

Kapadokya Bölgesindeki Aşınım Birimlerinin Morfometrik Özellikleri Morphometric Characteristics of Erosional Units in Cappadocia Region

T. Görüm^{1*}, C. Gökçeoğlu^{2*}, K. Zorlu^{3**}, M.C. Tunusluoğlu^{4*}, H.A. Nefeslioğlu^{5***}

^{1*}Yıldız Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri Araştırma Merkezi, Beşiktaş, İstanbul

^{2*}Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe, Ankara

^{3**}Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çiftlikköy, Mersin

^{4*}MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Uzaktan Algılama Merkezi, Balgat, Ankara

(tgorum@yildiz.edu.tr), (cgoкке@hacettepe.edu.tr), (kizilmece@mersin.edu.tr),

(ctunoz@hacettepe.edu.tr) ve (hannefeslioglu@mta.gov.tr)

ÖZ: Kapadokya Bölgesi İç Anadolu volkanik karmaşığı içerisinde yer alan, farklı erozyon süreçlerine bağlı olarak ortaya çıkan ilginç morfolojik unsurları içermesi bakımından ilgi çekici bir alandır. Söz konusu erozyon süreçlerinin, bölgenin gerek doğal gerekse tarihsel dokusu dikkate alındığında değerlendirilmesi önem arz eder. Bu nedenle bu çalışmada, bölge içerisinde yer alan aşınım birimlerine ilişkin morfometrik özelliklerin belirlenmesi ve bunlar arasında farklılık gösteren morfometrik göstergelerin litolojik özellikler ile birlikte yorumlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla, çalışma sahasına ait 1/35.000 ölçekli hava fotoğrafları kullanılarak bölge içerisinde yer alan ana aşınım birimleri tespit edilmiştir. Bu aşınım birimleri içerisinde, morfometrik analizleri yapılmak üzere ana morfolojik birlik olarak ayırtılan kırgıbayır topografyası seçilmiştir. Bu morfolojik birim, aktivite değerlerine göre "hafif aktif", "aktif" ve "çok aktif" olmak üzere üç farklı alt birim olarak haritalanmıştır. Gerçekleştirilen saha çalışmalarında söz konusu kırgıbayır topografyasının yersel kontrolleri yapılmış ve ilgili birimlerin litolojik ve morfolojik özellikleri değerlendirilmiştir. "Çok aktif" ve "aktif" morfolojik birimlerin üst kotları, aşınıma karşı direnç gösterirken, orta kesimleri erozyona karşı daha az dirençli ve aşınıma karşı daha duyarlı, çeşitli düzeylerde kaynaşmış ignimbritlerden oluşmaktadır. Söz konusu iki birim, erozyonal süreçlerin yoğun bir şekilde izlendiği ve bölgede en ilginç görünümü sunan peri bacalarını da bünyesinde bulunduran bir jeomorfolojik birim olarak dikkat çekmektedir. Aşınım birimlerinin güncel erozyon süreçleri dikkate alındığında en olgun seviyelerini içeren "hafif aktif" seviye, eski alüvyal dolgunun ve Kumkale küllerinin yayılım gösterdiği kesimlerde aynı zamanda çok düşük topografik eğime sahip, içerisinde yer yer aşınım artığı seviyelerin izlendiği morfolojik birimi oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında aşınım birimlerine ilişkin morfometrik parametrelerin değerlendirilmesi amacıyla, sahaya ait 20 m yersel çözünürlüğe sahip sayısal arazi modeli üretilmiştir. Jeomorfolojik birimlere ait morfometrik özelliklerin ayrıntılı biçimde değerlendirildiği sayısal arazi modelinden, ayırtılan her bir aşınım seviyesinin birbirinden farklı morfometrik parametrelerin denetiminde olduğu ortaya konmuştur. Parametrelerin baskınlığı ve denetimi, üç farklı aşınım biriminin: topografik eğim, akarsu aşındırma gücü, topografik geçirimsizlik ve litolojik açıdan farklılıklar göstermesinden kaynaklanmaktadır. Çalışmada bu farklılıkların, jeomorfolojik birimlerin içerdiği aşınım süreçlerinin şekli ve şiddeti üzerinde doğrudan etkili olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kapadokya Bölgesi, Jeomorfoloji, Kırgıbayır, Aşınım süreçleri, Morfometri.

