



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI KAYNAKLARDAN ÜRETİLMİŞ SAYISAL
YÜKSEKLİK MODELİ KULLANILARAK OYUNTU
EROZYONUNUN TOPOĞRAFİK
KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Mirwais AZAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı

KAHRAMANMARAŞ 2016

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

**FARKLI KAYNAKLARDAN ÜRETİLMİŞ SAYISAL
YÜKSEKLİK MODELİ KULLANILARAK OYUNTU
EROZYONUMUN TOPOĞRAFİK
KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Mirwais AZAMI

Bu tez,
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ 2016

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Mirwais AZAMI tarafından hazırlanan “Farklı Kaynaklardan Üretilmiş Sayısal Yükseklik Modeli Kullanılarak Oyuntu Erozyonunun Topoğrafik Karakteristiklerinin Belirlenmesi” adlı bu tez, jürimiz tarafından 04/08/2016 tarihinde oy birliği ile Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Tuğrul YAKUPOĞLU (DANIŞMAN)

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü.

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Recep GÜNDÖĞAN (EŞ DANIŞMAN)

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

Harran Üniversitesi

Prof. Dr. Alper DURAK (ÜYE)

Ziraat fakültesi

İnönü Üniversitesi

Prof. Dr. Kadir SALTALI

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Sertan SESVEREN

Biyosistem Mühendisliği

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Mustafa ŞEKKELİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Mirwais AZAMI



Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen ve TOVAG tarafından izlenen 114-R-052 numaralı ve “Alçak İrtifa İnsansız Hava Aracı ile Üretilen Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Veriler Kullanılarak Toprak Amenajman Sistemlerinin Geçici Oyuntu Erozyonu Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi" isimli COST projesi kapsamında üretilmiştir.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

**Farklı Kaynaklardan Üretilmiş Sayısal Yükseklik Modeli Kullanılarak Oyuntu
Erozyonunun Topografik Karakteristiklerinin Belirlenmesi
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

Mirwais AZAMI

ÖZET

Topoğrafya toprak erozyonu süreçlerinde temel rol oynar. Topoğrafik karakteristiklerin elde edilmesinde arazi ölçümleri esastır. Fakat bu yöntem çok zaman alıcı ve maliyetlidir. Hâlbuki topoğrafik karakteristikler sayısal yükseklik modellerinden (SYM) kolayca üretilir. Fakat sayısal yükseklik modellerinin kalitesi büyük önem taşır. Bu çalışmada Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Topçu deresi Mikro havzasında, yükseklik, eğim, bakı, bileşik topoğrafik indeks gibi topoğrafik karakteristiklerin üretilmesi için ASTER-GDEM, SRTM ve eş yükseltilerden üretilen sayısal yükseklik modellerinin kalitesi incelenmiştir. Sayısal yükseklik modellerinin kalitesini belirlemek için sayısal yükseklik modellerinin yükseklik değerleri, GPS ile ölçülen yer kontrol noktaları ile karşılaştırılmıştır. Eş yükseklik eğrileri, ASTER-GDEM ve SRTM verilerinden üretilen modellerin doğruluğunu test etmede RMSE terimi kullanılmıştır. Adı geçen her bir modelin RMSE değerleri sırasıyla 3.5, 4.6 ve 14.6 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar eş yükselti eğrilerinden üretilen SYM'lerin erozyon çalışmalarında kullanılacak topoğrafik karakteristiklerinin elde edilmesinde diğer kaynaklara göre daha başarılı olduğunu göstermiştir. Dolayısıyla Türkiye'nin tamamına ait eş yükselti eğrilerinden üretilen 10 m çözünürlüklü sayısal yükseklik modelleri erozyon çalışmaları için önemli bir kaynaktır. Ancak her üç SYM'nin de oyuntu erozyonu çalışmaları için yeterli olmadığı anlaşılmıştır. Bu nedenle özellikle oyuntu erozyonu çalışmalarında daha hassas DEM üretmek için insansız hava araçları gibi araçlara gerek vardır.

Anahtar Kelimeler:, Erozyon, Sayısal yükseklik modeli, Topoğrafya

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ağustos / 2016

Danışman: Doç. Dr. Tuğrul YAKUPOĞLU
Eş Danışman: Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN:
Sayfa sayısı: 73

**Determination of Topographical Characteristics of Gully Erosion by using Digital
Elevation Model Obtained from Different Sources
(M.Sc. THESIS)**

Mirwais AZAMI

ABSTRACT

Topography plays basic role in soil erosion processes. field mesurment is important to undrestand the crictristic of soil topographic but it costs high and consum time, Despite the topographical characteristics can be derived from digital elevation model easily. In this research we investigated the quality of DEM which obtained from ASTER GDM, SRTM and contours to produce topographical characteristics such as elevation, slope, aspect and compound topographical index in micro catchment of Topçu villages creek in Mediterranean region of Turkey.,We compared the elevation values in DEM's with those GPS-based ground observation data. we computed the RMSE to test the accuracy of DEM of counter based, ASTER-GDEM and SRTM .The RMSE values were 3.5 ,4.6 and 14.6 meter for DEM's of counter based, SRTM and ASTER GDEM respectively. The results revealed that DEM obtained from contours was more successful than SRTM and ASTER GDEM ones to produce topographical data in soil erosion studies. Thus, the DEM by 10 meter derived from contours which covers all Turkey, is important resource for soil erosion studies, Therefore, But we can not use this data in gully erosion studies. Therefore we need more sensitive tools such as unmanned aerial vehicle for generate DEM for gully erosion, especially ephemeral gully erosion.

Key words: Digital elevation modeling, Erosion, Topography

University of Kahramanmaraş Sütçü İmam
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science & Plant Nutrition, Agust / 2016

Supervisor: Doç. Dr. Tuğrul YAKUPOĞLU

Co-Supervisor: Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN

Page Numbers: 73

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen ve TOVAG tarafından izlenen 114-R-052 numaralı ve “Alçak İrtifa İnsansız Hava Aracı ile Üretilen Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Veriler Kullanılarak Toprak Amenajman Sistemlerinin Geçici Oyuntu Erozyonu Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi" isimli COST projesi kapsamında üretilmiştir. Projeyi finansal olarak destekleyen TÜBİTAK’a ve izleyen TOVAG’a teşekkür ederim.

Çalışmamın her aşamasında sağladıkları bilimsel katkılardan dolayı Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN ve Doç. Dr Tuğrul YAKUPOĞLU’na teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tüm bölüm hocalarıma ve bölüm Araştırma Görevlisi arkadaşlarıma teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
1.GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
3. MATERYAL VE METOD	7
3.1. Materyal	7
3.1.1. Araştırma Alanın Konumu	7
3.1.2. İklim Özellikleri	8
3.1.3. Havzanın Toprak özellikleri	10
3.1.4. Havzanın Jeomorfolojik ve Drenaj Karakteristikleri.....	10
3.1.5. Havzanın Alan-Yükseklik Özellikleri	10
3.1.6. Su Yolu Ölçümleri.....	12
3.1.7. Drenaj Karakteristikleri	13
3.1.8. Su Yollarının Mertebelendirilmesi	13
3.2. Metod	15
3.2.1 Sayısal Yükseklik Modellerinin (SYM) Üretimi.....	15
3.2.1.1. Kartoğrafik Yöntemlerle (Eş yükselti eğrileri) SYM'lerin Üretimi	16
3.2.1.2 Uydu Görüntülerinden SYM'lerin Üretimi.....	16
3.2.1.3 Yersel Ölçümlerle (Jeodezik) SYM'lerin Üretimi	16
3.2.2. Sayısal Yükseklik Modellerinin Doğruluklarının Karşılaştırılması	16

3.2.3. Sayısal Yükseklik Modellerinden Topoğrafik Karakteristiklerin Üretilmesi .	17
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	19
4.1. Farklı kaynaklardan Elde edilen SYM'lerin Özellikleri	19
4.1.1. Eş yükseklik Eğrilerinden Üretilen SYM	19
4.1.2. SRTM'den Üretilen SYM	24
4.1.3. ASTER-GDEM'den Üretilen SYM	26
4.1.4. GPS Ölçümleri Kullanılarak Üretilen SYM	28
4.2. SYM'lerin Doğruluğunun Belirlenmesi.....	30
4.3. Sayısal Yükseklik Modelleri Aracılığıyla Belirlenen Topoğrafik Karakteristikler ...	34
4.3.1. Eğim Özellikleri	34
4.3.2. Bakı Özellikleri	44
4.3.3. CTI Özellikleri	52
SONUÇ	61
KAYNAKLAR.....	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Çalışma alanının hava fotoğrafının genel görünümü	7
Şekil 3.2. Havza hipsometrik (yüksekti) eğrisi	11
Şekil 3.3. Havza dikdörtgen eşdeğerine göre eğim dilimleri	12
Şekil 3.4. Ana su yolu profili eğimi.....	13
Şekil 3.5. Topçu deresi havzası drenaj ağı	14
Şekil 3.6. Sayısal Yükseklik Modelleri Üretimi / Oluşturmak için Akış Diyagramı.....	15
Şekil 3.7. Eğimin gösterimi	17
Şekil 3.8. Bakı yönleri ve kuzeyden sapma açısı	18
Şekil 4.1. Araştırma alanının yer aldığı N34d4 raster topoğrafik haritası.....	20
Şekil 4.2. Analog topoğrafya haritası üzerinde sayısallaştırılan eşyüksekti eğrileri.....	21
Şekil 4.3. 1/25000 ölçekli eş yükseklik eğrilerinden oluşturulan TIN modeli	22
Şekil 4.4. Eş yüksekti eğrilerinden oluşturulan SYM	23
Şekil 4.5. SRTM verilerinden üretilen SYM.....	25
Şekil 4.6. ASTER verilerinden üretilen SYM	27
Şekil 4.7. Çalışma alanı üzerinde kinematik GPS ile yükseklik ölçümü yapılan noktalar .	28
Şekil 4.8. GPS ölçümleri kullanılarak CBS ortamında üretilen TIN modeli	29
Şekil 4.9. GPS ölçümleri kullanılarak üretilen SYM	30
Şekil.4.10. Çalışma alanının1/25000 ölçeklik topoğrafik haritasının genel görünümü..	31
Şekil 4.11. Topçu havzası Topoğrafik harita dan elde edilen eğim haritası.....	35
Şekil 4.12. Topçu havzası SRTM’den elde edilen eğim haritası	37
Şekil 4.13. Topçu havzası ATERGDEM’den elde edilen eğim haritası.	39
Şekil 4.14. GPS ölçümleri aracılığıyla oluşturulan SYM’den elde edilen eğim grupları dağılım haritası	41
Şekil 4.15. Test alanı için farklı kaynaklardan üretilen eğim sınıfları a) GPS, b) Topoğrafik harita, c) SRTM ve d) ASTER GDEM.....	42

Şekil 4.16. Topçu havzası Topoğrafik haritadan elde edilen bakı haritası.....	47
Şekil 4.17. Topçu havzasının SRTM'den elde edilen bakı haritası.....	48
Şekil 4.18. Topçu havzasının ATERGDEM'den elde edilen bakı haritası	49
Şekil 4.19. Test alanının GPS ölçümleri aracılığıyla oluşturulan SYM'den elde edilen bakı haritası.....	50
Şekil 4.20. Test alanın farklı kaynaklardan elde edilen bakı haritası a) GPS, b) topoğrafik harita, c) SRTM ve d) ASTERGDEM.....	51
Şekil 4.21. Çalışma alanının Fill (Doldurma) haritası.....	53
Şekil 4.22. Çalışma alanının Flow direction (Akış Yönü) haritası.....	54
Şekil 4.23. Çalışma alanının Flow accumulation(Akış Birikimi) haritası.....	55
Şekil 4.24. Topçu farklı kaynaklardan elde edilen cti değerleri a) Topoğrafik harita, b) SRTM ve c) ASTER GDEM	56
Şekil 4.25. Test alanının farklı kaynaklardan elde edilen cti değerleri a) Test alanının CTİ haritası b)Topoğrafik harita, c) SRTM ve d) ASTER GDEM.....	58
Şekil 4.26. Test alanında eşik azanlizi sonucu tahmin edilen oyundu babaşlangıç noktaları a) 20, b)30, c)50.....	59
Şekil 4.27. a) Arazi gözlemleri belirlenen oyuntu başlangıç noktaları ve b) tahmin edilen oyuntu başlangıç noktalarının karşılaştırılması	60

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonu uzun yıllık (1950 -2010)	9
Çizelge 3.2. Havzanın alan-yükseklik dağılımı.....	10
Çizelge 3.3. Yüksekliklerine göre ana su yolu uzunlukları	12
Çizelge 3.4. Su yolu mertebeleri	14
Çizelge 4.1. Farklı kaynaklardan üretilen SYM’lerin arazi ölçümünden üretilen SYM ile karşılaştırılması	33
Çizelge 4.2. Topçu havzası topoğrafik haritadan elde edilen eğim sınıfları dağılımı	36
Çizelge 4.3 Topçu havzası SRTM’ den elde edilen eğim sınıfları dağılımı.....	36
Çizelge 4.4. Topçu havzası ASTERGDEM’den elde edilen eğim sınıfları dağılımı	38
Çizelge 4.5. Test alanının GPS ‘ten elde edilen eğim sınıflarının oransal dağılımı	40
Çizelge 4.6. Test alanının farklı kaynaklardan elde edilen eğim istatistikleri.....	43
Çizelge 4.7. Test alanı için TOPO’ den elde edilen eğim sınıfları dağılımı.....	44
Çizelge 4.8. test alanı için SRTM’ den elde edilen eğim sınıfları dağılımı	44
Çizelge 4.9. Test alanı için ASTER’ den elde edilen eğim sınıfları dağılımı	44
Çizelge 4.10. Topçu havzasının topoğrafik haritadan eldedilen bakı dağılımı	45
Çizelge 4.11. Topçu havzasının SRTM den elde edilen bakı dağılımı	46
Çizelge 4.12. Topçu havzasının ASTERGDEM den elde edilen bakı dağılımı.....	46
Çizelge 4.13. Topçu havzasının farklı kaynaklardan elde edile CTI değerleri	52
Çizelge 4.14. Test alanının farklı kaynaklardan elde edilen CTI değerleri	57

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
SRTM	: Shuttle Radar Topography Mission
ASTER	: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
GDEM	: Global Digital Elevation Model
TIN	: Triangulated Irregular Network (Üçgenlenmiş Düzensiz Ağ)
CTI	: Compound Topographic Index (Bileşik Topoğrafik İndeks)
GPS	: Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
RMSE	: Root Mean Square Error (kareler ortalamasının hatası)
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
NGIA	: National Geospatial-Intelligence Agenc
NASA	: Ulusal Havacılık ve Uzay Ajansı

1.GİRİŞ

Topografya, yeryüzüne ait birçok ekoloji, hidroloji, tarım, iklim bilimi, jeoloji, toprak bilim, jeomorfoloji gibi temel ve uygulamalı bilim dalları için temel verileri sağlayabilir (Kodge ve ark., 2011).

Topografik haritalama yani yüzeysel görselleştirme yer yüzünün fiziksel çevresel anlaşılması için çok önemli faktörlerden biridir (Huggett ve Cheesman, 2002; Nkeki ve ark., 2014). Topoğrafya hidroloji, erozyon, su toplama, morfoloji, sedimatasyon süreçlerini etkileyen temel faktörlerden biri olup bu olayların anlaşılmasın da önemli rol oynar (Mitas ve ark., 2005; Moore ve ark.,1991).

Aynı zamanda toprak oluşturan faktörlerden biri olan topografya (Dokuchaev, 1883; Zakharov., 1913; Neustruev, 1927; Jenny, 1941; Huggett, 1975; Fridland, 1976), (1) Toprakların nem ve sıcaklık rejimlerini (Romanova, 1977; Kondratyev ve ark., 1978; Raupach ve Finnigan, 1997; Bohner ve Antoni, 2009); (2) Bitki örtüsünün alansal dağılımı (Yaroshenko, 1961; Franklin., 1995) ve yüzey akış ve sedimet taşınımını (Kirkby ve Chorley, 1967; Young, 1972; Speight, 1980) kontrol ederek doğrudan ve dolaylı olarak toprak oluşumunu etkiler.

Topoğrafik haritalar 1990'lerden önce, sayısal topoğrafi bilgilerinin ana kaynağı olmuştur. Topografik niteliklerin mekansal dağılımı genellikle bu süreçlerin mekansal değişkenliğinin dolaylı ölçüsü olarak morfometrik değişkenleri hesaplamak için jeomorfometri teknikleri kullanılarak analiz edilmiş (örneğin, eğim, bakı, drenaj yoğunluğu, yatay eğrilik, vb) ve morfometrik haritalar üretilmiştir (Vakhtin, 1930; Weinberg, 1934a; Chentsov, 1940; Horton, 1945; Volkov, 1950; Strahler, 1957; Clarke, 1966; Pannekoek, 1967; Mark, 1975b; Gardiner ve Park, 1978; Stepanov ve ark., 1984).

Birçok coğrafi bilgi sistemleri, su kaynağı ve biyolojik problemleri analiz için birincil veri olarak topografik bilgileri kullanmaktadır. (Moore ve ark.,1991). Topografik bilgi CBS ve uzaktan algılama uygulamaları özellikle çevre modelleme, dağlık bölgelerde kaynak yönetimi veya arazi kullanım sınıflandırmaları, sayısal yükseklik modelleri güvenilir ve doğru sonuçlar sağlamak için gerekli önemli bir rol oynamaktadır (Zomer ve ark, 2002). Örneğin, dağlık bölgelerde spektral yansımalar ve modelleme de topografik etkisi vardır (Franklin, 1991). Yine toprak sınıflandırma sürecinde topografik verilerin eklenmesi önemli ölçüde ayrımı artırabilir (Lencinas, 2001).

Sayısal yükseklik modelleri (SYM) topografya analizinde kullanılan ana veri kaynağıdır. Sayısal Yükseklik Modeli kavramını 1950’li yıllarda Prof. Miller’e ortaya atmıştır. Miller’e göre “SYM; topoğrafik bir veri tabanıdır.” Ancak birçok SYM tanımı yapılmıştır.

- SYM topoğrafik yüzeyin sayısal gösterimini ifade eder.
- SYM; bir arazi noktası ile ilgili olarak verilen bir değişkenin durumunu sayısal anlamda temsil eden matematiksel modeldir (Bayrak, 1996).
- SYM; fiziksel yeryüzünün tüm yapay ve doğal ayrıntılarının sayısal gösterimidir. (Saygılı, 2004) .
- SYM; bilgisayarla yapılacak işlemlere esas olmak üzere yer yüzeyinin sayısal gösterimidir.
- Bir sayısal yükseklik modeli (SYM) bir arazi yüzeyinin dijital temsidir.
- Sayısal yükseklik modelleri topoğrafik özelliklerin iyi temsil edebileceği bir kayanaktır.
- Sayısal yükseklik modelleri bir arazinin yüzeysel özelliklerinin mekansal dağılımını temsil eden bir düzenli model sayılmaktadır (Doyle, 1978).

SYM ile ilgili ilk çalışmalar 1950’ li yıllara dayanmaktadır. (Miller ve Leflamme., 1958; Doyle., 1978; Burrough, 1986). Sayısal yükseklik modelleri, hava fotoğrafları, eş yükseklik eğrileri, uydu verileri gibi çeşitli veri kaynaklarından üretilmektedir. (Şahin, 2007; Arslanbek., 2009).

Sayısal yükseklik modellerinden seçilen uygun bir enterpolasyon fonksiyonu ile yeryüzünün fiziksel ve topoğrafik özellikleri, üretilen yükseklik, eğim, bakı, drenaj ağı, akış yönü ve yüzey akış gibi bilgiler; hidrolojik uygulamaların vazgeçilmez unsuru olmakla birlikte toprak, jeoloji arazi kullanımı gibi tematik haritaların daha etkin kullanımına yardım etmektedir (Algancı, 2008; Saygılı, 2004, Alparslan ve Aydöner, 2004; Doğruluk, 2013; Aslan ve ark, 2004; Öztürk ve ark, 2013; Dindaroğlu ve ark, 2012; Band, 1986).

Yeryüzünün sürekli bir biçimde değişen topoğrafik yüzeyini gösteren Sayısal yükseklik modeli, hidroloji, jeomorfoloji, erozyon, toprak haritalama gibi çalışmalar için önemlidir (Ka, 2002; Zomer, 2002; Baily ve ark, 2003; Su ve Doyuran, 2004; Liu, ve ark, 2004; Brough, 1986; Dobos ve ark, 2000). Sayısal yükseklik modelleri iki nokta arasındaki görünürlük analizinde ve profil çizimi gibi bir çok mekansal analizi için de kullanılan

önemli bir kaynaktır (Ganas ve ark., 2001; Michetti ve ark., 2001; Vysotsky ve ark, 2002; Jordan ve ark, 2003; Ok, 2005).

Başlangıçta SYM kaynağı olarak hava fotoğrafları ve yer ölçümlerinden fotogrametrik veya takeometrik yöntemler yaygın olarak kullanılırken bugün SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), ASTER, IKONOS, LANDSAT, SPOT ile Stereo uydu görüntülerinden RADAR, SAR verileri gibi uydu verileri ile de sayısal yükseklik modelleri üretilmektedir (Ayhan ve ark, 2007; Yastıklı, ve Jacobsen, 2002; Yastıklı, ve Esirtgen, 2011; Ok ve ark., 2005; Gorte ve Koolhoven, 1990).

SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), ABD Ulusal Coğrafi İstihbarat Kurumu (NGIA), Ulusal Havacılık ve Uzay Ajansı (NASA), Alman ve İtalyan Uzay ajansları arasındaki ortak bir projedir. SRTM verileri, bir uzay mekiğine yerleştirilen radar algılayıcıları ile elde edilmiş sayısal yükseklik verilerinden oluşmaktadır (JPL, 2008). Bu projenin amacı Dünya yüzeyinin % 80'inin (60 derece kuzey ve 50 derece güney enlemleri arasındaki bütün alan) çok geniş alanları için düşük maliyetli; kolay elde edilebilir Sayısal Yükseklik Modelini oluşturmaktır.

ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) GDEM, NASA ve Japonya Ulusal Teknoloji Birimi tarafından uydular kullanarak ücretsiz yüksek çözünürlüklü SYM ve SAM üretmek amacıyla 1999 yılında kurulan ortaklıktır. Daha geniş kapsamlı ve daha iyi zamansal ve mekânsal çözünürlüğe (30 m) sahip olan bu (ASTER) görüntüsü sayısal yükseklik modeli oluşturulmasında daha çok tercih edilmektedir (Eckert, 2004).

Topoğrafik faktörler yüzey akışının erozif gücünü etkilediklerinden oyuntu erozyonu ile topoğrafya arasındaki ilişkiler birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Zevenbergen (1989) oyuntu erozyonu üzerinde etkili olan faktörleri yüzey akış miktarı, eğim, eğim şekli, toprak özellikleri ve bitki örtüsü olarak ifade etmektedir. Bu faktörlerden ilk üç faktörü sayısal yükseklik modellerinden üretilmektedir. (Thorn ve ark.1984)

Bu araştırmada Eş yükselti eğrileri, ASTER ve SRTM görüntülerin kullanarak oluşturulan SYM'ler ile eğim, bakı, yükselti gibi birincil ve CTI gibi ikincil topoğrafik verilerin üretilmesi olanaklarının araştırılması amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Topoğrafik özellikler arazi eğimi, bakı, yükseklik gibi CBS yardımıyla sayısal yükseklik modeli kullanarak oluşmaktadır. Coğrafi bilgi sistemleri etkisinin sayısal yükseklik modelleri üzerinden; akarsu, jeoloji, hidroloji, jeomorfoloji, morfolojik gibi uygulamalara etkisi vardır.(Moore ve ark.,1991).

Sayısal yükseklik modeli raster biçiminde verileri otomatik olarak bir alan drenaj ağı bilgisini elde etmek amacı için kullanılabilir. Veri toplama sistemleri tarafından sunulan yapay çukurlar kolları ve tek büyük drenaj yolları ayıklar. Performansı yükseklik konturları drenaj desen görsel yorumlama ile tutarlı görünmektedir (O'callaghan ve ark, 1984; Susan K. Jenson, 1984; Tzu ve ark, 2005).

Sayısal Yükseklik Modelleri, arazi sayısal gösterimi ve arazi morfolojisi, üçgen düzensiz ağlar veya dijital kontur ile temsil edilmesine rağmen düzenli grid SYM'ler ağ çıkarılması için daha sık kabul edilmiştir (Palacios ve ark., 1986; Moore ve ark., 1991; Peucker ve Douglas, 1975; Mark, 1984; O'Callaghan ve Mark., 1984; Jenson, 1985; Band, 1986; Jenson ve Domingue, 1988; Fairfield ve Leymarie, 1991; David ve ark., 1991; Tribe, 1992).

SYM 'lerin oluşturulmasında çeşitli kaynaklardan uydu görüntüleriyle , eş yükselti eğrileri gibi kullanarak doğruluk analizlerinin daha da artırmak için farklı yöntemleri karşılaştırmaktadır (Türker ve ark., 2005). Sayısal Yükseklik Modelinin doğruluğu genellikle mekansal çözünürlüğü ve yüksekliği ile temsil edilir (Takagi, 1998).

SYM'lerin doğruluğunu test etmek amacı ile yer kontrol noktası yönteminden kullanıldığında doğruluk çözünürlüğünün daha başarılı olduğunu bildirmektedir. (Bhardwaj, 2013; Alkanalka, 2001).

SYM'lerin doğruluğunu test etme amaç ile sayısal fotogrametri, uzaktan algılama yöntemi kullanılarak elde edilmiş verilere göre analiz ve kalite değerlendirmesi yapılmaktadır (Yastıklı ve Jacobsen, 2002; Yastıklı ve Esirtgen, 2011).

Farklı kaynaklardan SYM'lerin hava fotoğrafları ve eş yükseklik eğrileri gibi çeşitli veri kaynakları elde edilmektedir (Alkanalka, 2001).

Sayısal yükseklik modelleri yeryüzünün fiziksel ve yüzeysel analizlerinin doğruluğunun ve kalitesinin artırılması için uydu görüntüleri ile üretilmektedir (Giles, 1996).

Sayısal yükseklik modeli (SYM) ile yapılan uygulamalardan fotogrametrik ölçümlerle veya haritaların sayısallaştırması yoluyla toplanan verilerin, bilgisayar ortamında değerlendirilmesiyle vb. Havza karakteristikleri kolaylıkla elde edilmektedir (Köse., 2006).

Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) gibi yeni teknolojilerdeki hızlı gelişmelerin olduğu ortamlarda topografik özelliklerin ya da yüzey analizlerin daha iyi şekilde yapılması için arazi modellemeye ihtiyaç duyulur. Bilgi depolama, analiz etme için yer yüzünün sayısal yüzey modelleme yeni düzenli topolojik modeller ve düzensiz topolojik modeller olmak üzere ikiye ayırmaktadır (San ve ark., 2005; Mermut ve Eswaran, 2001; Salehi, 2003).

Coğrafi bilgi sistemleri toprak, jeoloji, hidroloji, jeomorfoloji gibi uygulamalı bilimlerde önemli avantajlara sahip bir araç olmasına rağmen bilgi depolama, analiz etme, görüntüleme imkanlarını sağlayan bir araç olan CBS, yüzey modellemesi ve hacim hesaplama imkanlarıyla hidroloji çalışmalarında özellikle oyuntu erozyonu çalışmalarında önemli fırsatlar sağlamaktadır (İşleker, 2009) .

