

**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI**

**KÜRK ÇAYI HAVZASININ UZAKTAN ALGILAMA VE
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK EROZYON
RİSKİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Halil GÜNEK

HAZIRLAYAN

Hulusi YILMAZ

2010

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANA BİLİM DALI

**KÜRK ÇAYI HAVZASININ UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ
BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK EROZYON RİSKİNİN
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ / DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Halil GÜNEK

HAZIRLAYAN

Hulusi YILMAZ

Jürimiz, 06.07.2010 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonunda bu yüksek lisans / doktora tezini oy birliği / oy çokluğu ile başarılı saymıştır.

Jüri Üyeleri:

1. **Prof. Dr. Saadettin TOMBUL**
2. **Doç. Dr. Eyüp BAĞCI**
3. **Yrd. Doç. Dr. Halil GÜNEK**
- 4.
- 5.

F. Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı kararıyla bu tezin kabulü onaylanmıştır.

Prof. Dr. Erdal AÇIKSES
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ
KÜRKÇAYI HAVZASININ UZAKTAN ALGILAMA VE
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK
EROZYON RİSKİNİN BELİRLENMESİ
Hulusi YILMAZ
Fırat Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Coğrafya Ana Bilim Dalı
ELAZIĞ-2010

Kürkçayı Havzasının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Erozyon Riskinin Belirlenmesi çalışmasında adından da anlaşılacağı gibi uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak arazideki erozyon riski belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışma yapılırken CORINE , ICONE ve Analitik Hiyerarşik Süreç (AHP) yöntemleri incelenmiş, bu yöntemlerden RUSLE modelinden faydalanılarak arazideki erozyon riski belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışma alanı olarak Türkiye’de erozyonun en fazla görüldüğü yerlerden olan Doğu Ana Dolu bölgesi Elazığ ili Sivrice ilçesi Kürkçayı havzası seçilmiştir. Çalışmada eğim, litoloji, jeomorfoloji, arazi kapalılık durumu, bakı, toprak ve ana kaya aşınabilirlik haritaları kullanılarak mevcut erozyon durumu ve erozyon risk haritaları oluşturulmuş ve bu haritaların değerlendirilmesi yapılmıştır.

Sonuç olarak sahanın erozyon risk değerlendirmesini yapmak için çalışmalar değerlendirilmiş ve değerlendirmelerimiz sonucunda Eğim, NDVI, ve NDSI yardımıyla erozyon risk haritası oluşturulmuştur. Çalışma alanının %1’inde erozyon görülmezken, %23.1’inde çok hafif, %31.6’sında hafif, %26.3’ünde hafif şiddetli, %12.7’sinde şiddetli, %5.4’ünde çok şiddetli erozyon riski belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kürkçayı havzası, Erozyon, Uzaktan algılama, Coğrafi bilgi sistemleri

SUMMARY
MASTER'S THESIS
KÜRKÇAYI BASIN REMOTE SENSING AND GEOGRAPHIC
INFORMATION SYSTEMS USED TO DETERMINE THE RISK OF EROSION
HULUSİ YILMAZ
FIRAT UNIVERSITY
INSTITUTE OF SOCIAL SCIENCES
GEOGRAPHY MAJOR FIELDS
ELAZIĞ-2010

Kürkçayı basin, remote sensing and geographic information systems using the erosion risk identification study, the name implies, such as remote sensing methods used in land erosion risk and identify will be worked .

This work while CORINE ICON and the Analytical Hierarchical Process (AHP) method has been examined, these methods RUSLE model, utilizing the land the erosion risk determine had been worked.

Working area in Turkey as erosion, the greatest occurrence in the Eastern Anatolia Region Elazig province Sivrice district Kürkçayı basin had been chosen. At work slope, lithology, geomorphology, land enclosure situation, aspect, soil and bedrock eroding maps using current erosion status and Erosion risk maps will be created and will be evaluating this map.

Result erosion risk map had been gained with using the Slope, NDVI, and NDSI softwares. Level of erosion risk lowest at %24.1, Low at %31.6, Average at %26.3, High at %12.7, Highest at %5.4 had been determined in workspace.

Key words: kürkçayı basin, erosion, remote sensing, geographic information systems.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	II
SUMMARY	III
İÇİNDEKİLER	IV
HARİTALAR LİSTESİ	VI
TABLolar LİSTESİ	VII
FOTOĞRAFLAR LİSTESİ	VIII
GRAFİKLER LİSTESİ	IX
ŞEKİLLER LİSTESİ	X
ÖNSÖZ	XI
GİRİŞ.....	1
METOD VE MALZEME.....	2
AMAÇ:	2
ÖNCEDEDEN YAPILAN ÇALIŞMALAR:	2
1.EROZYON İLE İLGİLİ KAVRAMLAR	5
1.1. EROZYONUN TANIMI.....	5
1.2. EROZYON ÇEŞİTLERİ.....	6
1.2.1 Su Erozyonu	6
1.2.1.1. Yağmur Damlası Erozyonu (Raindrop Erosion).....	6
1.2.1.2. Yüzey Erozyonu (Sheet Erosion).....	7
1.2.1.3. Parmak Erozyonu (Rill Erosion).	9
1.2.1.4. Oyuntu Erozyonu (Gully Erosion)	10
1.2.1.5. Akarsu Yatak Erozyonu (Alluvial Channel Erosion).....	11
1.3. SU EROZYONUNU ETKİLEYEN FAKTÖRLER	12
1.3.1.İklim Koşulları.....	13
1.3.2. Toprak Koşulları	13
1.3.3.Topografik Özellikler.....	14
1.3.4.Bitki Örtüsü	15
1.3.5. İnsan Faaliyetleri.....	16
1.4. EROZYON ÇALIŞMALARINDA KULLANILAN MODELLER.....	18
1.4.1. Niteliksel Modeller	18

1.4.1.1. FAO (Birleşmiş Milletler Gıda Teşkilatı) Metodu.....	18
1.4.1.2. <i>ICONA</i>	19
1.4.1.3. <i>CORINE</i>	20
1.4.2. Niceliksel Modeller.....	21
1.4.2.1. WEPP (Water Erosion Prediction Project).	21
1.4.2.2. EPIC (Erosion-Productivity Impact Calculator).	22
1.4.2.3. ANSWERS (Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation)	22
1.5. ÜNİVERSAL TOPRAK KAYIPLARI EŞİTLİĞİ (USLE).....	23
1.5.1. Usle, Musle, Usle-M ve Rusle Gelişimi.....	23
1.5.2. USLE Eşitliğinde Faktörlerin Belirlenmesi.....	26
1.5.3. USLE ve Analizi.....	27
2. KÜRK ÇAYI HAVZASINDA USLE MOEDELİNE GÖRE EROZYONUN DURUMU	33
2.1. HAVZANIN KONUMU	33
2.2. İKLİM ÖZELLİKLERİ VE USLE-R FAKTÖRÜ	36
2.2.1. İklim Özellikleri.....	36
2.2.2. Usle R Faktörü	41
2.3. ZEMİN ÖZELLİKLERİ VE USLE K FAKTÖRÜ	47
2.3.1. Jeolojik Yapı.....	47
2.3.2. Toprak Özellikleri	50
2.4. TOPOGRAFİK ÖZELLİKLER VE USLE LS FAKTÖRÜ	56
2.4.1. Topografik Özellikler	56
2.4.2. USLE LS Faktörü	58
2.5. ARAZİ ÖRTÜSÜ ile USLE C ve P FAKTÖRLERİ.....	59
2.6. HİDROGRAFİK ÖZELLİKLER	63
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	66
EROZYON RİSK HARİTASININ DEĞERLENDİRİLMESİ	66
KAYNAKÇA	72
ÖZGEÇMİŞ.....	78

HARİTALAR LİSTESİ

Harita 1: Kürk Çayı Havzası ve Çevresinin Lokasyon Haritası	34
Harita 2: Kürk Çayı Havzasının Topoğrafya Haritası.....	35
Harita 3: Kürk Çayı Havzasının Fiziki Haritası.....	35
Harita 4: Kürk Çayı Havzasının Yağış Haritası.....	46
Harita 5: Kürk Havzasının Jeolojik Haritası.....	47
Harita 6: Kürk Çayı Havzasının Toprak Haritası.....	51
Harita 7: Kürk Çayı Havzasının Toprak İndis Haritası.....	55
Harita 8: Kürk Çayı Havzasının Eğim Grupları Haritası	59
Harita 9: Kürk Çayı Havzasının Arazi Kullanım Haritası.....	60
Harita 10: Kürk Çayı Havzasının Bitki Kapalılık Haritası.....	62
Harita 11: Kürk Çayı Havzasını Drenaj Yoğunluk Haritası.....	63
Harita 12: Kürk Çayı Havzasının Erozyon Risk Haritası.....	67
Harita 13: Kürk Çayı Havzasının Erozyon Risk Haritası.....	69
Harita 14: Kürk Çayı Havzasının Erozyon Risk Haritası.....	70

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo:1.Sivrice'nin Ortalama ve Ekstrem Sıcaklıkları	37
Tablo 2: Sivrice'nin Yağış ve Ortalama Karla Örtülü Gün Sayısı	38
Tablo 3: Sivrice'nin su bilançosu tablosu(Thornthwite formulu).....	41
Tablo:4 Sivrice İstasyonuna ait Hesaplanan aylık F Değerleri.....	45
Tablo 5: Kürk Çayı Havzasında Yağışın Alansal Dağılışı ve Oranları.....	46
Tablo 6: Jeolojik Birimlerin Alansal Dağılışı.....	50
Tablo 7: Kürk Çay Havzasındaki Toprak Gruplarının Alanı ve Yüzdesi	54
Tablo 8: Yükselti Basamaklarına Göre Alan Dağılışı.....	57
Tablo 9:Eğim Sınıflarına Göre Basamaklar	58
Tablo 10: Kürk Çayı Havzasının Arazi Kullanım Tablosu	61
Tablo 11:Kürk Çayı Havzasını Drenaj Yoğunluk Tablosu	64
Tablo 12: Kürk Çayı Havzasının Erozyon Dereceleri ve Etkili Oldukları Alan	68
Tablo 13:Erozyon Gurupları Dağılışı Tablosu (Finlayson-Montgomery)	72

FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

Foto 1: Damla Krateri.....	7
Foto 2: Kürk Çayı Havzasının Aşağı Mecrasının Güney Yamaçlarındaki Yüzey Erozyonundan Genel Görüntü	8
Foto 3:Yüzey Erozyonu Yakından Görünüşü.....	8
Foto 4: Kürk Çayı Havzasında Tektonik ve Litolojik Özelliklerinden Dolayı Gelişmiş Parmak Erozyonu ve Alınan Tedbirler.....	9
Foto 5: Sahadan Başka bir Parmak Erozyonu Görüntüsü	10
Foto 6: Sahanın Güneyindeki Ofiyolitler Üzerinde Gelişen Oyuntu Erozyonu	11
Foto 7: Sahanın Güneyindeki Ofiyolitler Üzerinde Gelişen Oyuntu Erozyonu	11
Foto 8: Kavak Ovası Kuzeyinde Eğimli Sahada Yanlış Arazi Kullanımı.....	17
Foto 9: Sahadaki Ofiyolitlerden Bir Görüntü	48
Foto 10:Sahadaki Maden Karmaşığından birgörünüm	49
Foto 11: Sahanın Güneyinde Doğu Anadolu Fay Zonu ile Parçalanmış ve Eğim Değeri Artmış Akarsular Tarafından Derince Parçalanmış Sahadan Bir Görüntü.....	49
Foto 12: Kürk Köyü ve Çevresinde Bitki Örtüsünün Yoğun Olduğu ve Toprağın Erozyona Karşı Dirençli Olduğu Erozyona Karşı Korunaklı bir Alan	55
Foto 13: Sahanın Güneyinde Fay Aynası ve Basamaklarında Erozyondaki Farklılaşma	57
Foto 14: Kürk Köyü Kuzeyinde Erozyonu Önlemeye Tedbir Olarak Yapılan Ağaçlandırma Sahası.....	62
Foto 15: Kürk Deltasının Yoğun Bitki Örtüsü ve Gerideki Birikim Alanları	64
Foto 16: Kürk Çayı Yatağındaki Birikim Alanları	65

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik : 1, 2, 3 - Kum, Silt + İnce Kum ve Kil Oranı ile USLE K Değeri Arasındaki İlişki	29
Grafik : 4, 5, 6 - Strüktür Kodu, Hidrolik İletkenlik ve Organik Madde Miktarı ile ÜSLEK Değeri Arasındaki İlişki	30
Grafik : 7 - Eğim , Eğim Uzunluğu ve L Değeri Arasındaki İlişki.....	29
Grafik : 8 - Eğim ve S Değeri Arasındaki İlişki	31
Grafik 9: Sivricenin Ortalama ve Ekstrem Sıcaklıklar Grafiği.....	37
Grafik 10: Sivrice'nin Yağış ve Ortalama Karla Örtülü Gün Sayısı Grafiği	38
Grafik 11: Sivrice'nin Su Bilançosu (Thorntwhite formulu)	41
Grafik 12: – F ve R değerleri arasındaki ilişki.....	44
Grafik: 13– Sivrice İstasyonuna Ait Aylık F Değerleri	45
Grafik 14: Kürk Çayı Havzasının Erozyon Dereceleri ve Etkili Oldukları Alan	68

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil: 1 - Bir yüzey Akış Parseli	27
Şekil: 2 - Kısımlarına Ayrılmış Bir Yağış Diyagramı	28
Şekil: 3 - Bitki boyu ve kanopi kapalılığı arasındaki ilişkiye bağlı olarak toprak kaybı	32
Şekil: 4 - Malç, Kanopi Kapalılığı ve Bitki Boyuna Bağlı Olarak Toprak Kayıpları ...	32

ÖNSÖZ

Kürk çayı havzasının uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak erozyon riskinin belirlenmesi adlı bu çalışma Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya ana bilim dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmada Kürk çayındaki erozyonun dereceleri uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak belirlenmiştir.

Bu çalışmanın hazırlık ve yapılış safhalarında maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen danışman hocam sayın Yrd.Doç.Dr.halil GÜNEK'e bölüm başkanımız sayın Prof. Dr. Saadettin TONBUL hocama ,Yrd.Doç.Dr.İlhan Oğuz AKDEMİR'e Araştırma görevlisi Muzaffer SİLER'e sayın Turgay ÖZ'e, sayın Emrah TÜRKOĞLU'na ve bu çalışmada emeği geçen bölümün diğer elemanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Hulusi YILMAZ

ELAZIĞ-2010

GİRİŞ

Yeryüzü bütün canlıların olduğu gibi insanların da ortak yaşam alanıdır. Bu alan iç içe geçmiş ortamlardan oluşmaktadır. Bu doğal ortamlar birbirleriyle sıkı ilişki içerisinde olmakta ve birbirlerini etkilemektedirler. Bu etki, doğal dengesi içerisinde sürdüğü müddetçe her hangi bir sorun oluşturmaz.

Yeryüzünü oluşturan bu ortamlara insanlar tarafından çeşitli müdahaleler yapıldığı zaman, bu doğal denge bozulmakta ve çeşitli sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunlardan biride toprak erozyonudur. Bütün canlıların yaşamını sürdürmesi için doğrudan veya dolaylı olarak topraktan faydalanmaları gerekir. Yeryüzü bu doğal denge içerisinde hem aşınmakta (erozyona uğramakta) hem de yeniden toprak oluşarak toprak örtüsünü yenilenmektedir. Bu aşamada aşınan toprak örtüsü kadar toprak yeniden oluştuğundan herhangi bir sorun yaşanmamaktadır. Çünkü yeryüzü şekilleri, bitki örtüsü, eğim ve aşındırıcı güçler arasındaki denge devam ettiğinden toprak yenilenir.

Yeryüzündeki bu doğal denge dışarıdan yapılan müdahalelerle bozulursa (bitki örtüsünün tahribi, arazinin yanlış kullanılması) erozyon hızlanır. Önce incelen toprak örtüsü verimsizleşir daha sonra da tamamen aşınıp rezervuar alanlarına taşınmaktadır. Bunun sonucunda da tarımsal üretimin yapıldığı meracılık faaliyetinin sürdürüldüğü topraklar yok olmaktadır. Bu toprakların yok olması veya verimsizleşmesi ilk önce kıtlıkları daha sonra açlıkları, salgın hastalıkları ve toplu ölümleri beraberinde getirmektedir.

Toprak erozyonunun bu olumsuz sonuçlarından kurtulmak ve topraktan daha verimli daha uzun süre faydalanmak için toprak erozyonunu önlememiz gerekmektedir. Toprak erozyonuna sebep olan etmenler tanınır iyi bir şekilde tedbirler alınırsa geçmiş nesillerden emanet aldığımız ülkemizin topraklarını gelecek nesillere iyi bir şekilde teslim edebiliriz.

Toprak erozyonunun önlenmesine katkı sağlamak amacıyla Doğu Anadolu Fay Zonunda yer alan eğimli, geçirimsiz ve akarsular tarafından derince paralanmış ve geçirimsiz bir alan olan Sivrice ilçesi yakınlarındaki Kürk Çayı Havzası seçilmiştir.

METOD VE MALZEME

Araştırma sahasının erozyon risk değerlendirmesini yapmak için önceden yapılan çalışmalar değerlendirilmiş ve bu değerlendirmemiz sonunda Eğim, NDVI ve NDSI yardımıyla Erozyon risk haritası oluşturulmuştur. Bu veriler etki dereceleri ve yönlerine göre $ER = E - (NDVI/10 + NDSI/10)$ denklemi ile yapılmıştır. Burada:

ER= Erozyon riski

E=Eğim

NDVI=Bitki örtüsü kapallılık indeksi

NDSI=Toprak örtüsü indeksi

Eğim verileri aster uydusunun 15m.'lik DEM verileri kullanılarak elde edilmiştir. NDVI ise yine Aster uydu görüntüsünün VIR(Görülebilir bantlar) 2. ve 3. bantları kullanılarak elde edilmiştir. NDSI ise Aster uydu görüntüsünün 4. ve 6. bantları kullanılarak elde edilmiştir. Ayrıca NDVI iyi sonuç vermesinden dolayı landsat uydu görüntüsünün 3. ve 4. bantları kullanılmıştır. NDSI için ise landsat uydu görüntüsünün 2 ile 5.bantları kullanılmıştır. Elde edilen bu veriler yeniden örneklemeye tabi tutulduktan sonra formül yardımıyla hesaplamaya tabi tutulmuş ve hesaplamalar yapılarak erozyon risk haritası oluşturulmuştur.

AMAÇ:

Tektonik ve jeolojik yapı bakımından erozyonlaşmaya çok uygun olan Kürk Çayı havzasında erozyonun belirlenmesi ve erozyon riskinin ortaya konulmasıdır. Bu işlem yapılır iken erozyonun belirlenmesi ve erozyon riskinin değerlendirilmesinde kullanılan metotların işlemler gerektirdiğini gördük. Bu işlemleri uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımı ile kısaltarak ve kolaylaştırmak amacı ile bu çalışma yapılmıştır.

ÖNCE DEN YAPILAN ÇALIŞMALAR:

BAYRAMIN ve diğ. (2002), Ankara Beypazarı bölgesinde yaklaşık 170 hektarlık bir alana sahip bir bölgede Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama tekniklerini kullanarak, ICONA yöntemi yardımıyla erozyon risk belirleme. 7 aşamada tamamladıkları çalışmalarında Landsat TM5 uydu görüntülerinden yararlanmışlardır.

Bitki yapısının belirlenmesinde NDVI formülünü kullanılmış ve çalışma alanının % 45.9'luk bölümde yüksek erozyon riski belirlenmiştir.

ŞAHİN (2002), Göksu nehri üzerine kurulduğu varsayılan Seyhan Köprü barajına çevresel etkiyi değerlendirmek için, ICONA erozyon risk belirleme yöntemini kullanmışlardır. Çalışma bölgesinin % 82.26 'sında çok yüksek derecede erozyon riski belirlenmiştir. Çalışmanın sonuç bölümünde, barajların ömürlerinde erozyonla taşınan toprak miktarlarının boyutlarına ve zararlarına değinmişlerdir.

AYDAY ve diğ. (1997). Küçükemalı - Bilecik Gölet Havzası'nda CORINE yöntemini kullanarak erozyon risk haritası hazırlamışlardır. Elde edilen erozyon risk haritası ve klasik yöntemlerle hazırlanmış haritalar karşılaştırılmıştır. Arazinin toprak yapısını ve jeolojisini belirlemek amacıyla 5 noktada profil , 22 noktada toprak örneği almışlardır. Bitki örtüsünü belirlemede TVI (Transform Vegetation Index) formülünden yararlanmışlardır. Yaptıkları bu çalışma sonucunda, bir bölgede kullanılan yöntemin verilerinin değerlendirilmesinde, uygulama bölgesinin özelliklerinin önemle dikkate alınması gerektiği sonucuna varmışlardır.

AYDAY ve diğ. (1999), çalışmalarında CORINE yöntemini ele almışlar ve Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile belirtilen yöntemi çalışma alanına uygulamışlardır. Çalışma alanı. Sakarya Nehri'nin oluşturduğu Sakarya Havzası'nı içeren 3000 Km² 'lik bir alanı kapsamaktadır. Son teknikler yardımıyla çalışılan alanın toprak erozyon risk haritasının hazırlanması ve sonucunda havzadaki sosyo-ekonomik yapıyı iyileştirici önlemlerin alınması konusunda önceliklerin belirlenmesini amaçlamışlardır. Elde edilen haritalar ile çalışılan sahanın toprak erozyonuna uğrama olasılığı yüksek yerleri saptanmış, proje sonuçlarını yorumlayacak planlayıcılara erozyon önlemede öncelikli önlemlerin belirlenmesi konularında yararlı olacak sonuçlar tespit edilmiştir. Yanlış arazi kullanımı ve bölge barajlarının hizmet sürelerinin arttırılması konuları dikkate sunulmuştur.

ZENGXIANG ve diğ. (1996), 1995 yılında Tibet bölgesinde 67.000 km² 'lik bir alanda toprak erozyonunu belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmalarında Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve analitik hiyerarşi süreci yöntemlerini kullanmışlardır. Erozyonu belirlemek için su drenajı, eğim, jeoloji, bitki yoğunluğu ve arazi kullanım değişkenlerini kullanmışlardır. Bitki yoğunluğunun belirlenmesinde NDVI formülünden

yararlanmışlardır. Erozyona etki eden değişkenlerin ağırlıkları analitik hiyerarşi süreci yardımıyla belirlenmişler ve Tibet bölgesindeki erozyon altı sınıfta değerlendirmişlerdir.

MARINONI (2004), ArcGIS yazılımı için. arazi kullanım vb. değerlendirmelerde analitik hiyerarşi süreci yönteminin kullanılmasına yönelik visual basic ortamında bir makro geliştirmeye çalışmıştır. Örnek bir uygulama ile hazırladığı makroyu test etmiş ve arazi kullanım analizi dışında başka karar analizlerinde de kullanılabileceği kanısına varmıştır.

APAYDIN (2002], yaptıkları çalışmada, Ankara Yenimahalle Güvenç Havzasında yüzey akışını belirlemek için AGNPS, SWRRB ve GLEAMS erozyon modellerinin coğrafi bilgi sistemlerini kullanarak bir uygulamasını yapmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin bu modellere sağlayacağı yararı ve modellerin geçerliliğini araştırmıştır.

ÖZEL ve diğ. (1998), Çalışma alanı olarak belirledikleri Dalaman Havzasında erozyon risk belirlemede kullanılan USLE, CORINE ve ICONA yöntemlerinin bir uygulamasını yapmışlardır. Her bir yönteme göre elde edilen erozyon risk sonuçlarını karşılaştırmışlar. Bitki örtüsünü belirlemek için 1993 yılma ait Landsat TM uydu görüntülerinden yararlanmışlardır.

EROL (2000), Eskişehir ili Mihalıççık ilçesinde CORINE erozyon risk belirleme yöntemi ile gerçek ve potansiyel erozyon riskini ortaya koymaya çalışmıştır. Çalışma sonucunda, çalışma alanının % 49'luk bölümünde yüksek erozyon riski belirlenmiş ve gerçek erozyon riskine etki eden en önemli değişkenlerin arazi kullanımı ve bitki örtüsü olduğu sonucuna varmıştır.

TONBUŞ(2005), Çorum çevresinde yeni oluşturulan APH (Analitik hiyerarşik süreç) erozyon belirleme yöntemi ile erozyon çalışmalarına uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin sağladığı yaralar ve yeni erozyon değerlendirme yönteminin kullanıla bilirliliği araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, çalışma alanının % 60'luk bölümünde yüksek ve çok yüksek erozyon riski belirlenmiştir.

ÖZSOY, G. (2007), Bu çalışmada Mustafa Kemal Paşa havzasının potansiyel erozyon risk durumu Yenileştirilmiş Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği (YETKE, İngilizce RUSLE) ile haritalanması ve erozyon riskinin belirlenmesi yapılmıştır.

