

**MODİFİYE EDİLMİŞ ÜNİVERSAL TOPRAK KAYIPLARI EŞİTLİĞİ (MUSLE)
KULLANILARAK TARSUS (MERSİN) – TOPÇU DERESİ ALT
HAVZASI’NDA EROZYON POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**ASSESSMENT OF EROSION POTENTIAL IN TARSUS (MERSIN) - TOPCU
CREEK SUB-BASIN BY USING MODIFIED UNIVERSAL SOIL LOSS
EQUATION (MUSLE) METHOD**

GAMZE KOÇ

PROF. DR. MURAT ERCANOĞLU

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

JEOLojİ Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

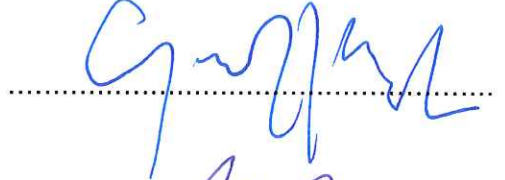
olarak hazırlanmıştır.

2014

GAMZE KOÇ' un hazırladığı "**Modifiye Edilmiş Ünlversal Toprak Kayıpları Eşitliğı (Musle) Kullanılarak Tarsus (Mersin) – Topçu Deresi Althavzası'nda Erozyon Potansiyelinin Değerlendirilmesi**" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **JEOLojİ MÜHENDİSLİğİ ANABİLİMDALI'** nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Günay ERPUL

Başkan



Prof.Dr. Murat ERCANOğLU

Danışman



Prof.Dr. Kadir DİRİK

Üye



Prof.Dr.Harun SÖNMEZ

Üye



Doç.Dr. Dilek TÜRER

Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof.Dr. Fatma SEVİN DÜZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarını eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

23.16/2014


GAMZE KOÇ

ÖZET

MODİFİYE EDİLMİŞ ÜNİVERSAL TOPRAK KAYIPLARI EŞİTLİĞİ (MUSLE) KULLANILARAK TARSUS (MERSİN) – TOPÇU DERESİ ALT HAVZASI’NDA EROZYON POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Gamze KOÇ

Yüksek Lisans, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Murat ERCANOĞLU

Haziran 2014, 116 sayfa

Doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı açısından toprak erozyonunun şiddetini değerlendirmek, neden olduğu çevresel ve ekonomik sorunları azaltmak veya gidermek için gerekli ve yeterli önlemleri almak amacıyla birçok farklı erozyon tahmin modeli geliştirilmiştir. Niceliksel ve niteliksel yöntemler olarak sınıflandırılabilen bu modellerden en yaygın olarak kullanılanları Universal Soil Loss Equation (USLE) [1] ve bu yöntemin geliştirilmiş diğer bir biçimi olan Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) yöntemleridir [2]. Türkiye’de de USLE/RUSLE modeli kullanılarak Orman ve Su İşleri Bakanlığı ve Ankara Üniversitesi işbirliği ile yürütülen bir araştırma projesi kapsamında potansiyel erozyon risk haritaları hazırlanmıştır [3]. İlgili proje, ulusal ölçekte 25 büyük akarsu havzasında yürütülmüştür. Aynı zamanda bu eylem planı kapsamında ülkesel ölçekte mikro ve alt havzalar da belirlenerek Su Çerçeve Direktifine uygun kodlanmıştır. Kullanılan altlık verilerin 1/25000 ölçeğinde ya da hassasiyetlerinin bu

ölçekte olmasına rağmen, güncel veri tabanları olmadığı için, proje çıktılarının doğrulanması ve model parametrelerinin kalibrasyonu ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Diğer bir deyişle, Sayısal “Türkiye Erozyon Risk Haritası” veri tabanı ulusal ve büyük akarsu havzaları ölçeğinde gerçekleştirildiğinden, kullanılan model parametrelerinin hesaplanması çoğunlukla uzman bilgisine dayalı yaklaşımlar ve uzun yıllık ortalamalara dayalı istatistiksel modeller kullanılarak yapılmıştır. Bu yüzden, ne yazık ki, alt havzalar ayrıntıları ve verilerini iyi temsil etmemektedir. Bu çalışma ile USLE/RUSLE modeli ile büyük havzalarda elde edilen toprak kaybı sonuçlarının, daha çok küçük havza ölçeğinde ayrıntılı fiziksel parametreler ile erozyon şiddetini tahmin etme yaklaşımına sahip MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) teknolojisi [4], [5] ile doğrulanmış ve karşılaştırılması yapılmıştır. Her iki modelde kullanılan ortak parametreler ve sediment iletim oranı yaklaşımı aracılığıyla USLE/RUSLE modelinin alt-ölçeklendirme (down-scaling) ile MUSLE modeline entegre edilmesi sayesinde, özellikle farklı arazi kullanım türleri altındaki tarımsal alanlardan akarsu ağlarına ve su toplama rezervuarlarına ulaşan sediment miktarları doğrudan hesaplanılmıştır. Ayrıca, küçük havza bazında elde edilen detaylı parametre ölçümleri, var olan sayısal veri tabanına aktararak, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) yöntemleri kullanılarak MUSLE modelinden elde edilen sonuçlar ile ölçülen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

RUSLE modelindeki istatistiksel yıllık ortalama değerler ile ifade edilen parametreler yerine, MUSLE modelinde olay tabanlı hesaplamalara çok daha uygun ve fiziksel süreçleri daha çok temsil etme yeteneğine sahip parametreler kullanılmıştır. Ayrıca USLE / RUSLE modeli, bölgesel ve hatta ulusal ölçekte kolaylıkla uygulanabilirken, MUSLE yöntemi ile daha küçük ölçekli havzalarda daha iyi sonuçlara ulaşılabilmektedir. Bu anlamda iki model arasında yaklaşım açısından ciddi farklılıklar bulunmasına karşın, alt-ölçeklendirme ve üst-ölçeklendirme yöntemleri ile iki yöntemin entegre edilebilmesi, model teknolojisi açısından çok önemlidir. Öyle ki, Türkiye’de hâlihazırda bulunan sayısal veri tabanları da bu tür ölçek geçişlerine önemli fırsatlar sağlamaktadır. Bu doğrultuda, MUSLE yöntemi ile küçük tarımsal bir havza olan Tarsus (Mersin) Topçu Deresi alt havzasında 2000 – 2010 yılları arasında alınan yağış ve akım verileri kullanılarak, her bir yağış olayı için, yüzeysel akışın sediment taşıma kapasitesi (havza sediment verimi) hesaplanmıştır. MUSLE yönteminde kullanılan diğer faktörler için CBS ortamında UA teknikleri kullanılarak sayısal arazi kullanım haritaları, toprak erodibilite faktör (K faktör) katmanı, eğim haritaları ve bitki örtüsü katmanı ayrıntılı olarak hazırlanmıştır. Her bir yağış olayı için, yağış ve akım değerleri hesaplanarak sayısal ortamda MUSLE modeli uygulanmıştır. Ek olarak, olay tabanlı (event base) hesaplanılan sediment verimleri ile alt havzada ölçülen süspanse ve yatak yükü sediment değerleri karşılaştırılarak MUSLE modelinin uygulanma prensibinin doğruluğu

yorumlanmıştır. Çalışma ile birlikte, yüzeysel ve yoğun akışların neden olduğu erozyon potansiyeli küçük havzalar için değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Erozyon Potansiyeli, MUSLE Yöntemi, CBS ve UA, Topçu Deresi

ABSTRACT

ASSESSMENT OF EROSION POTENTIAL IN TARSUS (MERSIN) - TOPCU CREEK SUB-BASIN BY USING MODIFIED UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION (MUSLE) METHOD

Gamze KOÇ

Post Graduate, Department of Geological Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Murat ERCANOĞLU

June 2014, 116 pages

A variety of different erosion prediction models has been developed in order to evaluate the severity of soil erosion in terms of sustainable use of natural resources and to take required and adequate measures for reducing or removing environmental and economic problems, likely to be caused by soil erosion. One of the most common used models which could be classified as quantitative and qualitative models is the Universal Soil Loss Equation (USLE) [1] together with its revised version, Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) [2]. In Turkey, potential erosion risk maps have been recently prepared by a research project cooperatively conducted by Ministry of Forestry and Water Affairs and Ankara University, using the USLE/RUSLE model [3]. The related project has been conducted in 25 main river basins at the national scale. Simultaneously, boundaries of micro-catchments and sub-basins of the maps have been nationally determined and encoded in accordance with The Water Framework Directive. Unfortunately, although the databases used in the soil erosion and water framework are at the

scale of 1/25000 or their accuracies are at this scale, there are still needs to validate the study outputs and to calibrate model parameters to be based upon the detailed small watershed studies. In other words, since the digital database of “Erosion Risk Map of Turkey” is performed at national scale, which is pieced together by integration of the maps prepared for large river basins, pursuant to these large scales, calculation of model parameters have been generally done with approaches based on expert opinions and statistical models based on long term average data. Therefore, these map layers and data could not represent the sub-basins’ details efficiently. With this study, validation and calibration of the soil loss results calculated by the USLE/RUSLE model in large river basins by using the MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) technology that better works at smaller micro-catchment scales with more detailed physical parameters to predict erosion severity [4], [5]. Using common parameters of either models and sediment delivery ratio approach and integrating the USLE/RUSLE model with the MUSLE model by down-scaling methods, sediment amounts that could reach to drainage networks and catchment reservoirs from agricultural fields under different land uses could be directly estimated. Additionally, small basin-based detailed parameter measurements had been transferred to the existing database and by this way it is possible to get started the studies of validating, calibrating and updating the USLE/RUSLE model by up-scaling the MUSLE model outputs in Turkey through the Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) techniques.

Instead of statistically averaged annual parameters of the RUSLE model, in the MUSLE model, the parameters being more appropriate for event based calculations and having better capability of representing physical processes have been used. Moreover, while the USLE/RUSLE model could be applied at regional and national scales easily, the MUSLE model could give rise to better results at the small catchments. In this sense, despite of significant differences between two models, integration of these models with up-scaling and down-scaling methods is very important from the viewpoint of the model technology. In fact, current digital databases in Turkey provide important opportunities for these kinds of scale-changeovers. Accordingly, sediment transport capacity of surface runoff (sediment yield of the basin) had been calculated by the MUSLE model for every rainfall event, using rainfall - flow data recorded between the years of 2000-2010 in a small agricultural basin, Tarsus (Mersin) Topcu Creek sub-basin. In order to estimate the other factors of MUSLE equation, digital elevation models, soil erodibility factor (K factor) layer, slope map, vegetation map have been prepared in detail by means of GIS and RS techniques. For every rainfall event, calculations of rainfall and runoff quantity and the application of the MUSLE model have been performed on digital environment. In addition, comparing

event-based predicted sediment yields with the measured suspended and bed load amounts in the sub-basin outlet. With this study, the erosion potential that could result from runoff and concentrated flows for small basins have been evaluated. These annual data have been commented by comparing annual average measured soil losses in microcatchment and application procedures of event base MUSLE model had been evaluated.

Key Words: Erosion Potential, MUSLE Method, GIS & UA, Topçu Creek

TEŞEKKÜR

Tez çalışmasının her aşamasında bilgi ve tecrübelerinin yanı sıra gerek maddi gerekse manevi her konuda desteğini benden esirgemeyen; çalışmam süresince beni teşvik eden ve yönlendiren Tez Danışmanım Sayın Prof. Dr. Murat ERCANOĞLU'na,

Tez çalışması süresince yapıcı eleştirileri, yol gösterici yorumları, bilgi, öneri ve tecrübeleriyle bana yol gösteren; özellikle tezin sonuca ulaşmasında bilimsel katkıda bulunan Sayın Prof. Dr. Günay ERPUL'a,

Çalışmama katkılarından ve yardımlarından dolayı Sayın Prof. Dr. Harun SÖNMEZ, Ziraat Yüksek Mühendisi Sayın Kadir KUŞVURAN ve Jeoloji Yüksek Mühendisi Sayın Oğuz DEMİRKIRAN' a,

Çalışmamın her aşamasında benden yardım ve desteklerini esirgemeyen sevgili arkadaşlarım Reşat AKGÖZ, Dr. Gülseren DAĞDELENLER, Yard. Doç. Dr. Ali Uğur ÖZCAN, Dr. Selen DEVİREN SAYGIN, Araş. Gör. Nazlı TUNAR ÖZCAN ve Özgür EROL'a,

Sürekli motivasyonu ile çalışmamın sonuçlanmasında desteklerini hissettiğim sevgili arkadaşlarım Sn.Begüm AKKALIN ve Sn. Zehra DEVECİ'ye,

Analiz çalışmalarına yardımlarının yanı sıra, manevi desteği ve motivasyonu ile her zaman bana güç veren canım kardeşim ve meslektaşım Sn. Ümit KOÇ' a,

Son olarak, tezimin her aşamasında yanımda olan, çalışmam süresince bana sabır gösteren, maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen, arazi ve laboratuvar çalışmalarımda dahi beni yalnız bırakmayan, bu süreç boyunca bana anlayış gösteren sevgili annem Gülcan KOÇ ve sevgili babam Yılmaz KOÇ'a içtenlikle teşekkür ederim.

Gamze KOÇ

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR	xvi
1.GİRİŞ	1
1.1.Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
1.2.Önceki Çalışmalar ve Literatür Özeti	3
1.3.Materyal ve Yöntem	7
2.EROZYON TERMİNOLOJİSİ VE EROZYON TAHMİN MODELLERİ	11
2.1.Erozyon Tanımı ve Türleri	11
2.1.1.Rüzgâr Erozyonu	11
2.1.2.Dalga Erozyonu	12
2.1.3.Buzul Erozyonu	13
2.1.4.Su Erozyonu	15
2.1.4.1.Damla Erozyonu	15
2.1.4.2.Yüzey (Tabaka) Erozyonu	16
2.1.4.3.Parmak (Oluk) Erozyonu	17
2.1.4.4.Oyuntu (Yarıntı) Erozyonu	19

2.1.4.5.Akarsu Yatak Erozyonu	21
2.2.Erozyon Tahmin Modelleri.....	22
2.2.1.Niteliksel Modeller	23
2.2.2.Niceliksel Modeller	23
2.2.2.1.Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) Yöntemi ve Parametreleri	24
Q (Akış Hacmi) ve q_{peak} (Pik Akım) Parametreleri.....	25
K (Toprak Erozivite) Parametresi	26
L (Yamaç Uzunluğu) ve S (Eğim) Parametreleri.....	31
C (Toprak Örtüsü - Ürün Yönetim) Parametresi	34
P (Toprak Koruma) Parametresi.....	37
3.TARSUS (MERSİN) – TOPÇU DERESİ ALT HAVZASINDA MUSLE YÖNTEMİ İLE EROZYON POTANSİYELİNİN HESAPLANMASI	40
3.1.Çalışma Alanı	40
3.1.1.Çalışma Alanının Genel Özellikleri	40
3.1.2.Çalışma Alanının Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikleri	42
3.1.2.1.Çalışma Alanının Stratigrafisi	42
Güzeller Formasyonu (Tpeg).....	44
Gildirli Formasyonu (Tomgi)	44
Kaplankaya Formasyonu (Tmkp)	44
Karaisalı Formasyonu (Tmk)	44
Güvenç Formasyonu (Tmgü).....	45
Kuzgun Formasyonu (Tmku)	45
Handere Formasyonu (Tmplh)	45
Traverten (Qtr).....	45
Alüvyon (Qal).....	46

3.1.2.2.Tektonik	47
3.1.3.Çalışma Alanına Ait Arazi Kullanımı ve Bitki Örtüsü.....	47
3.1.4.Çalışma Alanın Yağış ve Akım Karakteristikleri.....	49
3.1.5.Çalışma Alanı Sediment Verimi.....	58
3.2.MUSLE Yönteminin Çalışma Alanında Uygulanması	59
3.2.1.Çalışma Alanına Ait Q (Akış Hacmi) ve q_{peak} (Pik Akım) Parametreleri	66
3.2.2.Çalışma Alanına Ait K (Toprak Erozivite) Parametresinin CBS Ortamında Belirlenmesi.....	72
3.2.3.Çalışma Alanına Ait LS (Yamaç Uzunluğu ve Eğimi) Parametresinin CBS Ortamında Belirlenmesi.....	82
3.2.4.Çalışma Alanına Ait C (Toprak Örtüsü – Ürün Yönetim) Parametresinin CBS Ortamında Belirlenmesi	85
3.2.5.Çalışma Alanına Ait P (Toprak Koruma) Parametresinin CBS Ortamında Belirlenmesi	88
3.2.6.CBS Ortamında MUSLE Modeli ile Sediment Veriminin Hesaplanması	88
3.3.2000-2010 Yılları Arası Ölçülen Sediment Verimi ile Model Sonuçlarının Karşılaştırılması	91
4.SONUÇLAR VE TARTIŞMA	102
KAYNAKLAR.....	105
ÖZGEÇMİŞ	115

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. CBS ortamında oluşturulan katmanların çakıştırılması	8
Şekil 2.1. Rüzgar erozyonu sonucu meydana gelen yapılar.....	12
Şekil 2.2. Dalga erozyonu sonucu aşınan kayaçlar	13
Şekil 2.3. Buzul erozyonu.....	14
Şekil 2.4. Buzul erozyonu sonucu meydana gelen yapılar	14
Şekil 2.5. Damla erozyonu	16
Şekil 2.6. Yüzey erozyonu.....	17
Şekil 2.7. Parmak (oluk) erozyonu	18
Şekil 2.8. Parmak (oluk) erozyonu(arazi görünümü)	19
Şekil 2.9. Oyuntu (yarıntı) erozyonu	20
Şekil 2.10. Oyuntu (yarıntı) erozyonu	20
Şekil 2.11. Akarsu (yatak) erozyonu.....	21
Şekil 2.12. Standart USLE parseli	27
Şekil 2.13. Toprak duyarlılık nomografları	27
Şekil 2.14. Toprak tekstürüne dayalı K faktör saptama diyagramı	30
Şekil 2.15.Eğim uzunluğundan faydalanılarak topografik (LS) faktörün bulunması;	31
Şekil 2.16. LS faktörü	32
Şekil 2.17. LS faktör saptamasında ArcHydro eklentisi.....	33
Şekil 2.18. Standart USLE parselinde A_c ve A_n yüzeyleri	34
Şekil 2.19. Kontur tarım uygulaması, Pensilvanya	38
Şekil 2.20. Kontur tarım uygulaması	38

Şekil 2.21. Tarım alanlarında toprak koruma uygulamaları	39
Şekil 3.1. Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonu uzun yıllık iklim değerleri (1950-2010).....	40
Şekil 3.2. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası	41
Şekil 3.3. Ayrancı – Adana Havzasında yüzeyleyen Tersiyer yaşlı birimlerin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti.....	43
Şekil 3.4. Çalışma alanına ait genel jeoloji haritası	46
Şekil 3.5. Çalışma alanına ait arazi kullanım dağılımı	47
Şekil 3.6. Tarsus Topçu Deresi mikro havzasına ait hava fotoğrafı.....	48
Şekil 3.7. Topçu Deresi mikro havzasının genel görünümü	49
Şekil 3.8. Topçu Deresi mikro havzası, 1985-2009 yıllarına ait yıllık yağış ve akım miktarları	57
Şekil 3.9. Topçu Deresi mikro havzası, 1985-2009 yıllarına ait aylık yağış ve akım miktarları.....	57
Şekil 3.10. Hassas GPS ile arazide koordinat ölçümü	59
Şekil 3.11. Çalışma alanına ait eş yükseklik eğrileri	60
Şekil 3.12. ArcGIS yazılımı arayüzü ve 3D Analiz eklentisi	61
Şekil 3.13. 3D Analiz IDW modülü	61
Şekil 3.14. Çalışma alanına ait sayısal yükseklik modeli.....	63
Şekil 3.15. Çalışma alanına ait eğim haritası	64
Şekil 3.16. Çalışma alanına ait bakı haritası	65
Şekil 3.17. CBS ortamında belirlenen çalışma alanına ait örnek noktaları ve ağı	73
Şekil 3.18. Arazide bozunmuş toprak örneği alınması	74
Şekil 3.19. Bozunmamış toprak örneğini alınması	74
Şekil 3.20. Alınan örneklere koordinat ve açıklama etiketlerinin verilmesi	75
Şekil 3.21. Çalışma alanından alınan örneklerin elek analizi.....	75
Şekil 3.22. Çalışma alanında alınan ve hidrometre analizi için hazırlanan toprak numuneleri	76

Şekil 3.23. Toprak numunelerinin hidrometre analizi.....	77
Şekil 3.24. Toprakta organik madde tayini	77
Şekil 3.25. Örnekleme noktaları ve örnek numaraları	78
Şekil 3.26. Çalışma alanına ait K faktör katmanı	81
Şekil 3.27. Çalışma alanına ait Akış Yönleri (Flow Accumulation) katmanı.....	83
Şekil 3.28. Çalışma alanına ait LS Faktör katmanı.....	84
Şekil 3.29. Çalışma alanında arazi kullanım türleri.....	86
Şekil 3.30. Çalışma alanına ait C Faktör katmanı	87
Şekil 3.31. Raster Calculator modülü ile MUSLE yönteminin CBS ortamında uygulanması	89
Şekil 3.32. MUSLE parametre katmanlarının CBS ortamında karşılaştırılması	90
Şekil 3.33. 2000 yılı sediment verimleri regresyon doğrusu	97
Şekil 3.34. 2002 yılı sediment verimleri regresyon doğrusu	97
Şekil 3.35. 2004 yılı sediment verimleri regresyon doğrusu	98
Şekil 3.36. 2005 yılı sediment verimleri regresyon doğrusu	98
Şekil 3.37. 2006 yılı sediment verimleri regresyon doğrusu	99
Şekil 3.38. 2007 yılı sediment verimleri regresyon doğrusu	99
Şekil 3.39. 2008 yılı sediment verimleri regresyon doğrusu	100
Şekil 3.40. 2009 yılı sediment verimleri regresyon doğrusu	100
Şekil 3.41. 2010 yılı sediment verimleri regresyon doğrusu	101

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Bitki (ürün) gelişim evreleri ve bu evreler için önerilen C katsayıları.....	35
Çizelge 2.2. Corine arazi kullanım sınıfları ve C faktör değerleri.....	36
Çizelge 3.1. Topçu Deresi havzasında bulunan istasyonlarda 1985-2009 yılları arası ortalama yağış değerleri (mm).....	50
Çizelge 3.2. Topçu Deresi havzasında 1985-2009 yılları arası yağış ve akım değerleri (mm).....	53
Çizelge 3.3. Topçu Deresi mikro havzasında 2000-2009 yılları arası meydana gelen sediment verimi .	58
Çizelge 3.4. Mersin Tarsus Topçu Deresi alt havzası 2000 su yılı sediment verimleri	67
Çizelge 3.5. Mersin Tarsus Topçu Deresi alt havzası 2002 su yılı sediment verimleri	68
Çizelge 3.6. Mersin Tarsus Topçu Deresi alt havzası 2004 su yılı sediment verimleri	69
Çizelge 3.7. Mersin Tarsus Topçu Deresi alt havzası 2005 su yılı sediment verimleri	69
Çizelge 3.8. Mersin Tarsus Topçu Deresi alt havzası 2006 su yılı sediment verimleri	70
Çizelge 3.9. Mersin Tarsus Topçu Deresi alt havzası 2007 su yılı sediment verimleri	70
Çizelge 3.10. Mersin Tarsus Topçu Deresi alt havzası 2008 su yılı sediment verimleri	71
Çizelge 3.11. Mersin Tarsus Topçu Deresi alt havzası 2009 su yılı sediment verimleri	71
Çizelge 3.12. Mersin Tarsus Topçu Deresi alt havzası 2010 su yılı sediment verimleri	72
Çizelge 3.13. Çalışma alanına ait örnek noktaları ve K Faktör değerleri.....	79
Çizelge 3.14. Topçu Mikro havzası'nda MUSLE yöntemi ile hesaplanan 2000 yılı sediment verimleri ..	91
Çizelge 3.15. Topçu Mikro havzası'nda MUSLE yöntemi ile hesaplanan 2002 yılı sediment verimleri ..	92
Çizelge 3.16. Topçu Mikro havzası'nda MUSLE yöntemi ile hesaplanan 2004 yılı sediment verimleri ..	93
Çizelge 3.17. Topçu Mikro havzası'nda MUSLE yöntemi ile hesaplanan 2005 yılı sediment verimleri ..	93
Çizelge 3.18. Topçu Mikro havzası'nda MUSLE yöntemi ile hesaplanan 2006 yılı sediment verimleri ..	94

Çizelge 3.19. Topçu Mikro havzası'nda MUSLE yöntemi ile hesaplanan 2007 yılı sediment verimleri ..	94
Çizelge 3.20. Topçu Mikro havzası'nda MUSLE yöntemi ile hesaplanan 2008 yılı sediment verimleri ..	95
Çizelge 3.21. Topçu Mikro havzası'nda MUSLE yöntemi ile hesaplanan 2009 yılı sediment verimleri ..	95
Çizelge 3.22. Topçu Mikro havzası'nda MUSLE yöntemi ile hesaplanan 2010 yılı sediment verimleri ..	96

SİMGELER VE KISALTMALAR

t:ton

ha: hektar

y: yıl

sa:saat

mm: milimetre

cm: santimetre

m: metre

km: kilometre

m³: metreküp

l: litre

°C: derece (Celcius)

MJ: megajul

K: kuzey

G: güney

D: doğu

B: batı

% : yüzde

exp: eksponansiyel

CBS: Coğrafi Bilgi Sistemleri

CN: Curve Number

FAO: Food and Agriculture Organization of the
United Nations

GIS: Geographic Information Systems

GPS: Global Positioning System

IDW: Inverse Weighted Distance

MTA: Maden, Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü

MUSLE: Modified Universal Soil Loss Equation

OM: Organik Madde

RS: Remote Sensing

RUSLE: Revised Universal Soil Loss Equation

SCS: Soil Conservation System

SI: International System of Units

SYM: Sayısal Yükseklik Modeli

UA: Uzaktan Algılama

USGS: United States Geological Survey

USLE: Universal Soil Loss Equation

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Toprak erozyonu, Dünya’da geniş alanlarda yer alan, ciddi arazi degradasyonuna neden olan, tarımsal üretimi, su kalitesini, hidrolojik sistemi etkileyen önemli bir ekonomik ve çevresel sorundur [6]. Erozyon nedeniyle yer kabuğunun üst tabakasında her yıl yaklaşık 24 milyar ton toprak kaybedilmektedir. Ülkemiz topraklarında ise bu miktar yaklaşık 1.4 milyar tona ulaşmakta ve bu toprakların yaklaşık %79.43’ünde orta ve çok şiddetli erozyon meydana gelmektedir [7]. Toprak erozyonu doğal etkenlerin yanı sıra, özellikle yanlış arazi kullanımı, bitki örtüsünün tahribi gibi insan etkenleri sonucu ortaya çıkmaktadır [8], [9]. Dünya’da ekonomik ve çevresel açıdan önemli kayıplara neden olan toprak erozyonunun, toprağın tarımsal alan kullanımı açısından büyük önem taşıyan havzalarda, verimliliği sağlayan azot ve fosforun %90’ını, taşıdığı sedimentlerle birlikte yok ettiği bilinmektedir [10], [11]. Dünya genelinde mera alanlarının %50’den fazlasının ve tarım alanlarının yaklaşık %80’inin erozyona maruz kaldığı belirtilmektedir [12]. Verimli olan toprağın üst kısmının taşınması, üretim ve ekonomik açıdan ciddi zararlara neden olduğu gibi, arazinin sürdürülebilir kullanımını da tehdit etmektedir. Toprak ve suyun doğal yaşam için iki temel unsur olması ve doğal yaşamın devamlılığının sürdürülebilir olması açısından, toprak kayıplarının kontrol edilmesi ve geleceğe yönelik senaryolarla önlemler alınması son derece önem arz etmektedir.

Toprak erozyonunun neden olduğu ve olabileceği ekonomik ve çevresel etkiler göz önünde bulundurularak, Dünya’nın çeşitli yerlerinde, uzun yıllardır erozyon potansiyelini belirlemek üzere birçok çalışma yapılmıştır ve yapılmaya devam edilmektedir. Erozyon nedeniyle kaybolan verimli toprak miktarını belirlemek üzere niceliksel ve niteliksel çeşitli modeller geliştirilmiştir.

1940’lı yıllardan itibaren geliştirilen ve güncellenen toprak kayıpları eşitliği ile toprak kayıplarını hesaplamak günümüzde oldukça pratik hale gelmiştir. Bunda CBS tekniklerinin gelişmesi ve ölçüm teknolojilerinin rolü oldukça fazladır.

CBS teknikleri kullanılarak su erozyonunun belirlenmesinde en sık kullanılan tahmin modellerinden biri olan Universal Soil Loss Equation (USLE) ve bu modelin değiştirilmesiyle elde edilmiş olan Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) yöntemleri, hidrolojik model parametrelerinin optimize edilerek sediment verimi tahmini yapılmasını sağlamaktadır [13]. Yöntemlerin kullanılmasında CBS ve UA yöntemlerinin de kullanılması, geniş alanlarda, büyük ölçekli verilerle kolaylıkla ve kısa sürede işlem

yapmayı sağlamaktadır. Bu yönüyle CBS tabanlı modeller, sediment verimi tahmininde son dönemlerde oldukça sık kullanılmaktadır.

Su erozyonu, dünyanın hemen her yerinde görülen bir erozyon türü olup, verimli toprakların kayıp edilmesinde en etkin erozyon türü olarak karşımıza çıkmaktadır. Su erozyonunun neden olduğu toprak kayıplarını büyük havzalar için ölçmek; zaman, işgücü ve donanım bakımından oldukça maliyetli bir çalışma gerektirir. Bu bağlamda su erozyonunun neden olduğu toprak kayıpları modellenerek ve modeli kalibre edilerek hem zamandan, hem de mali açıdan tasarruf edilmesi amaçlanmıştır.

Yapılan tez çalışması ile birlikte, çalışma alanı olan Tarsus (Mersin) Topçu Deresi Alt Havzası'nda akım verileri kullanılarak erozyon potansiyeli belirlenmiştir. Bu doğrultuda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Uzaktan Algılama (UA) ve niceliksel Erozyon Tahmin Modelleri kullanılarak bölgesel ölçekte su erozyonunun potansiyelini gösteren haritalar üretilmiştir. Türkiye genelinde üst ölçekte RUSLE modeli ile oluşturulmuş potansiyel erozyon haritaları bulunmaktadır [3]. Çalışmada amaçlanan önemli faktörlerden biri de mikro havzada yapılan çalışmanın üst ölçeklendirme ile ülkesel ölçekte yapılan haritaların kalibrasyona yardımcı olmasıdır. Büyük ölçekte, yağış ve akım verileri olan mikro havzalarda MUSLE modelinin uygulanması, Türkiye erozyon haritalarına ciddi katkı sağlayacaktır. Çünkü sadece yağış – akım parametreleri farklı olan aynı teknik altyapıya sahip modellerin değerlendirilmesi ve karşılaştırılması büyük önem taşımaktadır. Bu ve benzeri çalışmaların sayısının artması ile Türkiye erozyon haritalarının güncellenmesi ve doğrulanmasının sağlanması amaçlanmaktadır. Hesaplanan erozyon potansiyeli doğrultusunda bölgede alınacak önlemlere; yapılan tarımsal uygulamaların, sulama faaliyetlerinin ve arazi kullanım şekillerinin yeniden düzenlenmesine referans olması ve bu alanda yapılacak bilimsel çalışmalara katkı sağlanması beklenmektedir.

Çalışma alanı olarak Tarsus Topçu Deresi alt havzasının seçilme nedeni, çalışma kapsamında uygulanan MUSLE metodunun karşılaştırılarak doğruluğunun saptanabileceği bir alt havza olmasıdır. Bu alt havzada 2011 yılında Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü tarafından, TAGEM-BB-TOPRAKSU-2011/125 proje numarası ile yapılan çalışma kapsamında, akarsu ile taşınan sediment verimi ölçülmüştür. Hem MUSLE yönteminin küçük alt havzalarda doğruluğunun yüksek olması [14], hem de Topçu havzasında ölçülmüş sediment değerlerinin mevcut olması sebebiyle, proje alanı Tarsus Topçu Deresi alt havzası seçilmiştir.

Çalışma kapsamında, alanda mevcut arazi kullanım koşulları, tarımsal uygulamalar, yağış-akış karakteristikleri, drenaj karakteristikleri, toprak özellikleri, topoğrafik özellikler ve bu özelliklerin birbiri ile ilişkileri, erozyona neden olan faktörler CBS ortamında incelenerek erozyon potansiyeli değerlendirilmiştir.

Özetle, MUSLE yöntemi ile alt havzada erozyon potansiyeli belirlenmesi kapsamında aşağıda belirtilen aşamalar uygulanmıştır:

(1)Tarsus Topçu Deresi Alt havzasında mevcut arazi kullanımının tespiti, (2)Arazi kullanım türlerine bağlı olarak, MUSLE C faktörünün belirlenmesi, (3)Çalışma alanına ait eşyükselti eğrilerinin çizilmesi ve sayısal yükseklik modelinin oluşturulması, (4)Elde edilen sayısal yükseklik modeli yardımıyla konumsal ve yüzeysel analizlerinin yapılması, (5)Alt havzanın topoğrafik özelliklerinin değerlendirilmesi, eğim, bakı, havza genişliği gibi parametrelerin belirlenerek LS faktörün CBS ortamında hesaplanması, (6)Topçu Deresi'nin yağış ve akım verilerinin analizi, (7)Elde edilen tüm veriler ve hesaplanan MUSLE parametreleri kullanılarak CBS ortamında modelin oluşturulması, (8)Her bir yağış olayı için modelin tekrar kurulması ve kurulan model ile sediment veriminin hesaplanması, erozyon potansiyelinin belirlenmesi, (9)Model sonucu elde edilen sediment veriminin, ölçülen sediment verileri ile karşılaştırılması ve modelin doğruluğunun tespiti.

1.2. Önceki Çalışmalar ve Literatür Özeti

Doğal bir kaynak olan toprağın insanoğlunun temel yaşamsal gereksinimlerini karşılayabilmesi ve gelecek nesiller için sürdürülebilir olması son derece önemlidir. Bu bağlamda, değişen insan gereksinimlerini, doğal kaynakları ve çevre kalitesini koruyarak ya da arttırarak karşılamak için kaynakların uygun bir biçimde yönetilmesi gerektirmektedir [15]. İklim, toprak, topografya ve bitki örtüsünün devingen bir biçimde işleyişi ve karşılıklı etkileşimlerinin bir sonucu olan toprak erozyonu, doğal kaynakların sürdürülebilir bir biçimde kullanılmasında karşılaşılan başlıca sorunlardan biri olup, gerek dünyada gerekse ülkemizde oldukça tehlikeli boyutlardadır. Uygun koruma önlemleri alınmadığı takdirde, tehlike boyutlarının giderek artacağı ve özellikle toprak, topografya, su ve bitki örtüsü açısından geri dönüşümsüz evrelere gelinebileceği açık bir şekilde bilinmektedir [16].

Dünya genelinde artan nüfus yoğunluğu, tarımsal üretim yapılan havzalar üzerindeki baskıyı giderek arttırmıştır. Birim alandan daha fazla ürün alabilme gayreti ile toprağın insanlar tarafından aşırı ve bilinçsiz kullanımı, toprakların erozyona karşı duyarlı bir hale gelmesine yol açmıştır. Taşınan toprak

taneciklerinin genellikle organik madde ve bitki besin maddelerince zengin üst agregatlar olması hem toprakların yerinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak verimsizleşmesine hem de birikme alt havzalarında kirlетici unsur olmasına yol açmaktadır [17], [18]. Bu anlamda tarımsal alt havzalarda erozyon potansiyeli ve sediment verimlerinin belirlenmesi ve bu doğrultuda, toprak ve su korumalı tarımsal üretim sistemlerinin geliştirilmesi amacıyla önlemlerin alınması büyük bir önem taşımaktadır. Dünya üzerinde erozyon nedeniyle her yıl yaklaşık 24 milyar ton toprak kaybı olmakta [3] ve toprak erozyonu bu özelliği ile dünya çapında sadece ekonomik yönden değil, çevresel anlamda da çok ciddi bir sorun olarak görölmektedir [19]. Dünya üzerinde su ve rüzgâr erozyonunun dağılımlarına bakıldığında, 1094 milyon ha arazide su erozyonu, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde yer alan 548 milyon ha arazide ise rüzgâr erozyonu, başlıca arazi bozulm sebebi olarak tanımlanmaktadır [20]. Amerika Birleşik Devletleri'nde tarımsal amaçlı kullanılan ve özellikle azot ve fosfor bakımından çok zengin olan toprakların yaklaşık %90'ının havzalarda erozyon nedeniyle taşındığı ve buna bağlı olarak ekonomik zararların da çok büyük rakamlara ulaştığı belirtilmiştir [10]. Ülkemizde ise, resmi sediment ölçüm verilerine göre, alansal ağırlıklı ortalama bir değer olarak hesaplanan askıdaki sediment verimi $155 \text{ ton yıl}^{-1} \text{ km}^{-2}$ veya $119 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \text{ km}^{-2}$ 'dir. Erpul ve Saygın [16], güncel verilere göre yapmış oldukları değerlendirmede, ülkemizde mevcut koşullar altında toprak kayıpları hızının, toprak oluşum hızının yaklaşık 48 katı olduğunu belirtmişlerdir.

Havza bazında sediment verimi hesaplamalarına ilişkin çalışmalar, tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de uzun yıllar önce çalışılmaya başlanmış bir konudur.

Göksu vd. [21] tarafından Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) bünyesinde yapılan çalışmalarda sediment ölçümleri yapılmış ve değerlendirilmiştir. 52 adet sediment ölçüm istasyonundan elde ettikleri veriler ile havza ölçeğinde yıllık ortalama sediment verimlerini hesaplamışlardır. Ayrıca, mevcut sediment ölçümlerinde yapılan örneklemeler ile tane boyu dağılım analizine de yer vermişlerdir.

Yurtsever vd. [22] ise sediment miktarlarına ilişkin araştırmalarının yanı sıra akarsu debileri ve sediment miktarları arasındaki ilişkinin logaritmik bir ilişki olduğunu saptamış ve sediment anahtar eğrileri oluşturmuşlardır. Elde edilen logaritmik ilişki sonucunda, bir havzada elde edilen günlük sediment verimi ton/gün cinsinden hesaplanabilmiştir.

Aybaş [23] ve Sevinç [24] de farklı zamanlarda sediment verimi hesaplamak üzere ıskara yöntemiyle, GW Musgrave formülünü kullanarak rezervuar havzasında ve gölette sediment verimi değerlerini hesaplamışlardır.

Sevinç [25] ise 1979 – 1988 yılları arasında Eskişehir – Sivrihisar – Mercan Köyü Yağlı Göleti’nde yapmış olduğu çalışmada USLE, MUSLE ve GW Musgrave formüllerini kullanarak sediment verimi hesaplamıştır.

Erksine vd. [26] tarafından yapılan çalışmada, Avusturalya’nın Sydney kenti yakınlarında yer alan kumtaşları ile çevrili bir baraj havzasında sedimentasyon araştırması yapılmış, USLE ve MUSLE yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda her iki yöntemin sonuçlarının da birbirine ve ölçülen gerçek sediment miktar değerlerine yakın olduğu görülmüştür.

Renwick vd. [27]’nin ABD’de tarımsal alanlarda yaptığı çalışmalarda ise Landsat görüntüleri ve USGS envanter verileri kullanılmış, USLE ile küçük su toplama havzalarında sediment verimi değerlendirmesi yapmışlardır. Bu çalışma sonucunda, özellikle küçük su toplama yapılarının, büyük ölçekteki barajlara sediment ulaşımını büyük ölçüde önlediği sonucuna ulaşmışlardır.

Demirkıran [28] ise Ankara Yenimahalle Güvenç Köyü Kayaönü Deresi üzerinde bulunan Güvenç Göleti’nde yaptığı çalışmada USLE, MUSLE ve GW Musgrave formülleriyle yıllık sediment verimini hesaplamıştır. Ayrıca Echo-sounder yöntemiyle havzada yıllık sediment verimi ölçümü yapmış ve modellerle hesaplanan sediment verileriyle karşılaştırmıştır.

Kuşvuran [7], Mersin Tarsus Topçu Deresi alt havzası üzerinde yağış ve akış karakteristiklerini incelemiş, yağış ve akışa bağlı sediment verimini belirlemek üzere beton üçgen savak ile sediment miktarı ölçmüştür.

Smith vd. [29], Güney Plains bölgesinde meralar için MUSLE yöntemini kullanarak farklı eğimlere ve büyüklüklere sahip havzalar için sediment verimlerini karşılaştırmışlardır. Karşılaştırma sonunda MUSLE yönteminin çayır olarak kullanılan havzalarda iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

Jackson vd. [14] tarafından Batı Amerika’da Raynolds Creek, Badger Wash ve Walnut Gulch bölgelerinde yapılan çalışmada 23 farklı havada MUSLE yöntemi uygulanarak sediment verimi hesaplanmıştır. Çalışmada, havza büyüklüğünün MUSLE yöntemine etkisi araştırılmış, ani iklim değişikliğinin olmadığı küçük havzalarda yöntemin daha geçerli olduğunu belirtmişlerdir.

Sadeghi [30] ise İran Amameh havzasında MUSLE yöntemini uygulamış, sediment verimi hesaplamış ve ölçülen sediment miktarları ile karşılaştırmıştır. Sadeghi [30] ayrıca yaptığı çalışmada, farklı iklim koşullarına sahip havzalarda MUSLE eşitliğinin katsayılarının değişebileceğini belirtmiş ve İran Amameh havzası için bu katsayıları değiştirerek Eş. [1]’deki şekliyle önermiştir.

$$Y = 11,8(Q \times q_p)^{0,081} K \times LS \times C \times P \quad [1]$$

Arekhi vd. [31]'nin İran Kengir havzasında yaptığı çalışmada, sediment verimi yine MUSLE yöntemi ve CBS metotları kullanılarak araştırılmıştır. Havzanın MUSLE parametreleri CBS ortamında hazırlanmıştır. Çalışma neticesinde KW-GIUH, MUSLE yöntemleri kullanılarak sediment verimi hesaplanmış, küçük alt havzalarda geleceğe yönelik erozyon potansiyel tahmini yapmada kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Arekhi [32] ise, yaptığı çalışmada uzun dönemli ortalama sediment verimi hesabı için mikro havzalarda MUSLE modelinin doğru sonuçlar verdiğini belirtmiştir.

Zhang vd. [19], yaptıkları çalışmada MUSLE yönteminin CBS çerçevesinde uygulanabilirliğini araştırmışlardır. Bu kapsamda, MUSLE yöntemi ile hızlı ve ekonomik şekilde sediment verimi hesaplayabilmek için bir CBS programında ArcMUSLE aracını geliştirmişlerdir.

Sadeghi ve Mizuyama [13], İran Khanmirza havzasında MUSLE yöntemini uygulamışlardır. Çalışma neticesinde MUSLE yöntemin uygulanabilirliği ve daha tatmin edici sonuçları için daha uzun süreli en yüksek akım değeri verilerine ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir.