CBS ortamında sayısal yükseklik modeli (SYM) ile arazinin topografik parametreleri yükseklik, eğim, bakı gibi verileri elde edilmekte ve bu veriler yardımı ile havza sınırları ve drenaj ağları, minimum maksimum ve ortalama yükseklik ve eğim gibi veriler oluşturulabilmektedir (Algancı, 2008).

Yeryüzünün çok büyük bir kısmına ait yüksek kaliteli SYM'lerin SRTM verisi, düşük maliyetli ve hızlı en iyi önemli kaynaklardan biri olmasına rağmen düşük çözünürlüğü (3'') SYM'in kullanımını sınırlamaktadır (Saygılı, 2008).

Hirano ve ark., 2003; Toutin ve ark., 2002; Bolstad ve ark., (1994). göre SYM'leri SPOT' verilerine göre ASTER uydu görüntüsünden elde etmek daha kaliteli ve hızlı olur. SYM'oluşturmasında ASTER uydu verisi kullanılarak doğruluğu ve yüksek bir kalite değerlendirme metodudur (Tapia ve ark., 2006; Hirano ve ark., 2003; Eckert ve ark., 2004).

SYM 'lerin oluşturulmasında çeşitli kaynaklardan ASTER görüntüsü gibi çeşitli veri kaynakları kullanılarak ve elde edilen sonuçlara göre SYM'lerin doğruluk analizi farklı yöntemle yapılarak karşılaştırılmıştır (Liu ve ark., 2004).

Bir çok çalışmada otomatik üretilmiş SYM'lerinde SPOT görüntüsü kullanılarak hata payının değerlendirmesine yer yüzünün daha da homojen manzara iyi sonuç elde

etmektedir (Sasowsky ve ark., 1992; Bolstad ve Stowe 1994; Al-Rousan ve ark., 1997 ve Zomer ve ark., 2002).

CBS ortamında SYM'lerin oluşturulması ve arazi modellemesi dünyadaki bir çok uygulamalarda, özellikle sivil amaçlı çalışmaların mühendislik projeleri, doğal kaynakların petrol, gaz, maden arama, proje planlama çalışmaları, yer bilimleri, askeri uygulamalar, havza ve hidrolojik analizler, toprak etüd haritalama gibi çeşitli uygulama alanları bulunmaktadır. Bu uygulamalarda, SYM 'lerden üretilen eğim, bakı, kabartma, 3D, hacim, drenaj ağı, profil gibi bilgiler kullanılmaktadır (Saygılı, 2004; Arslanoğlu ve Özçelik, 2005; Köse, 2006; Ok., 2005; Yılmaz ve Uysal, 2015; Yastıklı ve Jacobsen, 2002; Yastıklı ve Esirtgen, 2011; Aslan ve ark., 2004; Thompson ve ark., 2012).

Sel taşkını gibi doğal afetlerin yönetiminde uydu görüntülerinden elde edilen sayısal yükseklik modellerinde hidrolojik analizler yapılabilmektedir (Erdem, 2013). Sayısal Yükseklik Modeli topografik özelliklerinin çıkarılması, akış analizi, şev stabilite analizi ve birçok analizler için vazgeçilmezdir (Takagi, 1998).

Yersel yöntemlerle yapılan veri derleme işlemleri ölçümlerinin arazi üzerinde yapılması nedeniyle duyarlılığı en yüksektir. Son yıllarda büyük gelişme gösteren elektronik takeometrelerin (Total Station) ve uydu konum belirleme sistemlerinin (GPS) devreye girmesi ile arazi bilgileri yüksek duyarlıklarda ve hızlı bir biçimde elde edilebilmektedir. Jeodezik yöntemlerde tek bağlayıcı unsurlar elektronik ölçerin duyarlılığı, istasyon noktasının doğruluğu, operatörün nokta seçim ve ölçme deneyimidir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Alanının Konumu

Topçu deresi havzası, Mersin ili Tarsus ilçesinde yer almakta olup 40 ha alanı kapsamaktadır. Topçu deresi, kuzey doğudan güney batıya doğru akmakta olup Seyhan büyük su havzasında yer alan Berdan Nehrine ulaşmaktadır. Havza içerisinde Topçu köyü bulunmaktadır. Seyhan su havzası sistemi içerisinde Topçu Deresi Koca Dere'ye, Koca Dere Küsun Deresi'ne, o da Berdan Nehri'ne dökülmektedir (Şekil 1). Havzanın denizden yüksekliği 65-215 m arasında değişmektedir.



Şekil 3.1. Çalışma alanının hava fotoğrafının genel görünümü

3.1.2. İklim Özellikleri

Çalışma alanında yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olan Akadeniz iklim tipi hâkimdir. Akdeniz ikliminin görüldüğü bölgeler içinde en az yağış alan bölgelerdir Havzaya en yakın meteoroloji istasyonu Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü'nde olup, iklim değerleri Çizelge 3.1' de verilmiştir. Thorntwait'e göre çalışma alanı kurak-az nemli, 3. dereceden mesotermal, su fazları çok ve kışın alan denizel iklim tipine girer Bölgede kış yağışlarının Batı Akdeniz'e göre nisbeten azaldığı buna rağmen ilkbahar ve sonbahar aylarındaki yağışların fazla olduğu görülmektedir. Alan, kuzeyde yüksek dağlarla çevrili olması nedeniyle normalden daha fazla sıcaklığa sahiptir (Topraksu, 1974).

Çizelge 3.1. Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonu uzun yıllık (1950 -2010) iklim verileri
(Kuvuran, 2011).

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
		En yüksek	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
		En düşük	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

3.1.3. Havzanın Toprak özellikleri

Toppçu havzası topraklarını Kırmızı Kahverengi Akdeniz ve Kahverengi orman toprakları yer almaktadır (Topraksu, 1974). Kahverengi marn orman toprakları marn ana materyali üzerinde oluşmuşlardır. Orta derin olan bu topraklar siltli kili teksütüre sahiptirler. Profilde ve yüzeyde taşlılık gözükmez. Erozyona hassa topraklardır. Kırmızı kahverengi topraklar havzanın güney kesimlerinde genellikle marn kalker yer yer konglomera üzerinde oluşmuşlardır. Yüzeyde ve profilde taşlılık görülür. Tekstürleri kumlu killi tınılıdır.

3.1.4. Havzanın Jeomorfolojik ve Drenaj Karakteristikleri

Çalışma alanının içinde bulunduğu Topçu deresi havzasının bazı jeomorfoloji ve drenaj özellikleri aşağıda verilmiştir (Kuvuran, 2011).

-Havza Alanı (A)	:1.69 km ²
-Havza Çevre Uzunluğu (P)	:5.25 km
-Havza Uzunluğu (LH)	:2.10 km
-Havza Genişliği (WH)	:0.80 km
-Havza Maksimum Yükseltisi (hmax)	:215 m
-Havza Minimum Yükseltisi (hmin)	:65 m
-Havza Röliefi (r)	:150 m
-Havza Nisbi Röliefi (m)	:% 2.86
-Havza Yöneyi	:Kuzeydoğu
-Havza Alan-Yükselik Dağılımı ve Eğrisi	:Havza alan yükseklik

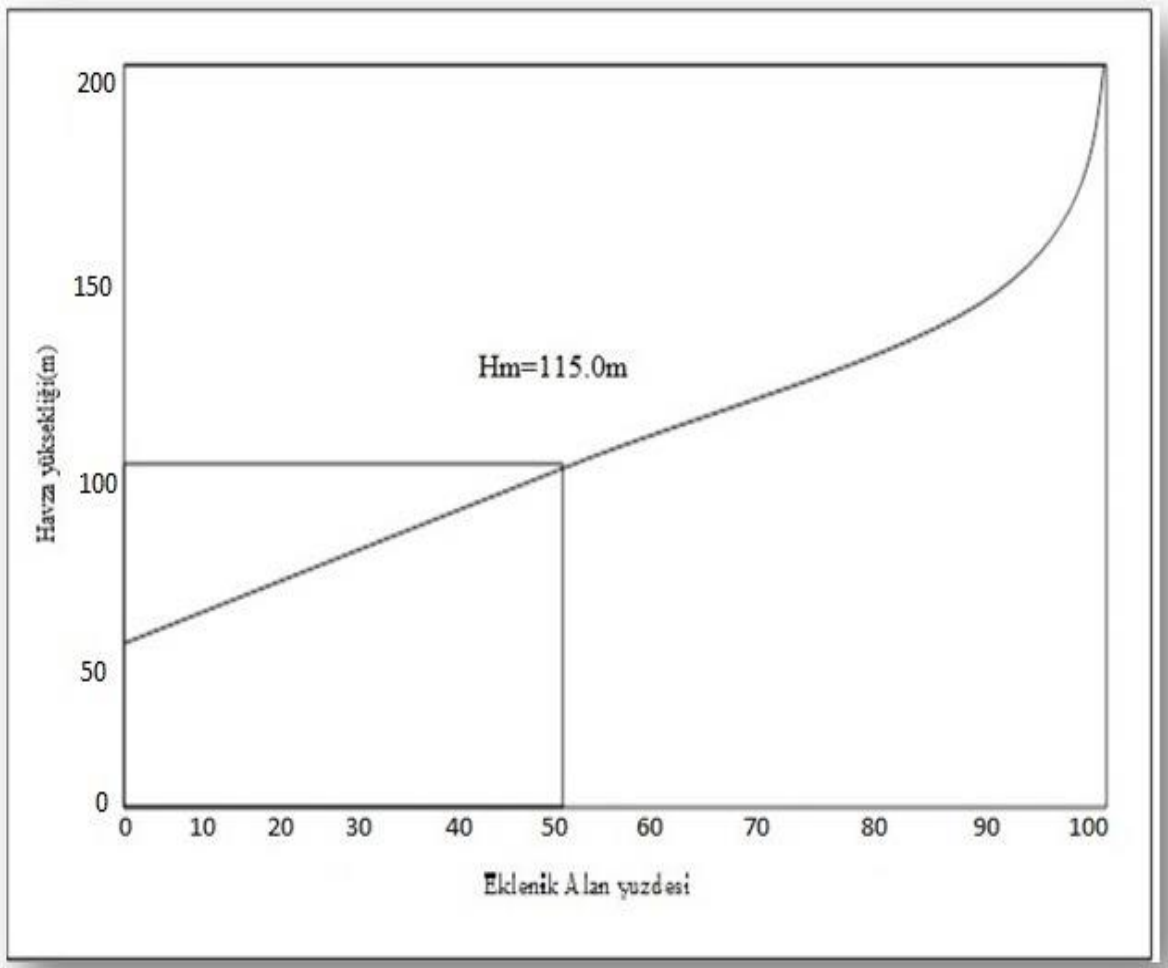
Dağılımı Çizelge 3.2 'de hipsometrik eğri ise Şekil 3.2 'de verilmiştir.

3.1.5. Havzanın Alan-Yükseklik Özellikleri

Çalışma alanının yer aldığı havzanın alan yükseklik dağılımları Çizelge 3.2'de, hipsometrik yükselti eğrisi Şekil 3.2'de ve havza dikdörtgen eşdeğerine göre eğim dilimleri Şekil 3.3'de sunulmuştur.

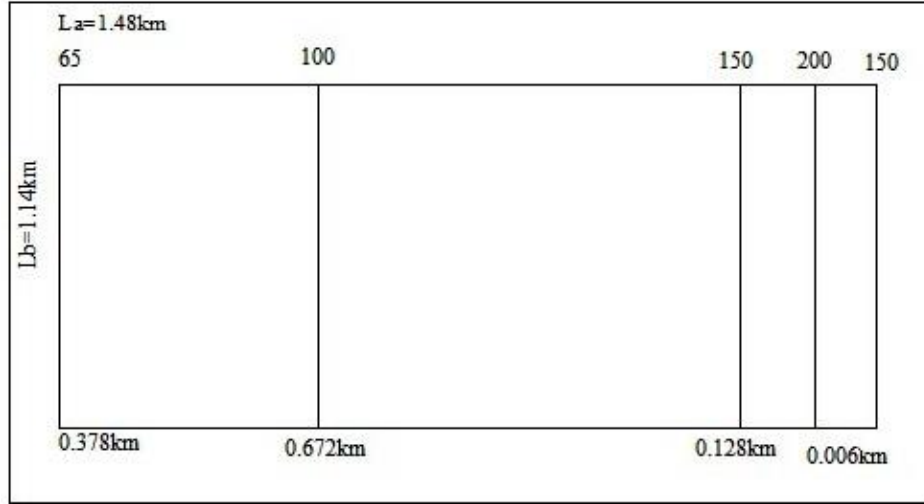
Çizelge 3.2. Havzanın alan-yükseklik dağılımı

Yükseklik Dilimleri (m)	Alan (km)	Alan % Nisbeti	Eklenik % Alan Nisbeti
65-100	0.540	32.0	32.2
100-150	0.958	56.7	88.7
150-200	0.183	10.8	99.5
200-215	0.009	0.5	100.0



Şekil 3.2. Havza hipsometrik (yükselti) eğrisi (Kuşvuran, 2011)

-Havza Median Yüksekliği (hm)	: 115.0m
-Havza Ortalama Yüksekliği (h_{ort1})	: 140.0m
-Havza Ortalama Yüksekliği (h_{ort2})	: 117.3m
-Havza Ortalama Eğimi (S_H)	: %16.7
> Havza Şekil İndisleri	
Ana su yoluna bağlı indis (SI_1)	: 2.37
Havza uzunluğuna bağlı indis (SI_2)	: 2.63
Havza dairesellik oranı (SI_3)	: 0.77
-Schuman Katsayısı (R_e)	: 0.70
-Şıkışıklık indisi (K_c)	: 1.13
-Havza Dikdörtgen Eşdeğeri	: $L_a = 1.48\text{km}$
-Havza Eğim İndisi	: %12.00



Şekil 3.3. Havza dikdörtgen eşdeğerine göre eğim dilimleri (Kuşvuran, 2011)

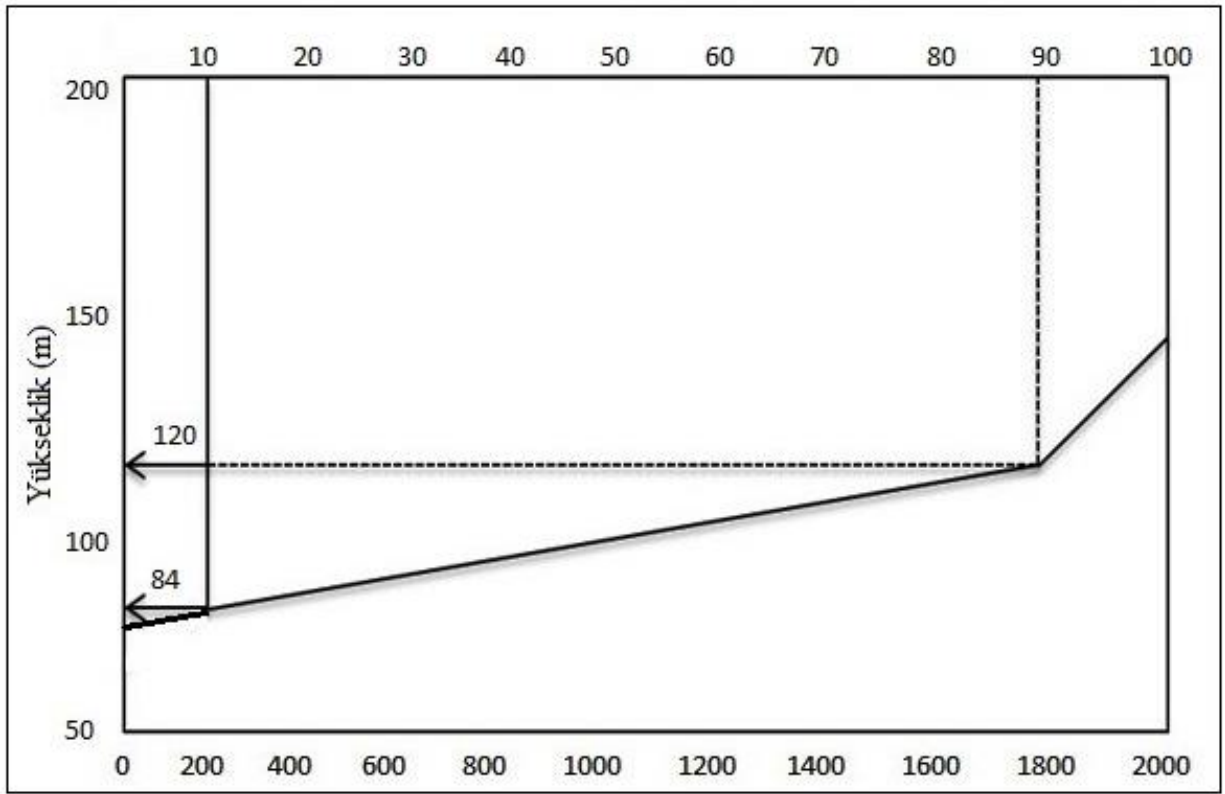
3.1.6. Su Yolu Ölçümleri

Yüksekliklerine göre ana su yolu uzunlukları Çizelge 3.3’de, ana su yolu profili ise Şekil 3.4’te verilmiştir.

- Ana Su Yolu Uzunluğu (Ls) : 200 km
- Toplam Su Yolları Uzunluğu (Lu) : 6.065 km
- Ana Su Yolu Profil Eğimi (Se) : %2.4

Çizelge 3.3. Yüksekliklerine göre ana su yolu uzunlukları

Yükselti(m)	Mesafe(km)	Eklenik Mesafe (km)
60-80	0.5	0.5
80-100	0.5	1.0
100-120	0.7	1.7
120-150	0.3	2.0



Şekil 3.4. Ana su yolu profili eğimi (Kuşvuran, 2011)

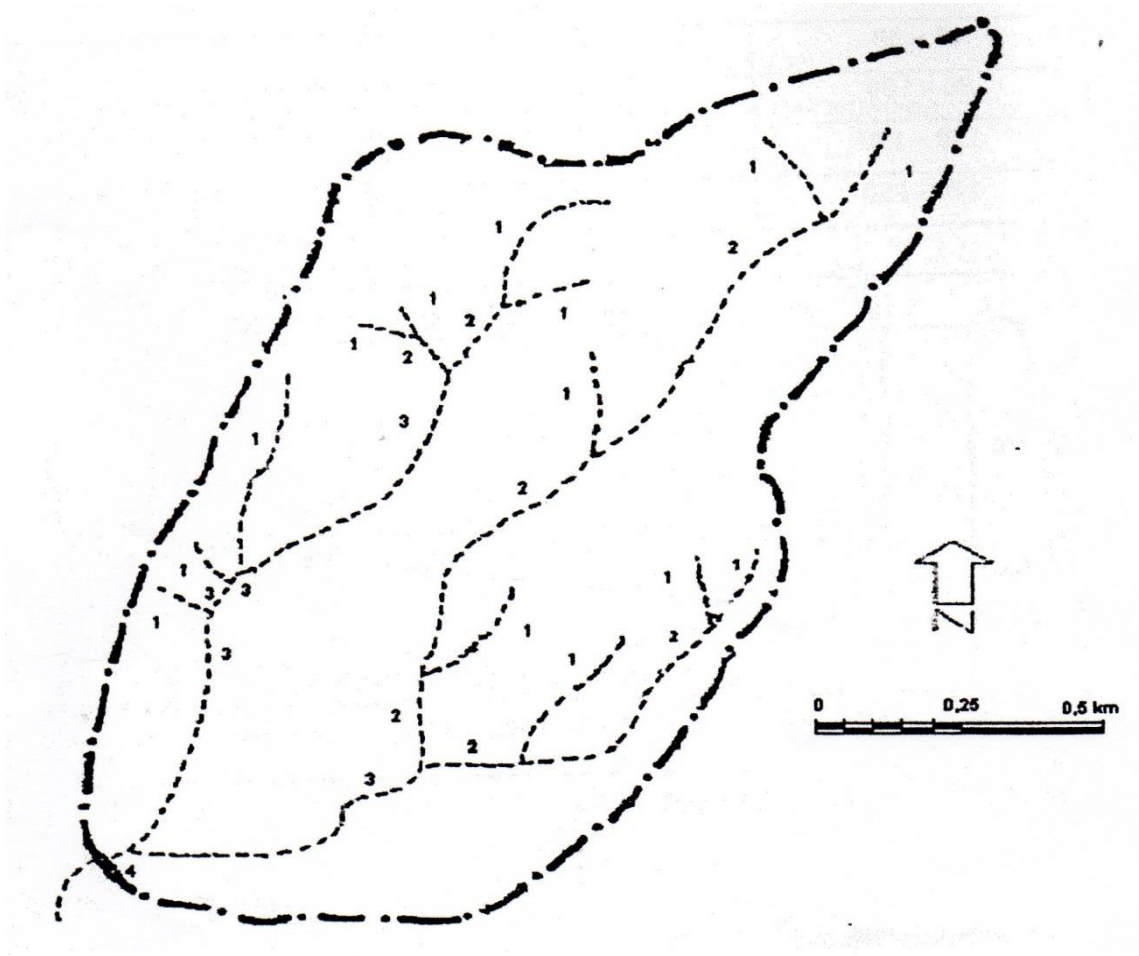
3.1.7. Drenaj Karakteristikleri

Havzanın drenaj karakteristiklerine ait bilgiler aşağıda sıralanmıştır.

- Akarsuyun mertebelenmesi: $U_1=14$ adet $U_2=4$ adet $U_3= 2$ adet $U_4=1$ adet
- Akarsuyun dalgalanma oranı (B_b): 2.50
- Drenaj yoğunluğu (D_d): 3579.9 m km^{-2}
- Su yolları frekansı (Fr): 12.4
- Ana su yolu: 4. dereceden bir koldur
- Havza ağırlık merkezinin ana su yolu izdüşümü-çıkışı mesafesi (L_c): 1.2 km

3.1.8. Su Yollarının Mertebelendirilmesi

Su yollarının mertebelendirilmesinde Horton'un önerdiği metot kullanılmıştır (Horton, 1945). Mertebelere göre havza drenaj ağı Şekil 3.5'de mertebe dereceleri ise Çizelge 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.5. Topçu deresi havzası drenaj ağı (Kuşvuran, 2011)

Çizelge 3.4. Su yolu mertebeleri

Mertebe (U)	Su Yolu Sayısı (Nu)
1	14
2	4
3	2
4	1
Toplam	21

3.2. Metod

3.2.1 Sayısal Yükseklik Modellerinin Üretimi

Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) oluşturulmasında üç ana aşama söz konusudur. Bunlar sırasıyla:

- Verilerin elde edilmesi
- Verilerin işlenmesi
- Haritaların üretilmesi

Verilerin elde edilmesi aşamasında, topoğrafik yüzeyin yeterli hassasiyette temsil edilebilmesi için yeterli sayıda koordinatları bilinen noktalara ihtiyaç vardır. Bu noktalara örnekleme veya dayanak noktası adı verilir. Bu noktaların koordinat bilgileri herhangi bir şekilde elde edilerek bir kayıt ortamında saklanır. İkinci adımda toplanan bilgilere değişik testler uygulanarak verilerin kontrolü yapılır. Gerek duyulması halinde enterpolasyon işlemine başvurulur. Son adımda ise oluşturulan modelin kullanıcı isteğine bağlı olarak ürün halinde sunulması gerçekleştirilir.

Bu Yüksek Lisans tezi çalışmasında SYM'ler farklı kaynaklardan üretilmiştir. Bu SYM'ler oluşturulurken izlenen metodoloji aşağıda alt başlıklar halinde anlatılmıştır.



Şekil 3.6. Sayısal Yükseklik Modelleri Üretimi / Oluşturmak için Akış Diyagramı (Saygılı, 2004).

3.2.1.1. Kartoğrafik Yöntemlerle (Eş yükselti eğrileri) SYM'lerin Üretimi

Harita Genel Komutanlığı'ndan temin edilen topoğrafik haritalardaki 10 m'lik eş yükselti eğrilerinden 10 m çözünürlüklü SYM'ler üretilmiştir. SYM'lerin üretimi ArcGIS 10.3 paket program ortamında gerçekleştirilmiştir (Esri, 2011).

3.2.1.2 Uydu Görüntülerinden SYM'lerin Üretimi

SYM verileri uygun yazılım desteği ile analitik aletlerden elde edildiği gibi, sayısal görüntü eşleştirme (matching) teknikleri kullanılarak sayısal fotoğrametrik çalışma istasyonlarında da elde edilebilmektedir. Otomatik korelasyon tekniği adı da verilen ve paralaks farklarını belirleyerek sayısal arazi yükseklik modelini elde etme şeklinde kullanılan teknik, görüntü çiftlerinin çakıştırılmasını gerekli kılmaktadır (Saygılı, 2008). Bu çalışmada SRTM ve ASTER-GDEM kaynaklı sayısal yükseklik modeli kullanılmıştır. Sözkosu SYM verileri ilgili uydu kaynaklarının WEB sitelerinden indirilmiştir.

3.2.1.3 Yersel Ölçümlerle (Jeodezik) SYM'lerin Üretimi

SYM'ler esas olarak arazide GPS ile ölçülen noktalar yardımıyla elde edilir ve yer yüksekliğini esas alır (Panin ve Gelman, 1997; Schmidt ve ark., 2003; Nico ve ark., 2005b; Ghilani ve Wolf., 2008;). GPS büyük ölçekli bir arazide bir araca monte edilebilir veya bir operatör tarafından taşınabilir. Bu çalışmada hassas jeodezik GPS ile yaklaşık 2 m aralıklarla x, y, z koordinatları ölçülmüştür (Gillin, 2015). Çalışma alanındaki 695 ölçüm noktası Şekil 3.7'de gösterilmiştir.

3.2.2. Sayısal Yükseklik Modellerinin Doğruluklarının Karşılaştırılması

SYM'lerin doğruluklarının test edilmesinde kareler ortalamasının hatası (RMSE) terimi kullanılmıştır. Kinematik GPS yardımıyla arazide ölçülen yükseklik-koordinat çiftlerinden 22 tanesi rastgele seçilmiş ve bu noktalar üzerinden karşılaştırmalar yapılmıştır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{N}}$$

RMSE: Kareler ortalamasının hatası

y_i : Ölçülen değer

$\hat{y}_i$: Tahminlenen değer

N: Örnek sayısı

3.2.3. Sayısal Yükseklik Modellerinden Topoğrafik Karakteristiklerin Üretilmesi

Topoğrafik endeksler ya da özellikler, yer ölçümleri, fotoğrametrik yöntemler ve uydu görüntülerinden elde edilen sayısal yükseklik modellerinden üretilmiştir (Moore ve ark, 1991; Speight, 1980; Zevenbergen ve Thorne, 1987). Bu topoğrafik elemanlar bileşik topoğrafik indeks (CTI), eğim ve bakıdır (Moore, 1991, 1993; Wilson ve Gallant, 1997). Bu çalışmada, uydu verileri ve topoğrafik haritadan üretilen SYM'ler GPS ölçümleri ile üretilen SYM'ler ile karşılaştırılmış üretilen bütün SYM'lerden topoğrafik karakteristik haritaları üretilmesi denenmiştir.