Çalışma sonucunda, çalışma alanının % 25.89'luk bölümünde yüksek ve çok yüksek erozyon riski belirlenmiştir

YILMAZ,E. (2006), Çamlıdere barajı havzasının erozyon problemi ve risk analizinin yapıldığı bu çalışma , ABD’de 1950 ‘li yıllardan beri kullanılmakta olan ve birçok çalışmaya uygulanmış olan Üniversal Toprak Kayıpları Eşitliği (USLE) metodundan faydalanılmıştır. Çalışma sonucunda, çalışma alanının % 27'lik bölümünde yüksek ve %33 bölümünde çok yüksek erozyon riski belirlenmiştir.

1.EROZYON İLE İLGİLİ KAVRAMLAR

1.1. EROZYONUN TANIMI

Latince kökenli bir sözcük olan "*erozyon*" dilimizde "kemirme" anlamına gelmektedir. Yerel olarak erozyon için süprüntü, uçkun, dalaz gibi ifadeler de kullanılmaktadır (Bahtiyar, 2006).

Erozyon toprağın farklı dış güçlerce aşındırılması, aşındırılan bu materyalin yine dış güçlerce taşınması daha sonrada dış güçlerin zayıfladıkları yerlerde ki buralar genellikle çevrelerine göre çukurda kalan yerlerdir, biriktirilmesidir.

Doğal erozyon, oluşan toprakların doğal kuvvetlerle bir denge içerisinde aşındırılıp taşınması ve başka yerlerde biriktirilmesidir. Buna "*doğal erozyon*" ya da "*normal erozyon*" da denilmektedir. Bu şekilde toprak oluşumu devam ettiğinden *Doğal erozyonun* faydalı olduğu bilinmektedir.

İnsan müdahalesi olmayan yerlerde, erozyonla üstten aşınıp taşınan toprak miktarıyla alttan oluşan toprak miktarı arasında doğal bir denge söz konusudur. Yani doğal erozyonda, erozyon hızı ile toprak oluşum hızı neredeyse birbirine eşittir. Hatta toprak kazanımı daha fazladır. Bunu derin toprak profillerinden anlamak mümkündür (Bahtiyar, 2006).

Hızlandırılmış erozyon (ekstralated erosion) ise insanların yanlış arazi kullanımı ve hatalı tarımsal faaliyetleri sonucunda ortaya çıkarmış oldukları bir erozyondur. İnsanlar özellikle tarımsal amaçlar için toprağı işlemeye başladıklarından itibaren, toprak kaybı sürecini de başlatmış ve giderek hızlandırmışlardır (Bahtiyar, 2006).

Hızlandırılmış erozyonla oluşan toprak taşınmaları, toprak profilinin üst katmanlarında başlamakta ve bu yolla binlerce, hatta milyonlarca yılda oluşmuş bulunan

toprakların önce üst katmanları ve daha sonra ise alt katmanları taşınarak, toprak profilleri giderek sıklaşmakta ve bitki yetiştirmeye yarayan gerçek toprak, erozif güçler tarafından zamanla yok edilmektedir (Sarı, 2005).

1.2. EROZYON ÇEŞİTLERİ

Erozyonun gerçekleşmesi doğal dengenin bozulması ve dış güçlerin etkinliğine ve şiddetine bağlıdır. Dolayısıyla erozyon da, aşınmaya neden olan dış güce göre sınıflandırılabilir. Bu nedenlerden dolayı erozyon; su, rüzgâr, buzul, dalga erozyonu gibi türlere ayrılabilir.

Su erozyonu, genel olarak yeryüzündeki bütün suları (dalga dışındaki) kapsamaktadır. Burada yağışlar ile yeryüzüne düşen suların, kaynaklardan çıkan suların ve kar-buz erimelerinden oluşan suların çeşitli şekilde yaptıkları aşındırma, taşıma ve biriktirme faaliyetlerini kapsar. Bu nedenle de dünyanın her tarafında etkili olur.

Rüzgâr erozyonu, kurak ve yarı kurak alanlarda, su erozyonundan daha etkin bir işlev görmektedir. Çünkü bu alanlarda su erozyonu ancak epizodik yağışlarla meydana gelir (Erinç, 2001).

Buzul erozyonu hem daha yavaş gerçekleşmekte hem de insanların kullanım alanlarının dışında yer aldıklarından diğer erozyon çeşitlerine göre daha az zararlı görülür.

Dalga erozyonu kıyıları şekillendirmesi bakımından oldukça önemlidir. Buna rağmen dalga aşındırması yine de insanları su ve rüzgâr erozyonu kadar etkilememektedir. Çünkü daha dar alanda etkindir.

1.2.1 Su Erozyonu

Bugün Türkiye'de sularla meydana gelen erozyonun sınıflandırılmasında kullanılan sistem, Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı tarafından geliştirilmiş sistemin, Türkiye koşullarına göre değiştirilmiş şeklidir (Balcı ve Ökten, 1987). Bu ayırımda erozyon yüzey ile aşındırma şiddetine göre sınıflandırılmaktadır.

1.2.1.1. Yağmur Damlası Erozyonu (Raindrop Erosion)

Bu şekilde gerçekleşen erozyon, erozyon olayının başlangıç safhasıdır. Yağmur damlaları ile toprağın parçalara ayrılmasını gerçekleştirdiğinden erozyon olayının

başlaması açısından önem arz etmektedir. Özellikle sağanak yağışla zemine hızla çarpan damla iki etki oluşturur. Birincisi hızla çarpmanın etkisi ile toprağın gözenekleri tıkanmakta sızdırma azalmaktadır. İkincisi ise zemine hızla çarpan damla toprak parçalarının önce yukarıya daha sonrada eğime bağlı olarak yamaç aşağıya doğru hareket etmesine neden olmaktadır. Eğimli arazilerde bu şekilde sıçrayan taneler erozyonu hızlandırır.

Toprağa düşen yağmur damlaları toprak taneciklerini 1-1,5 m çapında bir daire içerisinde etrafa ve hemen hemen 60 cm yukarı doğru sıçratır (Mater, 1987).

Damla erozyonu özellikle toprak aşınması bakımından hızlandırıcı bir rol oynar. Etkisi damlanın kinetik enerjisine (boyut, düşme hızı), ve zemin yapısına bağlıdır (Erinç, 2000). Damla erozyonunun aşındırıcı etkisi damlanın boyutlarına ve yağışın yere düşme şiddetine bağlıdır (Foto 1).



Foto: 1 - Damla Krateri(Yılmaz,2006)

1.2.1.2. Yüzey Erozyonu (Sheet Erosion)

Yağan yağış sonucunda oluşan damla erozyonu, şiddetli yağışlar esnasında bütün yüzeyi kaplayacak şekilde meydana gelir. Bunun sonucunda tüm yüzey de erozyon oluşmaktadır. Özellikle yüzeysel akışa geçen yağış suyu tüm yüzeyi kaplayacak şekilde aktığı zamanlarda erozyonun etkisi daha da artmakta ve tüm yüzeyde etkili olacağından bu tür erozyona yüzey erozyonu denilmektedir (Foto 2-3).



Foto 2:Kürk Çayı Havzasının Aşağı Mecrasının Güney Yamaçlarındaki Yüzey Erozyonundan Genel Görüntü



Foto 3:Yüzey Erozyonunun Yakından Görünüşü

Yağmur damlalarının sıçratması ve yüzey akışla meydana gelen toprak hareketine yüzey erozyonu denmektedir (Çanga, 1985).

Yüzey erozyonu ile hafif toprak parçacıkları organik madde ve eriyebilir bitki besin maddeleri araziden uzaklaştırılır. Bu bakımdan arazinin verimliliğinde ciddi bir

azalma meydana gelmektedir. Yüzey erozyonu çoğunlukla eğim boyunca tekdüze bir şekilde meydana geldiğinden verimli üst toprağın büyük bir kısmı taşınmadan önce dikkati çekmemektedir. Bu yüzden yüzey erozyonu en tehlikeli erozyon türüdür (Çanga, 1985).

Yüzey erozyonu ile toprağın üstteki verimli kısmı aşındığından en tehlikeli erozyon şekli olarak da bilinmektedir.

1.2.1.3. Parmak Erozyonu (Rill Erosion).

Yüzey erozyonu eğimin artması ve erozyonun ileri evresinde Parmak Erozyonu şeklini alır. Yüzey erozyonunda seyelan şeklinde akan su, hem kendi etrafında dönme hem de taşıma enerjisi kazanır. Dönme enerjisi toprak tanelerini gevşetip yerlerinden koparır. Taşıma enerjisi ise, kopan tanelerin eğim aşağı taşınmasını sağlar. Bu enerjiler, arazi üzerinde dar alanlarda toplandıkları takdirde yüzey toprağında olukçukların açılmasına neden olurlar. Derinlikleri 1-10 cm olan bu olukçuklara "parmak" adı verilir (Akalan, 1987). (Foto 4-5)



Foto 4: Kürk Çayı Havzasında Tektonik ve Litolojik Özelliklerinden Dolayı Gelişmiş Parmak Erozyonu ve Alınan Tedbirler



Foto 5: Sahadan Başka bir Parmak Erozyonu Görüntüsü

Yamaç aşağı akan yağış suları yamaçlar boyunca kendilerine küçük kanalcıklar halinde açtıkları yollardan akarken kanalize olmalarından dolayı aşındırma kuvvetleri daha da artar. Bu nedenle parmak görünümündeki bu kanalcıklarda erozyon daha da şiddetli gerçekleşir.

1.2.1.4. Oyuntu Erozyonu (Gully Erosion)

Parmak erozyonunun ilerlemesine bağlı olarak bu yarıntılar zamanla büyüyerek sel yarıntılarını oluştururlar. Bu yarıntılarının birbirleri ile birleşmeleri sonucunda geniş alanlarda etkin olan oyuntu erozyonu meydana gelir. Oyuntu erozyonunda meydana gelen oyuntular akarsu yataklarının ilk aşaması olarak kabul edilebilir (Foto 6-7)

Sel yarıntılarının derinlik ve genişlikleri jeolojik yapıya, toprağın kalınlığına, sert kaya katının derinliğine, toprak altı materyalin yumuşaklığına, arazinin eğim derecesine ve sel yarıntısından akan sel sularının taşıdığı materyalin miktar ve cinsine bağlı olarak değişir (Akalan, 1987).



Foto 6: Sahanın Güneyindeki Ofiyolitler Üzerinde Gelişen Oyuntu Erozyonu



Foto 7: Sahanın Güneyindeki Ofiyolitler Üzerinde Gelişen Oyuntu Erozyonu

1.2.1.5. Akarsu Yatak Erozyonu (Alluvial Channel Erosion)

Oyuntu erozyonu ile oluşan yarıntılar zamanla büyüyerek akarsu yataklarını oluştururlar. Akarsular, sürekli eğimi olan bir oluk içerisinde, en azından yılın belli dönemlerinde veya tamamında akış gösteren sulardır (Erinç, 2000). İşte bu yatak

içerisinde akan akarsuların yatakları boyunca yaptıkları erozyona Akarsu Yatak Erozyonu denir.

Akarsuların yataklarında akarken, yataklarının tabanını ve yamaçlarını aşındırarak erozyonun oluşmasını sağlarlar. Akarsu erozyona uğrattığı alüvyonu gücünün yettiği süre taşır. Akarsular, mekanik, korrazyon ve korozyon yoluyla aşındırma yaparlar (Erinç, 2000).Gücünün azaldığı yerlerdeki rezervuar alanlarda da biriktirir.

Hem aşındırma hem de biriktirme yapan akarsuların, sanırım erozyon açısından en büyük işlevi taşımadır. Çünkü aşındırılan malzeme taşınmaz ise üzerinde oluşacak flora, malzemenin sabitleşmesini sağlayacak ve tekrar aşındırılmaya gerek duyulacaktır. Böylece hem taşınma gecikecek hem de üzerini örttüğü toprak parçasını erozyondan koruduğu için, aşınmayı azaltacaktır. Oysa akarsular bunları taşıyarak, rezervuar alanına biriktirecektir ki bu da zaten erozyonun son aşamasıdır (Yılmaz,2006).

1.3. SU EROZYONUNU ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Erozyon, birçok çalışmada aşağıdaki eşitlik ile ifade edilmeye çalışılır (Balcı ve Ökten, 1987).

$E = f \{ \dot{I}, K, T, B, H \}$ eşitliği ile belirtilen bu faktörler;

E = Erozyon Miktarı veya şiddeti

$\dot{I}$ = İklim

K = Toprak

T =Topografya

B =Bitki Örtüsü

H =İnsan 'dır

Yukarıda genel görüş olarak alınan faktörlere dikkat edilirse, toprak oluşumunda etkili olan faktörlerle bire bir örtüşmektedir. Çünkü erozyon toprağın taşınması demektir.

1.3.1. İklim Koşulları

Toprak oluşumunda çok belirgin etkiye sahip olan iklim aynı şekilde erozyonun oluşumunda da bu etkisini göstermektedir. Çünkü su erozyonunda yağış ve dolayısı ile su iklimin etkisi ile oluşmakta ve etkili olmaktadır.

İklim elemanlarından yağış, toprağın direk taşınmasında rol oynamamaktadır. Fakat toprağın nem miktarını, buharlaşmanın miktarı, toprağın donması ve dolayısıyla sızmaya etkisi ile erozyon üzerinde sıcaklık rol oynamaktadır. Yağışın miktarı, şiddeti, yağışın yıl içindeki dağılışı, yağışın kar veya yağmur olarak düşmesi erozyonun üzerinde belirleyici bir faktördür. Özellikle kurak dönemlerden sonra görülen sağanak yağışlar erozyonu hızlandırmaktadırlar. Bu dönemlerde erozyonun etkili olmasının birçok sebebi vardır. Birinci sebebi kurak dönem boyunca toprak içindeki nem buharlaşma ile kayıp olması ile toprağın küçük parçacıklara ayrılmış ve taşınmaları kolaylaşmıştır. Küçük parçacıklar halinde bulunan toprak parçacıkları yağmur damlalarının etkisi ile daha fazla yukarı ve eğim aşağı hareket etmekte olup, hareket eden bu malzeme topraktaki gözenekleri kapatarak ta erozyon üzerinde etkili olmaktadır. Diğer önemli sebebi ise topraktaki boşlukların hava ile dolmuş olması ve sızmayı azaltarak yüzeysel akışı artırmasıdır. Ayrıca kurak dönemde bitki örtüsünün de kurumuş veya ortamdaki temizlenmiş olması da etkili olmaktadır. Yağışın şiddeti arttıkça sızma kapasitesini aşan miktarın oranı da hızla artmaktadır. Böylece kısa sürelerde düşen şiddetli sağanakların büyük bölümü yüzeysel akışa geçerek yağışların daha fazla miktarda toprağın taşınmasına sebep olmaktadır. Fakat şiddeti düşük olan yağışlar sızma kapasitesini aşmadıkları için yüzeysel akışa geçen miktarın az olması ile erozyona etkileri düşmektedir. Kar olarak düşen yağışlar yavaş eridiklerinden yüzeysel akışa geçemezler. Rüzgâr ise yağmur damlalarının düşme açısı ve toprağa çarpma hızında etkili olmaktadır. Ayrıca toprak neminin azılmasına yardımcı olması ile de erozyon üzerinde etkili olmaktadır.

1.3.2. Toprak Koşulları

Erozyonda toprak koşulları da etkin olmaktadır. Toprak özellikleri bozulmamışsa erozyona karşı dirençli, bozulmuş ise dirençsizdir. Toprakların erozyona karşı dirençlerini etkileyen etmenlerin başlıcaları şunlardır:

Strüktür oluşumu, agregatlaşma

Agregatların suya dayanıklılığı

Özgöl ağırlık

Gözenek hacmi, gözenek çapları ve gözeneklerin devamlılığı

Kil minerallerinin miktarı ve tipi

Organik madde miktarı

Değişebilir katyonların cinsi ve miktarı

Mikroorganizma faaliyetinin düzeyi

Yağışlardan önceki toprağın nem içeriği

gibi daha pek çoğu burada verilmemiş olan toprak özellikleri, toprak erozyonunun oluşmasında ve oluşacak erozyonun şiddet derecesine etkide bulunmaktadır (Sarı, 2005).

Toprak geçirgenliği erozyon üzerinde etkili olan en önemli faktörlerden biridir. Geçirgenlik ne kadar fazla ise erozyon o oranda daha az gerçekleşir.

Organik madde, toprakların su tutma kapasitelerini artırır, yüzey akış kayıplarını azaltır, özellikle ağır topraklarda havalanmayı düzenler ve daha iyi bir yapı ve tav durumu hazırlar. Organik maddenin toprakta kümeleşmeyi uyararak, iyi bir toprak yapısı ve tav durumunu oluşturması, infiltrasyonu artırarak yüzey akış kayıplarını azaltması, su ve rüzgâr erozyonu kayıplarının normal düzeye inmesinde de büyük rol oynamaktadır (Akalın, 1987).

1.3.3.Topografik Özellikler

Erozyon üzerinde etkili olan en önemli faktörlerden biride topğrafyadır. Topografik özelliklerden; Eğim, eğim uzunluğu, toprak geçirgenliği ve yapısı etkili olmaktadır.

Eğim uzunluğu, eğimin başladığı nokta ile sedimentlerin yığıldığı nokta ya da sıfır olduğu nokta arasındaki mesafe olarak kabul edilir. Yamaç uzunluğunun erozyon üzerine etkisi, toprak tekstürü ve geçirgenliği ile yakından ilişkilidir. Bir eğim uzunluğu üzerine düşen yağmurun oluşturduğu erozyon, eğimin yukarı kısmında çok az, eğimin

aşağı kısmında ise çok fazla olmaktadır. O halde yamaç uzunluğu arttıkça buna bağlı olarak, taşınan toprak miktarı da artmaktadır (Doğan ve Güçer, 1976).

Eğimler, içbükey, dışbükey ve düzgün bir şekil gösterirler. Çoğu zaman her üç şekli de bir yamaçta görmek mümkündür. İçbükey bir şekle sahip yamaçlarda daha az erozyon tahribatı görülmektedir. Kolüvyal sahaların oluşumunda içbükey yamaçların varlığı esastır. Dışbükey yamaçlarda, aşınma içbükey yamaçlara oranla daha fazla olmaktadır (Doğan ve Güçer, 1976).

1.3.4.Bitki Örtüsü

Toprak üzerindeki bitki örtüsü, her şeyden evvel, yağmur damlalarının toprak zerrelere çarpmasını, dolayısıyla yüzeysel tabakanın tahribini önler. Bitki örtüsünün bu koruyucu görevi, yağmur damlalarını tutarak, hızlarını azaltmaktadır (Doğan ve Güçer, 1976).

Bitki örtüsü, toprak ile atmosfer arasında bir tampon veya koruyucu katman gibi rol oynar. Bitkilerin yapraklar ve saplar gibi toprak üstü kısımları; yağmur damlalarının, yüzeyden akan suyun ve rüzgârın enerjilerini emerek toprağa daha az enerjinin geçişini sağlarlarken, bitki örtüsünün kök sistemlerinden oluşan toprak altı kısmı toprakların mekanik dayanımlarına katkıda bulunurlar (Çanga, 1985).

Bitki örtüsü yüzeyden akan suyun enerjisini akışa karşı pürüzlük yaratmak suretiyle giderir ve dolayısıyla hızını azaltır. Bitkiler hava akışına karşı pürüzlük oluşturarak rüzgârın hızını azaltırlar. Orman örtüsü genellikle araziye kütle hareketlerine karşı kısmen ağaç köklerinin kohesif etkileri yoluyla korumaktadır. 1-20 mm çapındaki ince kökler toprakla birleşik bir materyal oluştururlar ve düşük gerilme (tensile) dayanıklılığına sahip toprak, nispeten yüksek gerilme dayanıklılığına sahip kökler vasıtasıyla güçlenir (Çanga, 1985).

Orman ölü örtüsü en şiddetli yağışları kolaylıkla geçirebilecek bir infiltrasyon kapasitesine sahiptir. Örneğin çürüntü-mul mor tipi humus içeren bir orman örtüsü 150 mm/saat şiddetinde bir yağışı kolaylıkla süzerek toprağa geçirebilmektedir. Bu alanlarda geçirgenlik ölü örtünün kalınlığıyla orantılıdır (Balcı ve Ökten, 1987).

İnsanlar ve diğer canlılar yer yüzünde sürekli olarak bitki örtüsünü tahrip etmişlerdir. Önceleri yakacak elde etmek, tarla açmak, mesken yeri oluşturmak gibi

nedenlerle bitki örtüsünü tahrip ederken bu gün teknolojinin gelişmesi ile beraber tahribatta çeşitlenmiştir. Bunun sonucu olarak ta erozyona karşı toprağın koruyucu kalkanı olan bitki örtüsü tahrip edildikçe erozyonda hızlanacaktır.

1.3.5. İnsan Faaliyetleri

Araştırma alanında arazinin büyük bir kısmı tarım dışı etkinliklere daha uygundur. Tarıma uygunluk gösteren arazi araştırma alanımızın %29.6 lık bir kısmını oluşturmaktadır. Tarımsal faaliyetler genellikle erozyonun en az olduğu eğimin hemen hemen hiç olmadığı bağlık-bahçelik alanlar(%6,4) ile eğimi genellikle %2 yi geçmeyen araziler üzerinde yürütülmekte olan sulamasız tarım yöntemlerinin uygulandığı tarla tarımı(%23,2) şeklindedir. Tarım arazilerinin işlenmesi ve tarımsal faaliyetin yürütülmesi esnasında uygun olmayan teknik ve yöntemlerinin uygulanması erozyonu hızlandırmaktadır.

Araştırma sahamızdaki yer yüzü şekillerine bağlı olarak küçük parseller halinde bulunan tarım arazilerinin miras yolu ile bölünerek daha da küçülmesi ekonomik olarak tarım arazisinin işlenmemesine sebep olmaktadır. Tarım arazilerinin daha az işlenmesi özellikle tarla tarımının yapıldığı yerlerde tarımın zaman zaman kesintiye uğraması tarım yöntem tekniklerinin erozyon üzerindeki etkisini azaltmaktadır. Bahçe tarımının yapıldığı alanlarda ise genel olarak hem arazinin eğiminin azalması hem de sürekli olarak bitki örtüsü ile kaplı olması erozyon şiddetinin az olmasına neden olmaktadır (Foto 8).

Araştırma sahamızın yüz ölçümünün büyük bir kısmı (%34,6) mera ve otlak arazisi olarak görülse de bölgede ekonomik faaliyet olarak tek başına hayvancılığın yapılmaması otlakların tahribatı ve yanlış kullanılması ile oluşacak muhtemel erozyonun şiddetinin daha az olmasına neden olmaktadır.

Araştırma sahamızın içerisinde erozyonu etkileyen en önemli insani etken ise doğal bitki örtüsünün insanlar tarafından tahrip edilmesidir. Doğal olarak orman bitki örtüsü ile kaplı olması gereken sahamızın tahribat ile bitki örtüsü antropojen step alanına dönüşmüştür. Bunun nedenini 1288 (1871) tarihli Diyarbakır Salnamesinden alınmış olan bilgiler gayet net bir şekilde ortaya koymaktadır. Burada özetle araştırma alanımıza yakın bir mesafede bulunan Maden ilçesi sınırları dahilindeki bakır madeni işletmesinde madenin eritilmesi işleminde bölgedeki orman örtüsünün kesilerek yakıt

olarak kullanılması orman tahribatını ortaya koymaktadır. Araştırma sahamızda yeterli ağaçlandırma çalışmalarının yapılmaması ormanlık alanların genişlememelerine dolayısı ile de erozyonun yavaşlamasına etki edecek koruyucu kalkanın olmamasına neden olacak ve erozyon daha da hızlanacaktır.



Foto 8: Kavak Ovası Kuzeyinde Eğimli Sahada Yanlış Arazi Kullanımı(Eğimli arazide tarımın yapılması toprağı erozyona karşı dirençsiz hale getirir.)

İnsanların yapmış olduğu aşağıdaki etmenlerden erozyon etkilenmektedir.

- Toprağı, üretim gücüne (yetenek sınıfına) uygun olarak kullanmamak, Dik veya çok dik eğimli (% 12'den fazla) arazilerde, toprak koruyucu önlem almadan toprak işlemeli tarım yapmak,
- Çok sığ (20 cm.'den az derin) topraklı arazilerde, taşlık ve kayalık yerlerde toprak işlemeli tarım yapmak,
- Uygun olmayan tarım alet-makineleri kullanmak ve hatalı toprak işlemesi yapmak,
- Toprağı eğim doğrultusunda işlemek,
- Toprağı alt - üst eden ve strüktürünü bozan işleme yapmak,

- Toprağı, erozyon gücü yüksek yağışlardan önce işlemek, Toprak koruyucu kültürel (bitkisel) önlemlere yer vermemek,
- Bitki artıklı tarım yapmamak,
- Arazileri topluca nadasa bırakmak,
- Hatalı bitki ekim nöbeti uygulamak,
- Yeşil gübrelemeye gerekli önemi vermemek,
- Ahır gübresini tarlaya vermeyip, yakmak,
- Şeritvari ekim sistemi uygulamamak, Otlak alanlarını usulüne göre kullanmamak,
- Erken ve aşırı otlatmak,
- Otlak alanlarını toprak işlemeli tarım alanlarına dönüştürmek, Ormanları iyi koruyamamak,
- Orman arazisini toprak işlemeli tarıma açmak,
- Orman içi otlatma yaptırmak,
- Usulsüz ve kaçak kesim yapmak,
- Ormanları yakmak (Yılmaz,2006).