Renard ve Stone [33], Tuscon, Arizona bölgesinde erozyon potansiyel tahmini ve sediment verimi araştırması kapsamında, MUSLE yönteminin yanı sıra birçok farklı metot kullanmış ve yöntemlerle hesaplanmış sonuçların birbirlerine göre değerlendirerek doğruluklarını araştırmışlardır.

Blaszczyński [34] ise akım verileri ile bir havzada CBS, Curve Number ve MUSLE yöntemiyle sediment verimi hesaplama yönteminin aşamalarını çalışmıştır.

Sadeghi vd. [35], Japonya Mie havzasında yaptıkları çalışmada, MUSLE yöntemini eğimli, küçük ve ağaçsız, çıplak bir alan için uygulanabilirliğini araştırmıştır. Çalışma sonucunda, yöntemin kabul edilebilir sonuçlar vermesi için, güvenilir verilere ihtiyaç olduğunu, yöntemin farklı koşullar, farklı alanlar ve farklı bölgeler için kalibre edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Yılman [36], Eldivan Sarayköy-II Sulama Göleti su toplama havzası'nda yaptığı çalışmada MUSLE/RUSLE yöntemlerini, CBS ve jeolistatistiksel yöntemlerle birlikte kullanarak, havzaya gelmesi olası toprak miktarını ton ha⁻¹ yıl⁻¹, ton yıl⁻¹, m³ yıl⁻¹ ve m yıl⁻¹ olarak belirlemiştir. Yaptığı çalışma neticesinde göletin aktif hacminin 76 yılda dolmasının beklendiği sonucuna ulaşmıştır.

CBS ve RUSLE modeli kullanarak erozyon risk değerlendirilmesi yapılan bir başka çalışma Altan [37] tarafından Giresun Şebinkarahisar bölgesi için yapılmıştır. Çalışma sonucundan erozyon potansiyelini değerlendirmiş, CBS yöntemleri ve modellerin kullanılmasının erozyon gibi doğal tehlikelerin değerlendirilmesinde, kontrolünde ve önlenmesine yönelik mühendislik çalışmalarına altlık oluşturmada daha hızlı ve düşük maliyetli olduğu görüşü belirtilmiştir.

Bu çalışmanın yapılma nedenlerinin başında, model sonuçlarının mikro havzalarda denenerek üst ölçekte yapılan çalışmalarla ve gerçek ölçüm sonuçları ile kıyaslanması gelmektedir. MUSLE modeli 5 km² 'den daha küçük alanlarda iyi sonuçlar vermektedir. Özellikle tarımsal öneme sahip havzalarda, uygun ürün desenin yerleştirilebilmesi ve çeşitli erozyon önleme tekniklerinin uygulanabilmesi için bu gibi çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma kapsamında Mersin Tarsus Topçu Deresi alt havzasında CBS tabanlı MUSLE yöntemi kullanılarak sediment verimi araştırılmıştır ve bunun yanı sıra, sonuçlar, ölçülen değerlerle karşılaştırılarak yöntemin uygulanabilirliği konu edilmiştir.

1.3. Materyal ve Yöntem

Mersin Tarsus Topçu Deresi alt havzasında meydana gelen sediment verimini hesaplamak için Williams [4] tarafından geliştirilen MUSLE yöntemi kullanılmıştır. İlk kez Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı Toprak Koruma Bölümü tarafından geliştirilmiş bir yöntem olan ve ilk olarak USLE (Universal Soil Loss Equation) adıyla geliştirilen yöntem, daha sonra erozyon ile aşınan toprağın akarsulara ulaşan yüzdelik kısmını bulmak amacıyla kullanılan Sediment İletim Oranı (Sediment Delivery Ratio)'nın işleme katılmasıyla USLE-M ve MUSLE (Modified) isimlerini almıştır. MUSLE yöntemi, daha çok fiziksel süreç bazlı bir yöntemdir. Bu özelliği ile yağış ve akımın ölçülebildiği havzalarda su erozyonu ile toprak kayıpları hesabında başarılı şekilde kullanılabildiği gibi modelin doğrulama fırsatını da vermektedir.

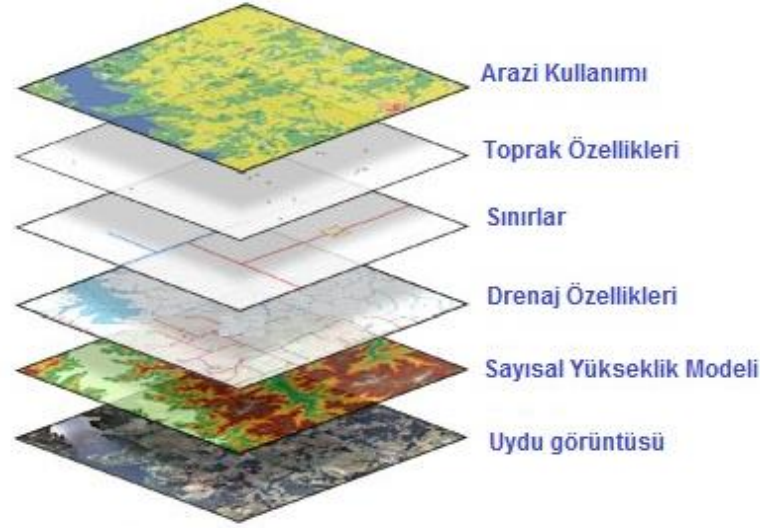
MUSLE yöntemine [4] göre Yıllık Toprak Kaybı Eş. [2] ile hesaplanmaktadır;

$$Y = 11,8(Q \times q_p)^{0,56} K \times LS \times C \times P \quad [2]$$

Eşitlik [2]'de; Y, her bir yağış olayı sonucu elde edilen sediment verimini (ton); Q, her bir yağış olayında meydana gelen akım miktarını (hacim, m³); q_p, en yüksek akım debisini (m³/sn); K, toprağın erozyona

karşı duyarlılığını ((t ha sa ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹); L, eğim uzunluğu faktörünü; S, eğim dikliği faktörü; C, ürün ve arazi yönetim faktörünü ve P, toprak koruma önlemi faktörünü ifade etmektedir.

Çalışma kapsamında modelin her bir parametresi CBS ortamında ayrı bir katman olarak hesaplanmıştır.



Şekil 1.1. CBS ortamında oluşturulan katmanların çakıştırılması (temsili gösterim)

K parametresi, alanı oluşturan morfoloji, büyük toprak grupları ve arazi kullanımları göz önünde bulundurularak konumsal analizlere olanak verecek şekilde bir örnekleme deseni oluşturularak hesaplanmış, yüzey örnekleme yapılmıştır. Koordinatları alınan her bir örnek için bünye ve organik madde analizleri gerçekleştirilmiştir. Toprakların erozyona karşı olan duyarlılıkları Torri [38]'ye ait Eş. [3] kullanılarak hesaplanmıştır.

$$K = 0.0293(0.65 - D_G + 0.24 \times D_G^2) \times \exp \left\{ -0.0021 \frac{OM}{C} - 0.00037 \times \left(\frac{OM}{C} \right)^2 - 4.02C + 1.72C^2 \right\} \quad [3]$$

Eş. (3)'de K; toprakların erozyona karşı duyarlılığını (t ha sa ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹), D_G; tane büyüklüğünün geometrik ortalamasını, C; kil içereği yüzdesini ve OM; organik madde miktarını ifade etmektedir.

LS parametresinin hesaplanmasında mevcut sayısal topografik haritalarla birlikte arazi çalışmalarından alınan yükseklik verilerinden yararlanılmıştır. Sayısal yükseklik modeli haritalarının oluşturulmasının ardından Eş. [4] ve CBS programlarının hidrolojik analiz araçları yardımıyla öncelikli olarak arazide düzenli bir akışı sağlamak adına hidrolojik sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur. İkinci aşamada ise suyun akış yönleri tespit edilerek ve suyun toplanma alanları belirlenerek LS faktörü için girdi sağlanmıştır. Aynı zamanda üretilen sayısal yükseklik modeli haritalarından eğim haritası üretilerek, aşağıdaki eşitliğe göre LS haritaları oluşturulmuştur [39], [40], [41].

$$LS = \left(\frac{\chi\eta}{22.13} \right)^{0.4} \cdot \left(\frac{\sin \theta}{0.0896} \right)^{1.3} \quad [4]$$

Eş. [4]'de χ ; sayısal yükseklik modeli kullanılarak hazırlanan akış toplama değerini, η ; piksel genişliğini; θ ; eğim dikliği derecesini ifade etmektedir.

C parametresi yüzey kapalılığının, erozyona karşı koyma özelliğini temsil etmektedir.

$$C = PLU \times CC \times SC \times SR \times SM \quad [5]$$

Eşitlik [5]'de, PLU; ilk arazi kullanımı alt parametresi, CC; yüzey kapalılığı alt faktörü; SC; yüzey kapalılığı alt parametresi, SC; yüzey pürüzlülüğü alt faktörü ve SM, toprak nemi alt parametresidir.

Mevcut yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü ve hava fotoğrafı kullanılarak arazi kullanımları ortaya çıkarılmış, ayrıca yapılan saha çalışmasıyla arazi kullanım türleri doğrulanmıştır. Arazi kullanımlarına göre; Wischmeier ve Smith [1], Roose [42], Singh vd. [43], El-Swaify vd.[44], Hurni [45], Hashim ve Wong [46]'un farklı arazi kullanımları için yapmış olduğu çalışmalardaki değerlerden faydalanılmıştır. Ayrıca C parametresini oluşturan alt parametreler arazide gözlemlenmiştir. Araziden elde edilen bulguların değerlendirilmesinde mekansal analizlerden yararlanıldığından, ağ (grid) yapısında örneklemeler yapılmıştır. Bu şekilde elde edilen verilerin değerlendirilmesi CBS istatistik araçları ile oldukça etkin hale gelmiştir.

P parametresi, çalışma alanında erozyon önleme (kontur sürüm, teraslama, şeritsel tarım, kanal, vb.) faaliyetleri veya tarım faaliyetleri sonucu yapılmış olan tesisler göz önünde bulundurularak arazide haritalandırılan bir katsayıdır ve Wischmeier ve Smith [1]'e göre katsayıları verilmektedir. Çalışma kapsamında yapılan saha çalışmalarında arazide uygulanan önleme faaliyetleri gözlemlenmiş ve herhangi bir önleme faaliyetinin olmadığı tespit edilmiştir.

Model parametrelerinin analizi için gerekli yağış ve akım verileri, 2000 yılında TAGEM-BB-TOPRAKSU-2011/125 projesi kapsamında, havzanın ortalama yağışını ve dağılımını saptayabilmek için kurulan üç adet meteoroloji ve havzanın çıkış noktasına akım gözlem istasyonundan elde edilmiştir. Yağış istasyonlarının (R1, R2 ve R3) hepsinde plüviyometre ve plüviyograf (R-fuess, sifonlu) çalıştırılmıştır. Havza çıkışında Topçu Deresi üzerine, dere yatağının, savak yaklaşım kanalına 30 m'lik mesafede ve %1'i geçmeyen eğime sahip noktasına, Zirai Hidroloji Araştırma El Kitabı'ndaki esaslara uyularak 1/5 Şevli beton üçgen şeklinde savak inşa edilmiştir [47]. Savaktan geçen suyun miktarını zamansal olarak ölçebilmek için, dere yatağı banketi üzerine daimi dönüşken mekanizmalı yazıcı su seviye aleti (Limnigraf) yerleştirilmiştir. Savak geçiti (notch) aletin sıfırı olarak kabul edilmiş ve bu seviye bir röpere bağlanmıştır. Limnigrafın kapasitesi 12/5 oranında olup, savaktaki gerçek su seviyesi, limnigrafı okunan seviyenin $12/5=2.4$ katıdır. Limnigraf diyagramı 24 saatliktir ve her sabah 07:00'de değişmektedir. Diyagram üzerinde en küçük zaman dilimi 4 dakikadır. Su seviye eksenine her bir yatay çizgi 2.54 mm'yi (1 inç) göstermektedir. Seviye okumasından debiye geçebilmek için, savak kretinden 3 m menbada savağın enine kesiti çıkarılmıştır. Kesitin ilk dilimi 15 cm yükseklikte, bundan sonraki dilimler 30'ar cm yüksekliklerde olmak üzere enine kesitler alınmış ve alanları bulunmuştur. Bu alanların karşılığı olan debiler 224 no'lu ana projede kalibre edilmiş değerlerden çıkartılmıştır. Daha sonra su yükseklikleri ve bunlara denk gelen debiler logaritmik kâğıda işaretlenerek savak anahtar eğrisi çizilmiştir. Ayrıca alt havzaya sediment verimini tespit etmek için 90 m kotuna 1.5 foot'luk H Savak ve cochocton, cochoctonun seviye olarak daha alt kısmına ise cochoctondan geçen süspanse sedimentin birikmesi için bir varil yerleştirilmiştir. Burada da savaktan geçen süspanse sedimenti zamansal olarak ölçebilmek için, menbaya bakışta savağın sol tarafına daimi dönüşken mekanizmalı Limnigraf yerleştirilmiştir. Alt havzadan gelen yatak yükünü ölçebilmek için de savağın membasına trapez kesitli bir beton kanal inşa edilmiştir. Bu şekilde 2000 – 2010 yılları arasında havzada yağış, akış ve sediment ölçümleri yapılmıştır [7].

Çalışma süresince, 2000-2010 yılları arasında ölçülen yağış ve sediment değerlerinin MUSLE modeli için gerekli parametreleri hesaplamak için analizi yapılmış, akım değerleri ve her bir yağış olayı için en yüksek debi analizleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın son kısmında ise MUSLE modeli kullanılarak tahmin edilen toprak kayıpları ile gerçek ölçümler arasındaki ilişkiler analiz edilerek modelin doğruluğu ve kullanılabilirliği yorumlanmıştır.

2. EROZYON TERİNOLOJİSİ VE EROZYON TAHMİN MODELLERİ

2.1. Erozyon Tanımı ve Türleri

Latince ‘kemirme’ anlamına gelen erozyon, toprağın ve/veya ana kayanın dış güçler tarafından kimyasal veya fiziksel olarak aşınması, aşınan malzemenin çeşitli faktörlerle (su, rüzgâr, vb.) taşınması olayı olarak tanımlanmaktadır. Jeolojik tanım olarak erozyon, toprak materyalinin akarsular, rüzgârlar, dalgalar ve buzullar gibi doğal süreçler ile aşınması, başka bir yere taşınması ve birikmesidir. Erozyon jeomorfolojik açıdan bakıldığında, akarsu, kar, buz, rüzgâr ve canlılar tarafından topografya ve zemin özelliklerinin değişimi olarak da ifade edilebilir. Aşınan toprak miktarının, toprak oluşum hızından yüksek olması erozyon probleminin ortaya çıkmasına neden olan temel etkidir.

Toprak erozyonu toprak derinliğini azaltan, dolayısıyla bitki örtüsüne zarar veren, toprakta suyun tutma kapasitesini etkileyen bir süreçtir. Bu yönüyle tarımsal üretimin verimliliğine de etki eden ekonomik bir problem olma özelliğine de sahiptir.

Sediment verimi ise erozyondan farklı olarak, kaynağından kontrol noktasına taşınan toplam aşınmış materyal miktarı olarak tanımlanmaktadır [48]. Sediment verimi hesabı da erozyon modelleri ve önlem geliştirme uygulamaları bakımından önem taşımaktadır.

Erozyon, oluşumuna neden olan dış güçlerin şiddetine ve türüne bağlı olarak sınıflandırılmıştır.

2.1.1. Rüzgâr Erozyonu

Rüzgâr etkisiyle malzemenin fiziksel olarak aşınması ve taşınması olayıdır. Özellikle yarı kurak ve kurak iklimlerde su erozyonundan daha etkili bir erozyon çeşididir. Rüzgâr erozyonu yıllık yağışların mevsimlere göre dağılımı düzensiz olan, genellikle kurak ve yarı kurak iklim kuşaklarında; arazi yüzeyinin kuru ve bitki örtüsünden yoksun bulunduğu çıplak sahalarda (Şekil 2.1.), anızı bozulmuş tahıl

tarlaları ile düz ve eğimli arazilerde etkisini gösterir. Türkiye’de rüzgâr erozyonu, genellikle 400 mm’ nin altında yağış alan; İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Güney Doğu Anadolu Bölgeleri’nde etkili olmaktadır [49].



Şekil 2.1. Rüzgar erozyonu sonucu meydana gelen yapılar, Bolivya Altiplano bölgesi [50]

2.1.2. Dalga Erozyonu

Dalga erozyonu, kıyı bölgelerde dalga etkisiyle meydana gelen erozyon faaliyetidir. Özellikle denize kıyısı olan yerlerde yüzey şekillerinin oluşumu bakımından oldukça önemli bir yere sahiptir (Şekil 2.2.). Dalga etkisiyle erozyon, su erozyonu ve rüzgâr erozyonu kadar tehlikeli boyutlarda olmasa da özellikle kotu düşük ülkelerde yol yapım çalışmaları vb. gibi faaliyetlerde maddi hasarlara yol açabilmektedir.



Şekil 2.2. Dalga erozyonu sonucu aşınan kayaçlar, Historic Point Reyes bölgesi [51]

2.1.3. Buzul Erozyonu

Buzul erozyonu, buzulların neden olduğu aşınma, taşınma ve biriktirme faaliyetlerinin tümüdür (Şekil 2.3., Şekil 2.4.). Özellikle yüksek dağların olduğu buzul alanlarda, suyun kayalarda bulunan çatlaklara dolarak donması, genişmesi ve kayacı parçalaması süreçleri ile başlayan ve buzul hareketiyle malzemenin taşınmasına neden olan bir erozyon türüdür. Diğer erozyon türlerine göre çok daha az etkin ve daha az risklidir.



Şekil 2.3. Buzul erozyonu, Briksdal Buzulu – Norveç (02.07.2006) [52]



Şekil 2.4. Buzul erozyonu sonucu meydana gelen yapılar, Leverett Buzul bölgesi [53]

2.1.4. Su Erozyonu

Su erozyonu genel anlamda yağışlar ile yeryüzüne düşen su damlacıklarının neden olduğu aşınma, taşınma ve biriktirme faaliyetlerinin tümüdür. Alansal olarak Dünya'nın her yerinde görülen bir erozyon türü olup, bu anlamda toprak kayıplarına en çok neden olan ve en çok risk taşıyan erozyon türü de yine su erozyonudur.

Toprağa düşen yağış sularının bir kısmı topraktan süzülerek daha derine iletilirler. Toprak tarafından süzülemeyen yağış suları ise eğimler boyunca yüzey akışına geçerek daha düşük kottaki arazilere doğru akarlar. Suyun hareketi sonucu meydana gelen aşındırma ve taşıma faaliyetleri su erozyonuna neden olmaktadır.

Su erozyonun şiddeti, toprağa düşen su miktarı, suyun akış hızı, arazinin sahip olduğu eğim özellikleri, toprağın yapısı ve infiltrasyon kapasitesi, bitki örtüsü ve arazi kullanım şekli tarafından kontrol edilir. Toprak ve arazi yapılarının hızla bozulmasına neden olan su erozyonu oluşum aşamalarına göre sınıflandırılmıştır.

2.1.4.1. Damla Erozyonu

Su erozyonu, damla erozyonu ile başlamaktadır. Şiddetli yağışlarda yağmur damlaları, bitki örtüsü olmayan, çıplak arazilere ortalama 32 km/sa hızla çarparak, toprak taneciklerini bulunduğu yerden yaklaşık 1–1.50 m yanlara ve yaklaşık 60 cm yukarıya sıçratabilmektedir (Şekil 2.5.). Bu etki ile bir dekar alanda yaklaşık 25 ton toprak sıçrayarak yer değiştirmektedir [49]. Damlaların etkisiyle bu şekilde yerden ayrılan toprak tanecikleri yüzey akışı ile taşınabilir hale gelmektedir.

Damla erozyonun etkisi, yağmurun düşme hızına, damla büyüklüğüne ve yağışın hızına bağlı olarak değişmektedir. Yağmur damlaları doğrudan erozyona neden olduğu gibi toprak yüzeyindeki gözenekleri sıkıştırarak su ve havanın toprak içine nüfus etmesini engeller ve yüzeysel akışa neden olur. Neden olduğu yüzeysel akış ile birlikte toprakta yüzey erozyonu için ortam oluşturmaktadır.

Arazilerde bulunan bitki örtüsü, damlaların çarpma etkisiyle oluşturduğu aşındırıcı enerjiyi düşüreceğinden erozyonun önlenmesi açısından son derece önemlidir.



Şekil 2.5. Damla erozyonu [54]

2.1.4.2. Yüzey (Tabaka) Erozyonu

Eğimli arazilerde yüzey akışına geçen suyun, toprak yüzeyini ince bir tabaka halinde aşındırıp taşıması olayı yüzey erozyonu olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.6.). Yüzeysel akışa geçen suyun etkisi kısa süreli kendini belli etmemekle birlikte uzun vadede etkisini göstermektedir.

Yüzeysel akış halindeki sular eğim aşağı hareket ettikçe, diğer yüzeysel akış suları ile birleşir, eroziv etkisi ve taşıma gücü artar. Yüzey erozyonu ile toprağın verimli olan üst bölgesi aşınarak taşınır ve özellikle tarım faaliyetlerinin yer aldığı alanlarda verimin azalmasına neden olur.

Özellikle erozyona yatkın olan eğimli, önlem alınmamış tarım arazilerinde yüzey erozyonunu gözlemek mümkündür. Eğimli yamaçlar boyunca bulanık akan dere ve akarsular toprak taşınımı ve erozyonun göstergesi olabilmektedir.

Toprak koruma uygulamalarının olmadığı, yaklaşık % 1-2 eğimli ve düşük geçirgenliğe sahip topraklarda yüzeysel akış ve dolayısıyla yüzey erozyonunun oldukça etkin olduğu görülmektedir.

AkıŖa geçen su miktarının kontrolü, doğru arazi kullanımı ve toprak koruma uygulamaları ile yüzey erozyonu kontrol edilerek daha ileri erozyon aŖamalarına geçilmesi önlenebilmektedir.



Ŗekil 2.6. Yüzey erozyonu [55]

2.1.4.3. Parmak (Oluk) Erozyonu

Parmak (oluk) erozyonu, yüzey erozyonunun devamı niteliğinde olup akıŖa geçen yaėıŖın yüzeydeki kanalları izlemesi, aŖındırması ve buradaki materyali taŖıması ile meydana gelmektedir. Parmak erozyonu, yüzey akıŖ erozyonunun ilerlemiŖ bir safhasıdır. Yüzey akıŖına geçen sular, zaman içerisinde arazi yüzeyinde çok sayıda irili ufaklı kanallar oluŖturur (Ŗekil 2.7.). Bu kanallarda akmaya baŖlayan su, eğimin neden olduğu ivmeyle türbülans yaratarak toprak materyalini gevŖetir ve onları yerlerinden kopararak akıŖ halindeki su ile birlikte daha aŖaėı doğru hareket ettirir. Bu süreç sonucunda, arazinin yüzeyinde derinlikleri birkaç santimetreyi bulan sayısız oluklar ve kanallar meydana gelmektedir.

Parmak (oluk) erozyonu baŖlangıta arazi yüzeyinde meydana gelen yaklaşık 1-4 cm derinliğindeki oluklar Ŗeklinde kendini göstermektedir. Gerekli toprak koruma önlemlerinin alınmaması, bu erozyon türü ile daha fazla toprak kaybına neden olmaktadır (Ŗekil 2.8.).

Eğimi yaklaşık % 3–5'ten fazla olan, toprak koruma önlemlerinin alınmadığı, bilinçsiz tarım uygulamalarının yapıldığı arazilerde yüzeysel akış ile dirençsiz olan agregatlar daha fazla taşınarak birbirine yakın oluklar oluştururlar.

Önlem alınmaması durumunda akışa geçen su, olukların genişlemesine ve parmak erozyonunun ileri aşaması olan oyuntu erozyonuna dönüşmesine neden olabilmektedir.



şekil 2.7. Parmak (oluk) erozyonu [56]



Şekil 2.8. Parmak (oluk) erozyonu(arazi görünümü) [57]

2.1.4.4. Oyuntu (Yarıntı) Erozyonu

Parmak (oluk) erozyonunun ileri aşaması olan oyuntu (yarıntı) erozyonu, olukların yüzeysel akışa geçen su etkisiyle daha da derinleşip (yaklaşık 60-90 cm) genişlemesiyle (yaklaşık 3-5 cm) meydana gelir (Şekil 2.9.). Daha çok erozyona sebep olan bu oyuntular, önemli miktarda toprak ve arazi kayıplarına yol açar. Ayrıca, oyuntu (yarıntı) erozyonuyla, yüksek arazilerden taşınan materyaller aşağı kısımlarda bulunan verimli toprakların üzerini örterek verimlerini azaltır, tarımsal üretim kapasitelerini düşürür.

Oyuntuların (yarıntılarının) büyüklükleri, yağış miktarı ve şiddetine, yağış sıklığına, toprağın derinliğine, arazi eğimine, toprak altında bulunan ana kayanın toprak yüzeyi ile arasındaki mesafeye, materyalin gevşekliğine, yüzey akış suyunun taşıdığı materyalin cins ve miktarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Şekil 2.10.).

Herhangi bir toprak koruma önlemi alınmadığı takdirde, devam eden bir süreç olan su erozyonunun bu türünde de benzer şekilde oyuntular daha da genişleyerek son aşama olan akarsu yatak erozyonuna dönüşecektir.



Şekil 2.9. Oyuntu (yarıntı) erozyonu [58]



Şekil 2.10. Oyuntu (yarıntı) erozyonu (daha ileri bir safha) [59]

2.1.4.5. Akarsu Yatak Erozyonu

Su erozyonunun en ileri aşaması olan akarsu yatak erozyonu, akarsuyun yatağını aşındırması sonucu meydana gelen erozyon türüdür.

Akarsular, yataklarının yanı sıra taşkın etkisiyle kıyılarında bulunan arazilerin erozyonuna da sebep olmaktadır. Akarsu yataklarında yer alan tarım arazileri, yerleşim yerleri, mühendislik yapıları vb. yağışın yüzeysel akışa geçtiği ani yağışlarda büyük zararlar görebilmektedirler (Şekil 2.11.).



Şekil 2.11. Akarsu (yatak) erozyonu [60]

Sürdürülebilir arazi ve su kullanımı, besin üretimi için tarımsal faaliyetler, temel yaşamsal gereksinimlerin karşılanması için toprağa ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle erozyon tahmini, toprak koruma önlemleri büyük önem taşımaktadır. Doğru yapılmış bir yaklaşım ile modellenen bir erozyon süreci ve devamında uygulanan koruma önlemleri ile erozyon önlenabilir bir doğal olaydır.

2.2. Erozyon Tahmin Modelleri

Erozyon problemi eski çağlardan beri toprağı kullanan nesiller için sorun olmuş, önlemek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bilim ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte mevcut erozyondan korunmanın ötesinde, erozyona etki eden faktörler belirlenerek erozyonun meydana gelmeden engellenmesi amaçlanmıştır.

Erozyona yönelik ilk kestirimler yalnızca gözleme dayalı yapılmış olup, gözlemler sonucu bölgeye özgü geleneksel yöntemlerle erozyon önlenmeye çalışılmıştır.

Erozyonun tahminine dayalı çok faktörlü gözlemler ve bunların birbiri ile ilişkilerinin araştırılması daha sonraları yaygınlık kazanmıştır. Birçok pilot alanda yaptığı çalışma ve gözlem sonucu Smith [61], erozyon tahmin çalışmalarını 1917 yılında ortaya koymuştur. Çalışması ile erozyon hızının yağış, bitki örtüsünün yapısı, toprak ve eğim karakterlerine bağlı olarak değiştiğini belirtmiştir [62]. Zingg [63] ise yaptığı çalışmalarda toprak kayıplarının eğim dikliği ve uzunluğu ile ilişkili olduğunu belirtmiştir. Daha sonra yapılan çalışmalar ile toprak erozivite tahmini ve arazi yönetimi için niceliksel teknikler geliştirilmiştir [64], [65], [66]). Musgrave [67], yaptığı çalışmalar ile bitki örtüsü, arazi eğimi, eğim uzunluğu faktörlerine yağış parametresini de ekleyerek amprik bir ilişki ortaya çıkarmıştır.

Wischmeier ve Smith [68], Musgrave'nin eşitliğindeki eksiklikleri gidererek Üiversal Toprak Kayıpları Eşitliğini (Universal Soil Loss Equation (USLE)) ortaya koymuşlardır. Bu yöntem, çeşitli faktörlerin bir arada kullanılmasıyla yapılan yüzey erozyonu tahmininde en sık kullanılan yöntem haline gelmiştir. Uygulanıldığı bölge, coğrafi koşullar ve arazi tiplerinin de etkisiyle USLE yöntemi geliştirilmiş, Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) ve Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) [4], [69] eşitlikleri ortaya çıkmıştır.

USLE yönteminin doğruluğı ve uygulanabilirliği birçok farklı arazi koşulunda, çevresel farklılıkların olduğu yerlerde ve çok geniş veriler kullanılarak Vanoni [70] tarafından teyit edilmiştir. Fakat çok karmaşık yapıya sahip havzalarda uygulanabilirliği hala kesinlik kazanmamıştır [71].

Erozyon tahmin modelleri, erozyonun şiddetini belirlemeye yönelik yapılan modellerdir. Yapılan modeller doğrultusunda hangi bölgelerde erozyonun daha fazla veya az olacağı, riskli bölgeler, alınması gereken önlem tahminleri yapılabilmektedir. Dünya'nın farklı bölgelerinde bu amaçla yapılan birçok niceliksel (sayısal değerlerle yapılan tahminler) ve niteliksel (az, orta, çok gibi göreceli tahminin yapıldığı) erozyon tahmin modeli bulunmaktadır. Bu yöntemler ile uygulama alanlarında erozyon miktarı tahmin

edilmekte, koşullara uygun önlemler ve mühendislik uygulamaları çalışmalarına altlık veri sağlanmaktadır.

2.2.1. Niteliksel Modeller

Niteliksel modeller, erozyon şiddetini niteliksel ifadelerle belirlemeye yönelik yapılmış modellerdir. Bu modellerde erozyon miktarı az, orta, şiddetli, çok şiddetli gibi sınıflara ayrılarak ifade edilir. Niteliksel modeller ile erozyonun az ve çok olduğu yerler tespit edilebilirken, erozyon türü ve önlem alınacak sahalara hakkında detaylı bilgi vermezler.

FAO (Food and Agricultural Organization), ICONA Soil Erosion Risk Assessment Model, CORINE (Coordination of Information on the Environment), vb. modeller Dünya'da erozyon şiddetini niteliksel olarak ifade etmek için kullanılan modellerden bazılarıdır.

2.2.2. Niceliksel Modeller

Niceliksel erozyon modelleri, erozyon miktarlarını sayısal değerlerle ifade etmeyi amaçlayan modellerdir. Bu modellerde erozyona etki eden topografya, iklim, toprak, jeolojik özellikler vb. gibi parametrelerin yanında birçok fiziksel, istatistiksel ve deneysel parametreler de kullanılır. Dolayısıyla bu parametreleri elde etmek her lokasyon için uzun süreçler gerektirir. Niceliksel modeller; kullanılan matematiksel eşitlikleri, deney sonuçlarını ve erozyona etki eden parametreleri, fiziki yasalarla mekanize ederek çalışır.

Dünya'da erozyon tahmini için en yaygın kullanılan niceliksel modeller, WEPP (Water Erosion Prediction Project), EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator), ANSWERS (Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation), USLE(Universal Soil Loss Equation) / MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) / RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) şeklinde sıralanabilir.

Çalışma kapsamında Mersin Tarsus Topçu Deresi Alt Havzası'nda niceliksel bir erozyon tahmin modeli olan MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) yöntemi kullanılmıştır.

2.2.2.1. Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) Yöntemi ve Parametreleri

Arazi kullanım yönetimi, sürdürülebilir arazi ve doğal kaynak kullanımı tarım alanlarının doğru kullanımı, yerleşim yeri lokasyonları ve baraj-gölet vb. gibi su yapılarının lokasyonlarının hassas şekilde tespit edilebilmesi için, bölgede yağış faaliyetleri sonu meydana gelen sediment verim miktarının doğru tespit edilmesi son derece önem taşımaktadır. Yağışlar sonucu taşınan sediment verimi miktarının tespitinde birçok farklı model kullanılmakla birlikte, Modified Soil Loss Equation (MUSLE) yöntemi, küçük havzalarda her bir yağış olayı sonucu meydana gelen sediment verimi elde etmek için kullanılan en yaygın erozyon tahmin modelidir.

MUSLE yöntemi Williams ve Berndt [72] tarafından USLE/RUSLE modelinin geliştirilmesiyle elde edilmiş bir yöntemdir. Her bir yağış olayı sonucu meydana gelen akış hacmi ve pik akım verileri kullanılarak sediment verimi hesaplanmaktadır. Bu yöntem ile RUSLE yönteminde (Eş. [6]) yağış enerjisi faktörü (R) yerine doğrudan erozyona neden olan akım parametresi kullanılmıştır. Williams ve Berndt [72], küçük havzalarda sediment verimi hesabında kullandıkları MUSLE yöntemini, Teksas ve Nebraska bölgelerinde bulunan, alanları 15 ile 1,500 ha arasında değişen 18 adet küçük havzada, 778 yağış olayı için uygulayarak geliştirmişlerdir [35].

RUSLE denklemi;

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad [6]$$

A; ortalama yıllık toprak kaybı (ton ha⁻¹ yıl⁻¹)

R; yağış aşındırma enerjisi (MJ ha⁻¹ yıl⁻¹ x mm h⁻¹)

K; toprak erozyon duyarlılığı (ton ha⁻¹ x ha MJ⁻¹ x h mm⁻¹)

LS; eğim uzunluğu ve dikliği faktörü

C; bitkisel örtü ve ürün yönetim faktörü

P; toprak-su koruma önlemleri faktörü

MUSLE yönteminin, USLE yöntemi ile karşılaştırıldığında çeşitli avantajlara sahip olduğu belirtilmektedir [29]. MUSLE yönteminde sediment verimi tahmini için doğrudan akımın kullanılması, yağış enerjisini yansıttığından daha pratiktir. MUSLE yönteminin diğer bir avantajı ise, USLE yönteminde gerekli olan “sediment iletim oranı” parametresinin elimine edilerek doğrudan akım hacmi ile sediment verimi tahmini

yapılmasıdır. Akımın sediment taşınımına doğrudan etki etmesi, yöntemde yağış faktörü yerine doğrudan akım parametresinin kullanılması da tahminin doğruluğunu etkilemekte ve MUSLE yöntemi ile daha doğru sonuçların elde edildiğini göstermektedir [73]. 1970 yılında Sedimentation Task Committee of the Hydraulics Division, America Society of Civil Engineers kurumu tarafından yapılan çalışmada, akımın sediment verimi tahmini için en iyi tekil indikatör olduğu belirtilmiştir. Williams [73]; Cooley ve Williams [74]; Smith vd. [75] tarafından yapılan çalışmalarla da bu görüş desteklenmiştir. Fakat yöntemin farklı arazi kullanım türlerinde uygulamaları ve doğrulunun üstünlüğü ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. MUSLE yöntemi genel olarak münferit yağış olayları için uygulandığı gibi yıllık sediment verimi tahminlerinde de kullanılmaktadır. Bazı çalışmalarda değişken periyotlarda meydana gelen yıllık toprak kaybı tahmininin bu yöntemle yapılabileceği belirtilmektedir [76]. Kolay anlaşılır olması ve ifade edildiği ampirik formülde bulunan fiziksel parametreler arasındaki uyumluluk nedeniyle yaygın kullanılan bir niceliksel erozyon tahmin yöntemidir [14].

MUSLE yöntemi genel olarak eşitlik [7]'deki şekilde ifade edilmektedir;

$$Y = 11,8(Q \times q_p)^{0,56} K \times LS \times C \times P \quad (r = \%92) \quad [7]$$

Burada; Y, her bir yağış olayı sonucu elde edilen sediment verimini (ton); Q, her bir yağış olayında meydana gelen akım miktarını (hacim, m³); q_p, en yüksek akım debisini (m³/sn); K, toprağın erozyona karşı duyarlılığını ((t ha sa ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹); L, eğim uzunluğu faktörünü; S, eğim dikliği faktörü; C, ürün ve arazi yönetim faktörünü ve P, toprak koruma önlemi faktörünü ifade etmektedir.

Eş.[7]'de yer alan 11,8 ve 0.56 sabitleri, lokasyon katsayısı olarak tanımlanmaktadır. Yapılan bazı bölgesel çalışmalarda, farklı bölgeler için farklı sabitlerin önerildiği MUSLE eşitlikleri de kullanılabilmektedir.

Q (Akış Hacmi) ve q_{peak} (Pik Akım) Parametreleri

Q parametresi MUSLE yöntemi ile yapılan erozyon tahmininde, her bir yağış olayı için hesaplanan ve/veya ölçülen akım hacmidir.

USLE modelinin aksine MUSLE modelinde sediment verimini doğrudan etkileyen ve fiziksel bir parametre olan akış hacmi – Q parametresi yer almaktadır. Q ve q_{peak} parametreleri uzun dönem yağış verileri kullanılarak çeşitli yaklaşım ve metotlarla elde edilmektedir. Erozyon tahmini yapılacak havza

karakteristikleri ile birlikte değerlendirilen yağış miktarından faydalanılarak yzeyssel akışa geçen su hacmi ve meydana gelebilecek pik akım değerleri belirlenebilmektedir. Küçük ve orta ölçekli havzalarda Rasyonel Metot, SCS-CN (Soil Conservation Service – Curve Number) Yöntemi, daha büyük ölçekli havzalarda Birim Hidrograf Yöntemi, Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi ve Akım Hidrograf Yöntemi kullanılarak Q ve q_p parametrelerini elde etmek mümkündür [77].

Çalışma kapsamında Mersin Tarsus Topçu Deresi Alt Havzası'nda 2000-2010 yılları arasında ölçülen yağış verileri ile Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü tarafından, TAGEM-BB-TOPRAKSU-2011/125 proje numarası ile yapılan çalışma kapsamında elde edilen akım ve pik akım değerleri dikkate alınmıştır.

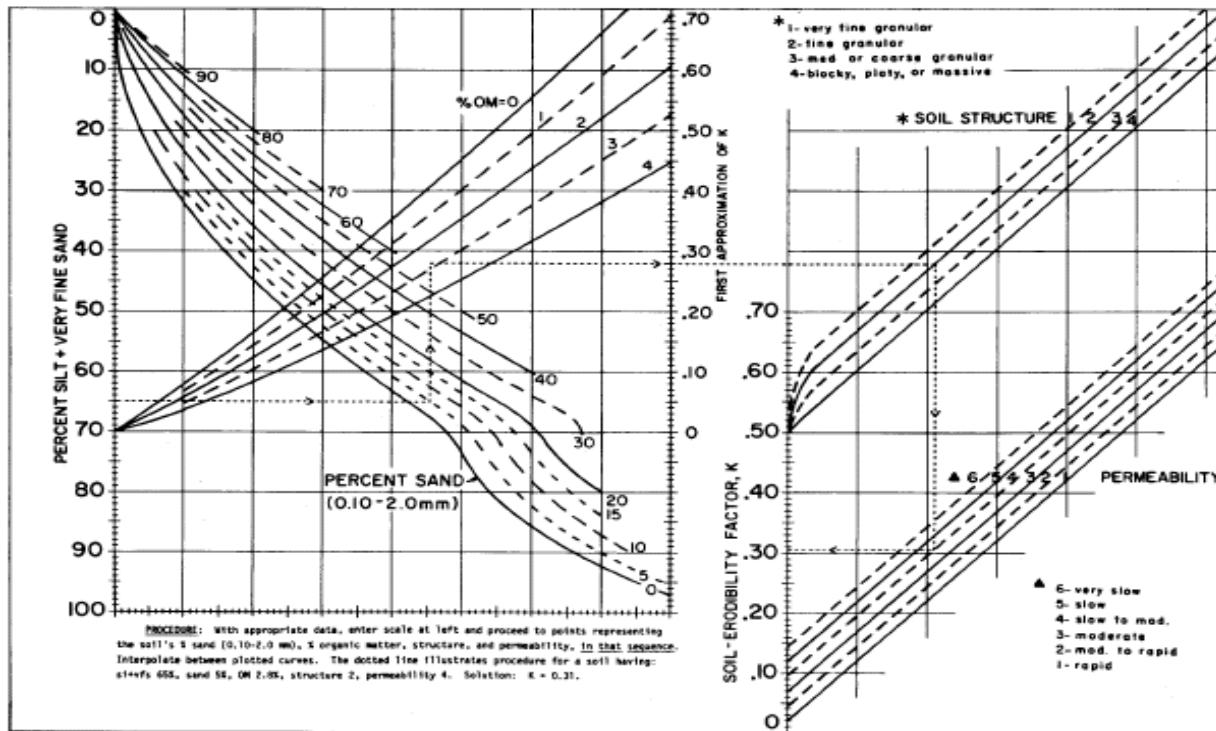
K (Toprak Erozivite) Parametresi

MUSLE yönteminde kullanılan diğer bir parametre K , toprağın erozyona duyarlılık parametresidir. K faktörü toprağın yağış, akış, toprak bünye yapısı ve infiltrasyonu ile ilgili bir parametredir. Bu faktörlere bağlı olarak toprağın erozivite değerini gösteren bir niceliktir. Toprak erozivitesi toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Erozyona etki eden diğer parametreler sabit tutulduğunda, farklı toprak türlerinin farklı oranlarda erozyona uğrayacağını gösteren bir parametredir. Toprakların erozyona gösterdiği duyarlılık, toprağın yapısal ve hidrolojik özelliklerine bağlıdır. Bu zellikler, tane boyu dağılımı (silt + çok ince kum, kum), agregat dayanıklılığı (% organik madde, üst toprak yapısı) ve toprağın suyu geçirgenliği şeklinde sıralanabilir.

Wischmeier vd., [1] tarafından belirli özelliklere sahip standart USLE parselinde yapılan çalışmalarla toprak erozivite değerleri hesaplanmıştır. Standart USLE parseli 22,13 m uzunluk, 4 m genişlik ve % 9 eğime sahip olarak tasarlanmıştır (şekil 2.12.). K faktörünün belirlenmesi için USLE yöntemi standartlarına göre belirlenen Standart USLE parseli kullanılarak bölgeye ait toprak analizleri yapılmaktadır ve analiz sonuçlarına bağlı olarak Toprak Duyarlılık Nomografları ile K faktörleri belirlenmektedir (şekil 2.13.).



