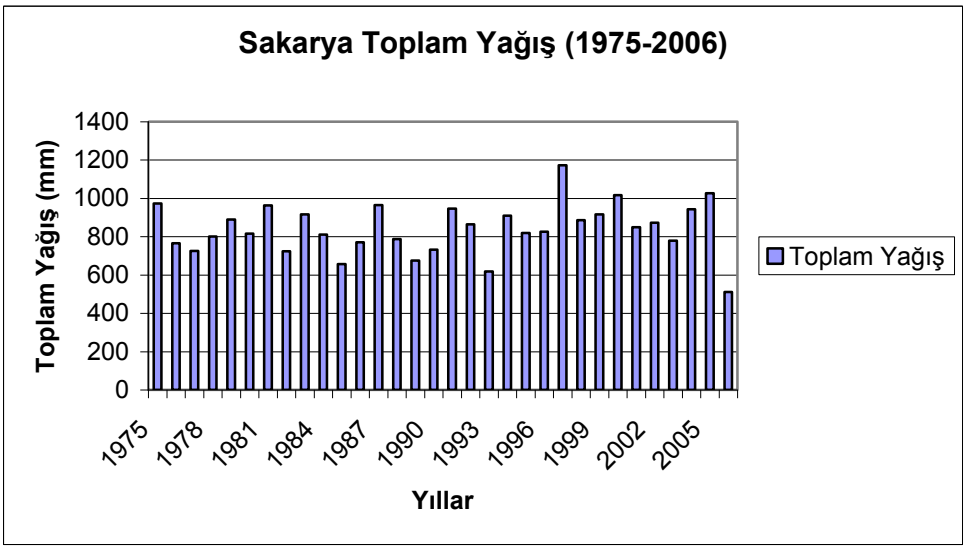
a. Yüzey verilerinin (yağış, sıcaklık ve rüzgar) düzenlenmesi ve değerlendirilmesi, otomatik yağış istasyonu verilerinin değerlendirilmesi

b. Sediment ölçümlerinin, indekslerin düzenlenmesi ve analizi, şeklinde sıralanabilir.

Yüzey verilerinin düzenlenmesi ve değerlendirilmesi aşamasında, DMİ Genel Müdürlüğü ve EİEİ'den elde edilen kayıtlar elektronik ortamda analize uyumlu duruma getirilmiştir. Örnekleme aralığı değiştirilerek, daha kısa süreli veya daha uzun süreli aralıklarla kaydedilmiş veri elde edilmiş olup, bulgular aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

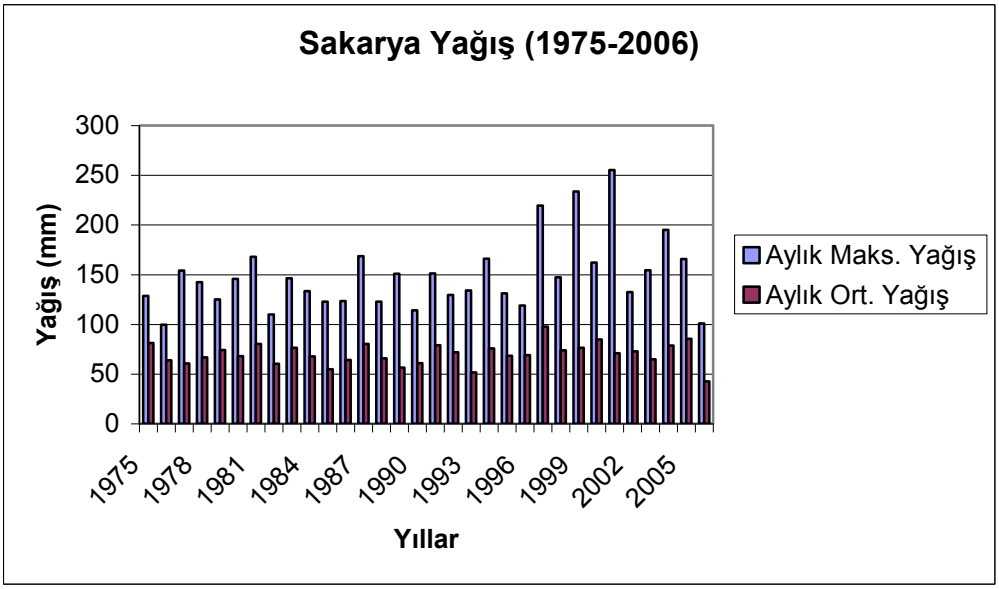
a. Yüzey verilerinin düzenlenmesi ve değerlendirilmesi

<u>Sakarya İstasyonuna ait Analizler:</u>



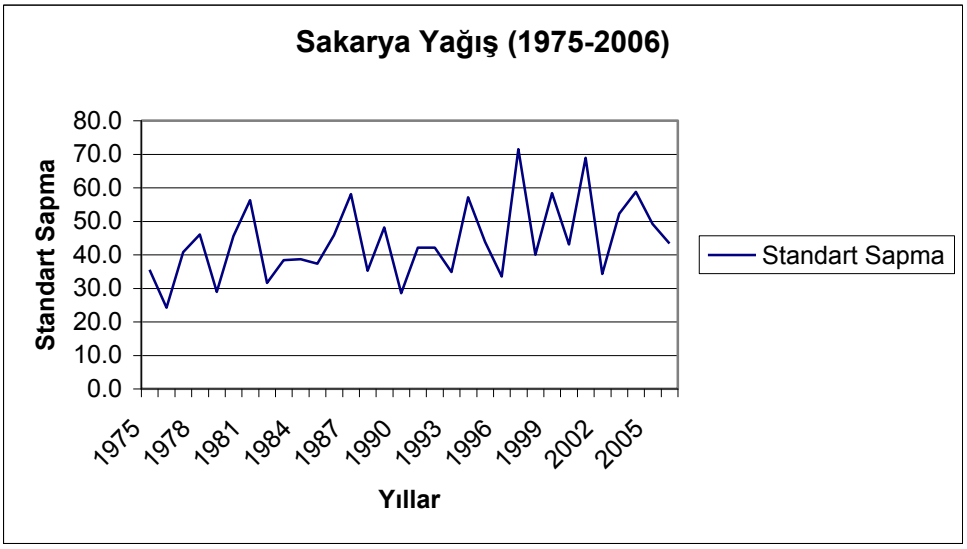
Şekil 1(a). Sakarya ve civarı için toplam yağış

Şekil 1(a), Sakarya ve civarı için toplam yağış değerlerinin değişimini göstermektedir. Toplam yağış miktarının 1998 yılından itibaren 2006 yılı hariç, artma gösterdiği belirtilebilir.

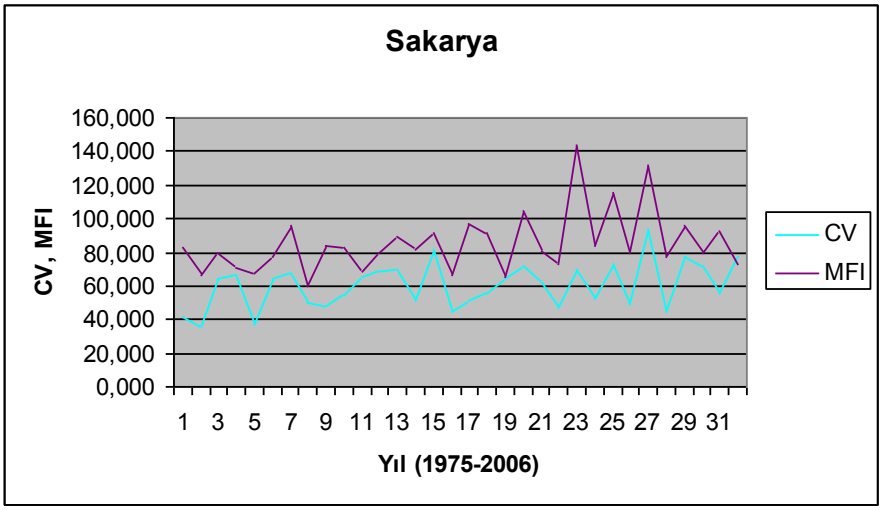


Şekil 1(b). Aylık Maksimum ve Aylık Ortalama Yağış Değerleri, Sakarya

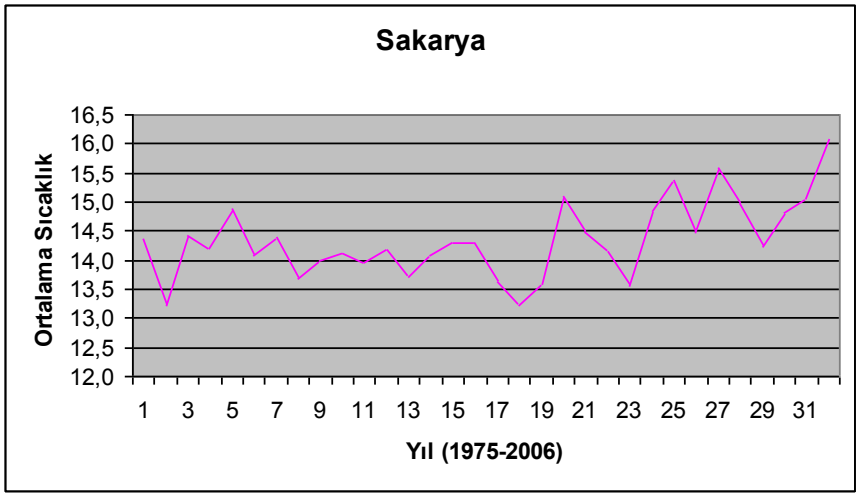
Sakarya ve civarında, Aylık Maksimum Yağış Değerlerinin artma gösterdiği söylenebilir.



Şekil 1 (c). Aylık Yağış Değerlerinin standart sapmalarının değişimi, Sakarya

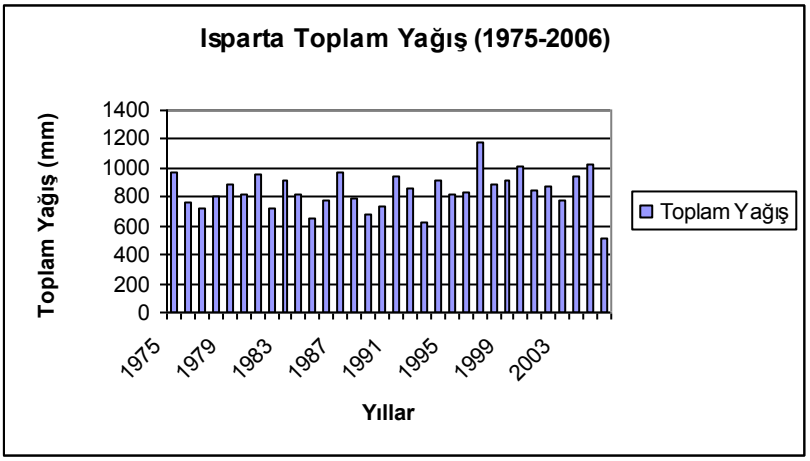


Şekil 1 (d). Yağışa bağlı indeks değerlerinin değişimi, Sakarya

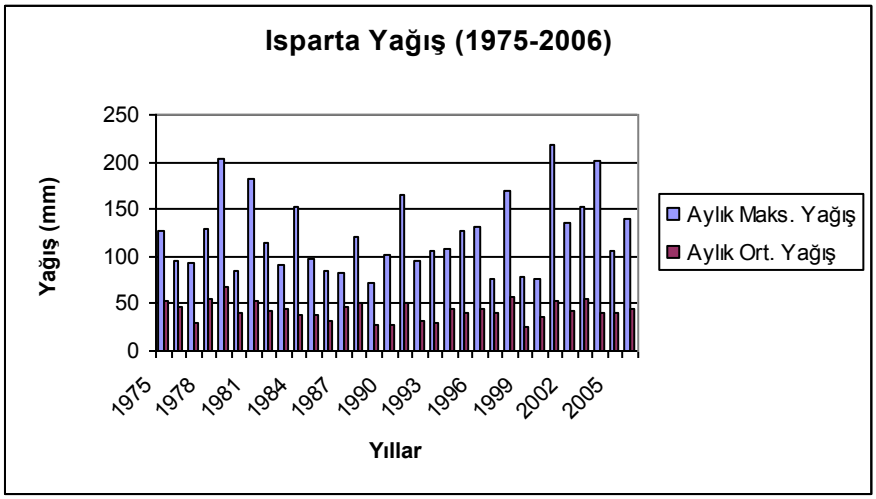


Şekil 1 (e) . Sakarya iline ait sıcaklık analizleri

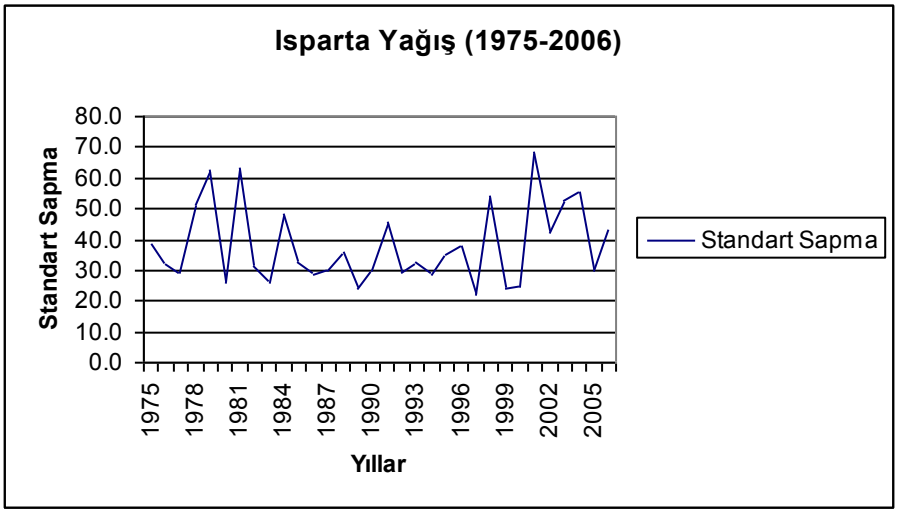
<u>Isparta İstasyonuna ait Analizler :</u>



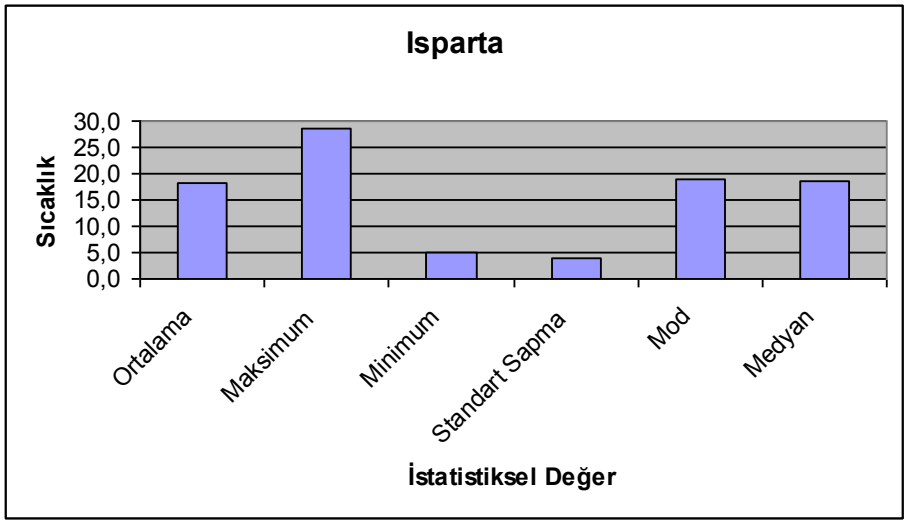
Şekil 2 (a). Isparta toplam yağış verilerinin analizi



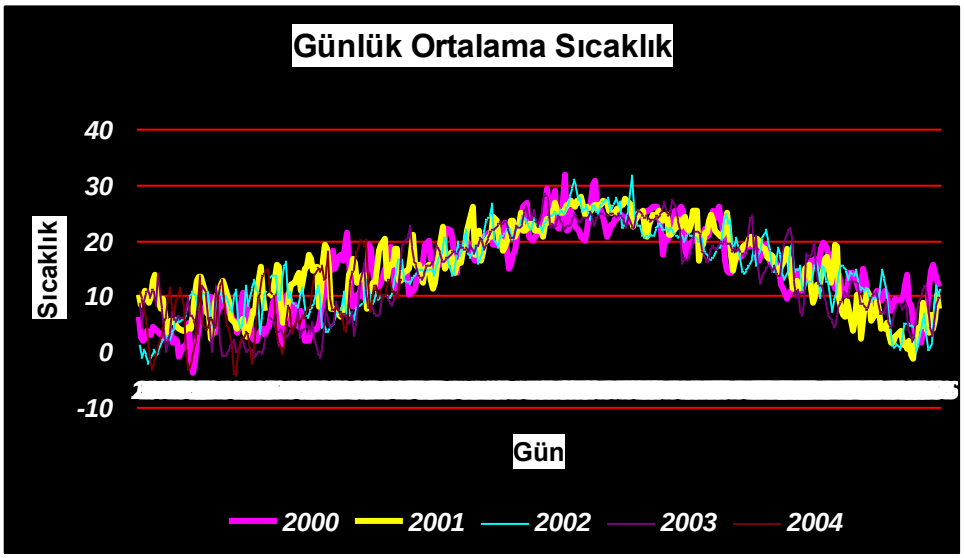
Şekil 2 (b). Isparta aylık yağış verilerinin analizi



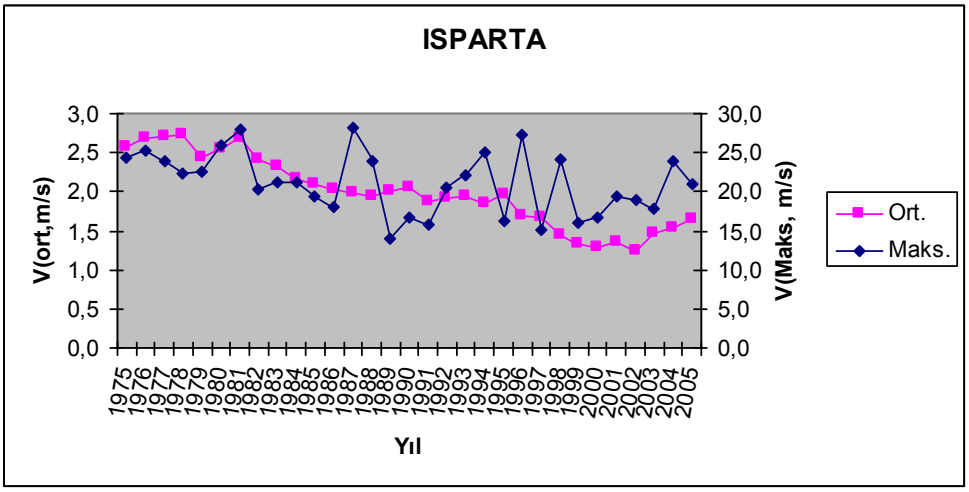
Şekil 2 (c). Isparta yağış verilerinin standart sapmalarının analizi



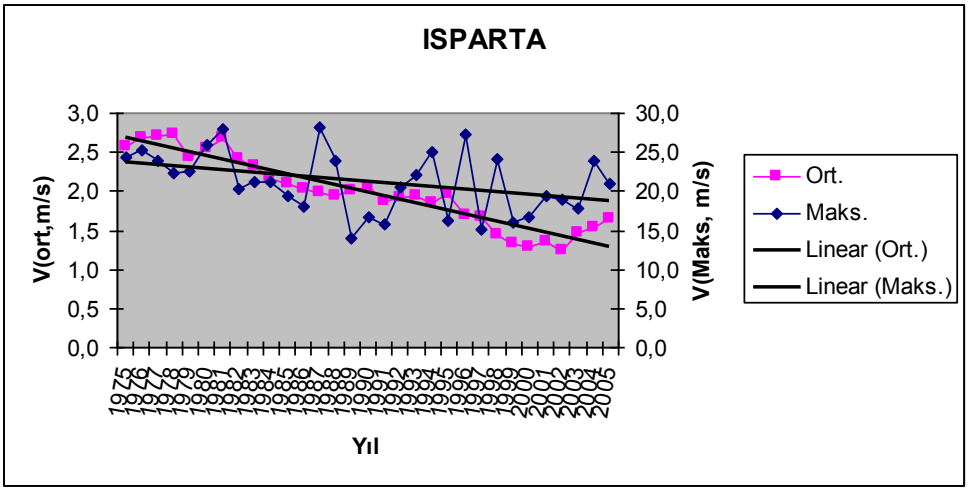
Şekil 2 (d). Isparta iline ait sıcaklık analizleri



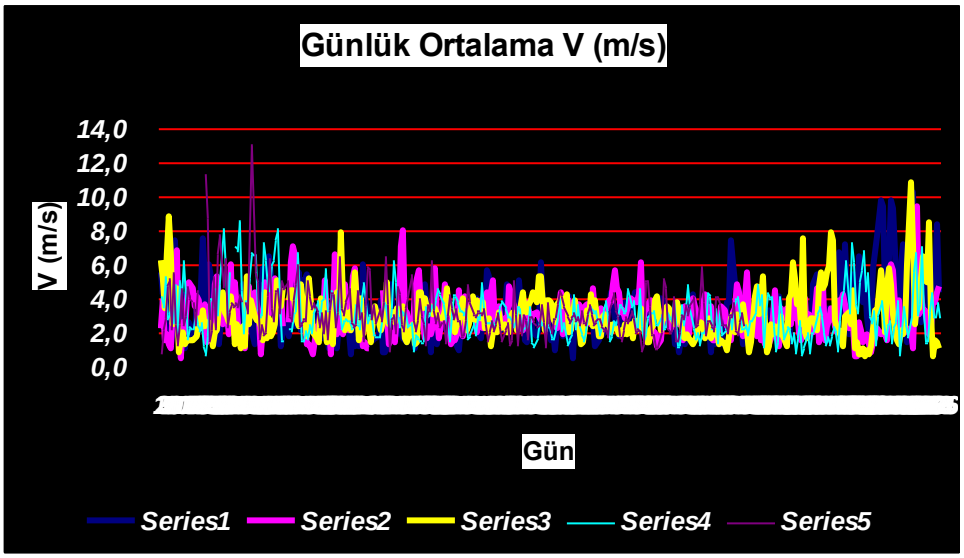
Şekil 2 (e) . Isparta iline ait sıcaklık analizleri



Şekil 2 (f). Isparta iline ait rüzgar analizi



Şekil 2 (g). Isparta iline ait rüzgar analizi



Şekil 2 (h). Isparta iline ait rüzgar analiz

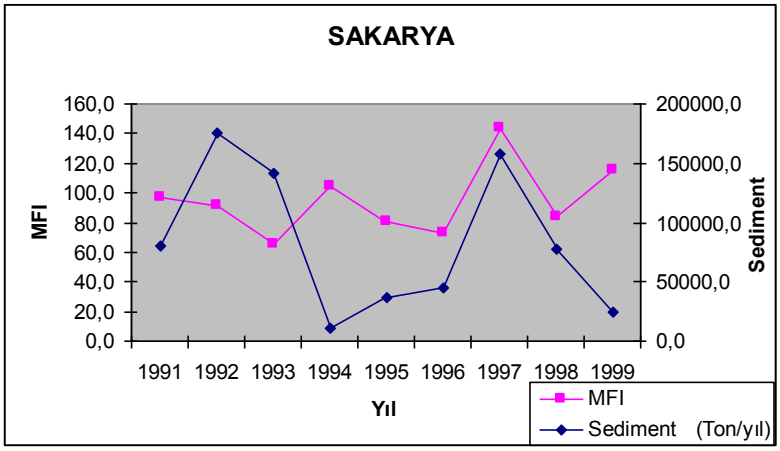
Tablo 1. Isparta İline ait rüzgar verileri

Isparta Maksimum Rüzgar Hızı ve Yönü (m/sn)																								
Isparta	Ocak		Şubat		Mart		Nisan		Mayıs		Haziran		Temmuz		Ağustos		Eylül		Ekim		Kasım		Aralık	
YIL	Hız	Yön	Hız	Yön	Hız	Yön	Hız	Yön	Hız	Yön	Hız	Yön	Hız	Yön	Hız	Yön	Hız	Yön	Hız	Yön	Hız	Yön	Hız	Yön
1975	14,6	SSE	16,5	N	24,4	S	14,5	SSE	15,2	WSW	17,4	W	16,0	SSE	13,2	SSE	14,7	NE	12,1	ENE	20,0	S	16,2	S
1976	25,2	S	21,0	NW	14,1	SE	19,0	S	17,0	WNW	13,4	S	14,8	SSE	13,2	SSE	12,9	SE	13,9	SSE	16,7	SSE	20,8	S
1977	13,2	SSE	18,0	S	13,8	S	19,0	S	17,0	SSE	17,2	SSE	13,0	NW	13,3	NW	14,9	SW	17,3	S	24,0	SSE	17,7	SSE
1978	20,7	S	22,4	SSE	19,1	S	15,2	SE	14,8	SE	16,0	WNW	11,5	WNW	13,2	W	16,7	NW	15,0	S	21,6	S	14,9	SSW
1979	20,0	SE	17,8	SE	19,8	SE	19,7	S	13,8	SE	5,5	WNW	12,4	NW	7,7	SE	12,4	WSW	12,1	ESE	22,5	SE	17,0	S
1980	22,5	SSE	10,8	NE	25,4	SE	16,8	SE	17,9	SE	11,2	SSE	13,6	SE	12,6	SE	12,5	SW	12,8	WNW	19,6	S	25,9	SE
1981	22,5	SSE	15,4	S	17,9	SE	13,2	SSE	16,6	SE	9,2	ENE	12,4	NW	11,1	NE	9,4	SW	8,6	SE	17,2	SSE	28,0	SSE
1982	16,0	NE	15,6	SSE	17,6	SE	18,0	SSE	17,4	SE	11,5	SE	11,9	WNW	11,5	SE	11,6	SE	12,6	S	20,2	SSE	16,5	SSE
1983	13,0	SSE	17,0	SSE	14,4	SSE	21,3	SSE	13,0	SE	12,0	SSE	12,4	SE	12,2	SE	11,6	SSE	10,9	NW	13,0	SSE	13,6	SE
1984	20,5	S	21,3	SSE	20,0	S	13,6	SSE	12,0	SE	10,0	SE	9,9	ENE	8,0	SE	10,3	SW	9,1	E	11,3	SE	9,8	NE
1985	14,0	S	16,2	SE	19,4	S	17,2	W	14,8	S	15,3	S	11,5	NW	13,0	S	12,0	E	9,7	SSE	13,2	S	14,4	SSE
1986	18,0	S	15,2	S	11,8	S	18,0	SSE	9,8	SSE	13,6	S	8,7	WNW	9,7	SSE	11,0	S	11,6	ENE	10,0	E	18,1	S
1987	14,5	S	19,4	S	17,4	S	28,2	S	12,3	S	10,4	S	9,8	N	9,2	SSE	11,6	S	11,1	E	16,0	S	14,6	S
1988	24,0	S	18,6	S	14,9	SW	12,5	SSE	14,4	S	12,5	ESE	5,8	NE	6,7	E	10,6	S	8,3	SSW	12,7	S	12,5	SE
1989	9,8	E	12,6	SSW	13,9	E	12,8	S	12,0	WSW	12,2	SW	6,7	SW	9,7	SE	11,3	SE	11,7	SSE	11,0	SSE	10,2	SE
1990	9,1	WNW	13,5	N	15,2	WNW	13,7	NE	11,6	SW	13,6	SE	8,7	SSE	9,9	SE	10,8	SE	8,7	NE	11,2	SSE	16,6	SE
1991	9,0	ENE	15,8	SSE	12,6	NE	14,4	SE	13,0	S	9,8	SE	9,2	SE	7,4	SE	6,8	N	7,0	SSE	8,5	NE	11,6	S
1992	9,5	N	9,3	SW	20,6	SSE	15,6	SE	14,0	SSE	10,7	SE	5,8	SSE	7,5	NE	7,0	SE	8,7	SE	10,8	S	13,0	SE
1993	13,4	SSE	20,2	SSE	22,0	SSE	14,5	SSE	11,8	SE	8,5	SE	10,3	SE	8,5	SE	7,7	NE	6,8	SE	11,0	S	12,5	NNW
1994	13,6	SE	25,0	SSE	15,2	SSE	17,3	SSE	14,3	SE	14,3	SE	10,5	SW	10,9	SE	9,9	SE	9,5	SW	10,6	N	9,9	SSE
1995	14,1	SSE	11,0	SE	16,3	SSE	12,3	SW	12,2	SE	11,2	SSE	11,7	SSE	8,0	SE	11,2	SE	14,0	SSE	13,8	SSE	13,8	SSE
1996	12,1	SSE	27,3	SSE	20,0	SSE	17,3	SSE	15,6	SSE	9,7	SE	11,8	W	10,9	SE	13,8	SSE	11,0	SE	13,5	SE	16,1	SSE
1997	13,9	SSE	9,6	NW	15,1	SE	15,2	SSE	10,0	SE	8,2	NE	10,6	SE	9,6	SE	8,0	SE	11,2	S	7,7	SE	14,1	SSE
1998	14,1	SE	13,5	SSE	24,2	SE	11,8	SE	11,2	SE	10,9	SW	13,8	SE	7,4	NE	10,8	SE	11,2	SSE	11,3	SE	11,1	S
1999	13,6	S	13,0	S	13,5	SSE	11,5	SE	12,3	W	10,9	SW	10,2	SSE	8,3	WSW	8,4	SE	7,4	SE	14,4	SSE	16,0	SSE
2000	10,0	SE	16,8	SSE	16,2	SSE	16,4	SE	8,5	WNW	7,5	NE	10,7	SE	7,8	W	8,4	SW	8,3	SSE	9,0	SSE	15,6	SE
2001	14,8	SE	12,7	SSE	19,4	SSE	16,9	SSE	17,2	SW	8,8	SE	8,5	SE	8,4	W	11,2	SE	6,1	SE	14,7	S	16,6	SSE
2002	11,3	NE	9,8	SE	18,9	SW	11,8	SSE	10,5	SSE	10,4	NE	14,2	WNW	11,0	NW	10,0	SSE	9,4	SSE	11,8	S	10,4	S
2003	15,3	SSE	16,9	SSE	13,1	E	17,9	SSE	7,0	SSW	10,0	SW	5,2	SE	7,9	SSE	10,1	SSE	12,7	SSE	9,9	S	9,9	S
2004	24,0	SE	13,5	NW	17,8	S	14,6	SSE	11,5	SE	12,4	SW	8,2	SSE	9,0	SE	7,7	SSE	7,2	ENE	11,0	SSE	19,6	SSE
2005	21,0	SSE	19,1	S	13,0	SSE	12,5	SSE	13,6	SSE	7,0	NW	9,2	SE	8,0	SSE	8,0	SE	7,4	NE	11,6	SE	14,1	SSE