1.4. EROZYON ÇALIŞMALARINDA KULLANILAN MODELLER

1.4.1. Niteliksel Modeller

Bu modeller Erozyonun şiddetini belirlemeye yöneliktir. Erozyonun şiddeti Bu modellerde; az şiddetli, orta şiddetli, şiddetli, çok şiddetli gibi sınıflara ayrılır. Bu modellere bakarak erozyonun az ve çok olduğu yerler belirlenir. Fakat önlem alınması gerektiği yerler veya nerelerde hangi tür erozyonun etkili olduğu açık değildir.

1.4.1.1. FAO (Birleşmiş Milletler Gıda Teşkilatı) Metodu

Bir alanda, erozyondan etkilenmeyen (durağan) yerler ile, erozyondan etkilenen (durağan olmayan) yerlerde uygulanan, aktif erozyon özelliklerinin sistematik hesaplanmasında diğer bir ifadeyle, potansiyel erozyon derecesinin ve erozyon riskinin kalitatif (nitelik) olarak hesaplanmasında **FAO (Birleşmiş Milletler Gıda Teşkilatı)**

Metodu kullanılabilir. Diğer bir ifade ile, **FAO metodu**; bir havzada mevcut ve aktif olan erozyonu değerlendiren ve kalitatif olarak tanımlayan haritalama metodudur. Bu yöntem, uydu fotoğraflarını yorumlama ve arazi gözlemlerinden yararlanılarak, yeni bir yoruma dayalı potansiyel erozyon haritalamasını tamamlayıcı nitelikte erozyonun haritalanmasıdır. Bu metodoloji; Arazi stabilizitesi derecesinin belirlenmesi Durağan ve durağan hale getirilmiş alanlar için erozyon riski derecesinin tanımı, erozyona müsait alanlar veya erozyona neden olan özel etmenler gibi yerel özelliklerin tanımlanması ve değerlendirilmesi, durağan olmayan alanlar için hakim erozyon tipinin tanımlanmasının (bu erozyonun şiddeti ve değişim hızıyla ilişkilidir), bir lejanta dayalı olarak haritalanması, gibi adımlarından oluşur. Böylece durağan ve durağan hale getirilmiş alanlarda erozyon risklerinin yoğunluğu, eğilimleri ve etken faktör belirlenerek, uygulanacak toprak muhafaza tedbirlerinin tespiti yapılır (Anonim, 2005).

1.4.1.2. ICONA

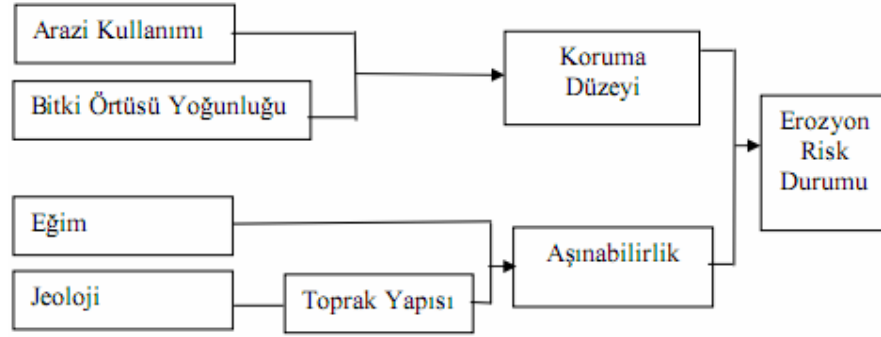
Önemli diğer bir erozyon haritalama yöntemi ise; ICONA (Institut National pour l'étude et la Conservation de la Nature) yöntemi, İspanya Doğal Kaynakları Koruma Genel Müdürlüğü (DGCONA) tarafından geliştirilmiş ve halen kullanılmakta olan erozyon risk belirleme yöntemidir.

ICONA yöntemi geliştirildikten sonra, erozyon seviyesi değerlerinde ve üretilen haritalarda standardın yakalanması amacı ile UNEP (Birleşmiş Milletler Çevre Programı) standartları ile bütünleştirilmiştir.

ICONA yönteminde bir havza veya bölge için, arazi kullanımı, bitki örtüsü yoğunluğu, topografik (eğim) durumu ve bölgenin jeolojik özellikleri değerlendirilerek, bölgenin erozyon risk durumu belirlenebilmektedir.

Bölge özellikleri ile ilgili bu dört ana değişken kullanılarak; arazi kullanımı ve bitki örtüsü yoğunluğu bilgilerinden toprak koruma düzeyi, topografik yapı (eğim) ve jeolojik özelliklerinden de aşınabilirlik bilgilerini gösteren haritalar üretilmektedir. Yöntemin son bölümünde ise, elde edilen bu iki harita birlikte değerlendirilerek, aşağı'daki akış şemasında gösterilen erozyon risk durumu elde edilmektedir.

ICONA yönteminde değişkenler arasındaki ilişkiler ve değerlendirmeler, karar matrisleri yardımıyla yapılmaktadır.



ICONA yöntemi akış şeması

Bu yöntem ülkemizde de birçok alanda kullanılmış ve erozyon alanlarını belirlenmiştir (Doğan vd., 2000a, Bayramın vd. , 2003).

1.4.1.3. CORINE

Diğer bir erozyon metodolojisi ise, Avrupa Topluluğuna üye ülkelerce uygulanan erozyon riski ve arazi kalitelerini belirleyen **CORINE** modelidir. 1973 yılında Avrupa Topluluğu Çevre Programı'nın oluşturulması sonucunda, çevre sorunları ile ilgili çalışmalar hız kazanmıştır. Topluluk içerisinde yer alan ülkelerin topraklarındaki çevresel değişimleri belirlemek, doğal kaynakları uygun biçimde yönetmek vb. amaçlar için 27 Haziran 1985 tarihinde Avrupa Topluluğu meclisinde CORİNE Programı kabul edilmiştir

Bu modelde; Toprak aşınım duyarlılığı (erodibilite = aynı koşullar altındaki toprakların erozyona karşı nispi duyarlılığıdır)

Aşındırıcı etken,

Topografik durum ve Bitki örtüsü indisleri, dikkate alınarak "**Erozyon Risk Değerlendirmesi**" yapılmaktadır

Bu model Avrupa Birliği Ülkelerinde uygulanan ve birçok ülkede erozyon çalışmalarını standardize etmeyi amaçlayan bir modeldir (Anonim, 2005).

Yöntem, Türkiye'de Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (KHGM) APK Dairesine Bağlı Ulusal Bilgi Merkezinde gerçekleştirilmektedir. Pilot çalışma alanı daha çok

Marmara Bölgesinden seçilmiştir. KHGM bu işlemi HAT A.Ş. ile birlikte yürütmektedir (Hat A.Ş., 2002).

CORINE programı içerisinde yer alan çevre politikaları arasında toprak erozyonu değerlendirmesi ve arazi kalite sınıflandırması gibi iki konuya özellikle önem verilmiştir

Ülkemizde kullanılan toprak haritalarının; toprağın bünye, taşlık vb. gibi bilgilerinde eksiklikler bulunmaktadır. Dünyada yaygın bir şekilde kullanılmakta olan CORINE, USLE vb. gibi yöntemler haritalarımızın özelliklerinden dolayı ülkemizde küçük pilot bölgelerde uygulanabilir (Tonbuş-2005).

ICONA yöntemi ise iklim bilgilerini içermemektedir. Ülkemizde erozyona yağışın etkisinin yüksek olduğu bilindiğinden ICONA yöntemi uygulandığında elde edilen sonuçların sağlıklı bilgiler olmadığı düşünülmektedir (Tonbuş-2005).

FAO yöntemi potansiyel erozyon haritasını tamamlayıcı niteliktedir. Bu nedenle daha önceden yapılan mevcut erozyon çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Önceki çalışmaların yapıldığı alanlarda erozyon ve erozyon risk belirlenmesi haritaları oluşturulurken kullanılabilir.

1.4.2. Niceliksel Modeller

Bu modeller erozyonun miktarını sayısal tahmin etmeyi amaçlar. Bu nedenle sadece topografya, toprak, jeoloji vb. gibi faktörleri yüzeysel olarak değerlendirmezler. Bu modeller birçok fiziksel, istatistiksel ve deneysel parametreyi kullanır. Sadece bir parametrenin belirlenmesi bile uzun çalışmalar gerektirir. Bu nedenle disiplinler arası bir yaklaşım gerektirir. Bu modeller genel olarak fizik yasalarına bağlı olarak geliştirilen, bazıları deneysel modellerden yararlanarak oluşturulmuş uygulamalardır. Bu modeller deney sonuçlarını ve erozyona etki eden faktörleri fiziki yasalarla mekanize etmeye çalışılırlar. (Yılmaz, 2006)

1.4.2.1. WEPP (Water Erosion Prediction Project).

Bu model USLE ve RUSLE 'nin eksik yönlerini tamamlamak amacıyla geliştirilmiştir. Zaten hemen hemen aynı kadro tarafından geliştirilmiştir.

USLE ve RUSLE deneysel ve/veya istatistiksel modeller olmasına rağmen bu model fiziki temellere dayalıdır.

Su Erozyonu Tahmin Modeli, yeni bir erozyon modeli olarak Amerikan Tarım Bakanlığı (USDA) tarafından geliştirilmiştir. Modelin teknik tabanı; iklim, su geçirgenliği, hidroloji, toprak fiziği, bitki örtüsü, hidrolik koşullar ve erozyon mekanizmasına dayanır. Özellikle topografik şartlar ve bitki amenajmanı yönünden diğer modellere nazaran oldukça iyi tahmin yapar. Ayrıca geçici erozyon (bir yerden bir yere taşınım) ve konumsal erozyon (burada erozyonun cinsi kastedilmektedir; parmak, parmaklar arası gibi) tahmini konusunda da yeterlidir. Günlük, aylık ve yıllık erozyon tahmini için seçenekler sunmaktadır. Ayrıca geleceğe yönelik tahminler de yapabilmektedir (Flanagan and Nearing, 1995).

WEPP'in oldukça iyi tahmin yaptığı kabul edilse de, model uygulamalarının sadece ABD Toprak Erozyonu Araştırma laboratuvarı ve başka birkaç yerde uygulanması, modelin çok ayrıntılı veri gerektirdiği ve nedenlerden dolayı pek yaygınlaşamamıştır (Kalin, 2003).

1.4.2.2. EPIC (Erosion-Productivity Impact Calculator).

Türkçe karşılığı **Erozyon ve Toprak Verimliliğine Etki Hesabı'dır.**

Farklı alanlarda kullanılsa da, fiziki temellere dayalı güçlü bir erozyon modelidir. Erozyondan kaynaklanan ekonomik kayıpları hesaplamak amacıyla geliştirilmiştir (Lal, 1988).

Erozyonun toprak verimliliğine etkisini araştıran bu modelde bitki gelişimi, hidrolik özellikler, iklim özellikleri, topraktaki azot ve nitrat miktarı, toprak sıcaklığı, sürüm yöntemleri gibi parametreler kullanılır. Bilgisayar tabanında çalışan simülasyon modelleri geliştirilmiştir. Modelde ekonomik parametreler de kullanılmaktadır. Bunlar içinde, birçok girdi türü, güvenlik harcamaları, sermaye miktarı vb. onlarca faktör kullanılmaktadır. Özellikle tarıma yatırım yapan müteşebbisler için oldukça kullanışlıdır (Cooke ve Doornkamp, 1990).

1.4.2.3. ANSWERS (Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation)

Fiziksel parametrelere dayalı bir modeldir. Havza bazında çalışır. Tarım alanlarının ve yerleşmelerin, araziden erozyonla kaybolan bitkisel besinlere etkisini amaçlayan bu model su yükü aşınımını hesaplar. Genellikle bilgisayar ortamında

uygulanır. Bilgisayar ortamında kullanılırken her tarafı aynı özelliklere sahip hücreler elde edilerek kullanılır. Modelde;

- Yağış,
- Topografik özellikler,
- Su geçirgenliği ve sızma,
- Sediment parçalanması ve iletimi,
- Parmak, parmak arası ve kanal,

Erozyon alanındaki strüktür bilgileri kullanılır. Ayrıca bitki gelişimini, buharlaşma, toprak nemi değişimi ve bitkilerin azot kullanımı ve topraktaki diğer bazı mineral miktarı bilgileri de bu modelde kullanılır. Modelin GRASS ve ARC-GIS gibi Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımlarında kullanılan ara yüzü geliştirilmiştir. Model genelde EPIC ve WEPP'in karışımı gibi görünmektedir. En fazla havza plancıları tarafından kullanılmaktadır (Kalin, 2003).

1.5. ÜNİVERSAL TOPRAK KAYIPLARI EŞİTLİĞİ (USLE)

1.5.1. Usle, Musle, Usle-M ve Rusle Gelişimi

USLE, Birleşik Devletler Tarım Bakanlığı Toprak Koruma Bölümü tarafından geliştirilen, günümüzde dünyanın hemen her yerinde kullanılan, en yaygın ve bilinen su erozyonu tahmin modellerinden biridir. Amerika Birleşik Devletlerinde 10.000'den fazla tarım çiftliğindeki deneme sonuçlarının değerlendirilmesiyle formüle edilmiştir (Wischmeier, ve Smith, 1978). Özellikle farklı arazi örtüsü altında, uzun dönemlerde, ortalama yıllık toprak kaybının hesap edilmesinde isabetli sonuçlar vermektedir (Kinnel, 2000). Deneysel bir erozyon modeli olan USLE toprak kaybını genel olarak, altı farklı parametrenin bir fonksiyonu olarak hesaplar. Buna göre;

$$A = R.K.L.S.C.P$$

Formülde;

$$A = \text{Yıllık toprak kaybı (t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}\text{)}.$$

$$R = \text{Yağış erozyon indisi (MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ y}^{-1}\text{)}.$$

$$K = \text{Toprağın erozyona duyarlılığı (t ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}\text{)}.$$

L = Eğim uzunluğu faktörü

S = Eğim dikliği faktörü

C = Ürün ve arazi yönetim faktörü

P = Toprak koruma önlemleri

USLE yukarıda da değinildiği gibi yıllık ortalama toprak kayıpları için oldukça kullanışlıdır. Fakat özellikle tek bir yağış sonucu oluşan erozyon miktarını ölçmede yetersiz kaldığı bilinmektedir (Kinnel, 2000). Bunun yanında USLE'nin parsel bazında erozyon miktarını daha doğru hesapladığı fakat oluşan toprak kaybının ne kadarının dere, çay, nehir veya göl ya da barajlara taşındığı hakkında bir sediment iletim oranı (Sediment Delivery Ratio - SİO) sunmadığı eleştirisi yapılmaktadır.

Bu nedenlerden dolayı USLE eşitliğinde yeni düzenlemeler yapılmış ve MUSLE (Modified Universal Soil Lose Egualation) olarak yeniden adlandırılmıştır. Williams ve Berndt (1972) bu eşitliğe göre herhangi bir yağış sonucu oluşan erozyon miktarı;

$$SY_e = X e.K.L.S.C_e.P_e$$

Formülde;

$$SY_e = \text{Yıllık toprak kaybı (t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}\text{)}.$$

Xe= Erozyona neden olan tek yağışın indisi

$$K = \text{Toprağın erozyona duyarlılığı (t ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}\text{)}.$$

L = Eğim uzunluğu

S = Eğim dikliği

C_e = Ürün ve arazi yönetim faktörü

P_e = Toprak koruma önlemleri

Burada C_e, P_e yağışın meydana geldiği dönemdeki ürün yönetimi faktörü ve toprak koruma önlemi olarak ifade edilmiştir. **Xg** ise;

$$X_e = a(Q_e q_P)^{0.56} \text{ olarak USLE' deki R yani yağış faktörünün yerine konulmuştur.}$$

Formülde;

a = Deneyisel bir katsayı

Q_e = Akış miktarı

q_e = Erozyon esnasında, en fazla akış miktarının oranını ifade etmektedir.

USLE-M ise Kinnel ve Risse (1998) tarafından sunulan ve yine USLE' deki faktörlerin düzeltilmesine çalışıldığı bir eşitliktir. Bu eşitlikte de K.L.S.P. faktörleri USLE ile hemen hemen aynıdır. R faktörünün hesaplanmasında MUSLE' den farklı olarak EI_{30} aynen alınmış, ayrıca buna akış miktarı eklenmiştir.

RUSLE ise Renard vd. tarafından 1990'larda geliştirilmiştir. Amaç yine USLE eşitliğindeki eksiklikleri gidermek ve daha doğru sonuç veren bir model üretme olmuştur. Perdue üniversitesi ve amerika tarım takanlığı, toprak koruma bölümünün ortaklaşa hazırladıkları bu model gerçekten de USLE' ye göre oldukça ayrıntılıdır (Renard vd., 1996). USLE ile RUSLE (Revised USLE) arasındaki farkların başlıcaları aşağıdaki gibidir.

R faktörünün hesaplanmasında yeni eşitlikler geliştirilmiştir. Ayrıca 1 yıldan daha kısa (Mesela; 15 günlük) dönemlerde oluşan toprak kaybı hesaplanabilmektedir.

K faktörünün belirlenmesinde özellikle yıl içerisindeki farklılıklar göz önüne alınabilmektedir.

İçbükey ve dışbükey eğime sahip yamaçlar için yeni hesaplamalar geliştirilmiştir.

Ürün yönetimi faktörü hesabı için kanopi, kanopi yüksekliği ve bunların yıl içindeki değişimleriyle ilgili ayrıntılı çözümler vardır.

Bunlara rağmen RUSLE eşitliğinin Türkiye'de uygulanması şu an oldukça zor görülmektedir (Çanga, 1985).

USLE ve RUSLE 'nin toprak kaybını iyi hesaplamadığı dile getirilse de (Kinnel, 2005) bu kadar çok faktörü içinde barındıran, özellikle çok fazla deneme sonucunda ortaya çıkan ve gerçeğe en yakın sonucu veren modelin USLE olduğu, bu modelin çok fazla uygulama alanı bulmasından anlaşılmaktadır.

USLE eşitliği daha önce sözü edilen su erozyonu aşamalarından yalnızca, parmak ve yüzey erozyonunu hesaplamaktadır. Bunlar içerisine damla erozyonu da katılabilir. Fakat oyuntu ve kanal erozyonu bu yöntemle hesaplanamamaktadır. Oyuntu

ve kanal erozyonunun miktarı bu çalışmada USLE eşitliğinde bulunan sonucun % 35'i olarak alınmıştır (Öztürk ve Okman, 1987).

1.5.2. USLE Eşitliğinde Faktörlerin Belirlenmesi

USLE eşitliğinde herhangi bir faktörün belirlenmesinde yüzey akış parselleri kullanılır. Bu parseller ilk olarak Wischemeir ve Smith (1978) tarafından uygulandığı için standart olarak kabul edilmiştir. Bu standartlar,

22,13 m eğim uzunluğu,

% 9 eğimli,

Eğim yönünde sürülmüş,

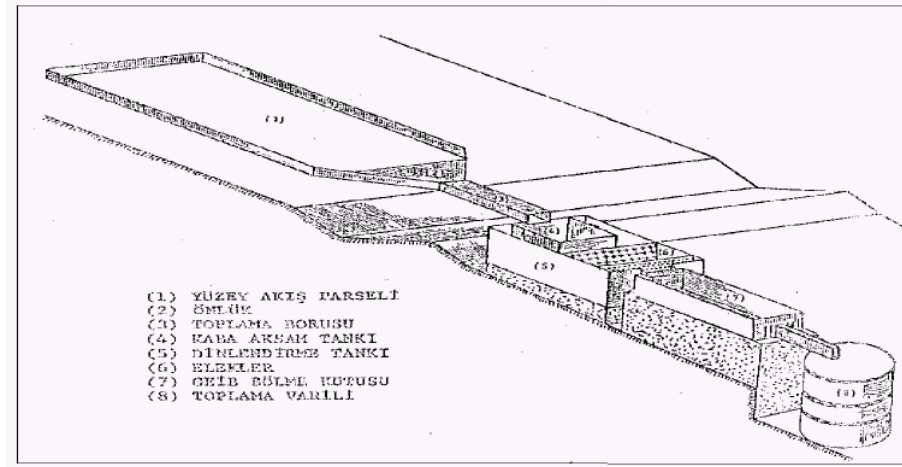
Devamlı nadas yapılan bir alan olarak bilinmektedir.

Bir parametrenin erozyonu nasıl etkilediği, parametre haricinde diğer tüm faktörler sabit tutularak deneysel çalışmalarla belirlenmeye çalışılır. Eğim uzunluğunun erozyona etkisi belirlenmek istendiğinde diğer şartların hep aynı olduğu, fakat eğim uzunluğunun farklı olduğu parseller oluşturulur. Daha sonra, oluşan erozyon ile eğim uzunluğu arasındaki ilişki istatistiksel ve matematiksel olarak değerlendirilerek sonuca varılır.

Ya da bir alandaki toprak duyarlılığının erozyona etkisi ölçülmek istendiğinde,

$K = Al$ Eko eşitliği kullanılır.

Bu işlemler USLE parsellerinde uygulandığı için de L, S, C ve P faktörleri de 1 olarak kabul edilir(Cebel, 2006, Çanga, 1985).



Şekil: 1 - Bir yüzey Akış Parseli (Doğan ve Küçükçakar, 1986).

Ülkemizde USLE parselleri, yüzey akış parseli olarak isimlendirilmektedir. Doğan ve Küçükçakar'ın (1986) hazırladıkları talimat ile daha önce Köy Hizmetlerine bağlı bölge müdürlüklerinde hazırlanan parsellerde toprak kaybının Türkiye'deki parametreleri belirlenmeye çalışılmaktaydı. Fakat KHGM' nün idari konumunun değişmesine bağlı olarak bu parsellerde tekrar çalışılıp çalışılmayacağı belirsizlik içindedir (Şekil 1)

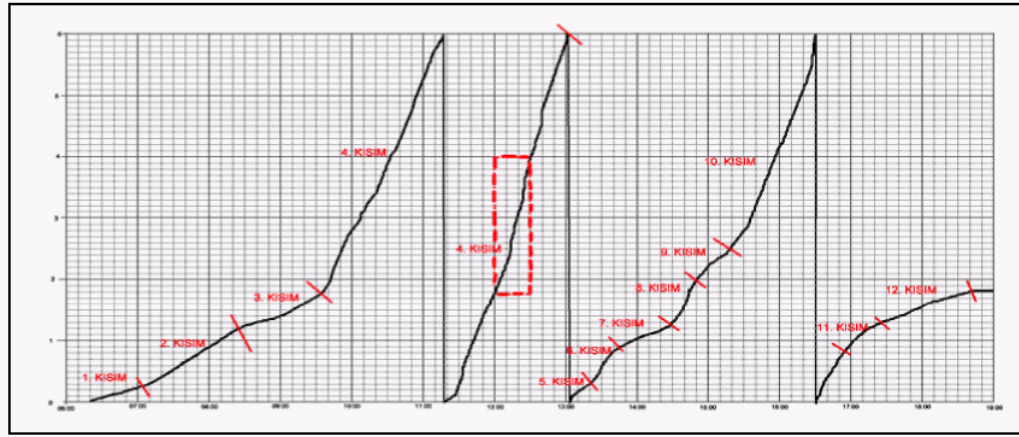
1.5.3. USLE ve Analizi

USLE eşitliği ilk olarak ABD Tarım Bakanlığının 282 nolu el kitabında Kayalık Dağlarının doğu kısmı için hazırlanmış erozyon belirleme modeli olarak karşımıza çıkmaktadır (Wischmeier, ve Smith, 1965). Bundan sonra sürekli geliştirilerek günümüze kadar kullanılmıştır. Ülkemizde USLE eşitliği genellikle ziraat mühendisleri, orman mühendisleri, inşaat mühendisleri ve peyzaj mimarları tarafından kullanılmaktadır.

USLE çalışmaları ülkemizde oldukça fazladır. Bunların bir kısmı direkt USLE uygulaması şeklindedir (Cambazoğlu ve Göğüs, 2004; Özcan vd. 2006). Bazıları USLE eşitliğini ve faktörlerin hesaplanışını konu edinmekte (Çanga 1985; Doğan, 1985; Cebel, 2006 ve Erpul ve Erdoğan, 2006) bazıları da deneysel çalışmalar şeklinde görülmektedir.

USLE daha öncede değinildiği gibi 6 farklı parametreden oluşmaktadır. Bunlardan eğim ve eğim uzunluğu faktörleri genellikle topografik faktör olarak LS değeri şeklinde birleştirilmiştir. P faktörü yani önlem ve tedbirleri içinde barındıran faktör genellikle havza çalışmalarında değerlendirilmez.

USLE eşitliğinin ilk parametresi olan R değeri yani iklim faktörünün belirlenmesi aşamasında birçok ölçüt değerlendirilir. Bunlardan ilki yağış ayrımıdır ki bu ayrım 6 saat gibi uzun bir süre yağış olmadığında, sonraki yağışın ilk yağışın erosif gücünü artırmadığı prensibine dayanır. İkinci ölçüt yağış yoğunluğudur ve bunu da geçirgenlikle ilişkilendirmek gerekir. Buna göre düşük yoğunluktaki yağışlar, toprağa sızacağı ve yüzey akış oluşturmayacağı için erozif etkiye sahip değildir. Üçüncü ölçüt yağış miktarıdır. Bu da belli miktarın altındaki yağışların buharlaşma ile tekrar atmosfere döneceği ve erozif etki yapmayacağı prensibine dayanır.