Şekil 2.12. Standart USLE parseli [78]



Şekil 2.13. Toprak duyarlılık nomografları [78]

K faktör değerlerinin SI birim sistemine göre genellikle 0.013 ile 0.059 aralığında değer aldığı belirtilmektedir [79]. K faktör analizi ve tespiti için farklı bölgelerde farklı yaklaşımlar kullanılmaktadır. Romkens vd. K faktör hesabı için Eş.[8] 'i önermiştir [80].

$$K = \alpha + \beta \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\log(D_G) + x}{\gamma} \right)^2 \right] (R^2 = 0.938) \quad [8]$$

Burada α , β , x ve γ toprağın bünyesine bağlı sabitlerdir ve sırasıyla 0.0034, 0.0405, 1.659 ve 0.7101 değerlerini almaktadırlar. D_G ise Eş. [9] ile hesaplanan tane boyu büyüklüğü ile ilişkili amprik bir değerdir.

$$D_G = \exp \left(0.01 \sum f_i \ln m_i \right) \quad [9]$$

Eş.[8]'de yer alan f_i , birincil tane boyu dağılım yüzdesini; m_i ise tane boyu büyüklük limitlerine karşılık gelen tanelerin aritmetik ortalamasını ifade etmektedir.

Wishmeier ve Smith ise toprak duyarlılık nomografları kullanarak K faktör için Eş.[10]'u önermişlerdir [1].

$$K = \frac{2.1 \times 10^{-4}(12 - OM)M^{1.14} + 3.25(s - 2) + 2.5(p - 3)}{7.59 \times 100} \quad [10]$$

Burada ise OM, % organik madde içeriğini; M, % birincil tane boyu fraksiyonunu; s, toprak yapısı kodunu ve p, permeabilite sınıfını ifade etmektedir. Bu eşitlikle elde edilen K faktör, SI birim sistemine göre (t ha sa ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹) birimindedir.

Torri vd. ise K faktör hesabı için Eş. [11]'i kullanmıştır [38, 81].

$$K = 0.0293(0.65 - D_G + 0.24D_G^2) \times \exp \left\{ -0.0021 \frac{OM}{C} - 0.00037 \left(\frac{OM}{C} \right)^2 - 4.02C + 1.72C^2 \right\} \quad [11]$$

Eş.[10]'da K; toprakların erozyona karşı duyarlılığını ($t \text{ ha sa ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$), D_G ; tane büyüklüğünün geometrik ortalamasını, C; kil içeriği yüzdesini ve OM; organik madde miktarını ifade etmektedir.

Sharpley ve Williams, K factor için Eş.[12]'de ifade edilen amprik denklemi geliştirmişlerdir [82].

$$K = \left\{ 0.2 + \exp \left[-0.0256 \% \text{kum} \left(1 - \frac{\% \text{silt}}{100} \right) \right] \right\} (\% \text{silt} / \% \text{kil} + \% \text{silt})^{0.3} \\ \times [1 - 0.25 \% \text{OM} / \% \text{OM} + \exp(3.72 - 2.95 \% \text{OM})] \\ \times [1 - 0.75 \text{SN} / (\text{SN} + \exp(-5.51 + 22.9 \text{SN}))] \quad [12]$$

Burada OM, organik madde içeriğini, SN ise $(1 - \% \text{kum})$ miktarını ifade etmektedir.

El-Swaify ve Dangler ise K faktör için Eş.[13]'te gösterilen amprik denklemi öngörmüşlerdir [83].

$$K = -0.0397 + 0.00311x_1 + 0.00043x_2 + 0.00185x_3 + 0.00258x_4 + 0.00823x_5 \quad [13]$$

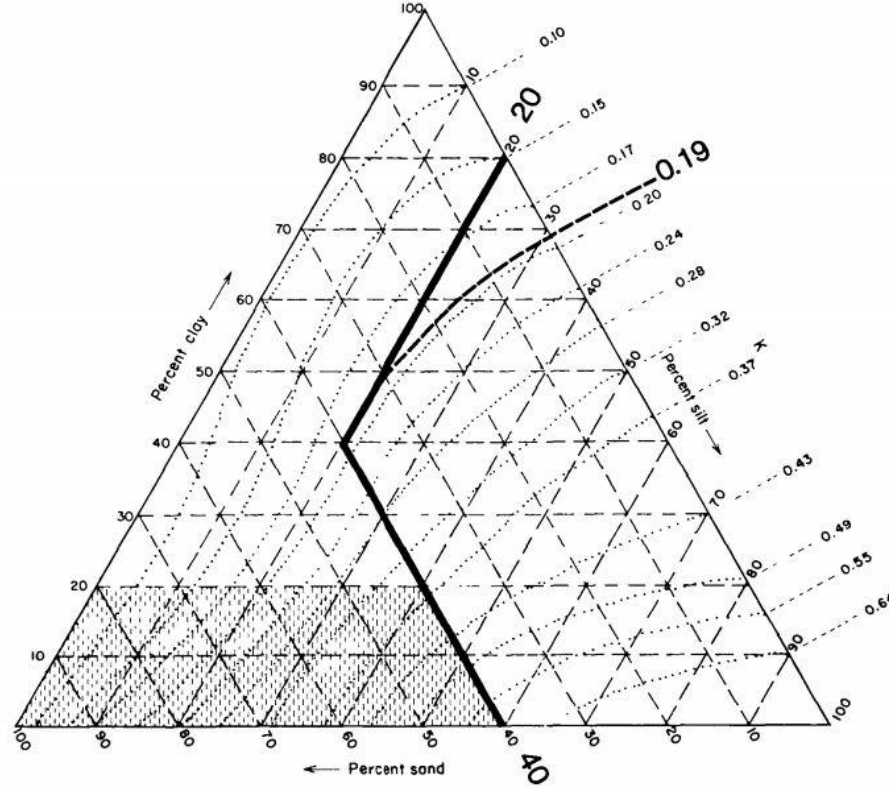
Bu denklemde x_1 , duraysız agrega oranını; x_2 , revize edilmiş kum içeriği ile revize edilmiş silt içeriği miktarının çarpımını; x_3 , temel saturasyonu; x_4 , silt fraksiyonunu ve x_5 toprakta bulunan kum içeriğini ifade etmektedir.

Johnson vd. tarafından önerilen bir başka K faktör eşitliği ise Eş.[14]'te gösterildiği şekildedir [84].

$$K = 2.73 \times 10^{-6} \times M^{1.14} (12 - a) + 3.25 \times 10^{-2} (b - 2) + 2.5 \times 10^{-2} (c - 3) \quad [14]$$

Bu eşitlikte M, tane boyu çapını ((% silt + % çok ince kum) x (100 - % kil)); a, % organik madde miktarını; b, toprak yapısının kodunu ve c, profil permeabilite sınıfını ifade etmektedir.

Ayrıca Soil Conservation Service de K faktör tespiti için yalnızca toprak tekstür özellikleri verilerinin olduğu durumlarda kullanılabilecek üçgen diyagramı önermiştir (Şekil 2.14.).



Example:
Sand and Gravel Fraction: 40%
Silt Fraction: 20%
Clay Fraction: 40%

Şekil 2.14. Toprak tekstürüne dayalı K faktör saptama diyagramı [62]

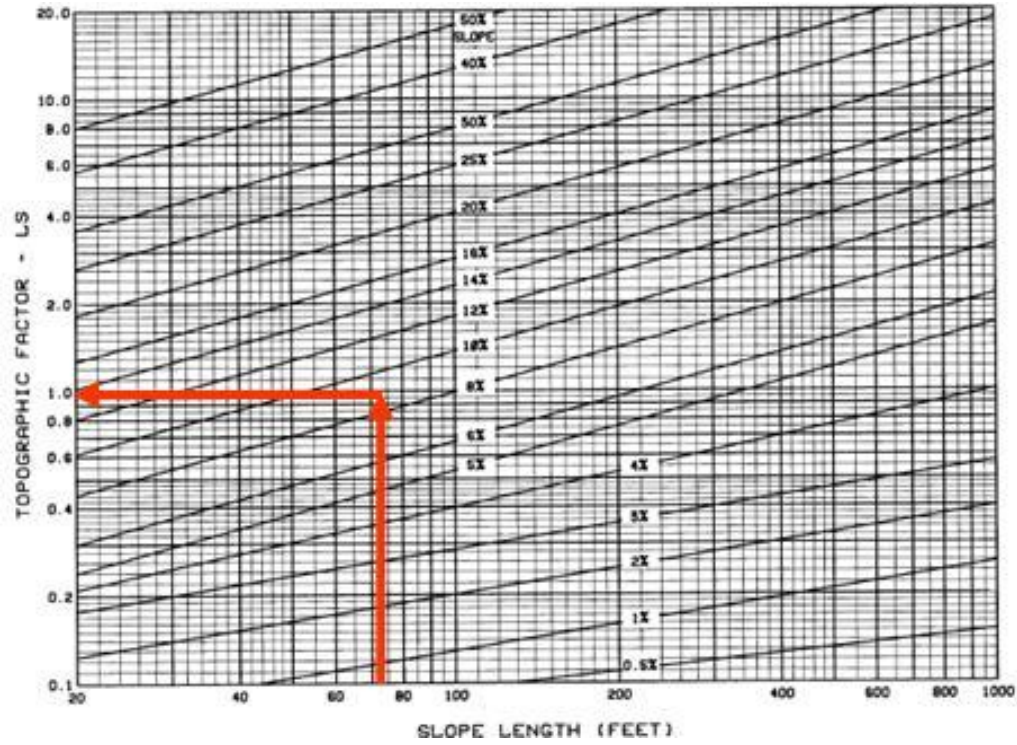
Farklı lokasyonlar, farklı veriler, farklı toprak türleri ve veri erişim imkânlarının farklılıklarına göre farklı K faktör saptama yöntemleri kullanılabilmektedir.

Çalışma kapsamında, çalışma sahasından alınan örneklerin toprak tekstür ve organik madde analizleri yapılmış, Torri [38]'nin önerdiği eşitlikle birlikte CBS tabanlı jeostatistiksel yöntemler ve CBS yazılımı

kullanılarak K faktör katmanı oluşturulmuştur. Torri'ye göre hazırlanan K faktör değerleri $t \text{ ha sa ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ birimindedir [38]. MUSLE yönteminde kullanılacak K faktör metrik ton cinsine çevrilerek diğer parametrelerle karşılaştırılmaya hazır hale getirilmiştir.

L (Yamaç Uzunluğu) ve S (Eğim) Parametreleri

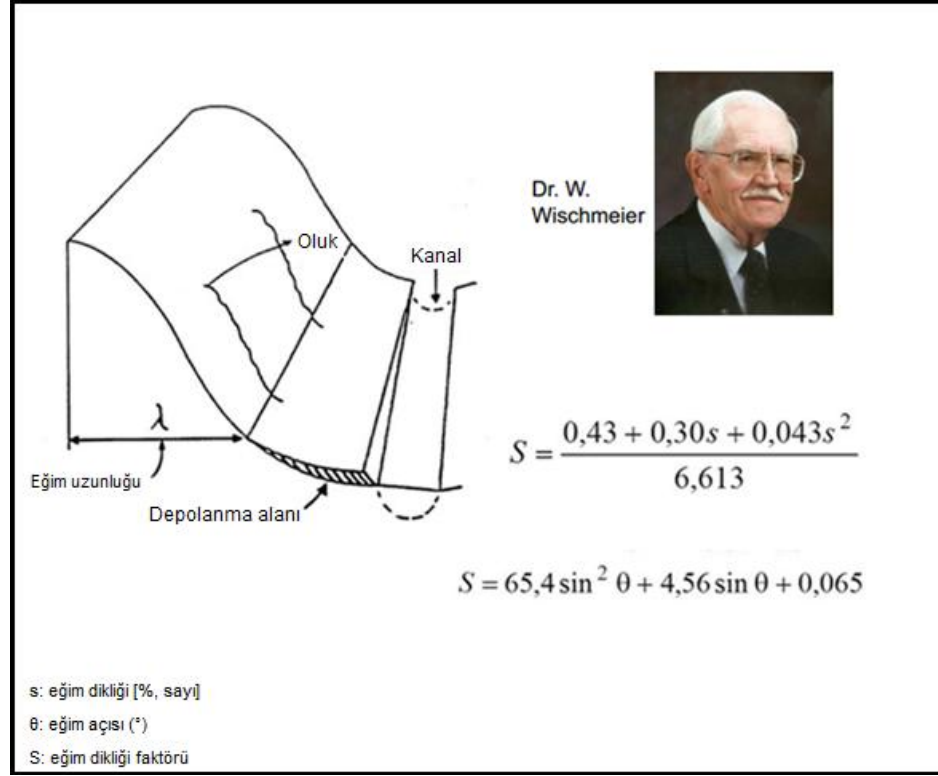
LS faktörü, MUSLE modelinde topografik faktör olarak tanımlanır. LS faktörün hesaplamaları, birim alanda toprak kayıplarının eğim uzunluğu ve dikliği ile artış gösterdiği kabulüne dayanılarak yapılır. Niceliksel olarak eğim uzunluğu (l, m) ve eğim dikliği (s, %), MUSLE modeline sırasıyla birimsiz L ve S faktörleri ile dâhil edilmiştir. L ve S faktörleri belirli koşullar altındaki toprak kayıplarının “standart” eğim dikliği ve eğim uzunluğu koşullarındaki toprak kayıplarına oranıdır.



Şekil 2.15.Eğim uzunluğundan faydalanılarak topografik (LS) faktörün bulunması [78]

Eğim uzunluğu ve gradyan faktörü olarak tanımlanan LS faktör, yapılan standart USLE parselinde 22.13 m uzunluk ve % 9 eğim için oluşturulan gradyan ile elde edilmiştir. Eğim uzunluğu (L), yüzey akışının başladığı noktadan itibaren eğimin azaldığı, birikmenin başladığı veya yüzey akışının bir kanala olan

mesafesi olarak tanımlanmaktadır [1]. L faktör eğim (S) dikliğinin bir fonksiyonudur (Şekil 2.16.). Birçok araştırmacı eğim uzunluğu ve eğim dikliği faktörünü bir arada, LS faktör şeklinde kullanmaktadır.



Şekil 2.16. LS faktörü [78]

Birimsiz olarak eğim uzunluğu faktörü (L) Eş.[15] ile hesaplanmaktadır.

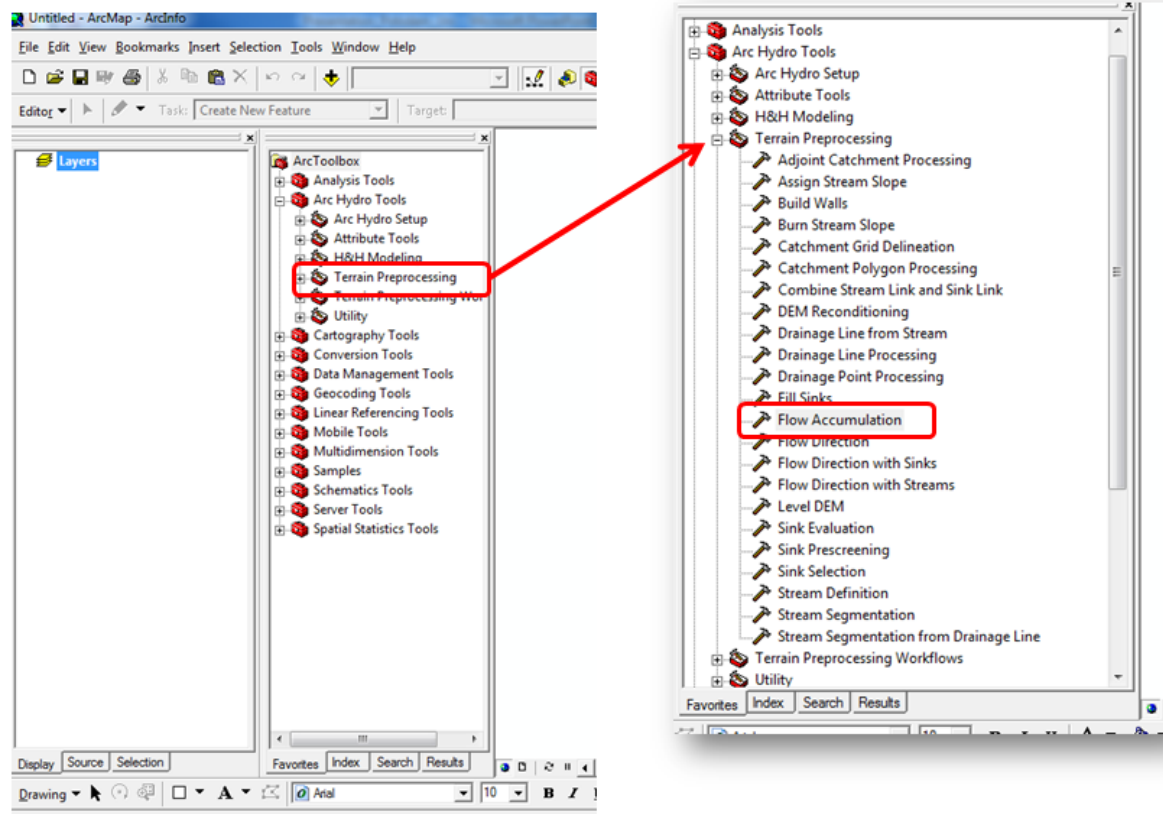
$$L = \left(\frac{l}{22.13} \right)^m \quad [15]$$

Burada l, eğim uzunluğunu (metre); m: % eğime bağlı bir katsayıyı ifade eder ve $s \leq \%3$ için $m = 0,3$; $s = \%4$ için $m = 0,4$; $s \geq \%5$ için $m = 0,5$ değerlerini alır.

CBS tabanlı erozyon tahmin modellerinde LS faktörü elde etmek için çeşitli yazılımlara ait eklentilerden faydalanmak mümkündür. Moore ve Burch bu amaçla ArcGIS yazılımında LS faktör hesabı için kullanılabilecek Eş.[16]'da gösterilen denklemi önermişlerdir [40], [41].

$$LS = (\text{FlowAccumulation} \times \text{Cellsize}/22.13)^{0.4} \times \sin(\text{slope}/0.0896)^{1.3} \quad [16]$$

Bu denklemde yer alan Flow Accumulation değeri ArcGIS yazılımı, ArcHydro eklentisi kullanılarak oluşturulmaktadır.



Şekil 2.17. LS faktör saptamasında ArcHydro eklentisi

Çalışma alanına ait LS faktör hesabı için ArcGIS yazılımı ile birlikte Moore ve Burch 'ın önerdiği eşitlikten faydalanılmıştır [40], [41].

C (Toprak Örtüsü - Ürün Yönetim) Parametresi

Erozyon, yüzey örtüsü yönetimi ile doğrudan kontrol edilebilen ve yüzey örtüsü türünden etkilenen bir süreçtir. Toprak örtüsü, ürün yönetim parametresi olarak adlandırılan C faktör, MUSLE yönteminde kullanılan, topografyadan sonra en önemli parametredir. C Faktörü MUSLE eşitliğinde ürün yönetimi faktörü olarak tanımlanır. Belirli koşullar altında bir ürünün varlığında oluşan toprak kayıplarının, aynı alanın bitki örtüsü ve devamlı nadasa bırakıldığı zamanda oluşan toprak kayıplarına oranıdır. Bu oran, standart USLE parsellerinde bitki örtüsü ve nadaslı alanlar için uygulanmıştır (Şekil 2.18.). C faktörü genel anlamıyla Eş.[17]'de ifade edildiği şekildedir.

$$C = \frac{A_c}{A_n} \quad [17]$$

Bu eşitlikte A_c , ürünlü parselden toprak kaybını; A_n , nadaslı parselden toprak kaybını ifade etmektedir.



Şekil 2.18. Standart USLE parselinde A_c ve A_n yüzeyleri [78]

C faktörü bir başka deyişle yüzey örtüsü ve bitki (ürün) yönetimi değişkenlerinin erozyon üzerine olan ortak etkisinin değerlendirilmesidir. Erozyon üzerinde etkisi olan bitki (ürün) yönetim değişkenlerini alması ekim, ürün gelişme dönemi, gelişim döneminin uzunluğu, kültürel uygulamalar, bitkisel artık yönetimi, yıl içi yağış dağılımı şeklinde sıralamak mümkündür. C faktörünün sayısal olarak ifade edilmesi için, ürün gelişim evreleri ve süreleri belirlenmelidir. Ayrıca bu evreler, herhangi bir bölge için yağış erozivite dağılımı ile birlikte değerlendirilmelidir.

C faktörünü hesaplamak amacıyla Wischmeier ve Smith, 6 değişik ürün gelişim evresi belirlemiştir (Çizelge 2.1.) [1].

Çizelge 2.1. Bitki (ürün) gelişim evreleri ve bu evreler için önerilen C katsayıları

Bitki Gelişim Evresi	Toprak Yüzeyini Örtme Yüzdesi	C Faktörü
Pulluk (Toprak İşleme)	-	1.00
Tohum Yatağı	10	0.90
İlk Çıkış	50 (Pamuk : 30)	0.50 (Pamuk : 0.70)
Gelişme	75 (Pamuk : 60)	0.25 (Pamuk : 0.30)
Olgunlaşma	90	0.10
Anız	20-50	0.50-0.80

Toprak örtüsü faktörü olan C parametresi, belli mevsimlerde arazi örtüsünün değişiklik göstermesine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Arazi örtüsü ve bitki örtüsünün (ürünün) her bir gelişim evresi için aylık yağış verileri kullanarak da C faktörünü elde etmek mümkündür ([Eş.18]).

$$C = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{C_p \times \%P}{100} \right) \quad [18]$$

Burada C_p , her bir gelişim evresinin C faktörünü; $\%P$, her bir gelişim evresinde düşen yağış miktarının yıllık yağış toplamına oranını ifade etmektedir.

Farklı ürün evrelerinin yanı sıra, farklı arazi kullanım türleri için belirlenmiş C faktör değerleri bulunmaktadır (Çizelge 2.2.). Corine Land Cover arazi kullanım sınıflamasına göre belirlenen C faktör değerleri de erozyon tahmin modellerinde girdi parametresi olarak kullanılabilir.

Çizelge 2.2. Corine arazi kullanım sınıfları ve C faktör değerleri [85]

Corine Arazi Kullanım Kodları	Arazi Kullanım Türü	C Faktör
111	Sürekli Şehir Yapısı	0.003
112	Kırsal Yerleşim Alanları	0.003
121	Endüstriyel ve Ticari Birimler	0.003
122	Karayolları, Demiryolları ve İlgili Alanlar	0.003
123	Limanlar	0.003
124	Havaalanları	0.003
131	Maden Çıkarım Sahaları	0.36
132	Boşaltım Sahaları	0.36
133	İnşaat Sahaları	0.36
141	Yeşil Şehir Alanları	0.003
142	Spor ve Eğlence Alanları	0.003
212	Sürekli Sulanan Tarım Alanları	0.2
213	Pirinç Tarlaları	0.0
231	Mera Alanları	0.10
241	Sürekli Ürünlerle Birlikte Bulunan Senelik Ürünler	0.5
242	Karışık Tarım Alanları	0.5
243	Doğal Bitki Örtüsü İle Bulunan Tarım Alanları	0.04
312	İğne Yapraklı Ormanlar	0.001
313	Karışık Ormanlar	0.002
321	Doğal Çayırliklar	0.04
322	Fundalıklar	0.04
323	Sklerofil Bitki Örtüsü	0.04
324	Bitki Değişim Alanları	0.04
331	Sahiller, Kumsallar, Kumluklar	0.36
332	Çıplak Kayalıklar	0.36
333	Seyrek Bitki Alanları	0.36
334	Yanmış Alanlar	0.36
411	Bataklıklar	0.001
421	Tuz Bataklıkları	0.001
511	Su Yolları	0.0
512	Su Kütleleri	0.0
521	Kıyı Lagünleri	0.0
2111	Kuru Tarım Alanları	0.4
2112	Kutu Tarım Alanı İçindeki Seralar	0.4
2221	Sulanmayan Meyve Alanları	0.296

Çalışma kapsamında Mersin Tarsus Topçu Deresi Alt Havzası'nda erozyon potansiyelinin değerlendirilmesi için yüksek çözünürlüklü ortofotolar ve uydu görüntüleri kullanılarak arazi kullanım türleri belirlenmiştir. Bu doğrultuda arazi kullanım türlerine göre Corine Land Cover, 2000 C faktör değerleri kullanılmıştır.

P (Toprak Koruma) Parametresi

P Faktörü; (M)USLE toprak koruma işlemleri (yöntemleri) faktörü olarak tanımlanır ve belirli bir koruma işlemi uygulandıktan sonra oluşan toprak kayıplarının, aynı alanın hiç bir korumanın olmadığı ve eğim aşağı-yukarı sürümün yapıldığı koşullarındaki toprak kayıplarına oranıdır (Eş.[19]).

$$P = \frac{A_p}{A_s} \quad [19]$$

Burada A_p , korumalı parselden toprak kaybını; A_n , korumasız parselden toprak kaybını ifade etmektedir.

P, erozyon koruma yöntemlerinin etkisinde, bitki / ürün / örtü yöntemlerine ek olarak kullanılan koruma yöntemleri kontur tarımı (Şekil 2.19., Şekil 2.20.), şeritsel tarım sistemleri, eğime dik sürüm sistemleri, teraslama, bentler, setler vb. şeklinde listelenebilmektedir (Şekil 2.21.). P faktörü toprak koruma uygulamalarını içeren mühendislik önlemlerini de kapsamaktadır. Bu faktör önemli derecede eğim dikliği ile değişiklik göstermektedir.



Şekil 2.19. Kontur tarım uygulaması, Pensilvanya [86]



Şekil 2.20. Kontur tarım uygulaması [87]

Erozyon koruması olmayan tüm uygulamalar için P değeri 1.0 olarak kabul edilir.

Çalışma sahası tarım alanı olarak kullanılmakta ve taşkın yağışlarının etki edeceği toprak kayıplarını önlemeye yönelik herhangi bir toprak koruma önlemi veya mühendislik yapısı bulunmamaktadır. Bu nedenle alanda uygulanan MUSLE modelinde P değeri 1.0 olarak değerlendirmeye alınmıştır.



Şekil 2.21. Tarım alanlarında toprak koruma uygulamaları [88]

3. TARSUS (MERSİN) – TOPÇU DERESİ ALT HAVZASINDA MUSLE YÖNTEMİ İLE EROZYON POTANSİYELİNİN HESAPLANMASI

3.1. Çalışma Alanı

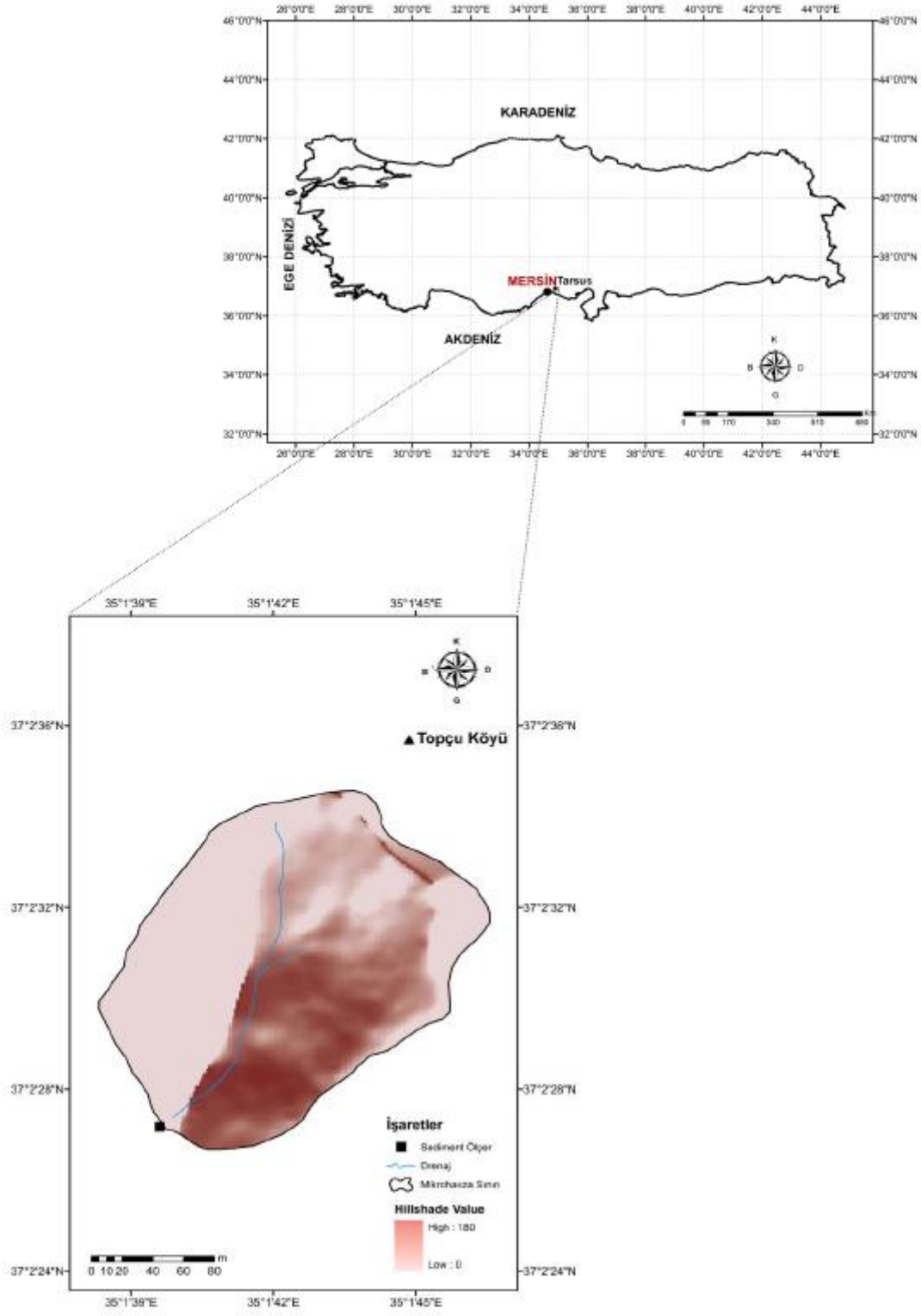
3.1.1. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

Yüksek lisans tezi kapsamında Mersin ili Tarsus ilçesinin kuzeydoğusunda, 37°2'26" - 37°2'35" kuzey enlemleri ile 35°1'38" - 35°1'47" doğu boylamları arasında yer alan yer alan Topçu Köyü, Topçu Deresi'ne ait mikro havza çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 3.2.). Havzanın deniz seviyesinden yüksekliği 65 m'dir. Çalışma sahası yaklaşık 4 ha büyüklüğünde olup bu alanın % 86.32'si kuru tarım olarak kullanılmaktadır.

Havzanın 1985-2009 dönemi için yıllık yağış ortalamasının 631.9 mm olduğu belirtilmektedir [7]. Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonu, 1950-2010 yılları arası uzun yıllık iklim verilerine göre bölgenin yıllık ortalama yağışı 598.6 mm ve ortalama sıcaklığı 18°C'dir (Şekil 3.1.). Ortalama yıllık yağış miktarının yaklaşık %78'i Kasım - Mart ayları arasında, % 22'si ise Nisan – Ekim ayları arasında meydana gelmektedir. Bölgeye tipik Akdeniz iklimi hâkimdir.

Meteorolojik Elemanlar			Rasat Süresi Yıl	AYLAR												Yıllık
				X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
SICAKLIK °C	Hava	Ortalama	50	20.2	14.6	10.2	8.9	9.7	12.8	16.7	20.8	24.5	26.8	27.0	24.3	18.0
		Max. Ekstrem	50	38.0	33.5	26.0	28.4	25.0	30.8	36.8	40.3	40.1	40.0	43.0	41.0	43.0
		Min. Ekstrem	50	2.0	-2.7	-5.0	-8.5	-5.7	-5.4	0.8	4.0	12.0	14.0	13.7	8.0	-8.5
		Toprak Üstü Min. Ekst.	43	-0.5	-6.0	-7.8	-10.0	-10.8	-10.0	-4.5	0.3	8.3	11.5	9.8	4.4	-10.8
	Toprak	5 cm'de Ortalama	48	22.0	15.0	10.1	9.0	10.1	13.9	19.1	24.1	28.8	32.1	32.1	28.2	20.4
		10 cm'de Ortalama	50	22.2	15.3	10.6	9.3	10.3	14.0	18.8	23.6	27.9	30.9	31.2	28.0	20.2
		20 cm'de Ortalama	50	22.3	16.0	11.2	9.7	10.3	13.7	18.1	22.6	26.7	29.8	30.2	27.4	19.8
Yağış (mm)			60	34.3	82.6	134.8	112.3	79.8	59.4	38.8	29.2	10.9	3.4	2.2	11.0	598.6
Yağışlı Gün Sayısı (gün)			50	4.9	6.9	10.4	10.6	9.7	8.4	7.2	5.6	1.8	0.8	1.6	1.8	69.8
Buharlaşma (mm)			50	119.1	69.4	41.9	45.4	55.9	88.5	120.6	169.8	202.0	218.9	198.0	163.0	1492.5
Ortalama Nisbi Nem (%)			50	64.2	65.0	72.2	71.0	71.5	71.9	72.0	71.1	71.8	75.6	75.6	69.1	70.9

Şekil 3.1. Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonu uzun yıllık iklim değerleri (1950-2010) [7]



Şekil 3.2. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası

3.1.2. Çalışma Alanının Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikleri

Türkiye N 33 – d4 paftası sınırları içerisinde kalan alan, kuzeyde Topçu Köyü ve batıda Yenice – Topçu köy yolu ile sınırlanmakta, Ayrancı-Adana Havzası içerisinde yer almaktadır.

Ayrancı – Adana Havzası Toros Dağları yükseliminin güney-güneybatısında, Ayrancı ve Adana arasındaki alanda yüzeylenen Tersiyer yaşlı kayaç topluluğunun ve havza çökellerinin bulunduğu sahaya verilen isimdir [89]. Çalışma alanı bu havza içerisinde 4 ha'lık bir alanı kapsamaktadır.

3.1.2.1. Çalışma Alanının Stratigrafisi

Ayrancı - Adana Havzası olarak tanımlanan bölgenin inceleme alanı ve çevresinde kalan kesiminde sırasıyla Geç Paleosen – Orta Eosen yaşlı Güzeller Formasyonu, Oligosen – Erken Miyosen yaşlı Gildirli Formasyonu, Erken – Orta Miyosen yaşlı Kaplankaya, Karaisalı ve Güvenç Formasyonları, Orta – Geç Miyosen yaşlı Kuzgun Formasyonu, Geç Miyosen – Pliyosen yaşlı Handere Formasyonu ile bunları örten Kuvaterner çökelleri yer almaktadır [90].

Yüksek lisans tezi kapsamında, MUSLE modelinin uygulandığı alan, yüzölçümü bakımından oldukça küçüktür ve tamamı Ayrancı – Adana Havzası sınırlarında bulunan Kuvaterner alüvyon çökellerinden oluşmaktadır [90].

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	KAT	FORMASYON	SİMGE	KALINLIK (m)	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMA
SENOZOYİK	TERSİYER	NEOJEN	PLİYOSEN	Handere	Tmplh	600-700		— ÜYUMSUZLUK — Çakıltası-kumtaşı-silttaşı-şeyl-jips — GEÇİŞLİ — Çakıltası, kumtaşı, silttaşı, kireçtaşı — GEÇİŞLİ — Güvenç formasyonu (Tmgü): Kumtaşı, kilttaşı, silttaşı ara tabakalı şeyl Karaisali formasyonu (Tmk): Çakıltası, kireçtaşı Kaplankaya formasyonu (Tmkp): Kireçtaşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı Gildirli formasyonu (Tomgi): Çakıltası, kumtaşı, silttaşı — ÜYUMSUZLUK — Kumtaşı-marn-seyrek kireçtaşı Kireçtaşı-killi kireçtaşı Çakıltası — ÜYUMSUZLUK — TEMEL KAYALAR

Şekil 3.3. Ayrancı – Adana Havzasında yüzeylenen Tersiyer yaşlı birimlerin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Ölçeksizdir. [90])

Güzeller Formasyonu (Tpeg)

Güzeller formasyonu olarak adlandırılan birim altta kırmızı, yer yer pembe ve gri renkli, orta-kalın tabakalı polijenik kökenli çakıldaşları ile başlamaktadır. Üste doğru bej renkli, ince-orta ve kalın tabakalı, bol fosilli kireçtaşı ve killi kireç taşları ile devam etmektedir. Birimin en üst kesimlerinde ise bej ve yeşil renkli, ince-orta tabakalı kumtaşı, marn ve seyrek kireçtaşı aralanması yer almaktadır [90].

Gildirli Formasyonu (Tomgi)

Gildirli formasyonu olarak tanımlanan birim, tabanda kırmızı, pembe ve siyahımsı-pembe renkli, ince-orta ve yer yer kalın tabakalı çakıldaşları ile başlayıp pembe ve bej renkli, ince-orta tabakalı, kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı aralanması ile devam etmektedir. Formasyon içerisinde yaş tayini yapılabilecek herhangi bir fosil bulgusu yoktur. Bu nedenle stratigrafik konumu dikkate alınarak birime Oligosen-Erken Miyosen yaşı verilmiştir [90].

Kaplankaya Formasyonu (Tmkp)

Kaplankaya formasyonu tabanda sarımsı bej ve bej renkli, ince-orta tabakalı çakıllı kumtaşıyla başlamaktadır. Çakıldaşlarının üzerinde bej, yer yer kırmızımsı bej renkli, ince-orta tabakalı kumtaşı ve kireçtaşları yer almaktadır. Birimin en üst seviyeleri ise bej ve açık gri renkli, ince-orta tabakalı, yer yer yumrulu kireçtaşı ve killi kireçtaşlarından oluşmaktadır. Birim içerisinde bulunan fosil örnekleri, birim için Erken-Orta Miyosen yaşını vermektedir [90].

Karaisalı Formasyonu (Tmk)

Karaisalı formasyonu tabanda yer yer pembemsi bej renkli, masif görünümlü, kötü boylanmış, karbonat çimentolu çakıldaşları ile başlamaktadır. Bu çakıldaşları dışında formasyon, gri ve bej renkli, orta-kalın tabakalı, yer yer masif, bolca mercan, alg, bryozoa ve ekinoderm gibi resifal fosillerin bulunduğu kireçtaşlarından oluşmaktadır. Birime Erken-Orta Miyosen yaşı verilmiştir [90].

Güvenç Formasyonu (Tmgü)

Sunduğu yumuşak topografik görünüm ile sahada ayırt edilebilen Güvenç formasyonunun egemen kayaç türü gri, sarımsı-gri renkli, ince-orta tabakalı, yer yer kumtaşı, kıltaşı ve silttaşı ara tabakalarını içeren şeyler oluşturmaktadır. Genel litolojik özellikleri ve fosil içeriği göz önünde bulundurularak birimin Miyosen denizinin daha derin kesimlerinde çökeldiği yorumu yapılmaktadır [90].

Kuzgun Formasyonu (Tmku)

Kuzgun formasyonu olarak isimlendirilen birimin taban kesimlerinde, alacalı, pembe, bej ve yeşil renkli çakıltaşı ve kumtaşından oluşan, omurgalı fosiller içeren karasal kırıntılılar yer almaktadır. Bunların üzerine, kırmızımsı-yeşil renkli, ince-orta tabakalı silttaşları gelmektedir. Tanımlanan düzey yukarıya doğru, yeşil ve gri renkli, ince-orta tabakalı, bol fosil içeren denizel kumtaşı ve silttaşlarına, yanal yönde kireçtaşlarına geçiş göstermektedir. Stratigrafik konumu ve önceki çalışmalardan elde edilen bulgulara göre, birim yaşı Orta-Geç Miyosen olarak kabul edilmiştir [90].

Handere Formasyonu (Tmplh)

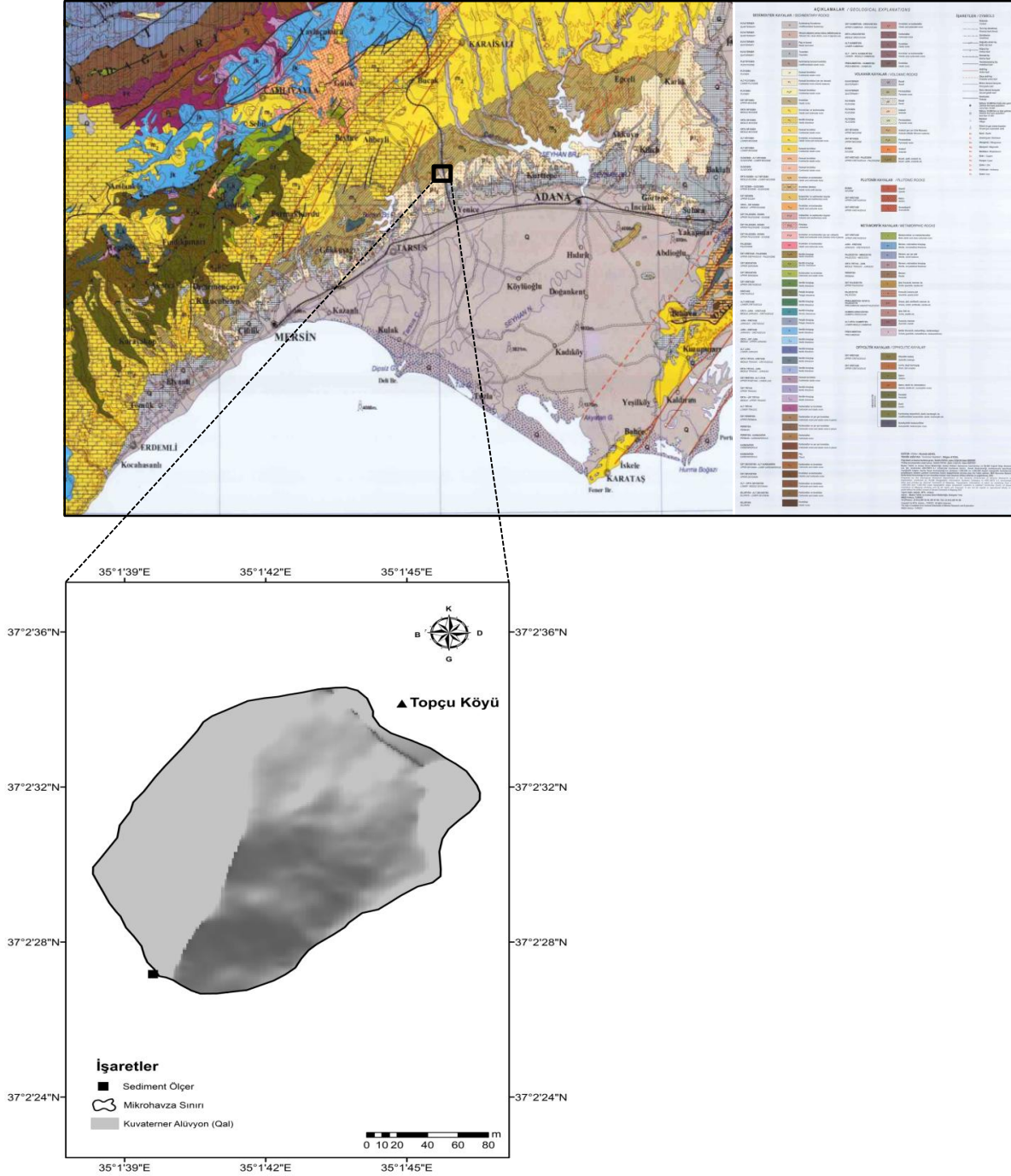
Handere formasyonu tabanda, sarımsı gri ve gri renkli, çapraz tabakalı, kötü boylanmış çakıltaşları ile başlar. Yukarıya doğru ayrışma yüzeyi, bej ve gri renkli, ince-orta tabakalı kumtaşlarına geçiş göstermektedir. Aralarında yer yer şeylerin de bulunduğu bu düzey üzerinde bej ve gri renkli, laminalı silttaşları ile devam eden Handere formasyonunun en üst seviyelerinde kirli beyaz, beyaz renkli, iri kristalli jipsler yer almaktadır. İçerdiği fosil topluluğu nedeniyle yaşı Geç Miyosen-Pliyosen olarak belirlenmiştir [90].