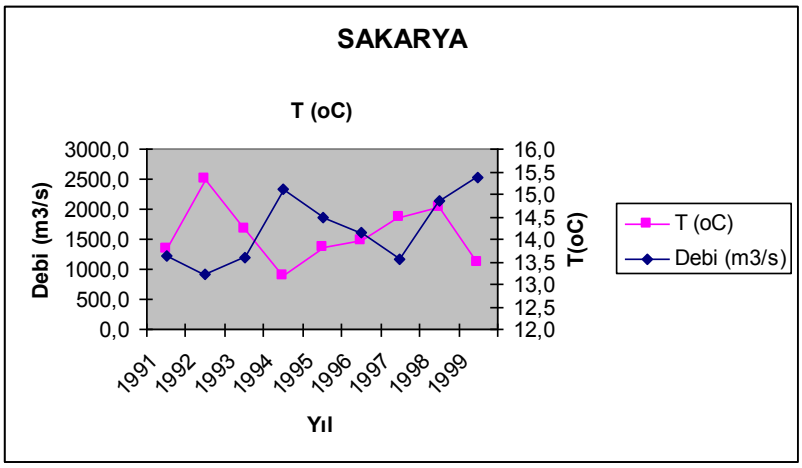
b. Sediment ölçümlerinin, indekslerinin düzenlenmesi ve analizi

<u>Sakarya İline ait Analizler :</u>

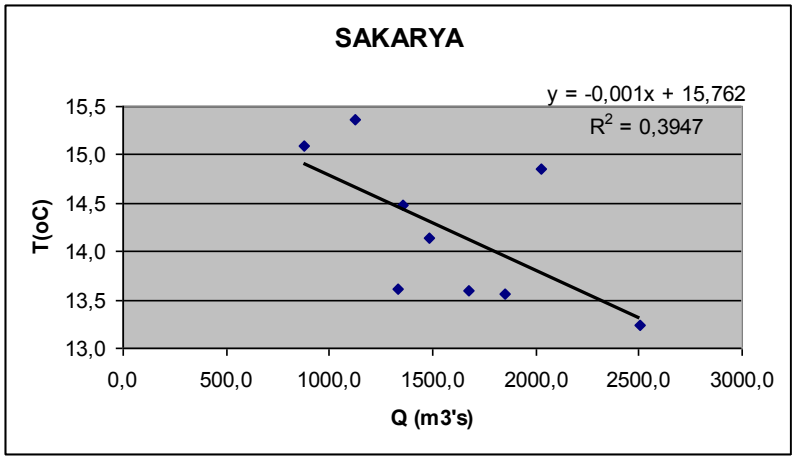
Sediment konsantrasyonu ve erozyon şiddeti ilişkisi Sakarya için 1997-98 yılı kayıtlarına dayalı olarak incelenmiş olup 1992 -1993, 1996-1999 dönemlerinde uyumlu değişim göstermektedir, (Şekil3a).



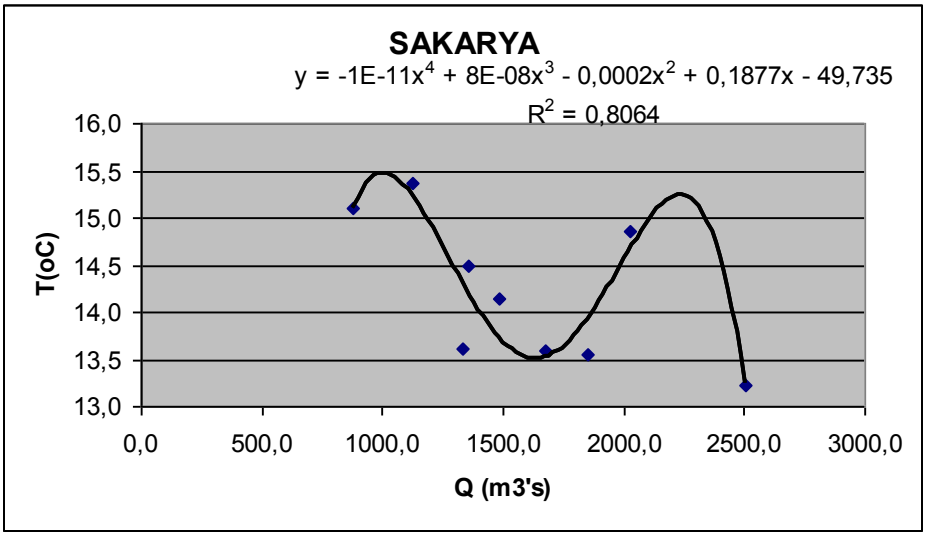
Şekil 3(a). MFI ve sediment analizleri, Sakarya



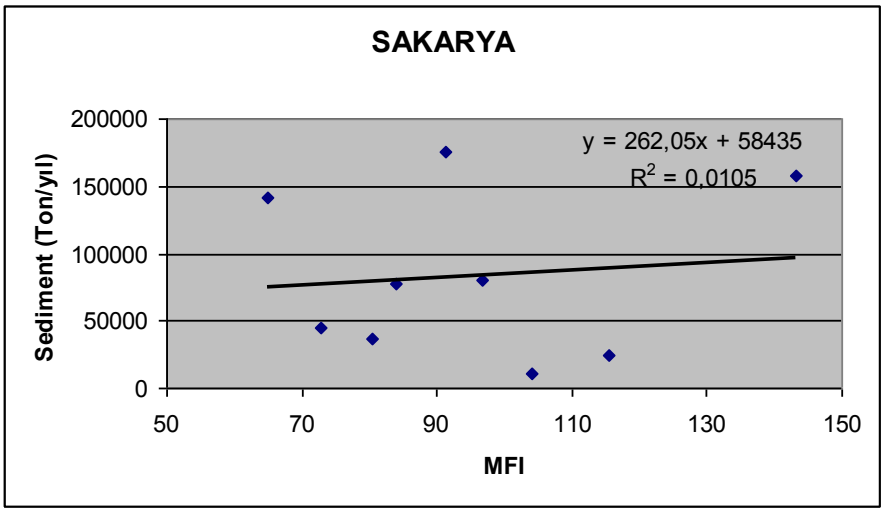
Şekil 3 (b). Hava sıcaklığı ve debi analizleri, Sakarya



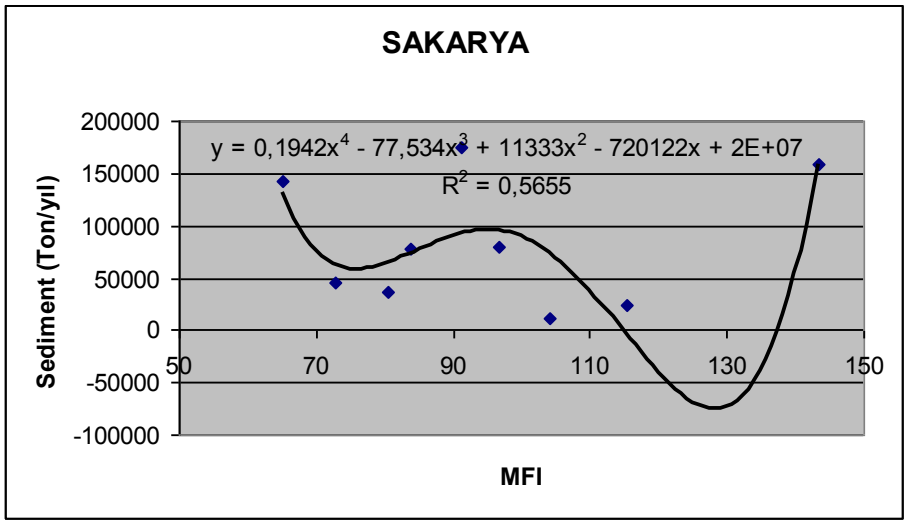
Şekil 3 (c). Hava sıcaklığı ve debi ilişkisi (lineer, Sakarya)



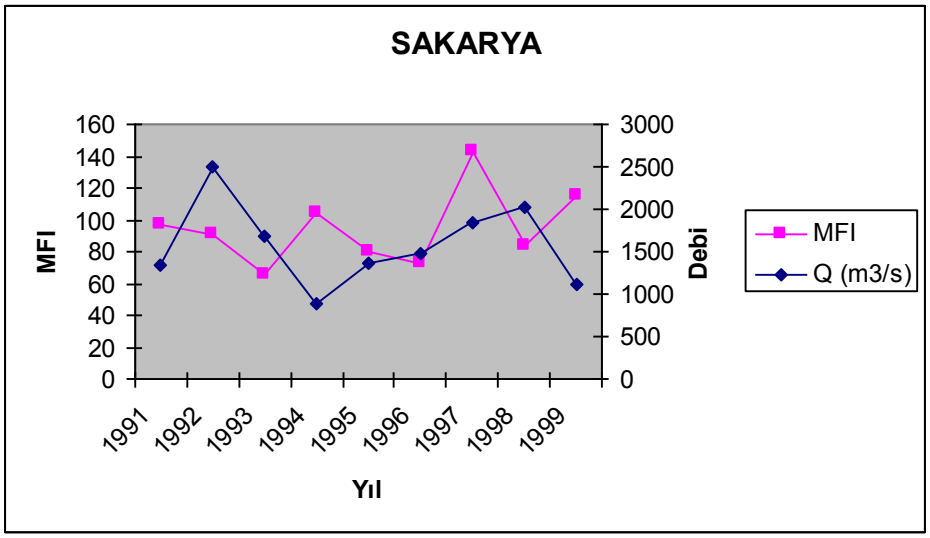
Şekil 3 (d). Hava sıcaklığı ve debi ilişkisi (4. derece polinom, Sakarya)



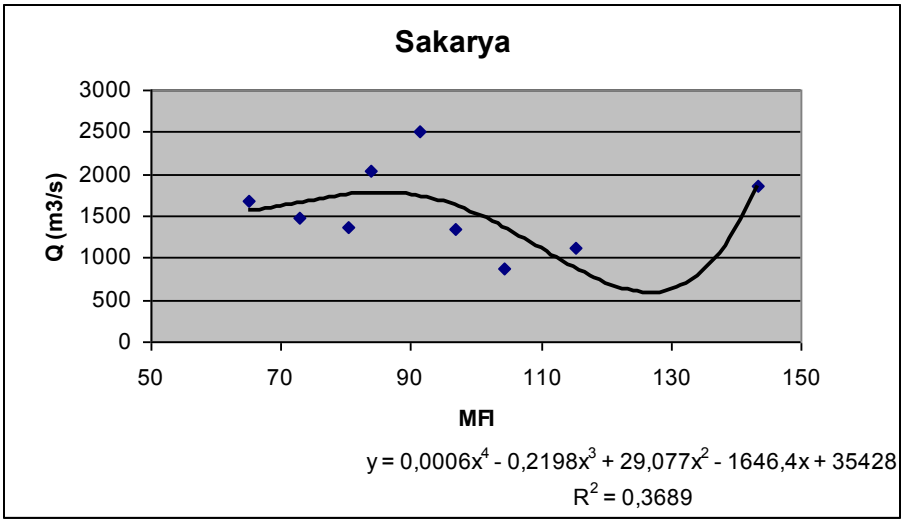
Şekil 3 (e). MFI ve sediment ilişkisi (lineer, Sakarya)



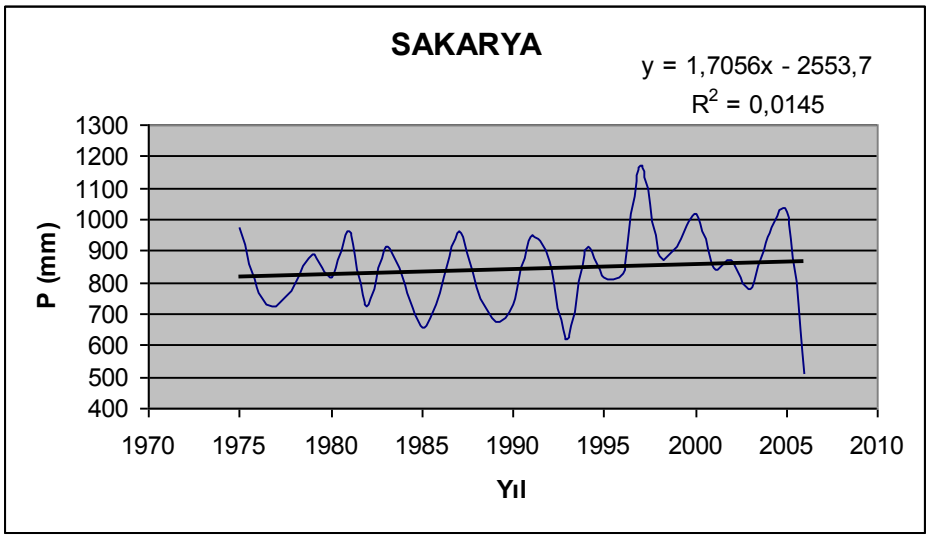
Şekil 3 (f). MFI ve sediment ilişkisi (4. derece polinom, Sakarya)



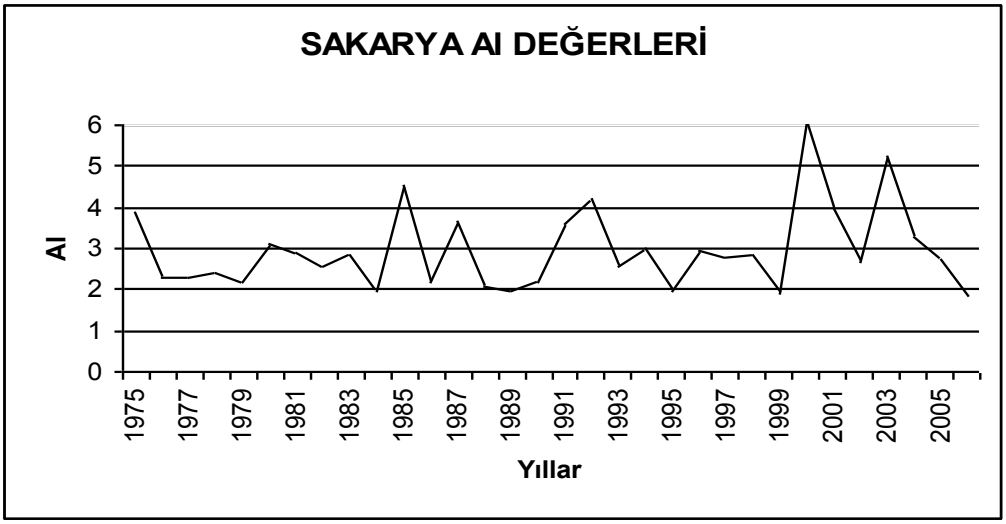
Şekil 3 (g). MFI ve debi değişimi, (Sakarya)



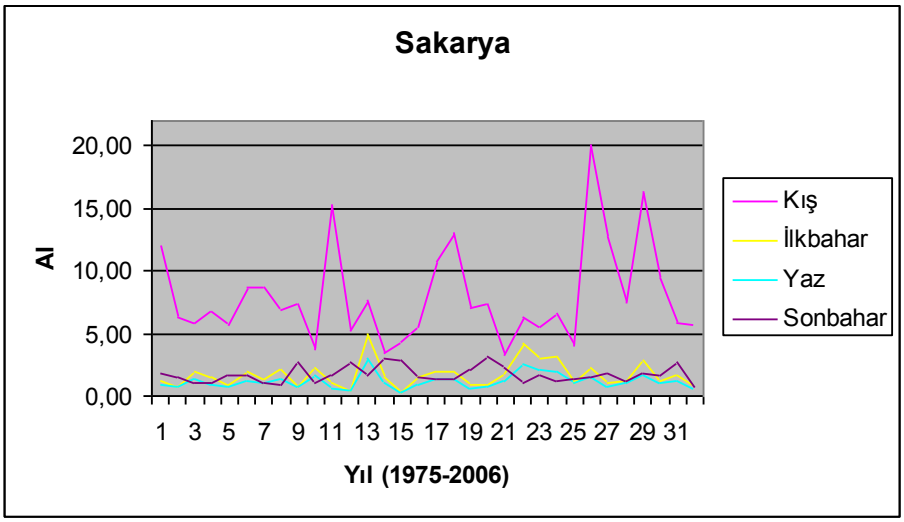
Şekil 3 (h). MFI ve debi ilişkisi (4. derece polinom, Sakarya)



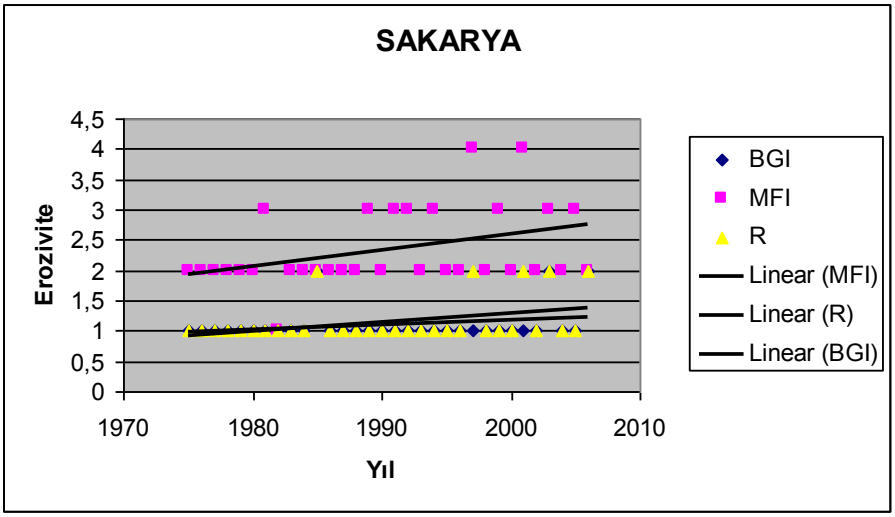
Şekil 3 (i). Yıllık toplam yağış miktarının değişimi, (Sakarya)



Şekil 3 (j). Yıllık kuraklık indeksi değerlerinin değişimi, (Sakarya)

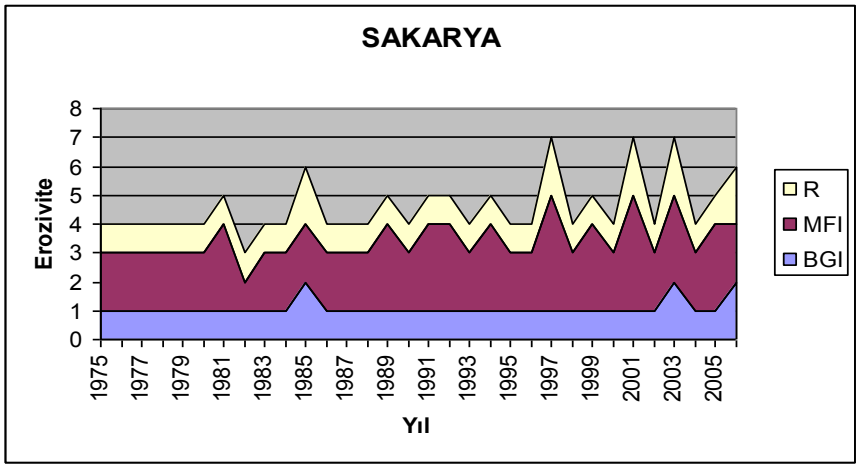


Şekil 3 (k). Mevsimsel kuraklık indeksi değerlerinin değişimi, (Sakarya)

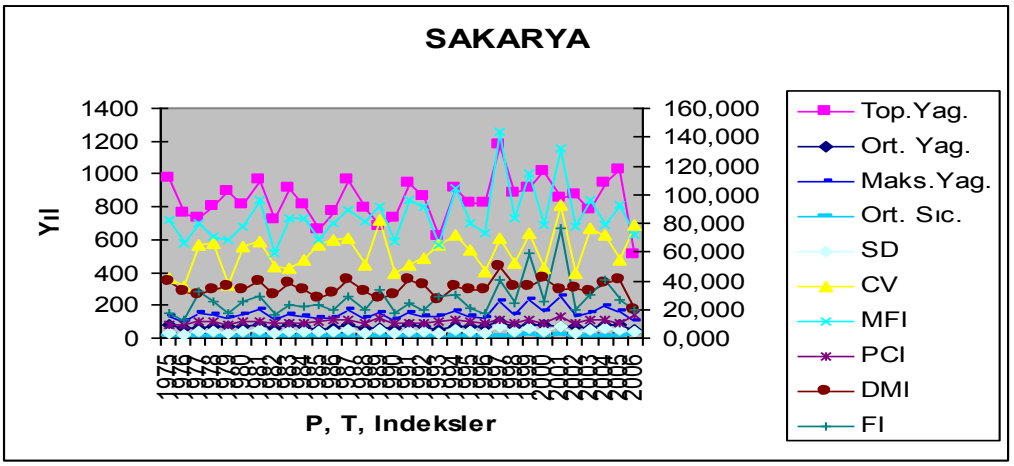


Şekil 3 (l). Yıllık erozivite indeksleri ve yağış değerlerinin değişimi, (Sakarya)

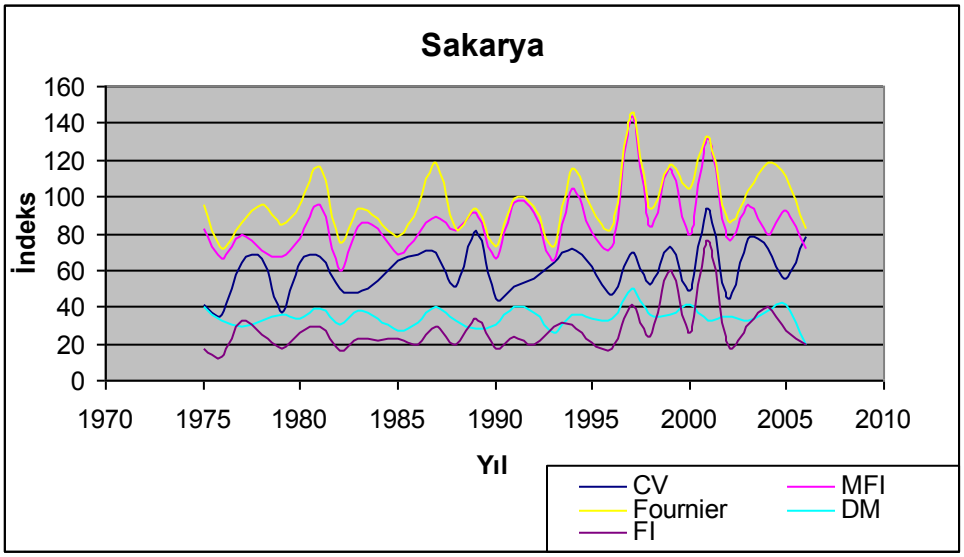
Şekil 3m'de 1990 yılından itibaren El Nino yıllarında (190-1992, 1992-1993, 1994-1995, 1997- 1998) R (yağış) ve MFI değerlerinde artış gözlenmiştir, [8].