Şekil: 2 - Kısımlarına Ayrılmış Bir Yağış Diyagramı (Yılmaz,2006)

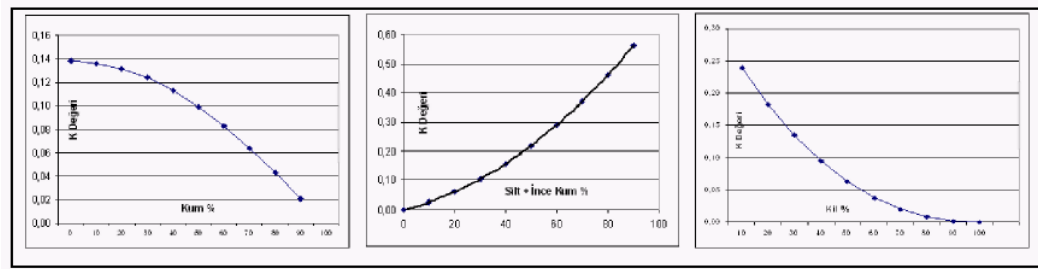
USLE eşitliğinin R değeri genellikle yağış diyagramlarının incelenmesiyle hesaplanır. Yağış diyagramında yani yağış esnasında en fazla erozif etki yapan yağış kısımları, yoğunluğun yani kinetik gücün en fazla olduğu yağış kısımlarıdır. Buna göre; erosif gücün en fazla olduğu kısım 4. kısımdır (Şekil 2). Burada yağış eğrisi çok diktir yani yoğunluk oldukça fazladır. Erozif gücün en az olduğu kısım ise 1. kısım olmalıdır. Çünkü bu kısımda toprak geçirgenliği en fazladır ve yağışla yere düşen sular toprağa sızar.

Bundan başka, yağış miktarının artması da erosif gücü artıran diğer bir etkidir. Burada söz edilmesi gereken diğer bir husus da 30 dakikalık maksimum yoğunluktur. Bu da özellikle yağış esnasında toprak parçalanmasının en fazla olduğu dönemdir ve tüm yağış esnasındaki erozyonu etkilemektedir.

USLE eşitliğinde kullanılan toprak erozyon duyarlılık faktörü olan K değerinin hesaplanması, beş farklı toprak parametresine dayanır. Bunlar,

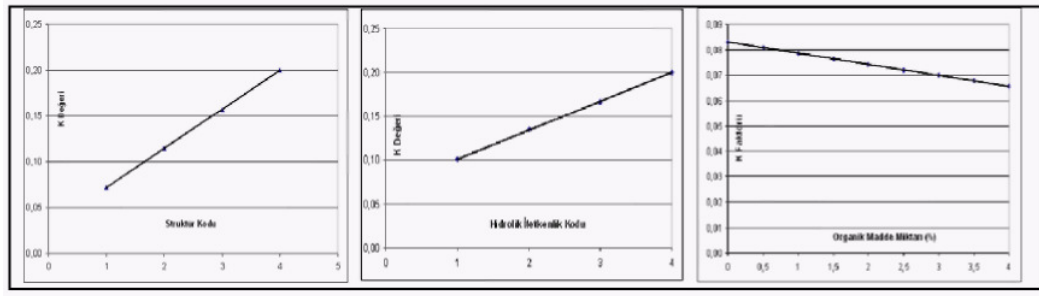
- Şilt + İnce kum yüzdesi (0,002 - 0,100 mm)
- Kum yüzdesi (0,100-2,000 mm)
- Organik madde yüzdesi -a
- Strüktür kodu - b (Strüktür sınıfına göre belirlenir)
- Geçirgenlik kodu -c (Geçirgenlik sınıfıdır) olarak sıralanır.

Bunlardan toprağın tekstür özelliklerini yansıtan kum, ince kum+silt ve kil oranlarına bakıldığında Hjustrom diyagramına benzeyen bir manzara görülür. Diğer faktörlerin sabit tutulup, sadece kum, kil ve ince kum+silt özellikleri incelendiğinde;



Grafik : 1, 2, 3 - Kum, Silt + İnce Kum ve Kil Oranı ile USLE K Değeri Arasındaki İlişki (Yılmaz,2006)

kum oranı artışına bağlı olarak USLE K değerinin düştüğü görülmektedir (Grafik 1, 2, 3). Aynı şekilde kil oranındaki artış da K değerinin düşmesine neden olmaktadır. Fakat silt+ince kum oranının artışı erozyon duyarlılığını da artırmaktadır. Buna ek olarak, K değerinin belirlenmesinde silt+ince kum oranının etkisinin çok fazla olmasıdır. Çünkü kil oranı K değerinde ancak 0,25'lik, kum oranı 0,14'lük bir değişim potansiyeline sahipken silt+ince kumda bu değer 0,6'ya erişmektedir.

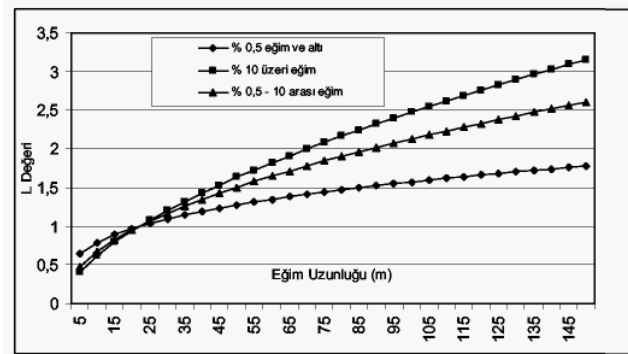


Grafik : 4, 5, 6 - Strüktür Kodu, Hidrolik İletkenlik ve Organik Madde Miktarı ile ÜSLEK Değeri Arasındaki İlişki (Yılmaz,2006)

K değerinin belirlenmesinde diğer faktörlerin etkisine bakıldığında da silt+ince kum oranının etkisini geçen bir parametre ile karşılaşılmaz. Toprak strüktürü K değerinin belirlenmesinde 0,12'lik bir değer arz ederken, hidrolik iletkenlikte bu değer 0,1'e düşmektedir. Organik madde miktarının etkisi ise K değerinin belirlenmesinde en azdır (Grafik 4, 5, 6).

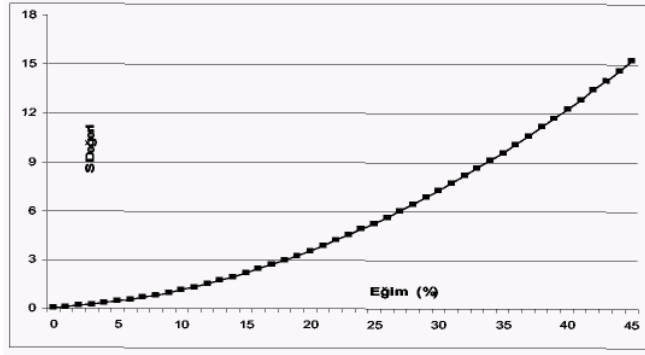
Toprakta strüktüre bağlı olarak agregat oluşumu arttığında erozyon da artmaktadır. Çünkü geçirgenlik azalmaktadır. Geçirgenlik arttıkça (Hidrolik kodla ters orantılı) erozyona duyarlılık azalmaktadır. Yine organik madde miktarının artması da erozyonu azaltmaktadır (Grafik 4, 5, 6).

USLE eşitliğindeki topografik faktör genellikle L (Eğim Uzunluğu Faktörü) ve S (Eğim Faktörü) değerlerinin çarpımıyla elde edilir. Eğim uzunluğu; akışın başladığı noktadan birikimin oluşacağı eğime kadar olan mesafe ya da akışın başladığı noktadan bir kanal veya drenaj ağına (akarsu kanalına) olan mesafe olarak tanımlanmıştır (Grafik 7),(Yılmaz,2006).



Grafik : 7 - Eğim , Eğim Uzunluğu ve L Değeri Arasındaki İlişki(Yılmaz,2006)

USLE eşitliğinde eğim uzunluğu arttıkça erozyon artmaktadır. Bunun yanında eğim uzunluğunun etkisi 22 metreden sonra farklılık göstermektedir. 22 m eğim uzunluğuna kadar, eğimim artışına bağlı olarak erozyon azalmaktayken, 22 m'den sonra eğim arttıkça, eğim uzunluğunun erozyona etkisi de artmaktadır.



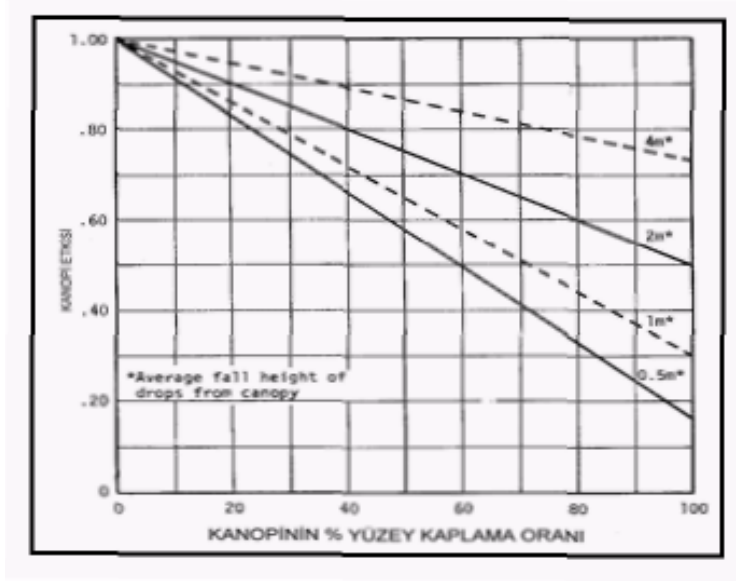
Grafik : 8 - Eğim ve S Değeri Arasındaki İlişki. (Yılmaz,2006)

USLE eşitlindeki eğim dikliği (S değeri) faktörü, araziye ait eğimin bir fonksiyonudur. Eğimin artmasına bağlı olarak bu faktörde de artışlar görülür. Fakat bu etki çizgisel bir etkiden çok üssel bir fonksiyona bağlı olarak değişmektedir (Grafik 8).

USLE eşitliğinde ürün yönetiminden (C değeri) anlatılmak istenen, arazi üzerini kaplayan bitki örtüsüdür. Bu doğal olabileceği gibi kültüre alınmış olabilir. Bu faktör, bitki kalıntıları ve amenajman yöntemlerinin toprak kaybı üzerindeki toplam etkisini açıklar. Birçok durumda bu faktör bütün bir yıl boyunca sabit kalmaz. Faktörün gerçek değeri diğer bütün faktörlere bağlıdır. Bu bakımdan C faktörü çoğu durumlar için deneysel olarak saptanmalıdır.

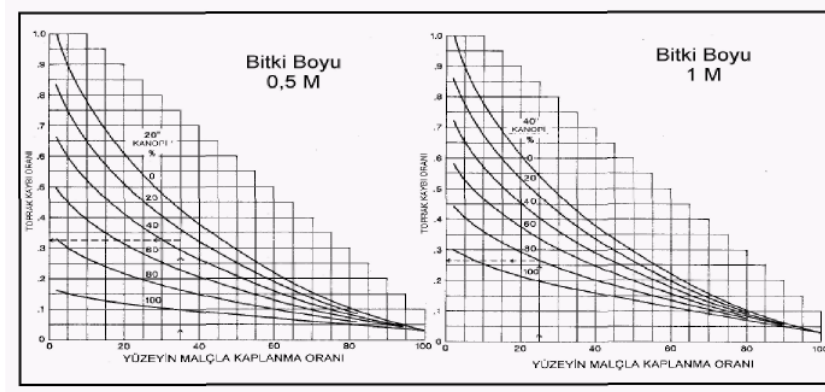
C faktöründe, devamlı işlenen nadasa bırakılmış bir tarlanın değeri 1 olarak alınmış ve diğer arazilerdeki değerin bundan daha düşük olacağı düşünülmüştür.

C değerinin belirlenmesi için, Wischmeier ve Smith (1978)'in USLE için sunduğu nomograflar kullanılmaktadır. Bu nomograflara göre bitkilerin tepe kapallığı arttıkça, erozyon miktarı azalmaktadır (Şekil 3).



Şekil: 3 - Bitki boyu ve kanopi kapallılığı arasındaki ilişkiye bağlı olarak toprak kaybı (Yılmaz,2006)

Bunun yanında bitki örtüsünün boyu arttıkça C değeri yani erozyon artmaktadır (Bitkilerin boyu, nomografa metre olarak yerleştirilir - Şekil 4)



Şekil: 4 - Malç, Kanopi Kapallılığı ve Bitki Boyuna Bağlı Olarak Toprak Kayıpları (Yılmaz,2006)

Diğer bir faktör ise arazinin malçla örtülme oranıdır. Malç, yüzeydeki ot, ot tipi bitkiler, yüzeyde çürüyen sıkışmış yüzey örtüsü ve çürümemiş bitki artıkları ile geniş yapraklı bitkiler tarafından oluşturulmuş yüzey örtüsüdür. Bu oran arttıkça erozyon miktarı düşmektedir.

2. KÜRK ÇAYI HAVZASINDA USLE MOEDELİNE GÖRE EROZYONUN DURUMU

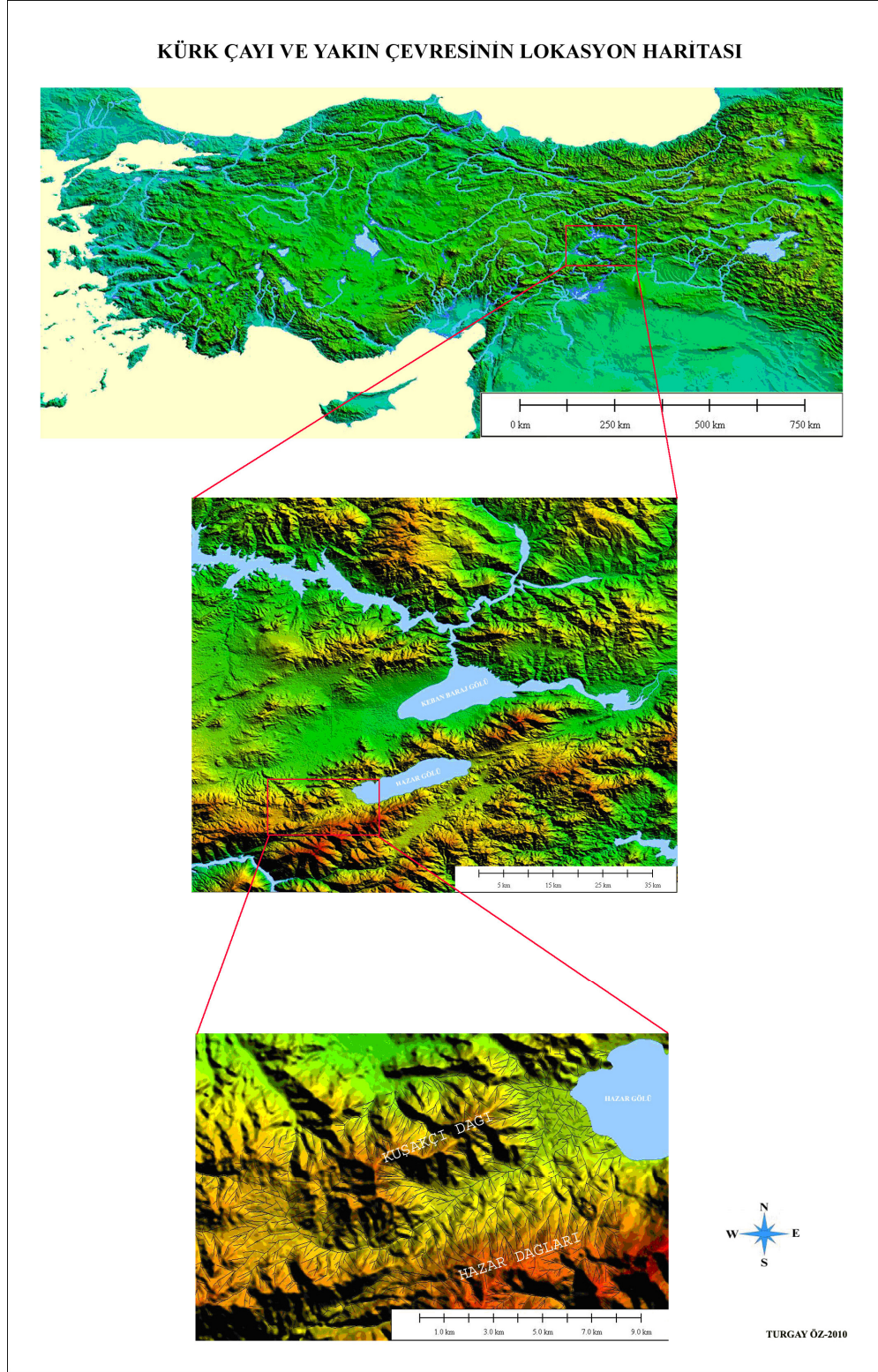
2.1. HAVZANIN KONUMU

Araştırmamıza konu olan Sivrice-Kürkçayı Havzası, Doğu Anadolu Bölgesinin Yukarı Fırat Bölümünde yer alır. Yukarı Fırat Bölümünün, araştırma alanımızın da içinde yer aldığı güney kesimini, Ülkemizin tanınmış coğrafya bilim adamları, "Güneydoğu Toroslar" yöresi olarak isimlendirmişlerdir (DARKOT-1943, 260-261; ERİNÇ-1953, 109-110; YÜCEL-1987,126-127). Türkiye'nin ayrıntılı bir yöre ayrımını gerçekleştirmiş olan EROL'un bölümlenmesinde ise araştırma sahamız, Malatya-Elazığ yöresi olarak tanımladığı alan içerisinde, Pötürge-Hazar Gölü Çukurluğu içerisinde yer alır (EROL-1983,145-146). İdarî bakımdan ise, Sivrice-ilçesi Elazığ il sınırları içinde yer almaktadır.

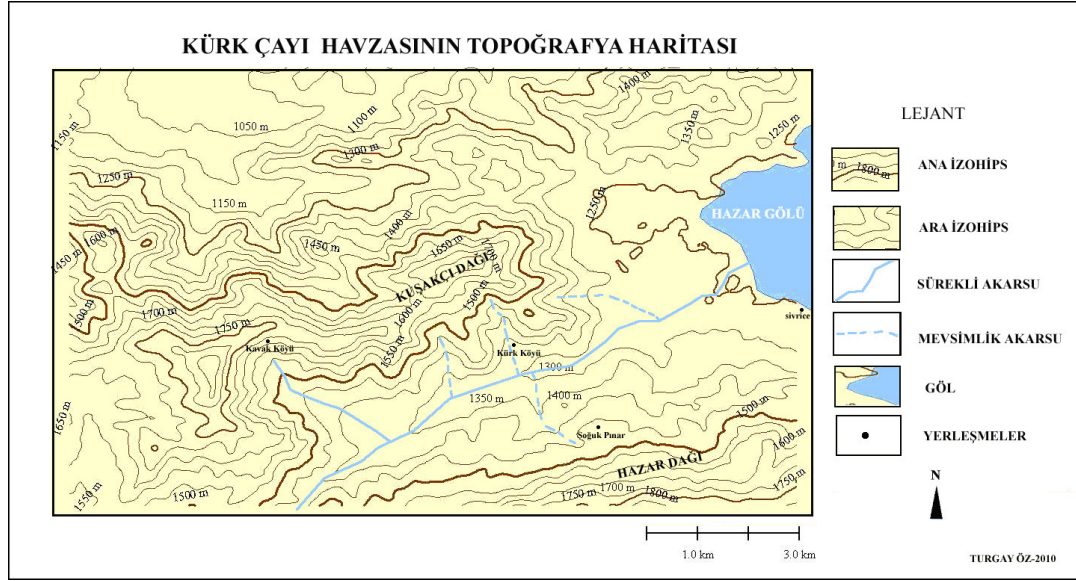
Kürk çayı havzasının morfolojik sınırlarını esas alarak belirlemeye çalıştığımız araştırma alanımızın kuzey sınırını Kuşakçı Dağı, doğu sınırını Kürk çayı deltası oluşturmaktadır. Güney sınırı olarak Hazar dağlarının zirveleri esas alınmış. Batı sınırı olarak da kürk çayı ile Fırat nehri arasındaki su bölümünü çizgisi oluşturmaktadır(Gaz tepesi,Yoncapınar tepesi dorukları). (Harita: 1). Bu çerçeve içinde araştırma sahamızın toplam alanı 77.82 Km²'yi geçmektedir.

Güneydoğu Torosların 2500 m.yi aşan yükseltisi, ile kuzeyden ve güneyden çevrelenen havza tabanı doğuda 1232m. Yükseltiden başlayıp batıya doğru artmaktadır. Bu sahasının en çukur kısımlarını oluşturan Hazar Gölü kıyısındaki delta ve kürk çayı vadisi ile bu çukur sahaları kuzeyden ve güneyden kuşatan dağlık alanlarla sınırlandırdığımız araştırma sahamızda yeryüzü şekillerinin ana uzanış doğrultuları güneybatı-kuzeydoğu yönündedir. Bu uzanış aynı zamanda tektonik hatların uzanışına da paralellik göstermektedir. Gerçekten kürk vadisi çukurluğu aynı zamanda Doğu Anadolu Fay Zonuna karşılık gelmektedir (Harita 2-3).

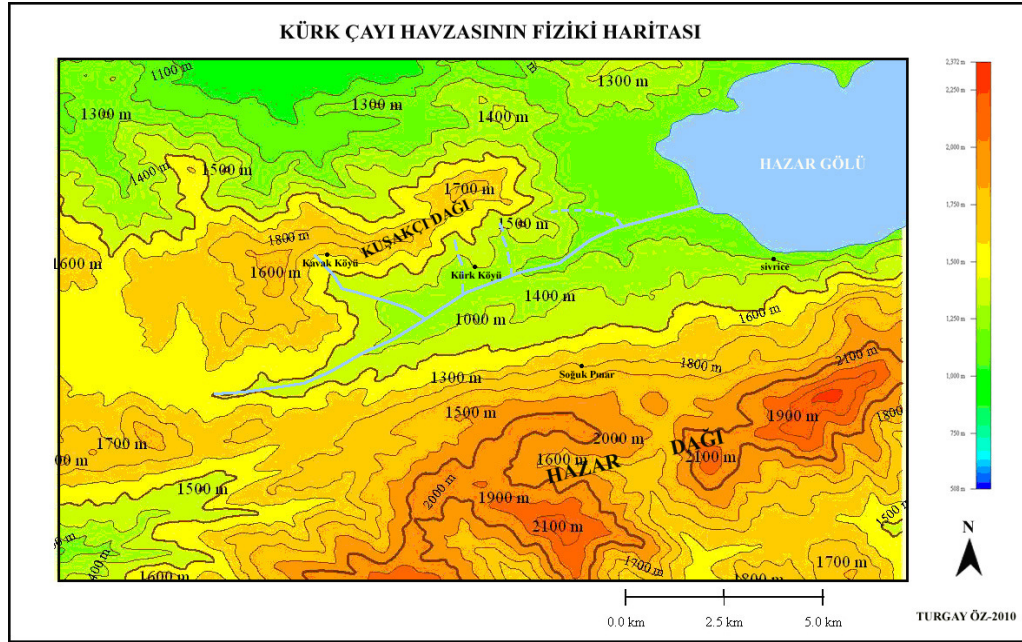
Kürk çayı havzasında erozyonun şiddetini belirlemek amacıyla yaptığımız çalışmanın bu kısmı daha önce USLE eşitliğini anlatırken kullandığımız sistematik çerçevesinde ortaya konulacaktır. Anlatımda coğrafi faktörler erozyonu etkileme durumuna göre verilecektir.



Harita 1: Kırk Çayı Havzası ve Çevresinin Lokasyon Haritası



Harita 2: Kırk Çayı Havzasının Topoğrafya Haritası



Harita 3: Kırk Çayı Havzasının Fiziki Haritası

2.2.İKLİM ÖZELLİKLERİ VE USLE-R FAKTÖRÜ

2.2.1.İklim Özellikleri

Araştırma alanı yakınında bulunan Sivrice istasyonunda 28 yıllık (1980-2008) ortalama sıcaklık 12.2°C ,en düşük sıcaklığa sahip olan ocak ayı ortalaması -1.0°C ve en sıcak ay olan temmuz ayı ortalaması ise 25.7°C dir. Çevresine göre mukayese ettiğimizde sahamızın ortalama sıcaklıkları daha düşüktür. Çünkü çevresine göre daha yüksekte yer almaktadır.

Sıcaklığın aylara göre dağılışı (Tablo 1) verilmiştir. Tabloda da görüldüğü gibi araştırma sahasında aylık ortalama sıcaklıklar -1.0°C ile 25.7°C arsında değişmektedir. Böylece Ocak-temmuz aylarına karşılık gelen iki ekstrem ay arasındaki sıcaklık farkı 26.7°C olmaktadır. Bu değer yüksek bir değer olup (Erzincan 27.1°C , Erzurum 27.5°C ve Kars 28.2°C) istasyonlarına yakınlık göstermektedir.