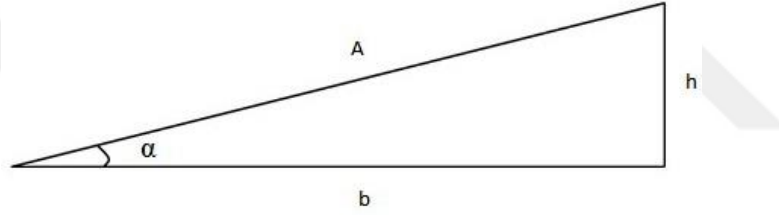
Eğim analizi: Topoğrafik bir yüzeyin yatayla yaptığı açının derece veya yüzde cinsinden ifadesine o yüzeyin eğimi adı verilmektedir (Özdemir., 2002). Örneğin Şekil 3.8'de verilen modelde:

$h = 50\text{m}$, $b = 200\text{ m}$ ise,

Eğim $A = \tan \alpha = h/b$

Eğim $A = (50/200) \times 100$

Eğim $A = \% 25$ bulunur.



Şekil 3.7. Eğimin gösterimi

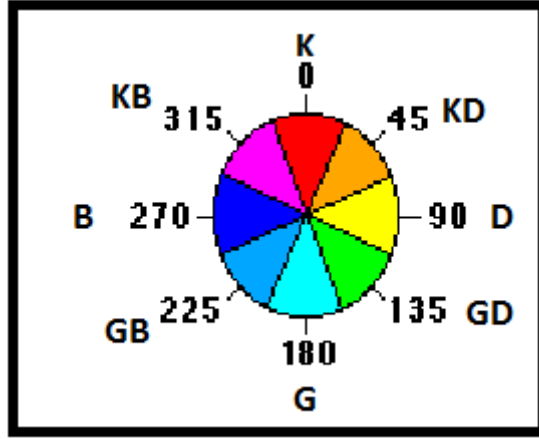
Bakı: Bir arazi yüzeyine teğet geçen düzlemin kuzeyden itibaren yaptığı açı olup eğim yönü olarak olarak düşünülebilir. Aşağıdaki formulden hesaplanmaktadır.

$\text{Bakı} = \arctan(H/G)$

$H = X$ yönündeki 1. türev

$G = Y$ yönündeki 1. türev

Arazi bakısı kuzeyden saat yönünden sapma derecesi olarak verilir (Şekil 3.8). Düz alanlar eğim yönü olmadığından değeri -1 olarak verilmiştir (ESRI, 2011)



Şekil 3.8. Bakı yönleri ve kuzeyden sapma açısı

Birleşik Topoğrafik İndeks (CTI)

Moor ve ark. (1991) birleşik topoğrafik indeksi aşağıdaki formulden hesaplamaktadır;

$$CTI = A * \tan(\beta)$$

Ad=Toplama havzası

B= Eğim derecesi

CBS içerisinde CTI sayısal yükseklik modelinden bir kaç aşamada elde edilmektedir: Bunlar; Dolgu (fill), filtreleme (filter), akış yönü (flow direction) ve yığılımlı akış (Flow accumulation) (ESRI, 2011)

Muhtemel oyuntu noktalarını tahmin etmek için CTI analizi sonucu elde edilen değerlerde eşik analizi yapılmıştır (Parker ve ark., 2010)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada uydu görüntüleri (ASTER, SRTM), topoğrafik harita, hava fotoğrafları ve kinematik GPS ile toplanan veriler kullanarak SYM'ler üretilmiştir. Elde edilen SYM'ler ile arazinin topoğrafik karakteristikleri tanımlanmış ve bu topoğrafik özelliklerin erozyon ve özellikle oyuntu erozyonu üzerine etkileri tartışılmıştır..

4.1. Farklı kaynaklardan Elde edilen SYM'lerin Özellikleri

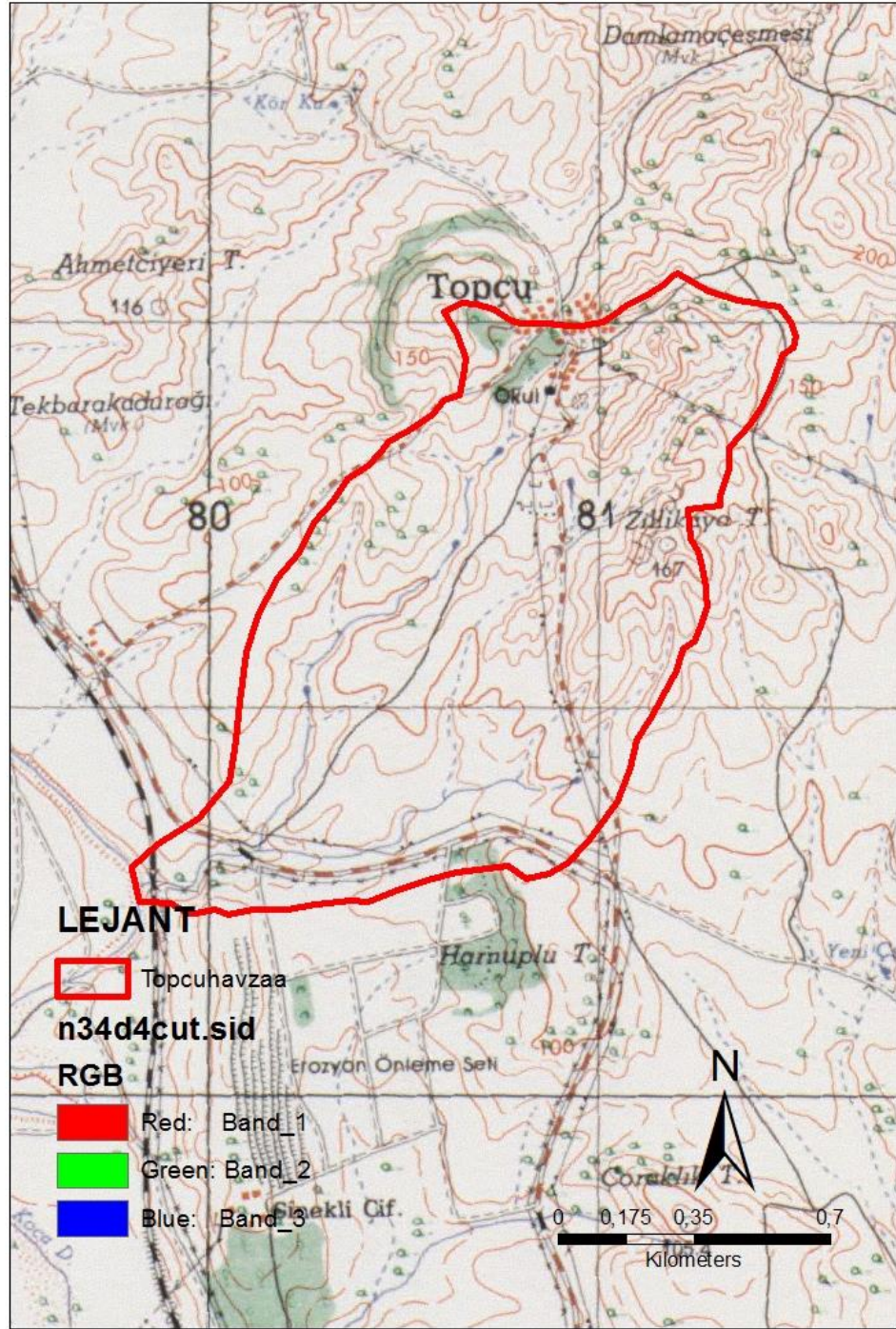
4.1.1. Eş yükseklik Eğrilerinden Üretilen SYM

Topoğrafik haritalama yani yüzeysel görselleştirme yeryüzünün fiziksel çevresel anlaşılması için çok önemli faktörlerden biridir (Arslanbek, 2009). SYM üretimi için kullanılan yöntemlerden birisi basılı topoğrafik haritalardan eş yükselti eğrilerinin sayısallaştırılmasıdır. Eş yükselti eğrisi üretimi zaman alıcıdır, bununla birlikte topoğrafik haritalar için vazgeçilmez bir detaydır (Saygılı, 2008).

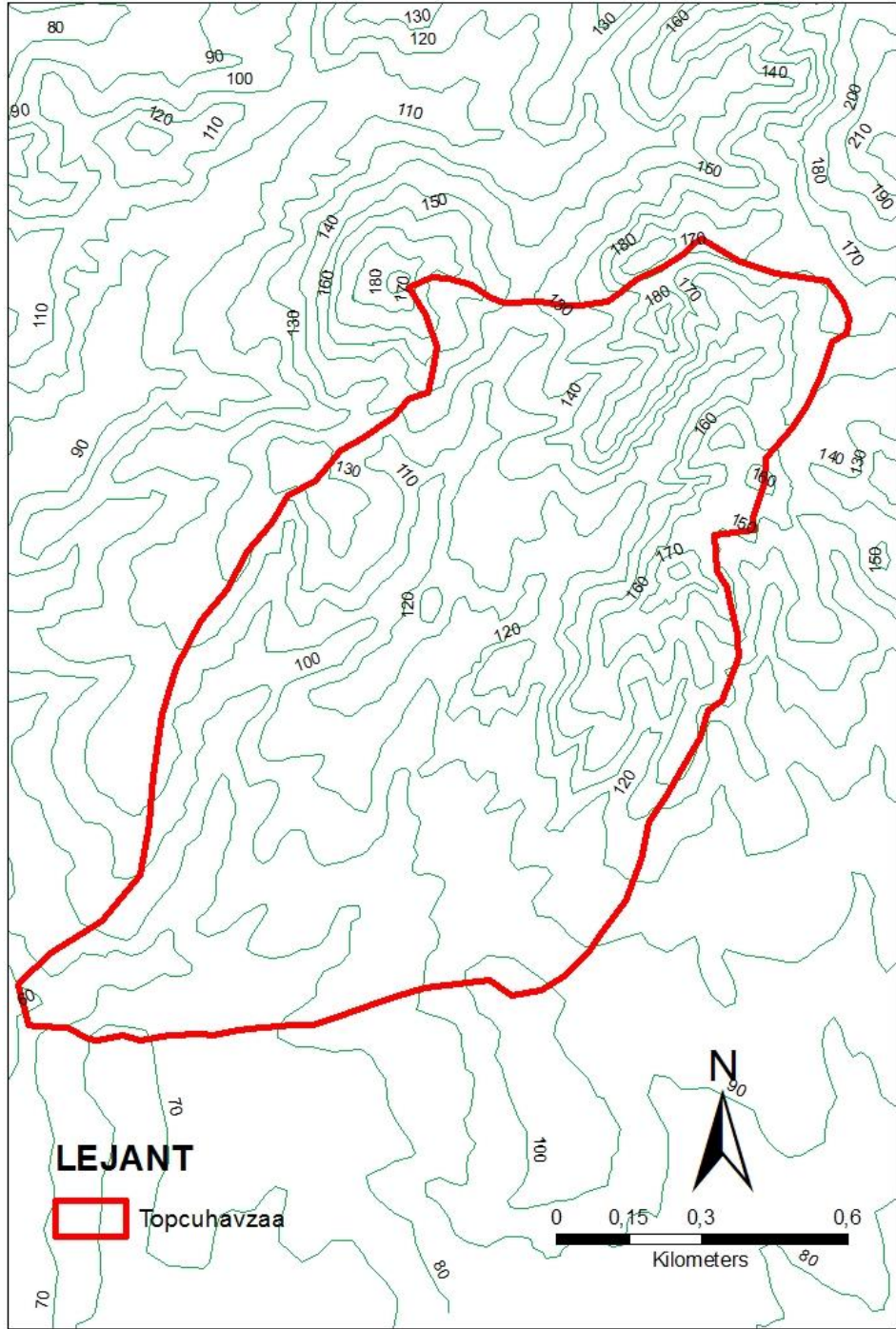
Çalışma alanına ait topoğrafik harita Şekil 4.1'de verilmiştir. Bu topoğrafya haritası 1/25000 ölçekli olup kalın kırmızı renkteki eş yükseltilerin arasındaki mesafe 50 m daha ince olan kırmızı renkteki çizgiler ise 10 m aralıktadır. Mavi renkte olan çizgiler ise dereyi temsil etmektedir. Havzada yer alan en düşük eş yükselti eğrisi 60 m den en yüksek eş yükselti eğrisi 180 m den geçmektedir.

Analog topoğrafya haritası üzerinde sayısallaştırılan eşyükselti eğrileri Şekil 4.2'de verilmiştir. Şekil 4.3'de ise eşyükselti eğrileri kullanılarak oluşturulan TIN modelini göstermektedir. Oluşturulan TIN modeline göre çalışma alanı yükseklik bakımından 7 sınıfa ayrılmaktadır. Yükseltiler renk seviyesinde metre olarak sınıflandırmıştır. Alandaki en yüksek nokta 180 m, en alçak nokta ise 60 m'dir.

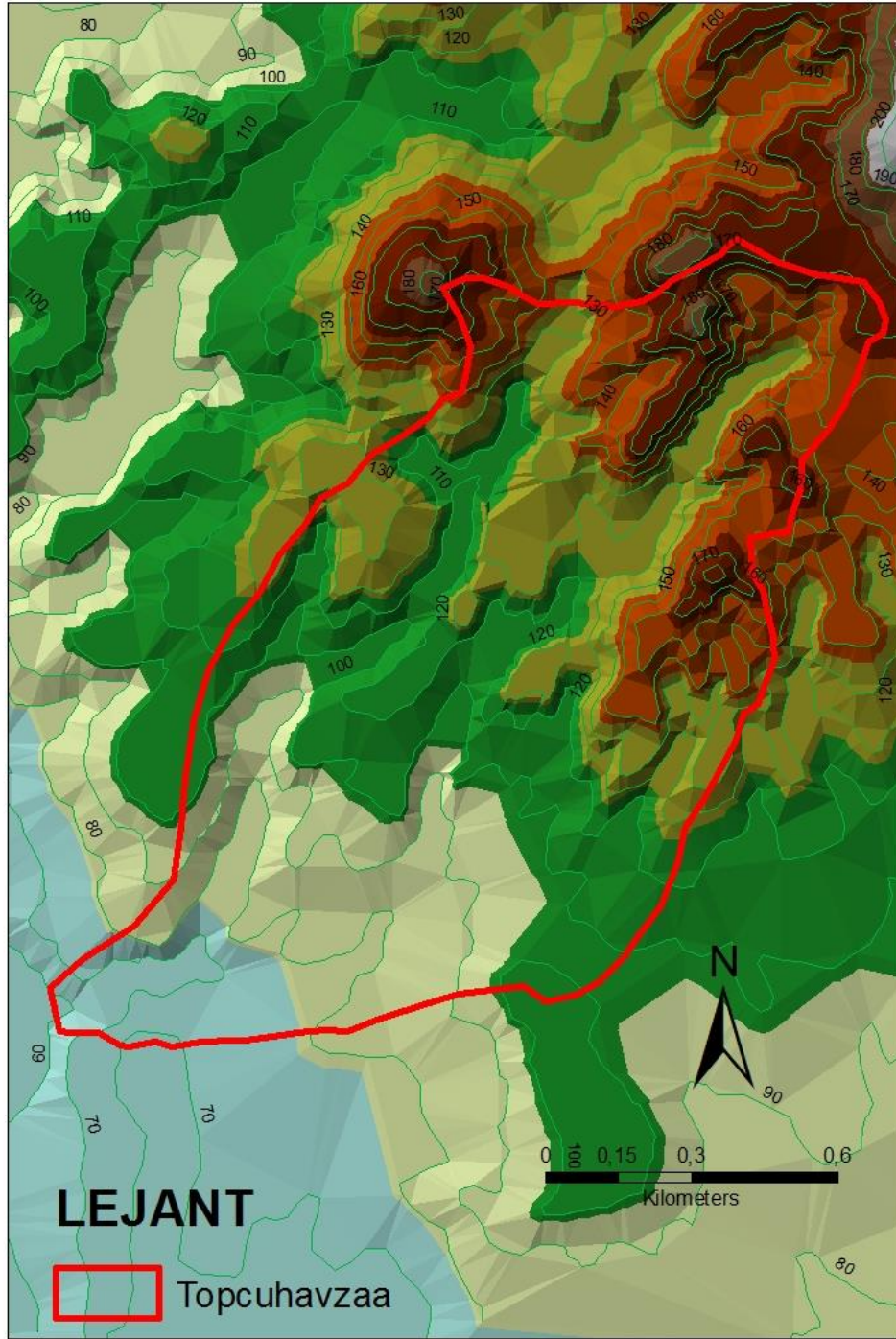
Elde edilen sayısal yükseklik modelinin piksel büyüklüğü yaklaşık 14x14 m olup yükseklikler 60 ile 180 m arasında değişmektedir. TIN modelinden oluşturulan siyah-beyaz renk seviyesindeki SYM Şekil 4.4'de verilmiştir. Sayısal yükseklik modelinde beyaz olan noktalar en yüksek lokasyonları, siyah olan noktalar ise en alçak yerleri temsil etmektedir.



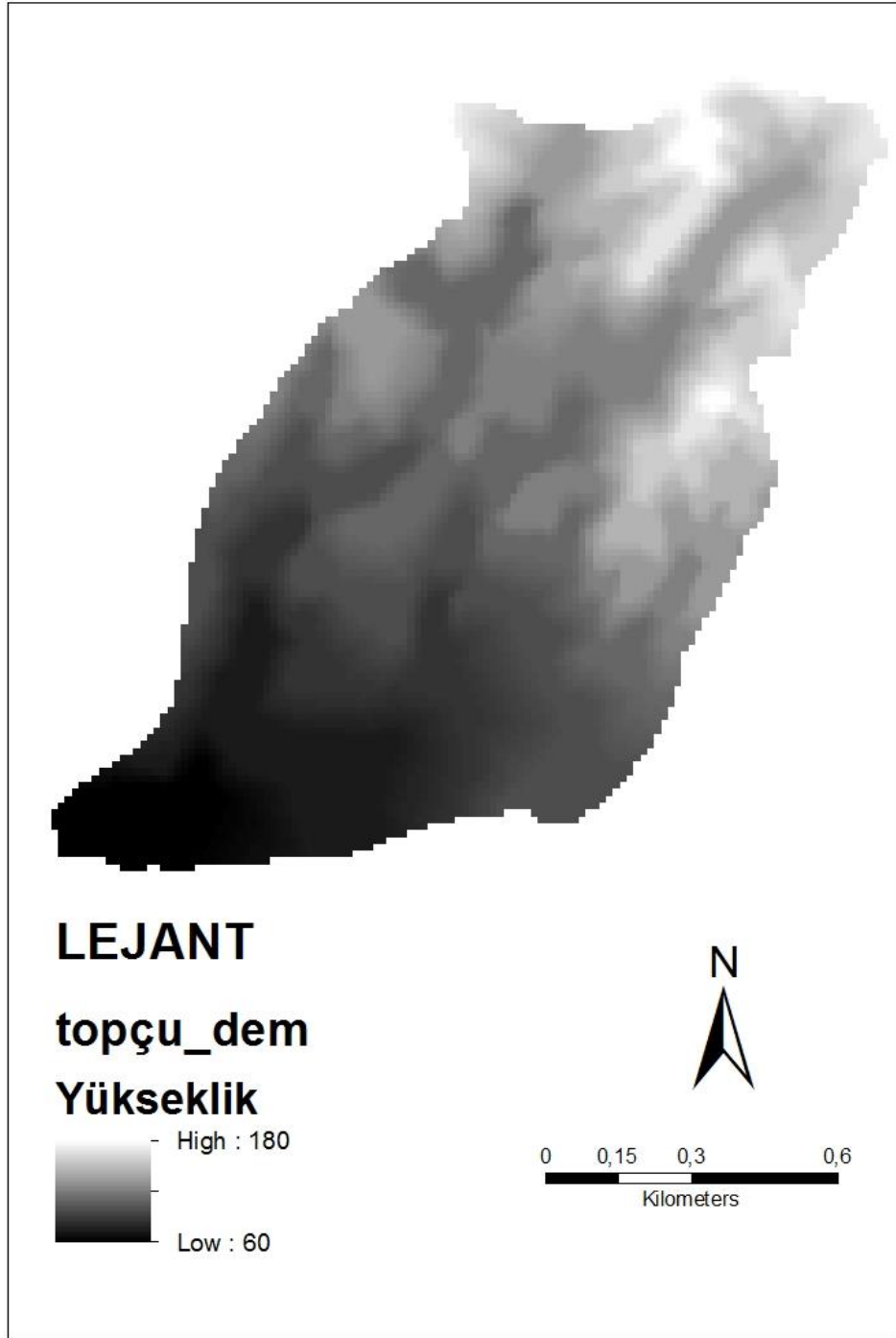
Şekil 4.1. Araştırma alının yer aldığı N34d4 raster topoğrafik haritası



Şekil 4.2. Analog topoğrafya haritasi üzerinde sayısallaştırılan eşyüksekti eğrileri



Şekil 4.3. 1/25000 ölçekli eş yükseklik eğrilerinden oluşturulan TIN modeli



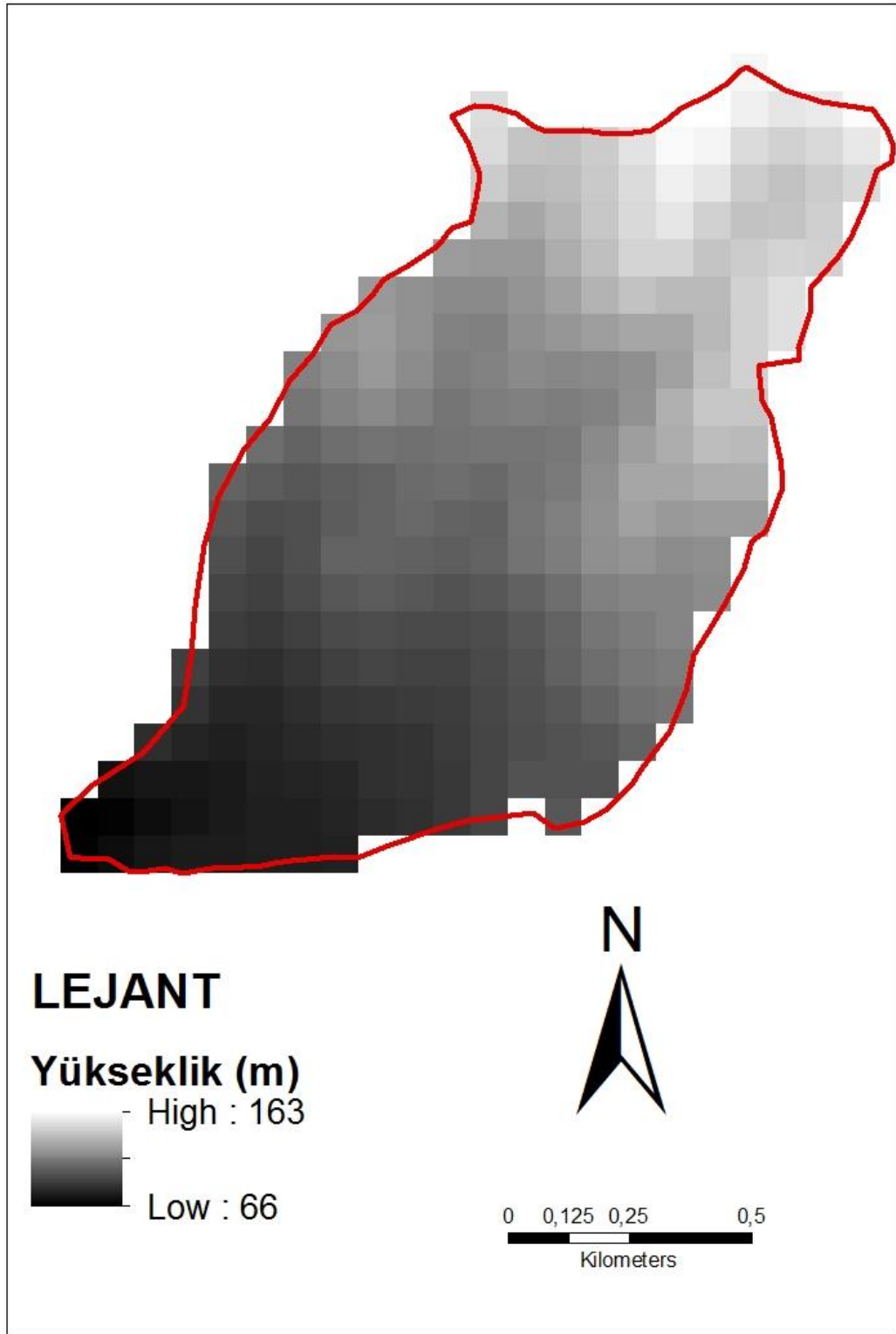
Şekil 4.4. Eş yükselti eğrilerinden oluşturulan SYM

4.1.2. SRTM'den Üretilen SYM

SRTM uydusu, ABD Ulusal Coğrafi İstihbarat Kurumu (NGIA), Ulusal Havacılık ve Uzay Ajansı (NASA), Alman ve İtalyan Uzay ajansları arasındaki ortak bir projedir. Bu projenin amacı, Dünya yüzeyinin % 80'inin (60 derece kuzey ve 50 derece güney enlemleri arasındaki bütün alan) düşük maliyetli, kolay elde edilebilir SYM'sini oluşturmaktır. SRTM verileri, bir uzay mekiğine yerleştirilen radar algılayıcıları ile elde edilmiş sayısal yükseklik verilerinden oluşmaktadır (JPL, 2008).

CBS yazılımlarının kullanımı ve teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde, SRTM uydusunun sağladığı veriler daha düzenli ve etkin şekilde kullanılabilir. Böylece bu uydunun verileri kullanılarak oluşturulan SYM'ler topoğrafik harita revizyonu ile ilgili sorunları önemli ölçüde azaltmaktadır. Diğer taraftan eğim, bakı ve kabartma haritalarının üretiminde maliyet düşmekte ve doğruluk düzeyi yükselmektedir. Bu şekilde daha iyi bir görüntüleme platformu geliştirilmektedir.

Bu çalışmada kullanılan SRTM verileri 90 m aralıklı verileri olup yükseklik değerleri 66 ile 163 m arasında değişmektedir. Topçu havzasının SRTM den üretilen SYM'si Şekil 4.5'de verilmiştir.