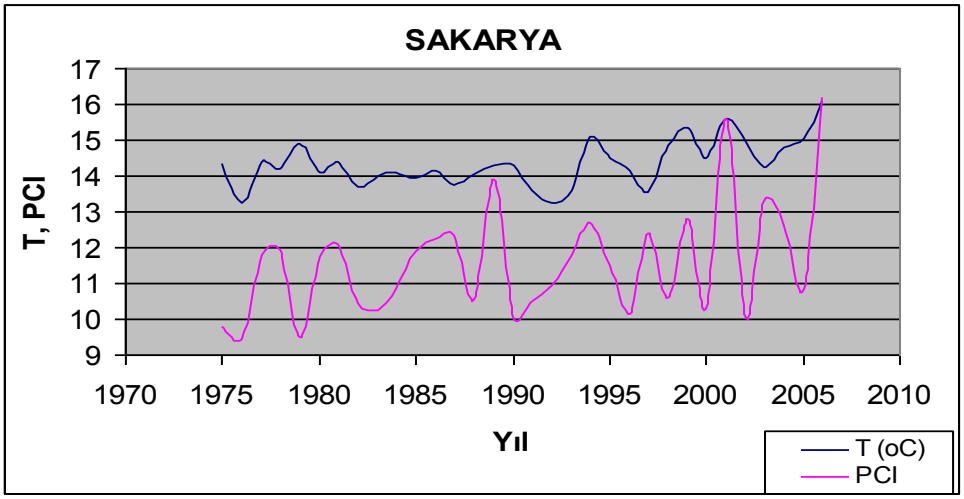
Şekil 3 (m). Yıllık erozivite indeksleri ve yağış değerlerinin değişimi, (Sakarya)



Şekil 3 (n). Yıllık erozivite indeksleri ve yağış değerlerinin değişimi, (Sakarya)



Şekil 3 (o). Yıllık erozivite indeksleri ve yağış değerlerinin değişimi, (Sakarya)



Şekil 3 (p). Yıllık sıcaklık ve yağış indeksi değerlerinin değişimi, (Sakarya)

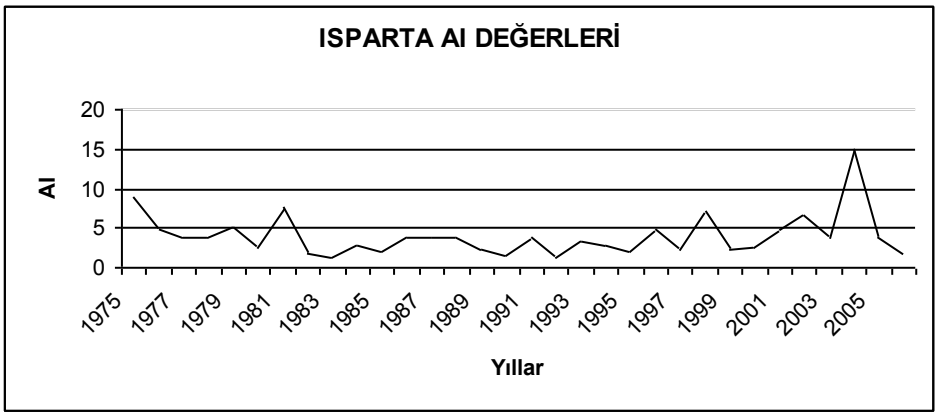
Tablo 2. İndeks Değerleri (Sakarya)

Sakara	Enlem	Boylam	MFI	Demarton	FI	BGI
1975	40.78	30.42	82.423	39.951	16.963	-64.480
1976	40.78	30.42	66.216	32.932	12.962	-64.692
1977	40.78	30.42	79.463	29.724	32.714	-7.771
1978	40.78	30.42	70.832	33.046	25.312	-25.739
1979	40.78	30.42	67.870	35.760	17.528	-72.235
1980	40.78	30.42	77.210	33.839	26.044	-7.819
1981	40.78	30.42	95.902	39.473	29.274	-65.959
1982	40.78	30.42	59.659	30.530	16.705	-20.638
1983	40.78	30.42	83.729	38.167	23.355	-67.997
1984	40.78	30.42	83.221	33.648	21.943	-67.105
1985	40.78	30.42	68.507	27.383	22.981	6.035
1986	40.78	30.42	79.453	31.844	19.816	-8.856
1987	40.78	30.42	89.752	40.646	29.475	-15.984
1988	40.78	30.42	81.431	32.715	19.183	-37.269
1989	40.78	30.42	91.919	27.793	33.675	-13.320
1990	40.78	30.42	66.792	30.095	17.805	-32.867
1991	40.78	30.42	96.711	40.101	24.077	-82.954
1992	40.78	30.42	91.226	37.156	19.396	-31.871
1993	40.78	30.42	65.077	26.203	29.089	-13.948
1994	40.78	30.42	104.197	36.237	30.225	-4.457
1995	40.78	30.42	80.436	33.419	21.004	-25.594
1996	40.78	30.42	72.829	34.194	17.152	-50.266
1997	40.78	30.42	143.294	49.781	41.010	-166.001
1998	40.78	30.42	83.849	35.680	24.406	-52.888
1999	40.78	30.42	115.357	36.124	59.490	-97.063
2000	40.78	30.42	79.225	41.507	25.863	-99.724
2001	40.78	30.42	131.683	33.189	76.719	-2.072
2002	40.78	30.42	77.339	34.957	20.094	-133.713
2003	40.78	30.42	95.999	32.136	30.650	34.142
2004	40.78	30.42	78.992	38.033	40.302	-58.576
2005	40.78	30.42	92.698	40.938	26.766	-75.660
2006	40.78	30.42	71.537	19.593	19.943	13.831

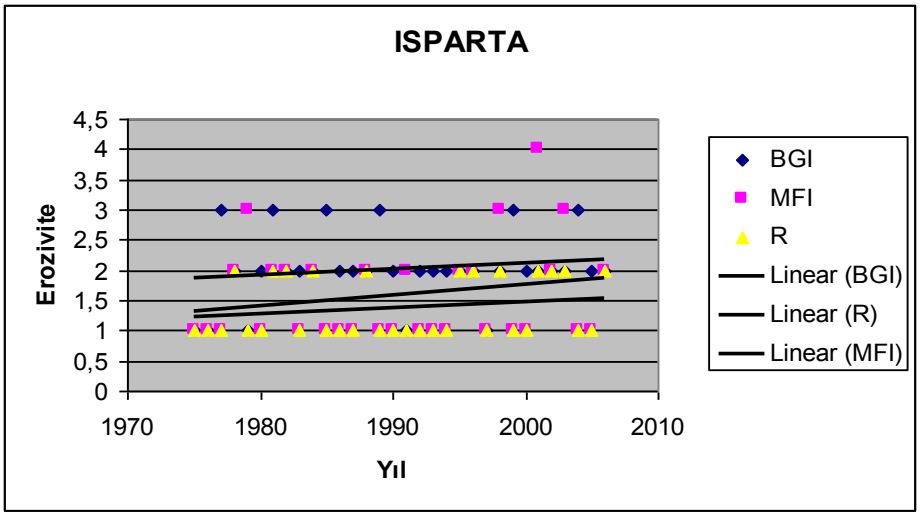
Tablo 3. SCDI, PCI Değerleri (Sakarya)

Sakarya	Enlem	Boylam	SCDI	PCI
1975	40.78	30.42	2.95	9.794
1976	40.78	30.42	-1.69	9.432
1977	40.78	30.42	-2.57	11.806
1978	40.78	30.42	-0.92	11.973
1979	40.78	30.42	1.09	9.495
1980	40.78	30.42	-0.58	11.772
1981	40.78	30.42	2.72	12.087
1982	40.78	30.42	-2.64	10.433
1983	40.78	30.42	1.65	10.270
1984	40.78	30.42	-0.68	10.835
1985	40.78	30.42	-4.13	11.900
1986	40.78	30.42	-1.60	12.237
1987	40.78	30.42	2.75	12.327
1988	40.78	30.42	-1.20	10.528
1989	40.78	30.42	-3.70	13.923
1990	40.78	30.42	-2.46	10.007
1991	40.78	30.42	2.36	10.509
1992	40.78	30.42	0.49	10.951
1993	40.78	30.42	-4.98	11.820
1994	40.78	30.42	1.52	12.675
1995	40.78	30.42	-0.51	11.485
1996	40.78	30.42	-0.35	10.145
1997	40.78	30.42	7.39	12.423
1998	40.78	30.42	1.01	10.576
1999	40.78	30.42	1.68	12.798
2000	40.78	30.42	3.90	10.312
2001	40.78	30.42	0.17	15.580
2002	40.78	30.42	0.69	10.031
2003	40.78	30.42	-1.39	13.279
2004	40.78	30.42	2.28	12.600
2005	40.78	30.42	4.12	10.859
2006	40.78	30.42	-7.36	16.222

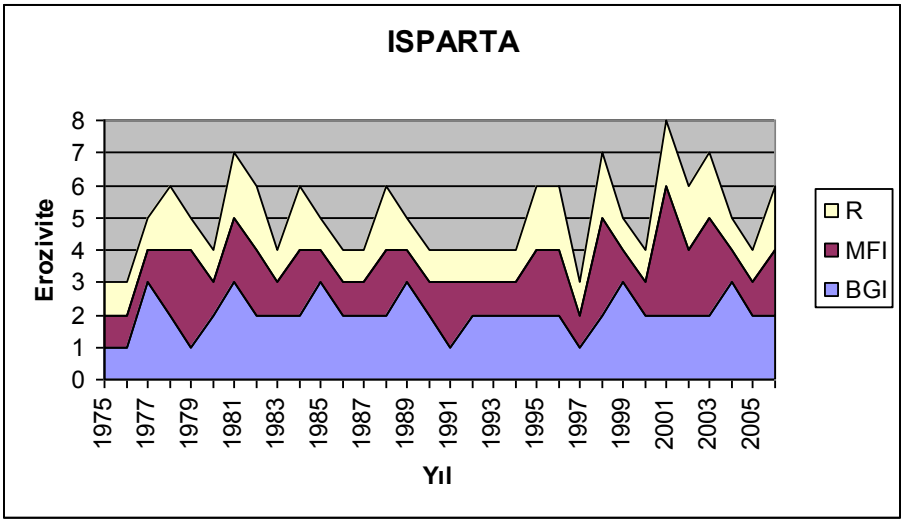
Isparta İline ait Analizler :



Şekil 4 (a). Yıllık kuraklık indeksi değerlerinin değişimi, (Isparta)



Şekil 4 (b).Yıllık erozivite indeksleri ve yağış değerlerinin değişimi, (Isparta)



Şekil 4 (c). Yıllık erozivite indeksleri ve yağış değerlerinin değişimi, (Isparta)

Şekil 4c'de ElNino yıllarında Isparta ve civarında R ve MFI değerlerinde artışlar gözlenmiştir.

Tablo 4. İndeks Değerlerinin Değişimi, (Isparta)

Isparta	Enlem	Boylam	MFI	Demarton	FI	BGI
1975	37.77	30.55	53.212	29.984	78.185	-4.47911
1976	37.77	30.55	54.567	26.277	66.708	-0.40077
1977	37.77	30.55	55.264	15.978	56.254	54.95309
1978	37.77	30.55	82.818	29.793	98.438	43.34027
1979	37.77	30.55	93.404	36.280	120.440	-1.19583
1980	37.77	30.55	40.217	21.799	55.095	43.86263
1981	37.77	30.55	70.177	28.766	121.792	53.17885
1982	37.77	30.55	61.594	24.326	63.012	15.89774
1983	37.77	30.55	48.252	25.471	58.058	7.998527
1984	37.77	30.55	87.982	21.666	93.589	46.80597
1985	37.77	30.55	44.552	21.626	64.306	62.92122
1986	37.77	30.55	42.609	17.248	54.981	49.14849
1987	37.77	30.55	59.492	26.138	63.889	10.05115
1988	37.77	30.55	73.694	28.187	73.780	9.690191
1989	37.77	30.55	45.757	14.485	46.147	63.0016
1990	37.77	30.55	57.967	14.428	58.062	42.73893
1991	37.77	30.55	85.994	27.346	87.915	-0.6082
1992	37.77	30.55	56.047	18.670	56.046	31.80547
1993	37.77	30.55	58.981	16.670	62.622	37.53927
1994	37.77	30.55	47.571	22.831	60.936	13.69613
1995	37.77	30.55	63.371	21.305	67.925	12.57604
1996	37.77	30.55	70.695	24.114	73.997	24.70705
1997	37.77	30.55	50.410	22.863	51.872	-1.13987
1998	37.77	30.55	91.003	29.830	104.399	26.45672
1999	37.77	30.55	34.305	13.414	46.464	60.16986
2000	37.77	30.55	49.200	19.305	51.517	40.47044
2001	37.77	30.55	128.387	26.969	134.303	45.76082
2002	37.77	30.55	79.690	22.472	80.595	4.203601
2003	37.77	30.55	100.929	29.507	101.674	15.60505
2004	37.77	30.55	26.327	21.029	111.140	57.51703
2005	37.77	30.55	38.991	22.082	61.003	30.238
2006	37.77	30.55	78.029	22.189	83.240	1.436301

Tablo 5. SCDI, PCI Değerlerinin Değişimi, (Isparta)

Isparta	Enlem	Boylam	SCDI	PCI
1975	37.77	30.55	3.176471	12.260
1976	37.77	30.55	1.087745	12.017
1977	37.77	30.55	-3.94947	15.806
1978	37.77	30.55	3.727732	14.926
1979	37.77	30.55	7.399438	14.967
1980	37.77	30.55	-1.04397	11.702
1981	37.77	30.55	3.153712	19.126
1982	37.77	30.55	-0.16397	12.463
1983	37.77	30.55	0.417634	10.983
1984	37.77	30.55	-1.22351	20.183
1985	37.77	30.55	-1.07937	13.700
1986	37.77	30.55	-3.30465	14.415
1987	37.77	30.55	1.191423	11.425
1988	37.77	30.55	2.519003	12.061
1989	37.77	30.55	-4.86234	14.430
1990	37.77	30.55	-4.83958	18.105
1991	37.77	30.55	2.164981	14.709
1992	37.77	30.55	-3.23384	14.588
1993	37.77	30.55	-3.75476	17.223
1994	37.77	30.55	0.303841	11.627
1995	37.77	30.55	-0.94788	14.312
1996	37.77	30.55	0.746368	13.663
1997	37.77	30.55	-0.44972	10.494
1998	37.77	30.55	4.410488	15.207
1999	37.77	30.55	-5.05958	14.892
2000	37.77	30.55	-2.12879	12.039
2001	37.77	30.55	3.15877	21.084
2002	37.77	30.55	-0.29294	16.103
2003	37.77	30.55	3.758077	15.389
2004	37.77	30.55	-0.97569	23.472
2005	37.77	30.55	-0.42949	12.321
2006	37.77	30.55	0.52384	15.623

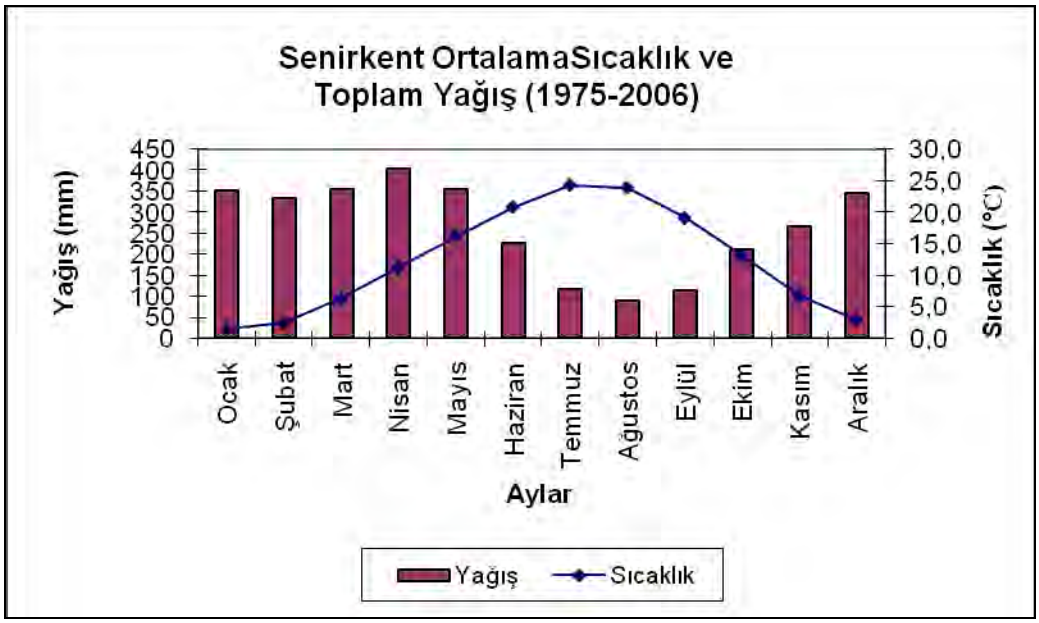
Isparta (Senirkent) Yüzey Verilerinin Analizi

Isparta iline bağlı Senirkent'e ait yağış, sıcaklık, nem, rüzgar gibi meteorolojik parametrelerle su bilançosunun istatistiksel analizleri yapılmıştır. 13 Temmuz 1995 tarihinde gözlenen sel olayı incelendiğinde Temmuz ayının bölgede ortalama sıcaklığın en fazla olduğu aya karşılık geldiği saptanmıştır, (Tablo 6).

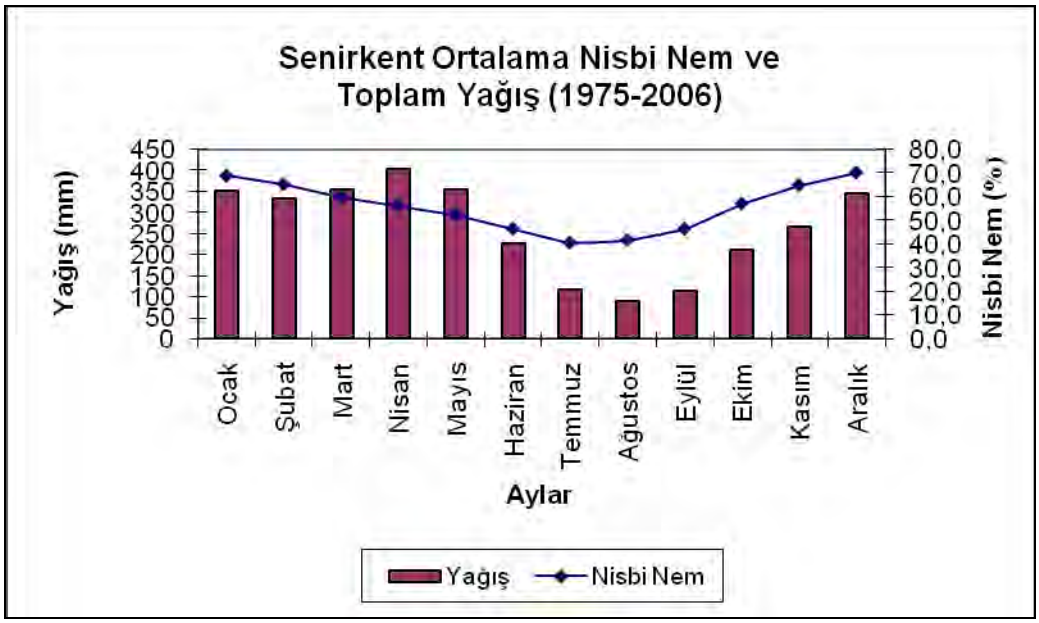
a- Yağış, sıcaklık ve nisbi nem analizleri :

Tablo 6. Senirkent toplam yağış, ortalama sıcaklık ve ortalama nisbi nem (1975-2006)

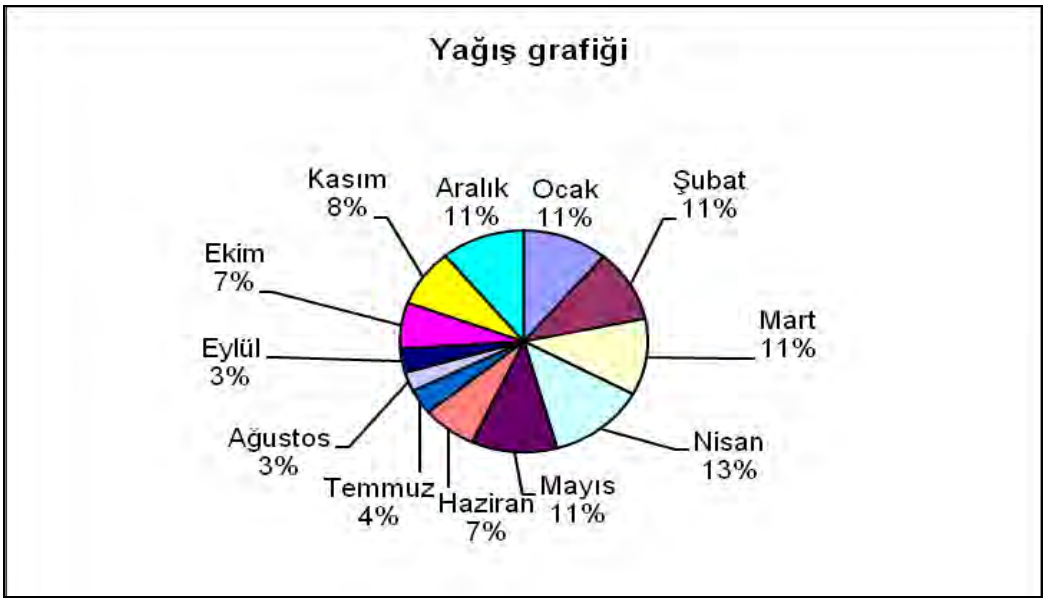
İSTASYON ADI: SENİRKENT			**DMİ**
İstasyon koor : $38^0$06' N/$30^0$33' E			**İstasyon Kotu: 1000 m. Bölgesi : Akdeniz**
Aylar	**Toplam Yağış (mm)**	**Ortalama Sıcaklık(°C)**	**Ortalama Nisbi Nem(%)**
	(1975-2006)	**(1975-2006)**	**(1975-2005)**
Ocak	352	1,5	68,9
Şubat	335	2,5	65,2
Mart	354	6,4	59,9
Nisan	405	11,3	56,4
Mayıs	354	16,3	52,4
Haziran	226	20,9	46,5
Temmuz	115	24,4	40,5
Ağustos	89	24,0	41,8
Eylül	112	19,2	46,5
Ekim	212	13,1	57,1
Kasım	265	6,7	64,9
Aralık	346	3,0	70,2



Şekil 5. Senirkent Ortalama Sıcaklık ve Toplam Yağış



Şekil 6. Senirkent Ortalama Nisbi Nem ve Toplam Yağış



Şekil 7. Senirkent Uzun Yıllar Toplam Yağışın Aylara Göre Yüzdelik Dilimleri (1975-2006)

Şekil 7; 1975-2006 yılları arasında gözlenen uzun dönem ortalama aylık toplam yağış miktarının aylara göre dağılım yüzdelerini göstermektedir.Yağışın en fazla gözlendiği ay Nisan olup, en az gözlendiği ay ise Ağustos ve Eylül aylarıdır.

b- Rüzgar analizi :

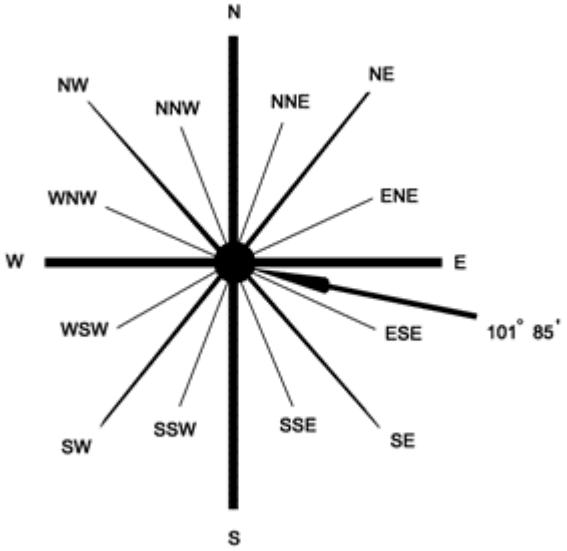
I) Senirkent (Isparta) de Rüzgar Şiddetinin 16 Farklı Yöne Göre (km/sa) Dağılımı, (Tablo 7):

Tablo 7. Senirkent (Isparta) Rüzgar Şiddeti Yön Dağılımı

N Toplam Esme Sayısı: 320 Ortalama Şiddet: 2 Çeviri : 320 * 2 * 3,6 = 2304 km/sa NNE Toplam Esme Sayısı: 1214 Ortalama Şiddet: 2,5 Çeviri :1214 * 2,5 *3,6 = 10926 km/sa NE Toplam Esme Sayısı: 415 Ortalama Şiddet: 2,2 Çeviri : 415 *2,2 *3,6 = 3286,8 km/sa ENE Toplam Esme Sayısı: 1076 Ortalama Şiddet: 2.5 Çeviri : 1076 * 2,5*3,6 = 9684 km/sa E Toplam Esme Sayısı: 388 Ortalama Şiddet: 2,3 Çeviri : 388 * 2,3 * 3,6 = 3212,6 km/sa ESE Toplam Esme Sayısı: 688 Ortalama Şiddet: 2,7 Çeviri : 688 * 2,7 * 3,6 = 6687,3 km/sa SE Toplam Esme Sayısı: 200 Ortalama Şiddet: 2,2 Çeviri : 200 * 2,2 * 3,6 = 1584 km/sa SSE Toplam Esme Sayısı: 504 Ortalama Şiddet: 3,1 Çeviri : 504 * 3,1 * 3,6 = 5624,6 km/sa	S Toplam Esme Sayısı: 280 Ortalama Şiddet: 2,8 Çeviri : 280 * 2,8 * 3,6 = 2822,4 km/sa SSW Toplam Esme Sayısı: 644 Ortalama Şiddet: 3 Çeviri : 644 * 3 * 3,6 = 6955,2 km/sa SW Toplam Esme Sayısı: 175 Ortalama Şiddet: 2 Çeviri : 175 * 2 * 3,6 = 1260 km/sa WSW Toplam Esme Sayısı: 482 Ortalama Şiddet: 2,5 Çeviri : 482 * 2,5 * 3,6 = 4338 km/sa W Toplam Esme Sayısı: 146 Ortalama Şiddet: 1,9 Çeviri : 146 * 1,9 * 3,6 = 998,6 km/sa WNW Toplam Esme Sayısı: 301 Ortalama Şiddet: 2.0 Çeviri : 301 * 2,0 * 3,6 =2167,2 km/sa NW Toplam Esme Sayısı: 119 Ortalama Şiddet: 1,5 Çeviri : 119 * 1,5 * 3,6 = 642,6 km/sa NNW Toplam Esme Sayısı: 539 Ortalama Şiddet: 2,4 Çeviri : 539 * 2,4* 3,6 = 4656,9 km/sa

II) En Şiddetli Esen Rüzgar Yönü:

Isparta İli'ne bağlı Senirkent'e ait en şiddetli esen rüzgar yönü aşağıdaki şekilde sunulmaktadır.



Şekil 8. Senirkent'te En Şiddetli Rüzgar Yönü

III) Senirkent'te Farklı Yönlerden Rüzgarların Esme Sayısı:

Senirkent'te esen rüzgarların 9 yıllık toplam esme sayısı 7518'dir. Aşağıda farklı yönlere ait esme sayıları belirtilmiştir, (Tablo.8).

Tablo 8. Senirkent'te Rüzgar Yönlerine Göre Esme Sayıları

N			SE			WSW		
7518	320		7518	200		7518	482	
100	x	x=%4,2	100	x	x=% 2,6	100	x	x=%6,4
NNE			SSE			W		
7518	1214		7518	504		7518	146	
100	x	x=% 16.1	100	x	x=%6,7	100	x	x=%0,1
NE			S			WNW		
7518	415		7518	280		7518	301	
100	x	x=% 5,5	100	x	x=%3,7	100	x	x=%4
ENE			SSW			NW		
7518	1076		7518	644		7518	119	
100	x	x=% 14,3	100	x	x=%8,5	100	x	x=%1,5
E			SW			NNW		
7518	388		7518	175		7518	539	
100	x	x=% 5,1	100	x	x=%2,3	100	x	x=%7,1
ESE								
7518	688							
100	x	x=% 9,1						

Datalara bakıldığında rüzgar'ın 9 yılda 16 farklı yönden estiği görülmektedir. Rüzgarın en çok estiği yön (hakim rüzgar yönü) ise % 16.1'lik değerle NNE 'dir.

IV) Senirkent'in (Isparta) Thorntwaite Yöntemiyle Su Bütçesinin Hesaplanması:

Toplam 10 işlem basamağının uygulanması sonucunda yapılan hesaplamaların işlem basamaklarının aşağıda verilmiştir:

İşlem 1: Aylık sıcaklık indisinin hesaplanması $İ(t/5)^{1,514}$

$İ_{Ocak}$ $(1,4/5)^{1,514}$ = 0,1
$İ_{Şubat}$ $(2,5/5)^{1,514}$ = 0,3
$İ_{Mart}$ $(6,4/5)^{1,514}$ = 1,4
$İ_{Nisan}$ $(11,2/5)^{1,514}$ = 3,3
$İ_{Mayıs}$ $(16,3/5)^{1,514}$ = 5,9
$İ_{Haziran}$ $(20,9/5)^{1,514}$ = 8,7
$İ_{Temmuz}$ $(24,3/5)^{1,514}$ = 10,9
$İ_{Ağustos}$ $(23,8/5)^{1,514}$ = 10,6
$İ_{Eylül}$ $(19,4/5)^{1,514}$ = 7,7
$İ_{Ekim}$ $(13,2/5)^{1,514}$ = 4,3
$İ_{Kasım}$ $(7,1/5)^{1,514}$ = 1,7
$İ_{Aralık}$ $(3/5)^{1,514}$ = 0,4

İşlem 2: Yıllık sıcaklık indisi hesaplanması.

Aylık sıcaklık indislerinin toplanmasıyla bulunur.

TE= 53,3

İşlem 3: a değerinin bulunması.

a = 0,016 * TE + 0,5
a = 1,352

İşlem 4: Düzeltilmemiş PE (Potansiyel evapotranspirasyon) değerinin bulunması.

$E = 16 * Ia (10 * t / TE)^{a}$

$E_{Ocak} = 16 * 0,85 (10 * 1,4 / 53,3)^{1,352} = 2.2$
$E_{Şubat} = 16 * 0,84 (10 * 2,5 / 53,3)^{1,352} = 4,8$
$E_{Mart} = 16 * 1,03 (10 * 6,4 / 53,3)^{1,352} = 21,1$
$E_{Nisan} = 16 * 1,1 (10 * 11,2 / 53,3)^{1,352} = 48$
$E_{Mayıs} = 16 * 1,22(10 * 16,3 / 53,3)^{1,352} = 88,4$
$E_{Haziran} = 16 * 1,23 (10 * 20,9 / 53,3)^{1,352} = 124,8$
$E_{Temmuz} = 16 * 1,25 (10 * 24,3 / 53,3)^{1,352} = 155,5$
$E_{Ağustos} = 16 * 1,17 (10 * 23,8 / 53,3)^{1,352} = 141,5$
$E_{Eylül} = 16 * 1,03 (10 * 19,4 / 53,3)^{1,352} = 94,5$
$E_{Ekim} = 16 * 0,97 (10 * 13,2 / 53,3)^{1,352} = 52,8$
$E_{Kasım} = 16 * 0,84 (10 * 7,1 / 53,3)^{1,352} = 19,8$
$E_{Aralık} = 16 * 0,87(10 * 3 / 53,3)^{1,352} = 6,3$

İşlem 5: Düzeltilmiş PE (Potansiyel evapotransparasyon) değerinin bulunması.