Sıcaklığın yıl içinde göstermiş olduğu değişikliği daha iyi ifade etmek için grafik hazırlanmıştır (Grafik 9). Grafik incelendiğinde, Ocak ayından itibaren sıcaklıkta bir artışın olduğu görülür. Bu artış hızlı bir tempo ile temmuz ayına kadar devam etmektedir. Temmuzdan ağustosa geçişte çok küçük bir düşüş görülmektedir. Ağustos ayından sonra hızlı bir düşüş gösteren sıcaklıklardaki azalma aralık ayına kadar devam etmektedir. Yaz ve kış ayları arasındaki sıcaklık farkı, farkların mevsimsel olarak az olmalarına rağmen geçiş mevsimlerindeki aylar arasındaki sıcaklık farkı daha yüksektir.

İniş ve çıkışlardaki eğilimin fazla olmasında bu geçiş mevsimlerindeki farkların fazla olmasının etkisi yüksek olmaktadır.

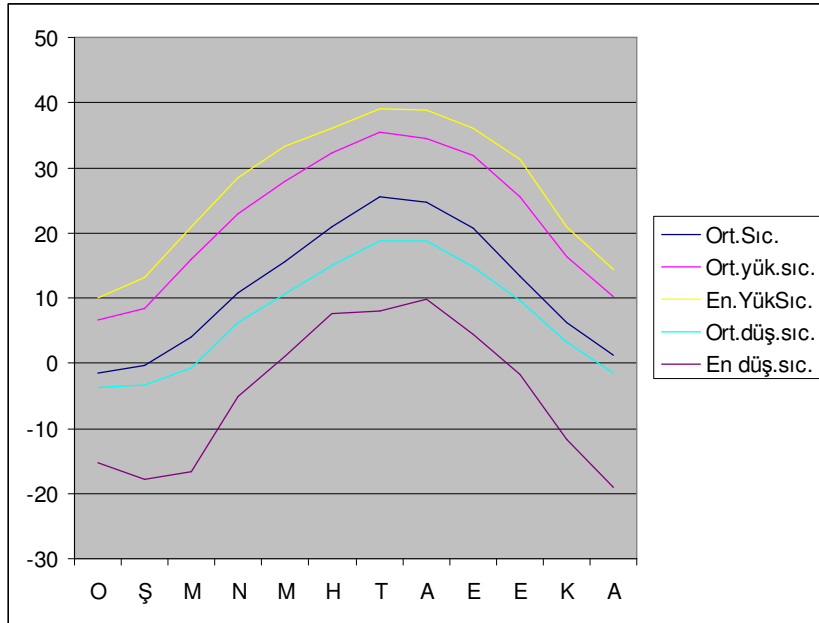
Ortalama ve mutlak ekstremlerde çok önemlidir. Bu değerlerin yıl içerisindeki dağılışı yıllık ortalama sıcaklıklara bir paralellik göstermektedir.

Sahada ortalama maksimum değerlerine bakıldığında hiçbir ayın ortalama sıcaklığının 0°C nin altına düşmediği görülmüştür. Temmuz 31.8°C ve ağustos 31.9°C gibi yüksek değerler göstermektedir. Temmuz ve ocak ayı arasındaki farkta 29.8°C ile aylık ortalama sıcaklık farkından daha fazladır. Ortalama minimum değerlere bakıldığında kış aylarında sıcaklığın eksi değerlerde olduğu görülmektedir. Bu değerler yıllık ortalamadan sadece birkaç derece düşük olmasına rağmen Yaz aylarındaki fark hemen hemen 10°C yi bulmaktadır.

Sahadaki mutlak ekstremlere bakıldığında rasat dönemi içerisinde ölçülen maksimum değer 1990 yılında temmuz ayında 39 °C olarak görülmektedir. En düşük sıcaklık değeri ise 2002 yılında aralık ayında -19.0 °C olarak görülmüştür.

SİVRİCE	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	ORT.
Ort.Sıc.	-1,6	-0,3	4,0	10,8	15,6	21,0	25,5	24,7	20,7	13,3	6,3	1,3	11,8
Ort.yük.sıc.	6,6	8,5	16,0	23,0	28,0	32,3	35,5	34,5	31,8	25,6	16,4	10,2	22,4
En.YükSıc.	10,0	13,2	21,0	28,6	33,2	36,0	39,0	38,8	36,0	31,2	21,0	14,4	39,0
Ort.düş.sıc.	-3,8	-3,3	-0,7	6,2	10,5	14,9	18,8	18,8	14,8	9,6	3,2	-1,5	7,4
En düş.sıc.	-15,2	-17,8	-16,6	-5,1	1,0	7,6	8,0	9,8	4,5	-1,7	-11,6	-19,0	-19,0

Tablo:1.Sivrice'nin Ortalama ve Ekstrem Sıcaklıkları



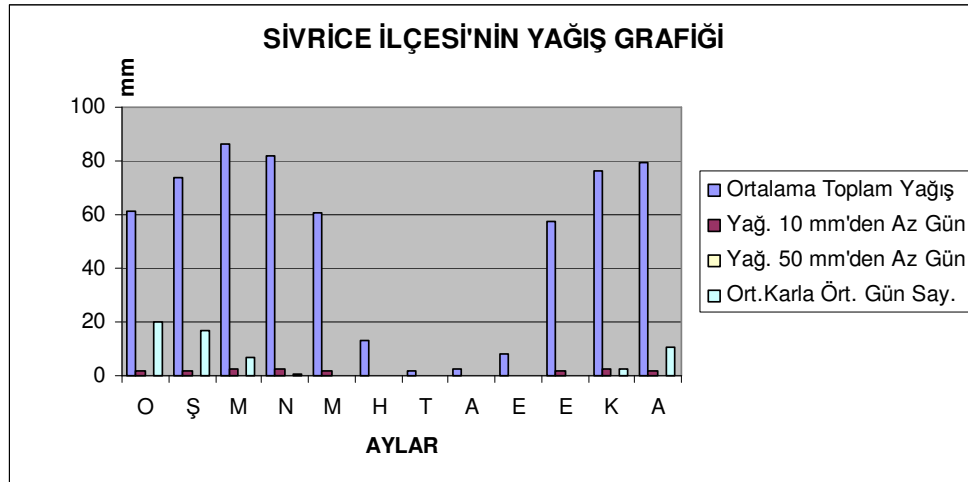
Grafik 9: Sivricenin Ortalama ve Ekstrem Sıcaklıklar Grafiği

Araştırma alanında donlu gün sayısı değerlendirildiğinde ortalama 82.7 günlük bir değer görülmektedir. Yılın ilk don olayı Ekim ayında görülmektedir. Fakat değer olarak çok küçüktür. Kasım ayında artan değerler nisan ayına kadar devam etmektedir.

Sivrice de bulunan meteoroloji istasyonunun 28 yıllık verilerine göre yıllık ortalama yağış tutarı 602.4 mm. dir. Yıllan yıla ve yıl içinde önemli farklılıklar görölmektedir (Tablo 2). Bu farklılığın asıl sebebi yağış tipinin ortaya çıkmasında da etkili olan genel atmosfer dolaşımının yıllar arasında gösterdiği değışmelerdir (Grafik 10).

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	YILLIK
Ortalama Toplam Yağış	61,2	73,7	86,1	81,6	60,4	13,4	1,7	2,5	8,3	57,8	76,5	79,2	602,4
Yağ. 10 mm'den Az Gün	1,8	2,1	2,3	2,7	2,1	0,2		0,1	0,2	1,7	2,6	2,1	17,9
Yağ. 50 mm'den Az Gün	0,1	0,1	0,2	0	0					0,1	0,1	0,3	0,9
Ort.Karla Ört. Gün Say.	19,7	17,1	7,1	0,4						0,1	2,5	10,6	57,5

Tablo 2: Sivrice'nin Yağış ve Ortalama Karla Örtülü Gün Sayısı



Grafik 10: Sivrice'nin Yağış ve Ortalama Karla Örtülü Gün Sayısı Grafiğı

Tablonun incelenmesi ile göröldüğü gibi araştırma sahasında maksimum yağışlar mart ayında gerçekleşmektedir. Bununla birlikte nisan ayı yağış miktarı bu değere çok yakındır. Diğer taraftan kasım, aralık ve şubat ayları da 70mm. üzerindeki değerler ile 83mm. olan mart ayı yağış miktarına çok yakın oldukları görölmektedir.

229.1mm. lik yağış miktarı ile ilkbahar en fazla yağış alan mevsim olarak belirmektedir. Kış ise 213.1mm. olan yağış miktarı ile ilk bahar mevsimine çok yakın bir değer göstermektedir. Yaz mevsiminin yağış miktarı araştırma sahasının yaz mevsiminde belirgin olarak bir kuraklığa sahip olduğunu açıkça göstermektedir.

Yağışın yükseklikle birlikte (belirli bir yüksekliğe kadar) arttığı görülmektedir. Araştırma sahasının da bu yükselti değerleri aralığında bulunduğu görülmektedir. Bu genel kural dikkate alındığında çalışma alanının tabanında yer alan Sivrice meteoroloji istasyonundaki 602.4mm. lik yağış miktarının yükseklik ile birlikte artacağı açıktır. 1400-1500m. yüksekliğindeki alanlar araştırma sahasında daha geniş bir yer kaplamaktadır.

Bu alanlarda yağış miktarı 700 mm. leri bulmaktadır. Buda vadilere gelen su miktarı üzerinde önemli bir rol oynamaktadır.

Günlük yağışlara baktığımızda 10 mm. den az yağışların toplam yağış miktarı üzerinde önemli bir payı olduğu görülmektedir. Fakat iklimde ortalamalar kadar ekstrem değerlerinde önemli olduğu bilinmektedir. 50 mm. den büyük değerlere bakıldığında rakam oransal olarak küçük görülmektedir. Ancak etkisi çok büyük olmaktadır. Özellikle bu oranın kurak dönemden sonraki dönemde yüksek olması erozyon açısından daha da önemlidir. 10 mm. den büyük yağışların süresi kısalmıca etkisi artacağı için bu tür yağışlar da erozyon açısından oldukça önemlidir.

Günlük olarak düşen yağış miktarına bakıldığında aylık yağış miktarından fazla değerlerle karşılaşmaktayız. Hatta bazı aylarda bu değerler mevsimlik değerlere ulaşmaktadır. Bu çalışma alanımızda eğimin yüksek, akarsu ağının yoğun ve bitki örtüsünün zayıf olmasından dolayı büyük afetlere yol açmaktadır.

Çalışma alanında kar yağışları da erozyon üzerinde etkili olmaktadır. Kasım ayında görülen ilk kar yağışları nisan ayının başına kadar devam etmektedir. Bu kar yağışlı dönem yükseklikle birlikte artmaktadır. Sivrice’de 24.1 olan kar yağışlı gün sayısı yükseklerde tahminen 30 günü geçmektedir. Kar örtüsünün yerde kalma süresi ise ortalama 45 gündür. Kar örtüsünün miktar ve yerde kalma süresinden çok karın yere düştüğü dönem ile eriyip akışa geçtiği dönemlerin farklı olmasından dolayı oluşturduğu etki önemlidir. Başka bir ifade ile kışın yerde katı olarak kalan kar ilk baharda eriyerek

ve alt kısmının donmuş olmasından dolayı yüzeysel akışı artırmaktadır. Bu ki bulunduğu alanda erozyonu engelliyor ama alt kısımlarda erozyonu artırmaktadır.

Yağış Etkinliği; Bilindiği gibi, bir yerin kuraklık veya nemlilik özelliklerinin belirlenmesinde çok çeşitli formüller kullanılmaktadır. Biz bunlardan Erinç, de Martonne ve Thorntwaite'e ait olanlarını kullanarak sahamızın yağış etkinliğini belirlemeye çalışacağız.

Erinç'in yağış etkinliği formülü uygulandığında, yıllık yağış etkinliği açısından "yarı nemli" tipe girmektedir (Sivrice:27). Aylar itibariyle ele alındığında kasım-mart arasındaki ayların indis değerleri 55'in üzerinde olduğundan çok nemli, nisan ayı, Sivrice'de nemli görülmektedir. Mayıs ve ekim ayları her yarı nemli, haziran-eylül arasındaki aylar ise tam kurak olarak görülmektedir (Yiğit,1994).

De Martonne formülüne göre Sivrice'de 16.6 değerini vermektedir. Bu durumda 10-20 değerleri arasında olduğundan yarı kurak-yarı nemli arasında yer almaktadır. Ayların durumuna göz atıldığında ise, yine kasım-nisan arası nemli, mayıs yarı nemli, haziran-eylül arası kurak, ekim ayı Sivrice'de yarı nemli görülmektedir. Görüldüğü gibi her iki formülde de, haziran-eylül arası kurak, kasım-nisan arası nemli olarak belirlemekte mayıs ve kasım ayları da nemli veya yarı nemli çıkmaktadır. Burada dikkati çeken husus yarı kurak devrenin olmamasıdır. Yani nemli devreden hemen kurak ya da tam kurak bir devreye geçiliyor olmasıdır (Yiğit,1994).

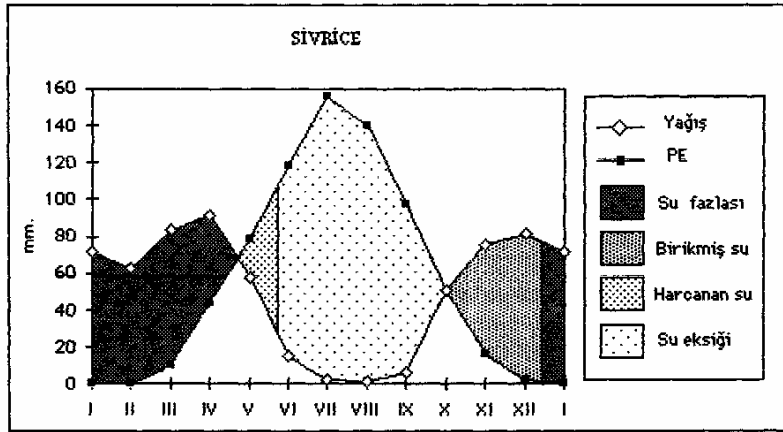
Thorntwaite formülüne göre, yağış ve sıcaklık etkinlik indisleri, yağış rejimine ait indis ve PE'nin üç yaz ayına oranından elde edilen indisi ifade eden harfler bir araya getirilince Sivrice'nin iklim tipi, (C2 B'2 s2 a') yani "yarı nemli, orta sıcaklıkta, su eksiği yaz mevsiminde ve çok kuvvetli, deniz iklimi" dir. (Yiğit,1994).

Sivrice'nin Thomtwaite formülüne göre iklim tahlilinin gerçeği yansıtmaması bu formülün ülkemiz şartlarına uyumsuzluğunun bir göstergesidir. Bu bakımdan ERİNÇ formülü ülkemiz için daha gerçekçi sonuçlar ortaya koymaktadır.

Su bilançosunu gösteren diyagramlara bakıldığında, aralık başlarından nisan sonuna kadar su fazlasının bulunduğu, mayıs başlarından haziran ortalarına kadar birikmiş suyun harcandığı, haziran ortalarından eylül sonlarına kadar su eksiğinin bulunduğu ve kasım ayından itibaren su birikmeye başladığı gözlemlenmektedir (Tablo:3 Grafik 11).

Sivrice	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Sıcaklık	-1,6	-0,3	4	10,8	15,6	21	25,5	24,7	20,7	13,3	6,3	1,3	11,8
Sic.İndi			0,7	3,21	5,6	8,78	11,8	11,2	8,59	4,4	1,4	0,13	55,9
PE	0	0	10	40	64	95	125	120	94	52	19	2	
Düz.PE	0	0	10	44	79	118	156	140	98	50	16	2	71,3
Yağış	72	63	84	92	58	15	2,4	1,4	6	51	76	82	60,3
Bir.S.D.	0	0	0	0	-21	-79	0	0	0	1	60	39	
Ger.Ev	0	0	10	44	79	94	2,4	1,4	6	50	16	2	305
Su eksi	0	0	0	0	0	24	154	139	92	0	0	0	408
Su fazla	72	63	74	48	0	0	0	0	0	0	0	41	298
Bir su	100	100	100	100	79	0	0	0	0	1	61	100	
Akış	46	55	64	56	28	14	7	4	2	1	0	21	298
Nem.Or	72	63	7,4	1,1	-0,4	-0,9	-1	-1	-0,9	0,02	3,8	40	

Tablo 3: Sivrice'nin su bilançosu tablosu(Thorntwhite formulu)



Grafik 11: Sivrice'nin Su Bilançosu (Thorntwhite formulu)

2.1.2. Usle R Faktörü

USLE modelinde yağışın erozyon oluşturma gücü, EI30 olarak tanımlanan değerin hesaplanmasıyla bulunmaktadır. Yıllık erozyon oluşturma indeksi olan Ry

değeri ise yıl boyunca oluşan yağışların El30 değerlerinin toplanmasıyla bulunur. Buna göre bir yıllık Ry değeri;

n

$Ry = \sum_{i=1}^n El30$ şeklinde hesaplanır.

i=1

Burada

Ry = Hesaplanan yılın toplam yağış erozyon indeksi

n = Yıl içerisindeki yağış sayısı

El30 = Her bir yağışın erosif gücü olarak belirtilmektedir.

Bir yağışın El30 değerinin hesaplanması, direkt olarak yağış diyagramlarının incelenmesiyle mümkün olmaktadır. El30 değeri aslında E ve l30 değerlerinin çarpımının 100'e bölünmesiyle elde edilmektedir.

$El30 = E \cdot l30 / 100$ E değeri her bir yağışın toplam kinetik enerjisini ifade eder ve

$E = 210,1 + 89 \log_{10} l$ formülü ile hesaplanır.

Burada;

E = Birim kinetik enerji (ton-m ha-1).

l = Hesabı yapılan yağış kısmı için ortalama yağış yoğunluğu (cm sa-1)

olarak belirtilmiştir.

Üniversal eşitlikte kullanılan iklim faktörü veya yağış faktörü olan R değeri genellikle çalışmanın yapıldığı deneme istasyonunu karakterize eder.

Yani noktasal bir değerdir. Bu açıdan araştırma alanında kullanılacak olan R değerinin belirlenmesinde birçok sorun ortaya çıkmaktadır. Bunlardan ilki istasyon azlığı ve/veya istasyon yokluğudur. Çünkü her alanı karakterize edecek istasyon yoktur. Yakında bir istasyon bulunsa bile, bu istasyon verilerinin araştırma alanında kullanılması bazen uygun olmayabilir (Yılmaz,2006).

Bir diğer sorun alanda bulunan istasyonun gerekli verilere sahip olmamasıdır. Çünkü Türkiye'de DMİGM' ne ait istasyonların sadece büyük klima istasyonlarında

yağış diyagramları kullanılmaktadır ki USLE eşitliğindeki R değerinin hesaplanması için bu diyagramlara ihtiyaç vardır. Bu problemten dolayıdır ki araştırma alanında var olan 3 istasyonun R değerleri hesaplanamamıştır. Çünkü istasyonlar küçük klima istasyonudur ve buralarda yağış ölçülürken plüviyometre kullanılmaktadır.

Bu sayılan sorunları ortadan kaldırmak için bazı yöntemler uygulanmaktadır. Fakat onların kullanılabilmesi için de yağış tekerrür eğrilerine ihtiyaç vardır ve maalesef DMİGM tarafından yayınlanan tekerrür eğrileri sadece büyük klima istasyonları için mevcuttur. Bu zorlukların ortadan kaldırılması amacıyla geliştirilen başka çözümler vardır (Yılmaz,2006).

Fornuier indeksi bu sorunları ortadan kaldırmak için başvurulan bir indekstir. Bu indeks akarsu havzaları için erozyon indeksi olarak geliştirilmiştir. Fornuier (1960) aylık yağışların karesinin toplam yağışa bölünmesi ve bunların toplanması sonucu elde edilen sayının akarsu havzalarında erozyon indeksi olarak kullanılmasını önermiştir. Fournier'e (1960) göre erozyon indeksi

$$12$$

$F = \sum \frac{p^2}{P}$ eşitliğiyle bulunur. Bu eşitlikte F değeri yıllık erozyon indeksini;

$x_i P$

p her bir ayın yağış miktarını (mm) ; P ise yıllık yağış toplamı (mm) olarak verilmiştir.

Daha sonraları Fournier'in (1960) F değeri ile USLE denkleminde kullanılan R değeri arasında yüksek bir ilişkinin bulunduğu belirlenmiştir. Bu ilişki doğrusal bir fonksiyonla belirtilir ve aşağıdaki gibi formüle edilir (Rinos, 2005).

$$R = b + aF$$

Buradaki a ve b değerleri katsayıdır. Bu katsayılar her iklim bölgesi için farklıdır. Bu nedenle bu indeksin kullanılması için bu katsayıların belirlenmesi gereklidir.

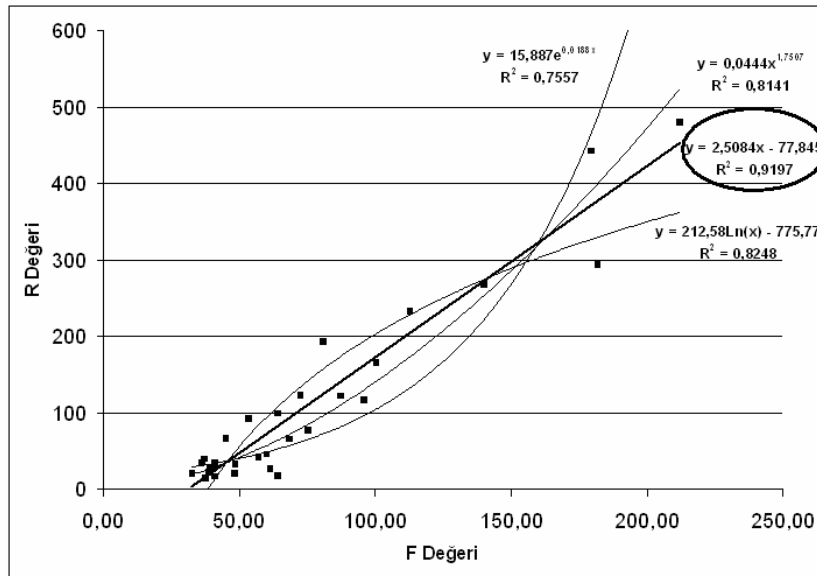
Ülkemizin belirli istasyonları için R değerleri Doğan (1987,2002). tarafından hesaplanmıştır.

Fakat Ülkemize ait Fournier İndeksi katsayıları belirlenememiştir. Bu amaçla Doğan'ın hesapladığı değerler kullanılarak ülkemize ait a ve b değerleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu işlem yapılırken Doğan'ın (1987, 2002) hesaplamalarında 12 aylık yağış diyagramlarını değerlendirdiği istasyonlar kullanılmıştır. Aynı istasyonların aylık yağış değerlerine bağlı olarak F değerleri hesaplanmış ve F değerleri ile Doğan'ın (2002) hesapladığı R değerleri arasında bir ilişki aranmıştır.

Sonuç olarak bu iki değer arasında doğrusal bir ilişkinin bulunduğu anlaşılmış ve $r^2=0,91$ olarak hesaplanmıştır. Yapılan işlem sonucunda

$$R = 2,5084F - 77,845 \text{ eşitliğine ulaşılmıştır (Yılmaz,2006).}$$

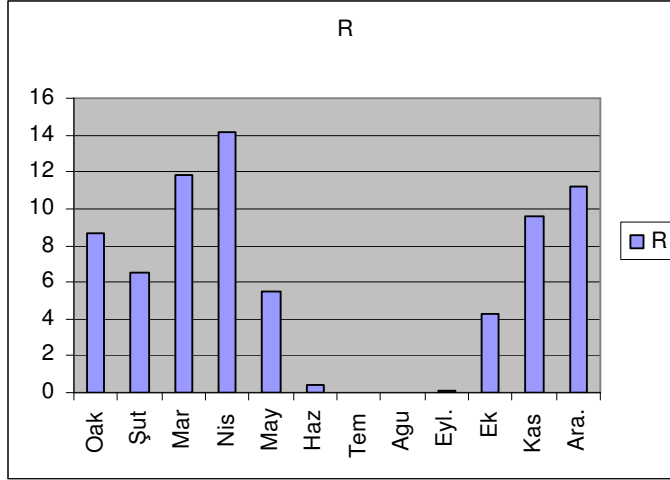
Bu eşitliğe bağlı olarak araştırma alanımızın önce aylık F değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra da R değerleri hesaplanmıştır. (Tablo 4). Bu hesaplanmaya göre sahanın R değeri 103 olarak bulunmuştur. Elazığ'ın 21.7 değeri ile karşılaştırıldığında oldukça büyük bir değer olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu olayın nedeni araştırma alanımızın Güneydoğu Toroslar boyunca güneyden sokulan olukların birinde bulunması ve bundan dolayı daha fazla yağış alması ile ilgilidir (Grafik 12).