Traverten (Qtr)

Çalışma sahası ve çevresinde, bej renkli, masif görünümlü çatlaklı ve gözenekli bir yapı sunan, tamamen kalsiyum karbonat (CaCO_3) içeren oluşumlardır [90].

Alüvyon (Qal)

Çalışma alanında, nehir ve derelerin oluşturduğu yataklarda gözlenen alüvyon birimleridir. Bu birimler başlıca ofiyolit, kireçtaşı, radyolarit ve çörtten türemiş, kötü boylanmış, derecelenmesi olmayan, ince kumdan bloğa kadar değişen boyutlarda gevşek çakıllardan oluşmaktadır [90].



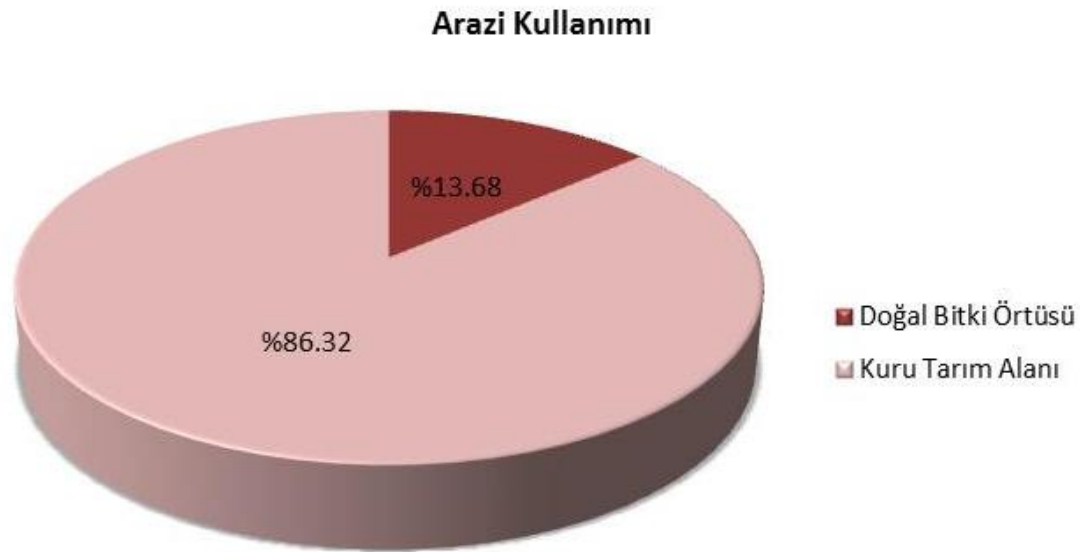
Şekil 3.4. Çalışma alanına ait genel jeoloji haritası (MTA, 2011'den elde edilmiştir) [90]

3.1.2.2. Tektonik

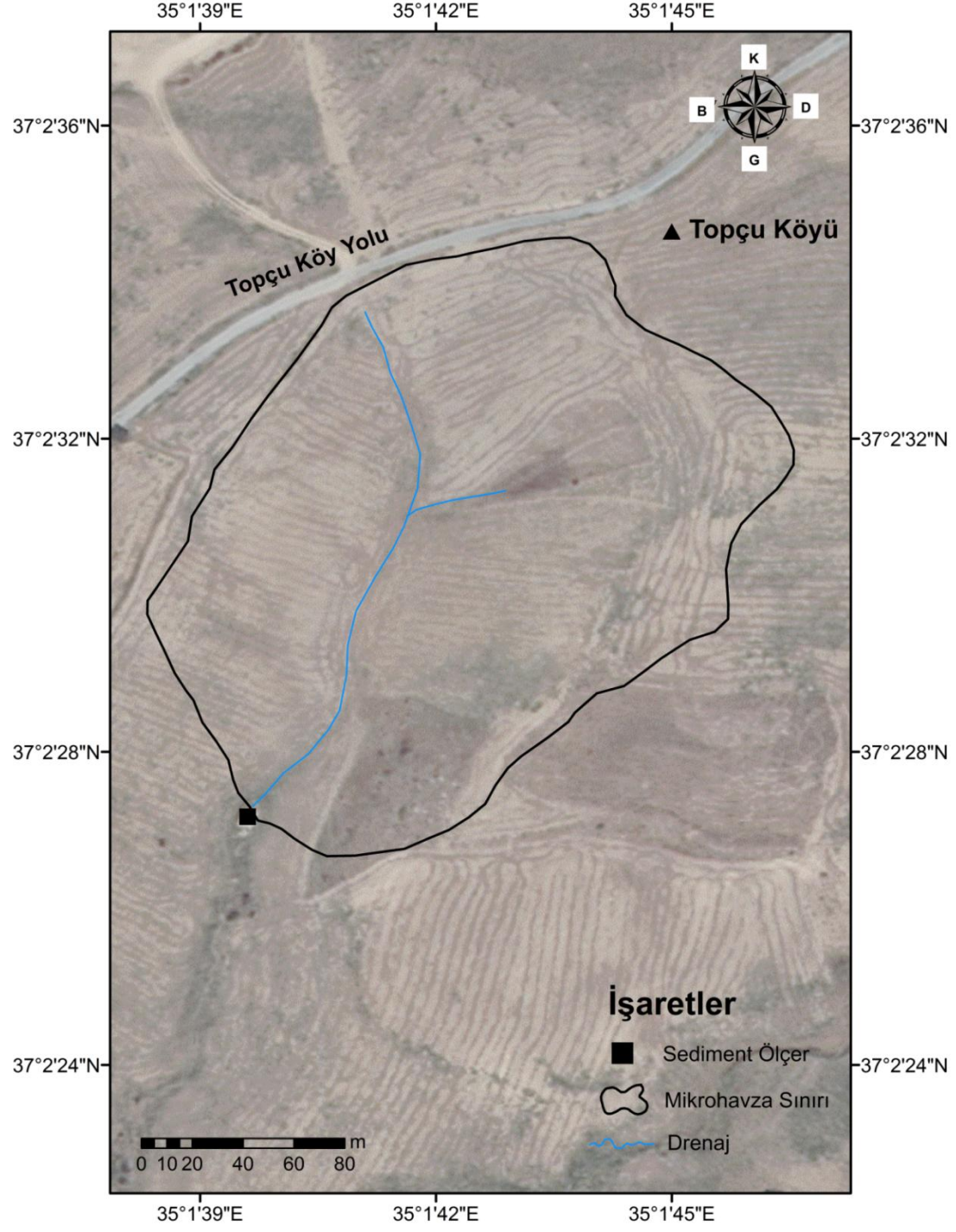
Çalışma alanı çevresinde haritalanan en önemli fay zonu Ecemiş Fay Zonu'dur. Bölge geçirmiş olduğu çok sayıda deformasyon evresi nedeniyle çok sayıda fayın bulunduğu bir alandır. Orta ve Doğu Toroslar arasındaki sınırı da oluşturan Ecemiş Fay Zonu sol yönlü doğrultu atımlı fay segmentleri ve bu segmentlerle bağlantılı çok sayıda ikincil yapılar içermektedir. Çalışma alanı olan Topçu Deresi mikro havzası ikincil fay segmentlerinin haritalandığı en yakın bölgeye yaklaşık 10 km uzaklıktadır [90].

3.1.3. Çalışma Alanına Ait Arazi Kullanımı ve Bitki Örtüsü

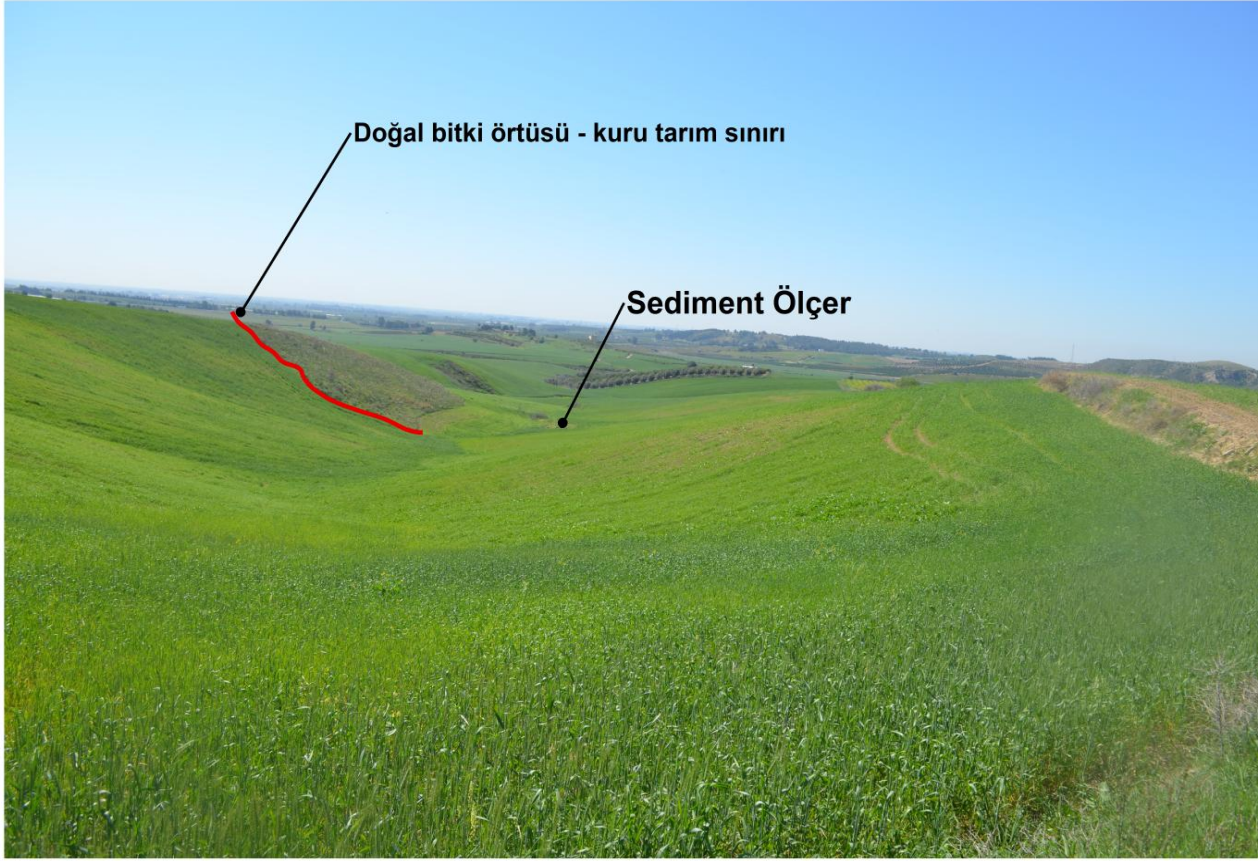
Topçu Deresi alt havzası büyük ölçüde kuru tarımın yapıldığı bir alandır. Yaklaşık 4 ha olan çalışma sahasının 3.45 ha'lık kısmında kuru tarım (buğday) üretimi yapılmakta iken 0.55 ha'lık kısmını doğal bitki örtüsü oluşturmaktadır (Şekil 3.5.). Havza, büyük toprak grupları haritasında" M 17.2 N IV es" sınıfı toprak grubuna dâhildir ve kahverengi orman toprakları içerisinde yer almaktadır [7].



Şekil 3.5. Çalışma alanına ait arazi kullanım dağılımı



Şekil 3.6. Tarsus Topçu Deresi mikro havzasına ait hava fotoğrafı



Şekil 3.7. Topçu Deresi mikro havzasının genel görünümü (Kuzey sınır noktasından Güney'e doğru)

3.1.4. Çalışma Alanın Yağış ve Akım Karakteristikleri

Çalışma sahasının da içinde bulunduğu Topçu Deresi havzasında yağış ve akım ölçümlerine 1985 su yılında başlanmıştır. Havza yağışları, havzada bulunan 3 adet yağış istasyonunda (R1, R2, R3) ölçülmüştür. Araştırma süresince en yağışlı yıl 1058.1 mm'lik yağışla 1988 su yılı olmuştur. En az yağış ise 320.3 mm'lik havza ortalaması ile 2001 su yılında kaydedilmiştir. En yüksek yıllık akım değeri yine 1988 su yılında 184.92 mm, en düşük akım miktarı ise 2005 su yılında 0.07 mm olarak bulunmuştur. Havzanın 25 yıllık verilerine göre en yüksek yağış ve akım Aralık ayında meydana gelmektedir. Bu ayda ortalama 126.8 mm yağış, ortalama 13.87 mm toplam akım vermektedir. Bu akımın 12.37 mm'si yüzeysel akış, 1.50 mm'si ise taban akımı olup, yüzey akış katsayısı %9.76'dır. 25 yıllık periyotta ortalama en yüksek yüzey akış katsayısı %9.76 ile Aralık ayında, en düşük ise %0.26 ile Ağustos ayındadır. Havzanın 25 yıllık ortalama yağışı 631.9 mm, akımı ise 46.58 mm'dir. Bu akımın 36.64 mm'si yüzeysel akım, 9.93 mm'si ise taban akımdır. Topçu havzasının ortalama yüzey akış katsayısı %5.80'dir [7].

Çizelge 3.1. Topçu Deresi havzasında bulunan istasyonlarda 1985-2009 yılları arası ortalama yağış değerleri (mm)

Yıllar	İst.No	A Y L A R												Yıllık
		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
1985	R1	0.0	69.9	78.8	167.7	88.7	108.7	65.3	37.3	5.3	0.0	0.0	11.0	632.7
	R2	0.0	69.8	75.6	172.5	94.5	107.4	53.7	35.3	2.8	0.0	0.0	12.0	623.6
	R3	0.0	71.3	78.8	169.0	93.6	111.5	47.7	28.9	2.4	0.0	0.0	12.0	615.2
	Aritmetik	0.0	70.3	77.7	169.7	92.3	109.2	55.6	33.8	3.5	0.0	0.0	11.7	623.8
	Thiessen	0.0	70.2	77.5	169.9	92.0	108.8	57.0	34.7	3.7	0.0	0.0	11.6	625.4
1986	R1	71.1	82.9	49.9	116.3	64.1	11.3	2.7	177.3	59.8	0.0	0.0	0.2	635.6
	R2	68.0	70.2	49.9	112.8	61.0	8.1	2.4	175.9	96.9	0.0	0.0	0.4	645.6
	R3	67.2	69.3	54.2	115.1	65.8	7.1	2.9	171.6	121.6	0.0	0.0	1.1	675.9
	Aritmetik	68.8	74.1	51.3	114.7	63.6	8.8	2.7	174.9	92.8	0.0	0.0	0.6	652.4
	Thiessen	69.0	75.0	50.8	114.6	63.2	9.1	2.6	175.5	87.6	0.0	0.0	0.5	647.9
1987	R1	9.3	62.7	99.3	111.7	37.2	272.7	28.3	36.7	6.7	13.9	11.5	0.0	690.0
	R2	11.4	61.8	86.9	108.1	33.7	283.9	23.6	29.0	7.9	10.7	12.2	0.0	669.2
	R3	13.0	55.6	96.5	108.8	36.7	280.0	26.3	31.3	6.8	12.2	12.6	0.0	679.8
	Aritmetik	11.2	60.0	94.2	109.5	35.9	278.9	26.1	32.3	7.1	12.3	12.1	0.0	679.7
	Thiessen	10.9	60.8	93.8	109.7	35.7	278.7	26.0	32.5	7.2	12.3	12.0	0.0	679.6
1988	R1	35.1	80.7	311.5	51.9	146.4	165.8	26.8	127.7	145.0	0.0	0.0	9.3	1100.2
	R2	34.3	79.0	295.0	51.6	129.9	159.4	26.9	116.3	137.0	0.0	0.0	4.4	1033.8
	R3	36.1	76.1	297.1	50.3	135.8	157.9	25.8	96.2	143.8	0.0	0.0	7.3	1026.4
	Aritmetik	35.2	78.6	301.2	51.3	137.4	161.0	26.5	113.4	141.9	0.0	0.0	7.0	1053.5
	Thiessen	35.0	79.1	301.9	51.4	137.6	161.6	26.6	116.5	141.5	0.0	0.0	6.9	1058.1
1989	R1	114.6	106.1	98.7	83.0	4.3	46.8	0.0	9.7	6.2	0.0	0.0	13.7	483.1
	R2	104.7	104.4	92.3	86.0	4.0	39.8	0.0	14.4	2.5	0.0	0.0	17.7	465.8
	R3	124.3	105.8	99.3	82.4	4.2	38.8	0.0	32.6	1.8	0.0	0.0	24.2	513.4
	Aritmetik	114.5	105.4	96.8	83.8	4.2	41.8	0.0	18.9	3.5	0.0	0.0	18.5	487.4
	Thiessen	112.7	105.4	96.3	84.1	4.2	42.3	0.0	16.4	3.8	0.0	0.0	17.5	482.7
1990	R1	71.5	105.9	63.6	29.4	145.7	66.0	7.1	24.3	19.0	16.2	9.9	71.8	630.4
	R2	74.0	99.2	59.9	28.5	137.1	62.2	7.7	20.2	15.2	12.9	8.4	75.4	600.7
	R3	82.0	99.1	60.4	29.0	148.2	66.9	6.8	20.1	13.6	21.3	7.1	76.1	630.6
	Aritmetik	75.8	101.4	61.3	29.0	143.7	65.0	7.2	21.5	15.9	16.8	8.5	74.4	620.6
	Thiessen	74.7	101.8	61.4	29.0	142.8	64.7	7.3	21.8	16.3	16.0	8.7	74.1	618.6
1991	R1	24.2	11.1	65.8	44.8	106.1	14.3	134.1	40.9	0.8	0.0	0.0	60.8	502.9
	R2	26.6	9.9	60.8	41.9	97.4	12.4	119.3	29.0	0.9	0.1	0.0	49.1	447.4
	R3	24.0	11.7	62.9	44.1	104.5	14.6	113.6	26.3	0.9	0.3	0.0	50.5	453.4
	Aritmetik	24.9	10.9	63.2	43.6	102.7	13.8	122.3	32.1	0.9	0.1	0.0	53.5	468.0
	Thiessen	25.1	10.7	63.2	43.5	102.3	13.6	123.9	33.1	0.9	0.1	0.0	54.0	470.3
1992	R1	35.4	48.6	355.9	7.7	32.2	32.1	11.6	148.5	26.4	10.4	0.0	20.5	729.3
	R2	35.0	40.6	350.7	8.0	34.7	28.5	8.8	129.5	22.1	11.1	0.0	17.0	686.0
	R3	35.4	49.8	354.6	9.1	37.0	31.2	10.2	127.1	22.2	12.1	0.0	18.8	707.5
	Aritmetik	35.3	46.3	353.7	8.3	34.6	30.6	10.2	135.0	23.6	11.2	0.0	18.8	707.6
	Thiessen	35.2	45.7	353.5	8.1	34.2	30.5	10.2	136.4	23.8	11.0	0.0	18.7	707.4
1993	R1	2.3	136.2	185.8	42.6	56.1	72.4	32.1	110.9	18.5	0.0	1.0	0.0	657.9
	R2	2.6	127.5	181.5	43.2	51.8	73.2	33.8	124.6	16.0	0.0	0.7	0.0	654.9
	R3	2.7	138.1	193.7	44.1	54.3	80.3	38.8	121.8	18.5	0.0	0.7	0.0	693.0
	Aritmetik	2.5	133.9	187.0	43.3	54.1	75.3	34.9	119.1	17.7	0.0	0.8	0.0	668.6
	Thiessen	2.5	133.1	185.7	43.2	54.0	74.4	34.2	118.7	17.5	0.0	0.8	0.0	664.1
1994	R1	0.0	10.7	58.0	193.9	89.4	75.3	30.3	90.1	13.3	8.5	13.0	4.6	587.1
	R2	0.0	10.9	57.6	190.0	97.9	71.1	29.0	85.7	20.4	7.9	13.3	5.4	589.2
	R3	0.0	11.8	61.1	201.4	97.6	72.3	26.5	82.1	18.1	9.6	7.6	4.9	593.0
	Aritmetik	0.0	11.1	58.9	195.1	95.0	72.9	28.6	86.0	17.3	8.7	11.3	5.0	589.8
	Thiessen	0.0	11.0	58.5	194.3	93.7	73.4	29.1	87.1	16.4	8.6	12.0	4.9	589.0

Çizelge 3.1. Topçu Deresi havzasında bulunan istasyonlarda 1985-2009 yılları arası ortalama yağış değerleri (mm) (Devam ediyor)

Yıllar	İst.No	A Y L A R												Yıllık
		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
1995	R1	27.8	254.5	142.8	85.2	53.5	51.3	63.6	28.7	19.1	4.1	0.0	14.7	745.3
	R2	27.2	253.1	145.1	85.8	53.0	48.8	71.6	25.6	13.8	4.3	0.0	13.8	742.1
	R3	29.3	257.5	146.0	85.2	50.4	53.1	67.1	23.2	14.8	4.6	0.0	12.7	743.9
	Aritmetik	28.1	255.0	144.6	85.4	52.3	51.1	67.4	25.8	15.9	4.3	0.0	13.7	743.8
	Thiessen	27.9	254.7	144.2	85.4	52.7	50.9	66.7	26.6	16.6	4.3	0.0	14.0	744.0
1996	R1	33.0	263.3	55.5	192.7	88.6	137.9	48.0	64.1	55.1	0.0	37.2	5.7	981.1
	R2	30.2	268.4	57.1	196.8	91.0	133.4	59.7	63.7	52.6	0.0	43.2	8.4	1004.5
	R3	33.3	268.2	55.0	202.0	86.1	137.9	50.3	59.4	64.5	0.0	42.3	9.9	1008.9
	Aritmetik	32.2	266.6	55.9	197.2	88.6	136.4	52.7	62.4	57.4	0.0	40.9	8.0	998.3
	Thiessen	32.2	265.8	55.9	195.8	88.8	136.6	52.0	63.0	56.3	0.0	40.1	7.4	993.8
1997	R1	81.2	29.2	211.7	39.3	69.7	33.6	89.3	15.2	9.4	36.4	14.3	34.1	663.4
	R2	85.2	30.3	203.6	42.4	71.6	38.3	85.1	14.5	3.3	23.2	14.4	26.5	638.4
	R3	92.2	34.2	207.1	40.2	70.9	35.6	80.9	14.7	2.8	30.7	19.6	20.4	649.3
	Aritmetik	86.2	31.2	207.5	40.6	70.7	35.8	85.1	14.8	5.2	30.1	16.1	27.0	650.4
	Thiessen	84.7	30.6	208.3	40.4	70.5	35.4	86.3	14.9	6.2	31.2	15.4	28.9	652.8
1998	R1	100.5	101.5	172.0	55.1	2.8	101.5	47.4	27.0	0.3	5.9	0.0	33.6	647.6
	R2	104.0	112.0	172.2	55.3	2.7	94.7	45.0	31.0	0.3	5.6	0.0	22.0	644.8
	R3	107.8	108.2	163.1	54.0	2.4	100.0	42.2	23.4	0.0	6.2	0.0	32.3	639.6
	Aritmetik	104.1	107.2	169.1	54.8	2.6	98.7	44.9	27.1	0.2	5.9	0.0	29.3	643.9
	Thiessen	103.1	106.0	170.3	54.9	2.7	99.1	45.6	27.4	0.2	5.9	0.0	29.8	645.1
1999	R1	70.8	64.1	215.3	67.8	96.4	36.0	41.3	32.5	101.8	0.2	13.0	34.7	773.9
	R2	68.7	62.6	216.4	71.8	94.0	42.0	36.5	41.4	79.7	0.0	13.6	39.9	766.6
	R3	63.9	56.7	212.5	68.2	103.9	40.1	38.4	50.3	102.8	0.0	17.8	40.5	795.1
	Aritmetik	67.8	61.1	214.7	69.3	98.1	39.4	38.7	41.4	94.8	0.1	14.8	38.4	778.5
	Thiessen	68.7	62.1	215.0	69.0	97.2	38.7	39.3	38.9	95.4	0.1	14.2	37.5	776.0
2000	R1	3.3	6.4	53.0	174.0	101.4	18.5	145.1	69.3	0.9	0.0	29.8	7.0	608.7
	R2	4.0	9.4	52.9	175.6	100.0	19.7	126.8	57.2	0.1	0.0	33.2	9.1	588.0
	R3	4.0	6.6	52.3	173.8	96.0	17.1	142.6	54.7	0.1	0.0	31.2	10.1	588.5
	Aritmetik	3.8	7.5	52.7	174.5	99.1	18.4	138.2	60.4	0.4	0.0	31.4	8.7	595.1
	Thiessen	3.7	7.3	52.8	174.4	99.8	18.6	139.1	62.6	0.5	0.0	31.1	8.3	598.2
2001	R1	26.8	81.9	50.3	5.9	68.5	22.5	14.9	53.9	0.2	0.5	0.1	2.4	327.9
	R2	28.7	78.9	50.3	6.3	63.6	21.7	14.5	44.9	0.9	0.0	0.0	3.6	313.4
	R3	29.2	80.3	51.0	5.1	64.6	19.5	14.5	44.9	1.0	0.0	0.0	2.9	313.0
	Aritmetik	28.2	80.4	50.5	5.8	65.6	21.2	14.6	47.9	0.7	0.2	0.0	3.0	318.1
	Thiessen	27.8	80.7	50.4	5.9	66.2	21.6	14.7	49.3	0.6	0.2	0.0	2.9	320.3
2002	R1	11.8	88.3	506.4	114.0	69.8	31.2	80.2	37.8	26.7	0.1	33.5	5.0	1004.8
	R2	12.8	91.5	502.1	117.1	74.9	31.6	81.3	47.1	21.4	0.3	26.8	4.6	1011.5
	R3	11.7	91.7	513.9	116.6	67.5	35.2	75.5	45.0	20.2	0.0	23.2	6.5	1007.0
	Aritmetik	12.1	90.5	507.5	115.9	70.7	32.7	79.0	43.3	22.8	0.1	27.8	5.4	1007.8
	Thiessen	12.1	90.0	506.7	115.5	70.8	32.2	79.5	42.1	23.7	0.1	29.3	5.2	1007.3
2003	R1	2.6	37.0	54.6	61.6	104.8	72.2	45.6	53.0	22.0	0.6	0.0	61.9	515.9
	R2	2.4	48.6	55.9	62.4	103.9	66.9	47.8	44.5	20.7	0.3	0.0	32.4	485.8
	R3	1.9	48.4	54.2	60.2	116.6	71.9	50.0	49.6	21.6	0.5	0.0	33.9	508.8
	Aritmetik	2.3	44.7	54.9	61.4	108.4	70.3	47.8	49.0	21.4	0.5	0.0	42.7	503.5
	Thiessen	2.4	42.9	54.9	61.5	107.0	70.5	47.2	49.7	21.5	0.5	0.0	47.2	505.4
2004	R1	2.3	18.5	99.9	258.3	82.4	4.8	11.6	92.7	0.2	0.0	7.7	0.0	578.4
	R2	3.0	16.9	96.2	252.9	79.4	4.8	17.8	76.1	0.3	0.0	11.3	0.0	558.7
	R3	2.9	19.1	94.9	263.0	79.1	4.8	11.6	85.6	0.3	0.0	12.1	0.0	573.4
	Aritmetik	2.7	18.2	97.0	258.1	80.3	4.8	13.7	84.8	0.3	0.0	10.4	0.0	570.2
	Thiessen	2.6	18.1	97.7	257.7	80.8	4.8	13.5	86.2	0.3	0.0	9.7	0.0	571.4

Çizelge 3.1. Topçu Deresi havzasında bulunan istasyonlarda 1985-2009 yılları arası ortalama yağış değerleri (mm) (Devam ediyor)

Yıllar	İst.No	A Y L A R												Yıllık
		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
2005	R1	9.7	73.1	16.8	44.9	61.5	55.3	42.0	31.0	18.5	0.0	0.3	29.4	382.5
	R2	11.9	67.9	18.2	45.1	58.3	53.0	43.7	18.1	12.9	0.0	0.2	22.6	351.9
	R3	11.8	69.6	18.1	43.5	58.1	50.2	39.5	23.9	16.8	0.0	0.2	18.6	350.3
	Aritmetik	11.1	70.2	17.7	44.5	59.3	52.8	41.7	24.3	16.1	0.0	0.2	23.5	361.6
	Thiessen	10.8	70.8	17.5	44.7	59.8	53.5	42.0	25.6	16.5	0.0	0.2	25.1	366.6
2006	R1	11.8	79.5	66.6	43.2	63.5	56.6	9.9	16.6	0.5	22.8	0.0	28.2	399.2
	R2	14.5	76.3	66.5	42.0	62.4	55.5	11.4	11.2	2.2	24.5	0.0	34.4	400.9
	R3	12.0	82.4	60.5	40.9	62.9	55.3	9.7	16.4	0.0	21.7	0.0	40.3	402.1
	Aritmetik	12.8	79.4	64.5	42.0	62.9	55.8	10.3	14.7	0.9	23.0	0.0	34.3	400.7
	Thiessen	12.7	79.1	65.3	42.4	63.0	56.0	10.3	14.9	0.9	23.1	0.0	32.6	400.3
2007	R1	51.8	119.3	0.0	13.3	108.1	30.8	33.0	49.4	2.3	4.9	0.1	0.0	413.0
	R2	43.4	119.8	0.1	14.6	106.8	36.8	35.2	55.1	1.5	27.1	0.2	0.0	440.6
	R3	51.3	119.9	0.0	13.9	103.3	35.9	27.9	63.0	2.2	17.4	0.0	0.0	434.8
	Aritmetik	48.8	119.7	0.0	13.9	106.1	34.5	32.0	55.8	2.0	16.5	0.1	0.0	429.5
	Thiessen	49.2	119.6	0.0	13.8	106.7	33.7	32.6	54.0	2.0	14.2	0.1	0.0	425.9
2008	R1	7.0	117.6	120.6	25.2	53.3	45.4	10.8	81.6	0.0	0.0	6.6	14.8	482.9
	R2	14.5	130.7	117.1	25.6	53.5	38.0	11.4	64.2	0.3	0.0	5.8	11.8	472.9
	R3	15.8	128.8	120.4	26.8	53.8	42.4	11.0	70.0	0.0	0.0	6.3	14.1	489.4
	Aritmetik	12.4	125.7	119.4	25.9	53.5	41.9	11.1	71.9	0.1	0.0	6.2	13.6	481.7
	Thiessen	11.1	123.9	119.5	25.7	53.5	42.6	11.0	73.9	0.1	0.0	6.3	13.8	481.3
2009	R1	44.7	54.1	68.9	160.9	154.8	87.8	87.0	45.1	0.0	11.1	0.1	61.6	776.1
	R2	38.7	49.7	67.5	156.8	140.7	89.6	98.2	40.2	0.2	11.9	0.1	66.3	759.9
	R3	44.1	48.3	65.2	165.8	141.4	88.4	90.7	42.2	0.0	6.6	0.0	59.2	751.9
	Aritmetik	42.5	50.7	67.2	161.2	145.6	88.6	92.0	42.5	0.1	9.9	0.1	62.4	762.6
	Thiessen	42.8	51.6	67.7	160.7	147.8	88.5	91.1	43.0	0.1	10.4	0.1	62.5	766.2
25 YILLIK ORTALAMA	R1	33.9	84.1	128.1	87.6	78.0	66.0	44.3	60.1	22.3	5.4	7.1	21.0	638.0
	R2	33.8	83.6	125.3	87.7	75.9	64.8	43.6	55.8	21.3	5.6	7.3	19.1	623.8
	R3	35.8	84.3	126.9	88.5	77.4	65.9	42.0	56.2	23.9	5.7	7.2	19.9	633.8
	Aritmetik	34.5	84.0	126.7	87.9	77.1	65.6	43.3	57.3	22.5	5.6	7.2	20.0	631.9
	Thiessen	34.3	83.8	126.8	87.8	77.1	65.6	43.5	57.8	22.4	5.5	7.2	20.1	631.9
	Max. Aritmetik	114.5	266.6	507.5	258.1	145.6	278.9	138.2	174.9	141.9	30.1	40.9	74.4	1053.5
	Max. Thiessen	112.7	265.8	506.7	257.7	147.8	278.7	139.1	175.5	141.5	31.2	40.1	74.1	1058.1

Çizelge 3.2. Topçu Deresi havzasında 1985-2009 yılları arası yağış ve akım değerleri (mm)

SU YILI		A Y L A R												Yıllık
		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
1985	Yağış	0.0	70.2	77.5	169.9	92.0	108.8	57.0	34.7	3.7	0.0	0.0	11.6	625.4
	Top.Akım	0.00	0.00	0.00	3.20	11.30	10.56	10.39	0.87	0.24	0.00	0.00	0.00	36.56
	Yüz.Akım	0.00	0.00	0.00	2.84	8.38	8.20	7.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.13
	Tab.Akım	0.00	0.00	0.00	0.36	2.92	2.36	2.68	0.87	0.24	0.00	0.00	0.00	9.43
	Ana Akım													
	Y.A.Kat.%	0.00	0.00	0.00	1.62	9.71	7.52	13.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.34
1986	Yağış	69.0	75.0	50.8	114.6	63.2	9.1	2.6	175.5	87.6	0.0	0.0	0.5	647.9
	Top.Akım	0.15	0.36	0.03	1.19	0.69	0.23	0.03	23.36	9.91	0.00	0.00	0.00	35.95
	Yüz.Akım	0.15	0.35	0.02	0.99	0.35	0.00	0.00	22.76	9.77	0.00	0.00	0.00	34.39
	Tab.Akım	0.00	0.01	0.01	0.20	0.34	0.23	0.03	0.60	0.14	0.00	0.00	0.00	1.56
	Ana Akım													
	Y.A.Kat.%	0.22	0.47	0.04	0.86	0.55	0.00	0.00	12.97	11.15	0.00	0.00	0.00	5.31
1987	Yağış	10.9	60.8	93.8	109.7	35.7	278.7	26.0	32.5	7.2	12.3	12.0	0.0	679.6
	Top.Akım	0.00	0.57	0.05	2.31	0.31	54.64	2.69	1.10	0.22	0.03	0.00	0.00	61.92
	Yüz.Akım	0.00	0.57	0.05	1.72	0.01	44.92	0.16	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	47.45
	Tab.Akım	0.00	0.00	0.00	0.59	0.30	9.72	2.53	1.08	0.22	0.03	0.00	0.00	14.47
	Ana Akım													
	Y.A.Kat.%	0.00	0.94	0.05	1.57	0.03	16.12	0.62	0.06	0.00	0.00	0.03	0.00	6.98
1988	Yağış	35.0	79.1	301.9	51.4	137.6	161.6	26.6	116.5	141.5	0.0	0.0	6.9	1058.1
	Top.Akım	0.00	0.15	71.38	2.47	11.02	34.55	5.93	23.39	33.85	1.21	0.61	0.36	184.92
	Yüz.Akım	0.00	0.08	68.28	1.48	7.32	19.23	0.32	19.98	31.99	0.00	0.00	0.00	148.68
	Tab.Akım	0.00	0.07	3.10	0.99	3.70	15.32	5.61	3.41	1.86	1.21	0.61	0.36	36.24
	Ana Akım													
	Y.A.Kat.%	0.00	0.10	22.68	2.88	5.32	11.90	1.20	17.47	22.61	0.00	0.00	0.00	14.05
1989	Yağış	112.7	105.4	96.3	84.1	4.2	42.3	0.0	16.4	3.8	0.0	0.0	17.5	482.7
	Top.Akım	6.06	8.54	9.93	16.62	1.94	2.03	0.56	0.82	0.16	0.07	0.06	0.01	46.80
	Yüz.Akım	5.64	7.18	4.86	10.39	0.00	0.72	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.01	29.33
	Tab.Akım	0.42	1.36	5.07	6.23	1.94	1.31	0.56	0.29	0.16	0.07	0.06	0.00	17.47
	Ana Akım													
	Y.A.Kat.%	5.00	6.81	5.05	12.35	0.00	1.70	0.00	3.23	0.00	0.00	0.00	0.06	6.08
1990	Yağış	74.7	101.8	61.4	29.0	142.8	64.7	7.3	21.8	16.3	16.0	8.7	74.1	618.6
	Top.Akım	2.58	2.92	2.04	0.06	13.93	3.97	0.07	0.06	0.02	0.00	0.00	13.06	38.71
	Yüz.Akım	2.55	2.88	1.95	0.02	13.32	3.26	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	13.06	37.07
	Tab.Akım	0.03	0.04	0.09	0.04	0.61	0.71	0.07	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	1.64
	Ana Akım													
	Y.A.Kat.%	3.41	2.83	3.18	0.07	9.33	5.04	0.00	0.05	0.01	0.02	0.00	17.62	5.99
1991	Yağış	25.1	10.7	63.2	43.5	102.3	13.6	123.9	33.1	0.9	0.1	0.0	54.0	470.3
	Top.Akım	0.12	0.00	4.65	0.11	1.98	0.02	14.65	0.35	0.00	0.00	0.00	3.90	25.78
	Yüz.Akım	0.12	0.00	4.65	0.11	1.98	0.02	14.65	0.35	0.00	0.00	0.00	3.90	25.78
	Tab.Akım	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Ana Akım													
	Y.A.Kat.%	0.48	0.00	7.37	0.25	1.94	0.15	11.81	1.05	0.00	0.00	0.00	7.22	5.48

Çizelge 3.2. Topçu Deresi havzasında 1985-2009 yılları arası yağış ve akım değerleri (mm) (Devam ediyor)

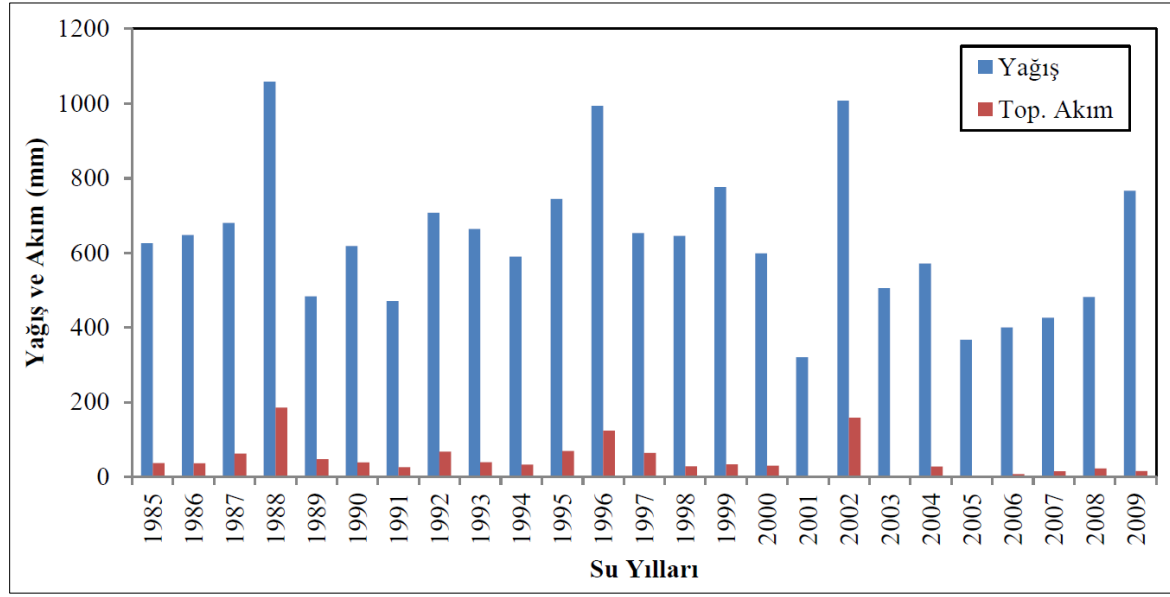
SU YILI		A Y L A R												Yıllık
		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
1992	Yağış	35.2	45.7	353.5	8.1	34.2	30.5	10.2	136.4	23.8	11.0	0.0	18.7	707.4
	Top.Akım	0.16	0.00	43.02	1.23	0.27	0.19	0.05	22.63	0.03	0.00	0.00	0.00	67.58
	Yüz.Akım	0.16	0.00	41.60	0.21	0.06	0.03	0.00	22.19	0.00	0.00	0.00	0.00	64.26
	Tab.Akım	0.00	0.00	1.42	1.02	0.21	0.16	0.05	0.44	0.03	0.00	0.00	0.00	3.33
	Ana Akım													
	Y.A.Kat.%	0.45	0.00	11.77	2.59	0.18	0.10	0.00	16.27	3.32	0.00	0.00	0.01	9.08
1993	Yağış	2.5	133.1	185.7	43.2	54.0	74.4	34.2	118.7	17.5	0.0	0.8	0.0	664.1
	Top.Akım	0.00	6.01	19.23	0.72	0.95	8.21	1.17	2.81	0.33	0.02	0.00	0.00	39.45
	Yüz.Akım	0.00	5.83	17.49	0.46	0.55	4.68	0.64	2.09	0.03	0.00	0.00	0.00	31.77
	Tab.Akım	0.00	0.18	1.74	0.26	0.40	3.53	0.53	0.72	0.30	0.02	0.00	0.00	7.68
	Ana Akım													
	Y.A.Kat.%	0.00	4.38	9.42	1.06	1.02	6.26	1.87	1.76	0.17	0.00	0.00	0.00	4.78
1994	Yağış	0.0	11.0	58.5	194.3	93.7	73.4	29.1	87.1	16.4	8.6	12.0	4.9	589.0
	Top.Akım	0.00	0.00	0.03	3.53	3.01	14.00	0.63	10.22	1.19	0.02	0.00	0.00	32.63
	Yüz.Akım	0.00	0.00	0.03	3.04	2.03	8.26	0.01	9.36	0.97	0.00	0.00	0.00	23.70
	Tab.Akım	0.00	0.00	0.00	0.49	0.98	5.74	0.62	0.86	0.22	0.02	0.00	0.00	8.93
	Ana Akım													
	Y.A.Kat.%	0.00	0.00	0.05	1.56	2.17	11.24	0.03	10.71	5.91	0.00	0.02	0.00	4.02
1995	Yağış	27.9	254.7	144.2	85.4	52.7	50.9	66.7	26.6	16.6	4.3	0.0	14.0	744.0
	Top.Akım	0.00	25.60	18.37	8.33	8.18	3.25	3.06	1.41	0.61	0.26	0.05	0.01	69.13
	Yüz.Akım	0.00	21.49	13.51	3.62	3.48	0.31	0.83	0.07	0.04	0.00	0.00	0.01	43.36
	Tab.Akım													
	Ana Akım	0.00	4.11	4.86	4.71	4.70	2.94	2.23	1.34	0.57	0.26	0.05	0.00	25.77
	Y.A.Kat.%	0.00	8.44	9.38	4.25	6.62	0.61	1.24	0.26	0.24	0.00	0.00	0.07	5.83
1996	Yağış	32.22	265.80	55.88	195.80	88.80	136.55	51.99	62.99	56.32	0.00	40.07	7.39	993.8
	Top.Akım	0.16	35.02	1.25	41.18	11.26	19.48	4.58	6.33	1.81	0.47	0.57	0.92	123.02
	Yüz.Akım	0.16	31.25	0.84	33.18	4.27	9.44	0.51	4.34	0.80	0.00	0.33	0.00	85.12
	Tab.Akım													
	Ana Akım	0.00	3.77	0.41	8.00	7.00	10.04	4.07	1.99	1.00	0.47	0.24	0.92	37.90
	Y.A.Kat.%	0.49	11.74	1.51	16.94	4.81	6.92	0.99	6.90	1.43	0.00	0.60	0.00	8.57
1997	Yağış	84.7	30.6	208.3	40.4	70.5	35.4	86.3	14.9	6.2	31.2	15.4	28.9	652.8
	Top.Akım	3.58	0.98	47.91	5.44	2.22	0.55	1.73	0.30	0.15	1.03	0.03	0.28	64.20
	Yüz.Akım	3.32	0.80	45.15	3.82	1.42	0.10	1.21	0.00	0.00	0.92	0.00	0.28	57.02
	Tab.Akım													
	Ana Akım	0.26	0.18	2.76	1.63	0.80	0.45	0.53	0.30	0.15	0.10	0.03	0.00	7.18
	Y.A.Kat.%	3.92	2.61	21.68	9.45	2.01	0.29	1.40	0.03	0.00	2.96	0.00	0.95	8.74
1998	Yağış	103.1	106.0	170.3	54.9	2.7	99.1	45.6	27.4	0.2	5.9	0.0	29.8	645.1
	Top.Akım	1.87	7.06	13.67	2.21	0.77	1.44	0.67	0.30	0.10	0.02	0.00	0.02	28.13
	Yüz.Akım	1.77	6.87	11.77	0.87	0.00	0.61	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	22.01
	Tab.Akım													
	Ana Akım	0.10	0.18	1.90	1.34	0.77	0.84	0.56	0.30	0.10	0.02	0.00	0.00	6.12
	Y.A.Kat.%	1.72	6.48	6.91	1.58	0.00	0.61	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	3.41