ABSTRACT: Cappadocia Region, located in Central Anatolia volcanic complex, is worth to pay attention for its morphological landmarks occurred due to different erosional processes. It is important to evaluate these erosional processes considering both natural and historical features of the region. For this reason, throughout the study, the determination of the morphometric properties related to the erosional units of the region along with the assessment of the differing morphometric parameters among these units and lithological properties are the main purposes of the study. For the purpose, major erosional units of the region have been determined on 1/35,000 scaled aerial photographs. Among these erosional units, hence, badlands topography has been selected as the main morphological unit in order to carry out morphometric analyses. This morphological unit has been mapped considering activity values such as "slightly active," "active" and "very active". In the field studies, the ground control of the above-mentioned badland topography has been conducted as well as the assessment of the lithological and morphological properties of the related units. What has been observed is that the upper levels of the "very active" and "active" morphological units resisting to erosion, their central levels are composed of combined ignimbrite on varied levels which are less resistant to erosion and yet more sensitive to erosion. These

two units are so valuable as a part of the geomorphological unit helping to observe erosional processes extensively and comprises the regions most attractive landmarks, fairy chimneys. Regarding the recent erosional processes of the denudational units, slightly active level having its most ripe condition forms the morphological unit, which has a very low slope gradient and allows to observe erosional remnant levels, in the parts where old alluvium and Kumkale ashes spread. Within the scope of the study, in order to evaluate the morphometric parameters related to the erosional units, a digital elevation model is developed with 20 m ground resolution. By the digital elevation model, in which morphometric parameters of the geomorphological units are evaluated in detail, it is suggested that every selected erosional level is under control of different morphometric parameters. Domination and control by the parameters is a result of differentiation between three erosion units by means of slope gradient, stream power index, topographic wetness index and lithology. Within the study, what has been identified is that this differentiation has a direct impact over the shape and intensity of the erosional processes that are comprised by geomorphological units.

Key words: Cappadocia region, Geomorphology, Badlands, Erosional process, Morphometry.

1. GİRİŞ

Kapadokya Bölgesi İç Anadolu vakanik karmaşığı içerisinde yer alan, farklı erozyon süreçlerine bağlı olarak ortaya çıkan ilginç morfolojik unsurları içermesi bakımından ilgi çekici bir alandır. Bu çekiciliğın başlıca öğelerinden birisi turistik bakımdan büyük öneme sahip olan peribacalarıdır. İlginç görünümleriyle doğal bir anıt niteliğı taşımalarının yanı sıra oluşum bakımından da seçici erozyonun etkisinin gözlemlendiğı, jeomorfolojik bakımdan da büyük bir öneme sahiptirler. Kapadokya yöresi dışındaki bazı alanlarda da gözlenilebilen peribacaları daha çok kurak ve yarıkurak morfolimatik bölgelere özgü yer şekilleridir (Erinç, 1971). Rüzgar ve seçici akarsu erozyonu sonucu oluşan peribacalarının gelişimi ana bir morfolojik birim olarak içerisinde buldukları kırgıbayır (badlands) topografyasının jeomorfolojik gelişimine bağlı olarak şekillenir. Bölge jeomorfolojik birimleri içerisinde geniş bir yayılım gösteren bu kırgıbayır topografyası ilk olarak Sür (1966) tarafından ortaya konmuş daha sonra ise Arık (1981) ve Emre ve Güner (1988) tarafından erozyonel aktivitelere göre üç alt birime ayrılarak incelenmiştir.

Bölgede, yamaçlar boyunca uygun topografik ve yapısal koşulları içeren alanlarda gözlenen kırgıbayır topografyası, içerdiği erozyon aktivitesi oranına göre farklı yer şekilleri oluşumuna olanak verir. Bu farklılıklardan biri olan peribacaları bölge içerisinde aktivitenin en yüksek olduğu zonlarda gözlenir. Aktivitenin şiddetine ve

şekline göre peribacası yoğunluğu ve tipi değışkenlik gösterir. Aktivitenin yoğun olduğu alanlarda keskin sırtlı ve morfolojik açıdan gelişiminin başlangıç safhasındaki peribacalarına rastlanılırken, aşınım döngüsünün sonlarına doğru deforme olmuş ve git gide gerileyerek özelliğini yitirmiş peribacalarına rastlanılmaktadır. Bu bakımdan kırgıbayır topografyasının değışik kesimlerinde keskin sırtlı, yuvarlak sırtlı ve aşınımın döngüsünün sonlarında yer alan hafif dalgalı yüzeylere dönüşmüş morfolojik birimleri denetleyen erozyonel süreçlerin şekli ve şiddeti üzerinde etkili olan parametrelerin belirlenmesi gereklidir. Bu parametrelerin belirlenmesi ise yer yüzüne ait özellikleri somut bir şekilde ortaya koyabilen, morfolojinin günümüzde nicel olarak ifade edilmesine olanak tanıyan morfometri aracılığıyla mümkündür.