Grafik 12: – F ve R değerleri arasındaki ilişki

AYLAR	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Yağış	2,1	2,9	84,4	92,3	7,8	15,0	2,4	1,4	6,0	0,5	75,8	2,1	602,5
F	8,63	6,57	11,8	14,1	5,54	0,37	0,01	0	0,06	4,23	9,54	11,2	72,11

Tablo:4 Sivrice İstasyonuna ait Hesaplanan aylık F Değerleri



Grafik: 13– Sivrice İstasyonuna Ait Aylık F Değerleri

Araştırma alanımızda ki F değerlerinin yıl içindeki dağılışına baktığımızda yağışla birlikte değerlerinde arttığını görmekteyiz. Fakat erozyona etkisinin aynı derecede olacağını kabul etmek yanlış olacaktır. Çünkü kış aylarında yağışlar çoğunlukla katı olarak düşmekte ve yerde uzun süre kalmaktadır. Havaaların ısınması ile F değerinin etkisi hesaplanandan daha büyük olacaktır (Grafik 13)

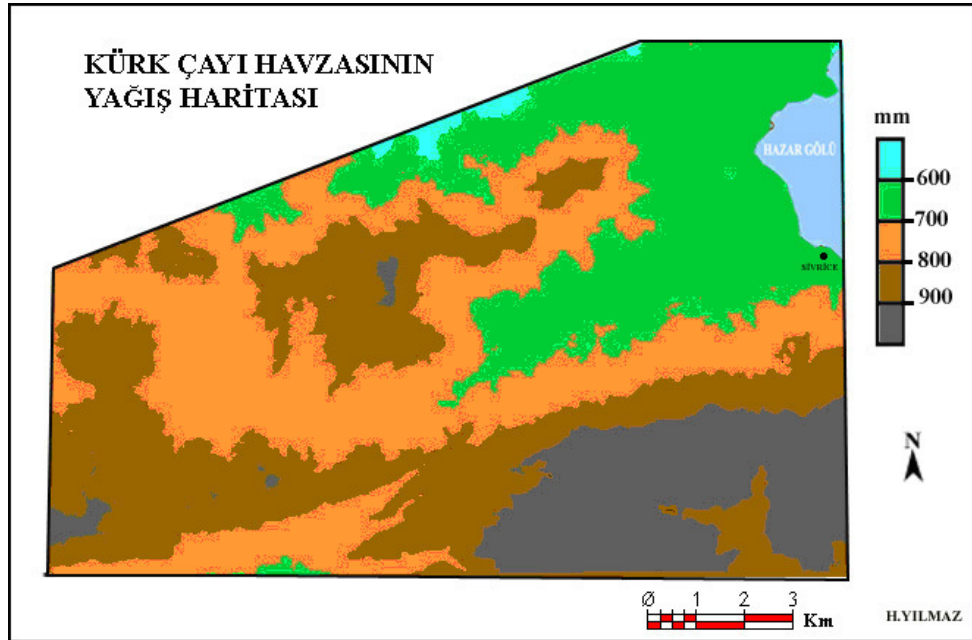
R değerinin alana yayılmasını daha iyi gözlemlemek ve değerlendirmek için sahanın yağış haritası hazırlanmıştır. (Harita 3). Haritanın hazırlanmasında TNT mips programında e DEM verileri ve yıllık $= Ph + ((h - h') / 100) * 5,4$ denklemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Bu denklemde Ph yıllık yağış miktarı bilinen noktanın yağış değeri (cm), h ise yağış değeri hesaplanacak olan noktanın yüksekliği, h' ise ph olarak vermiş olduğumuz istasyonunun yükseklik değeridir. Bu eşitliğe göre her 100 metre yükseğe çıkıldıkça

yıllık toplam yağış 5.4 cm artmaktadır (harita 4). Yağış değerlerine dikkat edilirse yükseklikle birlikte yağış değerleride artmakta ve 100mm'ye yaklaşmaktadır (Tablo 5)

Yağış	Alanı	%
<600	6,61	4,3
600-700	32,62	21,0
700-800	50,3	32,4
800-900	44,24	28,5
900<	21,3	13,7
Toplam	155,07	100,0

Tablo 5: Kürk Çayı Havzasında Yağışın Alansal Dağılışı ve Oranları

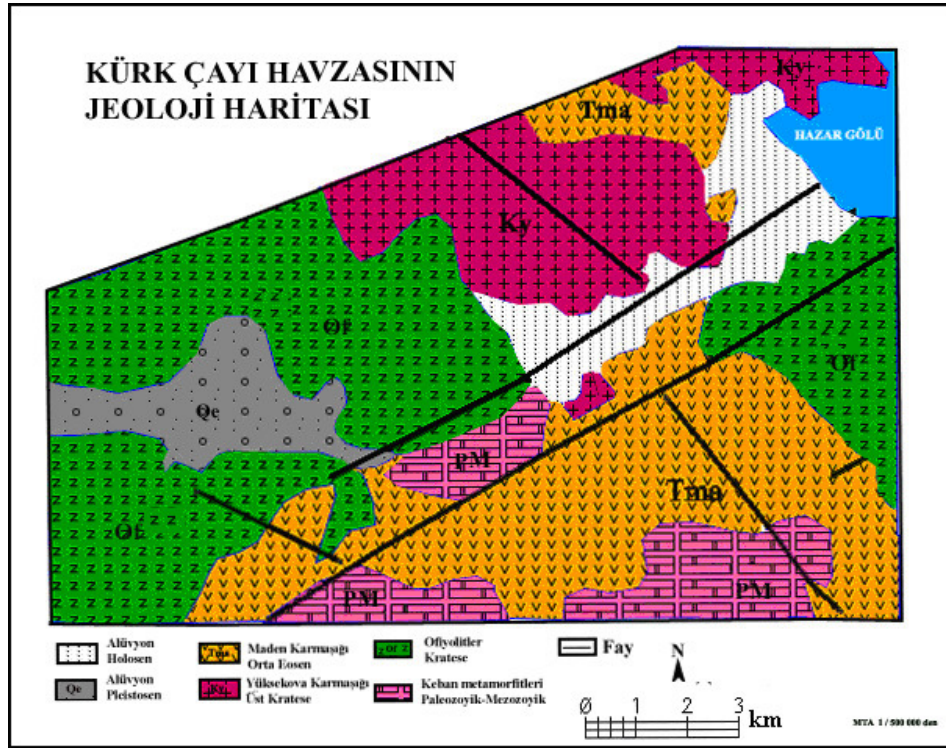


Harita 4: Kürk Çayı Havzasının Yağış Haritası

2.3 ZEMİN ÖZELLİKLERİ VE USLE K FAKTÖRÜ

2.3.1. Jeolojik Yapı

İnceleme alanındaki birimler yaşlıdan gence doğru şöyle sıralanmaktadır. Peleozoyik yaşlı Pütürge metamorfiteeri, Kratese yaşlı Yüksekova Karmaşığı, Üst Kratese yaşlı Ofyolitler, Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı, Pliyo-Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ve güncel alüvyonlardan oluşmaktadır(Harita 5). (Foto 9)



Harita 5: Kürk Havzasının Jeolojik Haritası

İnceleme alanımızın en yaşlı birimini oluşturan Pütürge metamorfiteeri adını Malatya'nın Pütürge ilçesinden almıştır. Sahamızda Pütürge metamorfiteeri, Soğukpınar Köyü güneyinde yüzeylenmektedir. Bunlar Maden Karmaşığı tarafından uyumsuz olarak örtülmektedirler. Pütürge Metamorfiteeri, yoğun olarak karbonatlı kayaların metamorfizması sonucu oluşmuş, kalkışist ve rekristalize kireçtaşı gibi kayalarla temsil edilmektedir (Foto 10).

Kratese yaşı Yüksekova Karmaşığı ilk kez Perinçek tarafından adlandırılmıştır. Sahanın kuzeyinde yüzeylenen Yüksekova Karmaşığı volkanik ve tortullardan oluşmaktadır.



Foto 9: Sahadaki Ofyolitlerden Bir Görüntü

Orta Eosen yaşı Maden karmaşığı ise, çalışma alanının güneyinde geniş yayılımlara sahiptir. Maden karmaşığı inceleme alanında andezit, bazalt türü volkanik kayalar ve volkano tortul kayalarla temsil edilmektedir. Çamurtaşları bu birim içinde önemli bir yer tutmaktadır.



Foto 10: Sahadaki Maden Karmaşığında Bir Görüntü



Foto 11: Sahanın Güneyinde Doğu Anadolu Fay Zonu ile Parçalanmış ve Eğim Değeri Artmış Akarsular Tarafından Derince Parçalanmış Sahadan Bir Görüntü

Kuaterner alüvyonları, havzada akarsuların vadi tabanlarında görülmektedir. Özellikle vadilerin baraja yaklaştıkça tabanlarının genişlemesiyle ortaya çıkmaktadır. Bunun yanında Yaylalar Krateri tabanında da çevreden gelen akarsular tarafından oluşturulmuş geniş bir alüvyal alan bulunmaktadır. Diğer alanlarda oldukça az yayılım gösterir (Foto 11).

Havzadaki faylar genellikle KD-GB yönlü olarak uzanmaktadır. Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde bulunan sahada tektonizma yoğunudur.

Kayaçların büyük çoğunluğu killi yapıya sahip olmalarından dolayı erozyona karşı dirençleri düşüktür (Tablo 6)

Jeolojik Birimler	Alan (km ²)	%
Holosen-Plistosen Alüvyon ve kolloviyal	20,63	13,3
Paleozoik Mermer	13,48	8,7
Krtese Volkanikler ve volkanik tortullar	22,75	14,7
Orta Eosen Kireçta, Kumta., Konglome, Çört, Kilt	40,79	26,3
Üst Krtese ofyolitler	52,72	34,0

Tablo : 6 – Jeolojik Birimlerin Alansal Dağılışı

Buna göre havzadaki jeolojik birimlerin %78'si erozyona karşı dirençli, % 13'ü ise erozyona eğilimli alanları oluşturmaktadır.

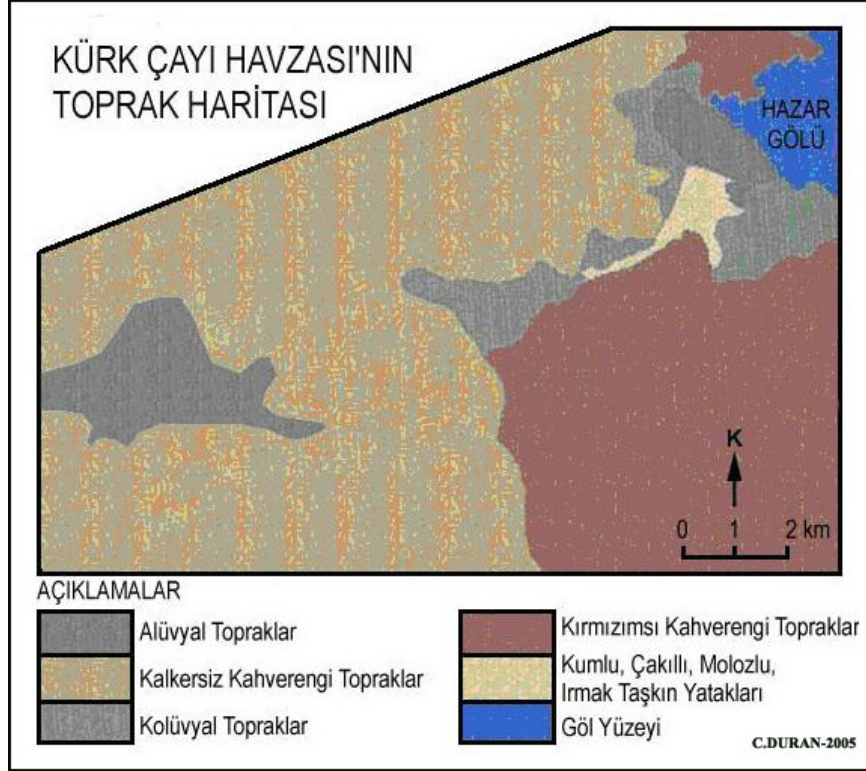
2.3.2. Toprak Özellikleri

Toprak; Havza sınırı içerisinde kalan sabanın toprak özellikleri bakımından yapılan arazi incelemelerinde ana kayanın genel olarak diorit, andezit ve çatlaklı bir yapıya sahip olan diyabaz olduğu görülmüştür. Bunun yanında peridotit, konglomera ve serpentine de arazi incelemeleri sırasında rastlanılmıştır. Toprağın mutlak derinliği genel olarak 0-30 cm. ve 31-60 cm. arasında değişmesine rağmen, fizyolojik derinliği kısıtlayan yatay bir tabakalaşma olmadığından fizyolojik derinlik; 60-120 cm. dir. Toprak tekstürü kumlu balçık olup, genel olarak geçirgenliği ve havalanması iyi, orta ve hafif bir bünyeye sahiptir. Toprak kireççe fakirdir. Havzanın belirli noktalarından alınan toprak örneklerinin analiz sonuçları, Güneydoğu Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü tarafından yapılmıştır.

Havza toprakları, başta erozyon olmak üzere pek çok etmenden dolayı yapısal özelliğini kaybetmektedir. Erozyonunun şiddetinin genel olarak yüksek olması; toprak kalınlığının sığlaştırmasının yanında, geniş alanlarda ana kayanın ortaya çıkmasını ve toprak profilinin A-C horizontal dizilişinde olması gibi sonuçları doğurmaktadır.

Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün hazırlamış olduğu ve Hazar Gölü Havzası toprak özelliklerinin yer aldığı toprak haritasında, toprak özellikleri bakımından havzada dört farklı büyük toprak grubu yer almaktadır. Bunlar; alüvyal

topraklar (A), kalkersiz kahverengi topraklar (U), kolüvyal topraklar (K) ve kırmızı-kahverengi topraklar (F) dır (Harita 6). Bulunan her bir toprak grubu için, açıklamalar ve hesaplanan değerler aşağıda verilmiştir.



Harita 6: Kürk Çayı Havzasının Toprak Haritası

Kavak Ovası ve çevresinde, Sivrice çevresinde, ve göle dökülen derelerin ağızlarında gelişen birikinti koni ve yelpazeleri üzerinde kolüvyal topraklar oluşmuştur. Alüvyal topraklar ise Kürk Çayı vadi tabanı ile deltalar üzerinde oluşmuştur. Hidromorfik topraklar (bataklık toprakları) Sivrice'nin kuzeyinde Sanayi Mahallesi çevresinde gölün eski körfezinin alüvyonlarla dolmasıyla meydana gelmiştir (Özdemir, 1995).

Alüvyal Topraklar (A): Akarsular tarafından taşınarak yığılmış bulunan genç sedimentler üzerinde yer alan; düze yakın meyile sahip, A-C profilli, azonal genç topraklardır. Muhtelif zamanlarda gelen sedimantasyonun şiddetine göre toprak profili ekseriya çeşitli tabakalara sahiptir. Üst toprak alt toprağa belirsiz olarak geçer. Üzerinde uzun yıllar geçmiş olanlarında muhtelif kireç yıkanması mevcut olabilir. Akarsuların meydana getirdiği oldukça geniş alüvyal sel ovalarında ırmak yatağından uzaklaştıkça

toprak bünye drenaj ve hatta topografya bakımından belirli farklılıklar gösterirler. Azonal topraklar olması hasebi ile özel bir iklim tipi vejetasyonu yoktur. Her iklim ve vejetasyona sahip olabilir. İklim drenaj ve kullanma tarzına göre organik madde miktarı geniş bir değişiklik gösterir. Bu topraklar üzerine sediment yolu ile bugün bile muhtelif kalınlıklarda yeni yeni çok genç ilave katlarda gelebilir (KHGM, 1997).

Gölün güneybatısında kıyıya yakın düzlüklerde, bir kısmı sahil bataklığı şeklinde alüvyal topraklar bulunmaktadır (Harita 6). Harita'da görüldüğü gibi göl'ün deltaya karşılık gelen kesimde alüvyal topraklar oluşmuştur.

Kalkersiz Kahverengi Topraklar (U): A, (B) C profili topraklardır. Kahverengi veya açık kahverengi dağılabilir üst toprağa ve soluk kırmızımsı kahverengi B horizonuna sahiptir. B horizonu dahil solum sulandırılmış asitle muamelede köpürme göstermez. Genellikle yıkanma mevcut olup üst toprak alt toprağa nazaran daha asidik bir karakter arz eder. Alt toprakta kalevilik hakimdir. Bazı durumda alt toprakta çok az olarak serbest karbonatlar görülebilir. Tabii vejetasyon, ot veya ot-çalı karışığı olarak görülür. İklim, yarı kurak ve yarı nemli, yağış 400-750 mm. Ana madde çakıllı, kumlu, killi depozitlerle bilhassa tecezziye uğramış kalkerli kumlu kil ve kumlu kil taşlardır (KHGM, 1997).

Havzanın sadece bir kısmında görülen bu karakterdeki topraklar, havza içerisinde 82 km².’lık alan kaplamaktadır (Tablo 7).

Kolüvyal Topraklar (K): Yüzey akış veya yan derelerin kısa mesafelerden taşıyarak meylin azalmış olduğu yerlerde depo ettikleri materyallerin oluşturduğu genç (A) C profili topraklardır. Toprak karakteri genellikle civardaki yüksek arazi topraklarına benzemektedir. Kalınlıkları yağışın şiddetine ve meylin derecesine göre değişen katlardan oluşmaktadır. Yağışın şiddetine ve meylin derecesine göre muhtelif parça büyüklüklerine sahip katlar ihtiva ederler. Bu katlar Alüvyal topraklar gibi birbirine paralel olmayıp heterojen yapıdadır. Tabii meylin çok azaldığı yerlerde kolüvyal ve alüvyal topraklar birbirine geçişli olarak karışırlar. Kolüvyal topraklar %2’den fazla olmak şartı ile mutlak bir eğime sahiptirler. Ancak; bilhassa sulu tarım yapılan sahalarda uzun seneler tesviye gayesi ile yapılan dikkatli sürümelerde eğim %2’den aşağı düşürüldüğünden, düz veya yakın bir eğimde de görülebilir. Eğimin artışı materyalin geldiği yöne doğrudur. Kolüvyal topraklarda asli renk tamamen olduğu ana

materyale bağlıdır. Alüvyallere geçişli yerlerde sulu tarım sahalarındaki üst toprak hariç hiçbir zaman drenaj v.s. sebeplerden değişme göstermez. Reaksiyon keza kopup geldiği ana materyalin aynı veya benzeridir. Profildeki çakılların özelliği de kopup geldiği ana materyalin özelliği ile aynı olmasının yanında mesafenin kısalığı sebebiyle çakıllar tam yuvarlaklaşmamıştır. Köşelilik arz eder. Bu topraklar meyil ve bünye sebebiyle genellikle iyi drenajlı (dahili) olup, bunun bir neticesi olarak tuzluluk ve tuz terakümü göstermezler. Mevcut problemleri bünyelerinin kaba oluşulan, taşlılıklar, meyle sahip olmaları ve taşkına maruz kalmalarıdır. Özel bir iklime ve vejetasyona sahip değildirler. Her iklimde bulunabilirler. Vejetasyon çok çeşitli olabilir (KHGM, 1997:27).

Dağların eteklerinde, yerçekiminin ve yüzeysel akışa geçen suların etkisiyle taşınmış çakıllı, kumlu topraklar yer almaktadır. Bu toprakların fizyolojik derinliği çok fazladır. Kolüvyal depolarda, materyallerin ebatları ve renkleri sık sık değişmektedir. Kaba elemanlı kısımlar, erozyonun şiddetli olduğunu; ince elemanlı-koyu renkli seviyeler ise, aşamanın yavaş seyrettiğini göstermektedir (Boşgelmez, 2001:313). Kürk Çayı vadi tabanının genişlediği aşağı mecrada bulunmaktadır. Havzada kolüvyal toprakların toplamı 8,64 km². olup, genel alanın %5,6'sini oluşturmaktadır.

Kırmızı Kahverengi Topraklar (1?): Solumun rengi hariç hemen hemen diğer bütün özellikleri kahverengi toprakların aynı veya benzeridir. Al horizonunun rengi kırmızımsı kahve veya kırmızı, B horizonunun ise kırmızı veya kırmızımsı kahvedir. Bu topraklar ısının daha fazla olduğu yerlerde teşekkül eder. Fazla ısı topraktaki demirin oksidasyonunu artırdığı oranda renk daha kırmızı olarak ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda fazla parçalanmaya sebep olduğu A horizonunda düşük organik madde oluşturur (KHGM, 1997). Bu topraklar, yan kurak iklim koşullarının hakim olduğu Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çok yaygındır. Bu toprakların kırmızımsı/kızılımsı rengi, sıcaklığın yüksek olmasından kaynaklanmaktadır (Boşgelmez, 2001).

Havzada 42,68 km²'lık saha, kırmızı-kahverengi topraklar grubundadır. Tüm ana toprak grupları içinde ikinci büyük sahayı (%27,6) kaplar. Havzanın en önemli toprak tipidir. Havzanın kuzey ve güneyindeki toprakların büyük bir bölümü bu karakterdedir.

Kumlu, Çakıllı, Molozlu, Irmak Taşkın Yatakları (IY) : Irmakların taşkın yataklarındaki kumlu, çakıllı, molozlu materyali bulunduğu kapsamına alır. Bu sahalar

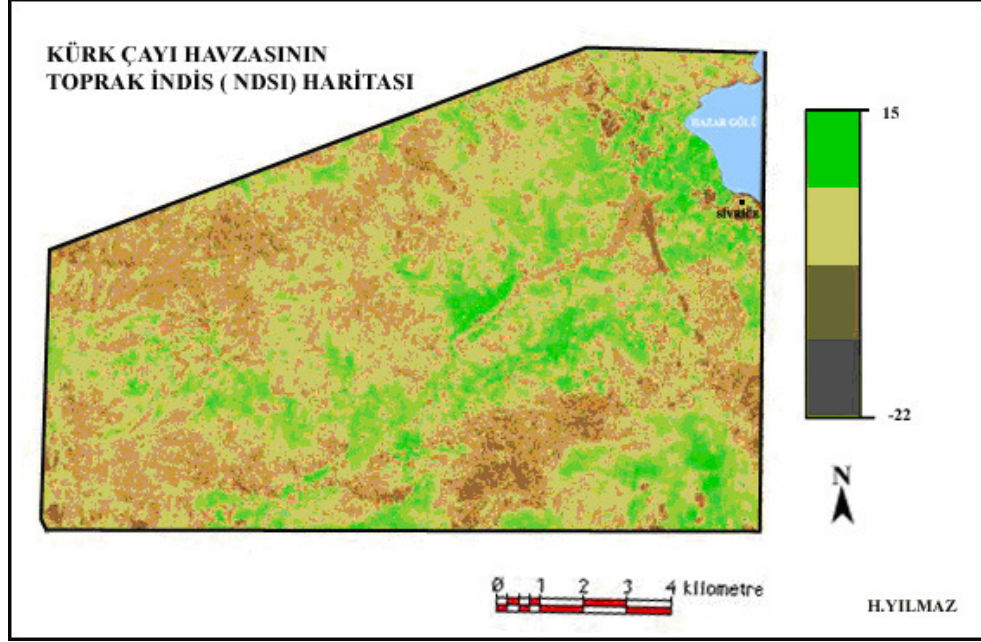
yağışların az olduğu yaz aylarında görülür. Yağışların fazla olduğu devrelerde ise ırmak yatağı, yani akış sahası olan bu yarlarda akan su ince toprak materyali devamlı yıkadığından toprak materyali bulunmaz.

Kürk Çayı vadisinde bu karakterde 5,61 km²'lik alan bulunmaktadır. Toplam havza alanının %3,6'lük kısmını kapsamaktadır. Sahamızda kalan göl alanı ise 5,29 km² dir.

Toprak Grubu	Alan km ²	%
Alüvyal	10,6	6,8
Koloviyal	8,64	5,6
Kırmızımsı Kahverengi	42,68	27,6
Kireçsiz kahverengi	82	53,0
Taşkın Yatağı	5,61	3,6
Göl	5,29	3,4
Toplam	154,82	100,0

Tablo 7: Kürk Çay Havzasındaki Toprak Gruplarının Alanı ve Yüzdesi

Havzaya ait USLE erozyon belirleme modelinde K faktörü kat sayısı uzaktan algılama verilerinden faydalanarak yapılacaktır. Bunun için ayrıca hesaplanmamış olup uzaktan algılama verilerinden yine uzaktan algılama programları yardımıyla elde edilen **Normalized Difference Soil Index (NDSI)** verileri kullanılmıştır. NDSI bir sahadaki toprağın su tutma kapasitesini vermektedir suyu tutan kil ve organik madde aynı zamanda agregratlaşmayı da sağladığı için toprak tanelerinin büyük olmasını sağlamakta ve erozyonlaşmayı azaltmaktadır. Aksı durumda ise erozyon hızlanmaktadır. Bu değer sahamızda -15 ile 22 arasında değişmektedir. Değer arttıkça kil ve organik madde miktarı artmaktadır. Dolayısı ile NDSI oranı arttıkça erozyona karşı korumada artmaktadır (Harita 7 , Foto 12).