Düzeltilmemiş PE * Ia = Düzeltilmiş PE

Bu işlemin sonuçları tablo üzerinde gösterilmiştir.

İşlem 6: Toprakta depolanan suyun aylık değişimi ve depolanan suyun hesaplanması.

Bu işlem tablo dikkate alınarak yapılır.

İlk önce yağışın, düzeltilmiş PE'den fazla olduğu ilk ay hareket noktası olarak alınmıştır, buna göre bilançonun başlangıç ayı olan Kasım ayıdır. Yağış miktarı, düzeltilmiş PE'den çıkarılarak toprakta depolanan suyun aylık değişimi 60,3 bulunmuştur. Bu fark toprakta birikmeye başlayacağından toprakta depolanan su miktarı 60,3 olup bu değer tabloya kaydedilmiştir. Bundan sonrası için; bir önceki ayın toprakta depolanan su miktarı ile bir sonraki ayın toprakta depolanan suyun aylık değişimi toplanıp o ayın depo edilen su miktarı bulunmuştur.

Aralık ayı için ise yine yağış, düzeltilmiş PE'den çıkarıldığında 109,1 mm bulunmuştur. Bir önceki ayın toprakta depolanan su miktarı ile sonraki ayın toprakta depolanan suyun aylık değişimi toplanarak 109,1+60,3 işlemi sonucunda 169,4 mm elde edilmiştir. Ancak toprakta depolanan su 100 mm fazla olmayacağı için Aralık ayında depolanan suyun aylık değişimine 39,7mm yazılarak böylece depolanan su 100mm'ye tamamlanmıştır.

Toprakta depolanan su 100mm'ye ulaştığı aydan sonraki aylarda ise; yağış, düzeltilmiş PE'den fazla ise, bu aylara ait depolanan suyun aylık değişimi = 0 ve depolanan su miktarı ise 100mm olarak tabloya işlenmiştir. Ocak, Şubat, Mart, Nisan aylarındaki durumun bu şekilde olduğu görülmektedir.

Mayıs ayında ise düzeltilmiş PE, yağıştan fazladır. Yine arasındaki fark alınarak depolanan suyun aylık değişimi bulunmuştur. 107,8-59,7=48,1 miktarında su atmosfere buharlaşma yoluyla karışmıştır. Bu buharlaşan su Nisan ayına ait olduğu için 100 – 48,1 = 51,9 mm Mayıs ayında toprakta depolanan su miktarıdır.

Haziran ayında ise PE, yağıştan fazladır. Ayrıca Mayıs ayında toprakta depolanan su 51,9mm olarak kalmıştır. Bu su atmosfere buharlaşarak karışmıştır. Bununla Haziran ayı depolanan suyun aylık değişimi -51,9mm olmuştur. Depolanan su kalmadığından, depolanan su hanesine 0 yazılmıştır.

Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim aylarında ise depolanan su kalmadığı görülmektedir. PE, yağıştan fazla olduğundan depolanan suyun aylık değişimi ve depolanan su 0 olarak belirtilmiştir.

İşlem 7: Gerçek evapotrasparasyon'un hesaplanması:

1. Aşama: Aşağıdaki koşullardan biri ya da hepsi varsa Gerçek Evapotranspirasyon = Düzeltilmiş PE'dir.

a) Yağış miktarının, düzeltilmiş PE'den fazla olması.
b) Toprakta depolanan suyun 100 mm olması.
c) Yağış miktarı, düzeltilmiş PE'den az ancak, toprakta depolanan suyun ve yağış miktarının düzeltilmiş PE'yi karşılaması.
Buna göre Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan aylarında yağış miktarı, düzeltilmiş PE'den fazla olduğundan gerçek evapotranspirasyon değerleri düzeltilmiş PE'ye eşittir.

Mayıs ayı için; Nisan'dan toprakta 100 mm su depolanmıştır ve Mayıs ayında toprağa düşen yağış miktarı, Mayıs ayının PE'sini karşılamıştır (100+59,7). Buna göre Mayıs ayının gerçek evapotranspiarasyonu = Düzeltilmiş PE değeridir.

2.Aşama: 1. aşamada sayılan koşullara uymayan aylar için, Gerçek evapotrasparasyon = Toprakta depolanan su + Yağış miktarı şeklindedir. Eğer toprakta depolanan su yoksa Gerçek evapotranspirasyon = Yağış miktarı'dır.

Haziran ayında, Mayıs ayından toprakta depolanan su 51,9mm'dir. Yağış miktarı ise 34,5 mm'dir. Buna göre gerçek evapotranspirasyon =86,4mm'dir.

Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim aylarında ise depolanan su yoktur. Buna göre yağış miktarı, gerçek evapotranspirasyonu oluşturur.

İşlem 8 : Su Açığının Hesaplanması:

a) Aşağıdaki koşullardan biri ya da hepsi varsa su açığı vardır.
b) Toprakta depolanmış suyun tükenmesi
c) Toprakta depolanmış su + Yağış miktarının toplamının = PE'yi karşılayamaması durumunda

Buna göre Su Açığı= Düzeltilmiş PE - Gerçek Evapotranspirasyon'dur.

Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs aylarında su açığı yoktur. (Mayıs ayı için; Nisan'dan toprakta 100 mm su depolanmıştır). Su açığı; Haziran=67,1mm, Temmuz=178,4 mm, Ağustos=153,5 mm, Eylül=82,8 mm, Ekim=10,2mm'dir. Bu aylık su açıkları toplanıp, bilançonun yıllık hanesine yazılmıştır.

Yıllık su açığı=492mm'dir.

İşlem 9: Su fazlasının hesaplanması:

Toprakta depolanmış suyun 100 mm olduğu aylara ait depolanan suyun aylık değişimi miktarı 0 mm ise su fazlası var demektir.

Su fazlası=Aylık yağış – Aylık Düzeltilmiş PE'dir.

Buna göre;

Aralık ayında şu durum vardır: Kasım ayında depolanan su 60,3mm'dir, Aralık ayında depolanan su miktarını 100mm'ye tamamlamak için, Aralık ayı depolanan suyun aylık değişimine 39,7 mm yazılmıştır. Bu değer ile PE değerinin toplamı 39,7+5,4=45,1mm'dir. Yağış miktarı ise 114,5mm'dir. Su fazlası=114,5-45,1=69,4mm olmaktadır.

Ocak : 88,8 mm
Şubat: 71,3 mm
Mart : 50,2 mm
Nisan : 17,7 mm

Toprakta depolanmış suyun 100mm'ye ulaşmadığı aylarda su fazlası yoktur yani 0 mm'dir. Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım aylarında su fazlası yoktur. Bu aylık su fazlaları toplanıp, bilançonun yıllık hanesine yazılmıştır.

İşlem 10: Yüzeysel akış miktarının hesaplanması:

Yüzeysel akış miktarının hesaplanmasında su fazlasının ilk görüldüğü aydan başlanır ve o aya ait su fazlasının ikiye bölünmesiyle elde edilen değer hesaplanan ayın hanesine, diğer yarısı ise bir sonraki ayın su fazlasıyla toplanarak tekrar ikiye bölünür. Bu şekilde tüm aylar hesaplanır ve çıkan değerlerin toplamı bilançonun yıllık hanesine yazılır. Su fazlası olmayan aylarda ise en son çıkan değerin ikiye bölünmesiyle bulunur.

İşlem 11: Nemlilik oranının hesaplanması:

Nemlilik oranını= P - e / e

P=Aylık yağış miktarı
e= Aylık Düzeltilmiş PE

Bulunan değerler (+) ise o ay için su yeterli, (-) ise su yetersizdir.

Senirkent ilçesinin su bilançosunun yapım aşamasında elde edilen bütün değerler, su bilançosu tablosuna işlenmiştir, (Tablo.9)

a) Yıllık PE=Yıllık Gerçek Evapotranspirasyon + Yıllık su açığı

(Yıllık PE = 379.9 + 492 = 871.9mm)

b) Yıllık yağış = Yıllık Gerçek Evapotranspirasyon + Yıllık su fazlası

(Yıllık yağış = 379.9 + 297.4 = 677.3mm)

İşlemleri yapıldığında su bilançosunun doğru olduğu görülmektedir.

Tablo 9. Senirkent İlçesi Su Bilançosu Tablosu

Meteorolojik Eleman	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Sıcaklık	1.4	2.5	6.4	11.2	16.3	20.9	24.3	23.8	19.4	13.2	7.1	3	12.4
Ia	0.85	0.84	1.03	1.1	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	0.97	0.84	0.87	1.03
Sıcaklık İndisi	0.1	0.3	1.4	3.3	5.9	8.7	10.9	10.6	7.7	4.3	1.7	0.4	55.3
Düzeltilmemiş PE (mm)	2.2	4.8	21.1	48	88.4	124.8	155.5	141.5	94.5	52.8	19.8	6.3	
Düzeltilmiş PE (mm)	1.8	4	21.7	52.8	107.8	153.5	194.3	165.5	97.3	51.2	16.6	5.4	871.9
Yağış (mm)	90.6	75.3	71.9	70.5	59.7	34.5	15.9	12	14.5	41	76.9	114.5	677.3
Depolanan Suyun Aylık Değişimi (mm)	0	0	0	0	-48.1	-51.9	0	0	0	0	60.3	39.7	
Depolanan Su (mm)	100	100	100	100	51.9	0	0	0	0	0	60.3	100	
Gerçek evapotranspirasyon (mm)	1.8	4	21.7	52.8	107.8	86.4	15.9	12	14.5	41	16.6	5.4	379.9
Su Açığı (mm)	0	0	0	0	0	67.1	178.4	153.5	82.8	10.2	0	0	492
Su Fazlası (mm)	88.8	71.3	50.2	17.7	0	0	0	0	0	0	0	69.4	297.4
Yüzeysel Akış (mm)	61.7	66.5	58.3	38	19	9.5	4.7	2.3	1.1	0.5	0.2	34.7	296.5
Nemlilik Oranı	49.3	17.8	2.3	0.3	-0.4	-0.7	-0.9	-0.9	-0.8	-0.1	3.6	20.2	

V) Su Bilançosu Düzenlenmiş Bir İstasyonda İklim Tipinin Belirlenmesi:

İklim tipinin Belirlenmesinde Kullanılan İndisler

i) Yağış Etkenliği İndisi:

$$I_m = \frac{100s - 60d}{n}$$

formülünden yaralanılarak belirlenir.

I_m = Yağış Etkenliği İndisi
s = Yıllık su fazlası (mm)
d = Yıllık su açığı (mm)
n = Yıllık evapotranspirasyon (mm)

İşlem : $\frac{(100*297.4)-(60*492)}{871.9} = 0.2$

Yağış Etkenliği İndisi	Yağış Etkenliği	İklim Tipi	Simge
100'den büyük	Çok Nemli		A
80-100	Nemli		B4
60-80	Nemli		B3
40-60	Nemli		B2
20-40	Nemli	Nemli iklim	B1
0-20	Yarı Nemli		C2 (İstasyonumuz)
(-20)-0	Kurak-Az Nemli		C1
(-40)-(20)	Yarı Kurak		D
(-40) tan küçük	Kurak (Çöl)	Kurak İklim	E

ii) Sıcaklık Etkenliği İndisi:

Yıllık PE'ye göre hesaplanır. Yıllık PE 871,9mm'dir.

Yıllık PE(mm)	İklim Tipi	Simge
142 ve daha az	Don (Çok düşük sıcaklıktaki iklimler)	E'
142-285	Tundra	D'
285-427	Mikrotermal	CI'
427-570	(Düşük sıcaklıktaki iklimler)	C2'
570-712		BI'
712-855	Mezotermal	B2'
855-997	(Orta sıcaklıktaki iklimler)	B3' (İstasyonumuz)
997-1140		B4'
1140 ve fazlası	(Yüksek sıcaklıktaki iklimler)	A'

iii) Yağış Rejimine Göre Belirlenen İklimler:

İki gruba ayrılır. İklim tipi tayin edilen yer yağışlı iklimler içerisinde yer alıyorsa kuraklık, kurak iklimler içersinde yer alıyorsa nemlilik indislerine bakılır. Buna göre bizim bölgemiz nemli iklim içersinde yer alır. Bunun için nemli iklimler İçin kuraklık indisine bakacağız.

Kuraklık indisi (la)	Simgesi	Anlamı
0-16,7	r	Su açığı yok veya pek az
16,7-33,3	s	Yazın orta derecede su açığı
16,7-33,3	w	Kışın orta derecede su açığı
20 ve daha fazlası	s2	Yazın çok kuvvetli su açığı (İstasyonumuz)
20 ve daha fazlası	w2	Kışın çok kuvvetli su açığı

Formül: $Ih = \frac{100d}{n}$

la: Kuraklık indisi
d: Yıllık su açığı
n: Yıllık düzeltilmiş PE

İşlem: 100*492/871,9=56,4

VI) Yıllık Düzeltilmiş PE'nin Üç Yaz Ayına Ait Düzeltilmiş PE Değerleri Toplamına Oranı İndisi:

Haziran, Temmuz, Ağustos aylarının sırasıyla düzeltilmiş PE'si ve toplamı: 513,3 mm'dir.

%100 871.9mm (Yıllık düzeltilmiş PE)
X 513.3mm
X= %58.8

Yaz Ayına Oranı %	Simgesi	Anlamı
48'den küçük	a'	Tam okyanusal iklim koşulları
48-51,9	b4'	
51,9-56,3	bl'	
56,3-61,6	b2'	Okyanusal iklim etkisine yakın koşullar (İstasyonumuz)
61,6-69,0	bl'	
68,0-76	c2'	Karasal iklim etkisine yakın koşullar
	cl'	
76,3-88,0	d'	Tam karasal iklim koşulları
88'den büyük		

Senirkent'in İklim Tipi:

Thornwait Yöntemine göre Senirkent; Yarı nemli, orta sıcaklıkta, yazın çok kuvvetli su açığı olan okyanussal iklim etkisine yakın koşullara sahip tali iklim tipine girmektedir.

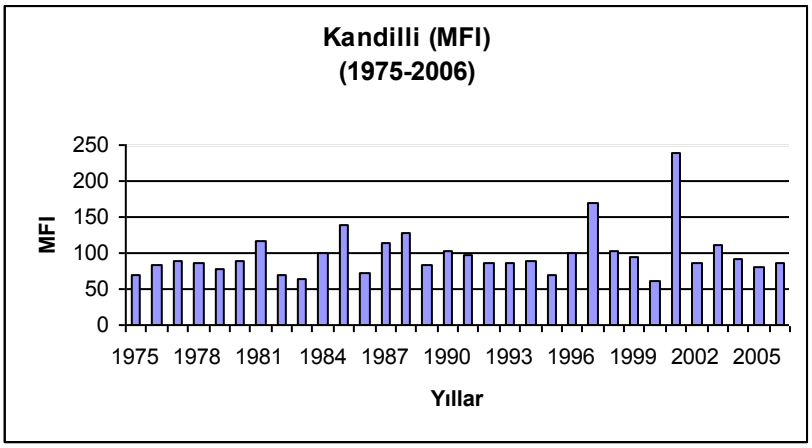
KANDİLLİ, ISPARTA, SAKARYA, ESKİŞEHİR GÖZLEM İSTASYONU ANALİZLERİ

a- Kandilli :

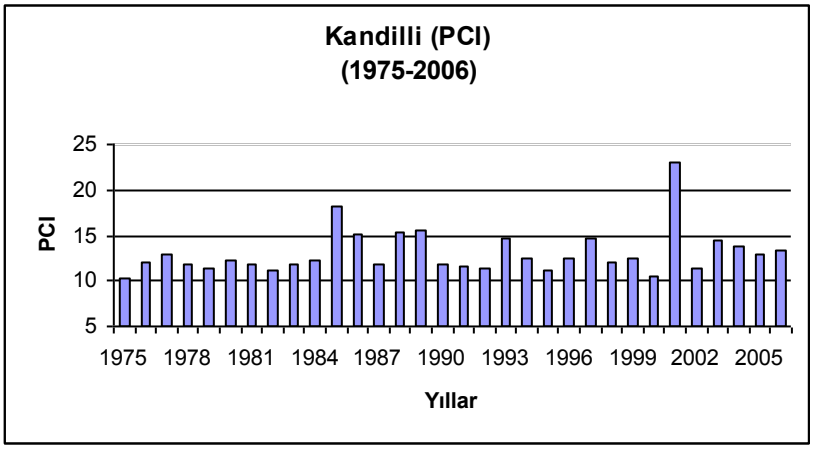
Modifiye Fournier İndeksi (MFI) ve Aylık Yağış Konsantre İndeksi (PCI) değerleri aşağıda verilmiştir, (Tablo 10).

Tablo 10. Kandilli İstasyonu için MFI ve PCI değerleri (1975-2006)

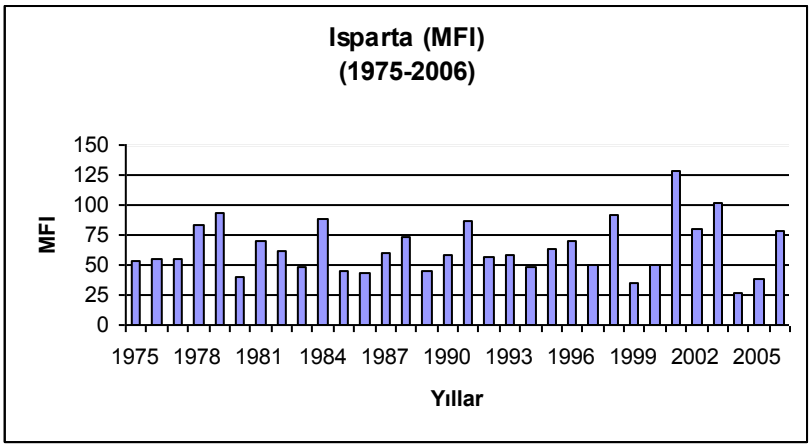
Yıl	Toplam Yağış	P (Yag.>ortyag)	Q=P-1	MFI	Sınıf	PCI	Sınıf
1975	869,9	0,58	0,42	89,39	Düşük	8,64	Üniform
1976	734,8	0,42	0,58	88,84	Düşük	8,32	Üniform
1977	736,3	0,58	0,42	95,07	Orta	7,01	-
1978	929,9	0,58	0,42	109,47	Orta	10,50	Orta Mevsimsel
1979	899,6	0,50	0,50	102,77	Orta	9,38	Üniform
1980	921,52	0,42	0,58	112,72	Orta	10,51	Orta Mevsimsel
1981	1289,4	0,42	0,58	151,71	Yüksek	8,66	Üniform
1982	759,7	0,42	0,58	84,59	Düşük	8,13	Üniform
1983	738,3	0,50	0,50	87,25	Düşük	11,54	Orta Mevsimsel
1984	911,4	0,42	0,58	112,49	Orta	12,16	Orta Mevsimsel
1985	984,3	0,42	0,58	179,73	Çok Yüksek	17,67	Mevsimsel
1986	745,9	0,42	0,58	112,35	Orta	12,80	Orta Mevsimsel
1987	1118,2	0,58	0,42	131,29	Yüksek	8,75	Üniform
1988	846,3	0,25	0,75	129,72	Yüksek	10,61	Orta Mevsimsel
1989	556,1	0,33	0,67	86,25	Düşük	13,29	Orta Mevsimsel
1990	869,3	0,42	0,58	103,48	Orta	7,92	-
1991	872,7	0,33	0,67	101,91	Orta	6,96	-
1992	755,1	0,50	0,50	86,45	Düşük	9,65	Üniform
1993	658,4	0,42	0,58	96,24	Orta	13,79	Orta Mevsimsel
1994	756,2	0,42	0,58	94,13	Orta	8,62	Üniform
1995	870,4	0,50	0,50	96,52	Orta	10,02	Orta Mevsimsel
1996	874,7	0,58	0,42	109,85	Orta	8,01	-
1997	1169,7	0,33	0,67	172,43	Çok Yüksek	11,15	Orta Mevsimsel
1998	877,8	0,42	0,58	105,80	Orta	8,95	Üniform
1999	796,3	0,50	0,50	99,24	Orta	9,18	Üniform
2000	809,7	0,50	0,50	85,54	Düşük	9,39	Üniform
2001	1049,8	0,17	0,83	240,68	Çok Yüksek	5,98	-
2002	846	0,42	0,58	95,47	Orta	10,19	Orta Mevsimsel
2003	829,1	0,50	0,50	119,60	Yüksek	12,05	Orta Mevsimsel
2004	950	0,33	0,67	131,71	Yüksek	13,51	Orta Mevsimsel
2005	889,5	0,42	0,58	114,62	Orta	10,76	Orta Mevsimsel
2006	840,2	0,50	0,50	111,59	Orta	13,16	Orta Mevsimsel



Şekil 9. Kandilli MFI değerleri (1975-2006)

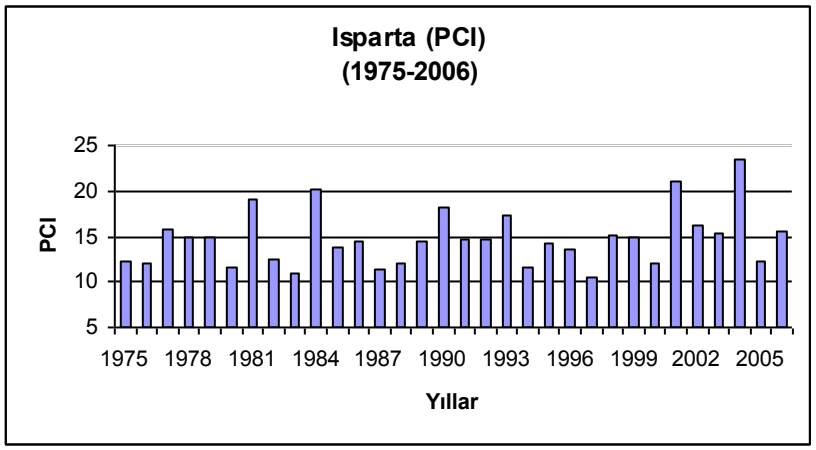


Şekil 10. Kandilli PCI değerleri (1975-2006)

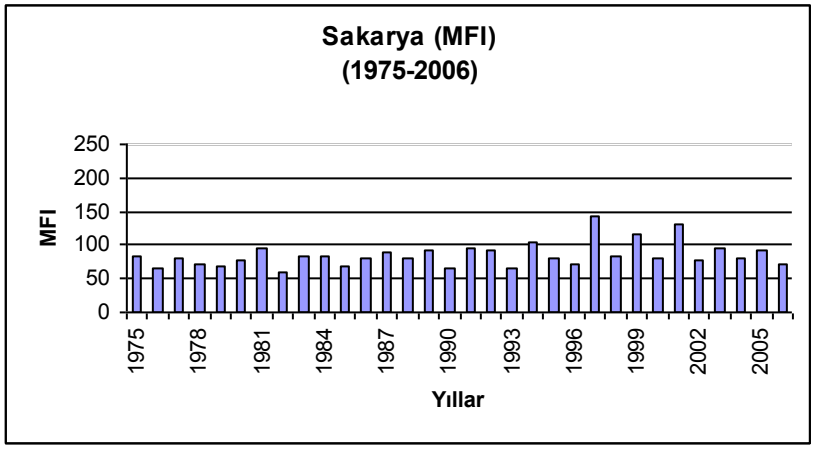


Şekil 11. Isparta MFI değerleri (1975-2006)

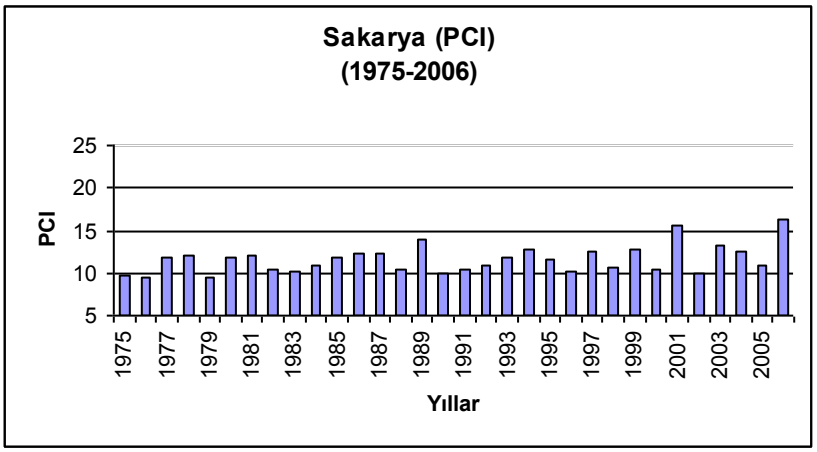
MFI değerlerinin değişimi incelendiğinde, Isparta ve civarında El NINO etkisinin önemli olduğu gözlenmektedir, (Şekil11).