Çalışmada; Kapadokya yöresinin Avanos, Ürgüp, Ortahisar ve Uçhisar yerleşimleri arasında kalan kesimde yer alan aşınım birimleri ve bu birimler içerisinde özellikle kırgıbayır (badlands) topografyasının morfometrik özellikleri incelenmiştir (Şekil 1). Kırgıbayır morfolojisinin ve bu birime ilişkin alt birimlerin morfometrik özellikleri gözetilerek bu birimlerin içerdiği erozyonel süreçlerin şekli ve şiddeti üzerinde etkili olan parametreleri belirlemek amacıyla bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

Ortahisar Kalesinin (Kapadokya) Kaya Düşme Tehlikesi Açısından Değerlendirilmesi

Assesment of Rock Fall Hazard at Ortahisar Castle (Cappadocia)

M. Celal Tunusluoğlu^{*}, Kıvanç Zorlu^{**}

^{*}Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe, Ankara

^{**}Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çiftlikköy, Mersin
(ctunoz@hacettepe.edu.tr) ve (kivanog@mersin.edu.tr)

ÖZ: Kapadokya bölgesi sahip olduğu doğal güzellikleri ve tarihsel yapısıyla Türkiye'nin en önemli turizm merkezlerinden biridir. Doğrudan litolojik birimlerin özellikleri ve yüzey süreçleri ile oluşan doğal görünümün bölgenin turizm merkezi olmasını sağlayan temel unsurdur. Ancak, zaman zaman süresizlikler, dik topografya ve insan etkisinin de tetiklediği kaya düşmeleri bölgede görülen tipik doğal tehlikedir. Bölgenin aynı zamanda tarihi öneme de sahip doğal anıtlarından birisi de Ortahisar Kalesidir. Yaklaşık 50 m yüksekliğe ve 500 m² alana sahip bu kale, eklemli ignimbritlerden oluşan bir yükseltidir. Zamanla, insanlar tarafından çeşitli amaçlarla kullanılmak üzere içinde bazı boşlukların da açılması sonucu Kale'de bazı bloklar ciddi biçimde düşme tehlikesi göstermeye başlamıştır. Bunun sonucunda, Kale turizm amaçlı ziyarete kapatılmıştır. Bu nedenle, bu çalışmada kaya düşmesi analizlerinin yapılması ve sonuçlarının tartışılması amaçlanmıştır. Çalışmanın amacına uygun olarak öncelikle süresizlik aralığı ve konumunun belirlenmesine yönelik hat etüdü yapılmış ve daha önce düşmüş blokların konumlarının ve boyutları belirlenmiştir. Ayrıca, Rocfall V.4 yazılımı kullanılarak, düşme tehlikesine sahip blokların boyutları, düşmeleri halinde kat edecekleri mesafe, sıçrama yüksekliği, kinetik enerji ve blokların hızı belirlenmiştir. Kaya düşmesi analizlerinden elde edilen sonuçlar kullanılarak Kale ve yakın çevresi için kaya düşmesi tehlikesi olan alanlar ve enerji dağılımı haritaları üretilerek yorumlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Ortahisar kalesi, Kapadokya, kaya düşmesi, ignimbirit, zon haritası

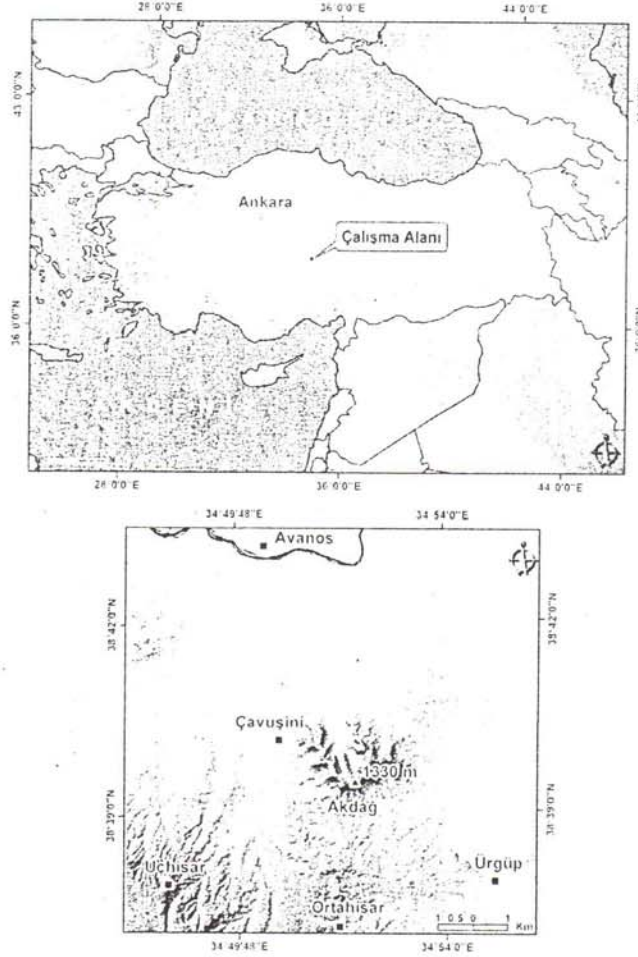
ABSTRACT: The Cappadocia region is one of the most important tourism centres of Turkey due to its natural beauties and historical heritages. The fundamental role contributing to tourism capacity of the region is these views directly formed by characteristic of lithological units and surface processes. However, rock fall events which are sometimes encountered in the region, are typical natural hazard triggered by discontinuities, steep topography and human activity. The Ortahisar Castle is one of not only natural monument but also historical places of this region. This Castle locates on a steep hill which consisting of jointed ignimbrite and its height and areal settlement are approximately 50 m and 500 m² respectively. Depending on time, some blocks on the Castle have begun to exhibit serious rock fall potential. Rock hewn structure made by human using various purpose contribute on increasing rock fall hazard. For this reason, the Castle was closed to touristic visit. Considering this hazard potential, performing a series of rock fall analyses and discussing the result were aimed in this study. Considering the purpose of the study, field observations and scanline surveys to describe spacing and orientation of discontinuities were carried out. Besides, location and dimension of fallen blocks were determined. At the final stage of the field works, location and size of loose blocks having potential rock fall were described. During the analysis stage, fall out distance, bounce height, kinetic energy and velocity of the rocks were determined by using Rocfall V.4 software. The results obtained from rock fall analyses were used to map the areas under rock fall threat and energy distribution for the Castle and its close area and the potential risk was interpreted.