Harita 7: Kırk Çayı Havzasının Toprak İndis Haritası



Foto 12: Kırk Köyü ve Çevresinde Bitki Örtüsünün Yoğun Olduğu ve Toprağın Erozyona Karşı Dirençli Olduğu Erozyona Karşı Korunaklı bir Alan

2.4. TOPOGRAFİK ÖZELLİKLER VE USLE LS FAKTÖRÜ

2.4.1. Topografik Özellikler

Havzada yükselti 1240 metre ile 2220 metre arasında değişmektedir. Buna göre yükselti farkı 1000 metre civarındadır. Yükseltisi az olan alanlar delta çevresinde yoğunlaşmıştır. En yüksek nokta ise sahanın güneyinde Hazar baba dağıdır. Vadi tabanından uzaklaştıkça yükselti hızla artmaktadır. Özellikle havzanın güneyi faylı olduğundan yükselti kısa mesafelerde hızla artmaktadır.

Yükseltinin havzadaki dağılışı yüzdesi oldukça farklılıklar göstermektedir. Havzanın yarısından çoğu 1650 metreden düşük yükseltilere sahipken % 10'u 1950 metrenin üzerindedir. Bu da bize havzada yüksek yerlerin az olduğunu göstermektedir (Tablo 8).

Yükselti Sınıfı	Alan (km2)	Alan %	Alan Birikimli %
1250	2,0	1,3	1
1300	13,6	8,8	10
1350	7,6	4,9	15
1400	8,4	5,4	20
1450	8,8	5,7	26
1500	9,2	6,0	32
1550	9,6	6,2	38
1600	12,4	8,0	46
1650	18,4	11,9	58
1700	16,8	10,9	69
1750	11,2	7,3	76
1800	8,3	5,4	82
1850	6,2	4,0	86
1900	5,4	3,5	89
1950	4,4	2,9	92
2000	3,6	2,3	95
2050	4,0	2,6	97
2100	2,4	1,6	99
2150	2,0	1,3	100
Toplam	154,0	100,0	

Tablo 8: Yükselti Basamaklarına Göre Alan Dağılışı

Havzada en geniş alan kaplayan yükseltiler 1600 m ile 1700 m arasındaki yoğunlaşmıştır.

Havza genellikle parçalı yüzeylerden oluşmaktadır. Bu yüzeyler çoğu yerlerde akarsularca yarılmış ve derin vadiler oluşmuştur.

USLE eşitliği parsel temelli bir model olduğundan, araştırma alanı bir havzanın tamamı olduğunda, topografik faktörün belirlenmesinde zorluklar yaşanmaktadır. Bu zorlukların ilki eğim uzunluğu değerinin hesaplanmasıdır. Eğim uzunluğu değerinin hesaplanmasının yanında bir diğer sorun en yüksek eğim uzunluğu değerinin hesaplanmasıdır. Bu zorlukların büyük bir kısmı bugün CBS programlarının yardımı ile DEM veriler üzerinden toporafya analizleri yapılmaktadır.

Havzanın % 50'si 10° eğimin altındaki yerlerden oluşmaktadır. Bu da erozyonu azaltan bir faktördür (Foto 13)



Foto 13: Sahanın Güneyinde Fay Aynası ve Basamaklarında Erozyondaki Farklılaşma

LS faktörünün belirlenmesi oldukça karmaşık bir hesaplama gerektirmektedir bunun için inceleme alanının potansiyel erozyon risk alanlarının tespit edilme ve sınıflandırılması işlemi, Universal Soil Loss Equation (USLE)(Wischmeier vd., 1978), Revised Universal Loss Equation (RUSLE)(Renard vd.,1991)modelin sadeleştirilmesi ile oluşturulmuş (Sivertun vd., 2003), (Knijet vd., 1999), (Ekinci, 2004) ve

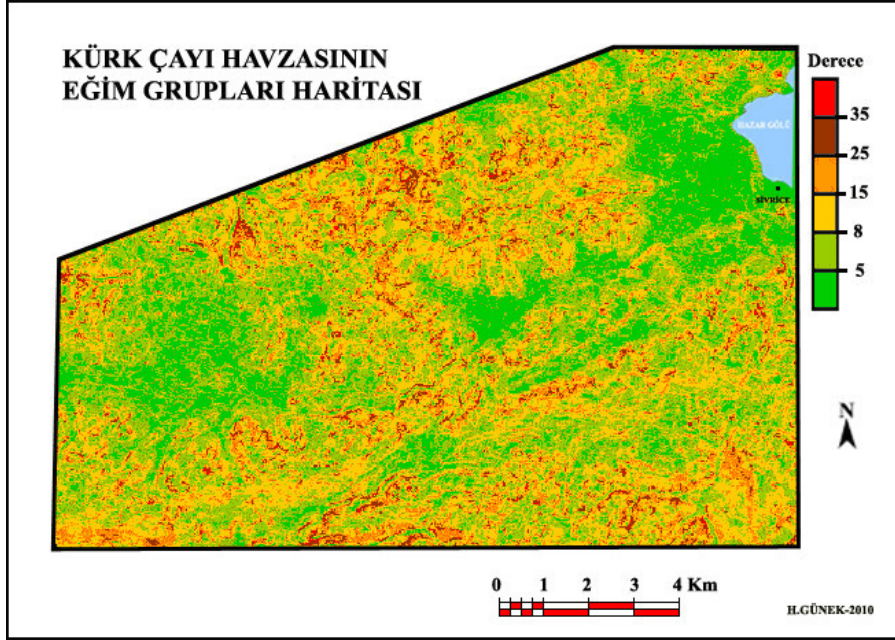
sadeleştirilerek Ekinci (2005) tarafından uygulanan $Ea = E \cdot T \cdot Z$ denklemi uzaktan algılama verileri ve programları da kullanılarak uygulanacaktır.

2.4.2.USLE LS Faktörü

Havzanın eğim gruplarına bakıldığında çok farklı eğim değerleri göze çarpmaktadır (Harita 8 , Tablo 9). Erozyonun az olabileceği eğimin 8 dereceden daha düşük olduğu alanlar sahanın %25' ine karşılık gelmektedir. Fakat eğimi 15 dereceden yüksek olan alanlar ise % 40 dan daha fazladır. Burada yüksek gruba 15 dereceden daha yüksek olan sahaları da dahil etmemiz tamamen çalışma alanımızdaki litolojik özelliklerle ilgilidir. Araştırma alanının güneyinde yoğun tektonizmaya uğramış olan ofyolitik sahadaki erozyon iyi bir örnektir. Eğimin dağılışıda olduğu gibi, özellikle derin vadi yamaçlarında erozyon potansiyeli topografik olarak yüksektir. Havzada eğimin azaldığı alanlar Kavak ovası, vadi tabanları ve deltaya karşılık gelmektedir. Ayrıca fay dikliklerinin bulunduğu alanlar da erozyon potansiyelinin yüksek olduğu alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Eğim Grubu	Alan (km2)	%
3 den küçük	10,773	7,0
3- 5	11,97	7,8
5- 8	20,748	13,5
8- 10	9,576	6,2
10- 15	29,925	19,4
15 -20	26,334	17,1
20- 25	19,0722	12,4
25-30	12,768	8,3
30- 35	7,1022	4,6
35 den büyük	5,7057	3,7
	153,9741	100

Tablo 9:Eğim Sınıflarına Göre Basamaklar



Harita 8: Kürk Çayı Havzasının Eğim Grupları Haritası

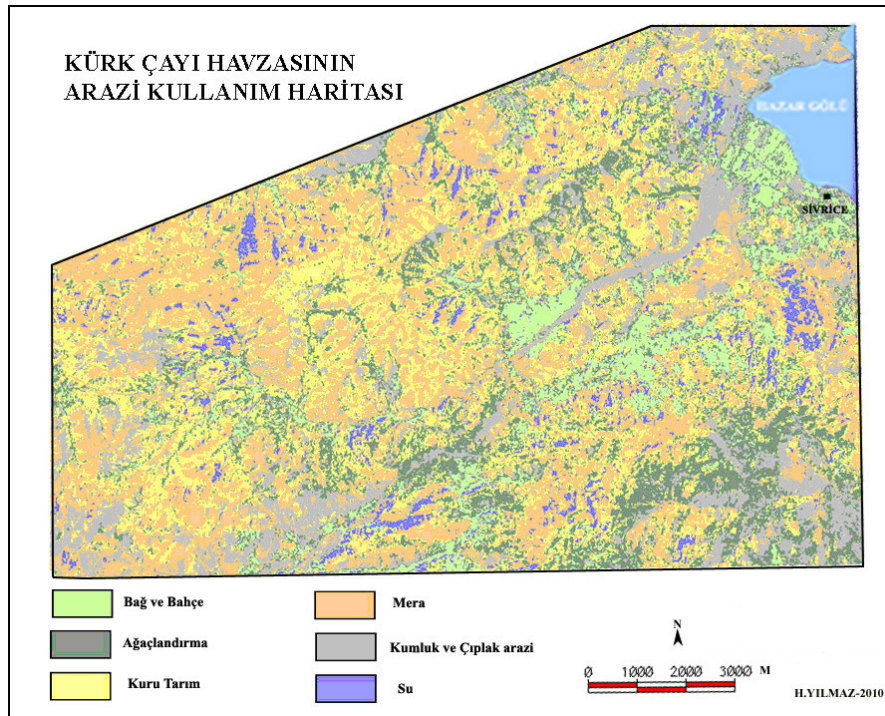
2.5. ARAZİ ÖRTÜSÜ ile USLE C ve P FAKTÖRLERİ

Araştırma alanı toplam yüzölçümü 154.13 km² dir. Bu alanın 5.29 km² lik alanı göle karşılık gelmektedir. Arazi sınıflandırmasında en az miktar su alanlarına karşılık gelmektedir. Su alanına karşılık gelen genel alanın % 3.4 kadardır. Arazi kullanım haritasında su yüzeyi olarak görülen göl dışındaki alanlar yüzeyden killi toprağın tuğla fabrikalarına hammadde olarak alındığı alanlar ile taban suyunun yüksek olduğu alanlara karşılık gelir. Araştırma alanımızdaki ikinci dereceden en az alan kaplayan yerler yoğun tarım alanlarına karşılık gelir. Bağlık bahçelik alanlar olarak kullanılmaktadır. Bu yerler 9.92 km² lik alan kaplar. Oransal olarak % 6.4 lük bir kısma karşılık gelir. Yoğun tarım arazileri akarsu yatağının çevresindeki vadi tabanı üzerinde bulunan alüvyon topraklar ile bunları çevreleyen kolivyon topraklar üzerinde yer almaktadır. Ayrıca araştırma alanının güneyindeki Hazar dağlık alanının kuzey yamaçları üzerindeki yerleşme alanlarının (Akpınar M. Kutluca M. Düz Bahçe, Yedikardeş, Soğukpınar)çevresindeki bağlık bahçelik yerlere karşılık gelir.

Sahamızda üçüncü dereceden en az yer kaplayan arazi sınıfını birikim ve çıplak alanlar oluşturmaktadır. Bu araziler 22.55 km² lik alanla toplam arazinin % 14.6 sını oluşturmaktadır. Bu tip araziler akarsu yatağının tabanındaki birikim malzemeleri ile çıplak kayalıklara karşılık gelmektedir.

Araştırma sahamızda üçüncü büyüklükteki arazi sınıfı ağaçlandırma sahalarıdır. Orman işletmenin 1964-1966 ile 1980-1981 yıllarında tesis edilmiş olan ağaçlandırma sahalarına karşılık gelir. Bu alanlar kürk köyünün kuzey kesiminde, Soğukpınar Köyü çevresinde ve Kavak köyü çevresinde yer almaktadır. Araştırma sahamızdaki en geniş ikinci arazi sınıflandırma alanını kuru tarım arazileri oluşturur. Bu araziler 35.77 km² lik alan ile toplam yüzölçümün %23.2 lik kısmına karşılık gelmektedir. Bu tür arazilerde çalışma sahamızda bir zon oluşturmayıp parçalar halinde bulunmaktadır. Kuru tarımın yapıldığı araziler kürk çayının kuzeyi ile batısında yoğunlaşmaktadır.

Sahamızda 53.3 km² lik alanı ile toplam alanın %34.6 sını kaplayan mera alanları en geniş arazi sınıfıdır. Mera alanlarının dağılışı genellikle eğimin arttığı dağların yamaç ve yüksek yerlerine karşılık gelir (Harita 9, Tablo 10).

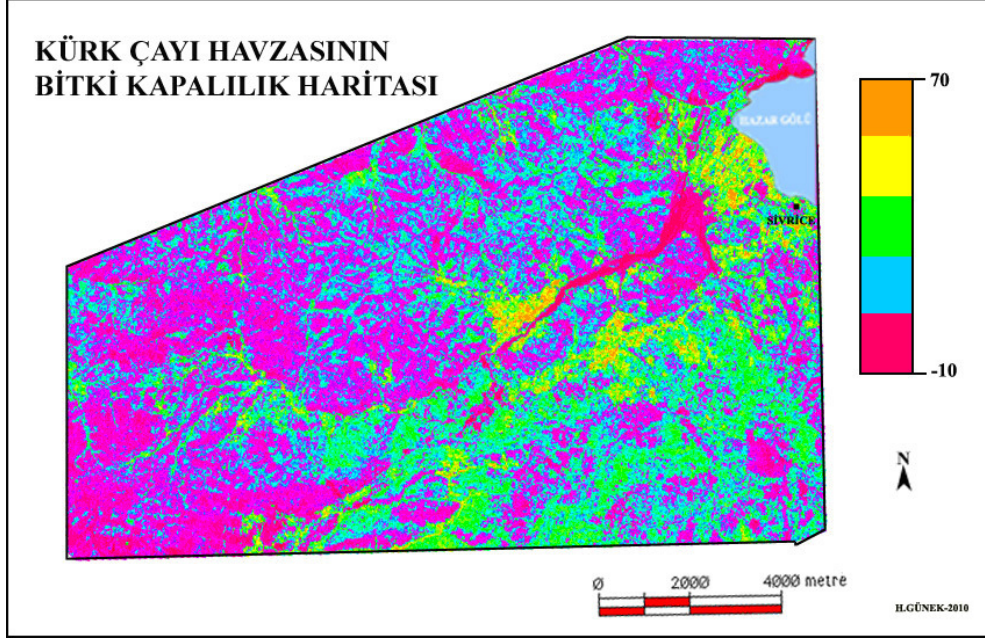


Harita 9: Kürk Çayı Havzasının Arazi Kullanım Haritası

Arazi Kullanım Sınıfı	Alan km2	%
Yoğun Tarım	9,92	6,4
Kuru Tarım	35,77	23,2
Mera	53,3	34,6
Ağaçlandırma Sahaları	27,3	17,7
Birikim ve Çıplak alanlar	22,55	14,6
Göl Alanı	5,29	3,4
Toplam	154,13	100

Tablo 10: Kürk Çayı Havzasının Arazi Kullanım Tablosu

Yukarda da ifade edildiği gibi havzaya ait kat sayılar uzaktan algılama verilerinden faydalanarak yapılacaktır. Bunun için USLE erozyon belirleme modelinde P faktörü ayrıca hesaplanmamış olup uzaktan algılama verilerinden yine uzaktan algılama programları yardımıyla elde edilen **Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)** verileri kullanılmıştır. NDVI bir sahadaki bitki örtüsünün zemini kapatma değerini vermektedir. Bu değer sahamızda -22 ile 70 arasında değişmektedir değer artıkça kapalılık durumu artmaktadır. Dolayısı ile kapalılık oranı artıkça erozyona karşı korumada artmaktadır (Harita 10,Foto 14)



Harita 10: Kürk Çayı Havzasının Bitki Kapalılık Haritası

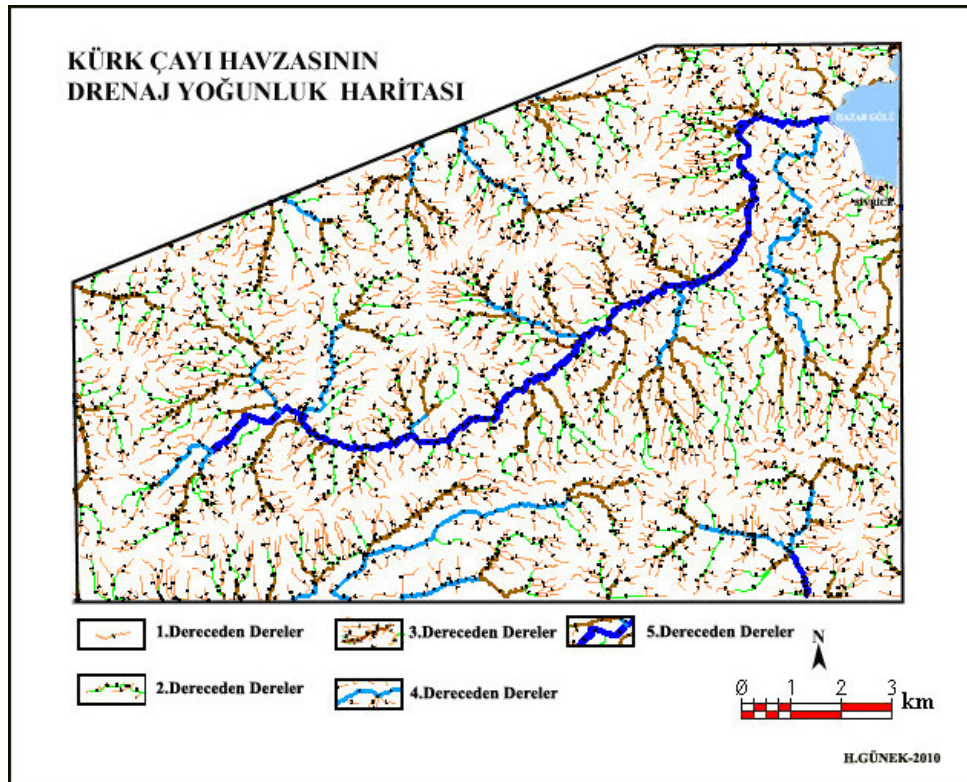


Foto 14: Kürk Köyü Kuzeyinde Erozyonu Önlemeye Tedbir Olarak Yapılan Ağaçlandırma Sahası

2.6. HİDROGRAFİK ÖZELLİKLER

Daha önce de söylendiği gibi Kürk Çayı Havzası Fırat Nehri su toplama havzasının bir bölümünü oluşturur. Havzanın suları ve dolayısıyla erozyona uğrayan malzemeler, Hazar gölüne dökülmektedir. Göle dökülen suların sahadan erozyon sonucunda taşıdığı malzemeyi göle ulaştığı sahada biriktirerek Kürk Deltasını oluşturmaktadır (Harita 11,Foto 15-16).

Havza en küçük alanı 2000 m²'den başlayan, en büyük alanı 2,06 km² olan toplam 7133 tane tali akarsu havzasından oluşmaktadır. Bunlar genellikle yan derelerin ve o yan dereleri oluşturan daha küçük tali derelerin havzalarıdır.



Harita 11: Kürk Çayı Havzasını Drenaj Yoğunluk Haritası

Dere Dizisi	Dere Sayısı	Uzunluk km2
1	1731	495
2	735	142
3	387	74
4	190	31
5	23	21

Tablo 11:Kürk Çayı Havzasını Drenaj Yoğunluk Tablosu

Havzada Strahler’e (1996) göre oluşturduğumuz akarsu derecelerinden, 1., 2. ve 3.derecedeki dereler yaz kuraklığı nedeniyle yazın akış göstermezler, 4 ve 5. derecedeki akarsular yazın da akışlarına devam ederler (Tablo 11).

Havzadaki akarsuların akımları, Mayıs ve Haziran aylarında en yüksek seviyeye ulaşmaktadır.



Foto 15: Kürk Deltasının Yoğun Bitki Örtüsü ve Gerideki Birikim Alanları



Foto 16: Kürk Çayı Yatağındaki Birikim Alanları

Havzanın 15 m lik DEM ler yardımıyla havzadaki vadilerin yoğunluğu belirlenmiştir. Sonuçta havzada 154 km² lik alanda 7133 adet tali havzanın bulunduğu tesbit edilmiştir. Bu havzaların toplam uzunluğu yaklaşık 500 km'yi bulmaktadır. Rakamsal olarak değerlendirildiğinde Km² ye 3.3 km lik bir akarsu ağı düşmektedir. Hatta sahamızdaki göl alanı ve Kavak Ovası da dikkate alındığında bu değer iyice artarak 4- 7 Km yi bulmaktadır. Sahanının yoğun parçalanmış olması aynı zamanda erozyonun aktif olmasını sağlamıştır. Çünkü düşen yağışlar kısa mesafelerde yataklara ulaşacak ve yataklara yamaçlardan dökülen malzemeleri taşıyarak göle ulaştıracaklardır. Ayrıca vadi yoğunluğunun fazla olması yüzeysel akışa geçen suyun kısa mesafelerde yatağa ulaşması anlamına gelir ve erozyonun hızlı olmasını sağlamaktadır.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

EROZYON RİSK HARİTASININ DEĞERLENDİRİLMESİ

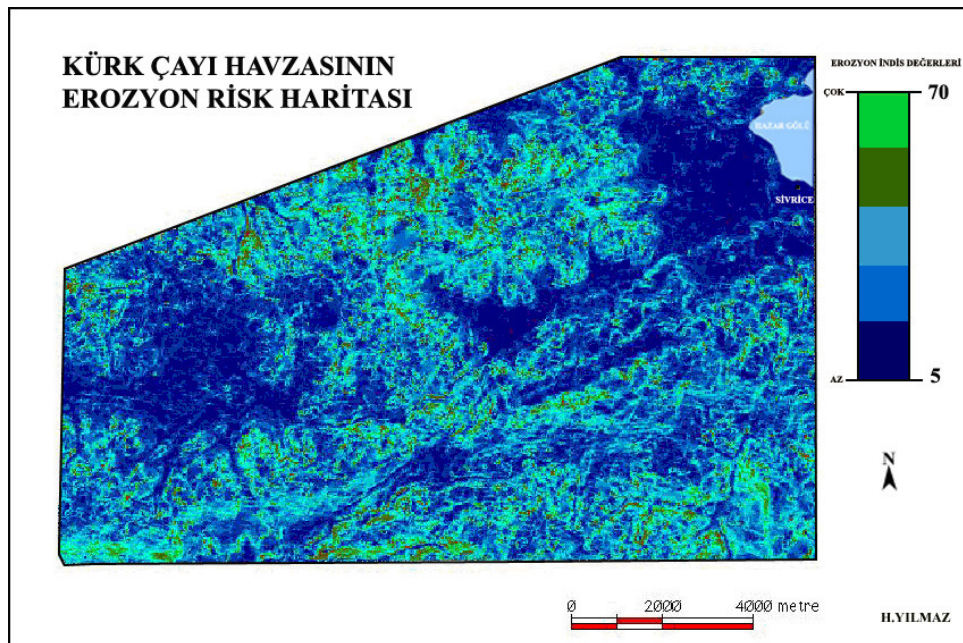
Yukarıda da ifade edildiği gibi erozyon risk haritası hazırlanırken sadeleştirilerek Ekinci (2005) tarafından uygulanan $Ea = E * T * Z$ denklemi uzaktan algılama verileri ve programları da kullanılarak uygulanmıştır. Uygulama yapılırken Ekinci bulduğu değerleri gruplara dönüştürerek çıkan değerleri çarpmıştır. Ancak biz araştırmamızda yaptığımız değerlendirmelerde herhangi bir grupta yapmadan faktörlerin etki derecesi ve yönlerini dikkate alınarak toplama ve çıkarma işlemleri ile erozyon risk haritası oluşturulmuştur. Ayrıca bulduğumuz indis değerlerindeki eksi değerlerin varlığından dolayı önce 10 bölüp sonra etki değerleri dikkate alınarak bir tam sayı eklenmiştir. Bu katsayı aynı zamanda değerlerin eksi olmadan kurtulmasını da sağlamıştır.

Yaptığımız değerlendirmeler sonunda elde ettiğimiz erozyon risk haritasındaki (Harita 12) değerlerin 3.7 ile 72 arasında yer aldığı görülmektedir. Değerler sahadaki erozyonun değişkenliğini ifade etmektedir. Erozyon risk grubu ve alanlar raster verideki öznel bilgilerinden oluşturulmuştur. Değerlerin alansal dağılımlarına baktığımızda, erozyonun olmadığı alanların % 1 gibi çok sınırlı bir alana karşılık geldiği görülmektedir. Bu alanlar Kürk deltası, Kavak Ovası, güneyde fay basamaklarına ve sınırlı olan Kürk Çayı sekilerine karşılık gelmektedir. Hafif erozyonun olduğu alanlar ise % 23 gibi oldukça geniş bir alana karşılık gelmektedir (Tablo 12).

Sahada orta şiddetteki erozyon % 31.6 oranla en geniş alanları kaplamaktadır. Sahadaki toprakların derinliklerinin az ve ana kayanın büyük oranda kil içerikli olmasından dolayı bu alanlarda hafif yüzey erozyonu görülmektedir. Yani orta derecede erozyon sahalarına karşılık gelmelerine rağmen yine de risk altındadırlar. Şiddetli erozyon grubunda bulunan sahalar % 26 lık bir alan kaplamaktadırlar bu sahalar yüzey erozyonu oldukça ilerlemiş bulunmaktadır. Yüzey erozyonun bir sonraki safhasına karşılık gelen parmak erozyonu bazı alanlarında belirmeye başlamıştır. Erozyon açısından bu sahalar yüksek oranda risk taşımaktadır ve bu alanlar mutlaka erozyona karşı tedbirler alınarak korunmalıdır.