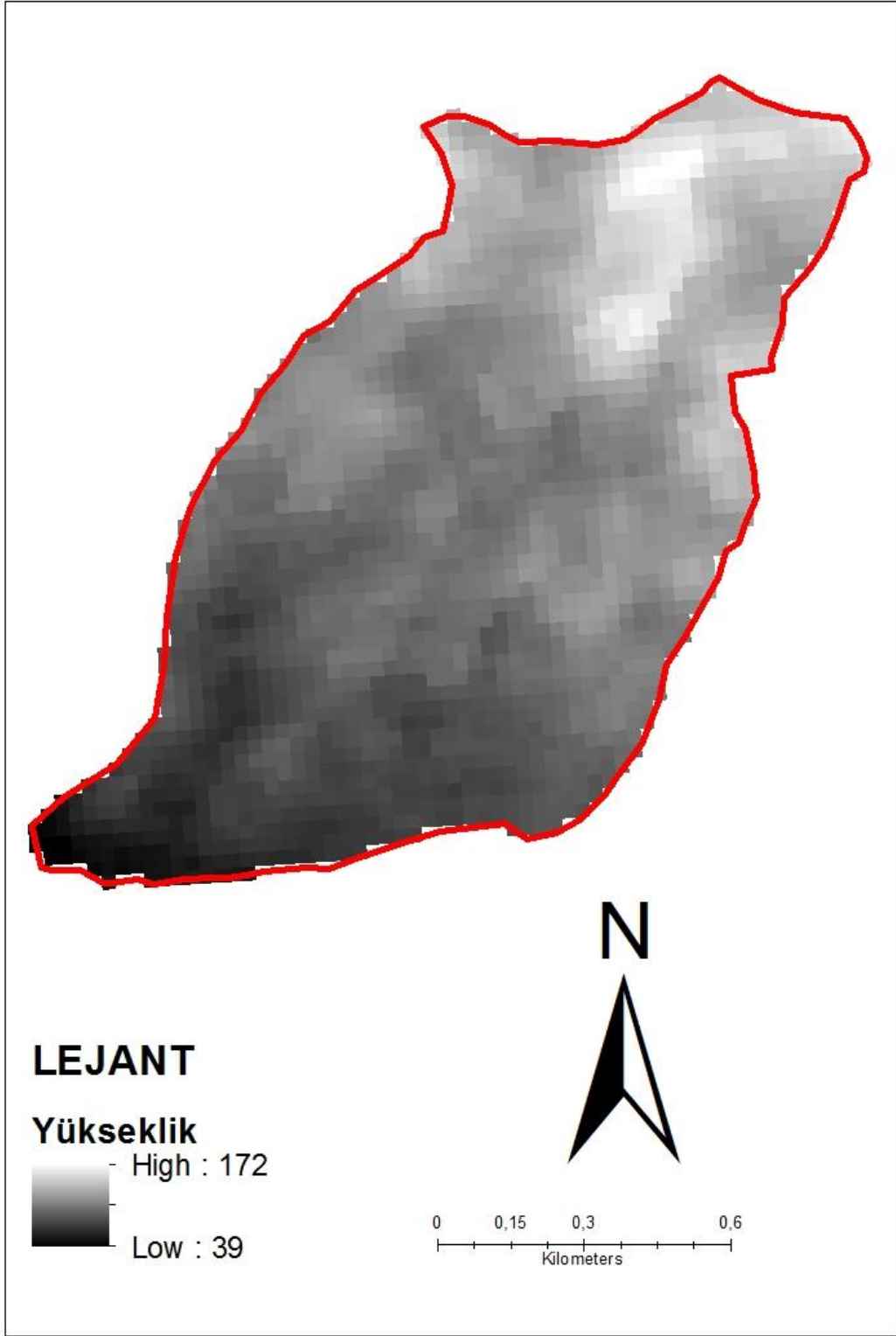


Şekil 4.5. SRTM verilerinden üretilen SYM

4.1.3. ASTER-GDEM'den Üretilen SYM

GDEM, NASA ve Japonya Ulusal Teknoloji Birimi tarafından uydular kullanılarak ücretsiz yüksek çözünürlüklü SYM ve SAM üretmek amacıyla 1999 yılında kurulan ortaklıktır. Daha geniş kapsamlı ve daha iyi zamansal ve mekânsal çözünürlüğe (30 m) sahip olan ASTER görüntüsü sayısal yükseklik modeli oluşturulmasında daha çok tercih edilmektedir (Eckert, 2004). Bu uydu ile oluşturulan model Şekil 4.6'da verilmiştir. Bu çalışmada kullanılan ASTER verileri yaklaşık 29 m olup havzanın yükseklikleri 39 ile 172 m arasında değişmektedir. ASTERGDEM verilerinden üretilen SYM Şekil 4.6'de verilmiştir.

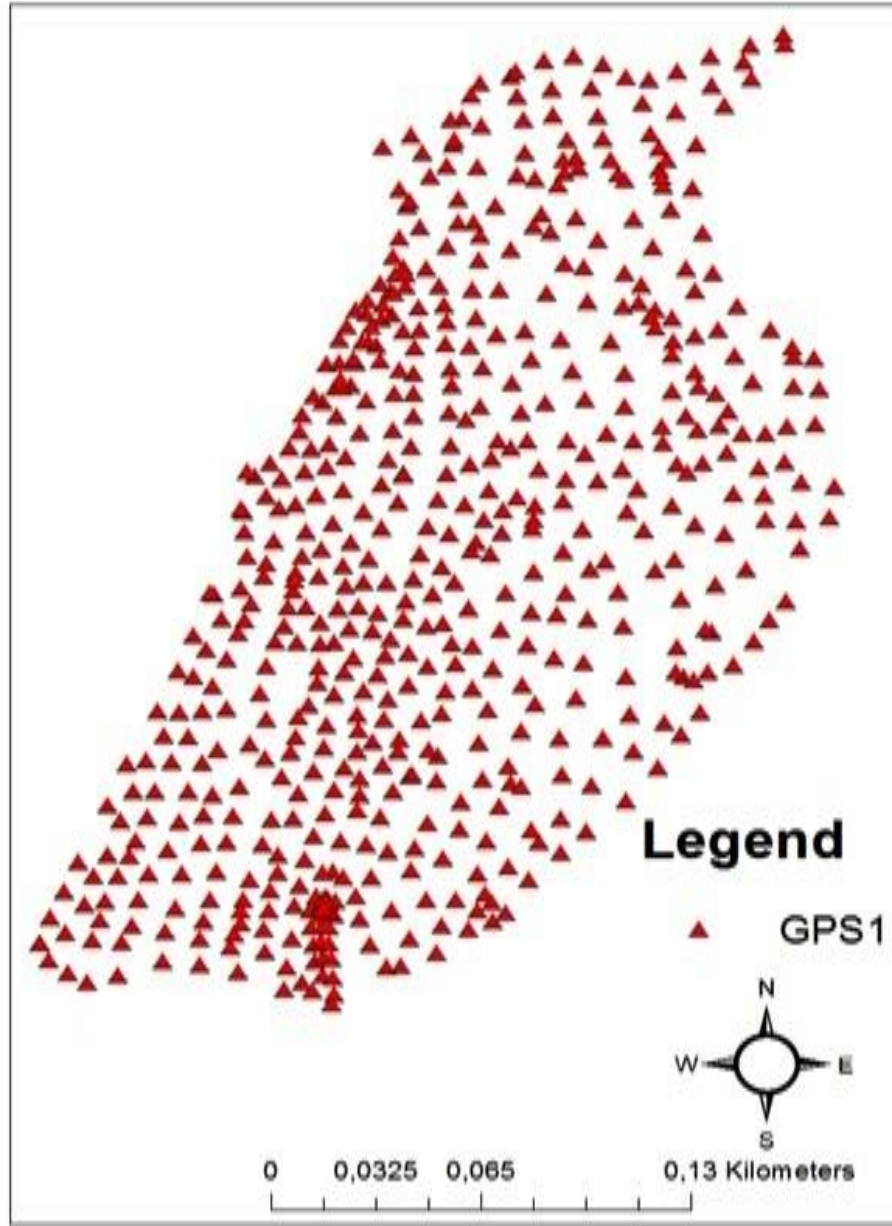




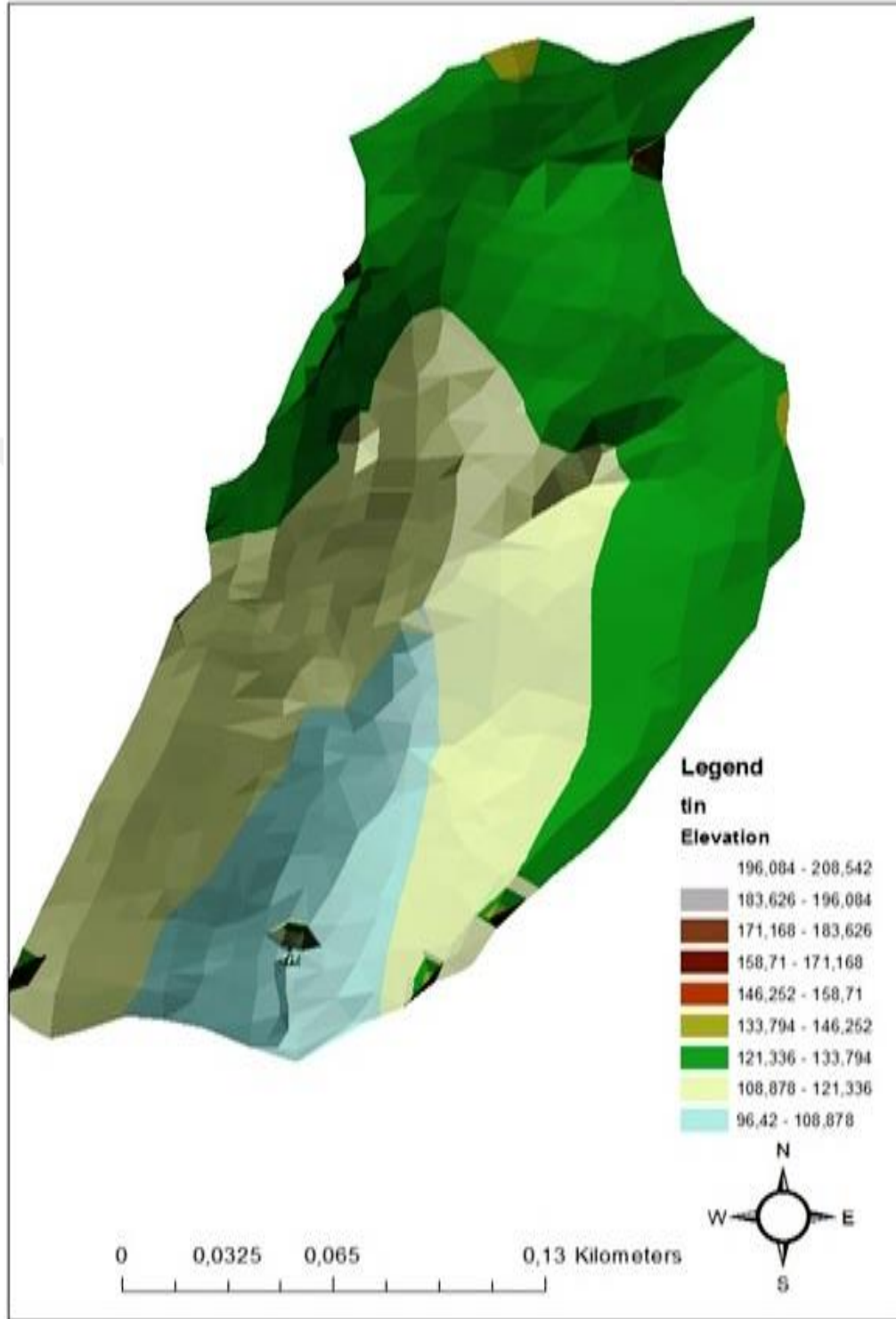
Şekil 4.6. ASTER verilerinden üretilen SYM

4.1.4. GPS Ölçümleri Kullanılarak Üretilen SYM

Diğer kaynaklardan üretilen SY 'leri karşılaştırmak amacıyla havzdaki test alanında 695 noktada yaklaşık 2 m aralıkla GPS ile yükseklik ölçümleri yapılmıştır (Şekil 4.7). Gillin ve ark. (2015) Lidar verilerini test etmek için Total station 3 m aralıklarla yaptıkları arazi ölçümlerinde 1 m çözünürlüklü SYM üretmişlerdir. Bu yükseklik ve koordinat bilgileri kullanılarak ArcMap 10.3 programında üretilen TIN modeli Şekil 4.8'de verilmiştir. Oluşturulan bu TIN modeline göre çalışma alanı yükseklik bakımından 8 sınıfa ayrılmıştır. Her bir renk bir yükseklik grubunu temsil etmektedir

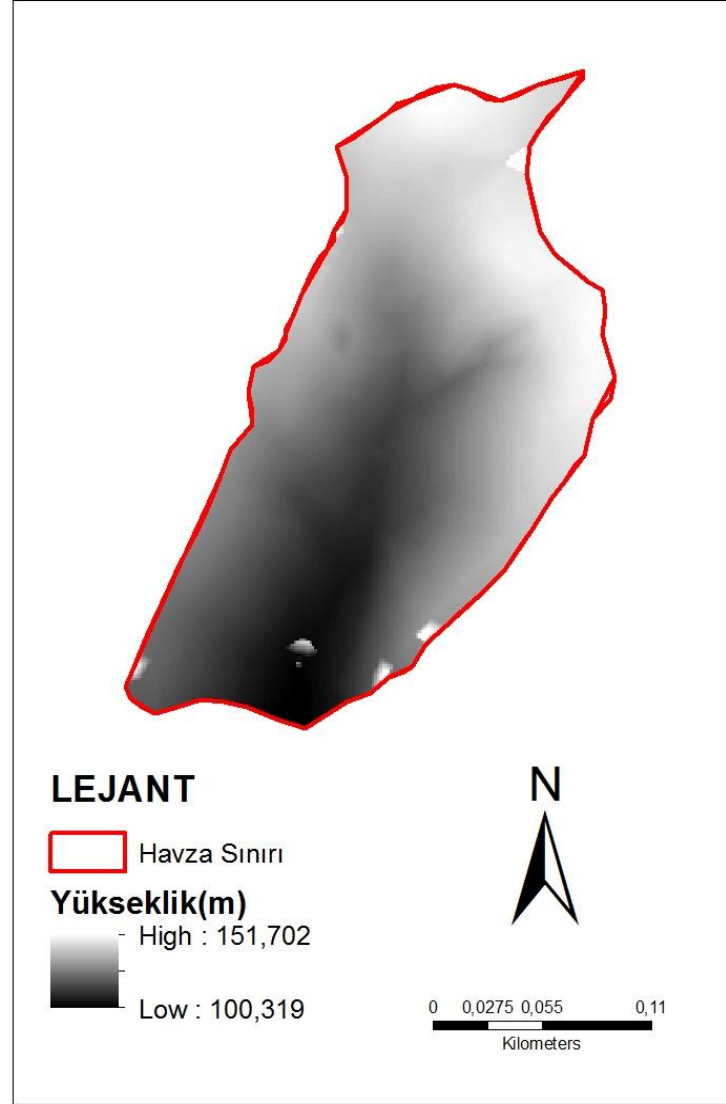


Şekil 4.7. Çalışma alanı üzerinde kinematik GPS ile yükseklik ölçümü yapılan noktalar



Şekil 4.8. GPS ölçümleri kullanılarak CBS ortamında üretilen TIN modeli

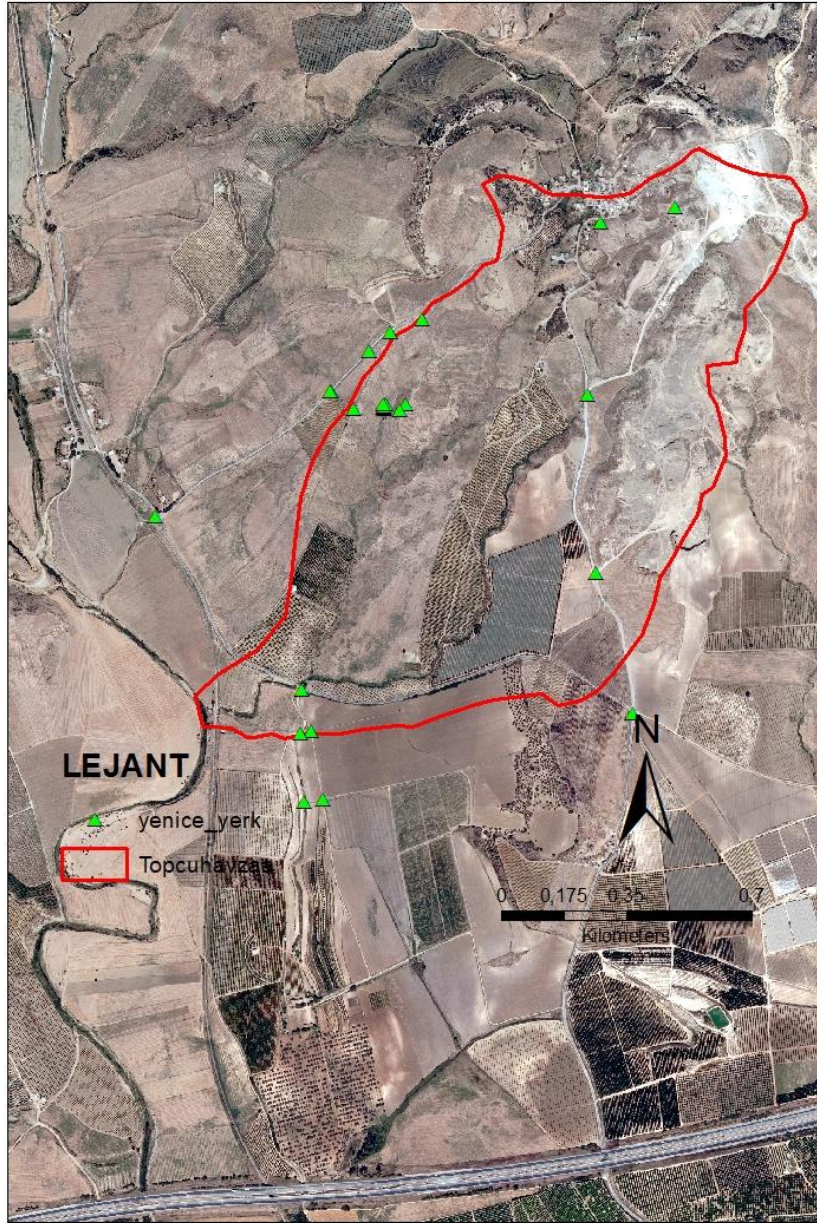
Daha sonra bu TIN modelinden yaklaşık 1 m (1.3x1.3 m) çözünürlüklü SYM üretilmiştir. Elde edilen bu SYM Şekil 4.9’de verilmiştir.. Şekil 4.9’ deki SYM ye göre test alanındaki en yüksek nokta 151 m ve en düşük nokta ise 100 m’dir.



Şekil 4.9. GPS ölçümleri kullanılarak üretilen SYM

4.2. SYM’lerin Doğruluğunun Belirlenmesi

Havzanın sayısal yükseklik modellerinin doğruluğunu değerlendirmek amacıyla 22 noktada yükseklikler karşılaştırılmıştır. Bu noktalar Şekil 4.10’de Yeşil renkte olan üçgenler ile 22 adet olup gerçek yükseklik ölçümleri ile oluşturulan SYM’lerin verisi yükseklik değerlerinin karşılaştırmasının yapıldığı noktaları göstermektedir.



Şekil.4.10. Çalışma alanının 1/25000 ölçeklik topoğrafik haritasının genel görünümü

Farklı kaynaklardan üretilen SYM'ler ile gerçek arazi ölçümleri kullanılarak üretilen SYM'lerin karşılaştırılması Çizelge 4.1'de verilmiştir. Adı geçen çizelgeye göre gerek topoğrafik haritadan gerekse SRTM uydusundan elde edilen SYM'lerin verdiği yükseklik değerleri, arazide gerçek ölçümlerle oluşturulan SYM'nin verdiği yükseklik değerleriyle hemen hemen örtüşmektedir (GPS-TOPO için RMSE= 3.49 m, GPS-SRTM için RMSE= 4.61 m). Diğer taraftan ASTER-GDEM uydusunun verileri kullanılarak oluşturulan SYM ile gerçek ölçümlerden oluşturulan SYM karşılaştırıldığında hassasiyetin daha düşük

olduğu görülmüştür (GPS-ASTER için RMSE= 14.59 m). Bu sonuca göre oyuntu erozyonuna etki eden topoğrafik karakteristiklerin belirlenmesinde yani bu karakteristiklere ait haritaların üretilmesinde SRTM uydusu verileri kullanılarak oluşturulan SYM ile topoğrafik harita aracılığıyla oluşturulan SYM başarıyla kullanılabilir.

Sayısal yükseklik modelleri esas olarak arazide ölçülen noktalar yardımıyla elde edilir ve yer yüksekliğini esas alır. Bu modeller topoğrafik özellik çıkarımı, akış analizi, eğim stabilitesi tespiti gibi birçok işlem için vazgeçilmezdir (Takagi,1998). Bu çalışmada elde edilen bulgular ile SRTM verileri ve topoğrafik harita kullanılarak elde edilen SYM'lerin arazide kinematik GPS ile yapılan ölçümler kullanılarak üretilen SYM'ler kadar iyi modeller olduğuna karar verilmiştir.

Sayısal yükseklik modelleri bir topoğrafik yüzeye ilişkin eğim, bakı, eş yükselti gibi değişkenlerin dijital temsilleri olarak tanımlanabilir (Doyle, 1978; Burrough, 1986; Felicisimo, 1994a; Shary, 1995). Sayısal yükseklik modelleri arazinin eğimi, bakı ve seçilen noktalar arasındaki arazi profillerini gösterirken üç boyutlu olarak kullanılabilir.

Çizelge 4.1. Farklı kaynaklardan üretilen SYM'lerin arazi ölçümünden üretilen SYM ile karşılaştırılması

No	Yükseklik (m)		Fark	Farkın karesi	Yükseklik (m)		Fark	Farkın karesi	Yükseklik (m)		Fark	Farkın karesi
	GPS	TOPO_SYM			SRTM_SYM	ASTER_SYM						
1	115	117	-2	4	109	6	36	93	22	484		
2	115	117	-2	4	109	6	36	93	22	484		
3	121.9	120	1.9	3.61	116	5.9	34.81	107	14.9	222.01		
4	126	130	-4	16	119	7	49	105	21	441		
5	129	130	-1	1	123	6	36	110	19	361		
6	120.45	120	0.45	0.2025	109	11.45	131.1025	99	21.45	460.1025		
7	115	113.4	1.6	2.56	109	6	36	101	14	196		
8	102.6	104	-1.4	1.96	107	-4.4	19.36	97	5.6	31.36		
9	102.6	104	-1.4	1.96	107	-4.4	19.36	97	5.6	31.36		
10	102.6	104	-1.4	1.96	107	-4.4	19.36	97	5.6	31.36		
11	102.6	107.7	-5.1	26.01	107	-4.4	19.36	100	2.6	6.76		
12	102.6	107.7	-5.1	26.01	107	-4.4	19.36	100	2.6	6.76		
13	114.9	115	-0.1	0.01	110	4.9	24.01	98	16.9	285.61		
14	69.94	70	-0.06	0.0036	71	-1.06	1.1236	59	10.94	119.6836		
15	71	70	1	1	73	-2	4	56	15	225		
16	95	96.94	-1.94	3.7636	95	0	0	77	18	324		
17	111	110	1	1	108	3	9	101	10	100		
18	112	113	-1	1	116	-4	16	99	13	169		
19	141.4	142	-0.6	0.36	142	-0.6	0.36	127	14.4	207.36		
20	79	71	8	64	80	-1	1	60	19	361		
21	80.8	70.8	10	100	80	0.8	0.64	63	17.8	316.84		
22	76.7	71	5.7	32.49	77	-0.3	0.09	61	15.7	246.49		
Kareler Toplamı				292.8997				511.9361				
Kareler ortalaması				12.20415417				21.33067083				
RMSE				3.493444456				4.61851392				

4.3. Sayısal Yükseklik Modellerinden Topoğrafik Karakteristiklerin Belirlenmesi

Bu çalışmada SRTM, ASTER-GDEM uyduları ve topoğrafik harita kullanılarak oluşturulan SYM'ler ile gerçek ölçümler kullanılarak oluşturulan SYM'lerden Eğim, bakı ve CTI bilgileri üretilmiştir. Bu topoğrafik bilgiler erozyon çalışmaları için kullanılan temel topoğrafik verilerdir (Weaver, 1991; Parker e ark. 2010).

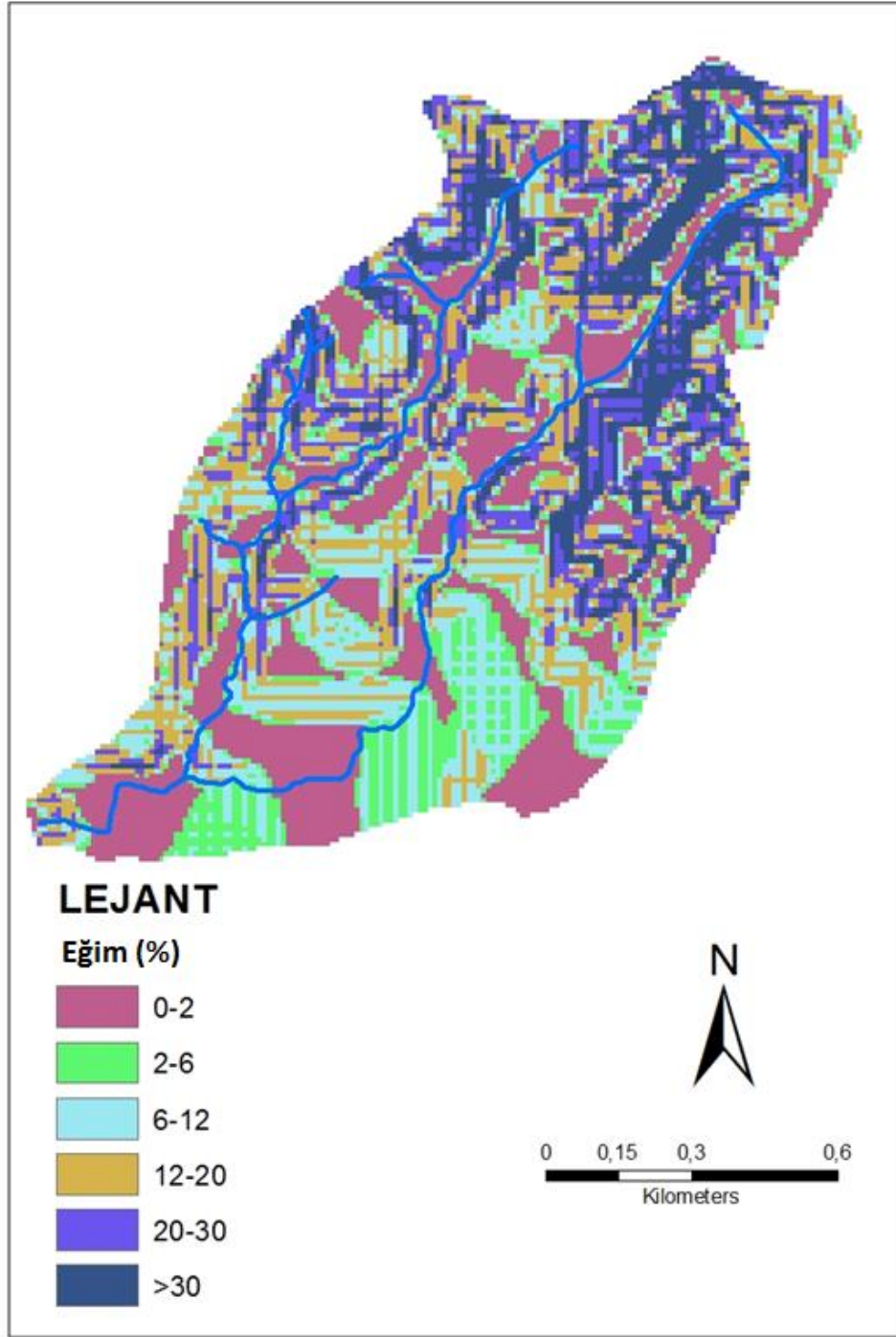
Bu amaçla öncelikle tüm Topçu havzası için her üç bilgi üretilirken daha Topçu havzası içerisindeki test alanı kesilerek bu veriler karşılaştırılmıştır.