Çizelge 3.2. Topçu Deresi havzasında 1985-2009 yılları arası yağış ve akım değerleri (mm) (Devam ediyor)

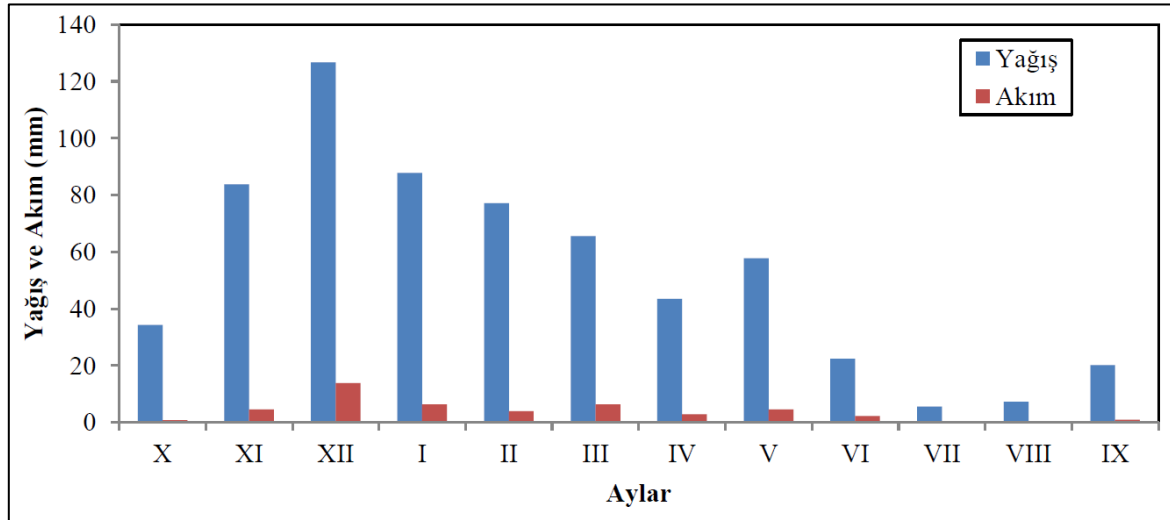
SU YILI		A Y L A R												Yıllık
		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
1999	Yağış	68.7	62.1	215.0	69.0	97.2	38.7	39.3	38.9	95.4	0.1	14.2	37.5	776.0
	Top.Akım	5.60	0.07	9.93	0.84	8.42	0.86	0.42	1.38	5.69	0.01	0.00	0.23	33.45
	Yüz.Akım	5.56	0.01	9.10	0.51	6.76	0.18	0.07	1.22	5.56	0.00	0.00	0.23	29.20
	Tab.Akım													
	Ana Akım	0.05	0.06	0.83	0.33	1.66	0.68	0.34	0.16	0.13	0.01	0.00	0.01	4.24
	Y.A.Kat.%	8.08	0.01	4.23	0.74	6.96	0.47	0.19	3.14	5.83	0.00	0.00	0.61	3.76
2000	Yağış	3.7	7.3	52.8	174.4	99.8	18.6	139.1	62.6	0.5	0.0	31.1	8.3	598.2
	Top.Akım	0.00	0.00	0.01	2.88	4.36	0.92	15.79	4.62	0.51	0.24	0.12	0.08	29.53
	Yüz.Akım	0.00	0.00	0.01	2.15	2.27	0.00	12.86	3.27	0.00	0.00	0.07	0.00	20.62
	Tab.Akım													
	Ana Akım	0	0	0	0.73	2.09	0.92	2.94	1.35	0.51	0.24	0.06	0.08	8.91
	Y.A.Kat.%	0.00	0.00	0.02	1.23	2.27	0.00	9.24	5.22	0.00	0.00	0.22	0.00	3.45
2001	Yağış	27.8	80.7	50.4	5.9	66.2	21.6	14.7	49.3	0.6	0.2	0.0	2.9	320.3
	Top.Akım	0.00	0.25	0.07	0.03	0.08	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
	Yüz.Akım	0.00	0.25	0.07	0.03	0.08	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
	Tab.Akım													
	Ana Akım	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Y.A.Kat.%	0.02	0.30	0.13	0.46	0.12	0.24	0.09	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
2002	Yağış	12.1	90.0	506.7	115.5	70.8	32.2	79.5	42.1	23.8	0.1	29.3	5.2	1007.3
	Top.Akım	0.00	0.00	96.45	47.47	4.75	2.65	2.86	1.52	1.89	0.17	0.11	0.01	157.89
	Yüz.Akım	0.00	0.00	81.94	23.89	0.85	0.29	0.50	0.34	1.30	0.00	0.08	0.00	109.19
	Tab.Akım													
	Ana Akım	0.00	0.00	14.52	23.58	3.90	2.36	2.37	1.18	0.59	0.17	0.03	0.01	48.70
	Y.A.Kat.%	0.00	0.00	16.17	20.68	1.21	0.90	0.62	0.81	5.49	0.00	0.26	0.00	10.84
2003	Yağış	2.4	42.9	54.9	61.5	107.0	70.5	47.2	49.8	21.5	0.5	0.0	47.2	505.4
	Top.Akım	0.00	0.10	0.06	0.09	0.19	0.14	0.06	0.43	0.04	0.04	0.01	0.00	1.16
	Yüz.Akım	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45
	Tab.Akım	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
	Ana Akım	0.00	0.04	0.06	0.09	0.19	0.14	0.06	0.04	0.04	0.04	0.01	0.00	0.71
	Y.A.Kat.%	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
2004	Yağış	2.70	18.15	97.74	257.67	80.81	4.80	13.46	86.23	0.25	0.00	9.70	0.00	571.5
	Top.Akım	0.00	0.00	0.00	17.91	4.96	0.11	0.02	4.41	0.01	0.00	0.00	0.00	27.42
	Yüz.Akım	0.00	0.00	0.00	15.62	3.57	0.00	0.00	4.38	0.00	0.00	0.00	0.00	23.57
	Tab.Akım													
	Ana Akım	0.00	0.00	0.00	2.30	1.39	0.11	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	3.86
	Y.A.Kat.%	0.00	0.00	0.00	6.06	4.42	0.00	0.00	5.08	0.00	0.00	0.00	0.00	4.12
2005	Yağış	10.8	70.8	17.5	44.7	59.8	53.5	42.0	25.6	16.5	0.0	0.2	25.1	366.6
	Top.Akım	0.0	0.0	0.0	0.0	0.02	0.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.07
	Yüz.Akım	0.0	0.0	0.0	0.0	0.02	0.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.07
	Tab.Akım													
	Ana Akım	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0005	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0005
	Y.A.Kat.%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.029	0.099	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.02

Çizelge 3.2. Topçu Deresi havzasında 1985-2009 yılları arası yağış ve akım değerleri (mm) (Devam ediyor)

SU YILI		A Y L A R												Yıllık
		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
2006	Yağış	12.65	79.15	65.29	42.36	63.04	56.00	10.31	14.94	0.91	23.08	0.00	32.60	400.3
	Top.Akım	0.00	0.19	3.06	0.01	0.17	0.03	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	3.39	6.90
	Yüz.Akım	0.00	0.18	3.03	0.01	0.15	0.02	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	3.39	6.83
	Tab.Akım													
	Ana Akım	0.00	0.02	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07
	Y.A.Kat. %	0.00	0.23	4.64	0.03	0.24	0.04	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	10.39	1.71
2007	Yağış	49.18	119.58	0.03	13.82	106.70	33.67	32.59	53.97	2.04	14.19	0.11	0.00	425.9
	Top.Akım	0.12	13.27	0.00	0.00	1.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.88
	Yüz.Akım	0.12	11.36	0.00	0.00	1.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.80
	Tab.Akım													
	Ana Akım	0.00	1.92	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.08
	Y.A.Kat. %	0.23	9.50	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.01
2008	Yağış	11.10	123.88	119.51	25.66	53.47	42.55	11.02	73.94	0.09	0.00	6.30	13.75	481.3
	Top.Akım	0.01	11.18	5.58	0.00	0.07	0.00	0.00	5.43	0.00	0.00	0.00	0.00	22.26
	Yüz.Akım	0.01	10.89	4.96		0.06			5.42					21.33
	Tab.Akım													
	Ana Akım	0.00	0.29	0.62	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93
	Y.A.Kat. %	0.08	8.79	4.15	0.00	0.11	0.00	0.00	7.33	0.00	0.00	0.00	0.00	4.43
2009	Yağış	42.77	51.56	67.70	160.70	147.8	88.47	91.14	43.03	0.06	10.40	0.08	62.51	766.2
	Top.Akım	0.25	0.00	0.01	1.05	6.65	0.41	6.75	0.32	0.00	0.00	0.00	0.14	15.58
	Yüz.Akım	0.24	0.00	0.01	0.91	5.98	0.21	6.67	0.29	0.00	0.00	0.00	0.13	14.45
	Tab.Akım													
	Ana Akım	0.01	0.00	0.00	0.13	0.67	0.20	0.08	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	1.13
	Y.A.Kat. %	0.56	0.01	0.01	0.57	4.05	0.24	7.32	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	1.89
25 Yıllık Ort.	Yağış	34.3	83.8	126.8	87.8	77.1	65.6	43.5	57.8	22.4	5.5	7.2	20.1	631.9
	Top.Akım	0.83	4.49	13.87	6.36	3.96	6.33	2.89	4.48	2.27	0.15	0.06	0.90	46.58
	Yüz.Akım	0.79	4.00	12.37	4.23	2.57	4.02	1.85	3.88	2.02	0.04	0.02	0.84	36.64
	Tab.Akım													
	Ana Akım	0.03	0.49	1.50	2.12	1.39	2.31	1.03	0.60	0.25	0.11	0.04	0.06	9.93
	Y.A.Kat. %	2.31	4.77	9.76	4.82	3.33	6.13	4.25	6.71	9.02	0.71	0.26	4.18	5.80



Şekil 3.8. Topçu Deresi mikro havzası, 1985-2009 yıllarına ait yıllık yağış ve akım miktarları [7]



Şekil 3.9. Topçu Deresi mikro havzası, 1985-2009 yıllarına ait aylık yağış ve akım miktarları [7]

3.1.5. Çalışma Alanı Sediment Verimi

Topçu Deresi alt havzasında, havza sediment verimini belirlemek amacıyla 2000 ile 2009 yılları arasında ölçümler yapılmıştır. Bu süre boyunca 2001 ve 2003 yıllarında sediment verimi ölçümü yapılamamış, diğer 8 yılda ise toplam 89.213 ton/ha sediment verimi ölçülmüştür. Topçu Deresi alt havzasında 2000-2009 yılları arasında meydana gelen sediment verimlerinin %84,9'u Ocak, Nisan ve Mayıs aylarında meydana gelmiştir. En fazla sediment verimi meydana getiren yağış olayları sırasıyla Ocak, Şubat, Aralık, Nisan ve Mayıs aylarında meydana gelmiştir.

2000-2009 su yılları arasında 4 ha'lık mikro havzada yapılan sediment ölçümleri sonucunda 89.213 ton/ha sediment verimi meydana geldiği belirlenmiştir. Bu miktarın 68.303 ton/ha'ı yatak yükü, 20.909 ton/ha'ı ise süspanse sediment verimi olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.3). 2001 ve 2003 su yıllarında sediment verimi meydana gelmemiştir. 2001 ve 2003 su yıllarında yağışın ve dolayısı ile yüzey akışların azlığı, o yıllarda alt havzadaki arazi yüzeyinin tamamına yakınının buğday ekili olması sediment verimi olmayışına gerekçe olarak gösterilmektedir [7].

Çizelge 3.3. Topçu Deresi mikro havzasında 2000-2009 yılları arası meydana gelen sediment verimi

YILLAR	Sediment Verimi		Yıllık Sediment Verimi (ton/ha)
	Yatak Yükü Sediment Verimi (ton/ha)	Süspanse Sediment Verimi (ton/ha)	
2000	52.616	3.809	56.426
2001	.	.	.
2002	1.334	0.203	1.536
2003	.	.	.
2004	8.520	12.870	21.390
2005	0.0000	0.0004	0.0004
2006	0.580	0.558	1.138
2007	0.000	0.020	0.020
2008	0.521	1.085	1.606
2009	4.733	2.363	7.096
TOPLAM	68.303	20.909	89.213

3.2. MUSLE Yönteminin Çalışma Alanında Uygulanması

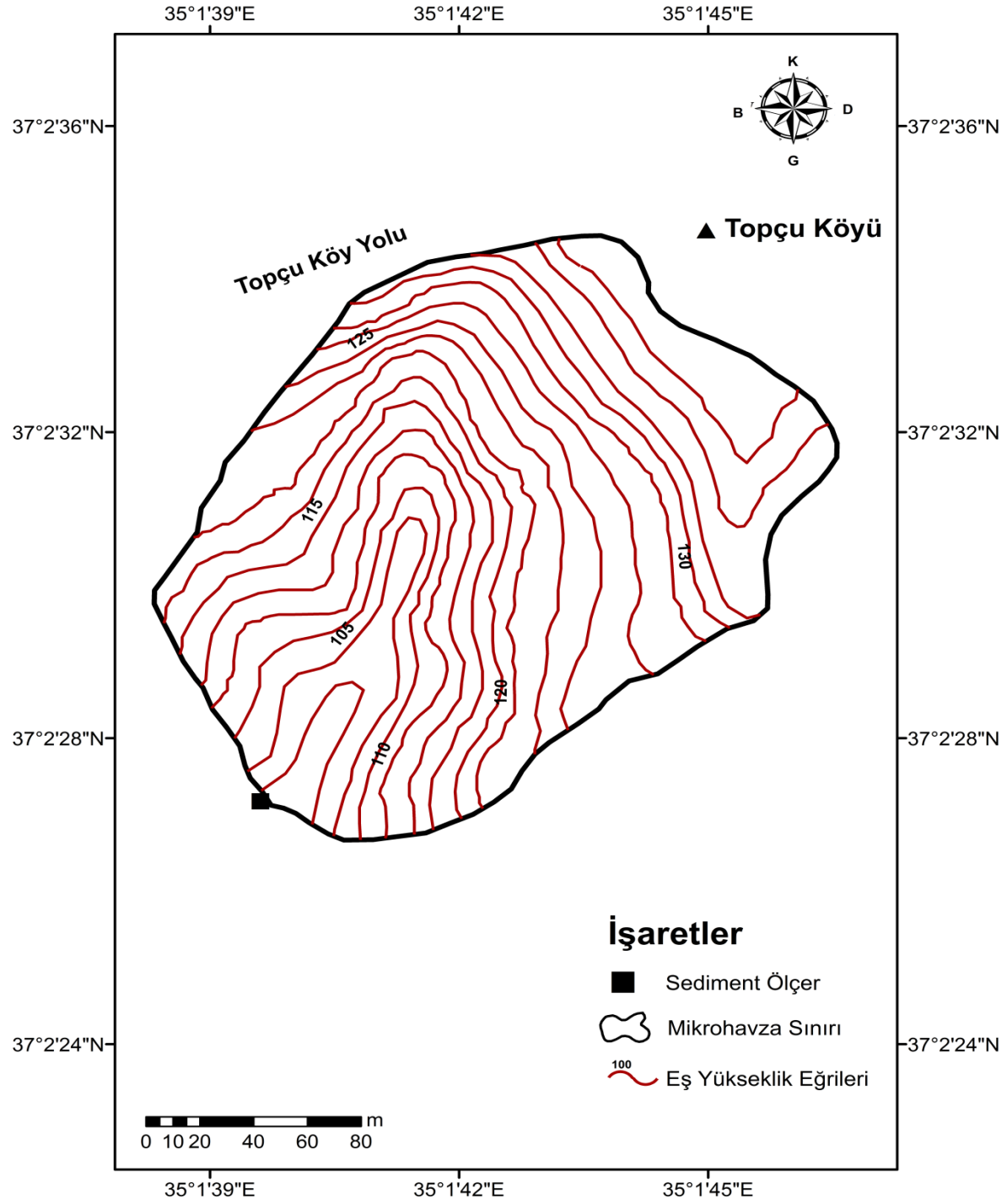
Yüksek lisans tezi kapsamında Mersin Tarsus Topçu Deresi alt havzasında MUSLE yöntemi kullanılarak erozyon potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yöntemin çalışma sahasında uygulanması için öncelikle alt havzaya ait mevcut veriler değerlendirilmiş ve model parametreleri için gerekli olan yeni veriler üretilmiştir.

Topografik yükseklik erozyon ve bozunma durumunu kontrol eden ve toprak özelliklerini etkileyen bir parametredir [91], [92] . Bu nedenle havzada yükseklik değerlerinin sayısal ortamda değerlendirilmesi ve erozyon modelinde kullanılması son derece önemlidir.

Havzaya ait eş yükselti eğrileri haritası ve yapılan arazi çalışmalarında sahadan alınan yükseklik verileri ile çalışma alanı için CBS ortamında Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturulmuştur. Oluşturulan SYM ile mikro havzaya ait yüzey analizleri (eğim, bakı, kabartı vb. haritalar) yapılmıştır. Elde edilen yüzey analizleri ve haritalar MUSLE faktörlerini oluşturmak için altlık veri ve girdi parametresi olarak kullanılmıştır. Çalışma alanına ait konumsal analizlerde, ArcGIS 9.3.1. yazılımından faydalanılmıştır.

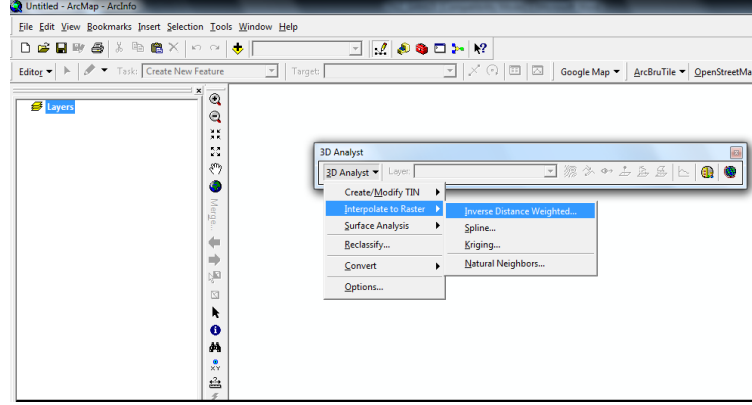


Şekil 3.10. Hassas GPS ile arazide koordinat ölçümü

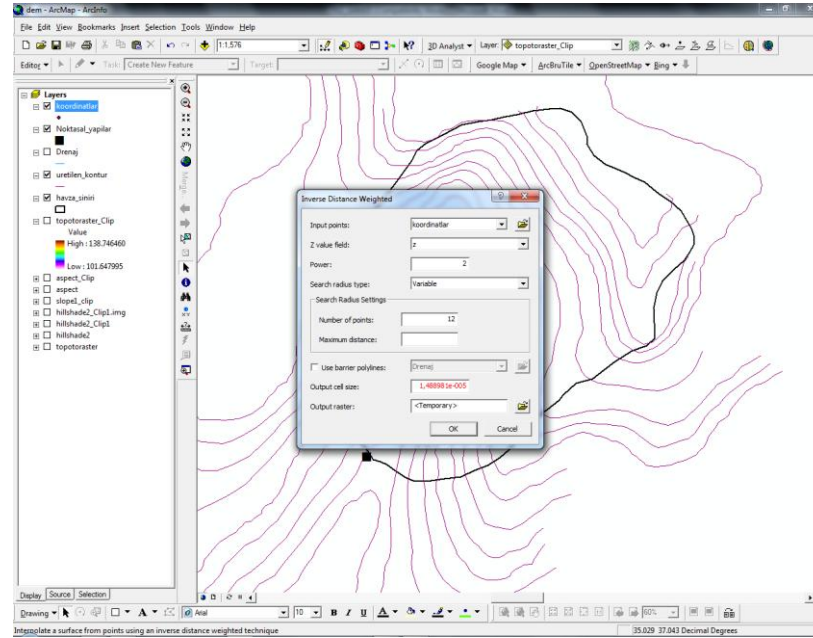


Şekil 3.11. Çalışma alanına ait eş yükseklik eğrileri

Havzaya ait eş yükseklik eğrileri haritasının oluşturulmasının ardından ArcGIS yazılımının 3D Analiz ve İstatistiksel Analiz yapan araçları kullanılarak havzaya ait SYM haritası oluşturulmuştur. Sayısal yükseklik modeli oluşturulması işleminde Inverse Distance Weighted yöntemi ile interpolasyon işlemi yapan 3D Analysis > IDW eklentisi kullanılmıştır (Şekil 3.12.). İnterpolasyon sonucu eş yükseklik verilerinden sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur.



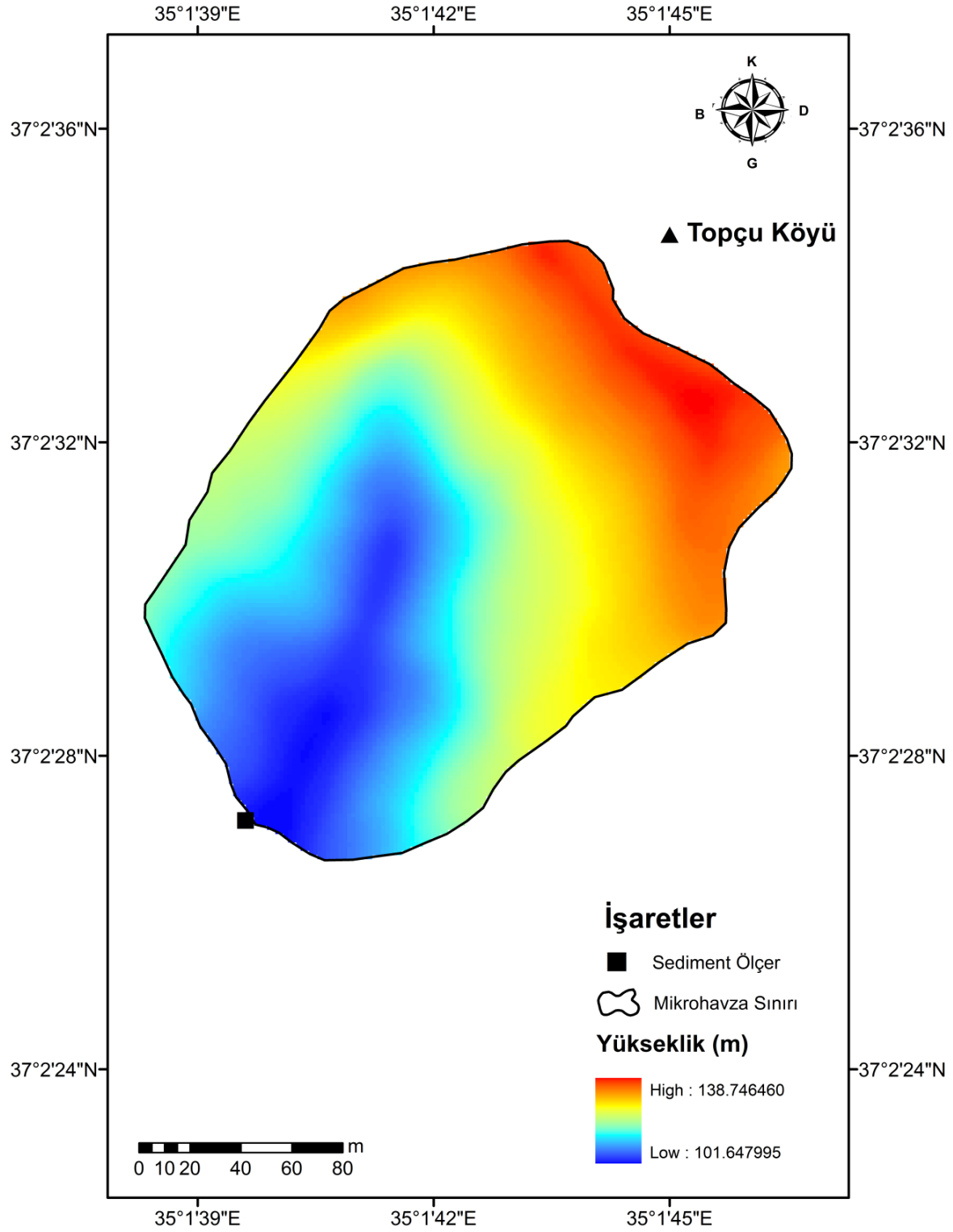
Şekil 3.12. ArcGIS yazılımı arayüzü ve 3D Analiz eklentisi



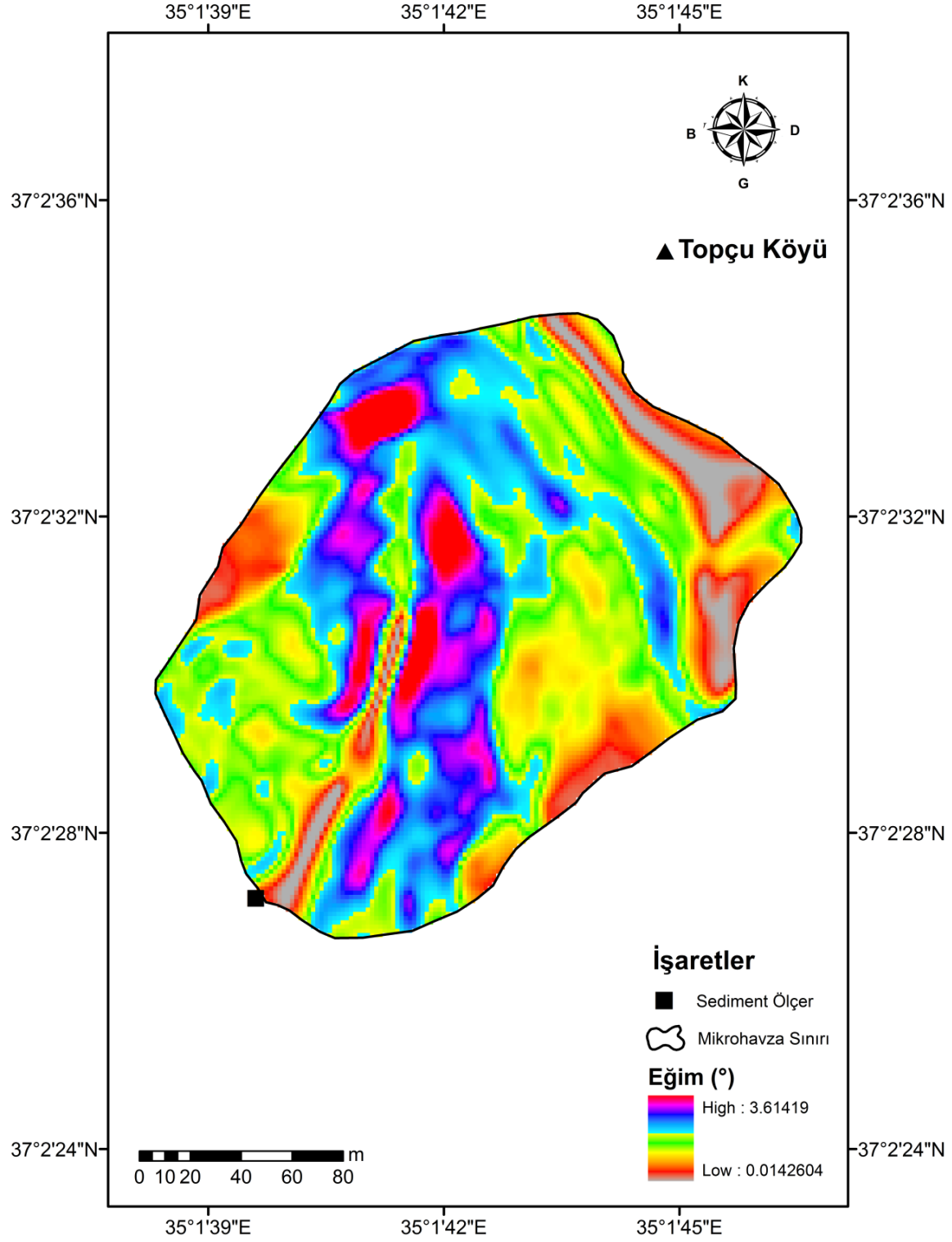
Şekil 3.13. 3D Analiz IDW modülü

Eş yükselti eğrileri ve araziden alınan yükseklik noktalarından faydalanılarak elde edilen SYM raster verisinde, yüzölçümün küçük olması göz önünde bulundurularak detaylı veri elde etmek için piksel boyutu olabildiğince hassas tutulmaya çalışılmış, bu amaçla yazılımının izin verdiği maksimum matris çözüm sayısı göz önüne alınarak piksel boyutu 1,488981e-005 olarak alınmıştır. Koordinat verileri ve istenen değerlerin girilmesini ardından MUSLE faktörü hesabı için altlık oluşturacak sayısal yükseklik modeli elde edilmiştir (Şekil 3.14.).

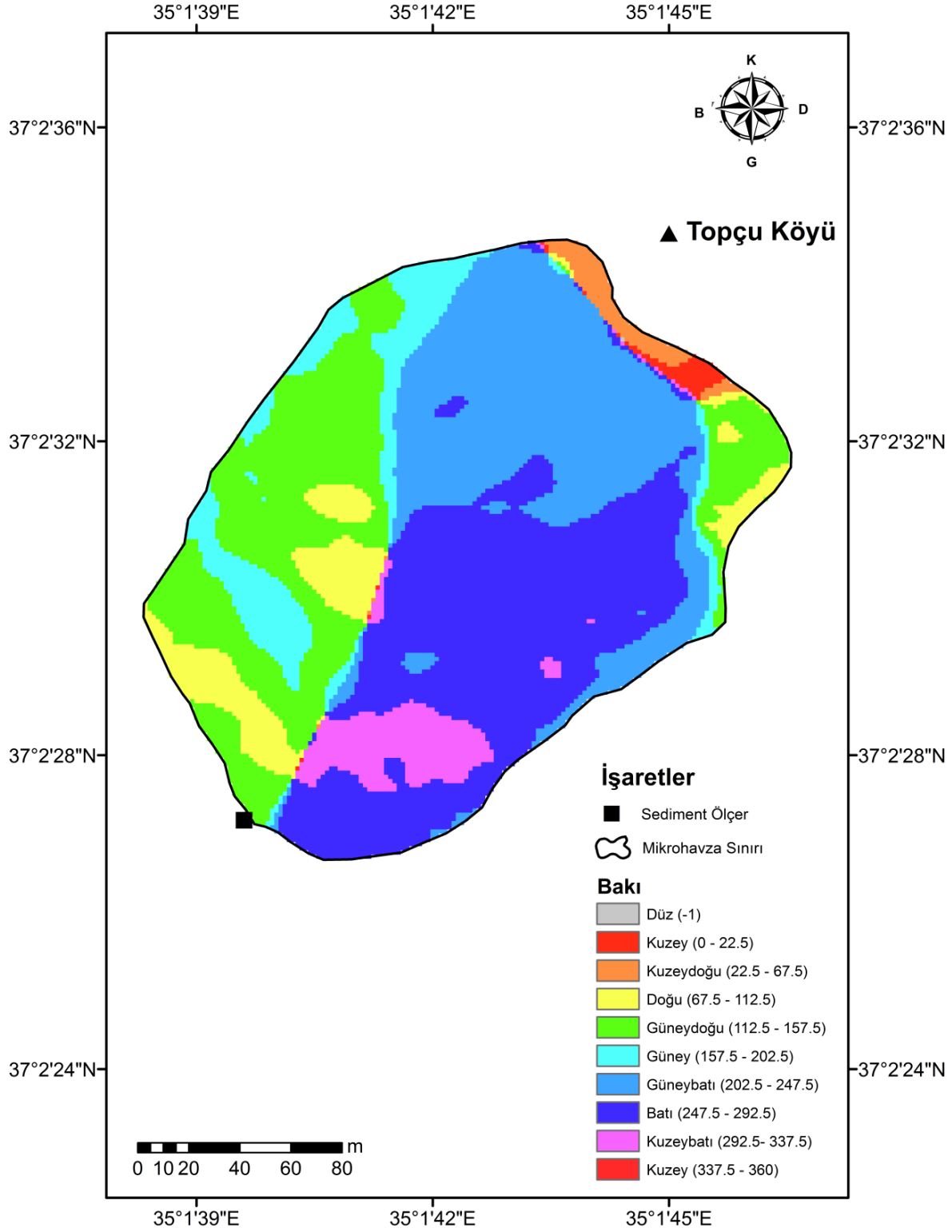
Çalışma alanına ait SYM katmanının elde edilmesinin ardından MUSLE faktörleri için kullanılacak konumsal analizler yapılmış, yüzey analizlerine ait eğim ve bakı katmanları elde edilmiştir. Konumsal analizler yapılırken ArcGIS Spatial Analysis > Surface Analysis eklentisinden faydalanılmıştır. MUSLE yönteminin katmanlara uygulanması ve amprik denklemin raster verilere uygulanması için katmanlarda piksel boyutlarının birbirleri ile uyumu olması gerekmektedir. O nedenle konumsal analizlerde üretilen katmanların piksel boyutları da benzer şekilde 1,488981e-005 olarak alınmıştır. Piksel boyundaki hassasiyet, eğim aralığı çok fazla olmayan mikro havzalarda gösterim açısından fayda sağlamaktadır.



Şekil 3.14. Çalışma alanına ait sayısal yükseklik modeli



Şekil 3.15. Çalışma alanına ait eğim haritası



Şekil 3.16. Çalışma alanına ait baki haritası

Altlık veriler ve konumsal analizlerin ardından, elde edilen katmanlar kullanılarak MUSLE parametreleri CBS ortamında ayrı katmanlar şeklinde oluşturulmuştur.

3.2.1. Çalışma Alanına Ait Q (Akış Hacmi) ve q_{peak} (Pik Akım) Parametreleri

Q parametresi MUSLE yöntemi ile yapılan erozyon tahmininde, her bir yağış olayı için hesaplanan ve/veya ölçülen akım hacmidir. q_{peak} değeri ise her bir yağış olayında meydana gelen pik akım değeri olarak tanımlanmaktadır.

Q ve q_{peak} parametreleri USLE modelinin aksine, MUSLE modelinde sediment verimini doğrudan etkileyen fiziksel parametrelerdir.

Yüksek lisans tez çalışması kapsamında Mersin Tarsus Topçu Deresi Alt Havzası'nda 2000-2010 yılları arasında ölçülen yağış verileri ile Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü tarafından, TAGEM-BB-TOPRAKSU-2011/125 proje numarası ile yapılan çalışma kapsamında elde edilen akım ve pik akım değerleri dikkate alınmıştır. Bu değerler, elde edilen diğer MUSLE faktör katmanları ile beraber CBS ortamında amprik eşitliğe konularak, her bir yağış olayı sonucu meydana gelebilecek sediment verimleri hesaplanmıştır.