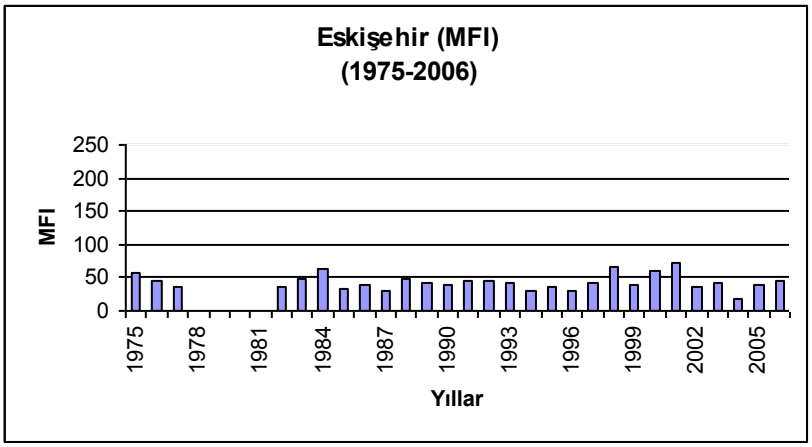
Şekil 12. Isparta PCI değerleri (1975-2006)



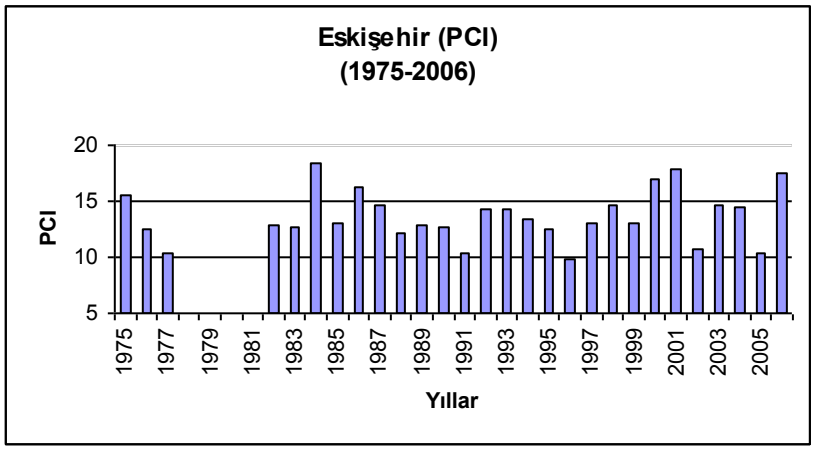
Şekil 13. Sakarya MFI değerleri (1975-2006)



Şekil 14. Sakarya PCI değerleri (1975-2006)



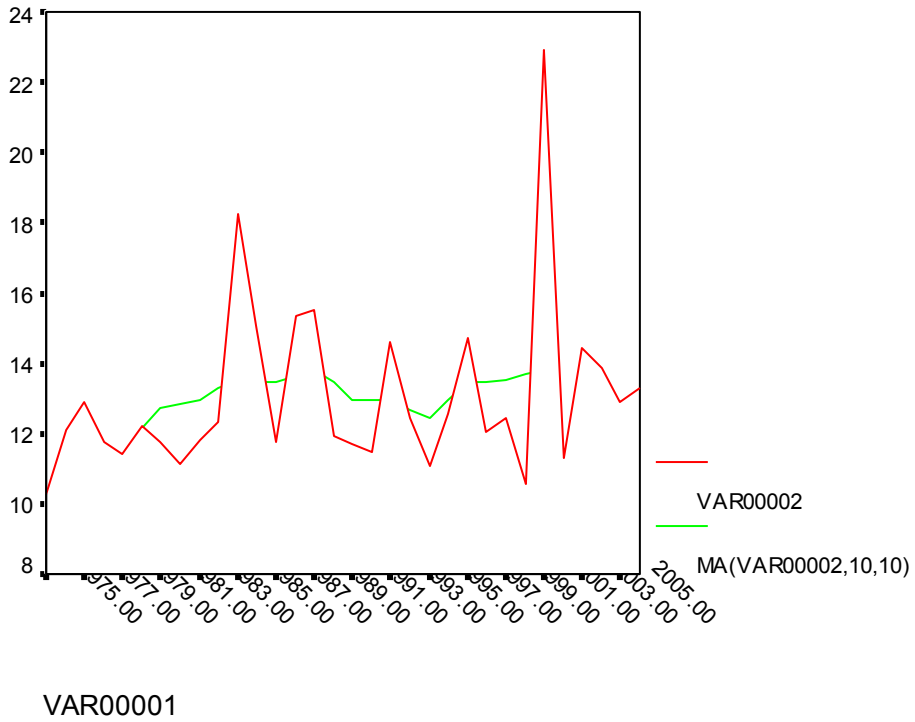
Şekil 15. Eskişehir MFI değerleri (1975-2006)



Şekil 16. Eskişehir PCI değerleri (1975-2006)

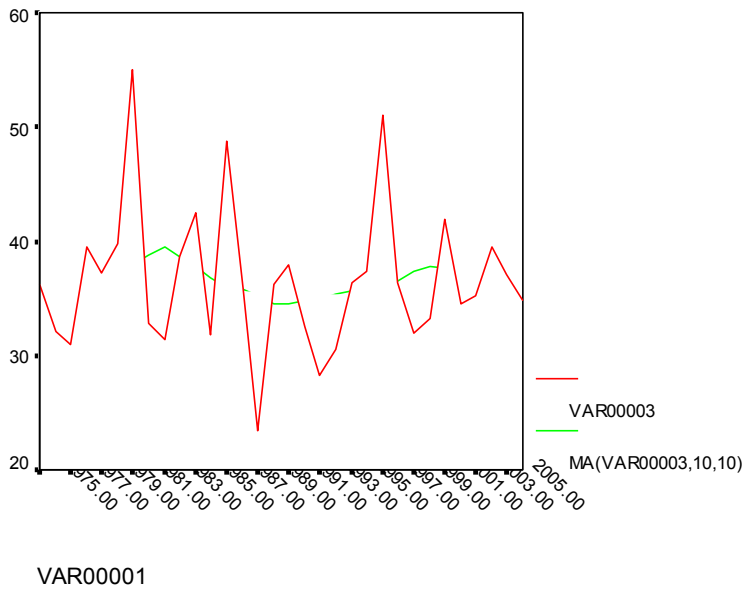
Kandilli, Isparta, Sakarya, Eskişehir Yağış İndeksi Verilerinin Kayan Ortalama Yöntemine Göre Grafiksel Gösterimi

I) Kandilli :



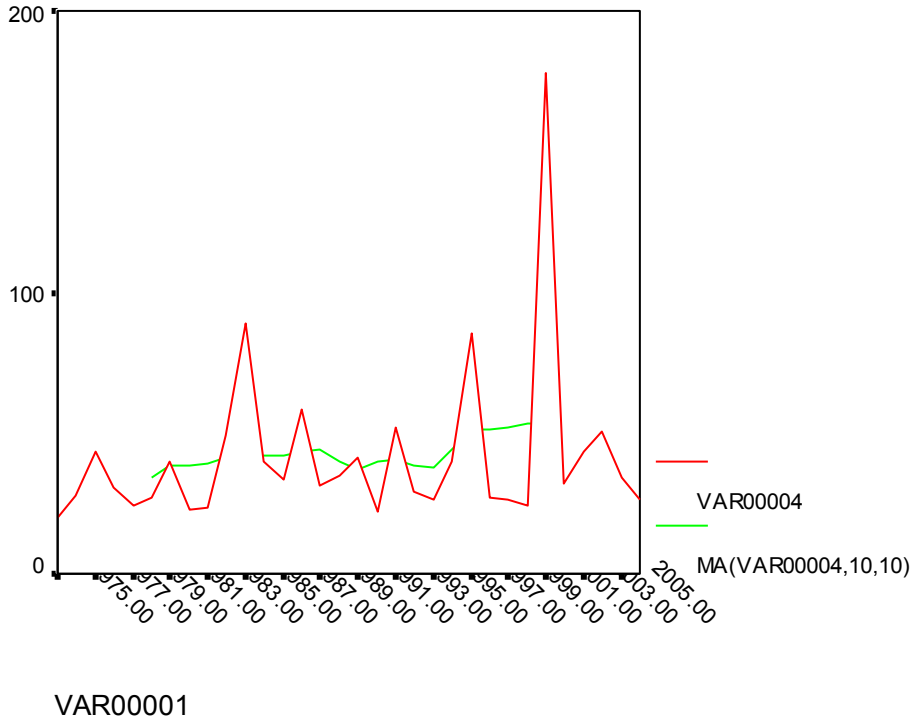
Şekil 17. Kandilli için 1975-2006 PCI değerlerinin kayan ortalama yöntemiyle grafiksel gösterimi (lag 10)

Şekil 17'de PCI değerlerinde, 1989 yılına kadar artış, sonrasında1994 yılına kadar düşüş gözlenmekte olup bu yıldan sonra tekrar artış eğilimi görülmektedir.



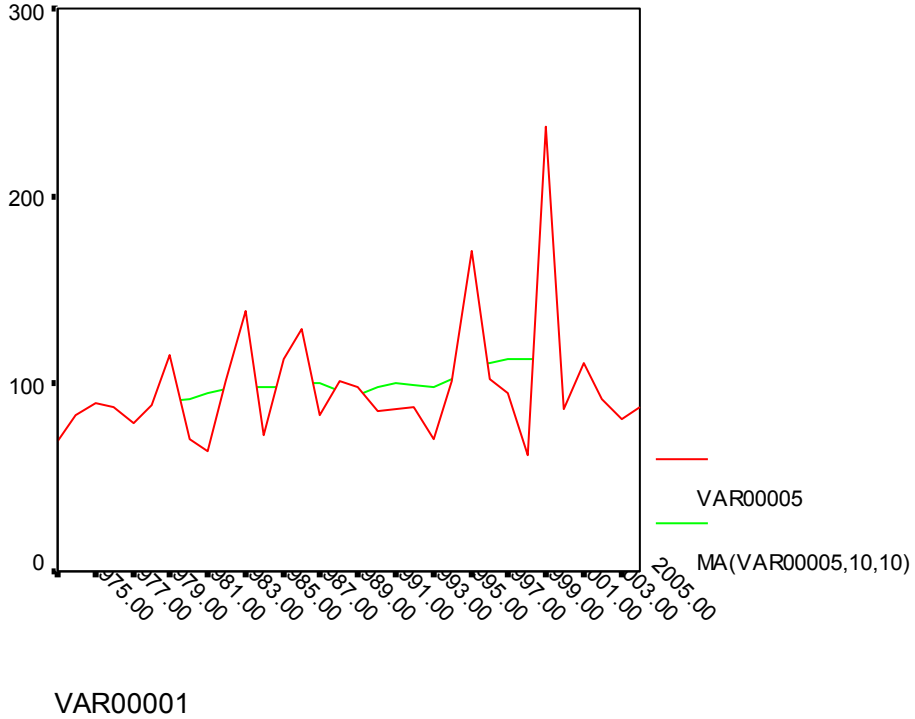
Şekil 18. Kandilli için 1975-2006 DMI değerlerinin kayan ortalama yöntemiyle grafiksel gösterimi (lag 10)

Şekil 18'de DMI değerlerinde, 1983 yılına kadar artış, sonrasında1990 yılına kadar düşüş gözlenmekte olup bu yıldan sonra tekrar artış eğilimi görülmektedir.



Şekil 19. Kandilli için 1975-2006 FI değerlerinin kayan ortalama yöntemiyle grafiksel gösterimi (lag 10)

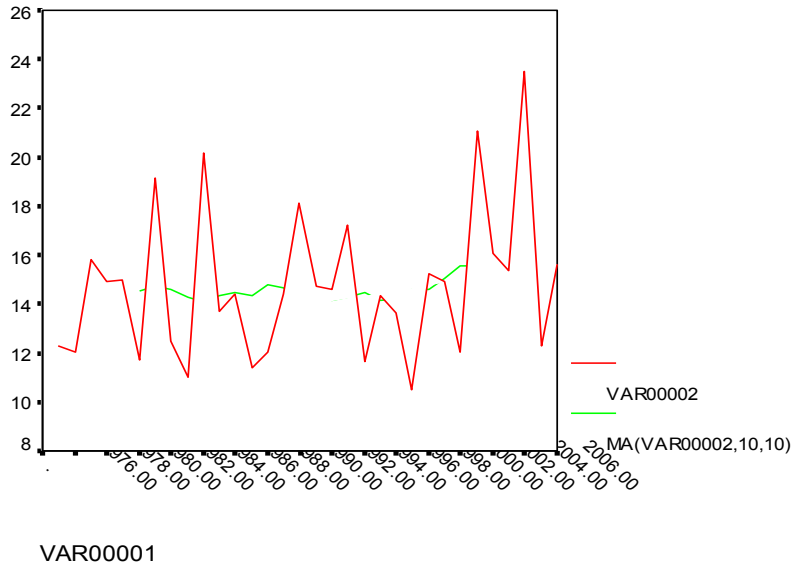
Şekil 19'da FI değerlerinde, 1989 yılına kadar yavaş artış gözlenmekte, sonrasında 1997 yılına kadar inişli çıkışlı bir grafik izlenmektedir. Bu yıldan sonra tekrar artış eğilimi görülmektedir.



Şekil 20. Kandilli için 1975-2006 MFI değerlerinin kayan ortalama yöntemiyle grafiksel gösterimi (lag 10)

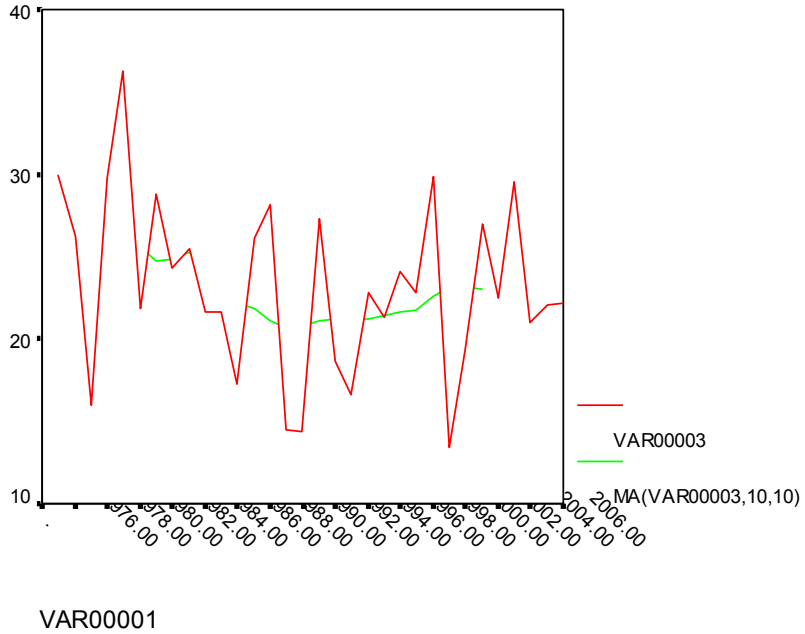
Şekil 20'de MFI değerlerinde, 1989 yılına kadar yavaş artış gözlenmekte, sonrasında 1997 yılına kadar önemsiz salınımlar izlenmektedir. Bu yıldan sonra tekrar artış eğilimi görülmektedir.

II) Isparta :



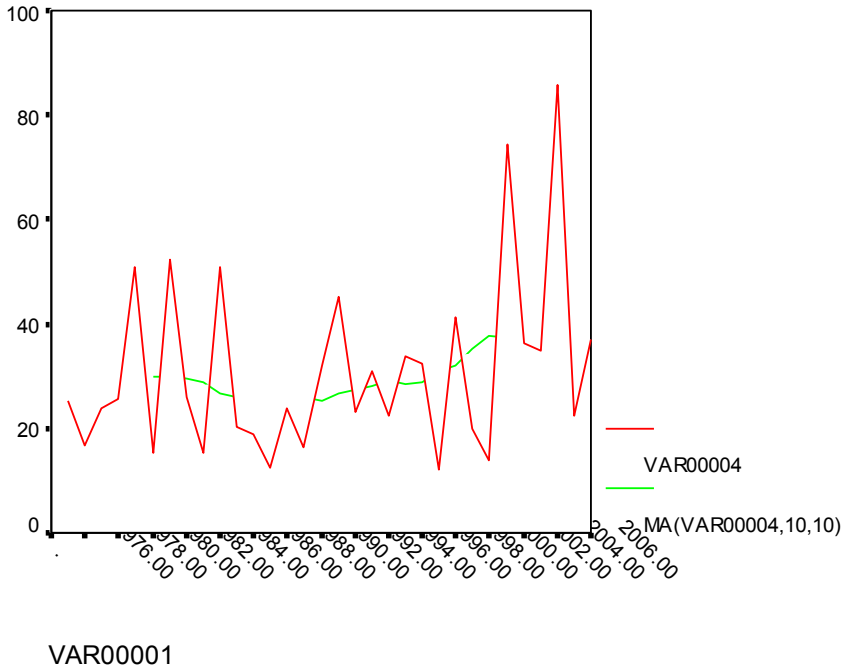
Şekil 21. Isparta için 1975-2006 PCI değerlerinin kayan ortalama yöntemiyle grafiksel gösterimi (lag 10)

Şekil 21'de PCI değerlerinde, 14-16 değerleri arasında değişim gözlenmiştir. İnceleme döneminin son yarısında belirgin artış gözlenmektedir.



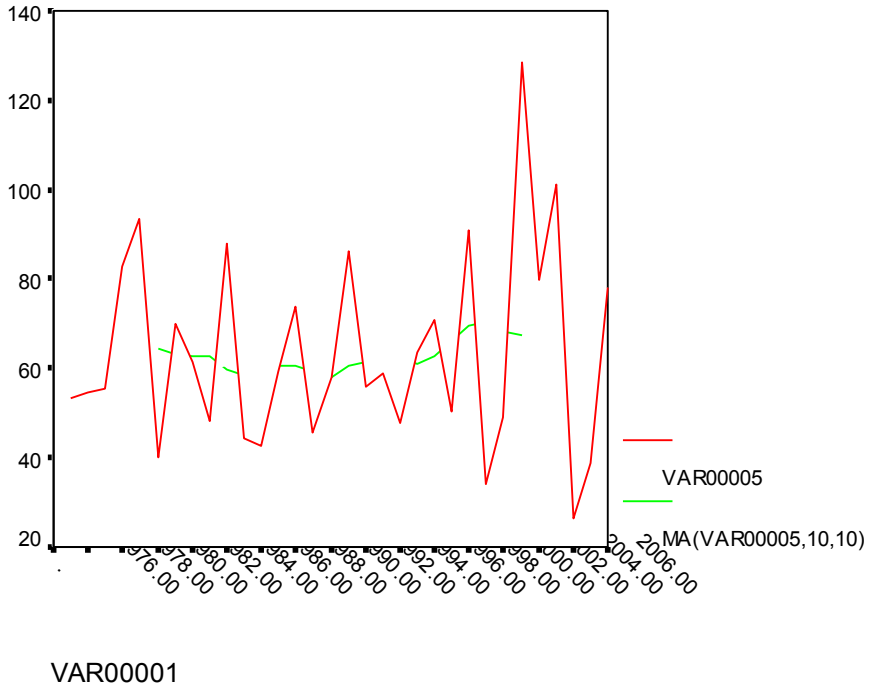
Şekil 22. Isparta için 1975-2006 DMI değerlerinin kayan ortalama yöntemiyle grafiksel gösterimi (lag 10)

Şekil 22'de DMI değerlerinde, 1989 yılına kadar önemli oranda düşüş, sonrasında artış eğilimi görülmektedir.



Şekil 23. Isparta için 1975-2006 FI değerlerinin kayan ortalama yöntemiyle grafiksel gösterimi (lag 10)

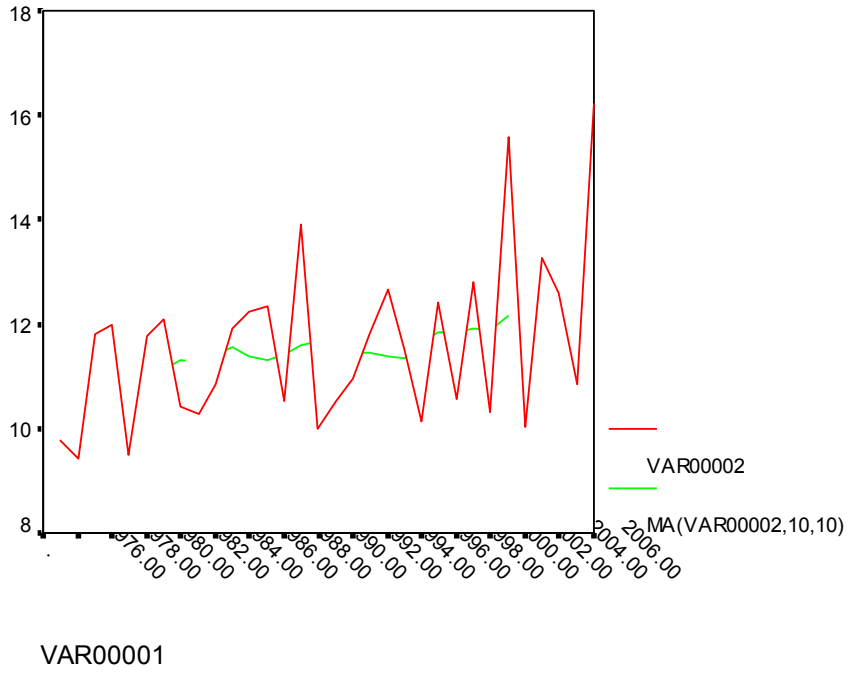
Şekil 23'de FI değerlerinde, 1990 yılına kadar önemli bir değişim gözlenmemiş olup, sonrasında artış eğilimi görülmektedir.



Şekil 24. Isparta için 1975-2006 MFI değerlerinin kayan ortalama yöntemiyle grafiksel gösterimi (lag 10)

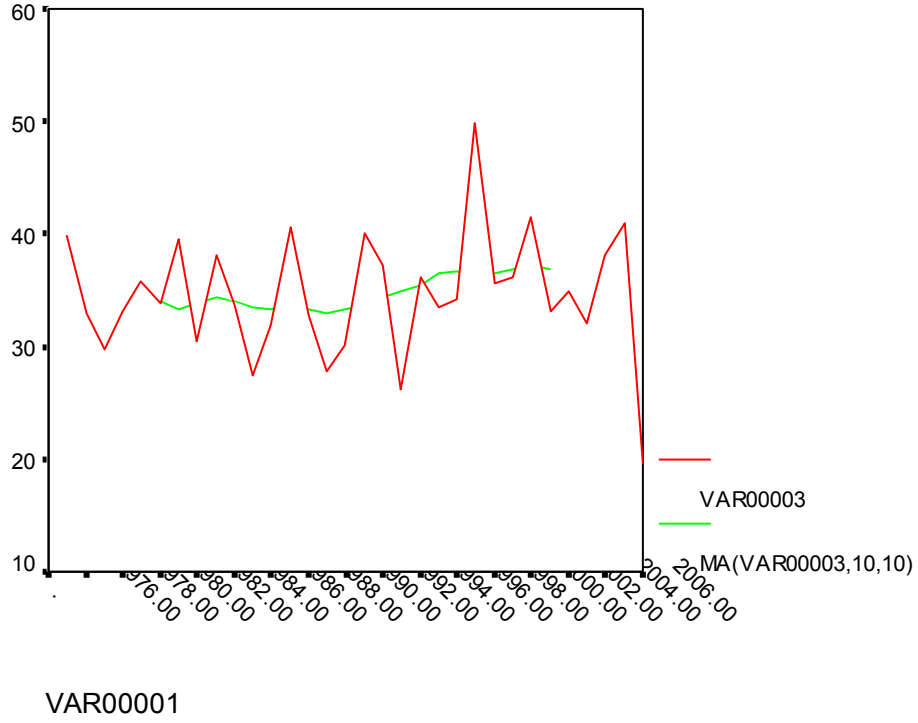
Şekil 24'de MFI değerlerinde, 1984 yılına kadar azalma eğilimi gözlenmiş olup, 1996 yılına kadar önemli bir değişim kaydedilmemiştir. 1996 yılından itibaren hızlı artış gözlenmiştir.

III) Sakarya



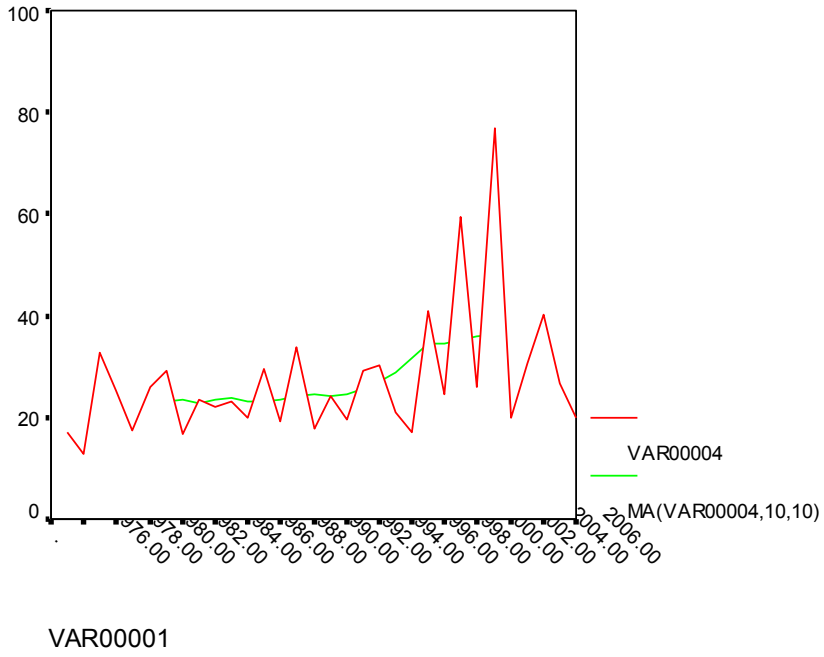
Şekil 25. Sakarya için 1975-2006 PCI değerlerinin kayan ortalama yöntemiyle grafiksel gösterimi (lag 10)

Şekil 25'de PCI değerlerinde, sürekli olarak yavaş bir artış kaydedilmiştir.



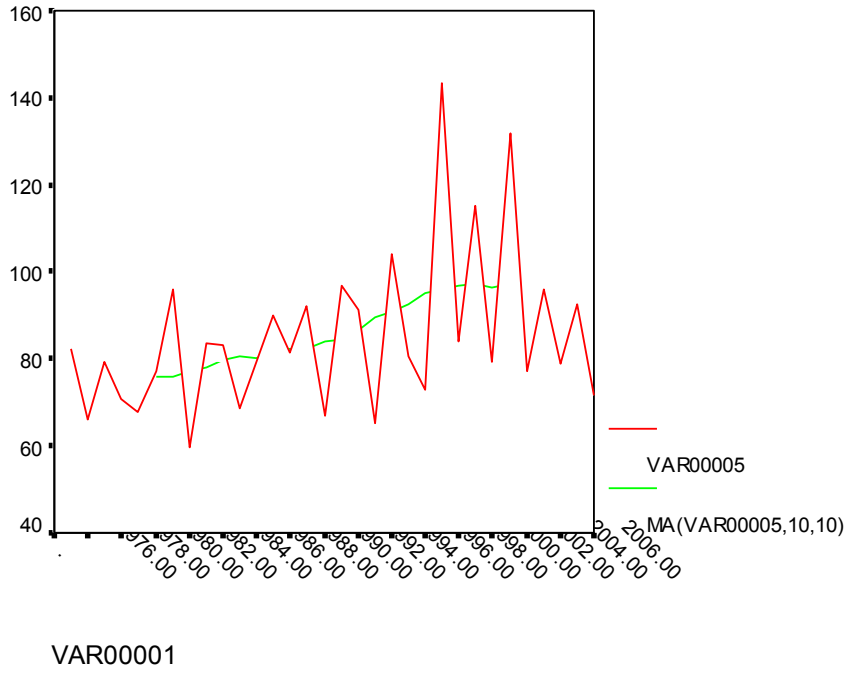
Şekil 26. Sakarya için 1975-2006 DMI (I) değerlerinin kayan ortalama yöntemiyle grafiksel gösterimi (lag 10)

Şekil 26'da DMI (I) değerlerinde, 1988 yılına kadar önemli bir değişim olmamış, bu yıl itibarı ile artış eğilimi kaydedilmiştir.



Şekil 27. Sakarya için 1975-2006 FI değerlerinin kayan ortalama yöntemiyle grafiksel gösterimi (lag 10)

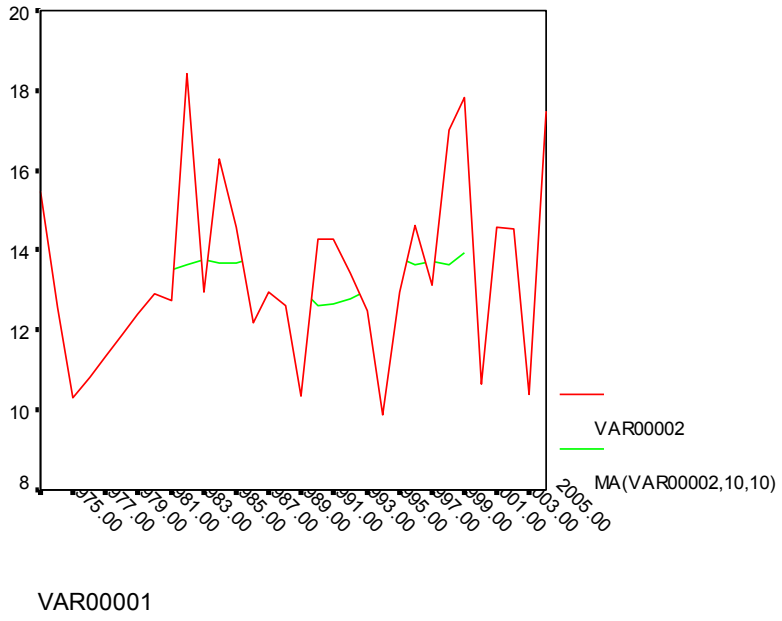
Şekil 27'de FI değerlerinde, 1991 yılına kadar yavaş bir artış, sonrasında1998 yılına kadar hızlı bir artış gözlenmekte olup bu yıldan sonra artış hızının yavaşladığı görülmektedir.



Şekil 28. Sakarya için 1975-2006 MFI değerlerinin kayan ortalama yöntemiyle grafiksel gösterimi (lag 10)

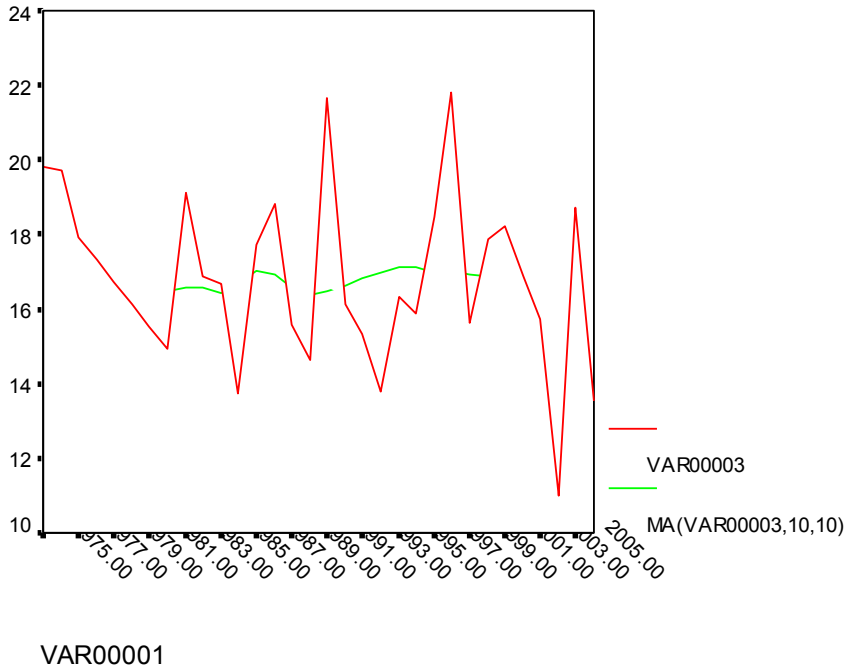
Şekil 28'de MFI değerlerinde sürekli artış eğilimi görülmektedir. Sakarya ve civarındaki artış trendinin son yıllarda diğer iki bölgeye nazaran daha belirgin ve hızlı olduğu gözlenmektedir.