4.3.1. Eğim Özellikleri

Topçu havzası topoğrafik haritasından oluşturulan SYM' den elde edilen eğim grupları dağılım haritası Şekil 4.11'da verilmiştir. Buna göre havzanın eğimi (%0-95) arasında değişmektedir. Topçu havzasının kuzey kesimleri güney kesimlerinden daha diktir. Çok dik (%30) eğimler özellikle kuzey doğu kesimlerde yoğunlaşmaktadır.

Çizelge 4.2'de ise eğim gruplarının kapladığı alanlar oransal olarak verilmiştir. Eğim grupları dağılım haritasında eğim 6 sınıfa ayrılarak her bir eğim grubu birer renkle temsil edilmiştir.

Topoğrafik haritalardan eğim sınıflarının üretilmesi yaygın uygulamalardan biri olup jeoloji, toprak ve hidroloji çalışmalarında sık sık kullanılmaktadır (Gündoğan ve Akay, 2007). Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi havzanı yaklaşık yarısı hafif ve orta eğime diğer yarısı dik ve çok dik eğime sahiptir. göre çalışma alanında en fazla alanı (%20.1) dik (% 12-20) eğime sahiptir.. Hafif eğimli alanlar (% 2-6) en düşük orana (%11.6) sahiptir.



Şekil 4.11. Topçu havzası Topoğrafik haritadan elde edilen eğim haritası

Çizelge 4.2. Topçu havzası topoğrafik haritadan elde edilen eğim sınıfları dağılımı

Eğim%	Alan (da)	Oran(%)
0-2	264.2	18,6
2-6	165.0	11,6
6-12	281.2	19,8
12-20	285.6	20,1
20-30	222.0	15,6
>30	204.1	14,4
Toplam	1422.1	100.0

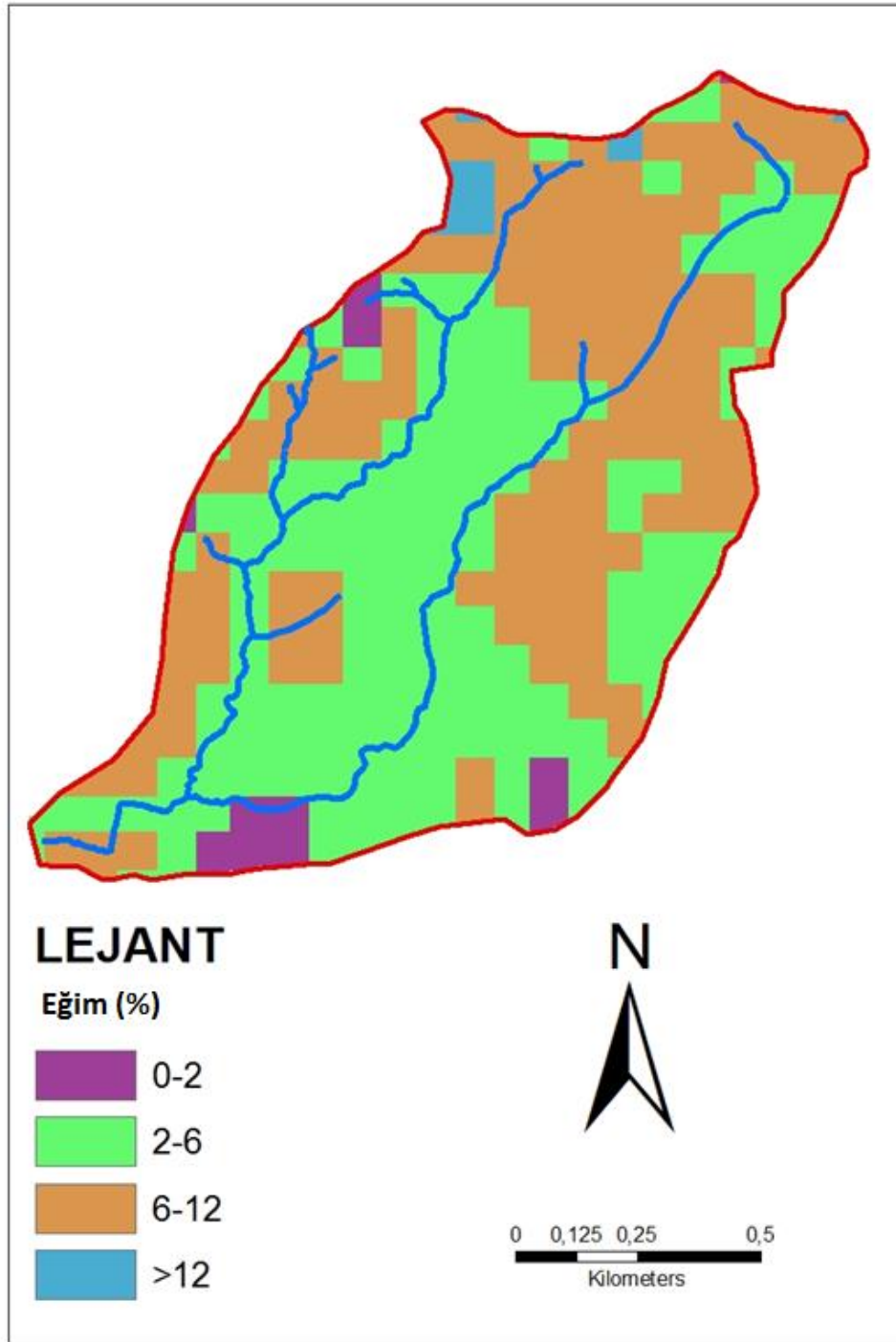
Topçu havzasının SRTM' den oluşturulan SYM' den elde edilen eğim ve grupları dağılım haritası Şekil 4.12'de verilmiştir. Topçu havzasının SRTM verilerinden elde edilen eğimi (% 0.32-14.4) arasında değişmekte olup topoğrafik harita ve ASTERGDEM den elde edilenlere göre daha düşüktür. Thompson ve ark (2001) SYM çözünürlüğü azaldıkça dik eğimlerde eğim daha düşük hesaplanmaktadır. Aksine çözünürlük arttıkça eğim daha fazla bulunmaktadır.

Havzanın orta ve güney kesimleri düşük eğime sahipken kuzey kesimleri ile doğu ve batı kenarları orta eğime sahiptirler.

SRTM verisinden üretilen eğim grupları dağılım haritasında eğim 4 sınıfa ayrılarak her bir eğim grubu birer renkle temsil edilmiştir. Aynı zamanda haritaya ve Çizelge 4.3'e göre çalışma alanında en fazla alanı (% 2-6) eğime sahip bölgeler kaplarken en düşük alanı ise düze yakın eğimler (% 0-2) oluşturulmuştur. Çoban ve Eker, 2009 çok yüksek duyarlık isteyen çalışmalarda SRTM verilerinin kullanımının sınırlı olduğunu belirtmişlerdir..

Çizelge 4.3 Topçu havzası SRTM' den elde edilen eğim sınıfları dağılımı

Eğim%	Alan (da)	Oran(%)
0-2	53,9	3,1
2-6	755,1	44,1
6-12	692	40,4
>12	211	12,3
Toplam	1712	100.0



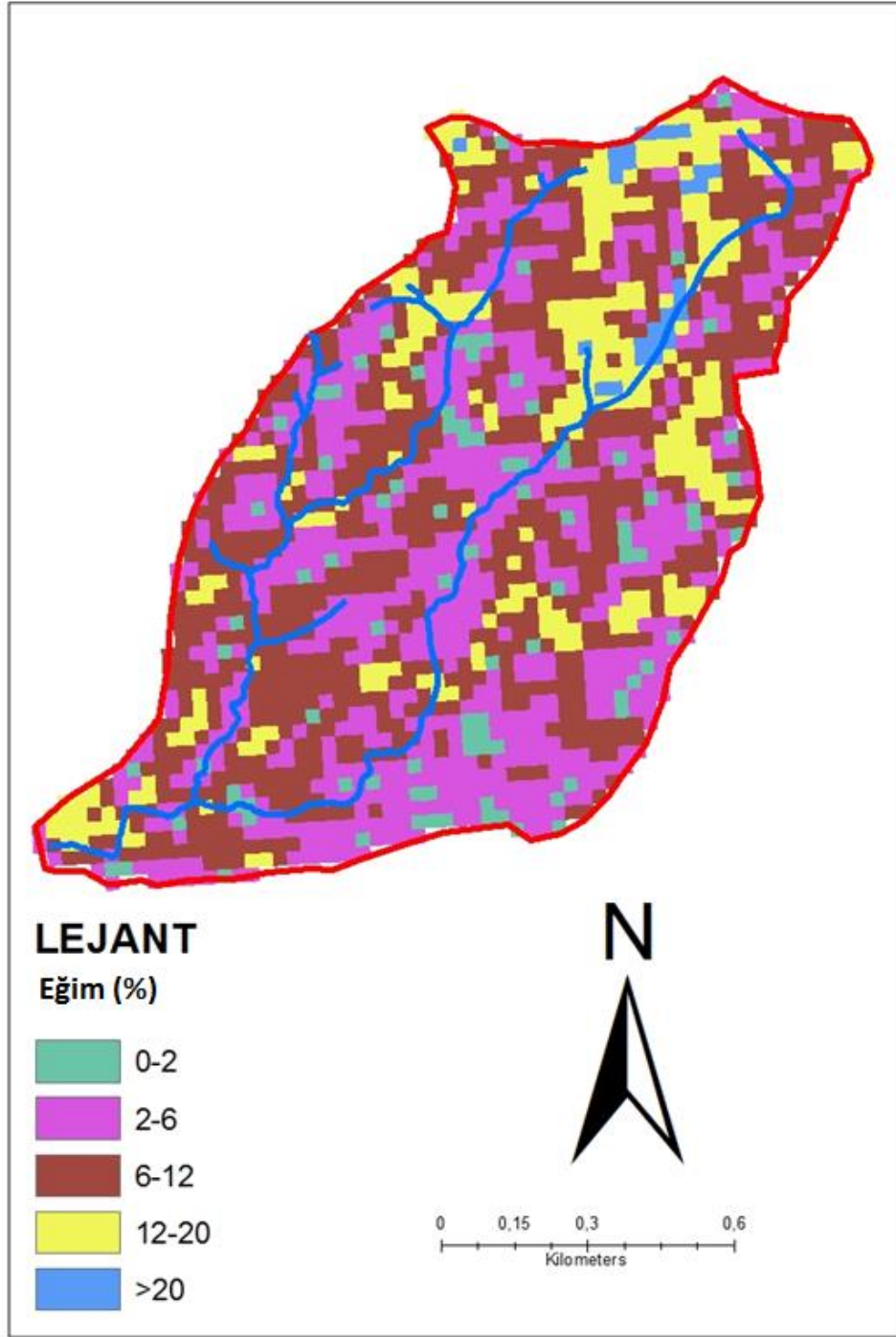
Şekil 4.12. Topçu havzası SRTM’’den elde edilen eğim haritası

Topçu havzası ASTERGDEM'den oluşturulan SYM' den elde edilen eğim ve grupları dağılım haritası Şekil 4.13'da verilmiştir. Buna göre havzanın eğimi %0-27.7 arasında değişmektedir. Eğim haritasında görüldüğü gibi havzanın eğimi heterojen olarak dağılmakla birlikte dik eğimler (%12-20) havzanın kuzey doğu kesimlerinde yoğunlaşmıştır.

Topçu havzasının eğim grupları Çizelge 4.4'de verilmiştir. Buna göre havza eğim grupları 5 sınıfa ayrılarak her bir eğim grubu birer renkle temsil edilmiştir. Buna göre havzanın önemli bir kısmı orta eğime (%42.6) sahiptir. Düz ve düze yakın alanlar (%0-2) % 5 civarında iken çok dik (>% 20) eğimler %1.5 civarındadır.

Çizelge 4.4. Topçu havzası ASTERGDEM'den elde edilen eğim sınıfları dağılımı

Eğim%	Alan (da)	Oran(%)
0-2	93	5,1
2-6	653	35,5
6-12	784	42,6
12-20	281	15,3
>20	28	1,5
Toplam	1839	100.0



Şekil 4.13. Topçu havzası ATERGDEM'den elde edilen eğim haritası

Topçu havzasının eğim sınıflarını karşılaştırıldığı test alanın Kinematik GPS ölçümleri aracılığıyla oluşturulan SYM'den elde edilen eğim grupları dağılım haritası Şekil 4.14'da verilmiştir. Buna göre test alanın eğimi % 0.7-995 arasında değişmekte olup ortalama eğimi %24.7 dir. Çok dik (%20-30) ve sarp (>30) eğimler vadinin doğu ve batı

yamaçlarında yer almakta olup özellikle sarp eğimler doğu yamaçlarda daha fazla alan kaplamaktadır..

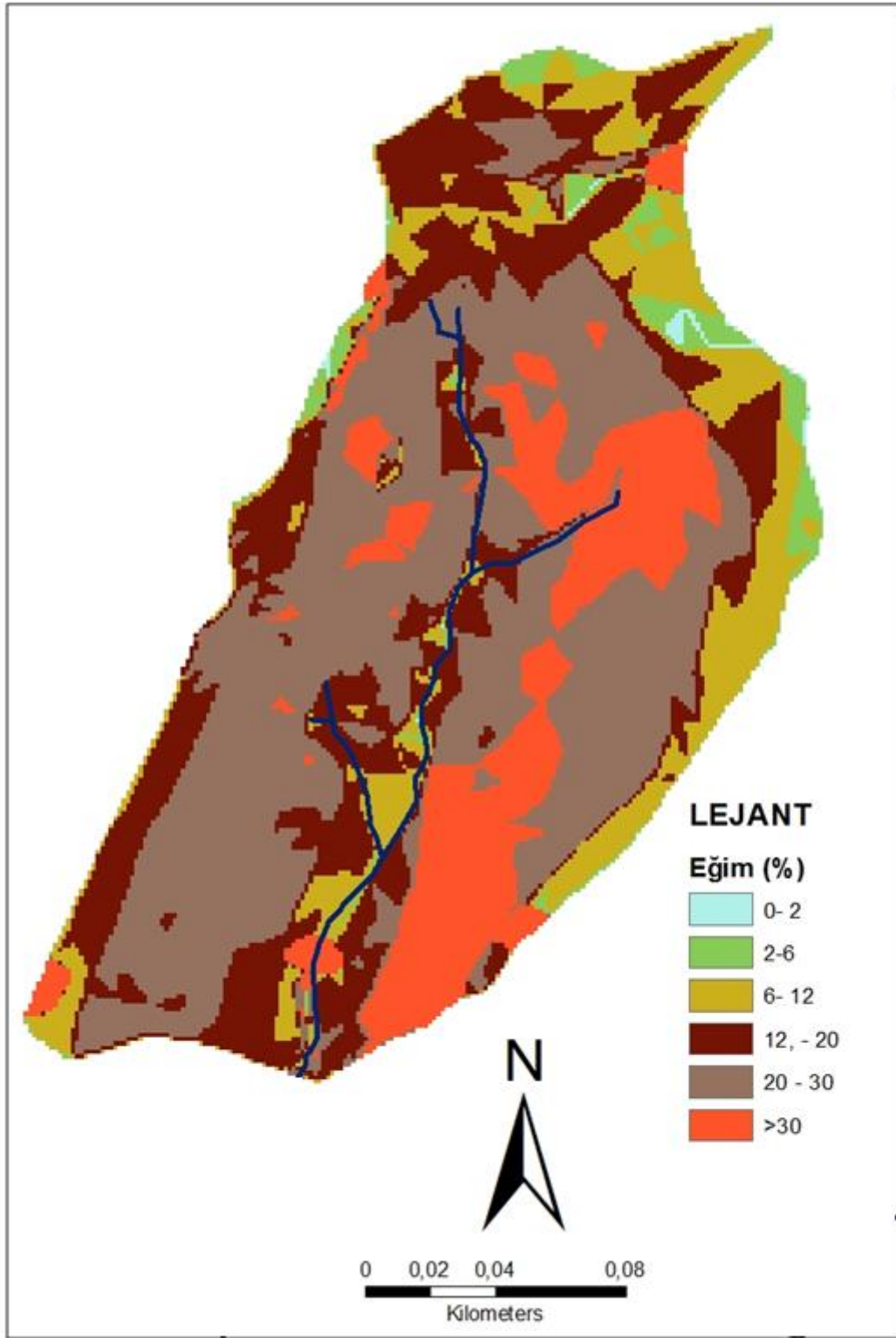
Çizelge 4.5’de ise eğim gruplarının kapladığı alanlar oransal olarak sunulmuştur. Buna göre test alanın Eğim grupları dağılım haritasında eğim 6 sınıfa ayrılarak her bir eğim grubu birer renkle temsil edilmiştir. Söz konusu haritaya ve Çizelge 4.5’e göre çalışma alanın çok büyük bir kısmı % 20-30 eğime sahip bölgeler kaplarken en düşük alanı ise düze yakın eğimler çok az bir alan (% 0-2) kaplamaktadırlar.

Çizelge 4.5.Test alanının GPS ‘ten elde edilen eğim sınıflarının oransal dağılımı

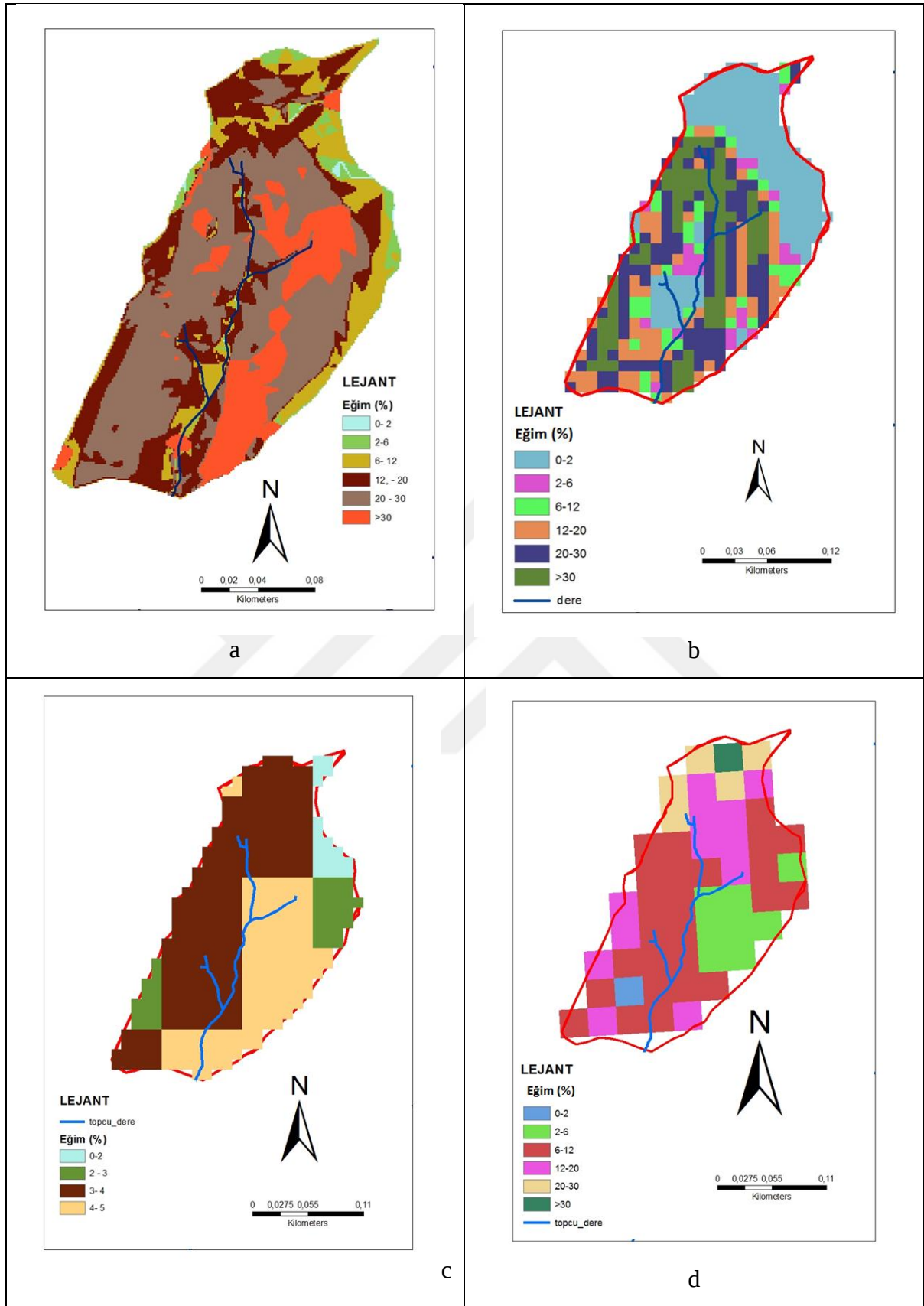
Eğim%	Alan (da)	Oran(%)
0-2	0,15	0,3
2-6	1,47	3,4
6-12	5,91	13,6
12-20	10,57	24,3
20-30	18,38	42,3
>30	6,99	16,1
Toplam	43.48	100.0

Sayısal yükseklik modelleri oluşturulmasında temel kaynak arazi ölçümleri olup bu verilerden üretilen SYM’ler doğru olarak kabul edilmektedir Saygılı (2008). Bu nedenle diğer kaynaklardan (Topoğrafik harita, SRTM ve ASTERGDEM) üretilen eğim haritaları GPS verilerinden üretilen eğim sınıfları ile kıyaslanmıştır.

Test alanının farklı kaynaklardan üretilen eğim sınıfları Şekil 4.15. de verilmiştir. Buna göre topoğrafik haritadan üretilen eğim haritası GPS’ten üretilen eğim haritasına en fazla benzemektedir. Ancak Şekil 4.15. de görüldüğü gibi test alanın kuzey doğusunda yer alan alanlar GPS’ten elde edilen eğim haritasına göre daha düşük eğimde bulunmuştur.



Şekil 4.14. GPS ölçümleri aracılığıyla oluşturulan SYM'den elde edilen eğim grupları dağılım haritası



Şekil 4.15. Test alanı için farklı kaynaklardan üretilen eğim sınıfları a) GPS, b) Topoğrafik harita, c) SRTM ve d) ASTER GDEM

ASTERGDEM ve SRTM verilerinden üretilen eğimler ise hemen hemen test alanını temsil etmemektedir. Dolayısıyla küçük alanlarda ASTERGDEM ve SRTM verilerinin eğim sınıflamasında başarısı oldukça düşüktür. Bir çok araştırmacı yüksek çözünürlüklü SYM lerin eğim hesaplamalarında düşük SYM lere göre daha başarılı olduğunu belirtmektedir (Wu ve ark.,2008; Zhang ark., 2009; Yao ve ark., 2010).

Çizelge 4.7, 4.8, 4.9 de test alanının Topoğrafik harita, ASTERGDEM ve SRTM’ den elde edilen eğimleri ile ilgili genel istatistik verileri çizelge 4.6’da verilmiştir. Buna göre test alanın GPS’ten üretilen eğim ortalaması diğer kaynaklarla karşılaştırıldığında topoğrafik haritadan üretilen eğim ortalaması farkı diğer kaynaklardan üretilene göre daha düşüktür. Yani Test alanının gerçek eğim ortlamasına en yakın olan topoğrafik haritadan üretilendir. SRTM den üretilen ile ASTER GDEM den üretilenlerin eğim farkı birbirine eşit çıkmıştır.

Çizelge 4.6. Test alanının farklı kaynaklardan elde edilen eğim istatistikleri

Veri Kaynağı	Eğim (%)			Std	Ortalamadan Fark
	En düşük	En yüksek	Ortalama		
GPS	0.72	995	24.6	45.12	0
TOPO	0	64.1	16.3	14.6	8.3
SRTM	1.3	9.5	6.5	1.96	18.1
ASTERGDEM	0.75	19.45	6.5	3.86	18.1

Çizelge 4.7. Test alanı için TOPO’ den elde edilen eğim sınıfları dağılımı

Eğim%	Alan (da)	Oran(%)
0-2	12.9	29,1
2-6	2.2	5,0
6-12	3.7	8,3
12-20	6.8	15,3
20-30	10.4	24,3
>30	8.0	18,0
Toplam	44,0	100.0

Çizelge 4.8. test alanı için SRTM’ den elde edilen eğim sınıfları dağılımı

Eğim%	Alan (da)	Oran(%)
0-2	2	4,5
2-6	4.2	9.5
3-4	23.4	53,2
4-5	14.4	32,8
Toplam	43.8	100.0

Çizelge 4.9. Test alanı için ASTER’ den elde edilen eğim sınıfları dağılımı

Eğim%	Alan (da)	Oran(%)
0-2	1	1,9
2-6	8	15,4
6-12	25	48,1
12-20	12	23,1
20-30	5	9,6
>30	1	1,90
Toplam	52	100.0

4.3.2. Bakı Özellikleri

Bir bölgenin güneş açısına göre hangi tarafa baktığını anlatan ifadeye veya yer yüzeyinin konumsal yöneliminin açı cinsinden ifadesine bakı ya da yöney denir. Bakıdaki değişiklik toprak sıcaklığı, toprak nemi buharlaşma , bitki örtüsü ve arazi kullanımını etkilediğinden erozyon üzerinde önemli rol oynamaktadır (Cerde, 1998). Topçu havzasının Topoğrafik harita, SRTM ve ASTER GDEM ‘den üretilen SYMlerden elde edilen bakı haritalkarı şekil 4.16 , 4.17,4.18 de verilmiştir.