Çalışma alanında çok şiddetli erozyon veya parmak erozyonu olarak ifade edebileceğimiz sahalarda % 12.7' lik bir oranla yaklaşık 20 km² alana karşılık gelmektedir. Bu erozyonun görüldüğü alanlar daha çok Doğu Anadolu Fay Zonunun etkisi ile eğimin arttığı ve ofyolitlerden oluşan güneydeki sahalara karşılık gelmektedir. Ayrıca bu alanlardaki kütle hareketleri ile erozyon daha da artmaktadır.

Oyuntu erozyonu veya sahamızdaki tam karşılığı ile anakaya erozyonuna karşılık gelen erozyon grubu ise % 5.4 lik bir oranla temsil edilmektedir. Bu erozyon grubu parmak erozyonunun görüldüğü alanlardaki derin vadilerin yamaçlarında yaygın olarak görülmektedir.

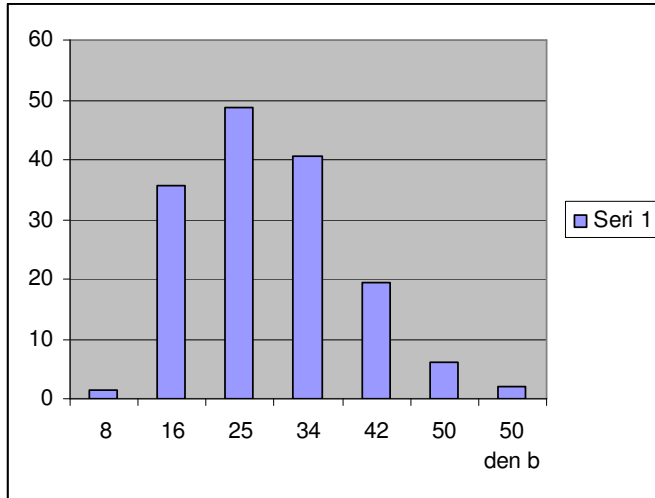


Harita 12: Kürk Çayı Havzasının Erozyon Risk Haritası

Yukarıdaki haritamız hesaplama sonucunda oluşturulan 5 ile 70 arasındaki değerleri içermektedir. Bu haritayı ilk şekliyle vermek istedik. Ancak gre tonda amaçımızı tam olarak yansıtmadığından renklendirilmiştir.

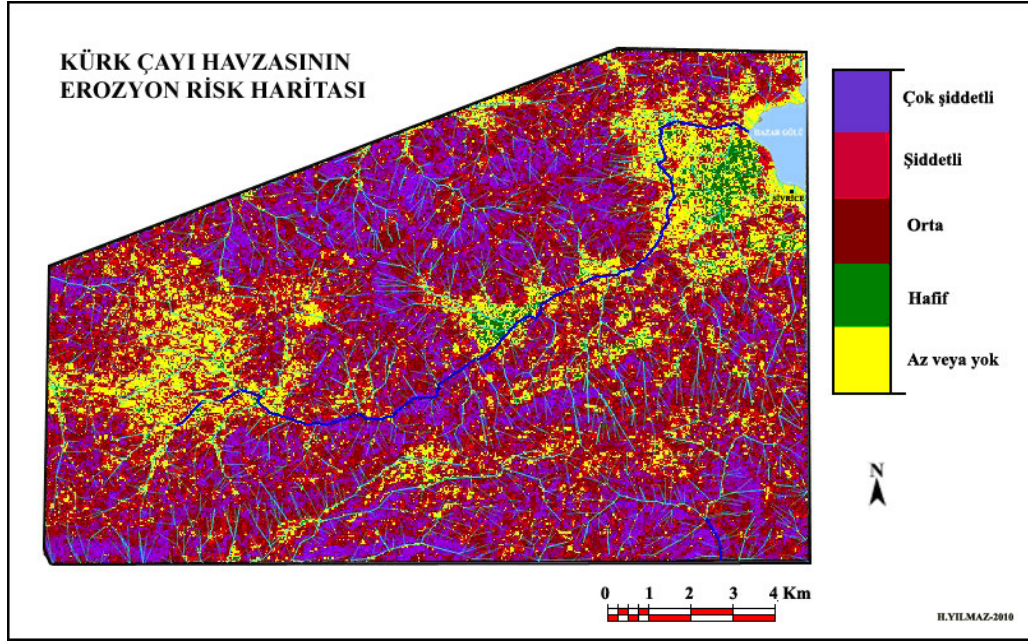
Erozyon değerleri	Alan km2	Oran %	Erozyon Grubu
8 den Küçük	1,53	1,0	Yok
8-16	35,58	23,1	Çok Hafif
16-25	48,73	31,6	Hafif
25-34	40,46	26,3	Hafif Şiddetli
34-42	19,53	12,7	Şiddetli
24-50	6,09	4,0	Çok Şidetli
50 den büyük	2,08	1,4	Anakaya
Toplam	154,0	100,0	

Tablo 12: Kürk Çayı Havzasının Erozyon Dereceleri ve Etkili Oldukları Alan



Grafik 14: Kürk Çayı Havzasının Erozyon Dereceleri ve Etkili Oldukları Alan

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak ve elde edilen formül yardımı ile hesaplanan erozyon risk değerleri tekrar mevcut erozyon durumu da dikkate alınarak sahadaki erozyon ve erozyon risk değerleri beş gruba ayrılmıştır (Harita 13)



Harita 13: Kürk Çayı Havzasının Erozyon Risk Haritası

Erozyon gruplarının dağılımlarına baktığımızda erozyonun az veya yok denecek sahalara karşılık gelen alanlar kürk deltası, Kavak ovası, güneydeki fay basamakları ve kürk çayının aşağı mecrasındaki eğim değerleri düşük ve nispeten bitki örtüsü ile kaplı olan alanlar ile dar alanlı sekillere karşılık gelmektedir. Hafif erozyon yukarıda saydığımız sahalanın çevresinde eğimi nispeten düşük olan sahalara karşılık gelmektedir. Bu erozyon grubu sahada dar alanlar kaplamaktadır. Orta şiddetteki erozyon grubuna baktığımızda sahadaki mera alanlarında bir yaygınlık göstermektedir. Bu alanlarda eğim yüksek olmamasına rağmen bitki örtüsünün seyrek, toprağın sık ve ana kayanın aşınmaya karşı dirençsiz olması erozyonu hızlandırmaktadır. Şiddetli erozyon sahada daha çok parmak erozyonu olarak görülmektedir. Yaygın olduğu alanlar sahanın güneyindeki tektonik hat boyunca gelişmiştir. Ayrıca kuzeydeki eğim değerinin yüksek olduğu maden karmaşığı üzerinde de yaygın olarak görülmektedir. Çok şiddetli veya oyuntu erozyonu sahamızda yukarıda da ifade ettiğimiz gibi çok geniş alanlar kaplamaktadır. Bu erozyon grubu güneydeki tektonik hat boyunca eğimi artmış

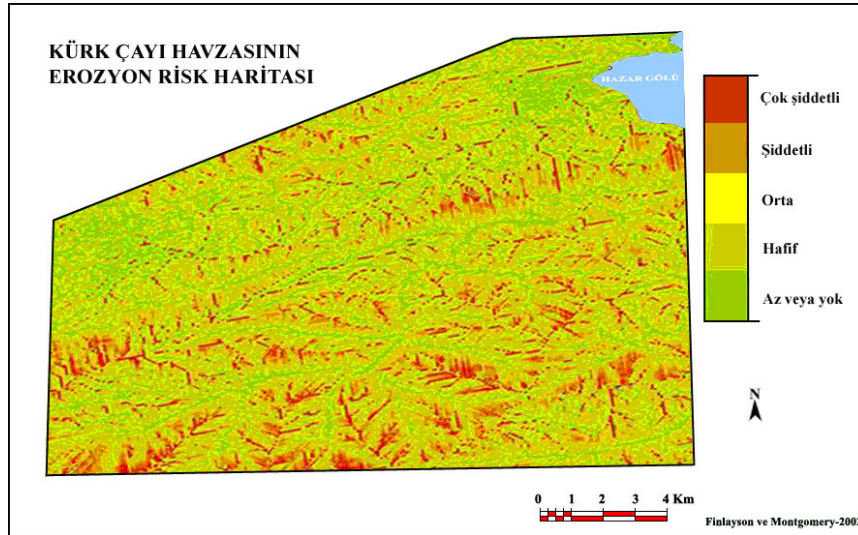
sahalarda derin yarılmış vadi yamaçlarında görülmektedir. Bu alanlarda yapı uygun olduğu için oyuntu erozyonu hızla ilerlemektedir.

İnceleme alanı için, Finlayson ve Montgomery (2003)'nin Erozyon modeli ($\dot{E} = kA^m S^n$) kullanılmıştır. Bu modelde Fluviyal erozyon, drenaj alanı ve eğim derecesine dayalı olarak tasarlanmıştır. Daha dik bir arazi ve daha geniş bir havza alanı, daha fazla erozyon nedenidir. Bir yöredeki erozyon miktarını o yöredeki toprakların fiziksel özellikleri de belirler. Eşitliği aşağıdaki gibi yazabiliriz.

$$\frac{\dot{E}}{k} = A^{0.5} S^{0.67}$$

Buradaki ($A^{0.5} S^{0.67}$) değerler erozyon indeksi'dir. A: Drenaj alanı, S: Eğim derecesi ve k,m,n; birer sabittir. m ve n sabitleri, eğime karşı drenaj alanının görece önemini kontrol eder (0,5–0,67 değerleri). k sabiti ise, akarsuyun yarma derecesi ve akım gücü arasındaki orantılılığı ifade etmektedir. Erozyon risk dağılımı, yükselti paftaları üzerinde ArcGis 9,2 “*Model Buldier*” yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

Etüt sahasının yaklaşık % 25'inde erozyon şiddetli, %50'sinde normaldir. Daha kolay bir ifade ile havzanın yarısından fazla kısmında hafif erozyon görülmektedir. Bunun sebebi sahada bulunan göl ve dolgu alanlarının geniş bir alana karşılık gelmesidir. Şiddetli erozyonun bu kadar fazla olması sahanın tektonizmasından ileri gelmektedir.



Harita 14: Kürk Çayı Havzasının Erozyon Risk Haritası

ArcGis'den elde edilen harita erozyon riski açısından fikir vermektedir. Fakat erozyon üzerinde sadece eğim ve eğim uzunluğu etkili değildir. Bitki örtüsü, toprak, ana kaya ve arazi kullanımı etkili olmaktadır. Onun için ArcGis'den elde edilen erozyon risk haritası eğim gruplarına bir yakınlık göstermektedir. Fakat bizim NDVI ve NDSİ değerlerini de hesaba katarak yapmış olduğumuz haritalama gerçek verilerle daha uyumlu olduğu görülmektedir.

Erozyon Gurubu	Alan Km2	Yüzde
Az veya Yok	38.7	25.1
Hafif	41.7	27.1
Orta	37.9	24.6
Şiddetli	23.0	15.0
Çok şiddetli	12.7	8.2
Toplam	154.0	100

Tablo 13: Erozyon Guruplarının Dağılışı Tablosu (Finlayson ve Montgomery)

Tablodaki değerlerle eğim gurupları karşılaştırıldığında genel olarak eğimin arttığı yerlerde erozyonun şiddetli, eğimin azaldığı yerlerde ise erozyonun hafiflediği görülür. Buda Finlayson ve Montgomery'nin yaptıkları çalışmalarda eğimin belirleyici olduğunu göstermektedir.

KAYNAKÇA

- Akalan, İ.**, 1987, Toprak Bilgisi, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yay. No: 1058, Ders Kitabı:309, ANKARA
- Akkan, E.1972**, Elazığ ve Keban Barajı Çevresinde Coğrafya Araştırmaları; AÜ.DTCF coğ. Arş. Der. Sayı 5-6, ANKARA
- Altan,Y.** 1981,Elazığ Hazar Dağlarının Florası;Fırat ünv.Fen fak.Botanik böl.Yük. Lİs. Tez. Yayınlanmamış. ELAZIĞ
- Anonim**, 2005, Çölleşme ile Mücadele Türkiye Ulusal Eylem Programı, Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları No: 250, ANKARA
- Apaydın. H.** 2002 Yüzey akış ve sediment modellerinin coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla uygulanması;Doktora tezi,Ankara ünv. Fen Bilimleri Enstitüsü. ANKARA.
- Ardel,A.**1961,Güney Doğu Anadolu'da Coğrafi Müşahadeler;Türk Coğ. Der. Sayı:21.İSTANBUL
- Atalay,İ.** 1982,Toprak Coğrafyası,.E. Ü. Sos. Bil. Fak Yay.8, İZMİR
- Ayday, C. , Altan. M. , Yüksel. M. , Türe. C. , Karaş. E. veDengiz. O.** 1998. Küçükemalı-Bilecik gölet havzasının gerçek erozyon risk haritasının uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yöntemleri kullanılarak hazırlanması; Araştırma projesi. No:1997/15, Anadolu Üniversitesi. ESKİŞEHİR.
- Ayday. C. , Altan. M. , Azdiken. S. , Gençler. G. , Deveci, B. , Uça. D. ve Özkan. S.** 1999, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yöntemleri ile Orta Sakarya Vadisi'nin Toprak Eozyon Risk Haritasının Hazırlanması; Araştırma projesi, No:98 K 120 600, Anadolu Üniversitesi, ESKİŞEHİR..
- Bahtiyar, M., 2006**, Su Erozyonun Oluşumu ve Nedenleri, (tema.org.tr /trcevre_kutuphanesi/erozyon/pdf/ToprakErozyonuOlusumuNedenleri.pdf)
- Balcı ,N., Ökten, Y.**, 1987, Sel Kontrolü, KTÜ Basımevi, TRABZON

- Bayramin, Ü., Dengiz, O., Başkan, O., M. Parlak.** 2003. "Soil Erosion Assessment With Icona Model Case Study: Beypazarı Area." Volume: 27, Number: 2, 105-116. Tubitak. ANKARA
- Bingöl,A.F.** 1986, Elazığ Yöresinde Doğu Torosların Tektono-Stratiğrafik Özellikleri; Elazığ Çevresinde Fırat havzasının Jeolojisi ve Yer altı Zenginlikleri Sempozyumu(Basılmamış bildiri) ELAZIĞ
- Boşgelmez, A. , Boşgelmez,İ. , Savaşçı, S. , Pahlı, N. ,**2001,Ekoloji-Toprak,başkent klişe matbaacılık,ANKARA.
- Çanga, M.R.** 1985. Toprak ve Su Koruma. A.Ü.Ziraat Fak.Yayınları No: 1386, Ders Kitabı No:400. ANKARA
- Cooke, U.R., ve Doornkamp, J.C.,** 1990, Geomorphology in Environmental Managemant, Clarendon Press, OXFORD.
- Cebel, H.,** 2006, Üniversal Eşitlik ile Toprak Kayıplarının Belirlenmesi, Köy Hizmetleri Genel Müd. Yay. ANKARA.
- Cambazoğlu, M.K., Göğüs, M.,** 2004, Sediment Yield of Basin in the Western Black Sea Region of Turkey, Turkish J. Eng. Env. Sci.28, TÜBİTAK., ANKARA
- Darkot,B.** 1943,Türkiye nin Bölgeleri Arasında Yukarı Fırat Bölgesi,III üniv.Haftası-Elazığ,İ.Ü.Yay.No:1965 , İSTANBUL
- Doğan, O., Küçükçakar, N,** 1986, Toprak ve Su Muhafazası Araştırmalarında Yüzey Akış ve Toprak Kayıplarının Belirlenmesi Talimatı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Yay. ANKARA.
- Doğan, O., Güçer, Ç.,** 1976. Su Erozyonunun Oluşum Nedenleri Ve Üniversal Denklem İle Toprak Kayıplarının Saptanması. T.C. Köyişleri Bakanlığı Yayın No: 41, ANKARA
- Doğan, O. ve Küçükçakar, N., Cebel, H., Akgül, S.,**2000, Türkiye Büyük Toprak Gruplarının Erozyona Duyarlılık "K" Faktörleri, Köy Hizmetleri Genel Müd. Yay. No:111, ANKARA
- Dunne,L.A.-Hempton,M.R.** 1984, Deltaic Sedimentation in the Lake Hazar,Pull apart Basin,southern Turkey, Sedimentoloji, Sayı.31

- Erinç, S.**, 1953,Doğu Anadolu Coğrafyası,İ.Ü.Coğ. Enst. Yay.N:15. İSTANBUL
- Erinç, S.**, 1980,Kültürel Çevre Bilim Açısından Güney Doğu Anadolu; Güney Doğu Anadolu Tarih Öncesi araştırması-1,. İSTANBUL
- Erinç, S.**, 2000. Jeomorfoloji I, Der Yayınları, İSTANBUL
- Erinç, S.**, 2001. Jeomorfoloji II, Der Yayınları,. İSTANBUL
- Erol,O.** ,1983.Die Naturraumliche Gliederung der Türkei,Beihefte zum Tübinger Atlas des Vorderen Orients ,Reihe A N.13.WIESBADEN
- Erol. E.** , 2000. Coğrafi Bilgi Sistemi Tekniği Kullanılarak Erozyon Risk Değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen BilimleriEnstitüsü, Ankara.
- Evren,H.**1985, Kup,Mastar, Yaylım Dağları(Elazığ)Florası F.Ü.Fen Bil.Enst.(Basılmamış doktora tezi)ELAZIĞ
- Erpul, G., Erdoğan., E.**, 2005, Erozyon Uygulamaları Ders Notları, A.Ü. Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü ANKARA
- Flanagan, D.C., Nearing, M.A.**, 1995, Water Erosion Prediction Project Hillslope Profile And Watershed Model Documentation, USA
- Güneş,H.**1995, Uluova ve Çevresinin Toprak Erozyonu ve Alınması Gereken Önlemler, F.Ü. Sosyal Bilgiler Der.Sayı:7 ELAZIĞ
- Güneş, H.-Duran,C.**2007,Hazar Gölü Havzası Arazi Kullanımındaki Değişkenlerin Belirlenmesi, F.Ü. Sosyal Bilgiler Der. ELAZIĞ
- Hat A.Ş.**, 2002, Uzaktan Algılama (Microimage TNT Mips Uygulamaları), ANKARA
- Hempton, M.R.-Şengör,A.M.c.** 1980 The East Anatolian Transform Fault;İst age ofset,and significance in the Neotectonics of the Eastern Mediteranean Trans. Amr. GeophysUnion, EOS,61
- Hempton, M.R.** 1984,Result of Detailed Mapping Near Lake Hazar,Geology of the Taurus Belt Symp. MTA-1983, ANKARA

- Kalin, L.**, 2003, Evaluation of Sediment Transport Models and Comparative Application of Two Watershed Models, National Risk Management Research Laboratory
- Kinnell P.I.A.**, 2000, "AGNPS-UM: applying the USLE-M Within the agricultural nonpoint source pollution model" Environmental Modelling&Softvware, 15 (2000) 331-341, AUSTRALIA
- Kinnell, P.I.A.**, 2005. "Why The Universal Soil Loss Eguation And The Revised Version of İt do not Predict Event Erosion Well", Hydrol. Process. 19, 851-854
- Kinnell, P.I.A., Risse, L.M.**, 1998. "USLE-M: Empirical Modelling Rainfall Erosion Through Runoff And Sediment Concentration." Soil Sci. Soc. Amer. J. 62, 1667-1672.
- KHGM**,1997. Kahramanmaraş İli Arazi Varlığı, İl Rapor No:46, ANKARA
- Lal, R.**,1988, Soil Erosion Research Methods, Soil and Water Conservation Society, NETHERLAND
- Mater, B.**, 1987, Toprak Oluşumu, Erozyonu,İZMİR
- Marinoi, O.**,2004, Implementation ofthe Analytical Hierarchy Process With VBA in ArcGIS. Compulers and Geosciences, 30, 637-646.
- Özcan,U., Başaran, M., Erdoğan, E., Baysal, M. ve Pekin U.**, 2006, Çankırı İndağı Bölgesindeki Farklı Arazi Kullanım Türlerinde Usle Yöntemi Kullanılarak Toprak Erozyonu Risk Değerlendirilmesi,
- Özdemir,M.A.**1995, Örmeli Çayı Havzasının (Pötürge-Malatya) Genel VE uygulamalı Jeomorfolojisi, F.Ü.Sos.Bil.Enst.Coğrafya Anabilim Dalı Doktora Tezi,ELAZIĞ
- Öztürk, F., Okman, C.,,** 1987, Su Toplama Havzalarında Meydana Gelen Sediment Miktarının Saptanmasında Kullanılan Yöntemlerin Ova Çayı Zeybek Havzasında Uygulanması ve Karşılaştırılması, A.Ü. A.F. Yıllığı, Cilt:37, Fas:2, ANKARA

- Özel, M. , Doğan, Ü. , Yıldırım, H. ve Küçükçakar, N. ,**1998. Dalaman Havzası Uydularla Erozyon Haritalama Pilot Projesi, TÜBİTAK. KOCAELİ.
- Perinçek,D.-Özkaya,İ.** 1981,Arabistan Levhası Kuzey Kenarı Tektonik Evrimi; H.Ü Yerbilimleri. Der. Sayı:8 , ANKARA
- Renard, K.G., Foster, G.R., VVeeties, G.A., McCool D.K., Yoder, D.C.,** 1996, Predicting soil erosion by vwater. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Agriculture Handbook 703
- Sarı, M.,** 2005, Toprak Erozyonuna Farklı Bir Bakış, (tema.org.tr /trcevre_kutuphanesi/erozyon)
- Şengör,A.M.C.-Yılmaz, Y.**1983,Türkiyede Tethis in Evrimi,T.J.K.Yer Bilimleri Özel Dizisi,Sayı-1, ANKARA
- Şahin, S. ve Kurum, E.**2002. Erosion risk analysis by GIS in Environmental Impact Assessment: a case study-Seyhan Kopru Dam construction, Journal of Environmental Management. **66**, 239-247.
- Tonbul, S.**1987, Elazığ Batısının Bitki Örtüsü Özellikleri, F.Ü.Sos. Bil. Der.Sayı-1, ELAZIĞ
- Tonbul, S.** 1990,Elazığ ve Çevresinin İklim Özellikleri ve Keban Barajının Yöre İklimi Üzerine Olan Etkileri, F.Ü.Coğ. Semp. ELAZIĞ.
- Tonbuş, F.E.** ,2005, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Erozyon Riskinin Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım, Çorum İli Örneği, Anadolu Üniv. Fen Bilimleri Enst. U.A. ve C.B.S. Ana Bilim Dalı, ESKİŞEHİR.
- Tanoğlu,A.** 1964,Soil in Turkey Reviev Geogr. Inst.Üniv.İstanbul Sayı-9,10.İSTANBUL
- Williams, J.R. and Berndt, H.D.,** 1972, "Sediment YieldComputed with Universal Eguation", Journal of the Hydraulic Division.proceedings of American Society of Civil Engineers, 98, 2087-2098

- Wischmeier, W.H., Smith, D.D.**, 1965. Predicting Rainfall Erosion Losses From Cropland East Of The Rocky Mountains: Guide For Selection Of Practices For Soil And Water Conservation Planning. USDA, Agricultural Handbook. U.S. Government Printing Office, Washington, DC., Pp. 282.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D.**, 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses-A Guide For Conservation Planning. USDA, Agricultural Handbook. U.S. Government Printing Office, Washington, DC., Pp. 537.
- Yücel,T.** 1987,Türkiye Coğrafyası.Türk kültürünü Araş. Enst.Yay.No:68,ANKARA
- Yurdakulol,E.-Altan,Y.** 1984,Contribution to the Flora of Hazar Montins (Elazığ), Communications ,Series C:Biologie, Tome:2, ANKARA
- Yılmaz,E.**2006,Çamlıdere Barajı Havzasında Erozyon Problemi ve Risk Analizi,Ank. Ün. Sosyal bilimler Enst. Coğ. Ana Bilim Dalı ANKARA.
- Yiğit,A.**1994, Sivrice Maden Yöresinin Mevzii Coğrafyası, F.Ü.Sos.Bil.Enst.Coğrafya Anabilim Dalı Doktora Tezi,ELAZIĞ
- Zengxiang, Z. , Xulong, P. , Xiaofeng, C. ve Jyl'an, L.** 1996, GIS. 4 th. International Symposium on High Mountain Remote Sensing Cartography, Karlstad-Kinn-Troms, August, 19-29.

ÖZGEÇMİŞ

1970 Yılında Elazığ Güneyçayırı Köyünde doğdum. İlk, orta ve Lise öğrenimimi Elazığ da tamamladım. 1990 Yılında Fırat Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümüne kaydoldum. 1994 Yılında Giresun’da öğretmen olarak ilk meslek hayatıma başladım. 1996 yılında Elazığ’da görev hayatımı devam ettirdim. Halen Elazığ Balakgazi Lisesinde Coğrafya öğretmeni olarak görev yapmaktayım.