Çizelge 3.4. Mersin Tarsus Topçu Deresi alt havzası 2000 su yılı sediment verimleri

Yağış Tarihi	Yağış Yüksekliği (mm)	30 Dakikalık		Yatak Yükü Sediment Miktarı (ton/ha)	Süspanse Sediment Miktarı (ton/ha)	Toplam Sediment Miktarı (ton/ha)
		Yağış Miktarı (cm)	Maksimum Yağış Şiddeti (cm/h)			
08.01.2000	51.9	0.72	1.44	0.0015	0.1759	0.1774
09.01.2000	10.5	0.60	1.20	0.0012	0.0001	0.0013
10.01.2000	1.6	0.08	0.16	0	0	0
19.01.2000	22.4	0.18	0.36	0	0.0004	0.0004
20.01.2000	18.8	0.20	0.40	0	0.0657	0.0657
25.01.2000	24.6	0.34	0.68	0.0138	0.6267	0.6405
31.01.2000	3.6	0.13	0.26	0	0	0
01.02.2000	6.9	0.13	0.26	0	0.0001	0.0001
16.02.2000	24.3	0.33	0.66	0	0.0221	0.0221
17.02.2000	18.0	0.55	1.10	0.0011	0.1338	0.1349
20.02.2000	12.5	0.50	1.00	0.0086	0.0257	0.0343
22.02.2000	23.1	0.24	0.48	0	0.7117	0.7117
23.02.2000	1.3	0.90	1.80	0.0105	0.0258	0.0363
25.02.2000	2.2	0.50	1.00	0	0.0050	0.0050
12.03.2000	6.4	0.35	0.70	0	0.0261	0.0261
20.03.2000	2.2	0.10	0.20	0	0.0070	0.0070
20.04.2000	64.8	1.16	2.32	3.5946	46.2804	49.875
21.04.2000	25.4	0.65	1.30	0.0452	0.3943	0.4395
22.04.2000	5.1	0.37	0.74	0.0301	0.0473	0.0774
23.04.2000	6.9	0.40	0.80	0.0011	0.0896	0.0907
24.04.2000	18.9	0.89	1.78	0.0224	0.1767	0.1991
05.05.2000	18.1	0.58	1.16	0.0215	0.2443	0.2658
06.05.2000	17.9	0.47	0.94	0.0388	0.2545	0.2933
07.05.2000	15.2	1.52	3.04	0.0081	3.0580	3.0661
08.05.2000	2.0	0.18	0.36	0.0108	0.2452	0.2560
TOPLAM				3.8093	52.6164	56.4257

Çizelge 3.5. Mersin Tarsus Topçu Deresi alt havzası 2002 su yılı sediment verimleri

Yağış Tarihi	Yağış Yüksekliği (mm)	30 Dakikalık		Yatak Yüğü Sediment Miktarı (ton/ha)	Süspanse Sediment Miktarı (ton/ha)	Toplam Sediment Miktarı (ton/ha)
		Yağış Miktarı (cm)	Maksimum Yağış Şiddeti (cm/h)			
03.12.2001	97.0	0.51	1.02	0.0021	0.1145	0.1166
04.12.2001	14.8	0.18	0.36		0.0011	0.0011
07.12.2001	25.4	0.32	0.64		0.0638	0.0638
08.12.2001	81.1	0.53	1.06	0.0042	0.0130	0.0172
09.12.2001	56.7	0.73	1.46	0.0188	0.2631	0.2819
12.12.2001	0.6	0.05	0.10		0.00003	0.00003
13.12.2001	44.4	1.28	2.56	0.0214	0.1707	0.1921
17.12.2001	7.5	0.15	0.30		0.0130	0.0130
18.12.2001	5.1	0.13	0.26		0.0342	0.0342
19.12.2001	18.2	0.46	0.92		0.2339	0.2339
23.12.2001	5.1	0.06	0.12	0.0384	0.0145	0.0529
24.12.2001	4.7	0.07	0.14		0.0344	0.0344
26.12.2001	37.4	0.74	1.48	0.0285	0.0704	0.0990
27.12.2001	3.9	0.05	0.10		0.0029	0.0029
28.12.2001	51.3	0.81	1.62		0.0266	0.0266
29.12.2001	11.3	0.34	0.68		0.0022	0.0022
01.01.2002	0.3	0.03	0.06		0.0070	0.0070
02.01.2002	13.7	0.12	0.24		0.0287	0.0287
03.01.2002	24	0.30	0.60	0.0234	0.0592	0.0826
05.01.2002	37.4	0.30	0.60	0.0089	0.0451	0.0540
06.01.2002	27.8	0.22	0.44	0.0046	0.0079	0.0125
07.01.2002	4.4	0.07	0.14		0.0141	0.0141
21.01.2002	6.4	0.15	0.30		0.0003	0.0003
11.02.2002	17.2	0.19	0.38	0.0068	0.0103	0.0172
12.02.2002	20.1	0.24	0.48	0.0049	0.0218	0.0266
13.02.2002	6.1	0.15	0.30	0.0032	0.0152	0.0185
25.02.2002	23.8	0.52	1.04	0.0314	0.0020	0.0334
26.02.2002	2.6	0.14	0.28		0.0003	0.0003
24.03.2002	4.7	0.25	0.50		0.00003	0.00003
26.03.2002	20.1	0.87	1.74		0.0478	0.0478
27.03.2002	2.1	0.21	0.42		0.0013	0.0013
30.03.2002	4.6	0.12	0.24		0.0007	0.0007
02.04.2002	28.3	0.38	0.76	0.0059	0.0080	0.0138
07.04.2002	2.5	0.14	0.28		0.00004	0.00004
18.04.2002	11.4	0.36	0.72		0.0003	0.0003
20.04.2002	5.1	0.22	0.44		0.0002	0.0002
21.04.2002	10.8	0.37	0.74		0.0034	0.0034
23.04.2002	5.8	0.13	0.26		0.0012	0.0012
24.04.2002	2.4	0.19	0.38		0.0007	0.0007
TOPLAM				0.2025	1.3337	1.5362

Çizelge 3.6. Mersin Tarsus Topçu Deresi alt havzası 2004 su yılı sediment verimleri

Yağış Tarihi	Yağış Yüksekliği (mm)	30 Dakikalık		Yatak Yüklü Sediment Miktarı (ton/ha)	Süspanse Sediment Miktarı (ton/ha)	Toplam Sediment Miktarı (ton/ha)
		Yağış Miktarı (cm)	Maksimum Yağış Şiddeti (cm/h)			
26.12.2003	23.9	0.81	1.62	0.2400	0.2756	0.5156
02.01.2004	21.8	0.21	0.42	0.0100	0.0053	0.0153
04.01.2004	17.5	0.58	1.16	0.2400	0.2127	0.4527
05.01.2004	22.7	0.29	0.58	0.4100	0.6960	1.1060
07.01.2004	12.9	0.27	0.54	0.1200	0.0938	0.2138
08.01.2004	2.2	0.07	0.14		0.0000	0.0000
12.01.2004	15.8	0.18	0.36		0.0002	0.0002
14.01.2004	5.5	0.28	0.56		0.0038	0.0038
16.01.2004	5.8	0.13	0.26		0.0020	0.0020
17.01.2004	10.3	0.20	0.40	0.0200	0.0180	0.0380
22.01.2004	78.3	0.97	1.94	1.3600	3.5067	4.8667
23.01.2004	8.7	0.16	0.32	0.1300	0.0787	0.2087
25.01.2004	42.2	0.48	0.96	0.3000	0.6924	0.9924
30.01.2004	8.5	0.28	0.56		0.0436	0.0436
31.01.2004	34.7	0.39	0.78	0.1300	0.8931	1.0231
13.02.2004	25.8	1.12	2.24	0.1500	0.8644	1.0144
15.05.2004	22.9	1.95	3.90	2.7300	0	2.7300
17.05.2004	44.6	2.66	5.32	2.0100	1.1100	3.1200
19.05.2004	12.5	0.80	1.60	5.0200	0.0240	5.0440
TOPLAM				12.8700	8.5200	21.3900

Çizelge 3.7. Mersin Tarsus Topçu Deresi alt havzası 2005 su yılı sediment verimleri

Yağış Tarihi	Yağış Yüksekliği (mm)	30 Dakikalık		Yatak Yüklü Sediment Miktarı (ton/ha)	Süspanse Sediment Miktarı (ton/ha)	Toplam Sediment Miktarı (ton/ha)
		Yağış Miktarı (cm)	Maksimum Yağış Şiddeti (cm/h)			
03.02.2005	39.9	0.40	0.80		0.00035	0.00035
01.05.2005	17.4	1.48	2.96		0.000057	0.000057
TOPLAM				0.0000	0.0004	0.0004

Çizelge 3.8. Mersin Tarsus Topçu Deresi alt havzası 2006 su yılı sediment verimleri

Yağış Tarihi	Yağış Yüksekliği (mm)	30 Dakikalık		Yatak Yüklü Sediment Miktarı (ton/ha)	Süspanse Sediment Miktarı (ton/ha)	Toplam Sediment Miktarı (ton/ha)
		Yağış Miktarı (cm)	Maksimum Yağış Şiddeti (cm/h)			
18.12.2005	35.4	1.02	2.04	0.420	0.2760	0.6960
19.12.2005	15.9	0.51	1.02	0.160	0.2520	0.4120
07.02.2006	29.2	0.83	1.66		0.0290	0.0290
08.02.2006	9.3	0.33	0.66		0.0001	0.0001
12.02.2006	10.4	0.15	0.30		0.0002	0.0002
25.09.2006	26.4	2.35	4.70		0.0008	0.0008
TOPLAM				0.5800	0.5581	1.1381

Çizelge 3.9. Mersin Tarsus Topçu Deresi alt havzası 2007 su yılı sediment verimleri

Yağış Tarihi	Yağış Yüksekliği (mm)	30 Dakikalık		Yatak Yüklü Sediment Miktarı (ton/ha)	Süspanse Sediment Miktarı (ton/ha)	Toplam Sediment Miktarı (ton/ha)
		Yağış Miktarı (cm)	Maksimum Yağış Şiddeti (cm/h)			
01.11.2006	53.9	1.50	3.00		0.0188	0.0188
03.11.2006	33.4	1.05	2.10		0.0004	0.0004
14.02.2007	40.8	1.32	2.64		0.0008	0.0008
TOPLAM				0.0000	0.0200	0.0200

Çizelge 3.10. Mersin Tarsus Topçu Deresi alt havzası 2008 su yılı sediment verimleri

Yağış Tarihi	Yağış Yüksekliği (mm)	30 Dakikalık		Yatak Yüklü Sediment Miktarı (ton/ha)	Süspanse Sediment Miktarı (ton/ha)	Toplam Sediment Miktarı (ton/ha)
		Yağış Miktarı (cm)	Maksimum Yağış Şiddeti (cm/h)			
11.11.2007	85.2	2.47	4.94	0.0913	0.0935	0.1848
21.11.2007	20.0	0.40	0.80	0.0029	0.0112	0.0141
06-07.12.2007	58.3	0.37	0.74	0.0977	0.0286	0.1263
10.12.2007	20.0	0.58	1.16	0.1118	0.2609	0.3727
14.12.2007	19.5	0.89	1.78	0.2172	0.6907	0.9079
17.02.2008	34.9	0.34	0.68		0.0004	0.0004
TOPLAM				0.5209	1.0853	1.6062

Çizelge 3.11. Mersin Tarsus Topçu Deresi alt havzası 2009 su yılı sediment verimleri

Yağış Tarihi	Yağış Yüksekliği (mm)	30 Dakikalık		Yatak Yüklü Sediment Miktarı (ton/ha)	Süspanse Sediment Miktarı (ton/ha)	Toplam Sediment Miktarı (ton/ha)
		Yağış Miktarı (cm)	Maksimum Yağış Şiddeti (cm/h)			
16.10.2008	12.9	1.29	2.58	2.5690	0.0050	2.5740
27.10.2008	18.6	0.84	1.68	0.1935	0.2965	0.4900
07.01.2009	38.5	1.10	2.20		0.0128	0.0128
27.01.2009	20.0	0.29	0.58		0.0002	0.0002
30.01.2009	15.3	0.51	1.02		0.0052	0.0052
31.01.2009	20.3	0.27	0.54		0.1643	0.1643
01.02.2009	11.1	0.24	0.48	0.0448	0.0006	0.0454
16.02.2009	17.2	1.33	2.66		0.4713	0.4713
23.02.2009	16.6	0.25	0.50		0.0003	0.0003
25.02.2009	17.9	1.01	2.02		0.2133	0.2133
26-27.02.2009	27.0	0.43	0.86	1.9252	0.6311	2.5563
28.02.2009	24.2	0.71	1.42		0.2284	0.2284
27-28.03.2009	34.8	0.57	1.14		0.3170	0.3170
26.04.2009	51.3	3.31	6.62		0.0052	0.0052
05.05.2009	27.3	0.91	1.82		0.0122	0.0122
Toplam				4.7325	2.3634	7.0959

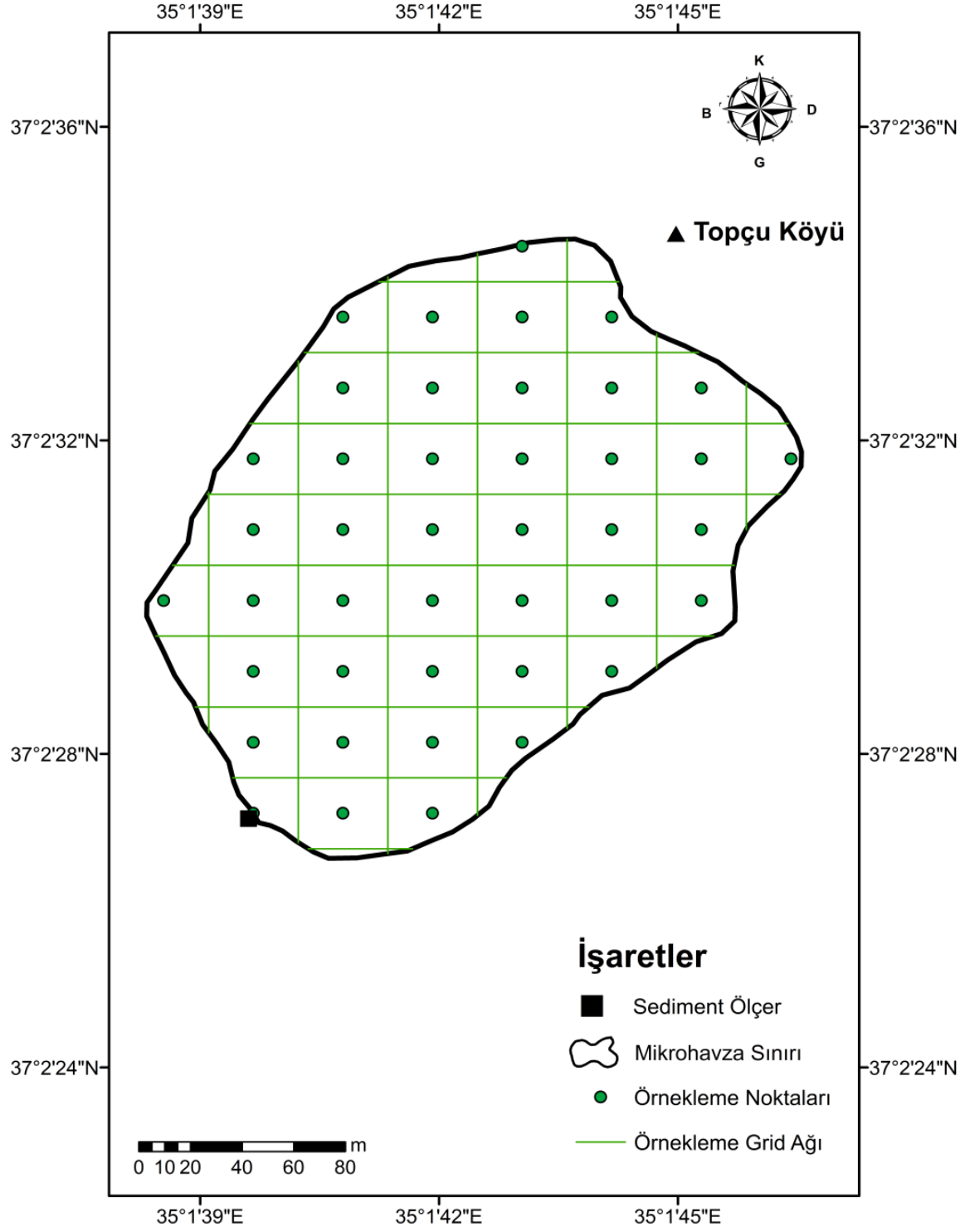
Çizelge 3.12. Mersin Tarsus Topçu Deresi alt havzası 2010 su yılı sediment verimleri

Sıra No	Akım Veren Yağışın Tarihi	Yağış Yüksekliği (h) (mm)	Toplam Yüzey Akış Hacmi (Q) (m ³)	Pik Debi (Q _p) (L/s)	Sediment Verimi		
					Süspanse Sediment Verimi (Ton/ha)	Yatak Yükü Sediment Verimi (Ton/ha)	Toplam Sediment Verimi (Ton/ha)
1	04-05.11.2009		29,300	6.457	0,049	0,053	0,10190
2	12.12.2009		293,100	13.395	1,180	0,001	1,18120
3	13.12.2009		48,100	12,05	0,076		0,07550
4	16-17.12.2009		263,300	91.615	0,911	0,415	1,32620
5	18.12.2009		3,700	4.446	0,004		0,00410
6	21-22.12.2009		84,000	67,26	0,303	0,149	0,45200
7	20.01.2010		51,000	3.346	0,004		0,00400
8	21.01.2010		206,400	25,07	0,414		0,41360
9	23.01.2010		164,700	23.421	0,110	0,142	0,25230
10	03.02.2010		158,100	37.949	0,604	0,108	0,71160
11	08-09.02.2010		39,600	2.419	0,020		0,02000
12	27-28.02.2010		143,500	10.762	0,150		0,14950
13	08.04.2010		0,400	0,331	0,0001		0,00010
TOPLAM					3,824	0,868	4,69200

3.2.2. Çalışma Alanına Ait K (Toprak Erozivite) Parametresinin CBS Ortamında Belirlenmesi

MUSLE yönteminde kullanılan diğer bir parametre K, toprağın erozyona duyarlılık parametresidir. K faktörü toprağın erozivite değerini gösteren bir nicelikdir. Toprak erozivitesi toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Toprakların erozyona gösterdiği duyarlılık, tane boyu dağılımı (silt + çok ince kum, kum), agregat dayanıklılığı (% organik madde, üst toprak yapısı) ve toprağın suyu geçirgenliği gibi yapısal ve hidrolojik özelliklere bağlıdır.

Yüksek lisans çalışması kapsamında incelenen bölgeye ait MUSLE K faktörünü belirlemek için saha çalışması yapılmış ve toprak örnekleri alınmıştır. Alınan örnekler, K faktör hesabı için kullanılacak olan Torri vd. [38], [81] yaklaşımında tanımlanan örnekleme aralıklarına uygun olarak alınmıştır. Sahada örnek alınacak noktalar CBS ortamında ArcGIS yazılımı “Fishnet” modülü kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 3.17.). Modülde örnekleme yapılacak alan sınırları ve örnekleme aralığı girilerek alan gridlere ayrılmıştır. Her bir grid kesişim noktası, örnek alınacak noktanın koordinatlarını göstermektedir. Koordinatları CBS ortamında belirlenen noktalar, arazide GPS yardımıyla tespit edilmiş ve standartlara uygun şekilde 30 m aralıklarla örnekleme yapılmıştır.



Şekil 3.17. CBS ortamında belirlenen çalışma alanına ait örnek noktaları ve ağı



Şekil 3.18. Arazide örselenmiş toprak örneği alınması



Şekil 3.19 Örselenmemiş toprak örneğinin alınması



Şekil 3.20. Alınan örneklere koordinat ve açıklama etiketlerinin verilmesi

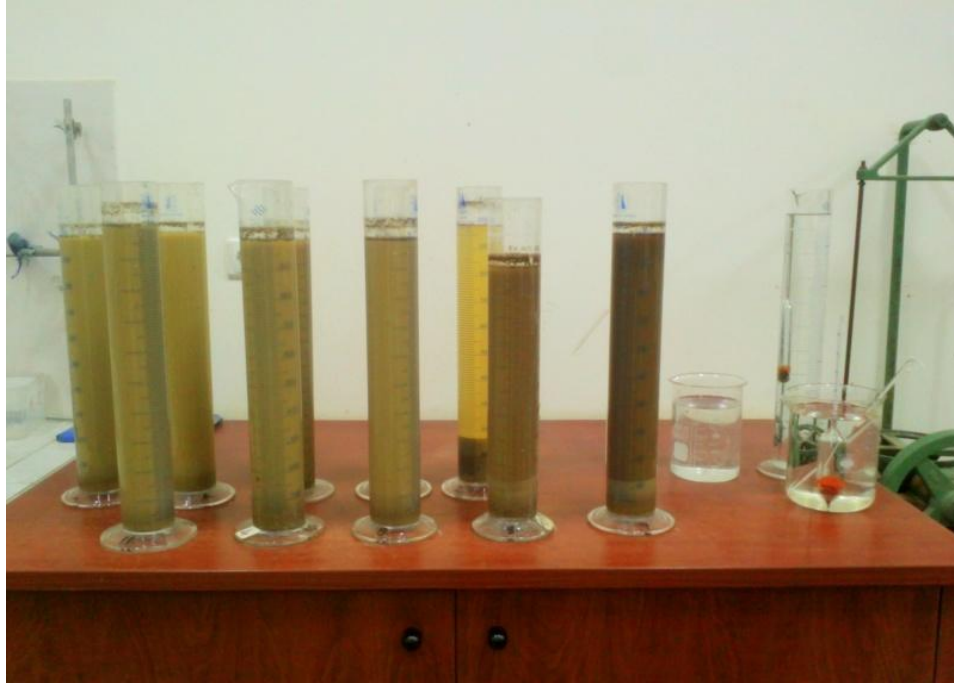
Laboratuvar analizleri (elek analizi, hidrometre analizi, organik madde analizi) ile araziden alınan örneklere ait fiziksel ve kimyasal parametreler belirlenmiştir. Her bir örnek noktası için elde edilen değerler CBS ortamında oluşturulan noktalara öznitelik verisi olarak eklenmiştir.



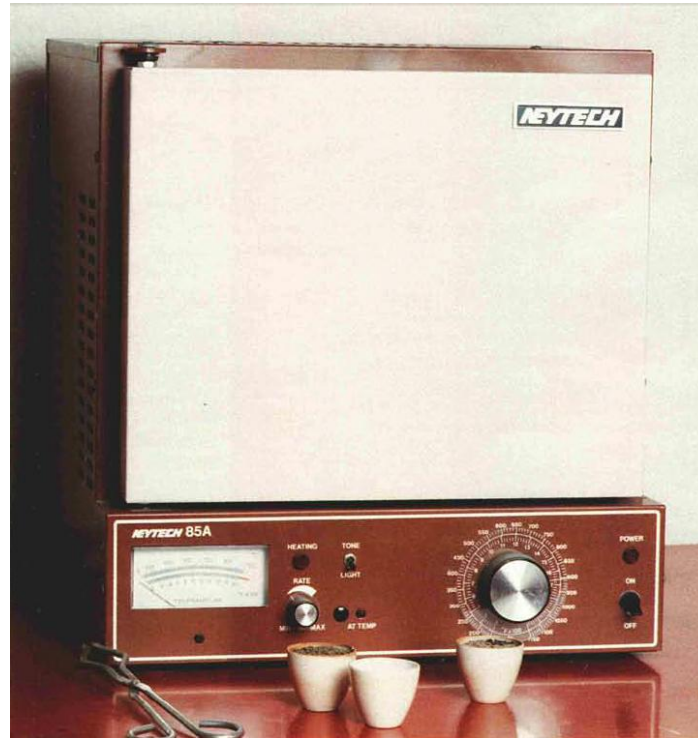
Şekil 3.21. Çalışma alanından alınan örneklerin elek analizi



Şekil 3.22. Çalışma alanında alınan ve hidrometre analizi için hazırlanan toprak numuneleri

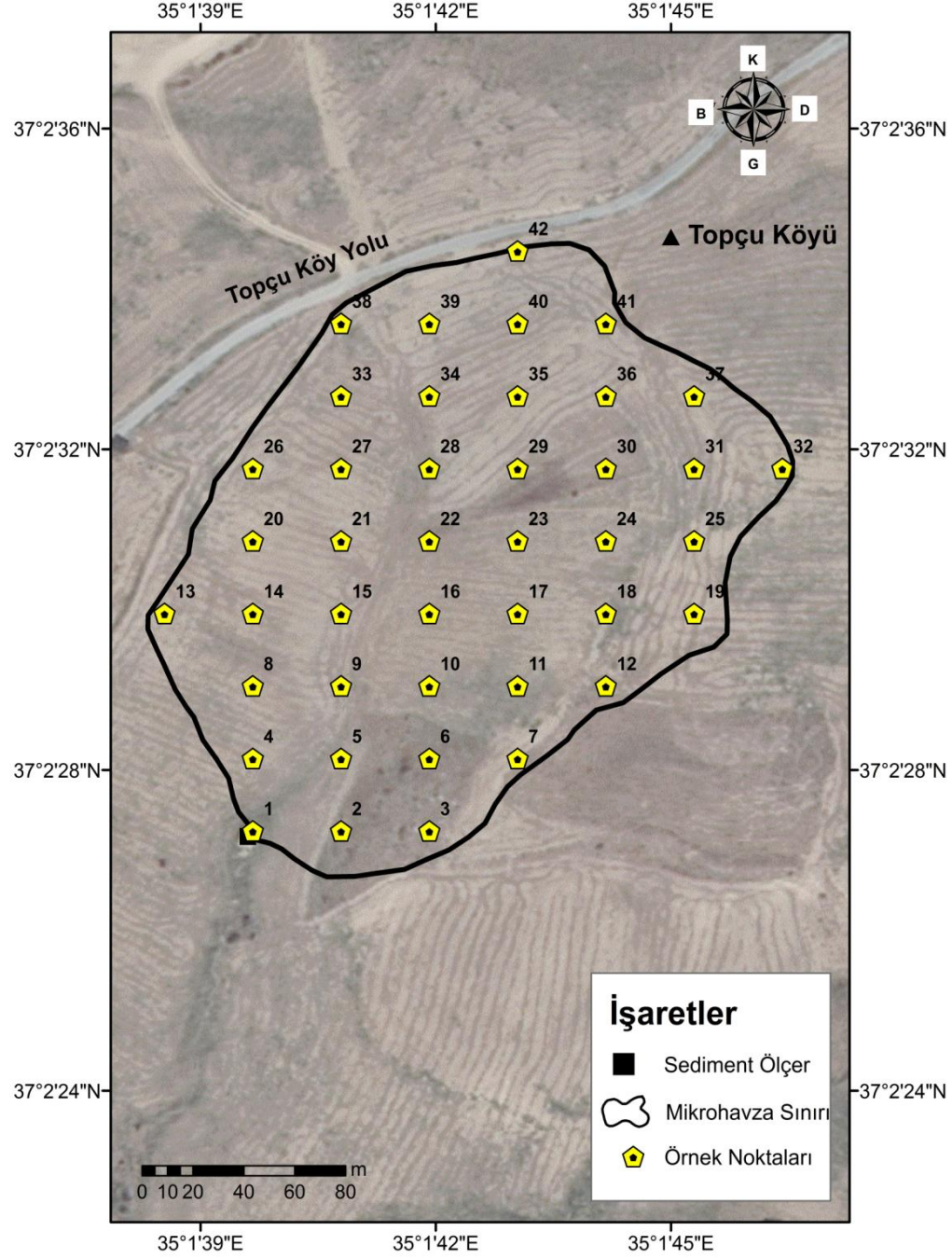


Şekil 3.23. Toprak numunelerinin hidrometre analizi



Şekil 3.24. Toprakta organik madde tayini

Toprak numunelerine ait fiziksel ve kimyasal analizlerin ardından Torri vd. [38], [81]'nin K faktör hesabı için öngördüğü Eş. [11]'i kullanılarak her bir noktaya ait K faktör değerleri belirlenmiştir.



Şekil 3.25. Örnekleme noktaları ve örnek numaraları

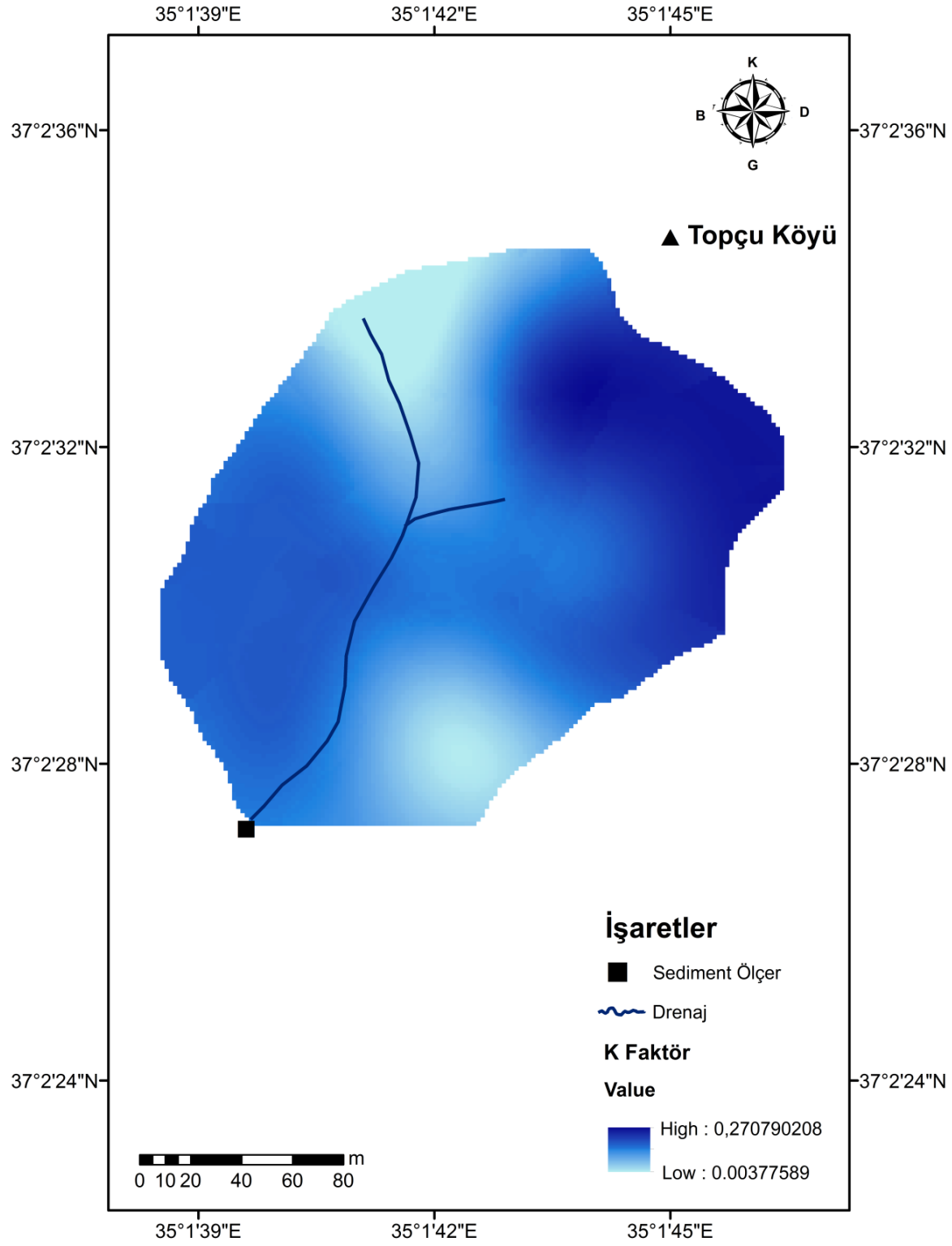
Çizelge 3.13. Çalışma alanına ait örnek noktaları ve K Faktör değerleri

Örnek No	% Organik Madde	% Kil	% Silt	% Kum	Dg	K Faktör(SI)	K Faktör(M)
1	7,957448654	0,1636	0,3909	0,1055	-1,40715	0,018577	0,182242969
2	7,903183991	0,1364	0,4091	0,1368	-1,364	0,014030	0,137634492
3	7,903183991	0,1364	0,4091	0,1368	-1,364	0,014030	0,137634492
4	8,071000135	0,2000	0,3273	0,0508	-1,38	0,020816	0,204203704
5	8,393165554	0,2545	0,2637	0,0367	-1,4365	0,021785	0,213715642
6	6,3666003	0,0636	0,3818	0,2196	-1,096	0,001407	0,013805541
7	6,3666003	0,0636	0,3818	0,2196	-1,096	0,001407	0,013805541
8	8,071000135	0,2000	0,3273	0,0508	-1,38	0,020816	0,204203704
9	8,393165554	0,2545	0,2637	0,0367	-1,4365	0,021785	0,213715642
10	6,3666003	0,0636	0,3818	0,2196	-1,096	0,001407	0,013805541
11	6,881872314	0,2455	0,2090	0,0402	-1,29735	0,022589	0,221598743
12	6,881872314	0,2455	0,2090	0,0402	-1,29735	0,022589	0,221598743
13	8,071000135	0,2000	0,3273	0,0508	-1,38	0,020816	0,204203704
14	8,071000135	0,2000	0,3273	0,0508	-1,38	0,020816	0,204203704
15	8,393165554	0,2545	0,2637	0,0367	-1,4365	0,021785	0,213715642
16	6,881872314	0,2455	0,2090	0,0402	-1,29735	0,022589	0,221598743
17	6,881872314	0,2455	0,2090	0,0402	-1,29735	0,022589	0,221598743
18	6,881872314	0,2455	0,2090	0,0402	-1,29735	0,022589	0,221598743
19	7,517923086	0,2363	0,4091	0,0723	-1,6814	0,027603	0,270790208
20	8,071000135	0,2000	0,3273	0,0508	-1,38	0,020816	0,204203704
21	8,071000135	0,2000	0,3273	0,0508	-1,38	0,020816	0,204203704
22	8,393165554	0,2545	0,2637	0,0367	-1,4365	0,021785	0,213715642
23	6,136216045	0,1091	0,2364	0,1039	-0,9066	0,011811	0,115862657
24	6,136216045	0,1091	0,2364	0,1039	-0,9066	0,011811	0,115862657
25	7,517923086	0,2363	0,4091	0,0723	-1,6814	0,027603	0,270790208
26	8,071000135	0,2000	0,3273	0,0508	-1,38	0,020816	0,204203704
27	8,071000135	0,2000	0,3273	0,0508	-1,38	0,020816	0,204203704
28	7,878117075	0,0000	0,6727	0,1801	-1,43545	0,000000	0
29	7,138646855	0,3363	0,3495	0,0000	-1,87605	0,027473	0,269514983
30	7,138646855	0,3363	0,3495	0,0000	-1,87605	0,027473	0,269514983
31	7,517923086	0,2363	0,4091	0,0723	-1,6814	0,027603	0,270790208
32	7,517923086	0,2363	0,4091	0,0723	-1,6814	0,027603	0,270790208
33	8,071000135	0,2000	0,3273	0,0508	-1,38	0,020816	0,204203704
34	7,878117075	0,0000	0,6727	0,1801	-1,43545	0,000000	0
35	7,517923086	0,2363	0,4091	0,0723	-1,6814	0,027603	0,270790208
36	7,517923086	0,2363	0,4091	0,0723	-1,6814	0,027603	0,270790208
37	7,517923086	0,2363	0,4091	0,0723	-1,6814	0,027603	0,270790208
38	7,270253628	0,0273	0,5091	0,2789	-1,2532	0,000000	4,13439E-12
39	7,878117075	0,0000	0,6727	0,1801	-1,43545	0,000000	0
40	7,517923086	0,2363	0,4091	0,0723	-1,6814	0,027603	0,270790208
41	7,517923086	0,2363	0,4091	0,0723	-1,6814	0,027603	0,270790208
42	7,878117075	0,0000	0,6727	0,1801	-1,43545	0,000000	0

Toprakta tane boyu dağılımı elek ve hidrometre analizleri ile organik madde analizi ise ASTM Standartları Organik Madde Tayini Metot C ile belirlenmiştir [93].

Eşit aralıklarda alınan toprak numunelerinin analizi ile hesaplanan K faktör değerleri CBS ortamına aktarılmıştır. K faktör değerleri baz alınarak raster veriye dönüştürülmüş ve istatistiksel modüller kullanılarak alansal K faktörü hesaplanmıştır. K faktör değerlerinin alansal dağılımını hesaplayarak konumsal analizlerde kullanılabilecek bir katman oluşturmak için istatistiksel yöntemler kullanan Geostatistical Analyst >Geostatistical Wizard modülü kullanılmıştır. Bu modülle Kriging yöntemi seçilerek K değerleri alansal olarak hesaplanmıştır.

K faktör katmanı oluşturulurken diğer MUSLE faktörlerinde olduğu gibi katmanın piksel boyutu $1,488981e-005$ olarak alınmıştır.



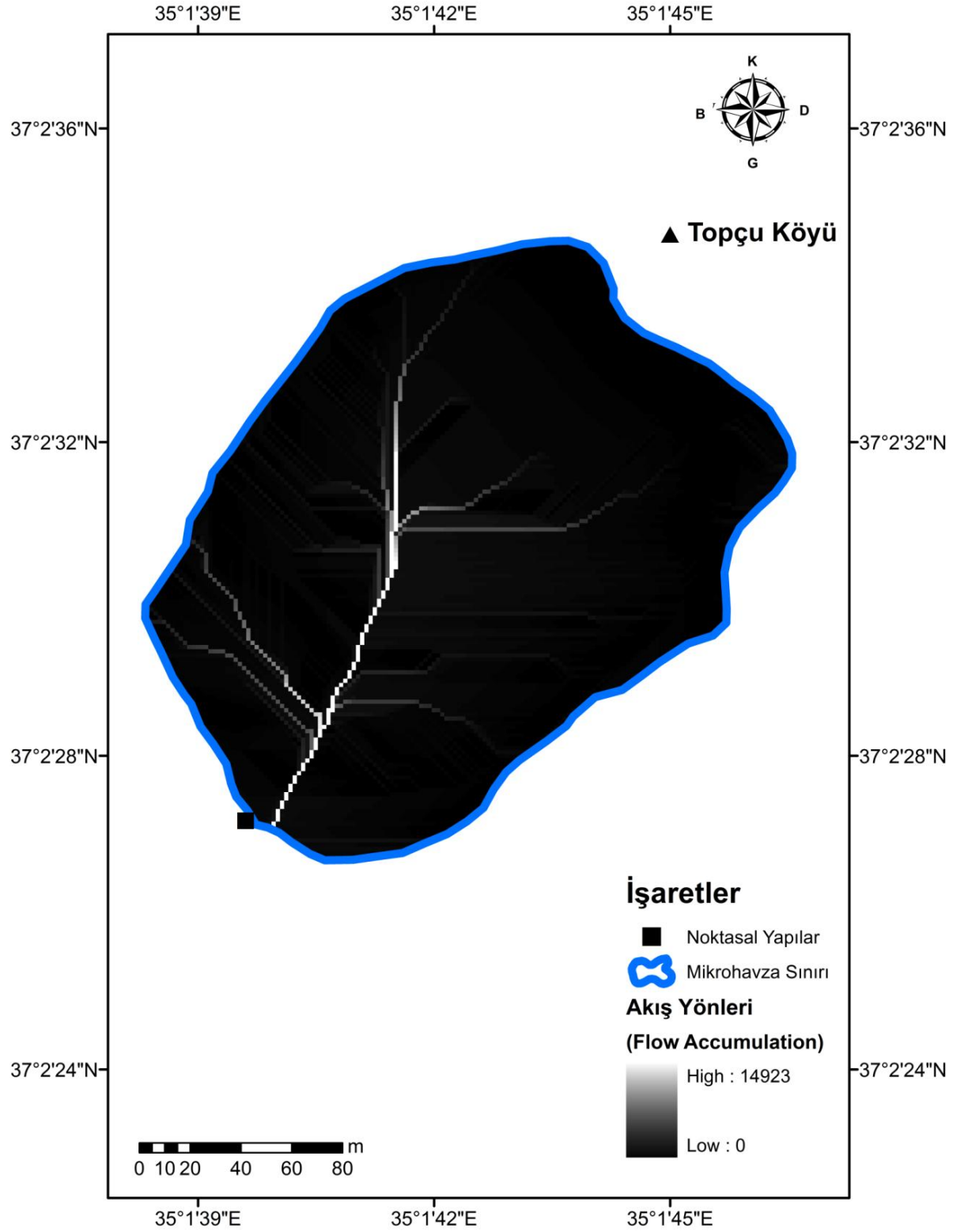
Şekil 3.26. Çalışma alanına ait K faktör katmanı

3.2.3. Çalışma Alanına Ait LS (Yamaç Uzunluğu ve Eğimi) Parametresinin CBS Ortamında Belirlenmesi

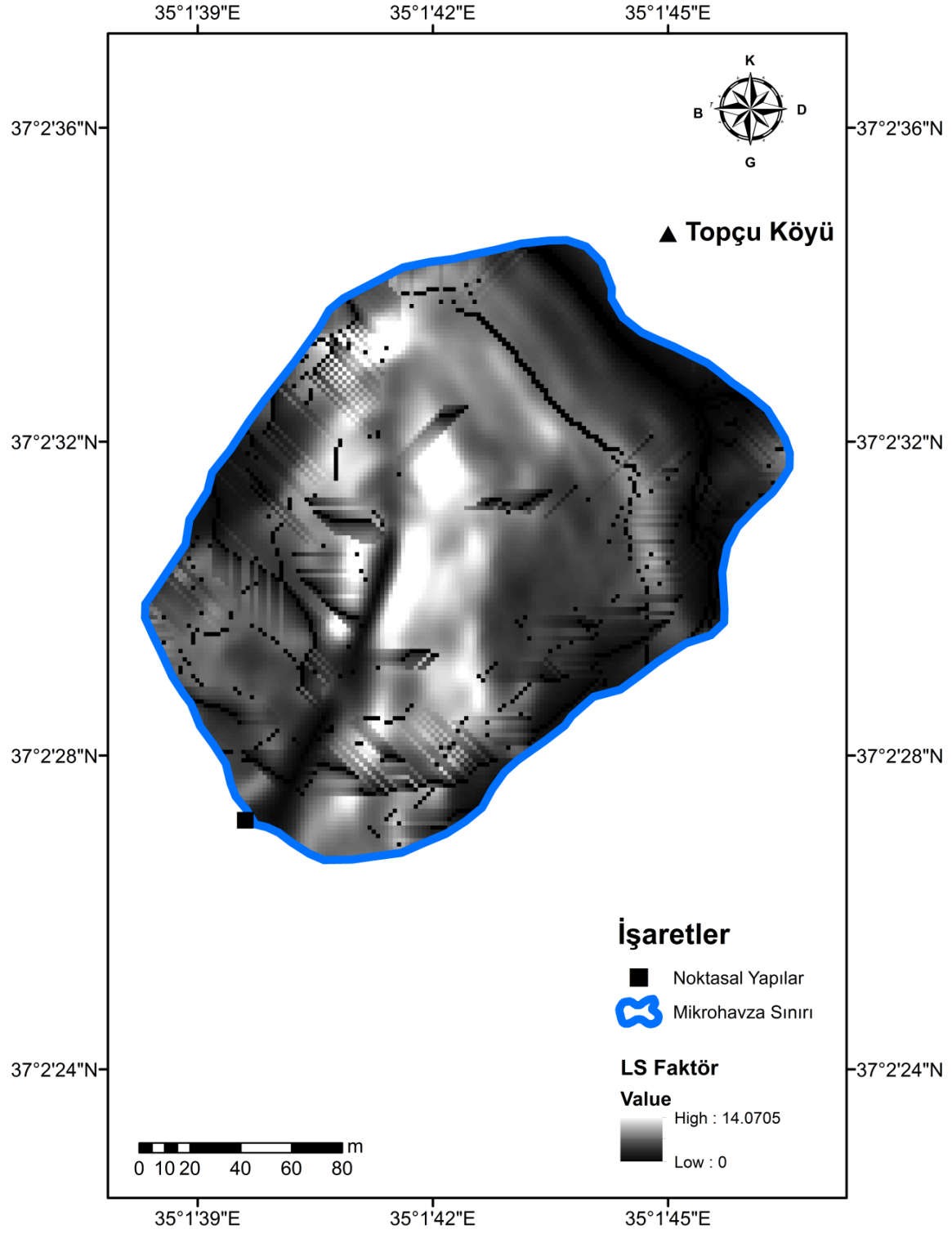
LS faktörü, MUSLE modelinde topografik faktör olarak tanımlanır. CBS tabanlı erozyon tahmin modellerinde LS faktörü elde etmek için ArcGIS 9.3.1. yazılımına ait ArcHydro eklentisinden faydalanılmıştır. Bu amaçla Moore ve Burch [40], [41] tarafından önerilen ve Eş.[16]'da gösterilen denklem, sayısal ortama aktararak LS faktör katmanı oluşturulmuştur.

CBS ortamında LS katmanı oluşturulurken, elde edilen eğim ve SYM haritaları kullanılmıştır. LS faktörün oluşturma aşaması bir dizi raster veri işlemi gerektirmektedir. Her işlem bir önceki işlem sonucu kullanılarak yapılmaktadır. Farklı eklentilerin sonuçları ile yapılan iterasyon sonucu Akış Yönleri (Flow Accumulation) katmanı elde edilmiştir. SYM verisine ArcHydro Tool kullanılarak sırasıyla; (1) *Fill Sinks*, (2) *Flow Direction*, (3) *Flow Accumulation* işlemleri uygulanmıştır. Akış yönleri katmanı Eş.[16]'da yerine konularak inceleme alanına ait LS katmanı üretilmiştir.

MUSLE modelinin üretilen diğer parametrelerinde olduğu gibi piksel boyutu 1,488981e-005 olarak belirlenmiş ve raster veri oluşturulmuştur.