Topçu havzasının genel eğimi kuzey güney yönünde olup havzada yer alan akarsu ağı genel olarak kuzedoğu güney batı istikametinde akmaktadırlar. Bu nedenle de havzanın bakışı güney yönlerinde baskındır (Çizelge 4.10, 4.11, 4.12). (Fang ve Guo (2015) güneş alan güney bakıların (G, GD, GB) oyuntu erozyonu şiddetinin kuzey bakılardan (K, KD, KB) daha fazla olduğunu belirtmektedirler

Çizelge 4.10. Topçu havzasının topoğrafik haritadan eldedilen bakı dağılımı

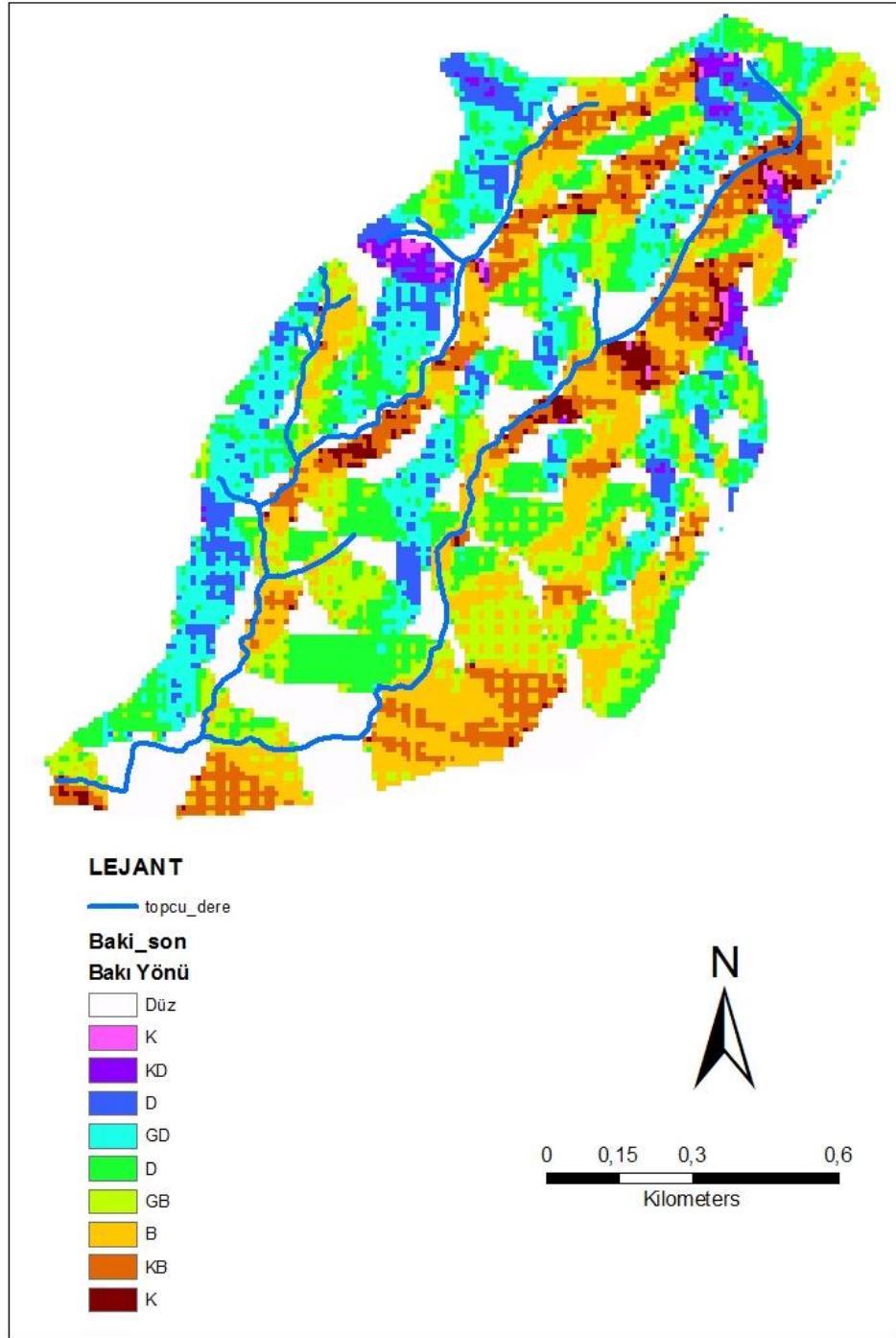
Bakı	Alan (da)	Oran (%)
düz	293.3	19,3
K	36.9	2,4
KD	20.5	1,3
D	94.8	6,2
GD	203.1	13,3
G	249.5	16,4
GB	208.5	13,7
B	266.7	17,5
KB	148.8	9,8
Toplam	1522.1	100,0

Çizelge 4.11. Topçu havzasının SRTM den elde edilen bakı dağılımı

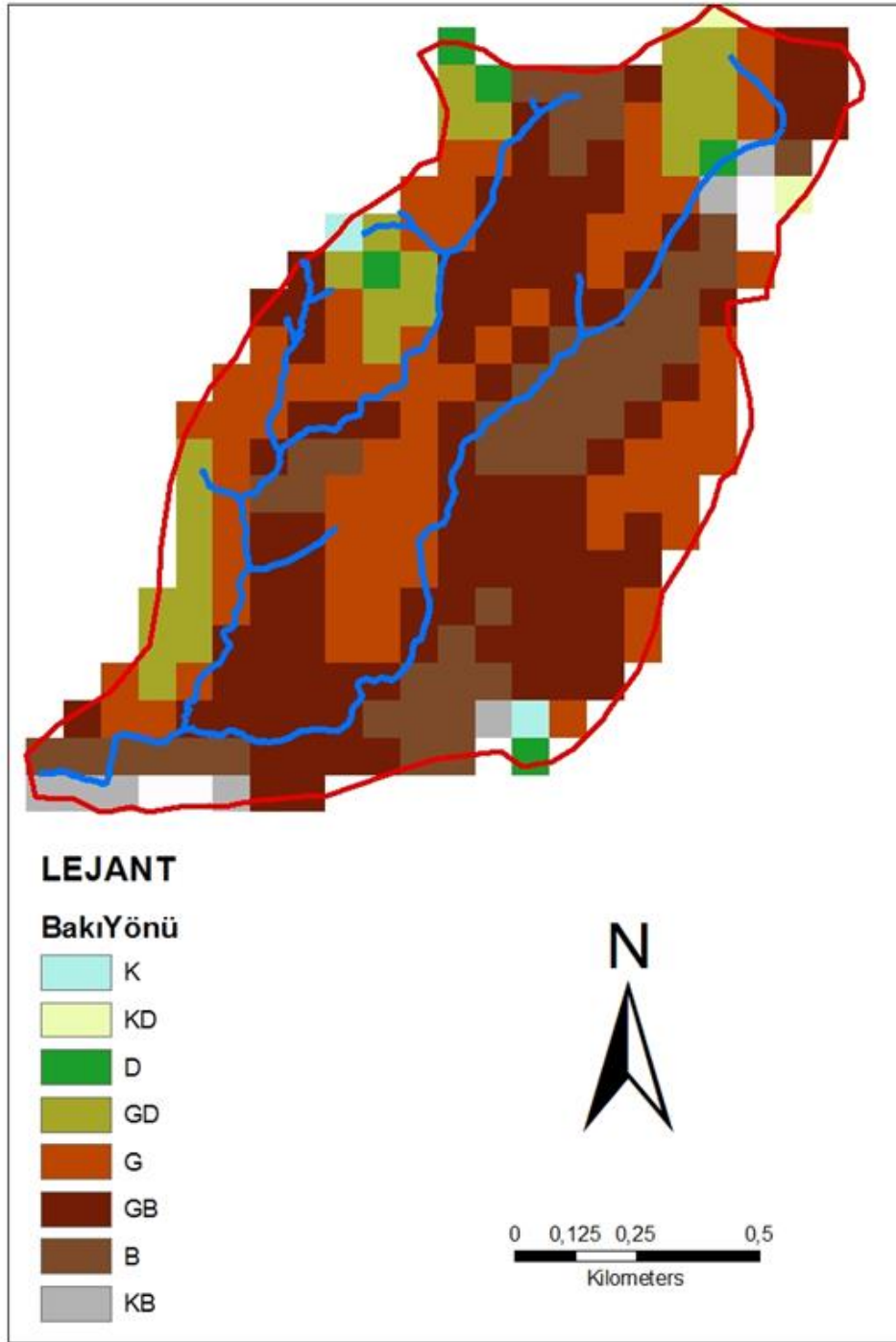
Bakı	Alan (%)	Oran
K	35,1	2,3
KD	11,7	0,8
D	29,2	1,9
GD	146,1	9,5
G	426,5	27,8
GB	572,6	37,3
B	274,6	17,9
KB	40,9	2,7
Toplam	1536,7	

Çizelge 4.12. Topçu havzasının ASTERGDEM den elde edilen bakı dağılımı

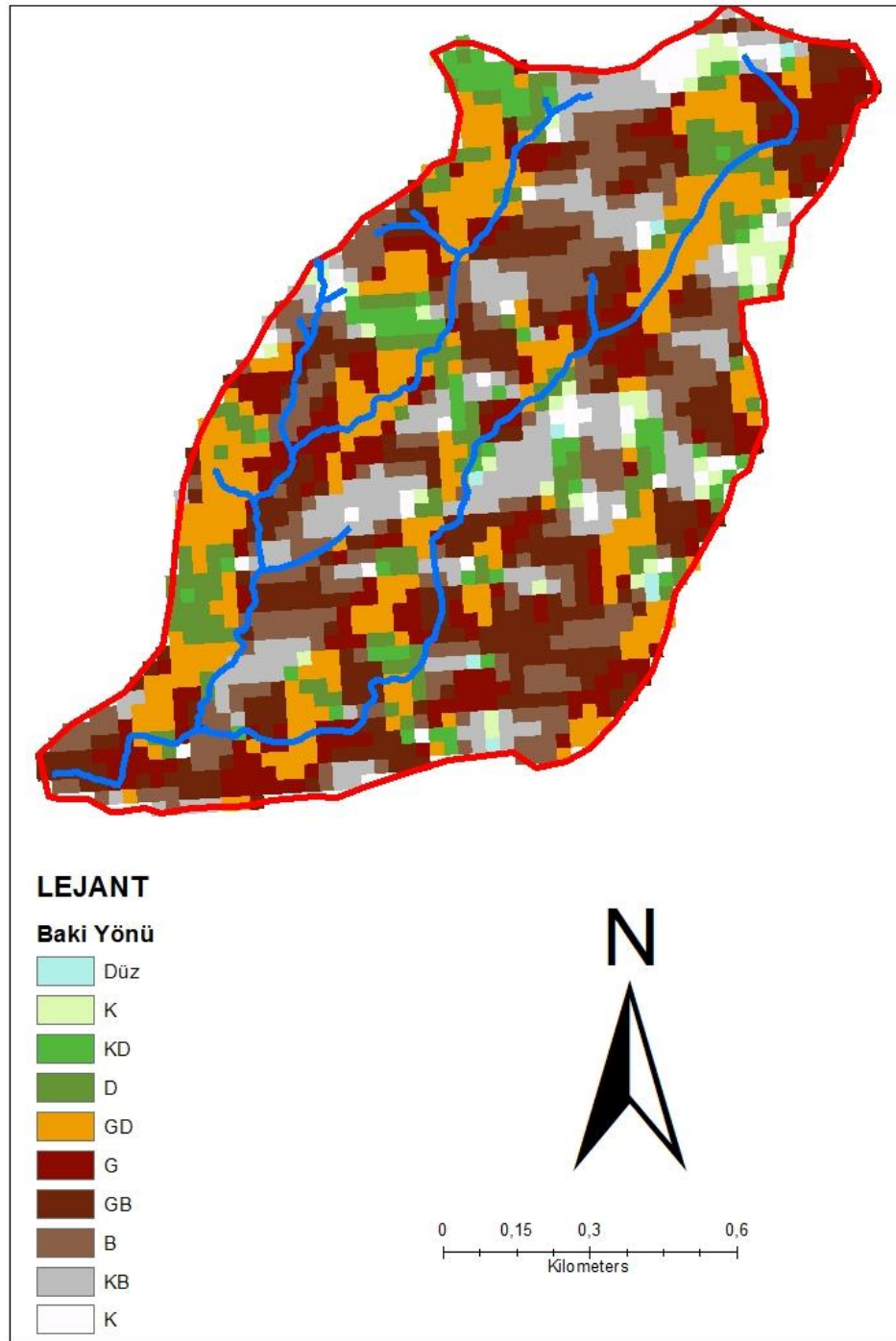
Bakı	Alan (%)	Oran
Düz	7,5	0,5
K	90,2	6,3
KD	64,6	4,5
D	125,8	8,8
GD	287,3	20,1
G	219,4	15,3
GB	204,5	14,3
B	249,2	17,4
KB	191,3	13,4
Toplam	1432,3	



Şekil 4.16. Topçu havzası Topoğrafik haritadan elde edilen bakı haritası



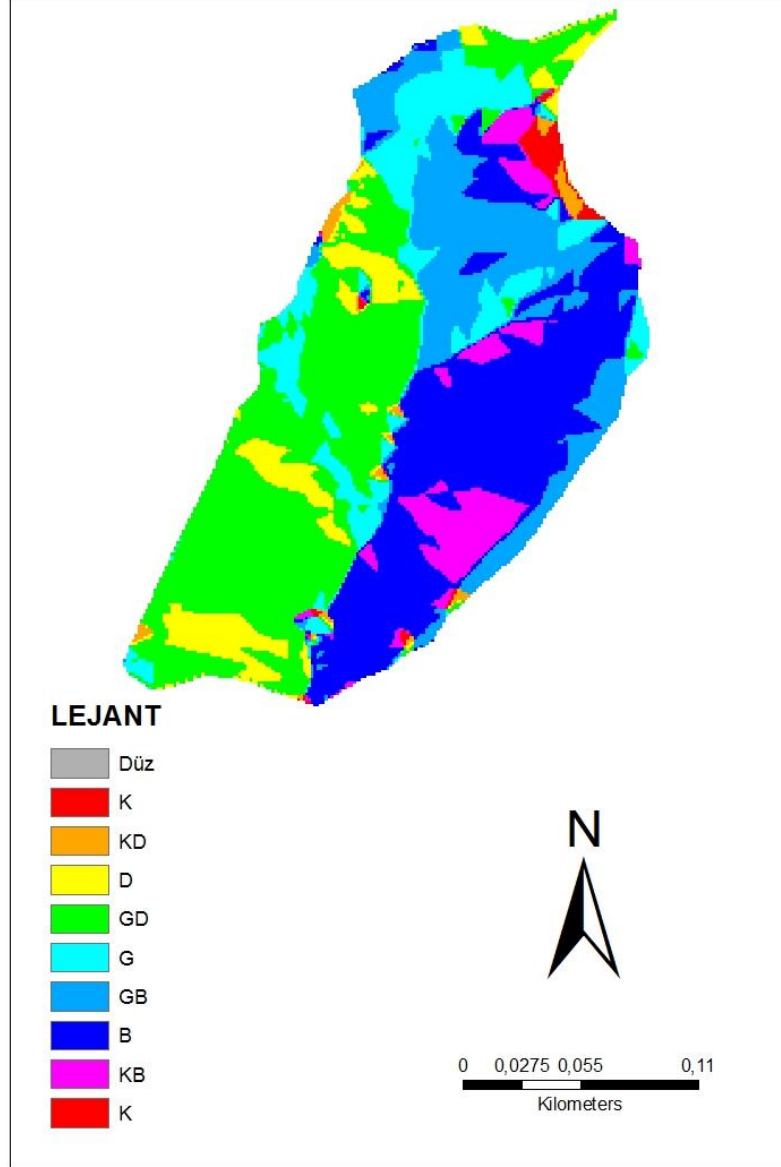
Şekil 4.17. Topçu havzasının SRTM'den elde edilen bakı haritası



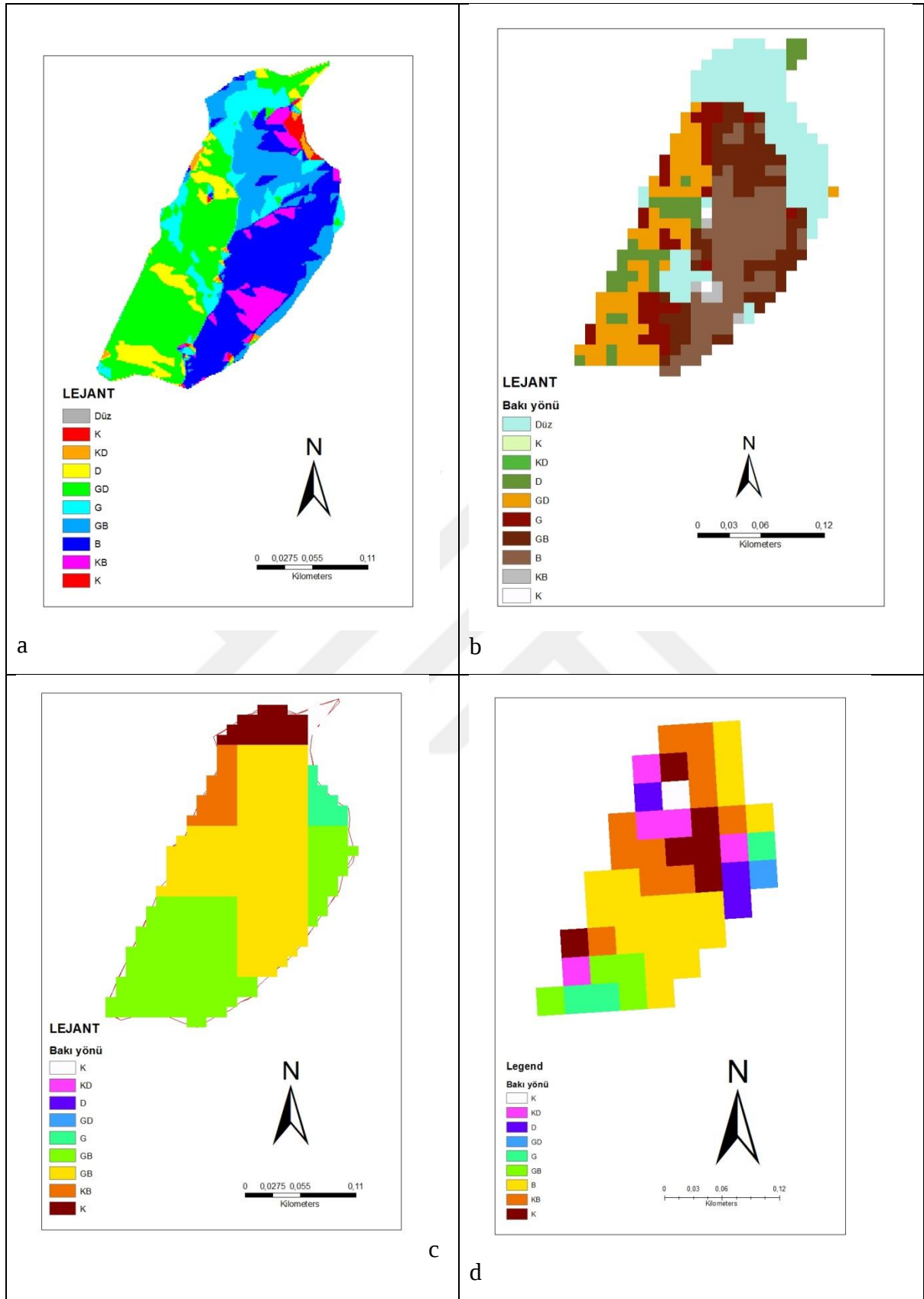
Şekil 4.18. Topçu havzasının ATERGDEM'den elde edilen baki haritası

Test alanının arazi ölçümleri ile elde edilmiş baki haritası Şekil 4.19 da diğer kaynaklardan elde edilmiş baki haritaları ise şekil 4.19 ve 4.20 de verilmiştir. Şekil 4.19 da görüldüğü gibi test alanının büyük bir kısmında güney bakılar baskındır. Diğer

kaynaklardan elde edilen haritalar incelendiğinde topoğrafik haritadan elde edilen bakı haritasında da benzer durum söz konusudur. Ancak SRTM ve ASTERGDEM den elde edilen bakı haritasının test alanını temsil etmediği anlaşılmaktadır.



Şekil 4.19. Test alanının GPS ölçümleri aracılığıyla oluşturulan SYM'den elde edilen bakı haritası



Şekil 4.20. Test alanın farklı kaynaklardan elde edilen bakı haritası a) GPS, b) topoğrafik harita, c) SRTM ve d) ASTERGDEM

4.3.3. CTI Özellikleri

Oyuntu (gully), erozyon tiplerinden biri olup özellikle sağnak yağışların görüldüğü yarı kurak bölgelerde toprak kayıplarının çok büyük bir kısmına neden olmaktadır. Oyuntu kanalının byüklüğü çeşitli faktörlere bağlı olup özellikle arazi kullanımının değişmesiyle hızla gelişir. Oyuntu kanalar fazla miktarda su taşıdıklarından oyuntu kanalları arasındaki kısmırlar kısa zamanda ortadan kalkarak dramatik sonuçlara neden olur (Poesen ve ark, 2003; Valentin, 2005).

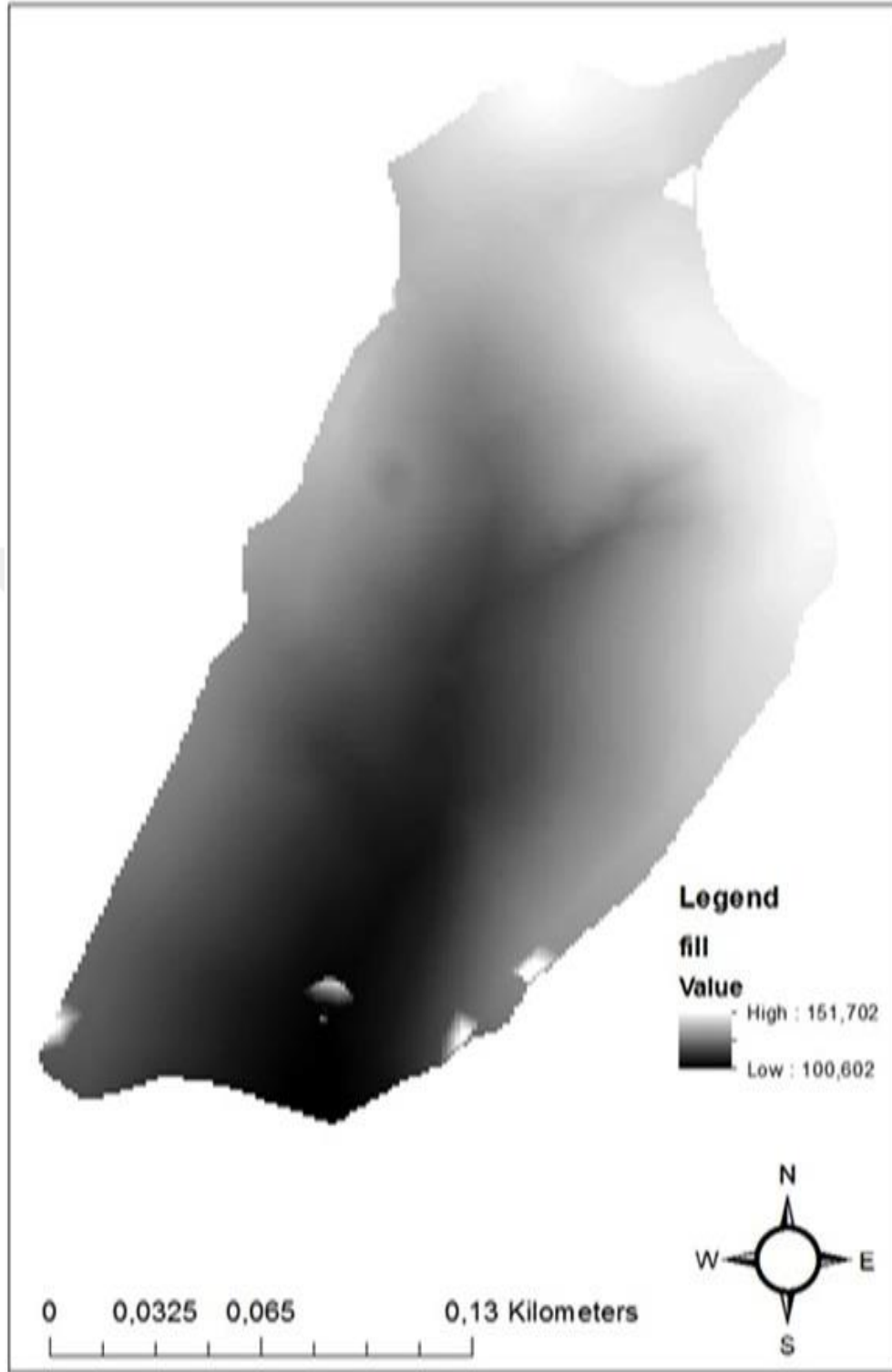
Oyuntu erozyonu üzerine arazi kullanımı ve toprak özelliklerinin yanısıra yüzey akış miktarı ve süresi, akış yükü ve eğim şekli rol oynar. Parker ve ark (2010) bu üç faktörün müşterek sonucu olan akış gücünü temsil etmek üzere CTI değeri hesaplamıştır. CTI değerleri aynı zamanda bir arazide oyuntu erozyonu oluşabilecek yerlerin tespit edilmesine yardım etmektedir (Morgan, 1996).

Belirli bir alanın CTI haritasını oluşturabilmek için SYM üzerinde sırasıyla yapılması gereken işlemler bulunmaktadır. Bunlar “Fill (doldurma)”, “Filter (filtreleme)”, “Flow direction (akış yönü)” ve “Floaaccumulation (akış birikimi)” işlemleridir. Verilen bu işlem silsilesi GPS ölçümleri ile oluşturulan SYM üzerinde uygulanmış ve çalışma alanının CTI haritası oluşturulmuştur. Şekil 4.21, 4.22 ve 4.23 ‘te örnek olarak GPS verilerinden CTI haritasının elde edildiği Fill, Flow direction, Flow acumulation işlemleri sonuçları verilmiştir. Topçu havzasının farklı kaynaklardan hesaplanan CTI değerleri ise şekil 4.24 da verilmiştir.

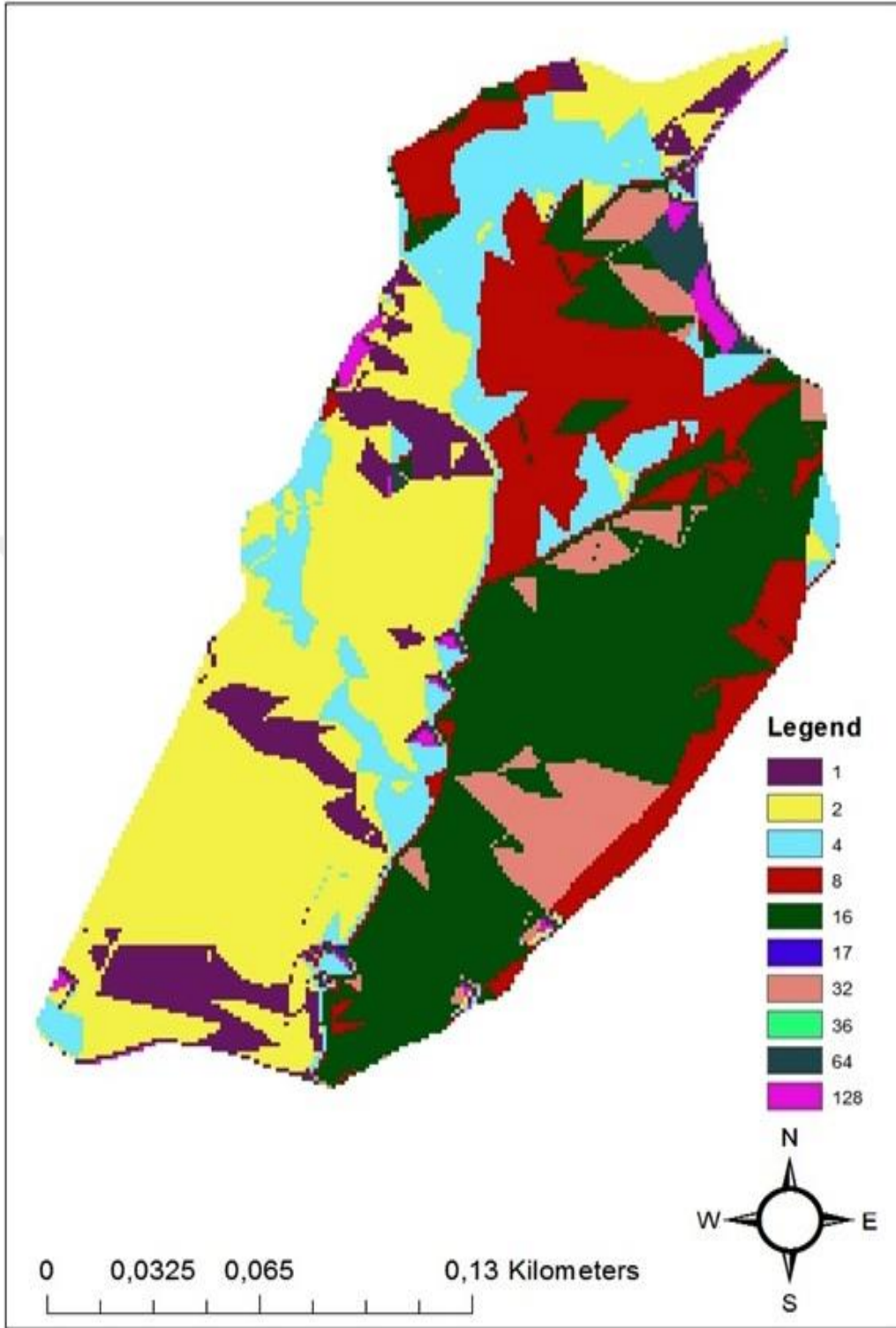
Topçu havzasının CTI değerleri 9355.8 ile -6907 arasında değişmektedir. Buna göre en yüksek ve en düşük CTI değerleri topoğrafik haritadan üretilen verilerden elde edilmiştir (Çizelge 4.13). CTI değerleri artıkça oyuntu erozyonu riski artmaktadır. Endüşük CTI değerleri SRTM den üretilen verilerden elde edilmiştir. Parker ve ark (2010) SYM çözünürlüğünün oyuntu erozyonu tahmininde önemli olduğunu; 10 m den daha düşük çözünürlüklerin uyuntu erzoyonu tahminini azalttığını belirtmektedir.