IV) Eskişehir :



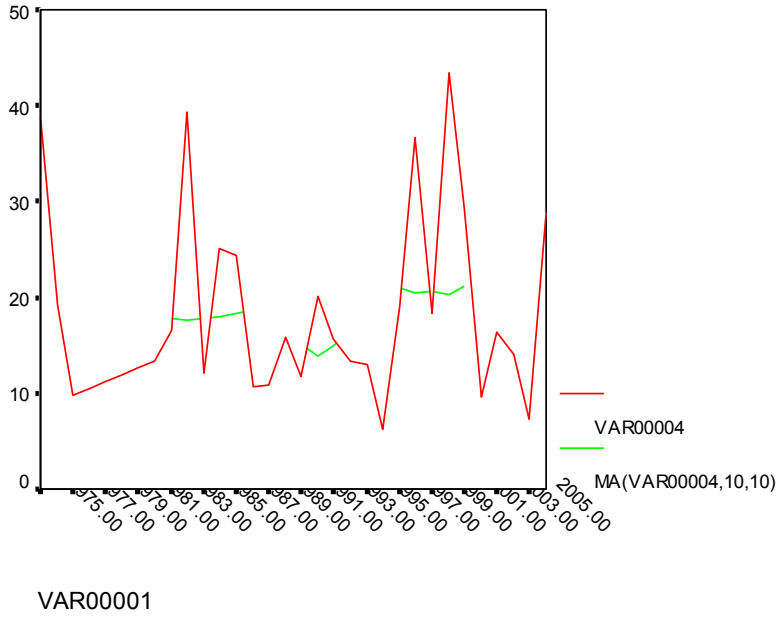
Şekil 29. Eskişehir için 1975-2006 PCI değerlerinin kayan ortalama yöntemiyle grafiksel gösterimi (lag 10)

Şekil 29'da PCI değerlerinin değişimi periyodik bir yapı göstermiş, en düşük değerler 1989-1995 yılları arasında kaydedilmiş, önceleme döneminin ikinci yarısında tekrar artış eğilimi gözlenmiştir.



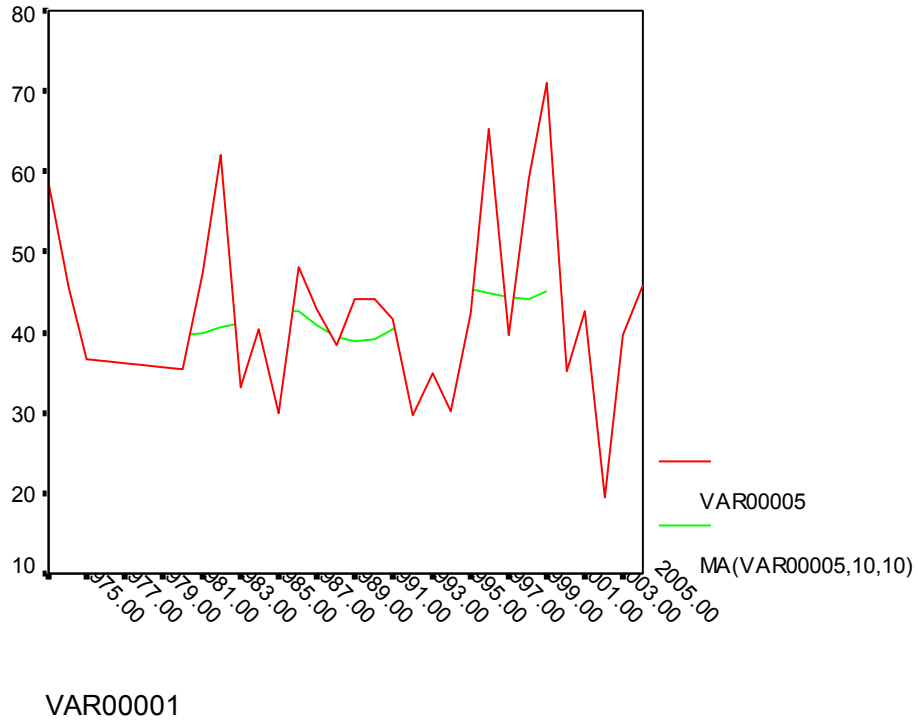
Şekil 30. Eskişehir için 1975-2006 DMI (I) değerlerinin kayan ortalama yöntemiyle grafiksel gösterimi (lag 10)

Şekil 30'de DMI (I) değerlerinde inceleme döneminin başında düşme kaydedilmiş, sonrasında önemli bir değişim gözlenmemiştir.



Şekil 31. Eskişehir için 1975-2006 FI değerlerinin kayan ortalama yöntemiyle grafiksel gösterimi (lag 10)

Şekil 31'de FI değerlerinde 1988 – 1996 yılları arasında düşük değerler gözlenmiş, inceleme döneminin ikinci yarısında daha yüksek değerler kaydedilmiştir.



Şekil 32. Eskişehir için 1975-2006 MFI değerlerinin kayan ortalama yöntemiyle grafiksel gösterimi (lag 10)

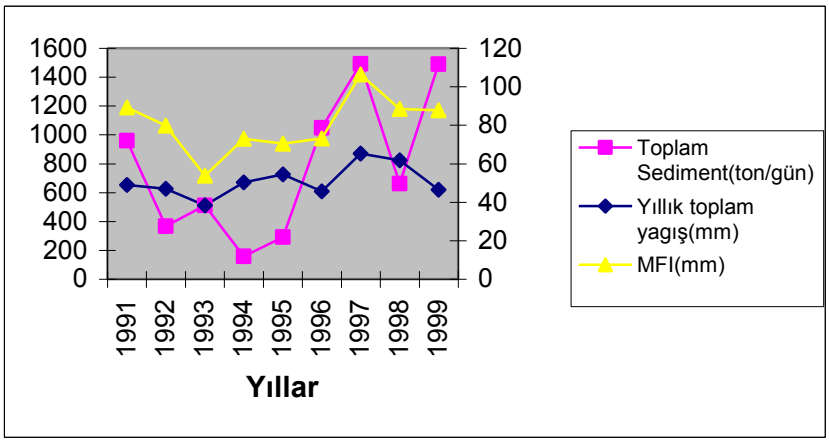
Şekil 32'de MFI değerlerinde 1986-1996 yılları arası hariç sürekli yavaş bir artış kaydedilmiştir.

Sakarya Ve Isparta Sediment Analizleri

a- Sakarya sediment, yağış ve MFI analizleri :

Tablo 11. Sakarya Havzası Porsuk Çayı, Beşdeğirmen, Bursa Bölgesi sediment, yağış ve MFI değerleri

Yıl	Toplam Sediment(ton/gün)	Yıllık toplam yagış(mm)	MFI
1991	959.5	652.3	89.262
1992	366.2	625.3	79.658
1993	511.3	**510.8**	**53.822**
1994	**157.5**	671.1	72.919
1995	290.6	724.9	70.479
1996	1046.6	607.6	73
1997	**1491.6**	**869.0**	**106.422**
1998	661.6	822.3	88.403
1999	1489.6	619.6	87.731

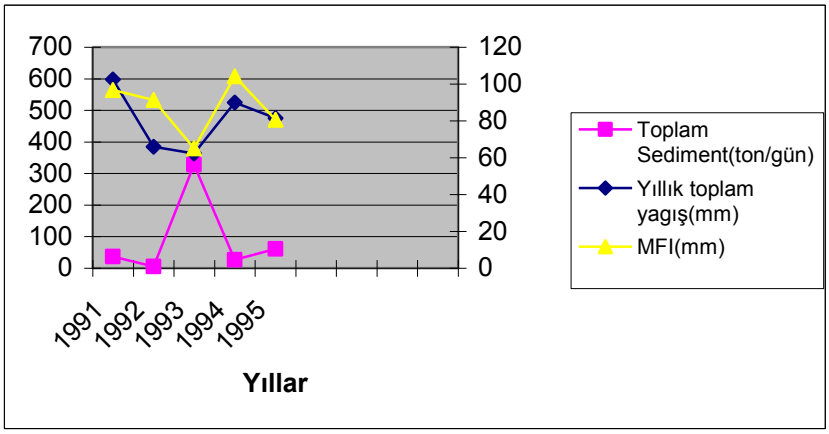


Şekil 33. Sakarya Havzası Porsuk Çayı toplam sediment, yıllık toplam yağış ve MFI değerlerinin zamansal değişimi

b- Isparta sediment, yağış ve MFI analizleri :

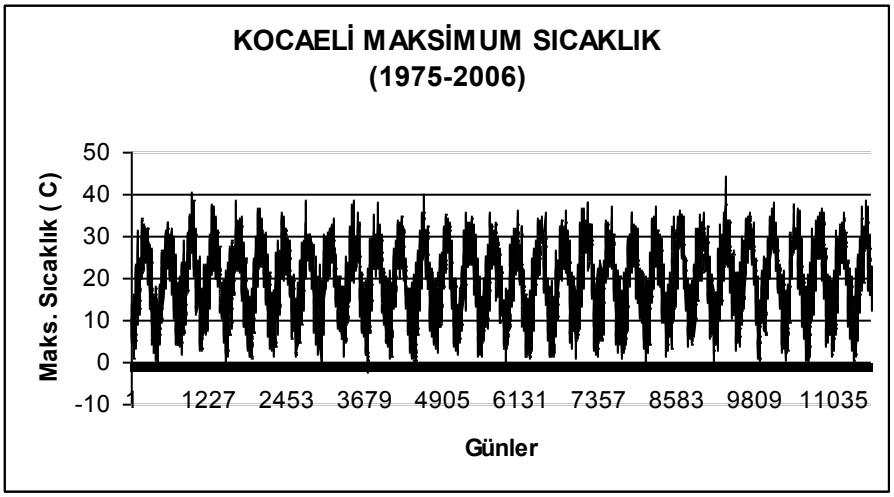
Tablo 12. Burdur Gölü Kapalı Havzası Bozçay-Karaçalı Köprüsü, Isparta Bölgesi sediment, yağış ve MFI değerleri

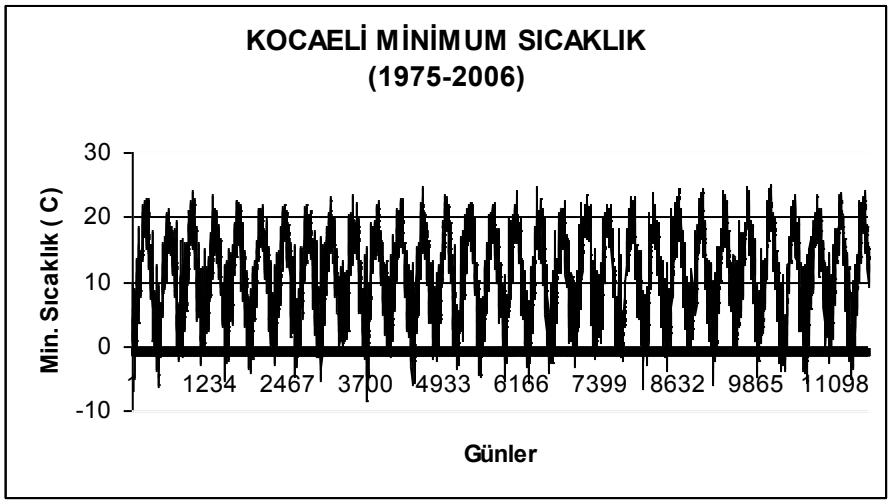
Yıl	Toplam Sediment (ton/gün)	Yıllık Toplam yağış(mm)	MFI (mm)
1991	36.1	597.7	96.711
1992	5.1	384.2	91.226
1993	326.6	363.6	65.077
1994	26.3	524.1	104.197
1995	61.1	474.6	80.436

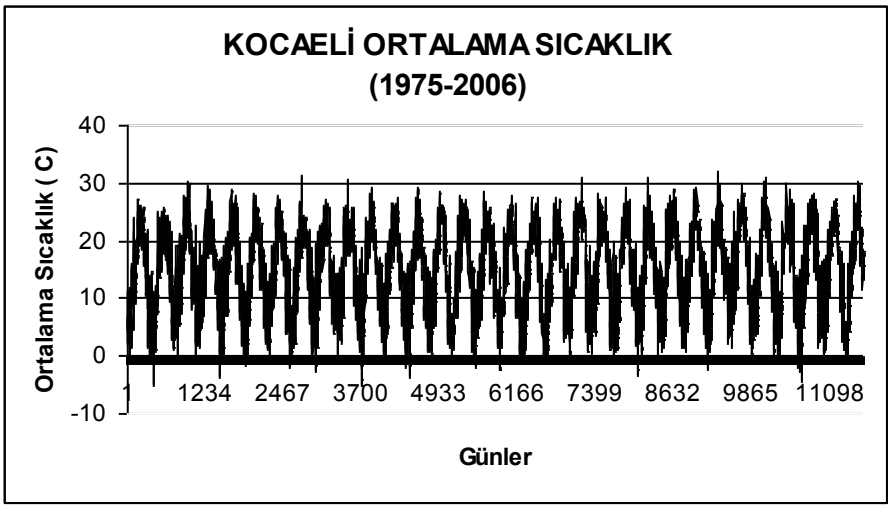


Şekil 34. Burdur Gölü Kapalı Havzası Bozçay toplam sediment, yıllık toplam yağış ve MFI değerlerinin zamansal değişimi

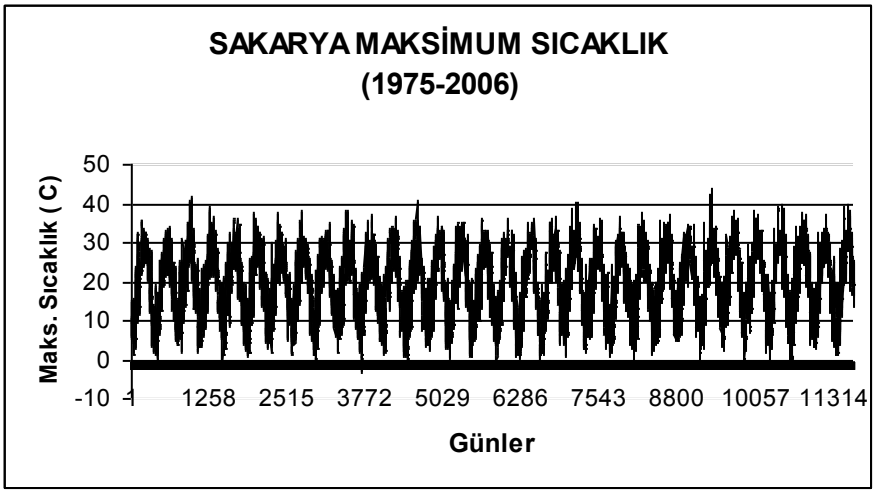
İnceleme Bölgesi DMİ ve Kandilli Verilerinin Analizi

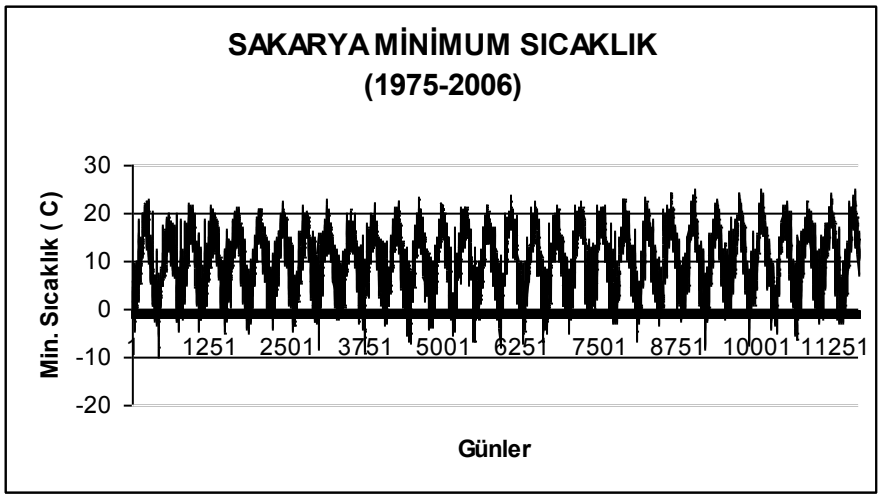


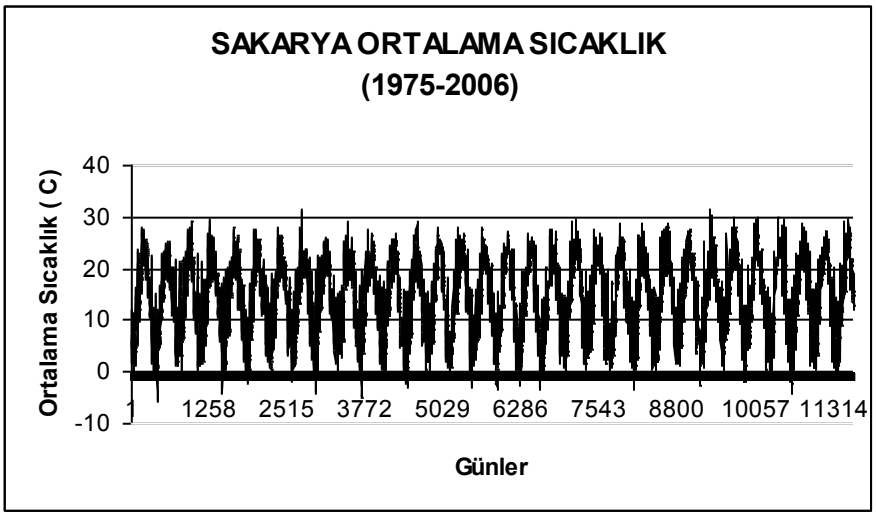




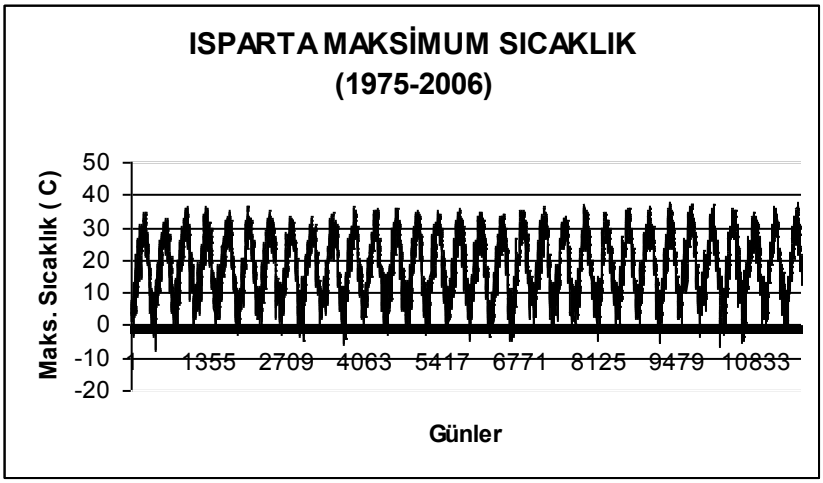
Şekil 35. Kocaeli maksimum, minimum, ortalama günlük sıcaklık grafikleri (1975-2006)

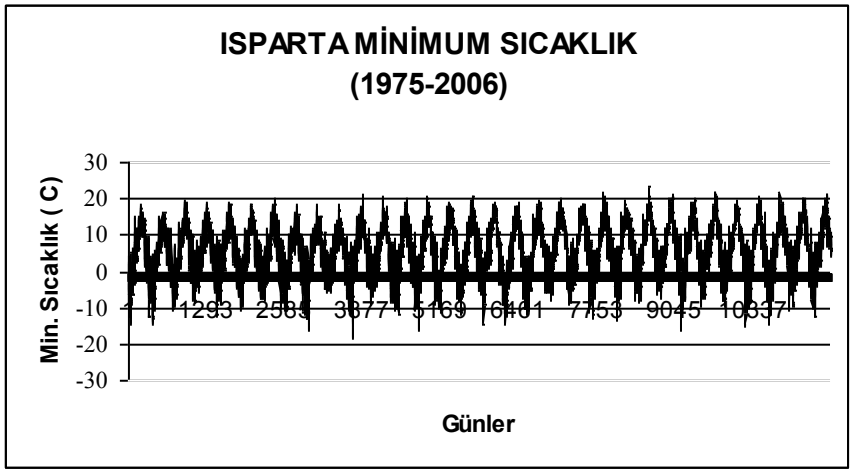


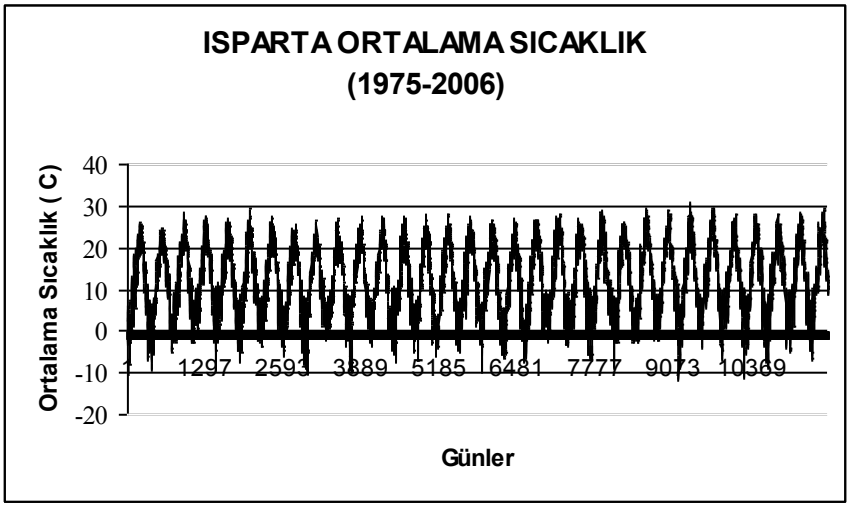




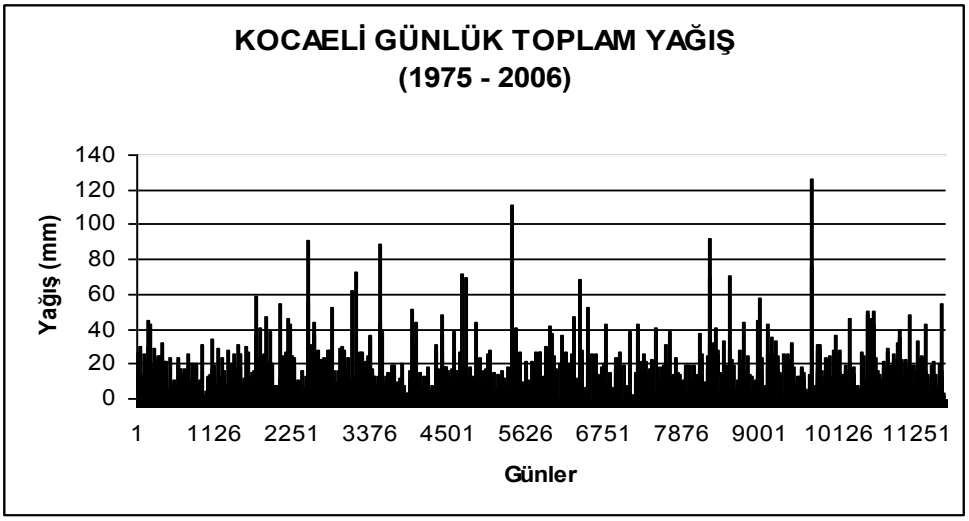
Şekil 36. Sakarya maksimum, minimum, ortalama günlük sıcaklık grafikleri (1975-2006)

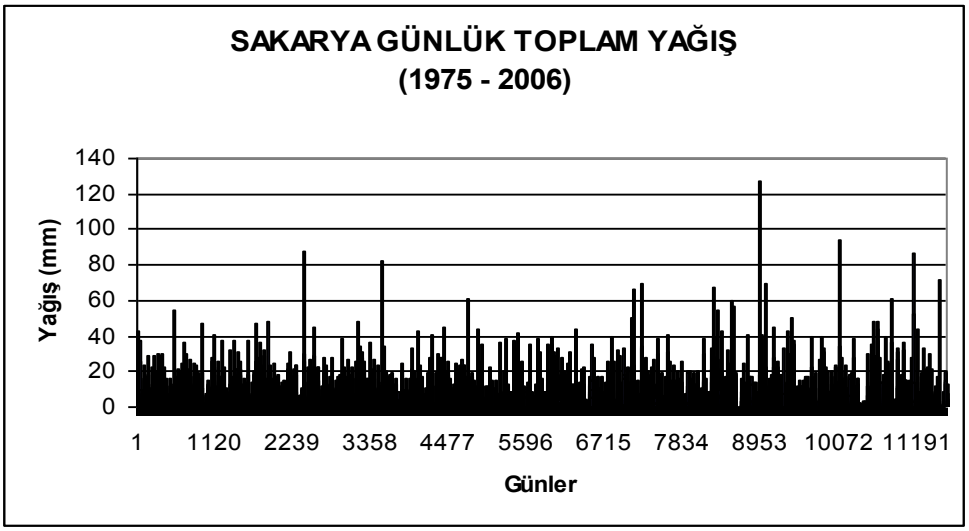


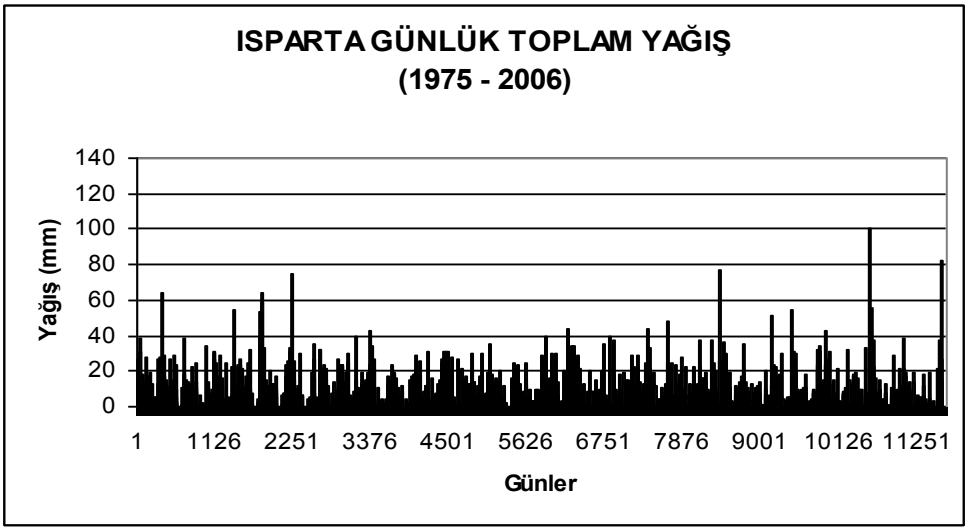




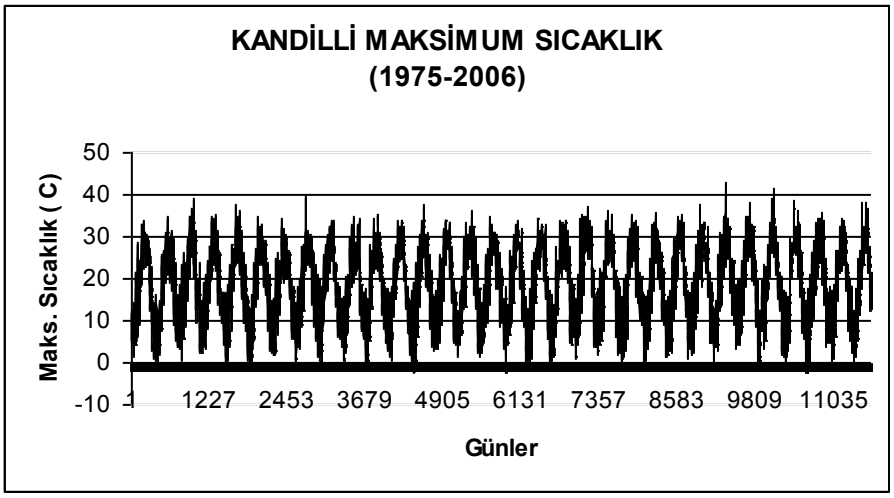
Şekil 37. Isparta maksimum, minimum, ortalama günlük sıcaklık grafikleri (1975-2006)

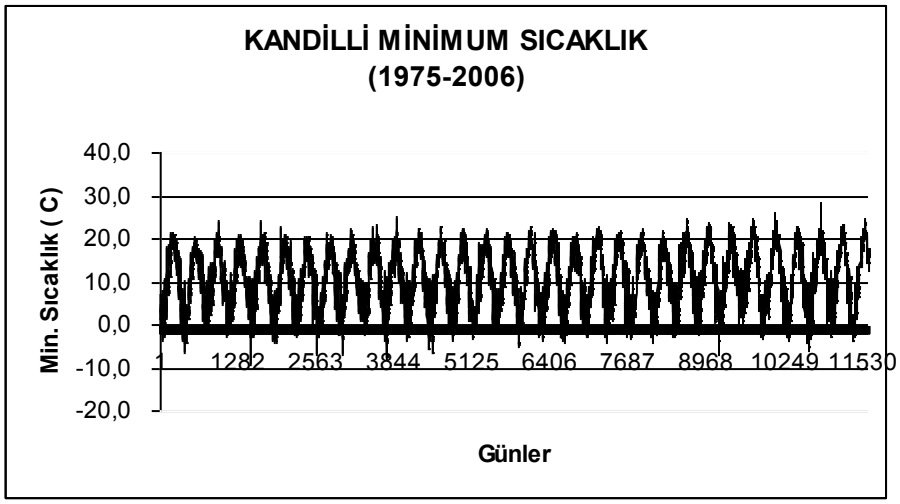


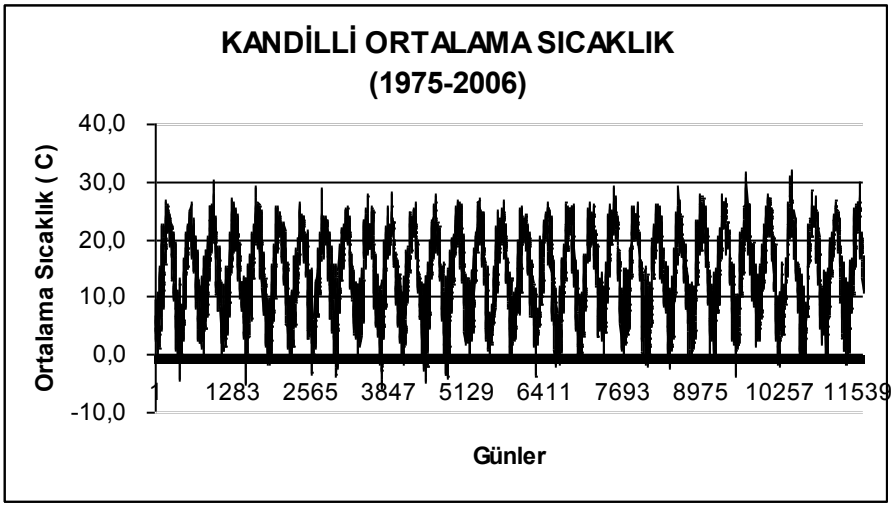




Şekil 38. Kocaeli, Sakarya ve Isparta Günlük Toplam Yağış Miktarı Değişimi (1975-2006)







Şekil 39. Kandilli maksimum, minimum, ortalama günlük sıcaklık grafikleri (1975-2006)

Adapazarı Günlük ve Aylık Toplam Yağış Tabloları :

Tablo 14 a. Adapazarı Günlük ve Aylık Toplam Yağış Tablosu, (2007)

GÜNLÜK ve AYLIK TOPLAM YAĞIŞ TABLOSU, mm.