Şekil 3.27. Çalışma alanına ait Akış Yönleri (Flow Accumulation) katmanı



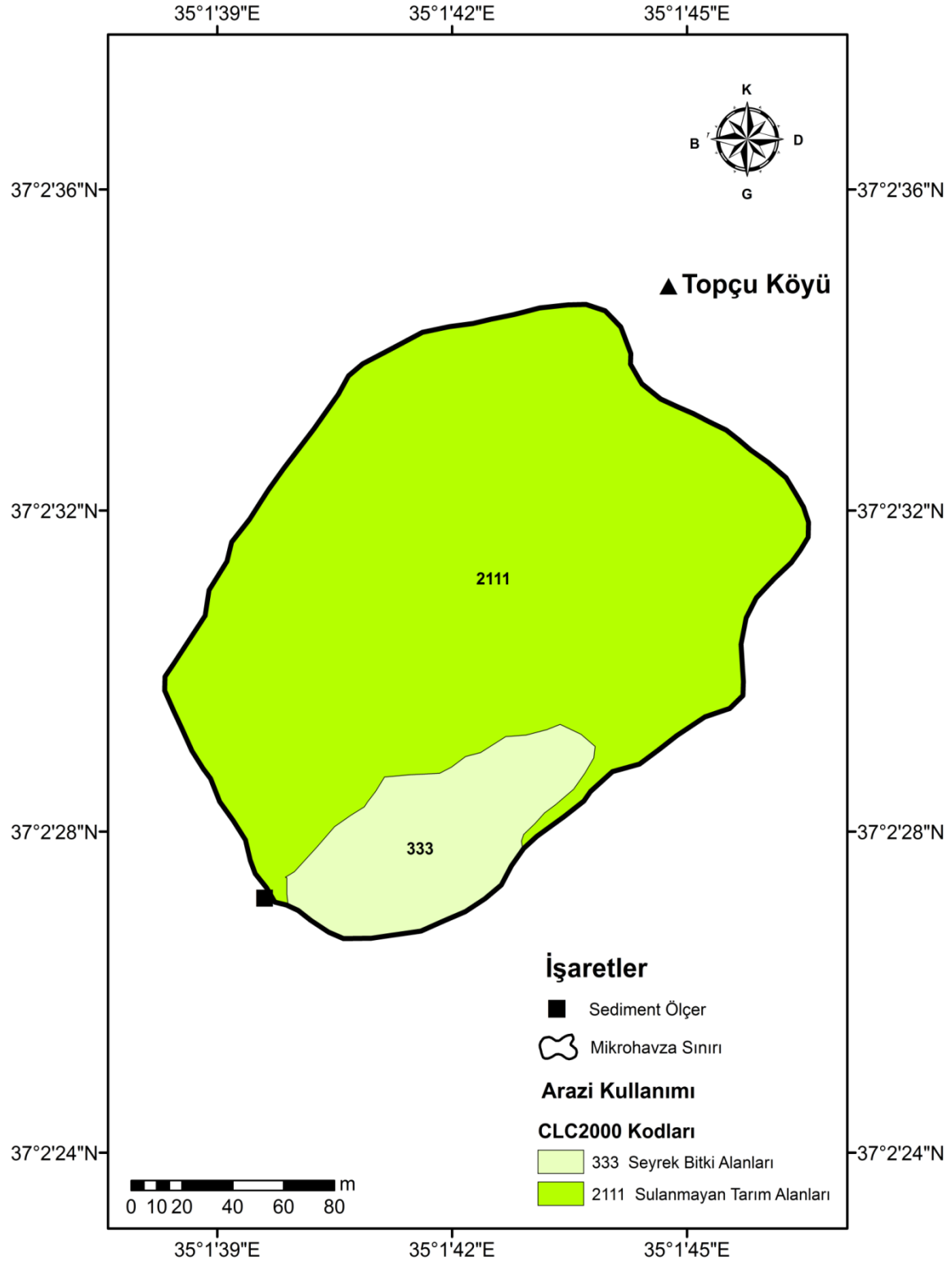
Şekil 3.28. Çalışma alanına ait LS Faktör katmanı

3.2.4. Çalışma Alanına Ait C (Toprak Örtüsü – Ürün Yönetim) Parametresinin CBS Ortamında Belirlenmesi

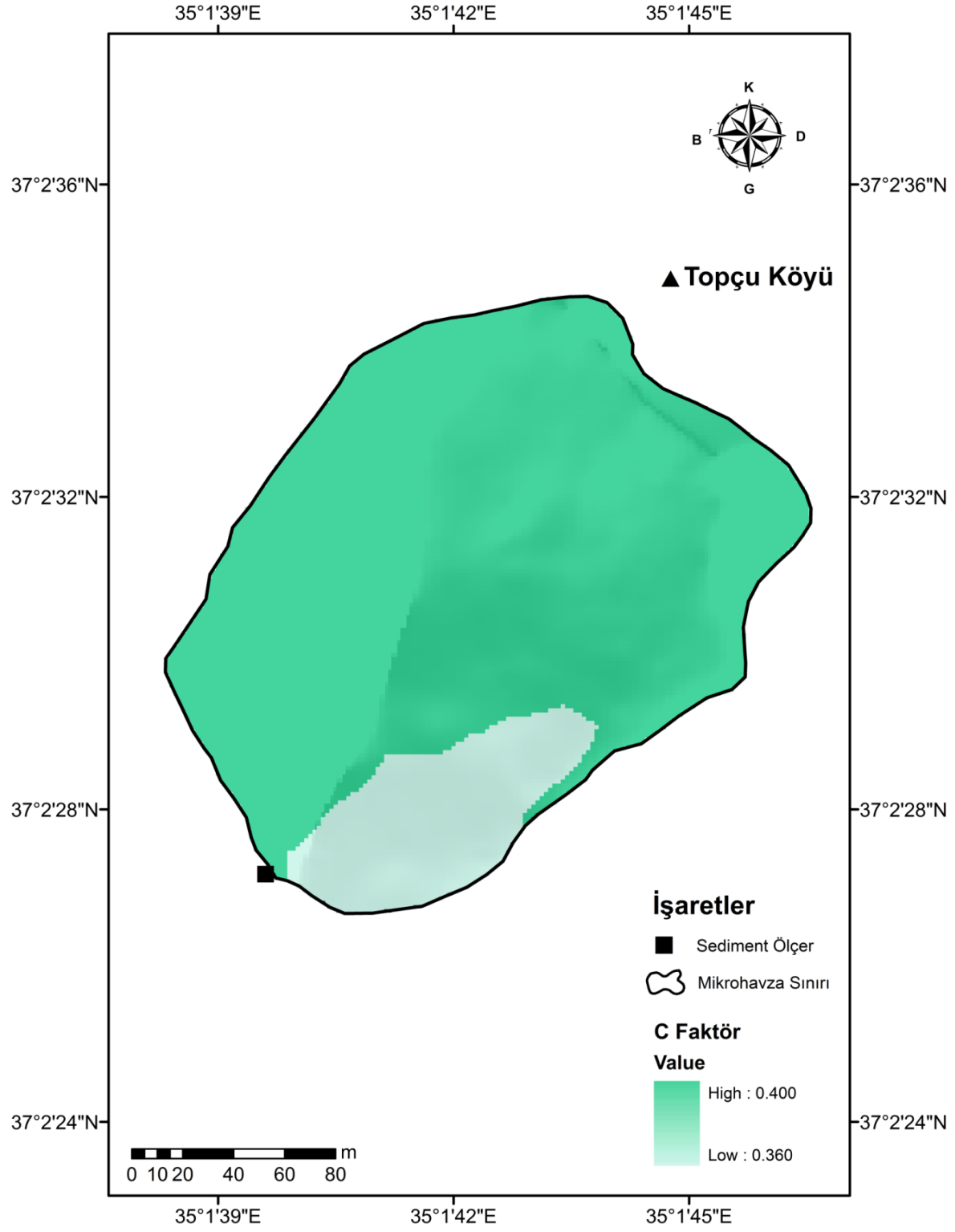
C Faktörü MUSLE eşitliğinde ürün yönetimi faktörü olarak tanımlanır. Farklı ürün evreleri ve farklı arazi kullanım türleri için belirlenmiş C faktör değerleri bulunmaktadır. Corine Land Cover arazi kullanım sınıflamasına göre belirlenen C faktör değerleri erozyon tahmin modellerinde girdi parametresi olarak kullanılabilir.

Çalışma kapsamında Mersin Tarsus Topçu Deresi Alt Havzası'nda erozyon potansiyelinin değerlendirilmesi için yüksek çözünürlüklü ortofotolar ve uydu görüntüleri kullanılarak arazi kullanım türleri belirlenmiştir. Ayrıca yapılan saha çalışmaları ile uydu görüntüleri doğrulanmış, alınan koordinatlarla farklı arazi kullanım türlerine ait sınırlar düzeltilmiştir. Bu doğrultuda arazi kullanım türlerine göre Corine Land Cover 2000 C faktör değerleri kullanılmıştır. Sayısallaştırılan her bir arazi kullanım türü için öznitelik verilerine C faktörler eklenmiştir. C faktör değerlerine göre sayısallaştırılan vektör veriler raster veriye dönüştürülmüş ve C faktör katmanı üretilmiştir.

Tüm MUSLE faktörlerinde olduğu gibi vektör veriden raster veri oluşturma işleminde piksel boyutu 1,488981e-005 alınmış ve çakıştırma işleminde hataları önlemek için verilerde homojenlik sağlanılmaya çalışılmıştır.



Şekil 3.29. Çalışma alanında arazi kullanım türleri



Şekil 3.30. Çalışma alanına ait C Faktör katmanı

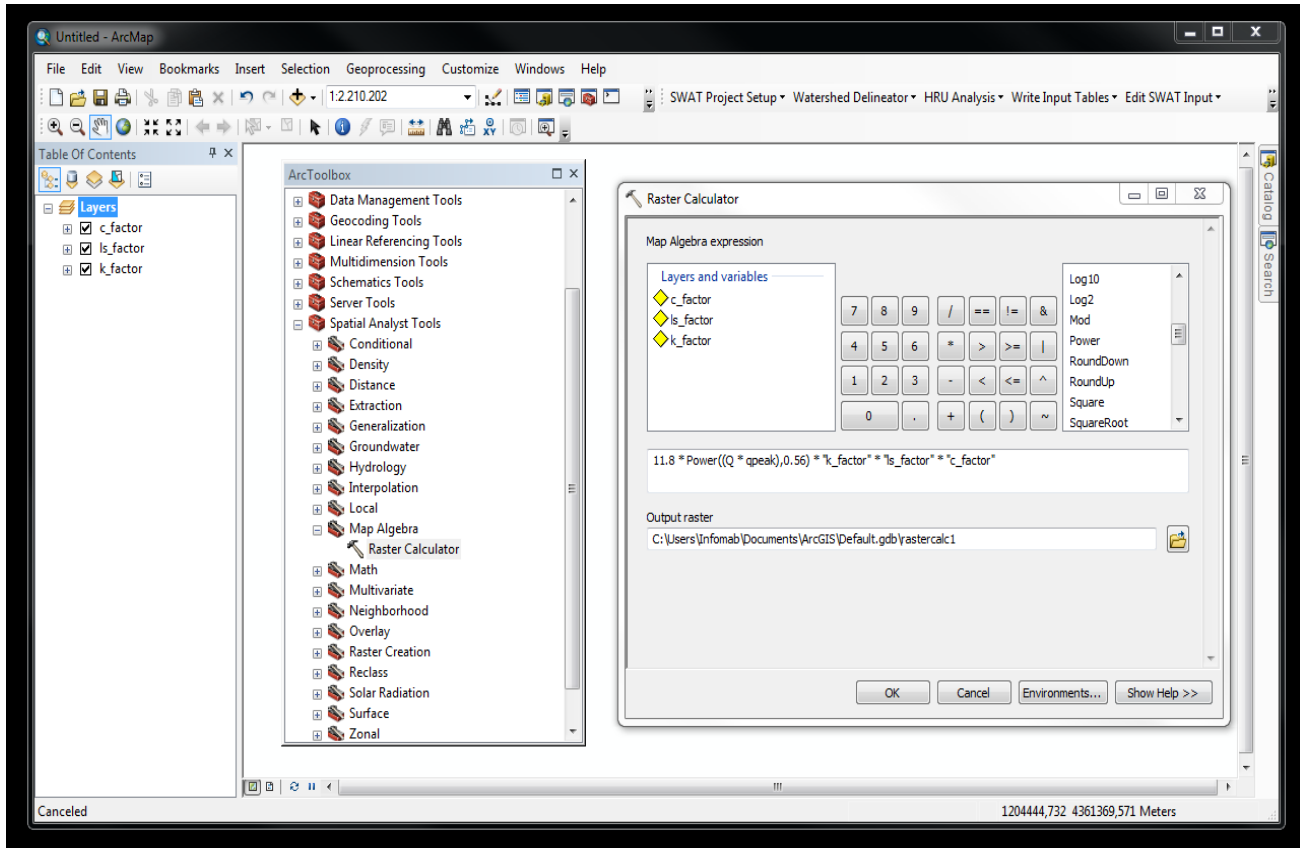
3.2.5. Çalışma Alanına Ait P (Toprak Koruma) Parametresinin CBS Ortamında Belirlenmesi

P Faktörü; (M)USLE toprak koruma işlemleri (yöntemleri) faktörü olarak tanımlanır. Erozyon koruma yöntemlerinin etkisinde, bitki / ürün / örtü yöntemlerine ek olarak kullanılan koruma yöntemleri kontur tarımı, şeritsel tarım sistemleri, eğime dik sürüm sistemleri, teraslama, bentler, setler vb. P faktör olarak arazide tanımlanabilecek yapılardır. P faktörü ayrıca toprak koruma uygulamalarını içeren mühendislik önlemlerini de kapsamaktadır.

Çalışma sahasının büyük çoğunluğu tarım alanı olarak kullanılmakta ve taşkın yağışlarının etki edeceği toprak kayıplarını önlemeye yönelik herhangi bir toprak koruma önlemi veya mühendislik yapısı bulunmamaktadır. Yapılan arazi çalışmalarında erozyonu önlemeye yönelik herhangi bir uygulama veya mühendislik yapısına rastlanmamıştır. Bu nedenle alanda uygulanan MUSLE modelinde P değeri 1.0 olarak değerlendirmeye alınmıştır. Alınan bu değer katmanların çakıştırma işleminde, amprik eşitliğe sayı olarak girilmiştir.

3.2.6. CBS Ortamında MUSLE Modeli ile Sediment Veriminin Hesaplanması

MUSLE yöntemi için gerekli olan parametrelerin CBS ortamında hazırlanmasının ardından, katmanlar Eş.[2] uygulanarak Spatial Analyst Tool > Map Algebra > Raster Calculator modülü üzerinden çakıştırılmıştır. 2000 – 2010 yılları arası her bir yağış olayı için çakıştırılma işlemi yapılarak sediment verimi hesaplanmıştır.



Şekil 3.31. Raster Calculator modülü ile MUSLE yönteminin CBS ortamında uygulanması

CBS ortamında amprik eşitliğin katmanlara uygulanmasının ardından elde edilen sediment verimi katmanları yeniden sınıflandırılarak her bir sınıfa düşen piksel sayısı belirlenmiştir. Piksel boyutu belli olan katmanlarda, “piksel boyutu x piksel sayısı” formülü kullanılarak her bir sınıfa ait erozyon miktarı hesaplanmıştır.

3.3. 2000-2010 Yılları Arası Ölçülen Sediment Verimi ile Model Sonuçlarının Karşılaştırılması

Yüksek lisans tezi çalışması kapsamında, Mersin Tarsus Topçu Deresi Alt Havzası'nda, 2000-2010 yılları arası meydana gelen ve sediment verimi oluşturan yağış olayları kullanılarak, söz konusu yıllarda meydana gelen erozyon potansiyeli, niceliksel bir tahmin yöntemi olan MUSLE modeli ile hesaplanmıştır. Model kullanılarak hesaplanan değerler ile ölçülen değerler arasındaki ilişki istatistiksel bir terim olan belirleme katsayısı (R^2) kullanılarak yorumlanmıştır. 2000 – 2010 yılları arasında ölçülen yağış, yüzeysel akım ve pik debinin neden olduğu sediment verim değerleri ile model sonucu elde edilen sediment verimi değerlerinin trendine uygun olan doğrusal ilişki göz önünde bulundurularak, her yıl için regresyon doğrusu elde edilmiştir. Model sonucu elde edilen verilerin ne kadarının regresyon doğrusu ile açıklanabileceği yüzde olarak yorumlanmıştır. Ölçülen ve model sonucu tahmin edilen değerler çizelgeler şeklinde sunulmuştur.

Çizelge 3.14. Topçu Mikro havzası'nda MUSLE yöntemi ile hesaplanan 2000 yılı sediment verimleri

Sıra No	Akım Veren Yağışın Tarihi	Yağış Yüksekliği (h) (mm)	Toplam Yüzeysel Akış Hacmi (Q) (m ³)	Pik Debi (Q _p) (L/s)	Sediment Verimi			Pik Debi (Q _p) (m ³ /s)	MUSLE ile Tahmin Edilen Toplam Sediment Verimi (Ton)
					Süspanse Sediment Verimi (Ton/ha)	Yatak Yükü Sediment Verimi (Ton/ha)	Toplam Sediment Verimi (Ton/ha)		
1	08.01.2000	51,9	27,200	4,602	0,03965	0,00147	0,0	0,004602	0,040925448
2	20.01.2000	18,8	39,500	4,914	0,21602	0,00000	0,2	0,004914	0,050005912
3	25.01.2000	24,6	89,700	10,762	0,77660	0,01376	0,8	0,010762	0,129085502
4	23.02.2000	1,3	37,300	2,014	0,08372	0,01046	0,1	0,002014	0,030945858
5	21.04.2000	25,4	36,700	26,677	0,14778	0,04517	0,2	0,026677	0,129833998
6	22.04.2000	5,1	75,800	130,372	0,31213	0,03009	0,3	0,130372	0,464182304
7	23.04.2000	6,9	69,700	32,936	0,50525	0,00110	0,5	0,032936	0,203722693
8	24.04.2000	18,9	233,400	143,866	6,53624	0,02243	6,6	0,143866	0,915186636
9	05.05.2000	18,1	68,000	67,968	2,21181	0,02151	2,2	0,067968	0,302770745
10	06.05.2000	17,9	179,500	150,946	4,99808	0,03883	5,0	0,150946	0,810905351
11	07.05.2000	15,2	122,900	148,397	6,77998	0,00808	6,8	0,148397	0,640298156
12	08.05.2000	2,0	8,400	10,521	0,22715	0,01083	0,2	0,010521	0,034710048
23,03814							TOPLAM	3,75257265	

Çizelge 3.15. Topçu Mikro havzası'nda MUSLE yöntemi ile hesaplanan 2002 yılı sediment verimleri

Sıra No	Akım Veren Yağışın Tarihi	Yağış Yüksekliği (h) (mm)	Toplam Yüzey Akış Hacmi (Q) (m ³)	Pik Debi (Q _p) (L/s)	Sediment Verimi			Pik Debi (Q _p) (m ³ /s)	MUSLE ile Tahmin Edilen Toplam Sediment Verimi (Ton)
					Süspanse Sediment Verimi (Ton/ha)	Yatak Yüğü Sediment Verimi (Ton/ha)	Toplam Sediment Verimi (Ton/ha)		
1	03.12.01	97,0	224,200	16,397	0,37533		0,4	0,016397	0,273066433
2	04.12.01	14,0	25,600	2,111	0,00046	0,0021	0,0	0,002111	0,025556286
3	07.12.01	25,4	94,600	5,409	0,02251		0,0	0,005409	0,08617379
4	08.12.01	81,1	1181,500	105,634	0,18379	0,1880	0,4	0,105634	0,542124212
5	09.12.01	56,7	1423,700	172,000	3,88090	2,0898	6,0	0,172	3,486002584
6	13.12.01	44,4	510,500	1542,000	1,22066	0,0214	1,2	1,542	4,148521208
7	17.12.01	7,5	12,200	4,446	0,01300		0,0	0,004446	0,025602383
8	18.12.01	5,1	2,800	0,371	0,00783		0,0	0,000371	0,004264709
9	26.12.01	37,4	422,000	87,226	0,39949		0,4	0,087226	0,993541868
10	27.12.01	3,9	21,900	2,314	0,00519		0,0	0,002314	0,024524948
11	28.12.01	51,3	1314,300	150,946	2,96156	0,0285	3,0	0,150946	3,069798895
12	29.12.01	11,3	92,200	94,306	0,00260		0,0	0,094306	0,432307074
13	02.01.02	13,7	63,900	4,758	0,02225		0,0	0,004758	0,068307058
14	03.01.02	24,0	417,200	35,414	0,35107	0,0234	0,4	0,035414	0,503643139
15	05.01.02	37,4	741,600	58,622	0,36586		0,4	0,058622	1,094398683
16	06.01.02	27,8	416,800	27,527	0,04075	0,0046	0,0	0,027527	0,521035863
17	07.01.02	4,4	45,200	2,750	0,00810		0,0	0,00275	0,040773582
18	11.02.02	17,2	15,900	0,969	0,00313		0,0	0,000969	0,012997467
19	12.02.02	20,1	60,200	6,825	0,01864	0,0058	0,0	0,006825	0,089757085
20	13.02.02	6,1	19,400	0,843	0,00514	0,0065	0,0	0,000843	0,013659528
21	25.02.02	23,8	35,000	10,672	0,00109	0,0039	0,0	0,010672	0,073961389
22	26.02.02	2,6	8,700	0,418	0,00021	0,0048	0,0	0,000418	0,006445041
23	24.03.02	4,7	2,900	0,371	0,00009		0,0	0,000371	0,00426722
24	26.03.02	20,1	55,500	32,936	0,26064		0,3	0,032936	0,17775637
25	27.03.02	2,1	7,900	2,528	0,00133		0,0	0,002528	0,030272301
26	02.04.02	28,3	63,000	8,666	0,00625	0,0059	0,0	0,008666	0,089419624
27	18.04.02	11,4	6,600	0,969	0,00049		0,0	0,000969	0,008581195
28	20.04.02	5,1	5,800	0,292	0,00027	0,0057	0,0	0,000292	0,004926637
29	21.04.02	10,8	9,700	6,457	0,00783		0,0	0,006457	0,027872712
30	24.05.02	15,7	9,695	24,610	0,08250		0,1	0,02461	0,058557013
31	02.06.02	26,7	69,674	122,767	0,12283	0,0089	0,1	0,122767	0,431440987
							12,77109	TOPLAM	16,36955729

Çizelge 3.16. Topçu Mikro havzası'nda MUSLE yöntemi ile hesaplanan 2004 yılı sediment verimleri

Sıra No	Akım Veren Yağışın Tarihi	Yağış Yüksekliği (h) (mm)	Toplam Yüzey Akış Hacmi (Q) (m ³)	Pik Debi (Q _p) (L/s)	Sediment Verimi			Pik Debi (Q _p) (m ³ /s)	MUSLE ile Tahmin Edilen Toplam Sediment Verimi (Ton)
					Süspansediment Verimi (Ton/ha)	Yatak Yüğü Sediment Verimi (Ton/ha)	Toplam Sediment Verimi (Ton/ha)		
1	26.12.03	23,90	25,245	26	0,28714	0,23504	0,5	0,026366	0,101382884
2	02.01.04	21,80	1,200	0,903	0,00233	0,00750	0,0	0,000903	0,004284153
3	03-04.01.2004	17,50	43,700	34	0,21267	0,23917	0,5	0,033899	0,161252897
4	04-05.01.2004	22,70	132,400	39	0,69592	0,40537	1,1	0,039082	0,320711546
5	07.01.04	13,10	45,400	19	0,09370	0,11783	0,2	0,019031	0,120923263
6	08.01.04	2,20	0,100	0,161	0,00005		0,0	0,000161	0,000514524
7	12.01.04	15,80	1,530	0,065	0,00016		0,0	0,000065	0,001426403
8	14.01.04	6,00	2,500	2	0,00375		0,0	0,002014	0,007706957
9	16.01.04	6,70	1,530	0,065	0,00190		0,0	0,000065	0,001426403
10	16-17.01.2004	9,40	11,000	5	0,01807	0,01586	0,0	0,005069	0,026240914
11	22-23.01.2004	78,30	900,500	128,01	3,50595	1,35541	4,9	0,12801	2,074276094
12	24.01.04	8,70	64,600	30	0,07857	0,13000	0,2	0,030161	0,184849123
13	25-26.01.2004	44,10	567,200	50	0,69236	0,30085	1,0	0,05041	0,847428212
14	30-31.01-01.02.2004	45,20	283,000	34	0,89302	0,13218	1,0	0,033899	0,455573347
15	13.02.04	23,20	52,900	33	0,17884	0,15330	0,3	0,033418	0,17226339
16	14.02.04	24,40	133,300	144	0,68466	2,73295	3,4	0,143866	0,647187738
17	15.05.04	22,90	0,040	0,11	0,00005		0,0	0,00011	0,000248838
18	17.05.04	44,60	292,100	137	1,10998	2,01217	3,1	0,137067	0,001284685
19	19.05.04	12,50	11,940	23	0,02409	0,54146	0,6	0,023421	0,064663608
							16,86228	TOPLAM	5,193644979

Çizelge 3.17. Topçu Mikro havzası'nda MUSLE yöntemi ile hesaplanan 2005 yılı sediment verimleri

Yağış Yüksekliği (h) (mm)	Toplam Yüzey Akış Hacmi (Q) (m ³)	Pik Debi (Q _p) (L/s)	Sediment Verimi			Pik Debi (Q _p) (m ³ /s)	MUSLE ile Tahmin Edilen Toplam Sediment Verimi (Ton)
			Süspansediment Verimi (Ton/ha)	Yatak Yüğü Sediment Verimi (Ton/ha)	Toplam Sediment Verimi (Ton/ha)		
	0,600	0,464	0,000035		0,00004	0,000464	0,002526344
	0,430	0,566	0,0000057		0,00001	0,000566	0,002363827
					0,000041	TOPLAM	0,004890171

Çizelge 3.18. Topçu Mikro havzası'nda MUSLE yöntemi ile hesaplanan 2006 yılı sediment verimleri

Sıra No	Akım Veren Yağışın Tarihi	Yağış Yüksekliği (h) (mm)	Toplam Yüzey Akış Hacmi (Q) (m ³)	Pik Debi (Q _p) (L/s)	Sediment Verimi			Pik Debi (Q _p) (m ³ /s)	MUSLE ile Tahmin Edilen Toplam Sediment Verimi (Ton)
					Süspanse Sediment Verimi (Ton/ha)	Yatak Yüğü Sediment Verimi (Ton/ha)	Toplam Sediment Verimi (Ton/ha)		
1	18.12.2005		24,200	20	0,02762	0,41900	0,44662	0,019739	0,083634973
2	19.12.2005		38,800	35	0,02520	0,15800	0,18320	0,034862	0,152551811
3	07.02.2006		4,300	1	0,00290		0,00290	0,001323	0,008191488
4	08.02.2006		0,100	0,136	0,00001		0,00001	0,000136	0,00047579
5	12.02.2006		1,300	0,221	0,00002		0,00002	0,000221	0,002583755
6	25.09.2006		2,700	4	0,00010		0,00010	0,004023	0,011977617
							0,63285	TOPLAM	0,259415434

Çizelge 3.19. Topçu Mikro havzası'nda MUSLE yöntemi ile hesaplanan 2007 yılı sediment verimleri

Sıra No	Akım Veren Yağışın Tarihi	Yağış Yüksekliği (h) (mm)	Toplam Yüzey Akış Hacmi (Q) (m ³)	Pik Debi (Q _p) (L/s)	Sediment Verimi			Pik Debi (Q _p) (m ³ /s)	MUSLE ile Tahmin Edilen Toplam Sediment Verimi (Ton)
					Süspanse Sediment Verimi (Ton/ha)	Yatak Yüğü Sediment Verimi (Ton/ha)	Toplam Sediment Verimi (Ton/ha)		
1	01.11.2006		24,300	13	0,01180		0,01180	0,012857	0,06922
2	03.11.2006		2,100	0,292	0,00040		0,00040	0,000292	0,00403
3	14.02.2007		15,000	2	0,00080		0,00080	0,002419	0,02094
4	25.09.2007		2,700	4	0,00080		0,00080	0,004023	0,00428
							0,01380	TOPLAM	0,09848

Çizelge 3.20. Topçu Mikro havzası'nda MUSLE yöntemi ile hesaplanan 2008 yılı sediment verimleri

Sıra No	Akım Veren Yağışın Tarihi	Yağış Yüksekliği (h) (mm)	Toplam Yüzey Akış Hacmi (Q) (m ³)	Pik Debi (Q _p) (L/s)	Sediment Verimi			Pik Debi (Q _p) (m ³ /s)	MUSLE ile Tahmin Edilen Toplam Sediment Verimi (Ton)
					Süspanse Sediment Verimi (Ton/ha)	Yatak Yüğü Sediment Verimi (Ton/ha)	Toplam Sediment Verimi (Ton/ha)		
1	11.11.07		48,300	16	0,09350	0,0913	0,18480	0,016397	0,114644138
2	21.11.07		7,500	3	0,01120	0,0029	0,01410	0,002863	0,015830169
3	06-07.12.2007		83,100	15	0,02860	0,0977	0,12630	0,014557	0,146002145
4	10.12.07		103,600	29	0,26090	0,1118	0,37270	0,029225	0,243635122
5	14.12.07		127,700	27	0,69070	0,2172	0,90790	0,026667	0,262790175
6	17.02.08		2,700	0,903	0,00040		0,00040	0,000903	0,005659928
							1,60620	TOPLAM	0,788561678

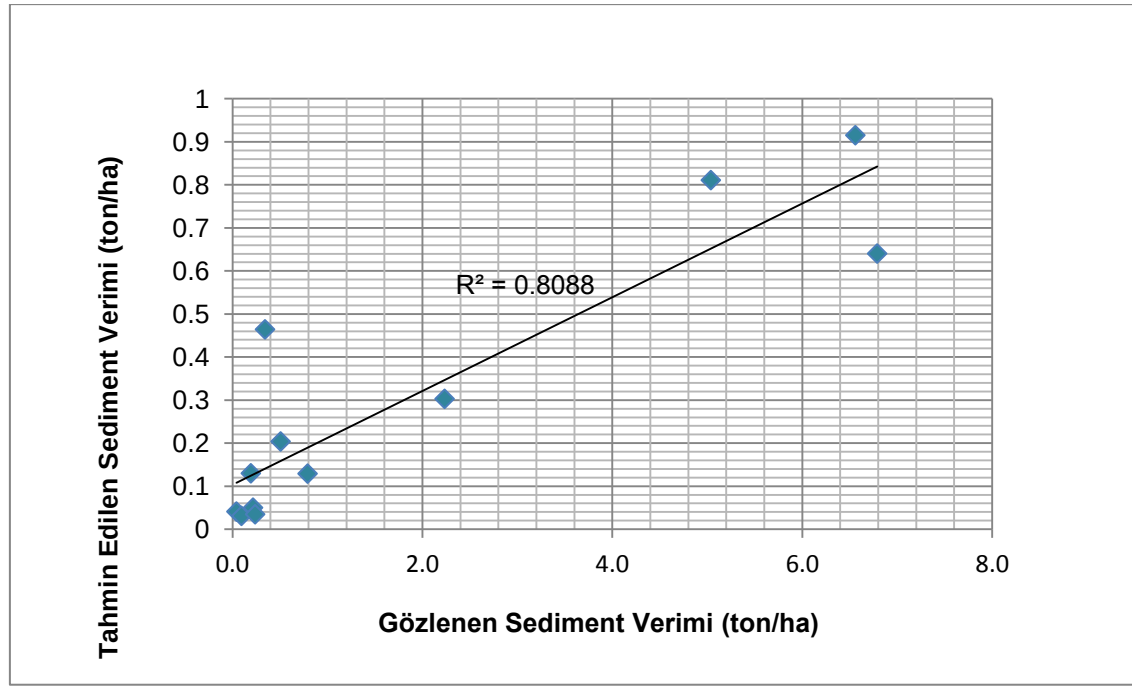
Çizelge 3.21. Topçu Mikro havzası'nda MUSLE yöntemi ile hesaplanan 2009 yılı sediment verimleri

Sıra No	Akım Veren Yağışın Tarihi	Yağış Yüksekliği (h) (mm)	Toplam Yüzey Akış Hacmi (Q) (m ³)	Pik Debi (Q _p) (L/s)	Sediment Verimi			Pik Debi (Q _p) (m ³ /s)	MUSLE ile Tahmin Edilen Toplam Sediment Verimi (Ton)
					Süspanse Sediment Verimi (Ton/ha)	Yatak Yüğü Sediment Verimi (Ton/ha)	Toplam Sediment Verimi (Ton/ha)		
1	15.10.2008		0,900	0,566	0,005	2,569	2,57400	0,000566	0,003574779
2	27.10.2008		46,600	15	0,2965	0,1935	0,49000	0,014557	0,103553105
3	06.01.2009		10,500	7	0,0128		0,01280	0,006825	0,030489645
4	26.01.2009		5,100	0,903	0,0002		0,00020	0,000903	0,007262288
5	29.01.2009		10,000	6	0,0052		0,00520	0,005749	0,026899559
6	31.01.2009		101,600	6	0,203	0,0448	0,24780	0,005749	0,095007862
7	15.02.2009		118,800	59	0,4713		0,47130	0,059189	0,382501031
8	21.02.2009		1,400	0,671	0,0003		0,00030	0,000671	0,004227937
9	24.02.2009		205,500	106	0,2133		0,21330	0,105634	0,70771651
10	26-27.02.2009		106,000	13	0,639	1,9252	2,56420	0,013395	0,157692745
11	28.02.2009		210,200	43,33	0,227		0,22700	0,04333	0,440135822
12	26-27.03.2009		41,300	3	0,3166		0,31660	0,003226	0,04223012
13	26.04.2009		269,200	127	0,0052		0,00520	0,127015	0,927089444
14	05.05.2009		3,000	3	0,0122		0,01220	0,003226	0,010807578
TOPLAM					2,403	2,1635	7,14010	TOPLAM	2,939188425

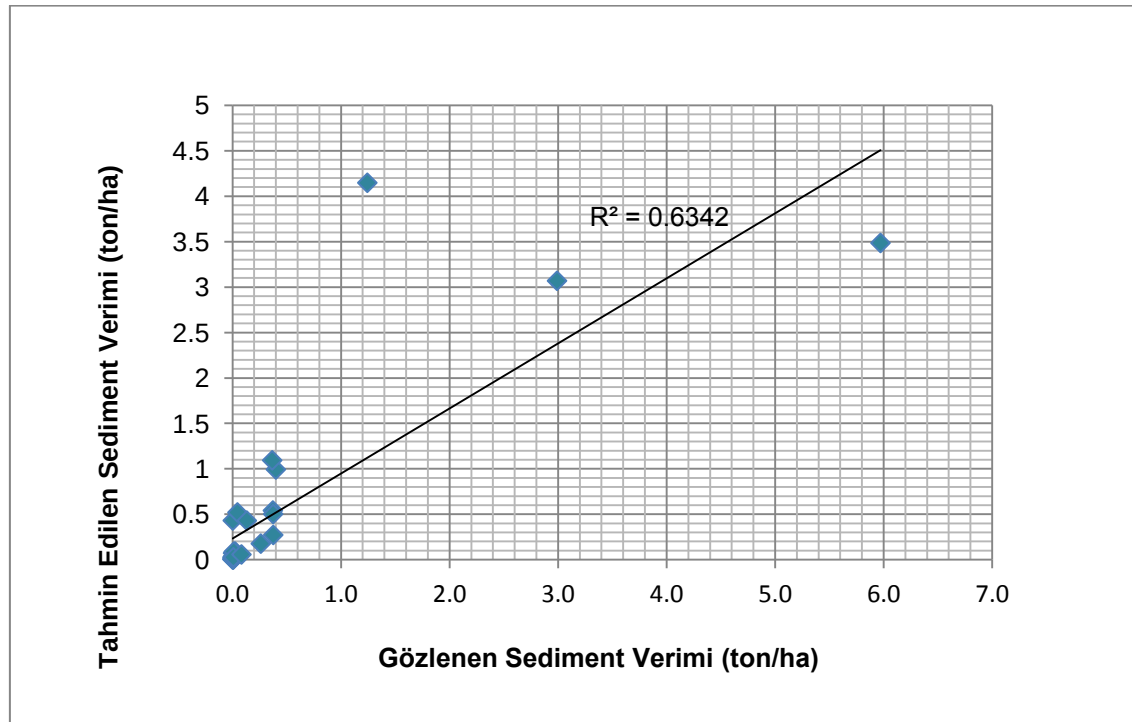
Çizelge 3.22. Topçu Mikro havzası'nda MUSLE yöntemi ile hesaplanan 2010 yılı sediment verimleri

Sıra No	Akım Veren Yağışın Tarihi	Yağış Yüksekliği (h) (mm)	Toplam Yüzey Akış Hacmi (Q) (m ³)	Pik Debi (Q _p) (L/s)	Sediment Verimi			Pik Debi (Q _p) (m ³ /s)	MUSLE ile Tahmin Edilen Toplam Sediment Verimi (Ton)
					Süspanse Sediment Verimi (Ton/ha)	Yatak Yüğü Sediment Verimi (Ton/ha)	Toplam Sediment Verimi (Ton/ha)		
1	04-05.11.2009		29,300	6	0,049	0,053	0,10190	0,006457	0,050610422
2	12.12.2009		293,100	13	1,180	0,001	1,18120	0,013395	0,279827411
3	13.12.2009		48,100	12,05	0,076		0,07550	0,01205	0,093785176
4	16-17.12.2009		263,300	92	0,911	0,415	1,32620	0,091615	0,761183745
5	18.12.2009		3,700	4	0,004		0,00410	0,004446	0,013855865
6	21-22.12.2009		84,000	67,26	0,303	0,149	0,45200	0,06726	0,326101572
7	20.01.2010		51,000	3	0,004		0,00400	0,003346	0,047686573
8	21.01.2010		206,400	25,07	0,414		0,41360	0,02507	0,320711532
9	23.01.2010		164,700	23	0,110	0,142	0,25230	0,023421	0,279196652
10	03.02.2010		158,100	38	0,604	0,108	0,71160	0,037949	0,338388971
11	08-09.02.2010		39,600	2	0,020		0,02000	0,002419	0,036306673
12	27-28.02.2010		143,500	11	0,150		0,14950	0,010762	0,162303653
13	08.04.2010		0,400	0,331	0,0001		0,00010	0,000331	0,001674329
TOPLAM					3,824	0,868	4,69200	TOPLAM	2,711632575

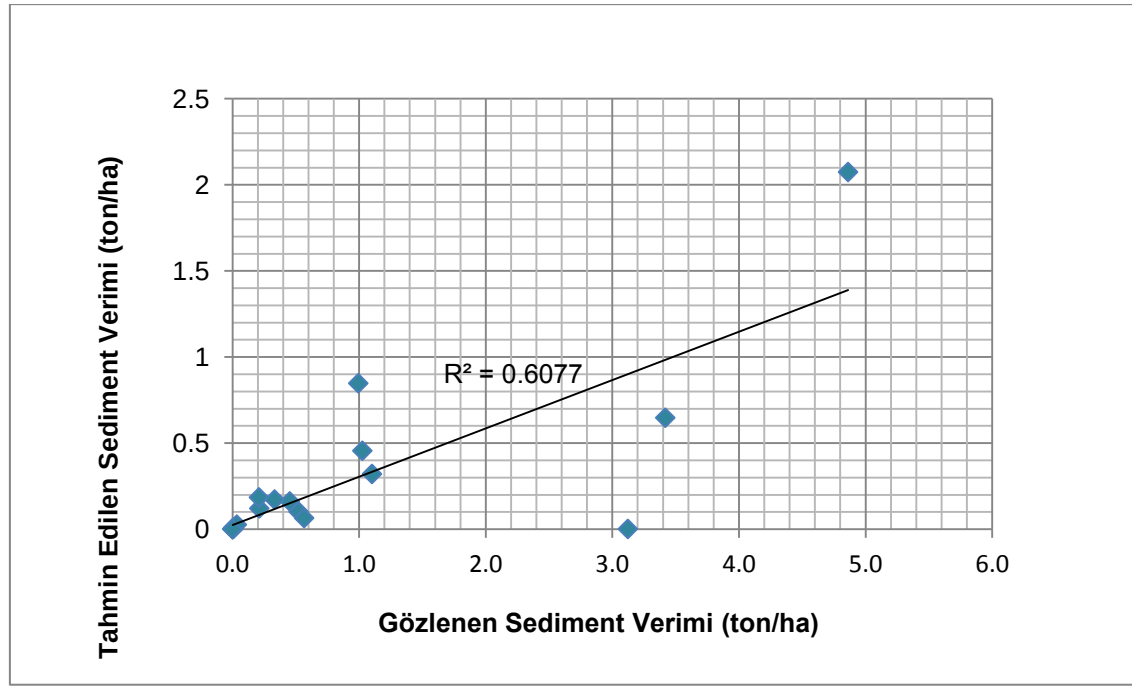
MUSLE parametrelerinden Q ve q_{peak} parametreleri doğrudan Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü tarafından, TAGEM-BB-TOPRAKSU-2011/125 proje numarası ile yapılan çalışma kapsamında elde edilen akım ve pik akım değerlerinden, değiştirilmeden alınmıştır. Pik akım değerleri hesaplanmayan yağışlar modele dâhil edilmemiştir.