Çizelge 4.13. Topçu havzasının farklı kaynaklardan elde edile CTI değerleri

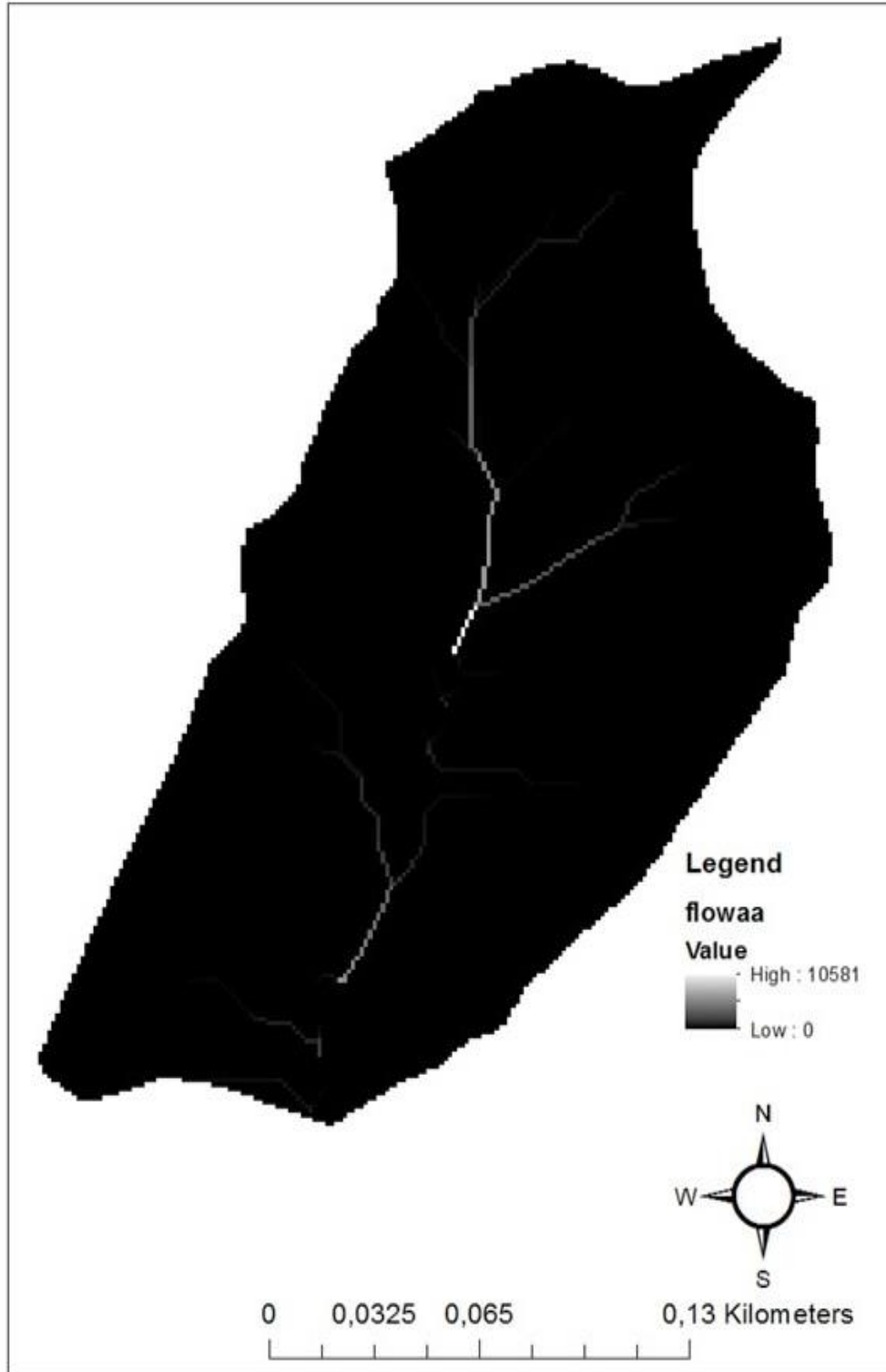
Veri Kaynağı	CTI Değerleri	
	En Yüksek	En Düşük
TOPO	9335.83	-6907.76
SRTM	286,26	-1617.49
ASTERGDEM	342.72	-4907.75



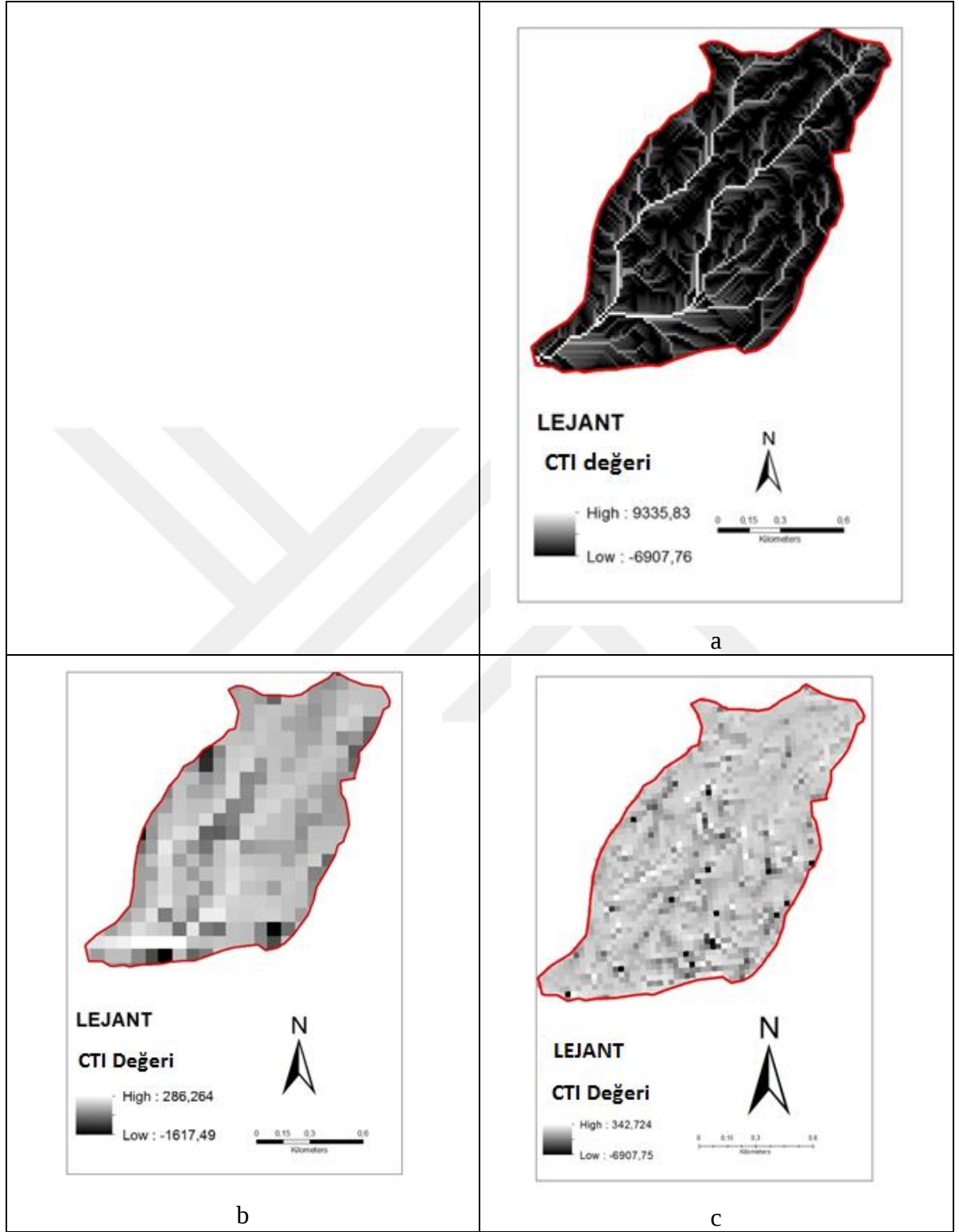
Şekil 4.21. Çalışma alanının Fill (Doldurma) haritası



Şekil 4.22. Çalışma alanının Flow direction (Akış Yönü) haritası



Şekil 4.23. Çalışma alanının Flow accumulation(Akış Birikimi) haritası



Şekil 4.24. Topçu farklı kaynaklardan elde edilen cti değerleri a) Topoğrafik harita, b) SRTM ve c) ASTER GDEM

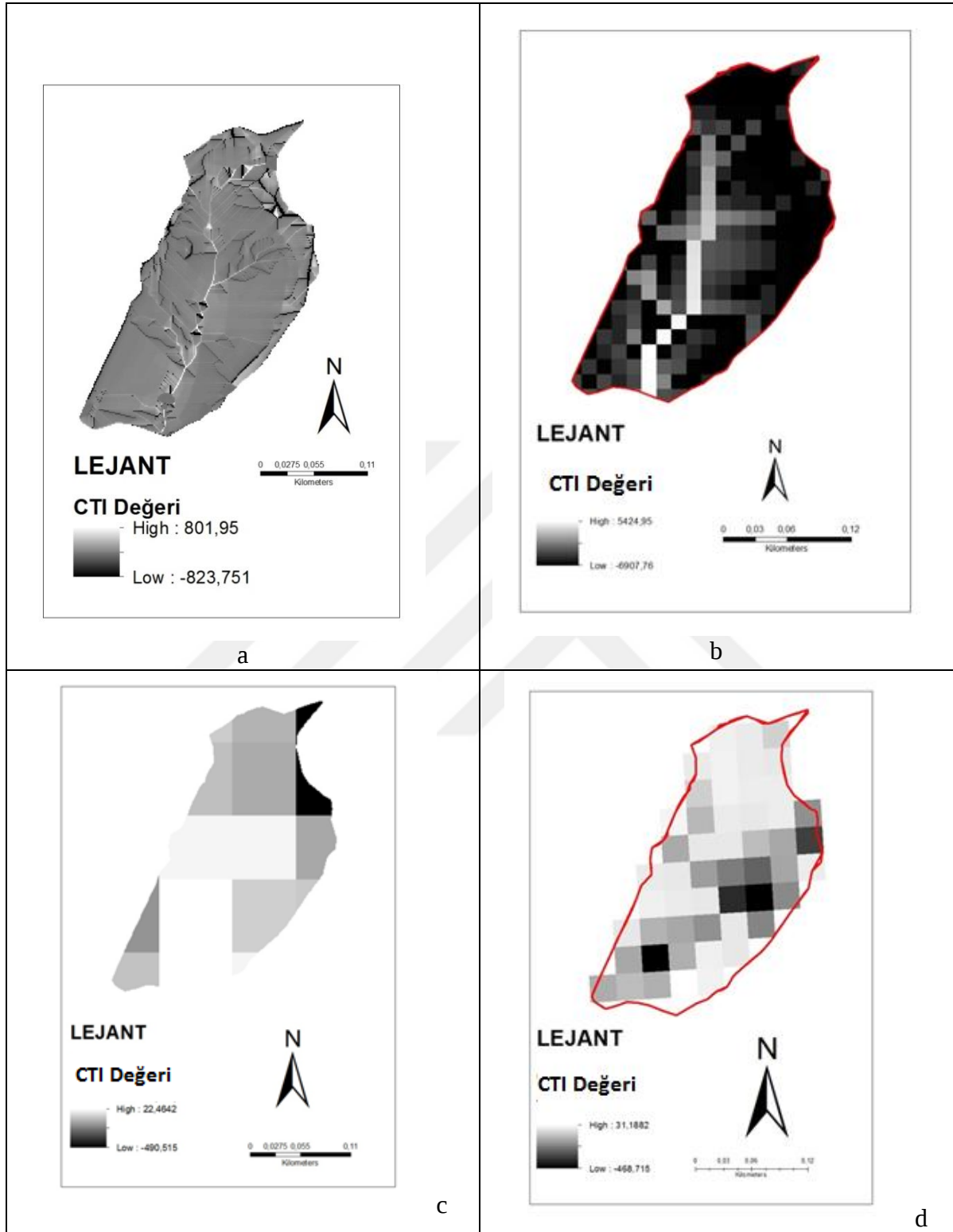
Topçu havzasında farklı kaynakların oyuntu erozyonu tahminini doğruluğunu belirleyebilmek için Topoğrafik harita, SRTM ve ASTERGDEM verileri test alanının GPS verilerinden elde edilen CTI değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu veri kaynaklarının CTI haritaları şekil 4.25 te verilmiştir.

Test alanın CTI değerleri 801.95 ile -4902.76 arasında değişmektedir. Topoğrafik haritadan elde edilen CTI değerleri GPS ten elde edilenlerden daha yüksektir. Buna karşılık SRTM ve ASTERGDEM değerleri ise daha düşük bulunmuştur.

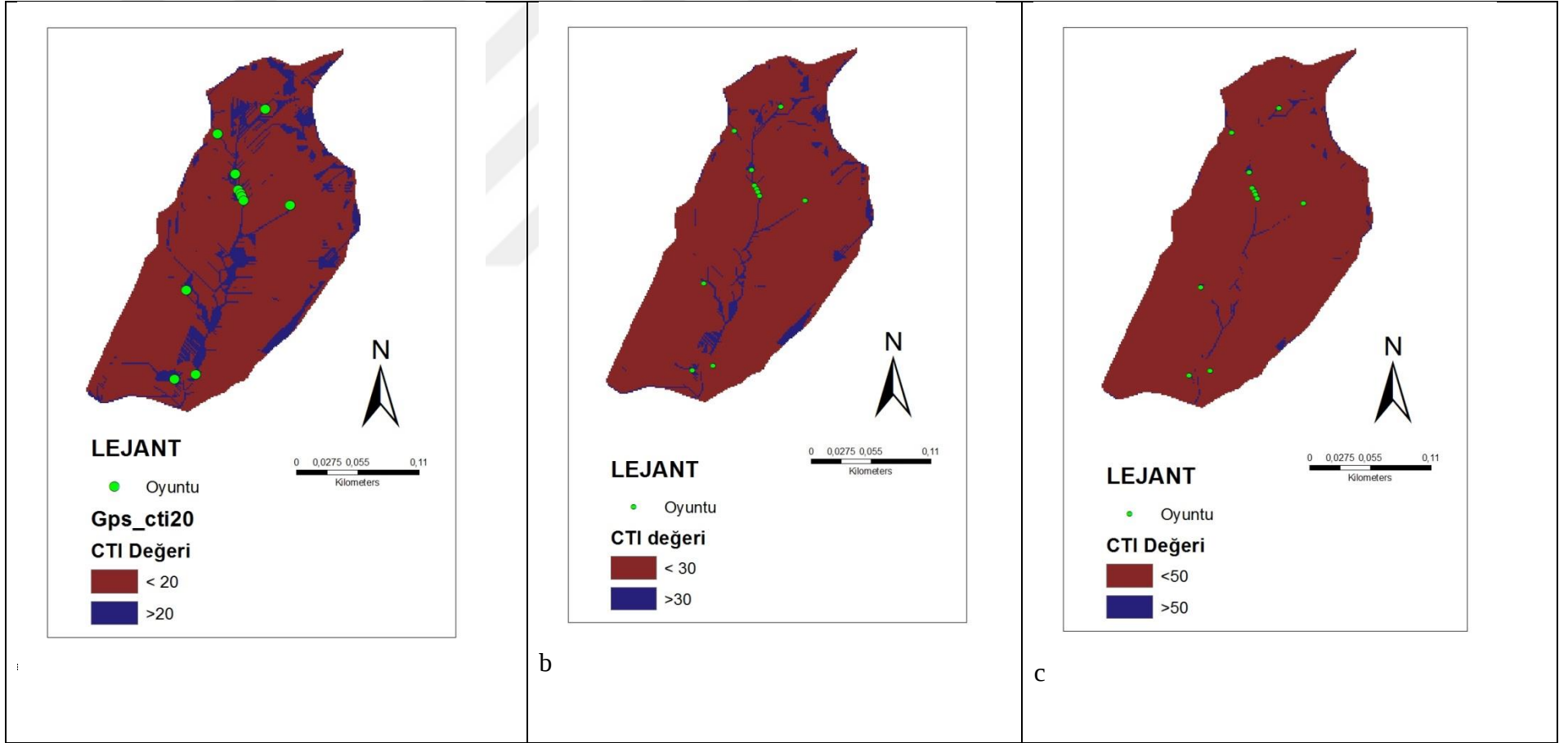
Çizelge 4.14. Test alanının farklı kaynaklardan elde edilen CTI değerleri

Veri Kaynağı	CTI Değeri	
	En Yüksek	En Düşük
GPS	801.95.	-823.75
TOPO	5424.95	-4902.76
SRTM	22.46	-490.51
ASTERGDEM	31.18	-468.71

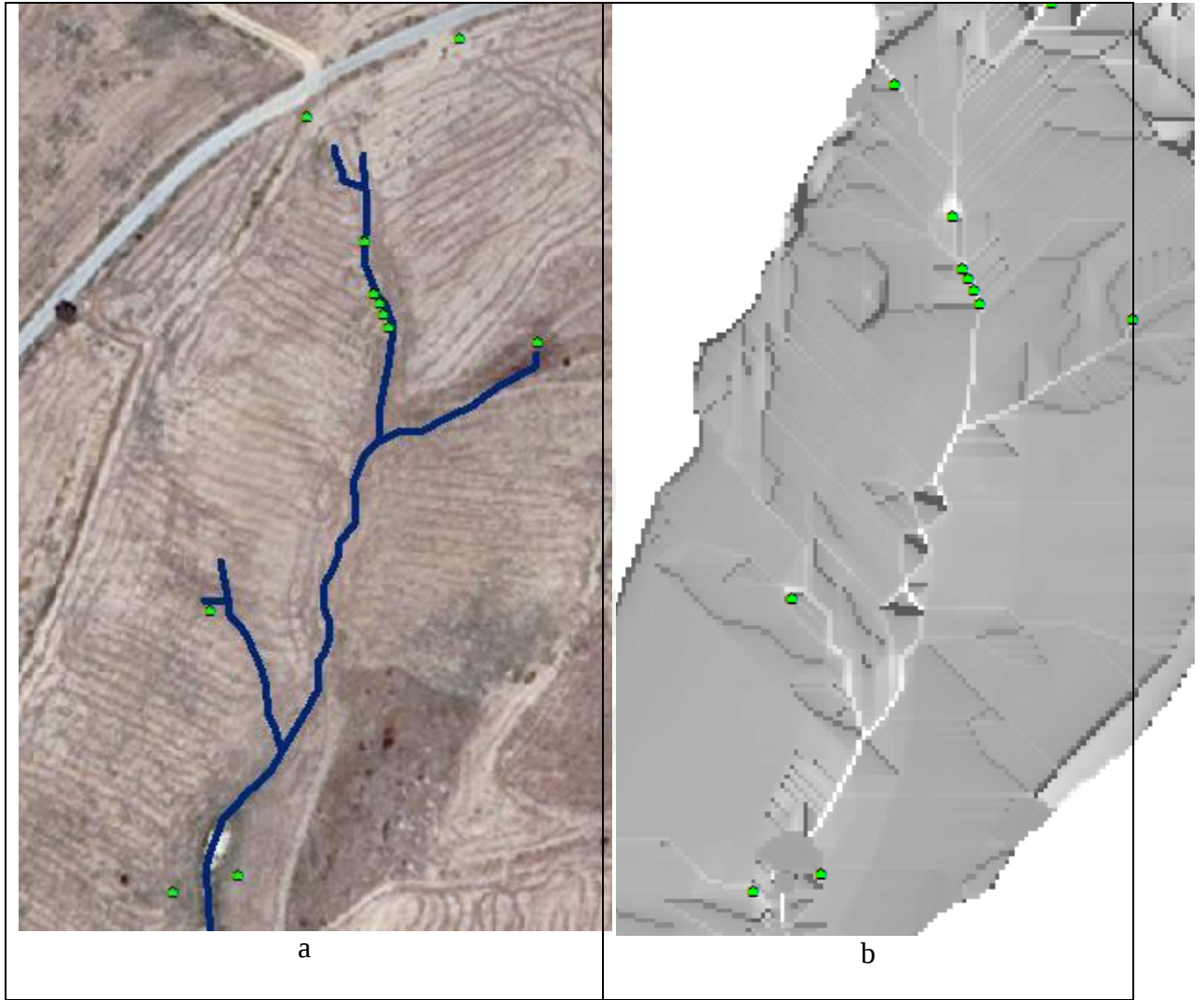
Havzada oyuntu erozyonu tahmininin doğruluğunu artırmak için CTI değerleri eşik analizleri yapılmıştır. Bu amaçla Topçu havzası test alanında üç farklı (20, 30 ve 50) değer için eşik analiz yapılmıştır (Şekil 4.26). Analiz sonuçlarının arazi gözlemleri ile karşılaştırılması sonucunda 30 CTI değerinin en uygun eşik değeri olduğu anlaşılmıştır. Test alanındaki oyuntu risk alanların ortfoto üzerinde görünümü şekil 4.27’ de verilmiştir.



Şekil 4.25. Test alanının farklı kaynaklardan elde edilen cti değerleri a) Test alanının CTİ haritası b)Topoğrafik harita, c) SRTM ve d) ASTER GDEM



Şekil 4.26. Test alanında eşik azanlizi sonucu tahmin edilen oyundu başlangıç noktaları a) 20, b)30, c)50



Şekil 4.27. a) Arazi gözlemleri belirlenen oyuntu başlangıç noktaları ve b) tahmin edilen oyuntu başlangıç noktalarının karşılaştırılması

SONUÇ

SYM'ler esas olarak arazide ölçülen noktalar yardımıyla elde edilir ve yer yüksekliğini esas alır. GPS ölçümleri ile SYM üretilebilir. Bu çalışmada hassas jeodezik GPS ile yaklaşık 2 m aralıklarla x, y, z koordinatları ölçülmüştür. Bu işlemle üretilen SYM'ler diğer kaynaklardan üretilen SYM'ler ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada farklı kaynaklardan üretilen SYM'lerin doğruluğu test edilmiş ve oyuntu erozyonuna etki eden bakı, bileşik topoğrafik indeks (CTI) ve eğim elemanlarına ait haritalar üretilmiştir.

Erozyon çalışmalarında kullanılacak topoğrafik karakteristiklerinin (eğim, bakı, kabartma vb) elde edilmesi için eş yükselti eğrilerinden üretilen Sayısal Yükseklik Modellerinin, ASTER-GDEM ve SRTM'den daha başarılı olduğu görülmüştür. Topoğrafik haritadan üretilen SYM (10 m) elde edilen eğimler SRTM (90 m) ve ASTERGDEM (29 m) den edilen eğimlerden daha yüksek bulunmuştur.

Uydu görüntülerinden elde edilen SYM'lerin küçük alanlarda düşük çözünürlük verdiği için topoğrafik karakteristiklerin belirlenmesinde uygun olmamaktadır. Ancak alan büyüdükçe zaman ve maliyeti düşürme açısından uydu görüntüleri kullanımı önerilebilir.

SRTM yeryüzünün çok büyük bir kısmına ait yüksek kaliteli SYM'lerin SRTM verisi düşük maliyetli hızlı en iyi önemli kaynaklardan biri sayılır. SRTM verileri başka verilerin bulunmadığı alanlar ile geniş alanlar için genel topoğrafik analizler için kullanılabilir.

ASTER uydu görüntüleri kullanarak elde edilen SYM ' ler SRTM verilerinden daha yüksek çözünürlüğe (29 m) sahiptirler. Ancak bu SYM'lerin erozyon çalışmalarında kullanımları sınırlıdır

SYM üretimi için kullanılan önemli kaynaklarından biri de basılı topoğrafik haritalardan eş yükselti eğrilerinin sayısallaştırılmasıdır. Aynı zamanda topografik harita, SYM'lerin üretimi için ana kaynak olmuştur. Ancak zaman açısından olaya bakıldığında, CBS ortamında bu haritaların üretimi zaman alıcı olmaktadır. Buna rağmen topoğrafik haritalar bu tip çalışmalar için temel harita ve detay anlamında vazgeçilmez bir kaynaktır.

SYM'nin üretiminde doğruluğun artması kadar üretim işleminin de hızlı ve ekonomik olması gerekmektedir. Sonuç olarak, büyük alanlar çalışılırken uydu görüntülerinin SYM üretiminde kullanımı önerilebilir. Ancak göreceli olarak küçük alanlarda çalışılırken SYM'lerin yer ölçümleri esas alınarak hazırlanması yararlı olacaktır.

Konunun daha iyi anlaşılması yapılacak daha ileri düzeyli geniş alan çalışmalarına ve bilimsel ve teknolojik gelişmelere bağlıdır.

Topoğrafik haritalar, SRTM ve ASTERGDDEM verilerinden üretilen SYM lerin oyuntu erozyonu çalışmalarında kullanımı irdelendiğinde her üç veri kaynağından üretilen bilgilerin; oyuntu erozyonu çalışmalarında kullanılmaları mümkün görülmemektedir. Nitekim bu çalışmada topcu deresi havzası içerisinde seçilen yaklaşık 40 da lık alanda oyuntu başlangıç noktaları her üç veri kynağı ile tahmin edilememiştir.

Oyuntu erozyonu başlangıç noktalarının (risk alanı) tahmin edilmesi gerek erozyon tahmini gerekse de alınacak menajman tedbirleri bakımından büyük önem taşınmaktadır. Oyuntu erozyon başlangıç noktasının tahmininde kullanılan tnel verilerden biri ise birleşik topoğrafik endeks (CTI) tir.