İstasyon No-Ad: **02002- Adapazarı**

Yılı: **2007**

GÜN		AYLAR																						
	1	**MFI**	2	**MFI**	3	**MFI**	4	**MFI**	5	**MFI**	6	**MFI**	7	**MFI**	8	**MFI**	9	**MFI**	10	**MFI**	11	**MFI**	12	**MFI**
1			5,2	1,71139			2,4	0,218182	1,4	0,03551					19,0	10,93939					4,4	0,19635	14,6	1,77338
2			5,4	1,84557	3,0	0,09978			4,8	0,41739					4,4	0,586667					4,0	0,16227		
3			1,2	0,09114	9,0	0,898																		
4					8,6	0,81996																	1,0	0,00832
5			0,2	0,00253	0,6	0,00399	9,0	3,068182			3,6	3,75652							4,6	0,353846	17,2	3,00041	35,8	10,6626
6											0,8	0,83478	0,2	0,20444							8,2	0,68195	10,2	0,86556
7											15,8	16,487											3,0	0,07488
8											0,8	0,83478									5,2	0,27424		
9																								
10											1,4	1,46087									8,4	0,71562	1,0	0,00832
11					1,8	0,03592	4,0	0,606061			0,2	0,2087									6,0	0,36511	6,8	0,38469
12					0,4	0,00177													1,8	0,054181	13,0	1,714	22,0	4,02662
13					19,2	4,08692							44,8	45,7956					13,6	3,092977	4,2	0,1789	17,8	2,63594
14					13,6	2,05055													22,0	8,093645				
15			1,4	0,12405			2,6	0,256061											6,2	0,642809				
16							3,6	0,490909																
17			0,4	0,01013					0,2	0,00072													7,6	0,48053
18							4,8	0,872727	9,6	1,66957											0,2	0,00041	0,2	0,00033
19																								
20									13,0	3,06159									0,2	0,000669	5,2	0,27424		
21																	10,2	4,37143	1,8	0,054181				
22																	12,6	6,67059	0,2	0,000669				
23			1,0	0,06329	2,4	0,06386											0,8	0,02689						
24																	0,2	0,00168	3,8	0,241472				
25									3,8	0,26159									2,4	0,096321				
26					0,2	0,00044															1,6	0,02596		
27					0,2	0,00044									8,6	2,241212					10,8	1,18296		
28			1,0	0,06329					20,8	7,83768					1,0	0,030303							0,2	0,00033
29	1,6	0,241509							1,2	0,02609	0,4	0,41739							0,6	0,00602				
30	5,4	2,750943			1,8	0,03592			0,4	0,0029									2,6	0,113043	10,2	1,05517		
31	3,6	1,222642			29,4	9,57619		0																
Top.	10,6	**4,2**	15,8	**3,9**	90,2	**17,7**	26,4	**5,5**	55,2	**13,3**	23,0	**24,0**	45,0	**46,0**	33,0	**13,8**	23,8	**11,1**	59,8	**12,7**	98,6	**9,8**	120,2	**20,9**
Pmax	5,4		5,4		29,4		9,0		20,8		15,8		44,8		19,0		12,6		22,0		17,2		35,8	

Tablo 14 b. Adapazarı Günlük ve Aylık Toplam Yağış Tablosu, (2008)

GÜNLÜK ve AYLIK TOPLAM YAĞIŞ TABLOSU, mm.

İstasyon No-Ad: **02002- Adapazarı**

Yılı: **2008**

GÜN		AYLAR																						
	1	**MFI**	2	**MFI**	3	**MFI**	4	**MFI**	5	**MFI**	6	**MFI**	7	**MFI**	8	**MFI**	9	**MFI**	10	**MFI**	11	**MFI**	12	**MFI**
1																								
2					10,6	1,36029																		
3	8,2	1,028135			0,8	0,00775	0,6	0,032143	5,0	0,40584									0,4	0,004082				
4	3,2	0,156575							29,6	14,2234									4,4	0,493878				
5	1,0	0,015291							7,8	0,98766									1,4	0,05				
6							1,2	0,128571			2,8	0,22273	0,8	0,025										
7	1,0	0,015291					5,6	2,8			0,6	0,01023											0,4	0,00125
8									3,0	0,1461	7,0	1,39205											9,0	0,63084
9	1,2	0,022018																					14,0	1,52648
10	2,0	0,061162	0,6	0,005028					1,2	0,02338	6,2	1,09205					12,8	1,0836						
11			1,4	0,027374															0,4	0,004082				
12																			2,0	0,102041				
13			2,8	0,109497	10,6	1,36029															1,2	0,01644		
14			0,8	0,008939	6,0	0,43584			0,6	0,00584														
15									0,4	0,0026	5,6	0,89091					4,8	0,15238	16,8	7,2				
16			9,4	1,234078					0,6	0,00584			13,2	6,80625										
17			29,0	11,74581									10,0	3,90625			14,6	1,40979						
18			18,6	4,831844	2,6	0,08184											11,0	0,80026			1,8	0,03699		
19																					1,6	0,02922		
20					17,8	3,83584															2,8	0,0895	13,4	1,39844
21					27,0	8,82567											28,2	5,25952					24,2	4,56106
22																	18,8	2,33757			7,6	0,65936	4,0	0,12461
23	1,8	0,049541																			22,6	5,83059	4,0	0,12461
24	12,6	2,427523	0,4	0,002235					0,4	0,0026							0,8	0,00423			18,2	3,78128	16,2	2,04393
25											13,0	4,80114					1,2	0,00952					8,4	0,54953
26							2,0	0,357143	5,8	0,5461			1,6	0,1			0,6	0,00238	7,2	1,322449			9,4	0,68816
27	2,0	0,061162					1,2	0,128571									31,6	6,60423	2,6	0,172449	25,8	7,59863	3,6	0,10093
28	17,0	4,41896			0,6	0,00436	0,6	0,032143									8,2	0,44471	4,0	0,408163	3,2	0,11689		
29	13,8	2,911927	8,6	1,032961					7,2	0,84156							16,8	1,86667			2,8	0,0895	9,8	0,74798
30	1,6	0,039144			2,6	0,08184											1,8	0,02143					3,4	0,09003
31					4,0	0,1937									7,4	7,4							8,6	0,57601
Top.	65,4	**11,2**	71,6	**19,0**	82,6	**16,2**	11,2	**3,5**	61,6	**17,2**	35,2	**8,4**	25,6	**10,8**	7,4	**7,4**	151,2	**20,0**	39,2	**9,8**	87,6	**18,2**	128,4	**13,2**
Pmax	17,0		29,0		27,0		5,6		29,6		13,0		13,2		7,4		31,6		16,8		25,8		24,2	

Tablo 14 c. Adapazarı Günlük ve Aylık Toplam Yağış Tablosu, (2009)

GÜNLÜK ve AYLIK TOPLAM YAĞIŞ TABLOSU, mm.

İstasyon No-Ad: **02002- Adapazarı**

Yılı: **2009**

GÜN		AYLAR										
	1	MFI	2	MFI	3	MFI	4	MFI	5	MFI	6	MFI
1	2,4	0,043836			0,2	0,00036			5,4	1,06423		
2					7,2	0,46121			9,4	3,22482	1,6	0,03516
3	6,2	0,292542	0,6	0,001423	2,4	0,05125					0,2	0,00055
4	12,6	1,208219									10,0	1,37363
5	16,6	2,097108	0,8	0,00253					2,4	0,21022	36,8	18,6022
6	23,8	4,310807	0,2	0,000158			20,6	6,822508				
7	0,2	0,000304			23,2	4,78861	9,0	1,302251				
8			6,8	0,182767			1,2	0,023151				
9	10,0	0,761035	0,6	0,001423								
10	2,6	0,051446	32,4	4,149249	2,0	0,03559						
11	0,8	0,004871			0,2	0,00036						
12			9,0	0,320158	0,4	0,00142						
13			5,4	0,115257	12,2	1,3242					16,8	3,87692
14	2,8	0,059665	4,2	0,069723	5,2	0,24057	3,8	0,232154				
15			28,8	3,278419	10,0	0,88968	0,2	0,000643				
16	0,8	0,004871	11,6	0,531858	3,0	0,08007						
17	14,2	1,534551	6,8	0,182767			4,0	0,257235				
18					3,4	0,10285						
19			0,2	0,000158	13,4	1,59751			0,6	0,01314		
20			2,8	0,030988					1,4	0,07153		
21			9,0	0,320158					2,4	0,21022		
22			5,8	0,132964	5,6	0,279	10,4	1,738907	0,6	0,01314		
23	1,4	0,014916	2,8	0,030988	1,4	0,01744	6,4	0,658521				
24			26,2	2,713202					5,0	0,91241		
25	4,6	0,161035	0,2	0,000158								
26	2,8	0,059665	38,8	5,950356	9,0	0,72064	0,6	0,005788	0,2	0,00146		
27			58,6	13,57296	13,6	1,64555	1,6	0,041158				
28			1,4	0,007747							2,8	0,10769
29	22,2	3,750685					3,4	0,185852			4,0	0,21978
30	5,0	0,190259					1,0	0,016077			0,6	0,00495
31	2,4	0,043836										
Top.	131,4	14,6	253,0	31,6	112,4	12,2	62,2	11,3	27,4	5,7	72,8	24,2
Pmax	23,8		58,6		23,2		20,6		9,4		36,8	

Rüzgar Erozyonu Analizi:

Rüzgar Erozyonu İklim Faktörü (C_w) aşağıda verilmektedir (DURAR ve SKIDMORE, 1995):

$C_w \alpha V_{ort}^3 (PE)^2$

Burada,

α = 10 000 (kabul edilen)

V_{ort} = Ortalama rüzgar şiddeti

PE = Potansiyel Evapotranspirasyon

Tablo 15. Rüzgar erozyonu risk sınıfı değerleri

Sınıf No	**İklim Faktörü (C_w)**	**Erozyon Risk Sınıfı**
1	<0.05	Düşük
2	0.05-0.1	Orta
3	0.11-0.20	Yüksek
4	0.21-0.3	Çok Yüksek
5	>0.3	Aşırı Yüksek

EK 3

Uydu Verileriyle Sakarya ve Kandilli için Örnek Uygulamalar

EK 3 (1)

UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİNE DAYALI OLARAK ARAZİ KULLANIM HARİTASININ HAZIRLANMASI VE SAKARYA İLİNE AİT ÇALIŞMA ALANININ İSTATİSTİKSEL OLARAK ALAN HESABININ YAPILMASI

Bu aşamada çalışılan yerin arazi kullanım haritasının hazırlanması ve bu haritaya göre çalışma alanının istatistiksel olarak alan hesabının yapılması gerekmektedir. Hazırlanacak bu harita ileride erozyon risk haritasının hazırlanmasında kullanılacaktır.

Çalışma Alanı :

Çalışma alanı Adapazarı (Sakarya) yerleşim yeri ve civarıdır. Meteorolojik aletler Sakarya Üniversitesi'ne kurulmuştur. Bu nedenle ilk çalışma bu alanda yapılacaktır.

Çalışma alanının köşe koordinatları aşağıda verilmiştir:

Sol Üst X=30.3150

Sol Üst Y=40.8650

Sağ Alt X=30.5163

Sağ Alt Y=40.6476

Projede kullanılan haritada ve uydu görüntüsünde projeksiyon olarak Enlem-Boylam kullanılmıştır. Spheroid ve Datum ise WGS84 olarak alınmıştır.

Kullanılan Yöntem :

Bu çalışmada uydu görüntüleri kullanılmıştır. Görüntüler üzerinde denetimsiz sınıflandırma yapılmış ve arazi kullanım haritası hazırlanmıştır. Uydu verisi olarak ASTER uydusundan yararlanılmış olup, sınıflandırmada ASTER verisinin sadece Görünür ve Yakın İnfrared (VNIR) bandları kullanılmıştır.

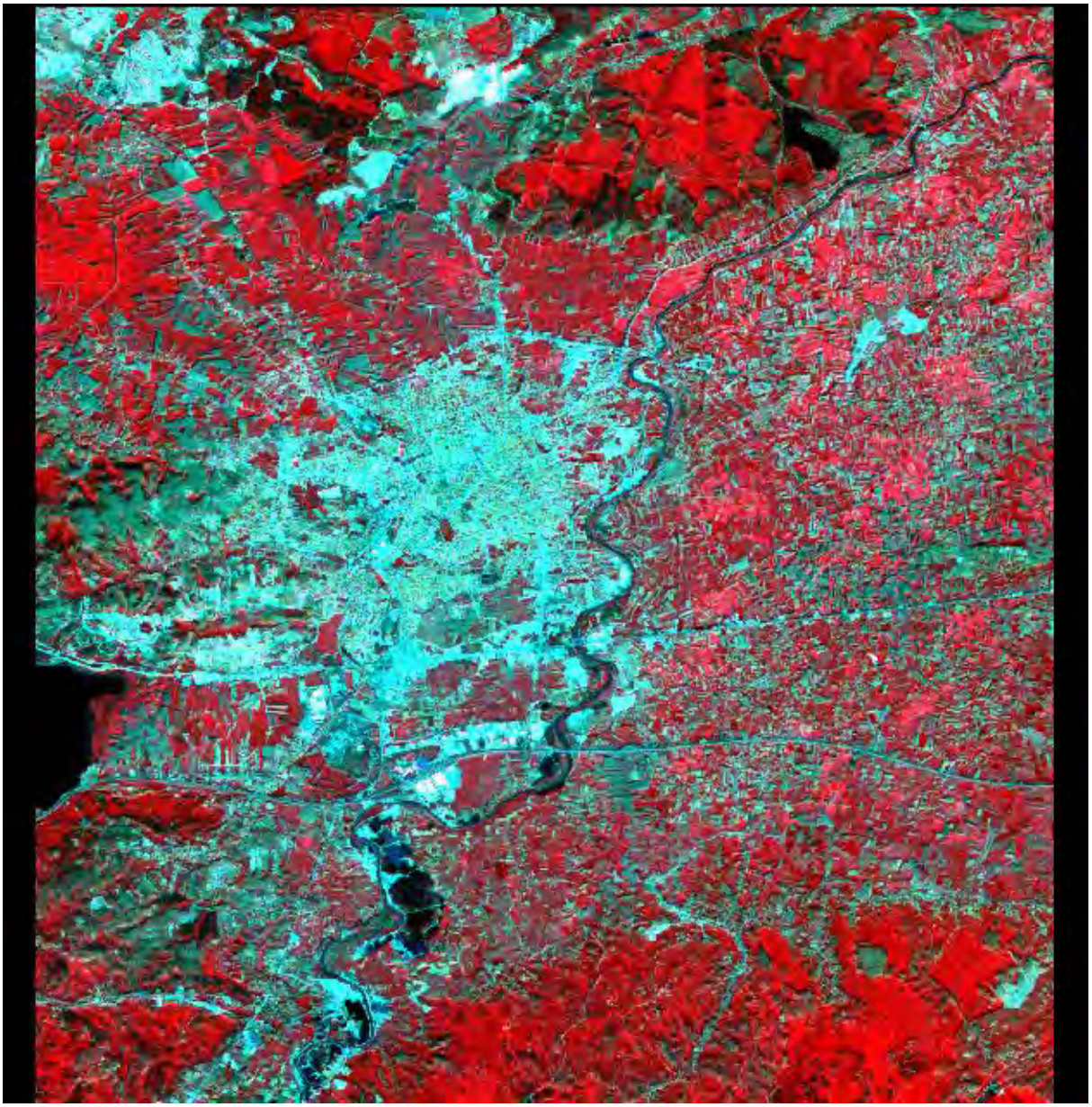
Uygulama :

Uygulamada ASTER uydu verisinin en uygun olan bandları Band 4, 2 ve 1 kullanılmıştır.

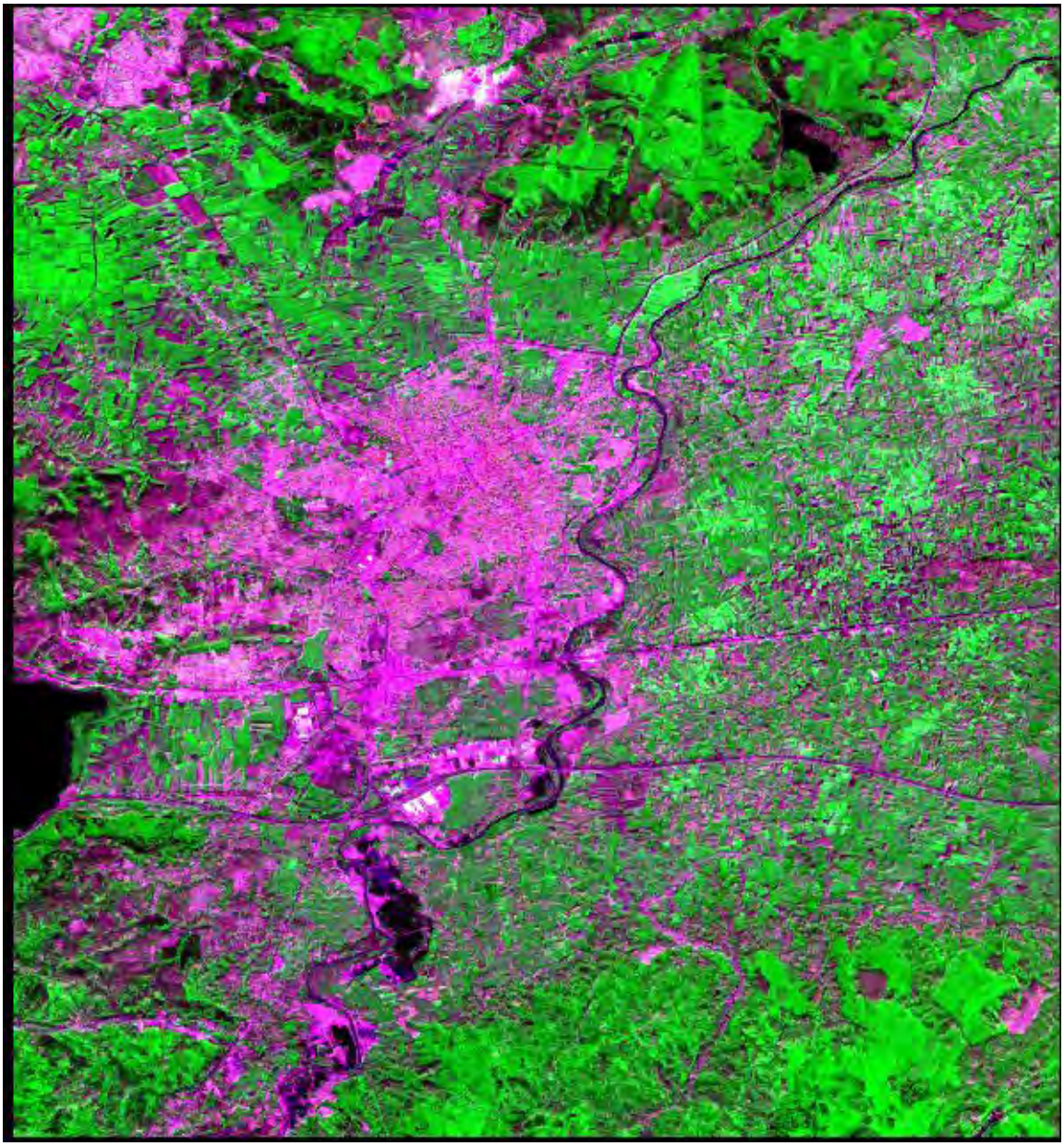
Sayısal Görüntü Analiz programı ile seçilen bandlar ve çalışma alanını kapsayan görüntü tam görüntüden kesilerek çıkartılmıştır. Bu görüntü üzerinde Denetimsiz Sınıflandırma yapılmıştır. Bu sınıflandırmada En Yakın Uzaklık Yöntemi seçilmiştir. Bu yöntemin

seçilmesindeki neden basit ve çabuk sonuç vermesidir. Bu yöntemde görüntü 10 farklı sınıfa ayrılmaya çalışılmıştır. Yöntemde standart sapma olarak 3 alınmıştır.

Uydu görüntülerinin RGB/Band 4,2,1 kombinasyonu Şekil 1'de görüldüğü gibidir. RGB/2,4,1 ise Şekil 2'de verilmiştir.

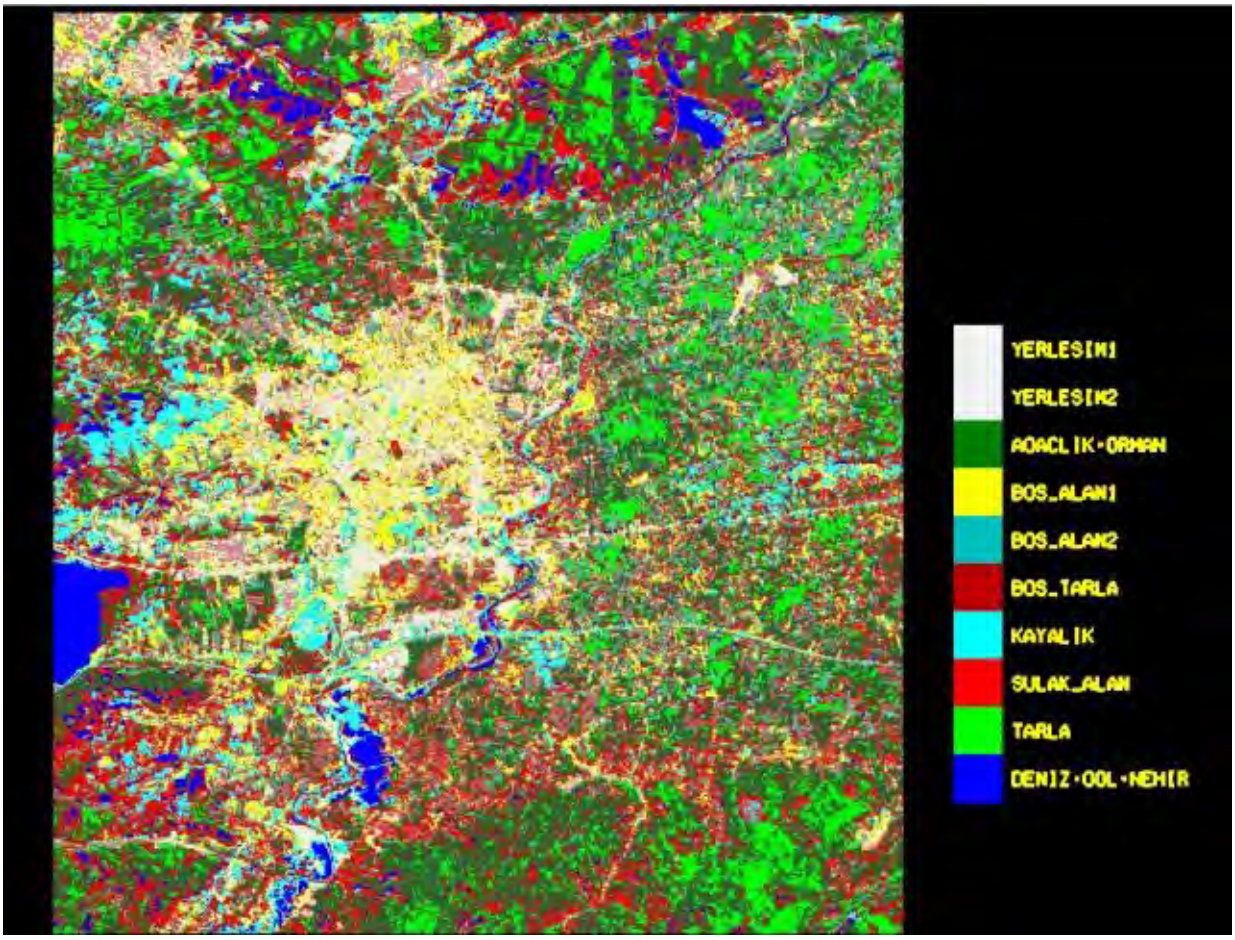


Şekil 1. Uydu görüntülerinin RGB/Band 4,2,1 kombinasyonu



Şekil 2. Uydu görüntülerinin RGB/2,4,1 kombinasyonu

Sınıflandırma sonucu Şekil 3'de görülmektedir. Bu sınıflandırmada çalışma bölgesi spektral bakımdan 10 farklı alana ayrılmıştır. Sınıflandırma sonucu oluşturulan harita görsel olarak sınanmıştır. Gerekli düzeltmeler yapılmıştır.



Şekil 3. Sınıflandırılmış Görüntü

Sonuçta 10 farklı sınıfa çalışma alanına ait ve bu alanların kapsadığı bölgelerin hektar, km^2 cinsinden değerleri Tablo 1'de görüldüğü gibidir.