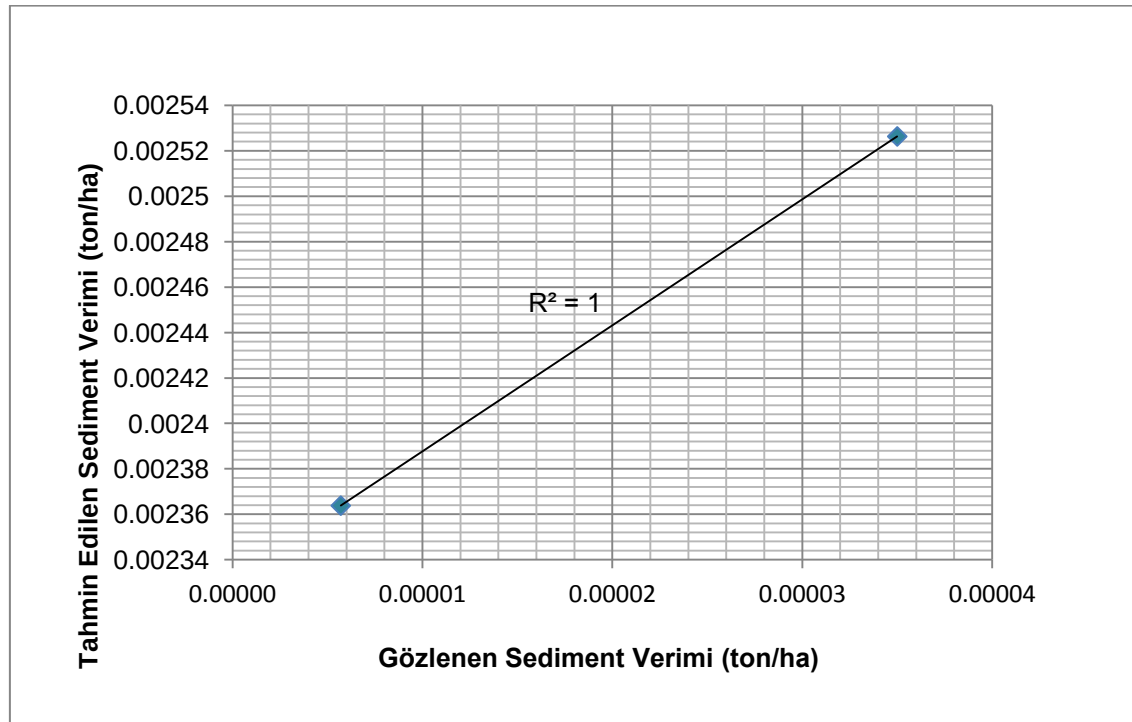
Şekil 3.33. 2000 yılı sediment verimleri regresyon doğrusu



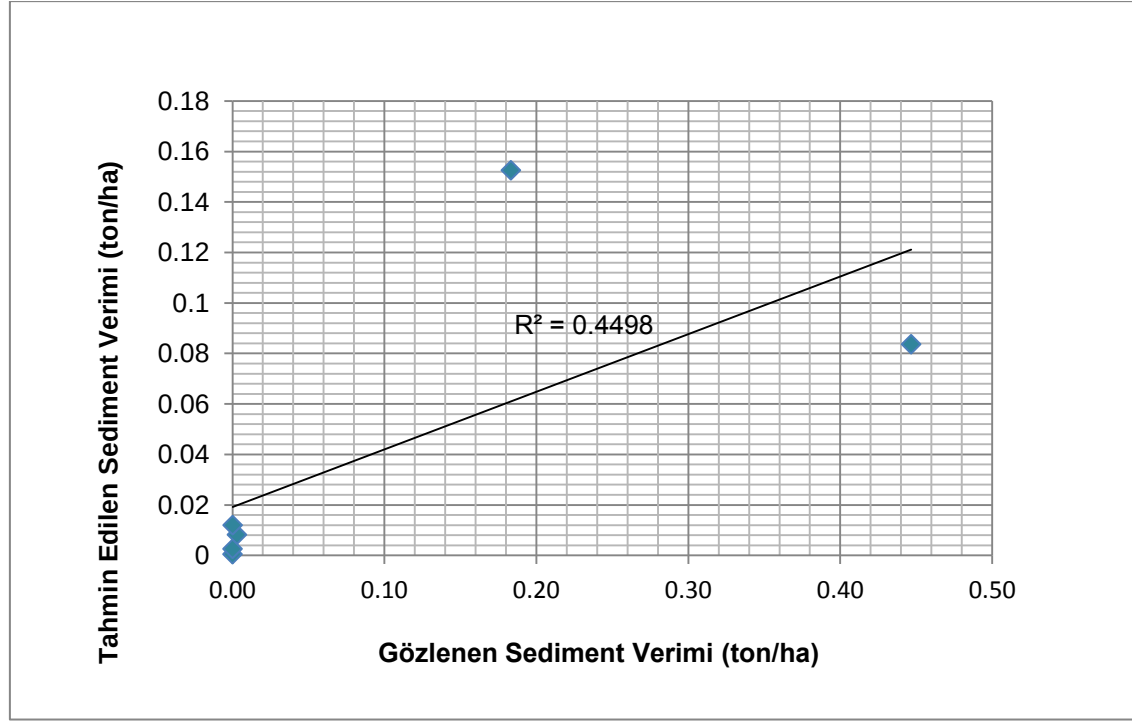
Şekil 3.34. 2002 yılı sediment verimleri regresyon doğrusu



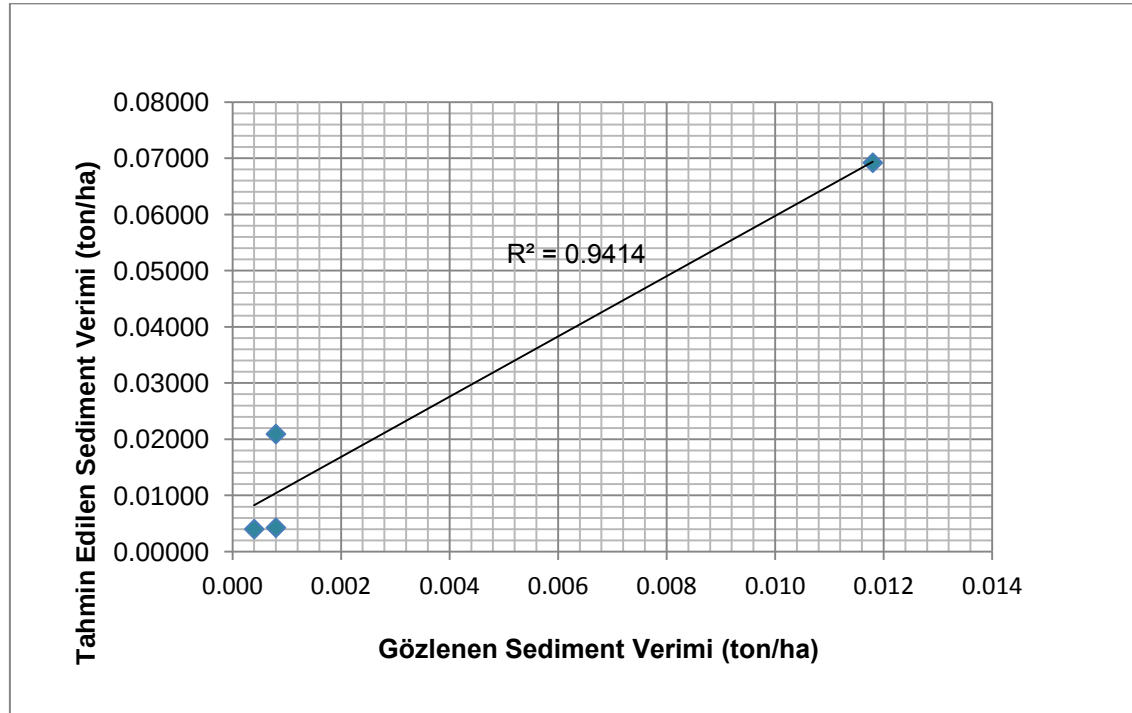
Şekil 3.35. 2004 yılı sediment verimleri regresyon doğrusu



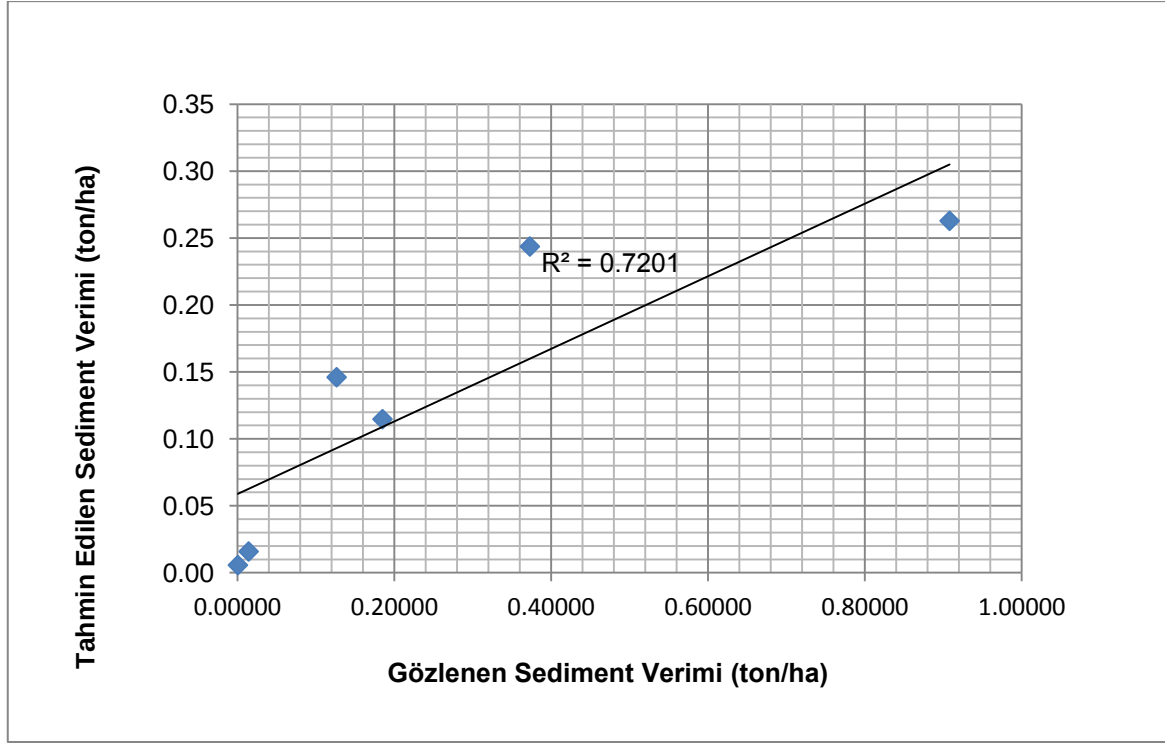
Şekil 3.36. 2005 yılı sediment verimleri regresyon doğrusu



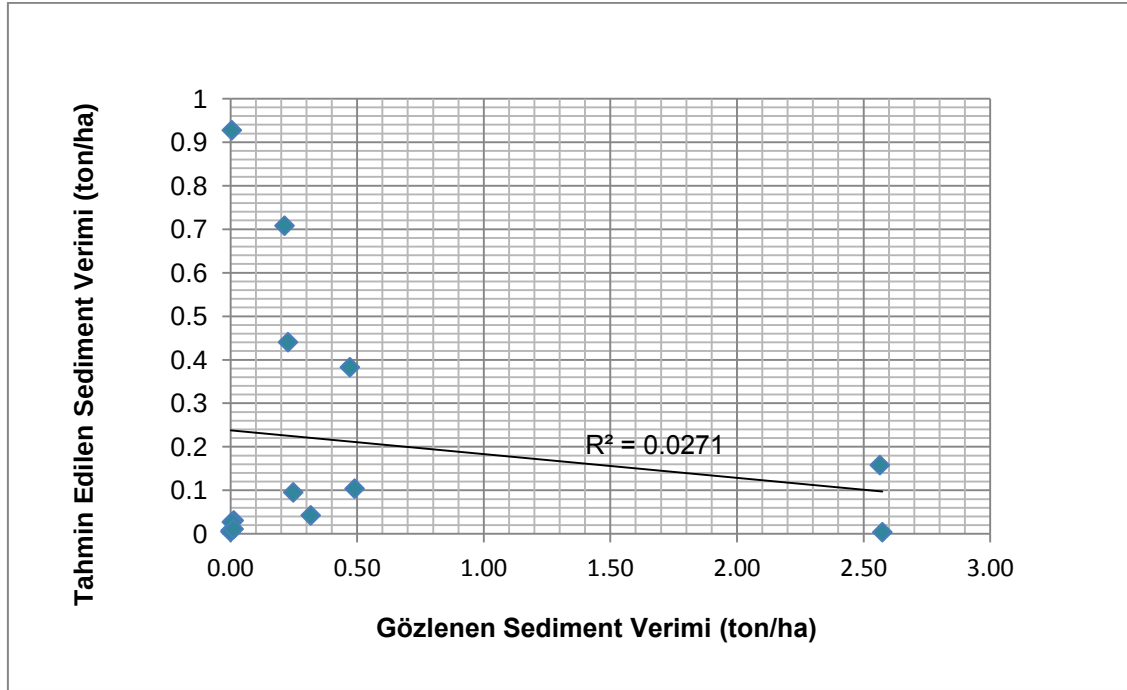
Şekil 3.37. 2006 yılı sediment verimleri regresyon doğrusu



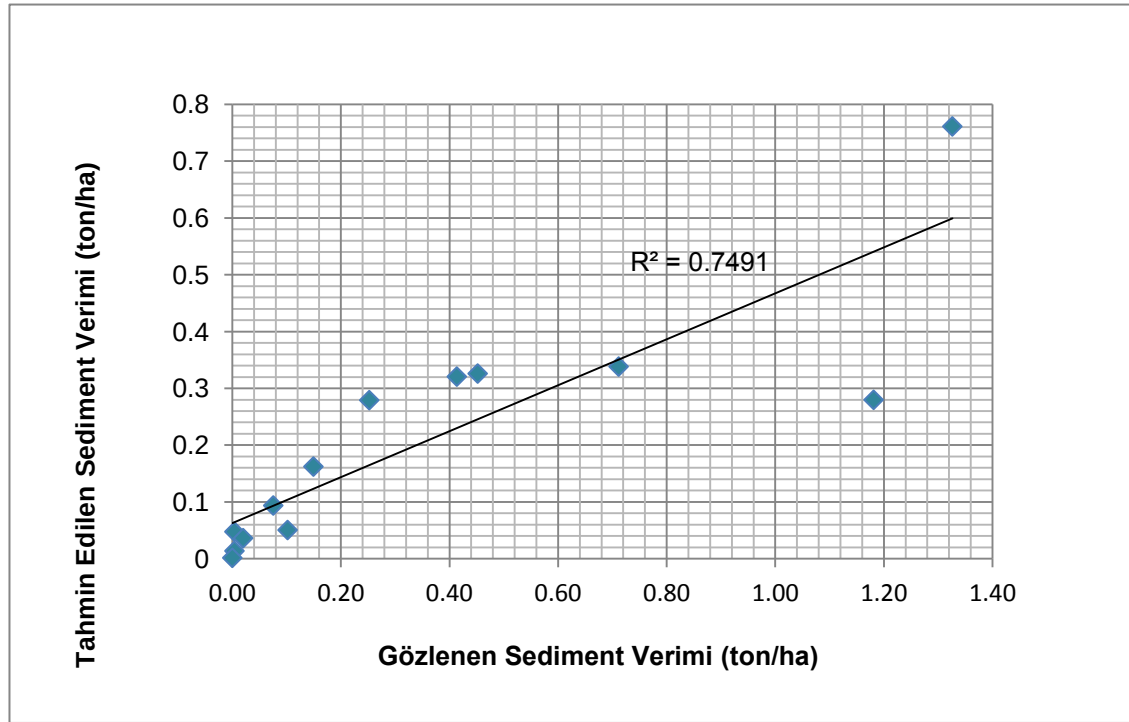
Şekil 3.38. 2007 yılı sediment verimleri regresyon doğrusu



Şekil 3.39. 2008 yılı sediment verimleri regresyon doğrusu



Şekil 3.40. 2009 yılı sediment verimleri regresyon doğrusu



Şekil 3.41. 2010 yılı sediment verimleri regresyon doğrusu

Tez çalışması kapsamında 2000-2010 yılları arası, her yıl ve sediment verimine neden olan her bir yağış olayı için erozyon potansiyel değerleri, mevcut veriler ile karşılaştırılarak regresyon doğruları çıkarılmıştır. Buna göre MUSLE modelinden elde edilen sediment verim değerlerinin trendi ile mevcut sediment verimi değerlerinin trendi benzerdir. Lineer regresyon doğru denklemlerine göre 2000 yılı için % 80.8; 2002 yılı için % 63.4; 2004 yılı için %60.7; 2005 yılı için %100; 2006 yılı için % 44.9; 2007 yılı için % 94.1; 2008 yılı için % 72; 2009 yılı için % 2.7 ve 2010 yılı için % 74.9 oranında model ile tahmin doğruluğu açıklanabilir. Regresyon doğrusu ile uyumun yanı sıra MUSLE yöntemi ile elde edilen miktarlar, gerçek miktarlar ile karşılaştırıldığında farklılıklar olduğu görülmüştür. Bu farklılıkların nedeninin, ölçümlerde kullanılan değerlerin yalnızca 4 ha'lık mikro havza yerine, Topçu Deresi'nin tamamını temsil eden değerlerin kullanılarak hesaplanması olduğu düşünülmektedir. Ayrıca her bir yağış için tek tek ölçümler yerine, alınan sediment konsantrasyonu değerlerinin amprik eşitliklerde uygulanmasıyla belirlenen değerlerin, 4 ha'lık mikro havzaya göre fazla miktarda olduğu düşünülmektedir. Ortalama değerler göz önünde bulundurularak yapılan hesaplamaların aksine MUSLE yönteminde, tüm eroziv parametreler bölgenin özelliklerine uygun olarak hassas bir şekilde belirlenmektedir. Bu nedenle kullanılan akış hacmi ve pik akım değerleri ile birlikte tüm MUSLE

parametreleri, yağış olaylarında meydana gelebilecek sediment verimini daha hassas bir şekilde hesaplar. MUSLE yöntemi ile 2000-2010 yılları arası, her bir yağış olayı için hesaplanan sediment verimlerinin, verilen akış ve pik akım değerleri için, ölçülen miktarlara oranla daha kabul edilebilir miktarlarda olduğu gözlenmiştir.

4.SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında Mersin Tarsus Topçu Deresi Alt Havzası'nda, niceliksel bir erozyon tahmin modeli olan MUSLE yöntemi ile 2000 – 2010 yılları arasında meydana gelen yağış olaylarının neden olduğu sediment verimi hesaplanmıştır.

MUSLE yönteminin uygulanması için gerekli olan parametreler CBS ortamında belirlenmiştir. Saha çalışmalarında alınan koordinat verileri kullanılarak, çalışma alanına ait 2.5 m'lik eş yükselik eğrileri sayısal ortamda oluşturulmuş ve konumsal analizlerle CBS ortamında sayısal yükseklik modeli elde edilmiştir. Sayısal yükseklik modelinde alana ait en yüksek ve en düşük değerlerin sırasıyla 138.7 m ve 101.6 m olduğu belirlenmiştir. Sayısal yükseklik modelinin oluşturulmasının ardından alana ait eğim ve bakı katmanları yüzey analizi araçları ile oluşturulmuştur. Düz bir topografyaya sahip olan mikro havzada eğim değerlerinin 0.014 ile 3.615 derece arasında değiştiği belirlenmiştir. Yağışlar ile meydana gelen sediment taşınımının da eğimin en yüksek olduğu, mikro havzanın kuzeyinde yer alan, bakı değeri güneybatı (202.5 – 247.5) olan ve göreceli olarak mikro havzanın diğer kısımlarından meyili fazla olan alanda daha fazla olduğu söylenebilmektedir.

Erozyon potansiyelinin MUSLE yöntemi ile belirlenmesi için gerekli olan K - toprağın erozyona duyarlılık faktörü de, saha çalışmaları sırasında alınan toprak örneklerinin tane boyu ve organik madde analizleri sonucu elde edilmiştir. Laboratuar analizleri sonucu elde edilen verilerin amprik eşitliklerde değerlendirilmesiyle, arazide alınan 42 adet örneklem noktası için K değerleri belirlenmiş, jeostatistiksel yöntemler kullanılarak CBS ortamında K değerlerinin alansal dağılım katmanı elde edilmiştir. Bu analizler sonucunda Topçu Deresi mikro havzasında K faktörünün en düşük ve en yüksek değerleri sırasıyla 0.003 ve 0.27 olarak belirlenmiştir.

Mikro havzaya ait LS – yamaç eğimi ve uzunluğu faktörü, sayısal ortamda elde edilen eğim ve akış yönleri analizi kullanılarak elde edilmiştir.

Erozyon miktarını etkileyen en önemli parametre olan arazi kullanımı, MUSLE C faktörü, gerek yüksek çözünürlüklü uydu fotoğraflarından, gerekse yapılan arazi çalışmalarındaki sınır doğrulamalarıyla arazi kullanımının belirlenmesi ile elde edilmiştir. Yaklaşık 4 ha olan çalışma sahasının büyük bölümünde kuru tarım (buğday) yapıldığı, tarım yapılmayan küçük bir alanın doğal bitki örtüsü ile kaplı olduğu tespit edilmiştir. Buna göre çalışma alanının % 86.32'sinde, kuru tarım yapılan alanda C faktör değeri CLC2000 kodlarına göre 0.4; % 13.68'inde, doğal bitki örtüsünün bulunduğu alanda ise C faktör değeri CLC2000 kodlarına göre 0.36 olarak belirlenmiştir.

Yapılan saha çalışmalarında mikro havzada erozyonu önlemek amacıyla yapılmış herhangi bir toprak koruma uygulaması tespit edilmemiş ve bu nedenle MUSLE-P faktörü 1 olarak belirlenmiştir.

MUSLE parametrelerinin sayısal ortamda belirlenmesinin ardından yapılan analizler sonucu mikro havzada 2000-2010 yılı boyunca meydana gelen yağışlar sonucu, 2000 yılında 3.75 ton; 2002 yılında 16.3 ton; 2004 yılında 5.2 ton; 2005 yılında 0.005 ton; 2006 yılında 0.26 ton, 2007 yılında 0.09 ton; 2008 yılında 0.78 ton; 2009 yılında 2.93 ton ve 2010 yılında 2.71 ton olmak üzere toplamda 32.1 ton sediment verimi elde edilmiştir.

MUSLE yöntemi ile elde edilen sediment verimleri ölçülen değerler ile karşılaştırılmış ve regresyon doğruları belirlenmiştir. Regresyon doğrularına uyumluluk bakımından modelin doğruluğu 2000 yılı verileri için % 80.8; 2002 yılı verileri için % 63.4; 2004 yılı verileri için %60.7; 2005 yılı verileri için %100; 2006 yılı verileri için % 44.9; 2007 yılı verileri için % 94.1; 2008 yılı verileri için % 72; 2009 yılı verileri için % 2.7 ve 2010 yılı verileri için % 74.9 olarak belirlenmiştir. 2005 yılı verilerinin yetersiz olması nedeniyle regresyon doğrusu, belirleme katsayısı 1 olarak tespit hesaplanmıştır. 2009 yılı hesaplamalarında kullanılan akım ve pik akım değerlerinin ölçülen sediment verimleri ile uyumlu olmaması, belirleme katsayısının düşük çıkmasına ve regresyon doğrusunun ters orantılı bir fonksiyon şeklinde ifade edilmesine neden olmuştur.

MUSLE yöntemi ile hesaplanan erozyon potansiyeli ile ölçülen değerlere bakıldığında, belirleme katsayıları bakımından uyumluluk görülse de miktar bakımından ciddi farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni olarak mikro havzada doğrudan ölçümler yerine sediment yoğunluk değerleri kullanılarak, tek ölçüm değerlerinin tüm yağışlar için çarpılmasıyla hesaplanmasından ve 4 ha olan küçük bir mikro havza için çok büyük değerler elde edilmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Ayrıca mikro havzada 10 yıllık erozyon potansiyelini hesaplamak için kullanılan MUSLE yönteminde parametre katmanları her bir yağış olayı için aynı alınmıştır.

Çalışma sahasında MUSLE yöntemi ile elde edilen sonuçlar ayrıca Erpul ve Saygın [16]'ın öngördüğü izin verilebilir toprak kaybı miktarlarına göre de değerlendirilmiştir. “M 17.2 N IV es” toprak grubuna dahil olan alanda [7], toprak özellik kombinasyonuna göre derinliğin 90 cm ve üzeri olduğu varsayımına dayanarak toprak kaybı miktarı yorumlanmıştır. Buna göre 4 ha alan için 32.1 ton sediment veriminin elde edildiği alt havzada, toprak hacim ağırlığı 1.30 ton m^{-3} olarak alınmış ve toprak kaybı 0.617 mm y^{-1} olarak hesaplanmıştır. Ortalama 90 cm derinlikte, sürdürülebilirlik koşulu olarak izin verilen toprak kaybı, “toprak oluşum süresi = 2000 yıl” için 0.45 mm y^{-1} olarak belirtilmektedir [16]. Buna göre çalışma sahasında, toprak oluşum süresinin 2000 yıl olarak belirtildiği değerler ve ortalama 90 cm derinlik için toprak kaybının fazla olduğu görülmektedir. Bu sonuca bağlı olarak çalışma sahasında toprak derinliğinde azalma olduğu ve toprak kayıplarının toprak oluşum hızından daha hızlı olduğu yorumu yapılabilir.

MUSLE yöntemi olay bazlı (event-base) bir yöntemdir. Bu yöntemle sediment verimi hesaplanırken, genelgeçer denklem olan “ $11.8 \times (Q \times q_{\text{peak}})^{0.56} \times K \times LS \times C \times P$ ” ifadesi yerine bölgenin yağış, akım ve havza karakteristikleri göz önüne alınarak, yöntem bölgeye uygun şekilde modifiye edilmeli; lokasyon katsayısı olan 11.8 ve 0.56 değerlerinin uygulanan bölgede hangi değerleri alacağı hesaplanmalıdır. Ayrıca MUSLE yönteminin olay bazlı (event-base) olması nedeniyle genelgeçer kabul edilen yöntemle hesaplanan değerlerin ortalama değerler olduğu söylenebilmektedir. Elde edilen ortalama değerler ile havzada meydana gelebilecek erozyon derecesi ve uygulanması gereken koruma yöntemleri ile ilgili öngörü yapmak mümkündür. Fakat mikro havzada her bir yağış sonucu elde edilen en doğru sediment verimi hesabı için, yağış olaylarının tarihlerinde havzayı temsil eden mevsimsel K ve C parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Yüksek lisans tezi çalışması kapsamında yapılan bu çalışmada, bir havzada olay bazlı MUSLE yöntemi ile CBS ortamında sediment verimi hesaplarının en doğru sonuca ulaşması için, havzayı temsil eden ortalama değerler yerine, her bir yağış olayı için, yağış tarihinde havzayı temsil eden mevsimsel MUSLE parametrelerinin hesaplanması ve yöntemde kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Wischmeier, W.H., Smith, D.D., Prediction Rainfall Erosion Losses, *U.S. Dept. Agr., Sci. Ed. Admin., Agr. Handbook 537*, Washington, D.C., **1978**.
- [2] Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., Yoder D.C., *Prediction soil Erosion by Water : A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*, United States Department of Agriculture, Washington D.C., **1997**.
- [3] *Erozyonla Mücadele Eylem Planı*, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, **2013**.
- [4] Williams, J.R., Sediment – Yield Prediction with Universal Equation Using Runoff Energy Factor. *Proceedings of the Sediment-Yield Workshop*, USDA Sedimentation Laboratory, Oxford, Mississippi, **1975**.
- [5] Williams, J. R., Berndt, H. D., Sediment Yield Prediction Based on Watershed Hydrology. *To be Presented at the ASAE 1976 Winter Meeting*, Chicago, Illinois, December 13-17, **1976**.
- [6] Lal, R., Soil Erosion Impact on Agronomic Productivity and Environmental Quality. *Critical Review in Plant Sciences* 17: 319-464, **1998**.
- [7] Kuşvuran, K., *Mersin – Tarsus Topçu Deresi Havzasında Yağış, Akım ve Alt Havzasında Sediment Veriminin Araştırılması*, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü, Proje No: TAGEM-BB-TOPRAKSU-2011/125, **2011**.
- [8] Balcı, A.N., *Toprak Koruması*, İ.Ü. Orman Fakültesi, Havza Amenajmanı Dalı, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 439, İ.Ü. Basımevi ve Film Merkezi, İstanbul, **1996**.
- [9] Çepel, N., *Erozyon-Orman İlişkileri*, TEMA Eğitim Semineri Ders Notu, İstanbul, **1996**.

- [10] Miller, G.A., Amemiya, M., Jolly R.W., Melvin, S.W., Nowak, P.J., *Soil Erosion and the Iowa Soil 2000 Program*, Iowa State University Pm-1056: 8, **1988**.
- [11] Jones, A.L., Lal, R., Huggins, D.R., Soil Erosion and Productivity Research: A Regional Approach, *American Journal of Alternative Agriculture* 12(4): 183-192, **1997**.
- [12] Pimentel, D., Beyer, N., *Energy Inputs in Indian Agriculture*. Unpublished data at Cornell University, Ithaca, NY, **1976**.
- [13] Sadeghi, S.H.R., Mizuyama, T., Applicability of the Modified Universal Soil Loss Equation for Prediction of Sediment Yield in Khanmirza Watershed, Iran, *Hydrological Sciences Journal*, 52:5, 1068-1075, DOI: 10.1623/hysj.52.5.1068, **2010**.
- [14] Jackson, W.L., Gebhardt K., Van Haveren B.P., Use of Modified Universal Soil Loss Equation for Average Annual Sediment Yield Estimates on Small Rangeland Drainage Basins, ed. R.F. Hadley, 413-422, Washington D.C., *Int. Assoc. Hydrol. Sci. Publ.* 159., **1986**.
- [15] Lal, R., Pierce, F.J., *The Vanishing Resource*, pp. 1-5, In Lal, R. & F.J. Pierce (eds.), *Soil Management for Sustainability*, Soil and Water Conservation Society. Ankeny, Iowa, **1991**.
- [16] Erpul, G., Saygın, D.S., Ülkemizde Toprak Erozyonu Sorunu Üzerine: Ne Yapılmalı?, *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, Türkiye Toprak Bilimi Derneği, Cilt 1, Sayı 1, 26-32, **2012**.
- [17] Barrows, H.L., Killmer, V.S., Plant Nutrient Losses From Soils by Water Erosion, *Adv.Agron*, 15:303-316, **1963**.
- [18] Crosson, P.R., *Soil Erosion and Policy Issues*, In TİM T.Phipps, P.R Crosson, and K.A Price (eds). *Agriculture and the Enviroment*. Nat. Center for Food and Agr. Policy, Washington D.C., **1986**.

- [19] Zhang, Y., Degroote, J., Wolter, C., Sugurmaran R., Integration of Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) Into a GIS Framework to Assess Soil Erosion Risk, *Land Degrad. Develop.* 20: 84 – 91, **2009**.
- [20] Oldeman, L.R., *Global Extent of Soil Degradation*, Bi-annual Report. International Soil Reference and Information Center. Wageningen, The Netherlands: pp. 19-36, **1991**.
- [21] Göksu, E., vd., Havza Yüzey Erozyonunun Hesaplanması ve Köy Deresi Barajı için Bulunan Sonuçlar, *I.Ulusal Erozyon ve Sedimentasyon Sempozyumu Tebliğleri*, DSİ Genel Müdürlüğü Yayın No:922, Ankara, **1978**.
- [22] Yurtsever, Y., vd., Türkiye Akarsu Havzalarının Ortalama Sediment Verimi Üzerine Bir Etüt ve Bulunan Sonuçlar, *I. Ulusal Erozyon ve Sedimentasyon Sempozyumu Tebliğleri*, DSİ Genel Müdürlüğü Yayın No: 922, Ankara, **1978**.
- [23] Aybaşı, M.C., *Beytepe Kompleks Havzasında Sediment Verimi Araştırması* (Basılmamış), Ankara, **1976**.
- [24] Sevinç, A.N., *Dutluca / Gölet Havzası Sediment Verimi Araştırması*, Köy Hizmetleri Eskişehir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:193, Rapor Serisi No: 146, Eskişehir, **1985**.
- [25] Sevinç, A.N., *Eskişehir – Sivrihisar – Mercan Köyü Yağrı Göleti Havzası Sediment Veriminin Araştırılması*, Köy Hizmetleri Eskişehir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:214, Rapor Serisi No: 164, Eskişehir, **1990**.
- [26] Erksine, W.D., Mahmoudzadeh, A., Myers, C., Land Use Effects on Sediment Yields and Soil Loss Rates in Small Basins of Triassic Sandstone Near, *Catena*, Volume : 49, Page : 271-287, **2002**.

- [27] Renwick, W.H., Smith, S.V., Bartley, J.D., Buddemeier, R.W., The Role of Impoundments in the Sediment Budget of the Conterminous United States, *Dams in Geomorphology*, Volume 71, Issues 1-2, 1 October 2005, Pages 99-111, **2005**.
- [28] Demirkıran, O., *Ankara Yenimahalle Güvenç Gölet Havzası Sediment Verimi*, Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Ankara, Proje No: TAGEM-BB-TOPRAKSU-2007/48, **2007**.
- [29] Smith, S.J., Williams, J.R., Menzel, R.G., Coleman, G.A., Prediction of Sediment Yield from Southern Plains Grasslands with the Modified Universal Soil Loss Equation, *Journal of Range Management* 37 (4), July 1984, Pages : 295-297, **1984**.
- [30] Sadeghi, S.H.R., Application of Musle in Prediction of Sediment Yield in Iranian Conditions, *ISCO2004-13th International Soil Conservation Organization Conference*, Brisbane, July **2004**.
- [31] Arekhi, S., Shabani, A., Alavipanah, S.K., Evaluation of Integrated KW-GIUH and MUSLE Models to Predict Sediment Yield Using Geographic Information System (GIS) (Case Study : Kengir Watershed, Iran), *African Journal of Agricultural Research* Vol.6 (18), pp. 4185-4198, 12 September **2011**.
- [32] Arekhi, S., Evaluating Long-term Annual Sediment Yield Estimating Potential of GIS Interfaced MUSLE Model on two micro-watersheds, *Pak J. Biol. Sci.*;11(2):270-4, Jan. 15, **2008**.
- [33] Renard, K.G., J.J. Stone., *Sediment Yield from Small Semiarid Rangeland Watersheds*, pp 129-144 In: Proceedings of the Workshop on Estimating Erosion and Sediment Yield on Rangelands, U.S. Dept. of Agric. ARM-W-26, **1982**.
- [34] Blaszczyński, J., *Estimating Watershed Runoff and Sediment Yield Using a GIS Interface to Curve Number and MUSLE Models*, Soils and Geology, Resources Notes, 66, **2003**.

- [35] Sadeghi, S.H.R., Mizuyama, T., Miyata, T., Gomi, T., Kosugi, K., Mizugaki, S., Onda Y., Is Musle Apt to Small Steeply Reforested Watershed?, *Journal of Forest Research*, August 2007, Volume 12, Issue 4, pp 270-277. **2007**.
- [36] Yılman, E., *Eldivan Sarayköy-II Göleti (Çankırı) Su Toplama Havzasında RUSLE Yöntemi ile Toprak Kayıplarının Tahmin Edilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Ankara, **2009**.
- [37] Altan, Z., *Şebinkarahisar (Giresun) ve Çevresinin Erozyon Riskinin Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, **2010**.
- [38] Torri, D., Poesen, J., Borselli, L., Predictability and Uncertainty of the Soil Erodibility Factor Using a global Dataset. *Catena*, 31.1: 1-22, **1997**.
- [39] Lee, S., Soil Erosion Assessment and its Verification Using the Universal Soil Loss Equation and Geographic Information System: a case study at Boun, Korea. *Environmental Geology*, 45.4: 457-465, **2004**.
- [40] Moore, I.D., Burch, G.J., Modeling Erosion and Deposition. *Topographic Effects Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 29:1624–1630 1640, **1986a**.
- [41] Moore, I.D., Burch, G.J., Physical Basis of the Length-Slope Factor in the Universal Soil Loss Equation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50:1294–1298, **1986b**.
- [42] Roose, E., *Erosion et Ruissellement en Afrique de l'Ouest*, Vingt Années de Mesures en Parcelles Expérimentales, **1977**.
- [43] Singh, G., Babu, R., Chandra, S., Soil Loss Prediction Research in India, *Central Soil and Water Conservation Research and Training Institute Bulletin*, No: T12/D9, Dehra Dun, **1981**.

- [44] El-Swaifi, S.A., Dangler, E.W., Armstrong, C.L., *Soil Erosion by Waters in the Tropics*, University of Hawaii, Research Extension Series 024, HITAHR, College of Tropical Agriculture and Human Resources, Honolulu, Hawaii, **1982**.
- [45] Hurni, H., *Erosion Productivity Conservation Systems in Ethiopia*, In Pla Sentis, I. (ed.), Soil Conservation and Productivity, Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo, Maracay: 654–74, **1987**.
- [46] Hashim, G.M., Wong, N.C., *Erosion from Steep Land Under Various Plant Covers and Terrains*, In Tay, T.H., Mokhtaruddin, A.M. and Zahari, A.B. (eds), Steepland Agriculture in the Humid Tropics, MARDI/Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur: 424–61, **1988**.
- [47] Horton, H.N. et al., *Field Manuel For Research in Agricultural Hydrology*, Washington D.C., **1968**.
- [48] Gottschalk, L.C., Reservoir Sedimentation, In *Handbook of Applied Hydrology* (edited by V.T. Chow), pp.17-1 to 17-34: McGraw Hill New York, **1964**.
- [49] Anonim, www.tarimkutuphanesi.com (Mayıs, **2014**)
- [50] Anonim, http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7c/Arbol_de_Piedra.jpg (Mayıs, **2014**)
- [51] Anonim, <http://images.fineartamerica.com/images-medium-large/beautiful-point-reyes-scenic-matt-tilghman.jpg> (Mayıs, **2014**)
- [52] Anonim, [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/33/Briksdalsbreen_\(03_272\).jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/33/Briksdalsbreen_(03_272).jpg) (Mayıs, **2014**)
- [53] Anonim, <http://i.livescience.com/images/i/000/044/483/original/ice-sheet-erosion-2.jpg?1332368169> (Mayıs, **2014**)
- [54] Anonim, <http://irrinet.net/wp-content/uploads/2012/04/NRCSIA99138.jpg> (Mayıs, **2014**)

- [55] Anonim, http://adlib.everysite.co.uk/resources/000262258PB13315_manage_erosion_2.jpg (Mayıs, **2014**)

- [56] Anonim, <http://us.123rf.com/400wm/400/400/foto4u/foto4u1004/foto4u100400335/6796953-rills-from-water-erosion-background.jpg> (Mayıs, **2014**)

- [57] Anonim, http://2.bp.blogspot.com/_ZsFQdVqdfQo/TOG3UMLK6AI/AAAAAAAAAC1c/kqLZqP-1M40/s1600/DPP_0816.JPG (Mayıs, **2014**)

- [58] Anonim, <http://prairierivers.org/wp-content/uploads/2012/12/gully-erosion.jpg> (Mayıs, **2014**)

- [59] Anonim, http://4.bp.blogspot.com/_C2eyacarGg/T0OVaMiLV7I/AAAAAAAAACKY/g24J2mhH4uE/s1600/soil-erosion.jpg (Mayıs, **2014**)

- [60] Anonim, http://www.dhakatribune.com/sites/default/files/imagecache/870x488_article_high/article/2013/07/25/PadmaErosion_0_1.jpg (Mayıs, **2014**)

- [61] Smith, D.D., *Broad Aspects of Erosion Research*, Presented at the 1966 American Society of Agricultural Engineers Winter Meeting, **1966**.

- [62] US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, *Application of Methods and Models for Prediction of Land Surface Erosion and Yield*, Training Document No.36, March **1995**.

- [63] Zingg, A.W., Degree and Length of Land Slope as it Affects Soil Loss in Runoff, *Agricultural Engineering*, Vol. 21, pp. 59-69., **1940**.

- [64] Smith, D.D., Interpretation of Soil Conservation Data for Field Use, *Agricultural Engineering*, Vol. 22, pp.173-175., **1941**.
- [65] Smith, D.D., Whitt, D.M., Estimating Soil Loses from Field Areas of Claypan Soils, *Proceedings*, Soil Science Society of America, Vol. 12, Madison, WI, pp.485-490., **1947**.
- [66] Van Doren and Bartelli, A Method for Forecasting Soil Loses, *Agricultural Engineering*, Vol. 37, pp.335-341., **1956**.
- [67] Musgrave, G.W., The Quantitative Evaluation of Factors in Water Erosion a First Approximation, *Journal of Soil and Water Conservation*, Vol. 2, pp.133-138., **1947**.
- [68] Wischmeier, W.H., Smith, D.D., A Universal Soil Loss Equation to Guide Conservation Farm Planning, *7th International Congress of Soil Science*, Madison, WI, **1960**.
- [69] Weltz, M.A., Renard, K.G., Simanton, J.R., *Revised Universal Soil Loss Equation for Western Rangelands*, U.S./Mexico Symposium on Strategies for Classification and Management of Native Vegetation for Food Production in Arid Zones, General Technical Report RM-150, U.S. Forest Service, pp.104-111., **1987**.
- [70] Vanoni, V.A., *Sedimentation Engineering*, ASCE Manual No.54, NY, **1975**.
- [71] Haan, C.T., Barfield, B.J., Hayes, J.C., *Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments*, *Academic Press*, **1994**.
- [72] Williams, J.R., Berndt, H.D., Sediment Yield Prediction Based on Watershed Hydrology, *Trans ASAE* 20: 1100-1104., **1977**.
- [73] Williams, J.R., Testing the Modified Universal Soil Loss Equation, p.157-164., *In: Estimating Erosion and Sediment Yield on Rangelands*, USDA, ARM-W-26., **1981**.

- [74] Cooley, K.R., Williams, J.R., *Applicability of the USLE and MUSLE to Hawaiian Agricultural Lands*, In. Proc. Internat. Conf. on Soil Erosion and Conservation, Honolulu, Hawaii, **1983**.
- [75] Smith, S.J., Manzel, R.G., Rhoades, E.D., Williams, J.R., Eck., H.V., Nutrient and Sediment Discharge from Southern Plains Grasslands, *J. Range Manage* (Accepted for Publication), **1983**.
- [76] Simons, D.B., Şentürk, F., Sediment Transport Technology, *Water Resources Publications*, Littleton, Col. Cambazoğlu, M.K., Göğüş, M., **1992**.
- [77] Maidment, D.R., *Handbook of Hydrology*, McGraw-Hill Professional Publishing, **1993**.
- [78] Erpul, G., Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak ve Bitki Besleme Bölümü, *TO422 Ders Notları (basılmamış)*, Ankara **2012**.
- [79] Foster, G.R., McCool, D.K., Renard, K.G., Moldenhauer, W.C., Conservation of the Universal Soil Loss Equation to SI Metric Units, *Journal of Soil and Water Conservation*, 36, 355-359, **1981**.
- [80] Romkens, M.J.M., Prasad, S.N., Poesen, J.W.A., Soil Erodibility and Properties, In Proc. 13th Congree, International Soil Science Society, Vol. 5, pp.492-504., Hamburg Germany, **1986**.
- [81] Torri, D., Poesen, J., Borselli, L., Corrigendum to Predictability and Uncertainty of the Soil Erodibility Factor Using a Global Dataset, *Catena* 31 (1997) 1–22 and to Erratum to Predictability and Uncertainty of the Soil Erodibility Factor Using a Global Dataset, *Catena* 32 (1998) 307–308, *Catena*, 46, 309–310, **2002**.
- [82] Sharpley, A.N., Williams, J.R., EPIC-Erosion / Productivity Impact Calculator: Z, 1. Model Documantation, *U.S. Dept., Agric., Tech. Bull.* No.1768., **1990**.
- [83] El-Swaify, S.A., Dangler, E.W., Erodibilities of Selected Tropical Soils in Relation to Structural and Hydrologic Parameters. *In: Soil Erosion: Prediction and Control*, pp.105-114, Soil Conservation Society of America, Ankeny, IA, **1976**.

- [84] Johnson, C.W., Savabi, M.R., Loomis, S.A., Rangeland Erosion Measurements for the USLE, *Transactions of the ASAE*, 27, 1313-1320, **1984**.
- [85] Anonim, Corine Land Cover Codes, *Valutazione Del Rischio Erosione : Applicazioni Del Modello Rusle*, **2004**.
- [86] Anonim, <http://media-1.web.britannica.com/eb-media//78/143478-050-1B2B951C.jpg> (Mayıs, **2014**)
- [87] Anonim, <http://allamakeeswcd.org/wp-content/uploads/2010/04/contour-farming.jpg> (Mayıs, **2014**)
- [88] Anonim, http://4.bp.blogspot.com/_dXEL7_VCIA/TOnGNscHH6I/AAAAAAAAA3g/N8cHMn3b81s/s1600/090522_PennContourFarming-1.JPG (Mayıs, **2014**)
- [89] Alan, Ý., Şahin, Ş., Kop, A., Bakırhan, B., Böke, N., *Belemedik İstifi'nin Jeolojik Özellikleri ve Toroslarda Tanımlanan Birlikler İçerisindeki Konumu*, 57. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 08-12Mart, Bildiri Özleri, s. 269, Ankara, **2004a**.
- [90] *Türkiye Jeoloji Haritaları*, Adana N33 Paftası, MTA Yayınları, Ankara, **2011**.
- [91] Dai, F.C., Lee, C.F., Landslide Characteristics and Slope Instability Modeling Using GIS, Lantau Island, Hong Kong, *Geomorphology*, 42.3, 213-228, **2002**.
- [92] Ayalew, L., Yamagishi, H., Marui, H., Kanno, T., Landslides in Sado Island of Japan: Part II. GIS-based Susceptibility Mapping with Comparisons of Results from two Methods and Verifications, *Engineering Geology* 81.4, 432-445, **2005**.
- [93] ASTM, *Standard Test Methods for Moisture, Ash and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils*, ASTM D 2974-87, **1993**.

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı: Gamze KOÇ

Doğum Yeri: Ankara

Medeni hali: Bekar

E-posta: gamzekoc1988@gmail.com

Adresi : Yukarı Yurtçu Mahallesi Yaprıcak Toki Küme Evleri 7.Bölge Blok No: Y-47 Kat:4 Daire No:9
06810 Yenimahalle Ankara TÜRKİYE

Eğitim

Lise: Ankara Gazi Çiftliği Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi (2002-2006)

Üniversite (Lisans): Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Hidrojeoloji (Jeoloji) Mühendisliği Bölümü (2006-2011)

Yüksek Lisans: Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalı (2011-2014)

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce

Okuma: Çok İyi

Yazma: Çok İyi

Dinleme ve Anlama : Çok İyi

İş Deneyimleri

Stajyer Mühendis, Devlet Su İşleri 5.Bölge Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Şubesi
02.08.2010 – 17.09.2010

Hidrojeoloji Mühendisi, GIS & RS Uzmanı, Infomab Coğrafi Bilgi Teknolojileri A.Ş.

10.10.2011 – Halen

Deneyim Alanları

Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama projeleri, erozyon modelleri

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

-