Bu çalışmada oyuntu risk alanlarının tahmin edilmesi amacıyla GPS ile yer ölçümleri yapılarak yüksek çözünürlüklü (1.3x1.3 m) SYM üretilmiştir. Bu SYM' ler den CTI değerleri hesaplanmıştır. Buna göre test alanının CTI değerleri - 823.76 ile 801 arasında değişmektedir. CTI sonuçlarına göre -1 den daha küçük değerler oyuntu risk alanlarına işaret etmektedir.

Ancak oyuntu başlangıç noktalarının tahmin edilmesi için eşik analizlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada farklı eşik değerler (20, 30 ve 50) kullanılarak oyuntu başlangıç noktaları tahmin edilmiştir. Bu amaçla arazideki oyuntu başlangıç noktaları yüksek çözünürlüklü ortofoto haritaları üzerine işaretlenmiştir. Daha sonra bu noktlara eşik analiz sonuçları ile karşılaştırıldığında CTI değeri 30 olan eşik analiz sonuçlarının daha doğru olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak topoğrafik karakteristiklerin üretiminde topoğrafik haritaların SRTM ve ASTERGDDEM verilerinden oluşturulan SYM'lerden daha başarılı olduğu anlaşılmıştır. Küçük alanlarda ve özellikle oyuntu erozyonu çalışmalarında yetersiz olduğu bu nedenle de doğrudan arazi ölçümleri kullanılarak oluşturulan SYM'lerin kullanılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Ancak doğrudan arazi ölçümleri çok zaman alıcı ve masraflı olduğundan daha pratik ve uekonomik yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Alkanalka, E. (2001). Farklı Kaynaklardan Elde Edilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Ortofoto Doğrulunun Etkilerinin Araştırması: Harita Yüksek Teknik Okulu Ankara.
- Algancı, U., (2008). Akarsu Havzalarında Hidroelektrik Potansiyel Parametrelerinin Uzaktan Algılama ve CBS İle Belirlenmesi: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Al-Rousan, N., Cheng, P., Petrie, G., Toutin, T. ve Valdan Zoe, M.J., (1997). Automated DEM extraction and orthoimage generation from SPOT level 1B imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 63, pp. 965–974.
- Alparslan, E. ve Aydöner, C., (2004). Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfı Bilgilerinin Topoğrafya Bilgileriyle Birlikte Analizi: Kocaeli İli Uygulaması, Joint Analysis Of Land Use Capability Class Data With Topography: The Kocaeli Province Case Study, Erhan Alparslan, Cihangir Aydöner Tubitak-Marmara Araştırma Yer Ve Deniz Bilimleri Araştırma Enstitüsü, 41470 Gebze.
- Arslanoğlu, M. ve Özçelik, M., (2005). Sayısal Arazi Yükseklik Verilerinin İyileştirilmesi: Harita Genel Komutanlığı, Bilgi Sistem Destek Dairesi Başkanlığı, Ankara, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 28 Mart - 1 Nisan 2005,
- Arslanbek, L., (2009). Farklı Kaynaklardan Elde Edilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Ortofoto Doğruluğuna Etkilerinin Araştırılması: Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aslan, Ş.T.A., Kemal, S. Gündoğdu, A., ve Demir, O., (2004). Sayısal Yükseklik Modelinden Yararlanılarak Bazı Havza Karakteristiklerinin Belirlenmesi: Bursa Karacabey İnkaya Göleti Havzası Örneği. Uludağ Üniv. Zir. Fak. Derg., (2004) 18(1): 167-180.
- Ayhan, E., Erden., Ö. ve Atay., G., (2007). Sayısal Yükseklik Modelinin Ortofoto Üretimine Etkisi: Harita Ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita Bilimsel Ve Teknik Kurultayı 2-6 Nisan 2007, Ankara.
- Band, L.E., (1986). Topographic partition of watershed with digital elevation models. Water Resources Research, Vol. 22, No. 1, 15-24.
- Baily, B., Collier, P., Farres, P., Inkpen, R. ve Pearson, A., (2003). Comparative Assessment of Analytical and Digital Photogrammetric Methods in the

- Construction of DEMs of Geomorphological Forms. *Earth Surface Processes and Landforms*, 28, pp. 307–320.
- Bayrak, T., (1996). Sayısal Yükseklik Modellerinde Interpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırması: Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bolstad, P. V. ve Stowe, T., (1994). An Evaluation of DEM Accuracy: Elevation, Slope and Aspect, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 60, 1327-1332.
- Bohner, J. ve Antonic, O., (2009). Land-Surface Parameters Specific To Topo-Climatology. In T. Hengl, & H. I. Reuter (Eds.), *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications* (Pp. 195226). Amsterdam: Elsevier.
- Bhardwaj, A., (2013). Evaluation of DEM, and Orthoimage Generated from Cartosat-1 with its Potential for Feature Extraction and Visualization: Indian Institute of Remote Sensing (ISRO), Dehradun, India
- Brough, P. A., (1986). Principle Of Geographical Information Systems For Land Resources Assessment. Oxford University Press, 194p.
- Burrough, P. A., (1986). Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment (Oxford: Clarendon Press).
- Cerda, A. 1998. The influence of aspect and vegetation on seasonal changes in erosion under rainfall simulation on a clay soil in Spain. *Canadian Journal of Soil Science* 78:321-330.
- Chentsov, V. N., (1940). Morphometric Indices Of Topography As Applied To Geomorphological Maps. *Transactions of the Institute of Geography*, 36, 6971 (in Russian).
- Clark, R. L. ve Lee, R., (1998). Development of Topographic Maps for Precision Farming with Kinematic GPS. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 41, 909916.
- Clarke, J. I., (1966). Morphometry From Maps. In G. H. Dury (Ed.), *Essays In Geomorphology* (pp. 235274). London: Heinemann.
- Çoban, H. O. ve Eker, M., (2009). SRTM Verileri İle Bazı Topoğrafik Analizler: Isparta Orman Bölge Müdürlüğü Örneği Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, Sayı: 2, Yıl: 2009, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 76-91.
- David, G., Tarvoton, Rafae L. Bras, ve Ignacio Rodriguez-Iturbe. (1991). On The Extraction Of Channel Networks From Digital Elevation Data: Ralph M.Parsons Laboratory, Department of Civil Engineering Massachusetts Institute of Technology, Camvradge, Ma, U.S.A. *Hydrological processes*, Vol., 5, 81-100 (1991)

- Dindaroğlu, T., Özgül, M. Ve Canbolat, M.Y., (2012). Sayısal Yükseklik Modeli Kullanılarak Bazı Havza Karakteristiklerinin Saptanması ve Arazi Kullanımı: KSU J. Engineering Sci., Special Edition, 2012 ,. Ulusal Akdeniz Orman Ve Çevre Sempozyumu, 26-28 Ekim 2011, Kahramanmaraş.
- Dobos, E. Micheli, E., Baumgardner., MF, Biehl, L. ve Helt, T., (2000). Use of combined digital elevation model and satellite radiometric data for regional soil mapping. *Geoderma*. 97: 367-391.
- Doyle, FJ., (1978). Digital Terrain Models: An Overview. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 44(12): 1481– 1485.
- Doğruluk, M., (2013). Sayısal Arazi Modellerinin Karayolu Projelerindeki Hacim Hesaplamalarına Etkisi: Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Dokuchaev, V. V., (1883). Russian Chernozem. Report to the Imperial Free Economic Society (376 p.). St. Petersburg: Decleron and Evdokimov Press (in Russian).
- Eckert, S., Kellenberger, T., Ve Itten, K., (2004). Accuracy Assessment of Automatically Derived Digital Elevation Models from Aster Data In Mountainous Terrain: RSL – Remote Sensing Laboratories, Department of Geography, University of Zürich, CH-8057 Zürich, Switzerland.
- Erdem. U., (2013).Aster Sayısal Yükseklik Modeli Kullanılarak Balıkesir İli Yerleşim Yerlerinin Taşıdığı Deprem, Deniz Taşkını Ve Sel Afet Risklerinin Yorumlanması:2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 25-27 Eylül 2013 – MKÜ – Hatay.
- ESRI, 2011. ArcGIS Desktop: Realease 10. Redlans, Ca: Environmetal Systems Research Institute.
- Fairfield, J. ve Leymarie, P., (1991). Drainage networks from grid digital elevation models: James Medison University Horrisonburg. Verginia
- Fang, H. and Guo, M. 2015. Aspect-induced differences in soil erosion intensity in a gullied hilly region on the Chinese Loess Plateau. *Environ Earth Sci* 74,(7), pp 5677–5685.
- Franklin, S.E., (1991). Satellite Remote Sensing Of Mountain Geomorphic Surfaces. *Canadian Journal Of Remote Sensing*, 17, pp. 218–229.
- Fridland, V. M., (1976). Pattern of the soil cover (291 p.). Jerusalem: Israel Program for Scientific Translations.

- Franklin, J., (1995). Predictive Vegetation Mapping: Geographic Modelling Of Biospatial Patterns In Relation to Environmental Gradients. *Progress In Physical Geography*, 19, 474-499.
- Ganas, A., Papadopoulos, G. ve Pavlides, S. B., (2001). Remote Sensing and Digital Elevation Model Inputs Towards Identifying the Seismic Fault. *International Journal of Remote Sensing*, 22(1), 191-196.
<http://dx.doi.org/10.1080/014311601750038938>
- Giles, P. T. ve Franklin, S. E., (1996). Comparison of Derivative Topographic Surfaces of a DEM Generated From Stereoscopic SPOT Images With Field Measurements, *Photogrammetric Engineering And Remote Sensing*, 62, 1165-1171.
- Gardiner, V., ve Park, C. C., (1978). Drainage Basin Morphometry: Review And Assessment. *Progress In Physical Geography*, 2, 135.
- Ghilani, C. D. ve Wolf, P. R., (2008). Elementary surveying: An introduction to geomatics (12th ed., 931 p.). Upper Saddle River, NJ: Pearson/Prentice Hall.
- Gillin, C. P., Bailey, S. W. McGuire, K.J. Prisley, S.P. 2015. Evaluation of Lidar-derived DEMs through Terrain Analysis and Field Comparison. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 81 (5), pp. 387–396.
- Gorte, B. G. H. ve Koolhoven, W., (1990). Interpolation between isolines based on the Bogefors distance transform. *ITCJ*. 1990-3, 245-248.
- Gündoğan, R. ve Akay A. E., 2007. Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknolojisi Kullanılarak Topoğrafik Haritalardan Eğim ve Bakı Bilgilerinin Üretilmesi. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 10 (1), p. 141-147.
- Hirano, A. R., R. Welch ve H. Long., (2003). Mapping from aster stereo image data: DEM validation and accuracy assessment. *journal of photogrammetry and remote sensing* 57: 356-370.
- Huggett, R. J. ve Cheesman, J., (2002). *Topography And The Environment* (274 p.). Harlow, England: Pearson Education.
- Huggett, R. J., (1975). Soil Landscape Systems: A Model of Soil Genesis. *Geoderma*, 13, 122.

- Horton, R. E., (1945). Erosional Development Of Streams And Their Drainage Basins, Hydrophysical Approach To Quantitative Morphology. Geological Society Of America Bulletin, 56, 275370.
- İşleker, H., (2009). Bir Maden Yatağının Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Değerlendirilmesi: Yüksek Lisans Tezi, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Jenny, H., (1941). Factors of Soil Formation. A System of Quantitative Pedology (281 p.). New York: McGraw Hill.
- JPL., (2008). SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, USA, URL: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/index.html>, Erişim: 03 Mart 2008.
- Jordan, G., Csillag, G., Szucs, A. ve Qvarfort, U., (2003). Application of Digital Terrain Modeling and GIS Methods for the Morphotectonic Investigation of the Kali Basin, Hungary. Zeitschrift Fur Geomorphologie, 47, 145-169.
- Jenson, S.K., (1985). Automated derivation of hydrologic basin characteristics from digital elevation model data. Proceedings Auto-Carto 7, 301-310.
- Jenson, S.K. ve Domingue, J.O., (1988). Extracting Topographic Structure From Digital Elevation Data For Geographical Information System Analysis: Photogrametric Engng Remote Sensing 54, 1593-1600.
- Ka 'A 'B, A., (2002). Monitoring high-mountain terrain deformation from repeated air- and spaceborne optical data: examples using digital aerial imagery and ASTER data. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 57, pp. 39-52.
- Kirkby, M. J., ve Chorley, R. J., (1967). Throughflow, Overland Flow And Erosion. Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology, 12, 521.
- Kodge B. G ve Hiremath P.S., (2011). Elevation Contour Analysis And Water Body Extraction For Finding Water Scarcity Locations Using DEM.
- Köse, M.H., (2006). Uydu Radar Görüntülerinden Üç Boyutlu Sayısal Arazi Modelin Üretilmesi: T.C Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Kuşvuran, K., (2011). Mersin-Tarsus Topçu Deresi Havzasında Yağış, Akım ve Alt Havasında Sediment veriminin Araştırılması: Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmaları Genel Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü.

- Kondratyev, K. Y., Pivovarova, Z. I., ve Fedorova, M. P., (1978). Radiation Regime Of Inclined Surfaces (215 p.). Leningrad: Hydrometeoizdat (in Russian, with English abstract).
- Lencinas, J.D., (2001). Untersuchungen zur Entwicklungsplanung für die Naturwaldbestände an den Seen La Plata und Fontana in den patagonischen Anden: Doctoral thesis at Georg-August-Universität Göttingen (Göttingen: Cuvillier Verlag).
- Liu, J.G., Masona, P.J., Clericia, N., Chena, S., Davisa, A., Miaob, F., Dengb, H. ve Liangb, L., (2004). Landslide Hazard Assessment In The Three Gorges Area Of The Yangtze River Using ASTER Imagery: Zigui–Badong. *Geomorphology*, 61, pp. 171–187.
- Mark, D.M., Dozier, J. ve Frew, J., (1984). Automated Basin Delineation From Digital Elevation Data. *Geo-Processing*, Vol. 2, 299-311.
- Mark, D. M., (1975b). Geomorphometric Parameters: A Review And Evaluation. *Geografiska Annaler, Series A*, 57, 165-177.
- Mermut, A.R. ve Eswaran, H., (2001). Some Major Developments In Soil Science Since The Mid 1960s. *Geoderma*. 100:403-426
- Michetti, A. M., Ferrel, L., Esposito, E., Porfido, S., Blumetti, A. M., Vittori, E., ... Roberts, G. P., (2001). Ground Effects During The 9 September 1998, Mw=5.6, L'Aquila Earthquake and the Seismic Potential of The Basilicata Pollino Region In Southern Italy. *Seismological Research Letters*, 71, 31-46. <http://dx.doi.org/10.1785/gssrl.71.1.31>
- Miller, C. L., ve Lefflamme, R. A., (1958). The Digital Terrain Model—Theory And Application. *Photogrammetric Engineering*, 24, 433-442.
- Mitas, L. Mitasova, H. ve Russell S.H., (2005). Simultaneous Spline Approximation And Topographic Analysis For Lidar Elevation Data In Open Source GIs: *Ieee Geoscience And Remote Sensing Letters*, Vol. 0, No. 00, AAAAAAA 2005
- Moore, I. D., Grayson R. B. ve Ladson, A. R. (1991). Digital Terrain Modelling: A Review of Hydrological, Geomorphological, and Biological Applications: National University of Australia.
- Moore, I. D., Lewis, A. ve Gallant, J. C. (1993). Terrain attributes: Estimation of scale effects. In Jakeman A J, Beck M B, McAleer M (eds) *Modelling change in environmental systems*. New York, John Wiley & Sons Inc.: 189–214.

- Morgan, R.P.C. (1996). Soil Erosion & Conservation. Longman, 2nd edition. Essex, England.
- Nico, G., Rutigliano, P., Benedetto, C. ve Vespe, R., (2005b). Terrain Modelling By Kinematical GPS Survey. Natural Hazards and Earth System Sciences, 5, 293299.
- Nkeki, N.F. ve ark., (2014). Mapping and Geovisualizing Topographical Data Using Geographic Information System (GIS): Department of Geography and Regional Planning, University of Benin, Benin City, Nigeria
- Neustruev, S. S., (1927). Genesis Of Soils (98 p.). Leningrad: Academy of Sciences of the USSR.
- Ok, A. Ö. ve Türker, M., (2005). Stereo Aster Uydu Görüntülerinden Sayısal Yükseklik Modeli Oluşturma ve Doğruluk Analizleri: Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ege Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, İzmir, 27-29 Nisan 2005, Türkiye.
- O'callaghan, J.F. ve Mark, D.M., (1984). The Extraction of Drainage Networks from Digital Elevation Data: CSIRO Division of Computing Research, Canberra, ACT, Australia CSIRO Division of Computing Research, Canberra, ACT, Australia, and Department of Geography, State University of New York at Buffalo, Amherst, New York Received September 20, 1983
- Öztürk, D. ve Kılıç, F., (2013). Drenaj Ağının Çıkarmı Ve Topoğrafik Nemlilik İndeksinin Belirlenmesinde D8 Ve D-Inf Algoritmalarının Karşılaştırmalı Analizi:
- Palacios-Velez, O. ve Cuevas-Renaud, B., (1986). Automated Rivercourse, Ridge And Basin Delineation From Digital Elevation Data, J. Hydrol., 86, 299–314.
- Peucker, T.K., ve Douglas, D.H., (1975). Detection of Surface Specific Points by Local Parallel Processing of Discrete Terrain Elevation Data, Comput. Gr. Image Process., 4, 375–387.
- Panin, A. V., ve Gelman, R. N., (1997). Experience Of The GPS Technique Application To Derive Detailed Digital Terrain Models. Geodezia i Cartografia, No. 10, 2227 (in Russian).
- Pannekoek, A. J., (1967). Generalized Contour Maps, Summit Level Maps, And Streamline Surface Maps As Geomorphological Tools. Zeitschrift für Geomorphologie, 11, 169182.
- Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G. and Valentin, C. (2003) Gully Erosion and Environmental Change: Importance and Research Needs. Catena 50. p. 91-133.

- Parker, C., Bingner, R. L., Thorne, C., Wells, R.R. (2010). Automated Mapping of the Potential for Ephemeral Gully Formation in Agricultural Watersheds 2nd Joint Federal Interagency Conference, Las Vegas, NV, June 27 - July 1, 2010
- Raupach, M. R., ve Finnigan, J. J., (1997). The Influence of Topography on Meteorological Variables and Surfaceatmosphere Interactions. Journal Of Hydrology, 190, 182213.
- Romanova, E. N., (1977). Microclimatic Variability of the Main Elements Of Climate (279 P.). Leningrad: Hydrometeoizdat (in Russian, with English abstract).
- Saygılı, A., (2008). Srtm(Shuttle Radar Topography Mission) Verilerinden Elde Edilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Doğruluğunun İncelenmesi: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Saygılı, A., (2004). Coğrafi Bilgi Teknolojilerinde Sayısal Yükseklik Paftalarının Arazi Karakteristik Hatları Kullanılarak Otomatik İyileştirilmesine İlişkin Bir Sistem Geliştirme Ve Gerçekleştirme: Harita Yüksek Teknik Okulu – Ankara
- Sasowsky, K.C., Petersen, G.W. ve Evans, B.M., (1992). Accuracy of SPOT Digital Elevation Model And Derivatives: Utility For Alaska's North Slope. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 58, pp. 815–824.
- Salehi, M.H., Eghbal, M.K. ve Khademi, H., (2003). Comparison of Soil Variability in a Detailed and a Reconnaissance Soil Map in Central Iran. Geoderma 111: 45-56.
- San, T.B. ve Suzen, M. L., (2005). Digital Elevation Model (DEM) Generation and Accuracy Assessment from ASTER Stereo data: a Remote Sensing & Geographical Information Systems Laboratory, Department of Geological Engineering , Middle East Technical University , Ankara, 06531, Turkey Published online: 04 Mar 2005.
- Shary, P. A., (1995). Land surface in gravity points classi® cation by complete system of curvatures. Mathematical Geology , 27, 373± 390.
- Speight, J. G., (1980). The Role Of Topography İn Controlling Throughflow Generation: A discussion. Earth Surface Processes, 5, 187191.
- Schmidt, J. P., Taylor, R. K., ve Gehl, R. J., (2003). Developing Topographic Maps Using A Sub-Meter Accuracy Global Positioning Receiver. Applied Engineering in Agriculture, 19, 291302.
- Strahler, A. N., (1957). Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. Transactions of the American Geophysical Union, 38, 913920.

- Stepanov, I. N., Abdunazarov, U. K., Brynskikh, M. N., Deeva, N. F., Ilyina, A. A., Peido, L. P., et al., (1984). Temporal guide for compilation of large- and medium-scale maps of Relief Plasticity (20 p.). Pushchino, USSR: Biological Research Centre Press (in Russian).
- Susan, K. Jenson., (1984). Methods And Applications In Surface Depression Analysis : TGS Technology, Inc. Sioux Falls, South Dakota 57198 and Charles M. Trautwein U.S. Geological Survey EROS Data Center Sioux Falls, South Dakota 57198.
- Su - Zen, M.L. ve Doyuran, V., (2004a). Data Driven Bivariate Landslide Susceptibility Assessment Using Geographical Information Systems: a method and application to Asarsuyu Catchment, Turkey. Engineering Geology, 71, pp. 303–321.
- Şahin, İ., (2007). Farklı Kaynaklardan Elde Edilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Ortofoto Doğruluğuna Etkilerinin Araştırılması: Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- Thompson, J.A., Roecker, S., Grunwald, S. ve Owens, P.R., (2012). Digital Soil Mapping: Interactions with and Applications for Hydropedology: West Virginia University.
- Tapia, R., Rudi., (2006). DEM and orthoimage generation from ASTER L1B images for remote areas: Goossens Geography Department, Ghent University, Belgium
- Takagi, M., (1998). Accuracy of Digital Elevation Model According to Spatial Resolution: Department of Infrastructure Systems Engineering, Kochi University of Technology. Tosa-Yamada, Kochi 782-8502, Japan.
- TOPRAKSU, 1974.Seyhan Havzası Toprakları. Köy İşleri ve Kooperatifler Bakanlığı Yayınları: 202, Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları: 286,Ankara.,
- Toutin, T., ve Cheng, P., (2002). Comparison of Automated Digital Elevation Model Extraction Results using Along-track ASTER and Across-track SPOT images, SPIE Journal, Optical Engineering, Vol. 41, No. 9, pp. 2102-2106
- Tribe, A., (1992). Automated Recognition of Valley Heads from Digital Elevation Models. Earth Surface Processes and Landforms 16 (1):33-49.
- Tzu Lin,W. ve ark., (2005). Automated suitable drainage network extraction from digital elevation models in Taiwan's upstream watersheds.

- Thompson, J., Bell, J. and Buttlet, C.A. 2001. Digital Elevation Model Resolution: Effects on Terrain Attribute Calculation and Quantitative Soil-landscape Modelling. *Geoderma*. 100. p. 67-89.
- Thorne, C. R. and Zevenbergen, L. W. (1984). On-site Prediction of Ephemeral Gully Erosion. Report to the US Department of Agriculture, Agricultural Research and Soil Conservation Services.
- Weaver. B. A. 1991. The distribution of soil erosion as a function of slope aspect and parent material in Ciskei, Southern Africa. *GeoJournal*, 23,(1) pp 29–34.
- Vakhtin, B., (1930). On the Determination of Mathematical Characteristics of Topography. *Geodezist*, No. 23,716 (in Russian).
- Valentin, C., Poesen, J. Li, Y. (2005) Gully Erosion: Impacts, Factors and Control. *Catena* 63. p. 132-153.
- Volkov, N. M., (1950). Principles and Methods of Cartometry (327 p.). Moscow: Soviet Academic Press (in Russian).
- Vysotsky, E. M., Vishnevskaya, E. A., Ve Elobogoev, A. V., (2002). Neotectonic Analysis of Northern Lake Teletskoe Using Digital Elevation Modeling. *Geologiya Geofizika*, 43(12), 1099-1106.
- Weinberg, B. P., (1934a). Experience of Mathematical Definition of Geomorphological Concepts and Mathematical Characterization of Geomorphic Peculiarities. In *Proceedings Of The 1st All-Union Geographical Congress*, 1118 April 1933, Leningrad, USSR (Vol. 3, Pp. 126135). Leningrad: State Geographical Society (In Russian).
- Wilson, J. P. Ve Gallant, J. C., (1997). Terrain-Based Approaches To Environmental Resource Evaluation. In Lowe S N, Richards K S, Chandler J H (Eds) *Landform Monitoring, Modelling And Analysis*. Chichester, John Wiley & Sons: 219–40
- WU, S.; LI, J. & HUANG, G. H. A study on DEM-derived primary topographic attributes for hydrologic applications: sensitivity to elevation data resolution. *Appl. Geogr.*, 28: 210-223, 2008.
- Yaroshenko, P. D., (1961). *Geobotany. The Main Concepts And Methods* (474 P.). Moscow: Soviet Academic Press (In Russian).
- Yastıklı, N. ve Esirtgen, F., (2011). Sayısal Yükseklik Modellerinde Kalite Değerlendirme ve Doğruluk Analizi: TMMB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13 Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 18-22 Nisan 2011, Ankara

- Yastıklı, N. ve Jacobsen, K., (2002). Kentsel Alanlarda Otomatik Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi, Sorunlar Ve Sınırlamalar.
- Yılmaz, M. ve Uysal., (2015). Hava Lidar Nokta Bulutunun Sayısal Yükseklik Modeli Doğruluğuna Etkisi.
- YAO, C.; MCCOOL, D.K. & ELLIOT, W.J. DEM resolution effects on hillslope length and steepness estimates for erosion modeling. ASABE, 2010. 10: 1-19.
- ZHANG, J.X.; WU, J.Q; CHANG, K.; ELLIOT, W.J. & DUN. S. Effects of DEM Source and Resolution on WEPP hydrologic and erosion simulation: A case study of two forest watersheds in northern Idaho. Trans. ASABE, 2009. 52: 447-457.
- Zakharov, S. A., (1913). On Characteristics of Soils in Mountain Regions. Izvestiya Konstantinovskogo Mezhevogo Instituta, 4,193 (İn Russian).
- Zevenbergen, L. W. Ve Thorne, C. R., (1987). Quantitative Analysis Of Land Surface Topography. Earth Surface Processes And Landforms 12: 47–56
- Zomer, R., Ustin, S. Ve Ives, J., (2002). Using Satellite Remote Sensing for Dem Extraction in Complex Mountainous Terrain: Landscape Analysis of the Makalu Barun National Park of Eastern Nepal. International Journal of Remote Sensing, 23, Pp. 125–143.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Mirwais AZAMI
Uyruğu : AFGHANISTAN
Doğum tarihi ve yeri : 24.03.1988, Samangan
Medeni hali : Bekar
Telefon : 05070849160
Faks :
e-posta : mirwaisazami626@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Balkh Üniversitesi/Plant Science. Bölümü	2012
Lise	Aybek Lisesi	2007

Yabancı Dil

Türkçe
İngilizce
Urduce

Yayınlar

AZAMI, M, YAKUPOĞLU, T., GUNDOĞAN, R., DINDAROĞLU, T., Investigation of the Qualities of DEMs Obtained from Different Source to produce Topographical Characteristics for Gully Erosion Studies. Forest and Sustainable Development International Symposium to be held in Brasov, Romania on 7-8 October 2016.

Hobiler

Yüzme, futbol, kitap okuma