Tablo 1. 10 alana ayrılan çalışma alanına ait ve bu alanların kapsadığı bölgelerin hektar, km^2 cinsinden değerleri

Classification Area Statistics Report Sun Dec 02 14:59:51 2007

Training Set: d:\sakarya\calisma\tr1.trn

Image: unsup1

Number of Classes: 11

SINIF	Sayım	%	m^2	Hektar	Acres (*)
Yerlesim1	111560	6.527	111560.000	11.156	27.566
Yerlesim2	55816	3.266	55816.000	5.582	13.792
Ağaçlık+Orman	425015	24.866	425015.000	42.501	105.021
Bos_alan1	150080	8.781	150080.000	15.008	37.085
Bos_alan2	128498	7.518	128498.000	12.850	31.752
Bos_tarla	240429	14.067	240429.000	24.043	59.410
Kayalık	125732	7.356	125732.000	12.573	31.068
Sulak_alan	224579	13.139	224579.000	22.458	55.493
Tarla	178675	10.454	178675.000	17.867	44.150
Deniz+Gol+Nehir	61126	3.576	61126.000	6.113	15.104
NULL	7692	0.450	7692.000	0.769	1.901
Toplam	1709202	100.000	1709202.000	170.920	422.343

(*) *Bir uluslararası acre = 4,046.8564224* m^2

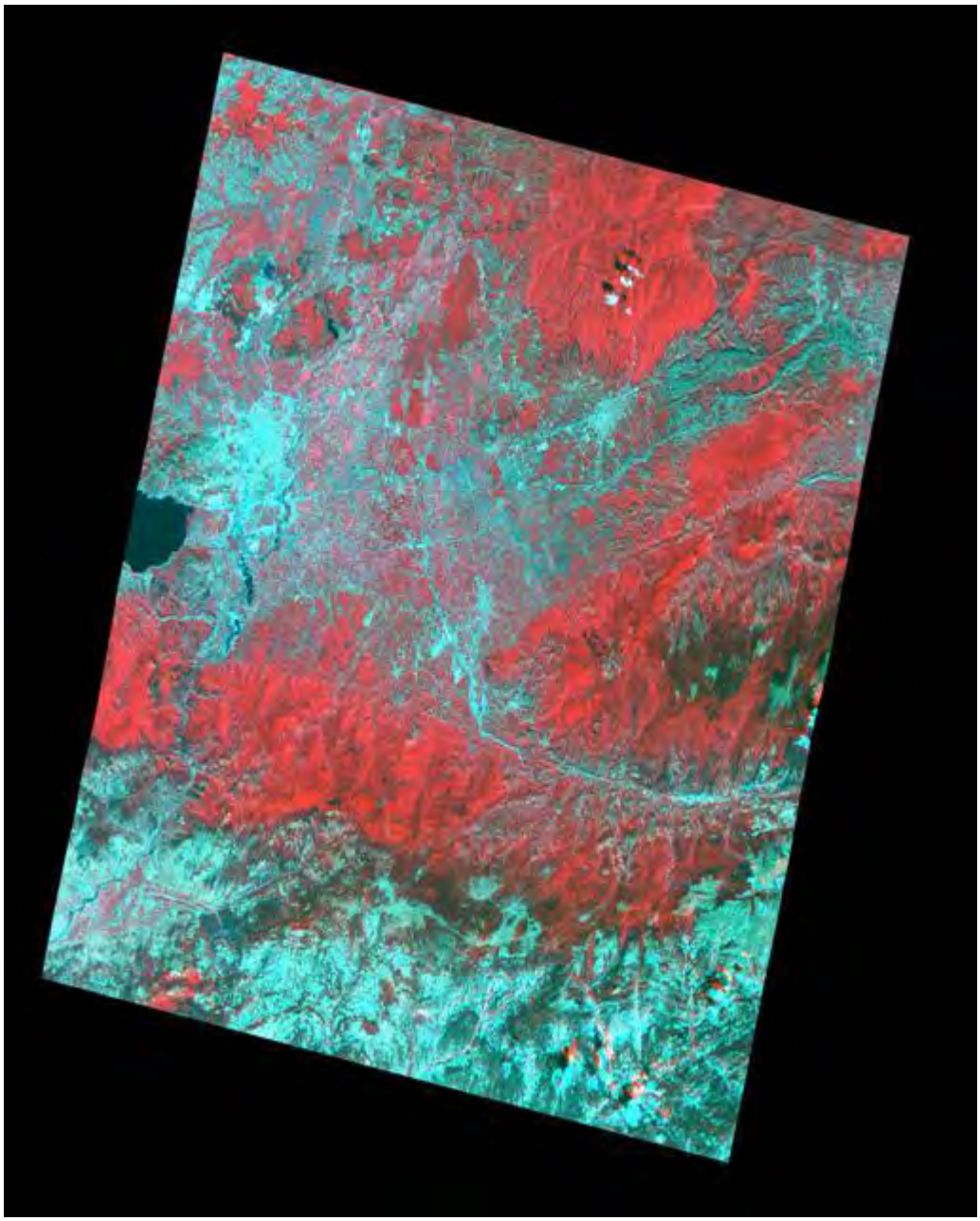
Ara Bulgular:

Farklı yöntemlere dayalı erozivite analizlerinde farklı yaklaşımlar ve sonuçlar elde edilmektedir. Birkaç yönteme dayalı olarak, en riskli bölgelerin saptanması esas alınmaktadır. Çoğu ülkenin aktüel toprak erozyonu riski ile ilgili bölgesel ve ulusal analizleri, tahminleri henüz yoktur. Toprak erozyonu uzun dönemde oluşur, bu nedenle uzun dönemi kapsayan

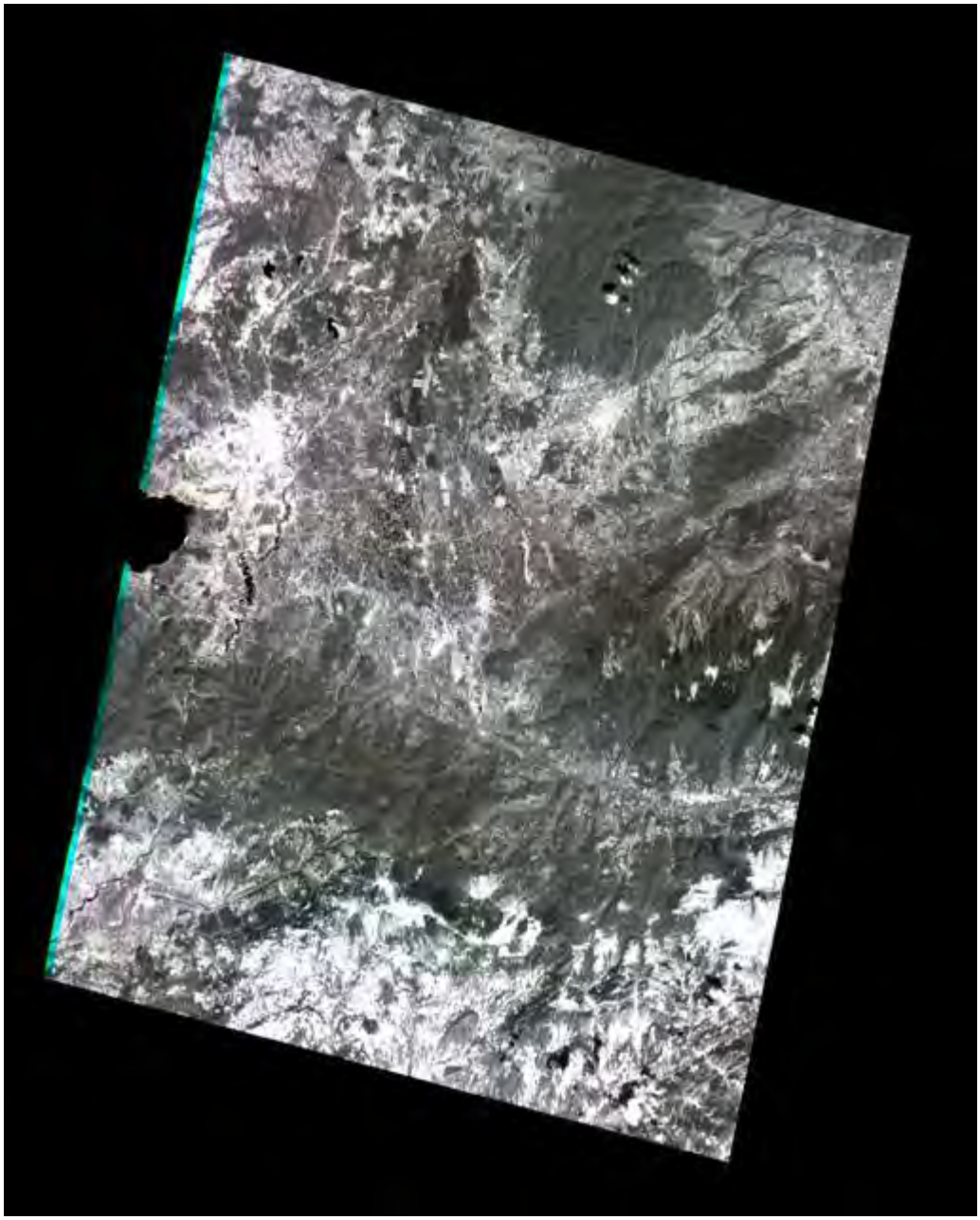
kaliteli ve güvenilir veri sağlanması zordur. Çalışmalar önemli bir kısmı homojenliği bilimsel yöntemlerle analiz edilmemiş ve sınırlı verilere dayalı olarak yapılan interpolasyon sonuçlarını kapsamaktadır. Ayrıntılı çalışmalarla ve gelişmiş ölçüm yöntemleri ile kısıtlı veri sorunu ortadan kaldırılabilmektedir. CORINE Yöntemi, yoğun erozyon riskinin saptanmasına dayandırılmış bir yaklaşımdır. Arazi kullanım politikalarındaki değişimler, veya iklim değişiminin erozyon riskine etkisi, sayısal tahmin çalışmalarında sorun oluşturmaktadır. Bu nedenle bölgesel çalışmalar önem taşımaktadır. Avrupa toprak koruma politikasının oluşturulabilmesi için, çalışmaların Pan-Avrupa ölçeğinde incelenmesi gerekir. Ölçülen erozivite, aktüel ve potansiyel erozivite riskleri arasında önemli fark vardır. Bölgesel risk değerlerinin zamansal değişimi de önemlidir, Toprak Erozyonu Kontrolü ile ilgili çalışmalar, risk analizlerinden sonraki aşamayı oluşturmaktadır.

EK 3 (2)

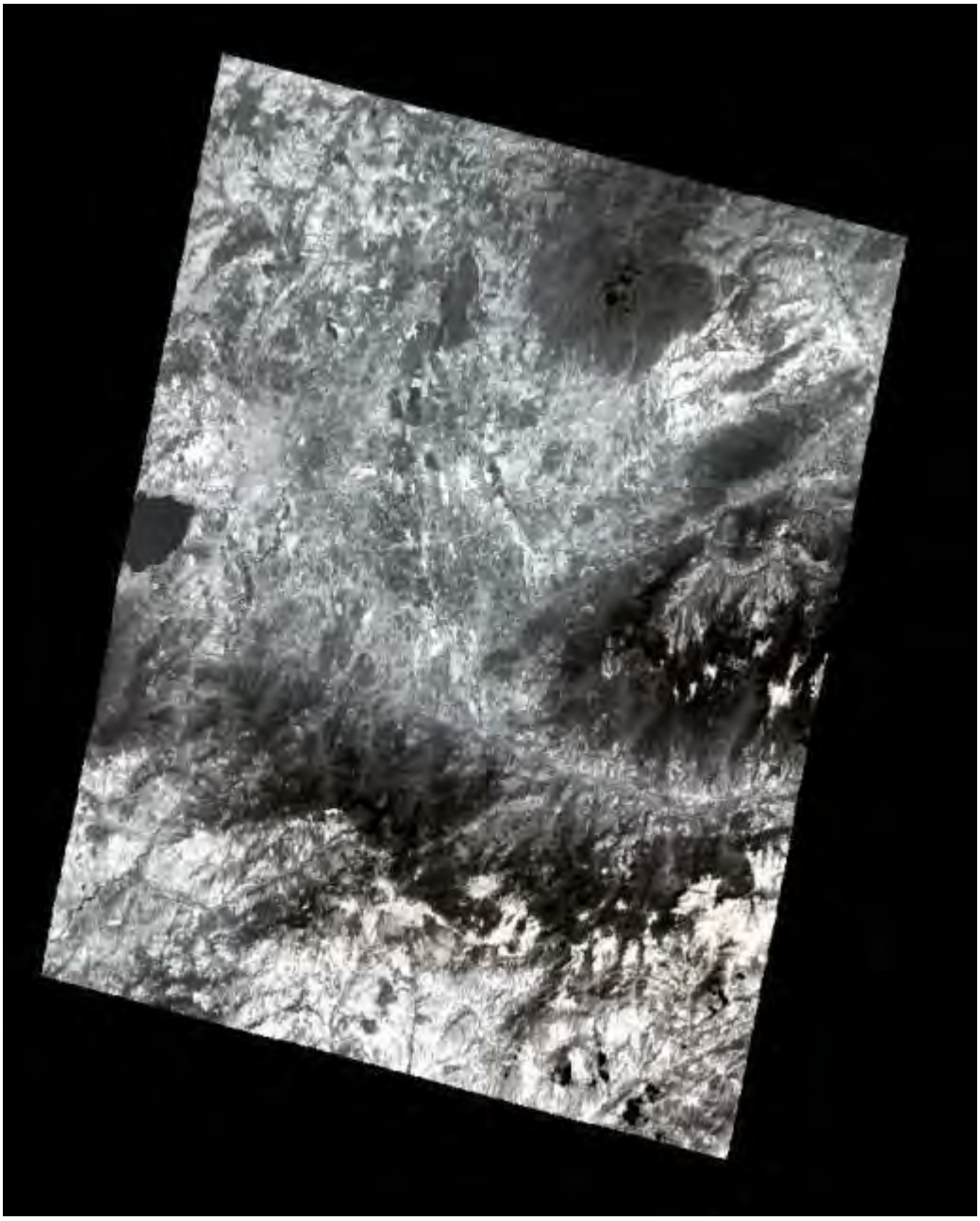
Sakarya uydu görüntüleri :



Şekil 4. ASTER - VNIR



Şekil 5. ASTER - SWIR

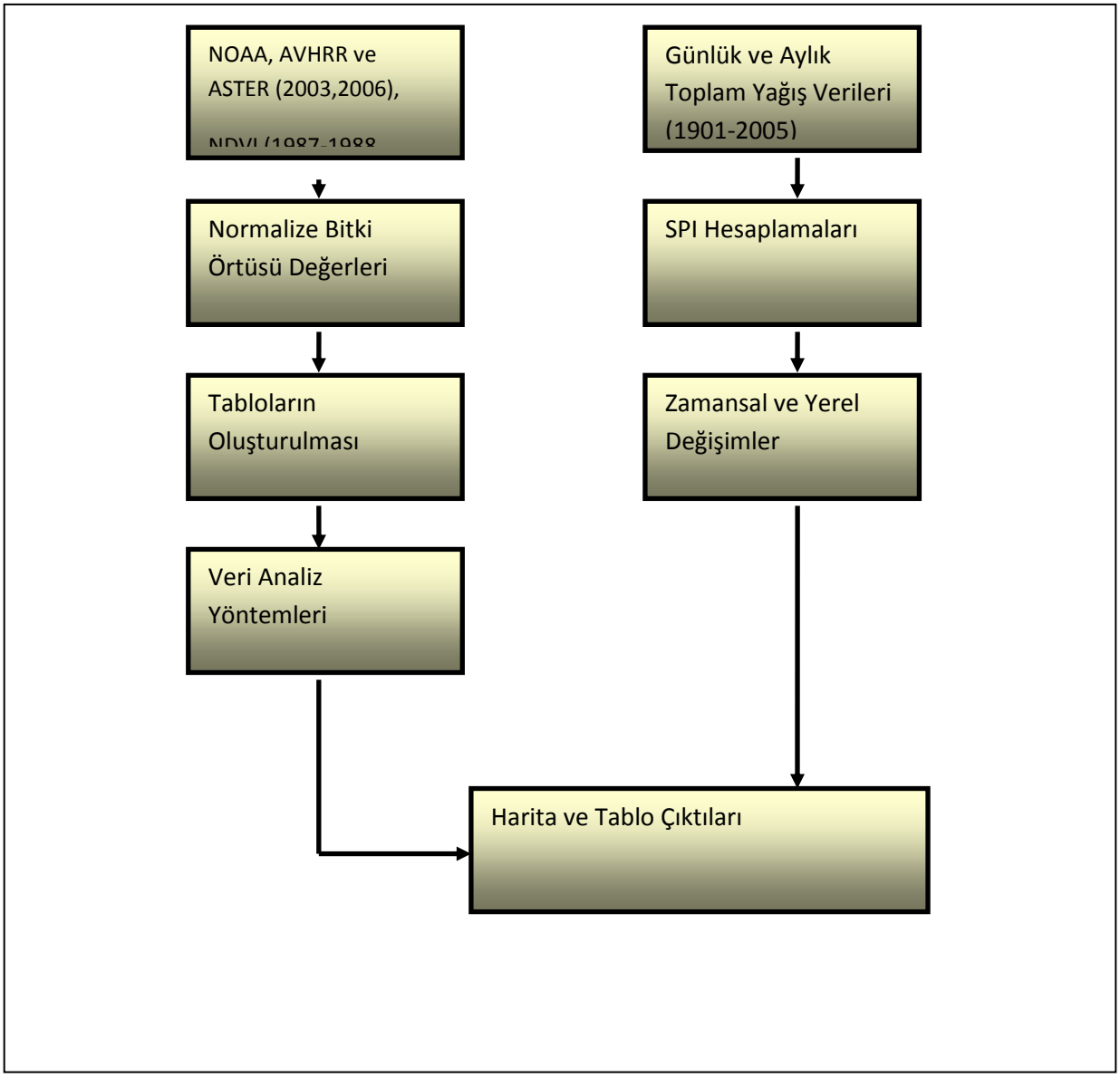


Şekil 6. ASTER - TIR

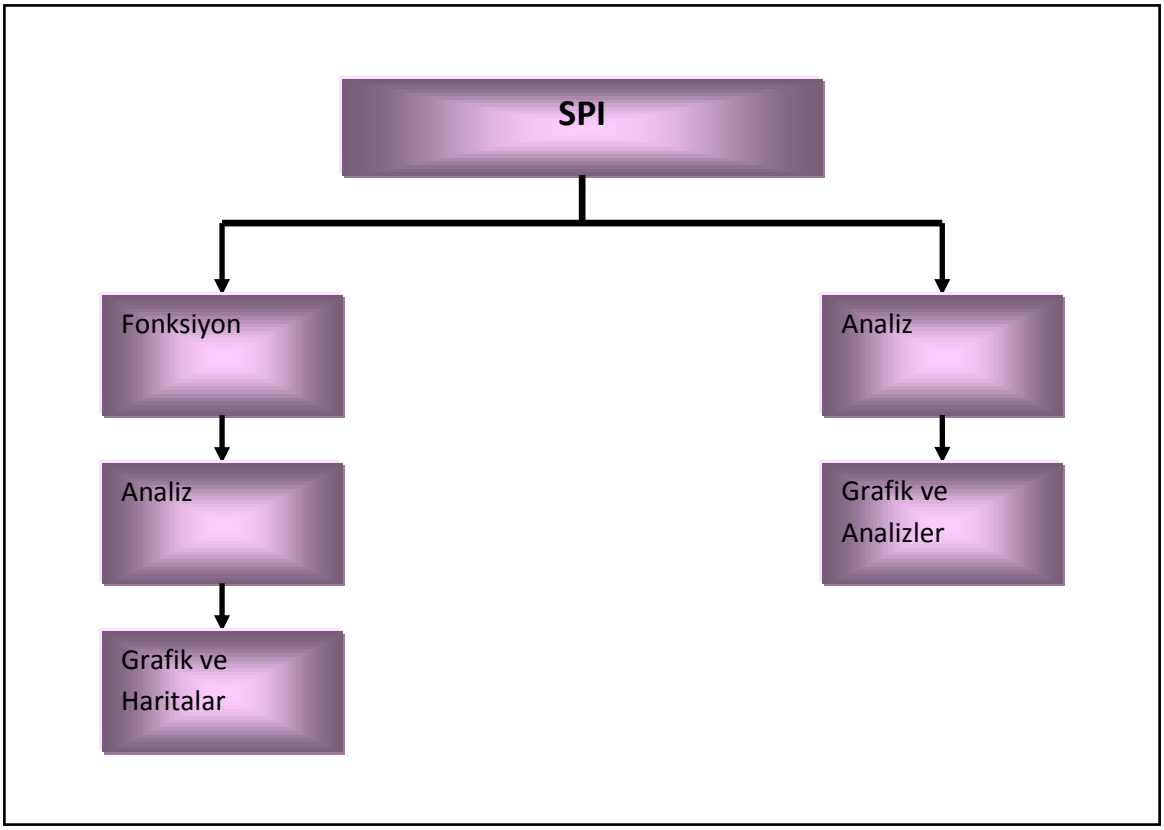
EK 3 (3)

Tablo 2. SPI ve VCI değerlerinin sınıf değerleri ve kriterleri

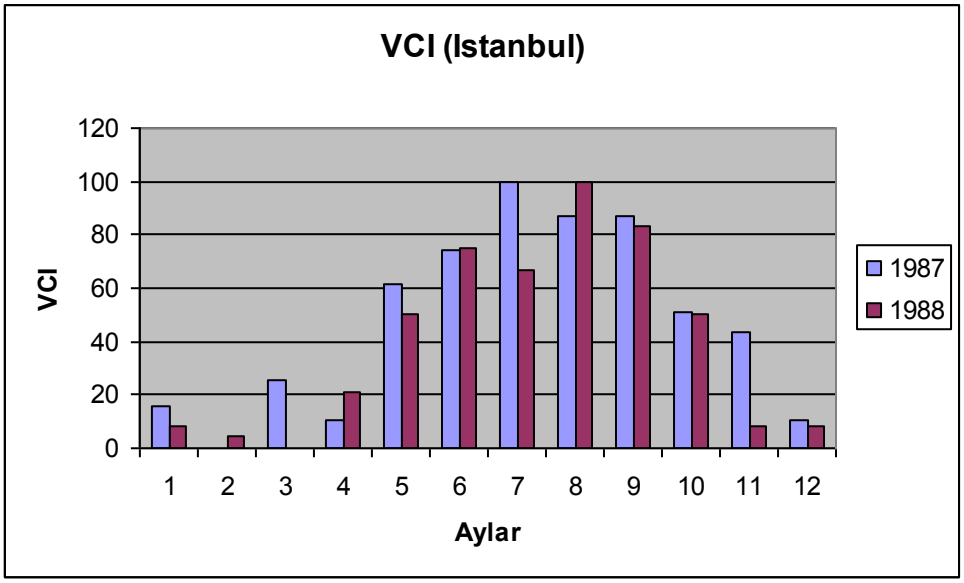
SPI Değerleri	Kategori	VCI Değerleri	Kategori
-3 - (-1,5)	Aşırı Kurak	0-34	Çok Düşük
-1,49 – (-1,0)	Kurak	35-45	Düşük
-0,99 – 0,99	Normal	46-65	Normal
1 – 1,5	Nemli	66-85	Yüksek
1,5 - 3	Aşırı Nemli	86-100	Çok Yüksek



Şekil 7- NDVI ve SPI Değerlerinin Birlikte Analizinin Şematik Gösterilimi



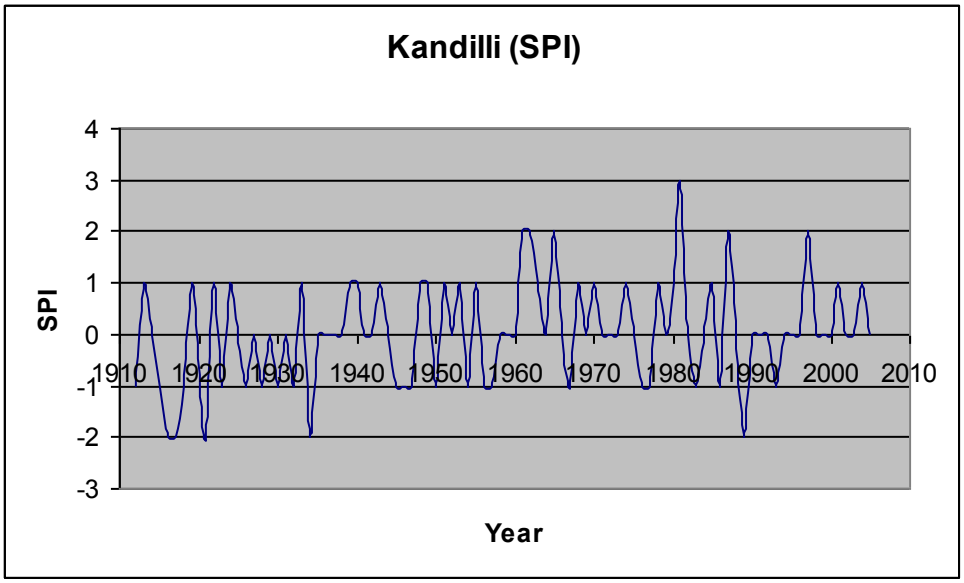
Şekil 8. SPI Analizlerinin Şematik Gösterilimi



Şekil 9. VCI Değerlerinin Değişimi (İstanbul, 1987 ve 1988 yılları)

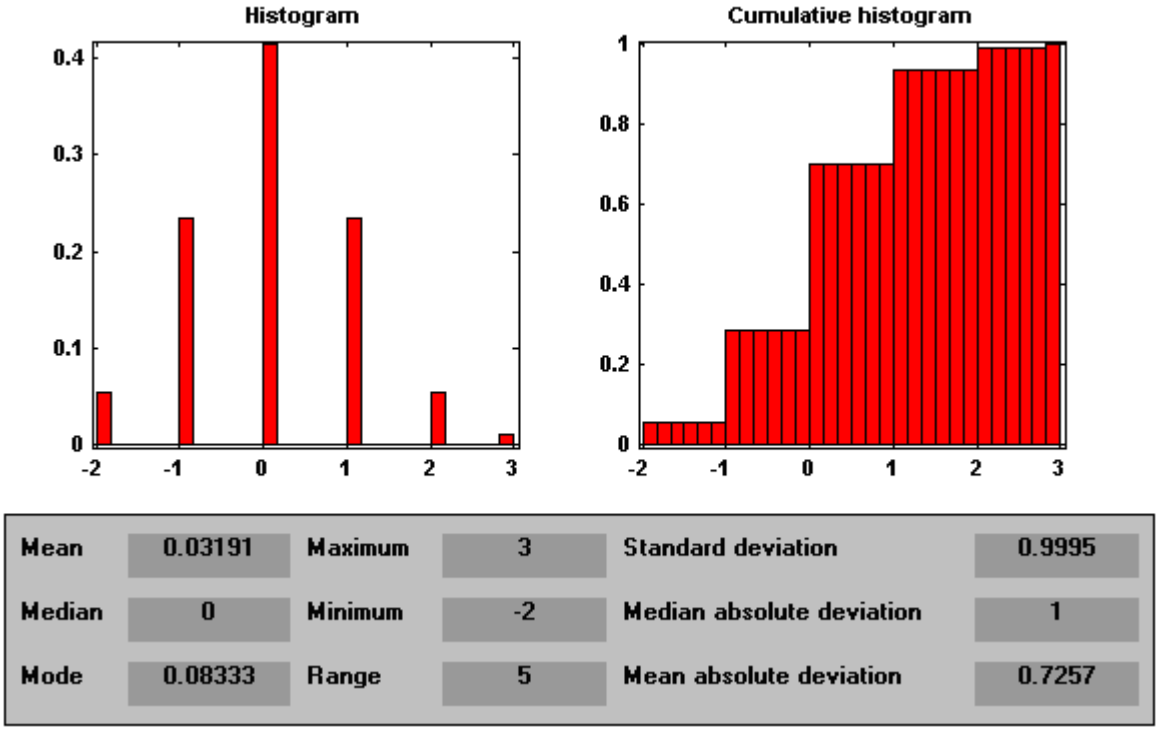
Yukarıdaki şekilde 1-4üncü aylarda ve 11-12inci aylarda bitki örtüsünde önemli ölçüde düşük sınıf değerleri gözlenmektedir. Buna karşılık, 5 ve 10. aylarda, kuraklık eşik değerleri

kaydedilmiştir. Haziran – Eylül dönemi normalden yüksek bitki örtüsü değerlerinin gözlendiği dönemlerdir. Özelikle 1987 yılının Temmuz, 1988 yılının Ağustos ayında, en yüksek bitki örtüsü sınıfı değerleri kaydedilmiştir.



Şekil 10. Kandilli Uzun Dönem SPI verilerinin değişimi

1916, 1922, 1932 ve1987 yılarında aşırı kurak (SPI değerleri -2 civarında), 1960, 1983 ve 1997 yıllarında aşırı nemli dönemler gözlenmektedir.



Şekil 11. Kandilli SPI verilerinin istatistiksel büyüklükleri