Key words: Ortahisar castle, Cappadocia, rock fall, ignimbrite, zonation map

2. JEOLojİK ÖZELLİKLER

Çalışma sahasında yüzeylenen litolojik birimler Neojen yaşlı volkano-tortullardan oluşur (Şekil 2). Kapatokya yöresinde geniş

bir yayılımı olan bu sedimenter birimle; Pasquare (1968) tarafından Ürgüp formasyonu olarak adlandırılmıştır.



Şekil 1: Çalışma sahasının lokasyon haritası.

Formasyonun volkanik çökellerden oluşan Kavak ve Tahar üyelerinin yanı sıra volkanik ara katkılı gölsel çökellerden oluşan Kışladağ ve Bayramhacılı kireçtaşı üyesi birimler çalışma alanının orta kesimlerinde yayılım gösterirler (Şekil 2). Bunlardan Kışladağ kireçtaşı üyesinin kalınlığı yaklaşık olarak 5 metredir. Bölgedeki litolojik birimler tarafından denetlenen yapısal düzlüklerin gelişimine olanak sağlayan Kışladağ kireçtaşı Akdağ kütlesinin üst kesimlerinde yayılım gösterir. Akdağ kütlesinin eteklerine doğru, tüf ve marn ardalanması ile temsil edilen Bayramhacılı üyesi birimine geçilir. Bu birimin ortalama kalınlığı 15 m.'dir. Genel olarak, tüf,

tüfit ve gölsel sedimanların ardalanmasından ve kil, volkan külü ve süngertaşı parçacıklarından oluşan birimin içerisindeki volkanitlerde K/Ar yöntemiyle yapılan yaşlandırmada 8.6-6.8 milyon yıl değerleri elde edilmiştir (Innocenti vd., 1975). Çalışma alanında kırbayır topografyası özellikle Kavak ve Tahar üyelerinin yüzeylendiği alanlarda gelişmiştir. Her iki birim üzerinde gelişen kırbayır topografyasının aktivite oranı ve özellikle morfolojik yapısı farklılık göstermektedir. Bu farklılık temelde her iki birimin kaya türü ve stratigrafik yapısı ile ilişkilidir. Kavak üyesi.

farklı kaynaklanma yapısı gösteren üç ignimbiritik tüf düzeyi ile tüfit ve pomza küllünden oluşur (Emre ve Güner, 1988). Bu birim içerisindeki ignimbiritler riyolitik karakterde olup, boyutları 0,01-2 mm arasındadır (Arık, 1981). Tabaka eğimleri ise kuzeydoğuya doğru ortalama dört derecedir. Tahar üyesi ise, Kavak üyesinin beyaz rengine karşılık arazide kırmızı görünümü ile kolayca tanınır. Aşınımaya karşı farklı direnç gösteren seviyeleri içeren bu birim tüfitler ve laharik ignimbirit ardalanması ile oluşmuştur. Kırgıbayır topografyasının içerisinde değişik büyüklükte ve farklı morfolojiler sunan peribacalarının boyutu ile morfolojileri, süreksizlikler boyunca şekillenmektedir. Süreksizliklerin aralığı aynı zamanda peribacalarının saha içerisindeki dağılımını ve yoğunluklarını denetler. Bu bakımdan bu birimlerin yüzeylendiği alanlarda morfolojik etken ve süreçler ile litoloji arasında sıkı bir ilişki dikkati çeker.

3. JEOMORFOLOJİK ÖZELLİKLER

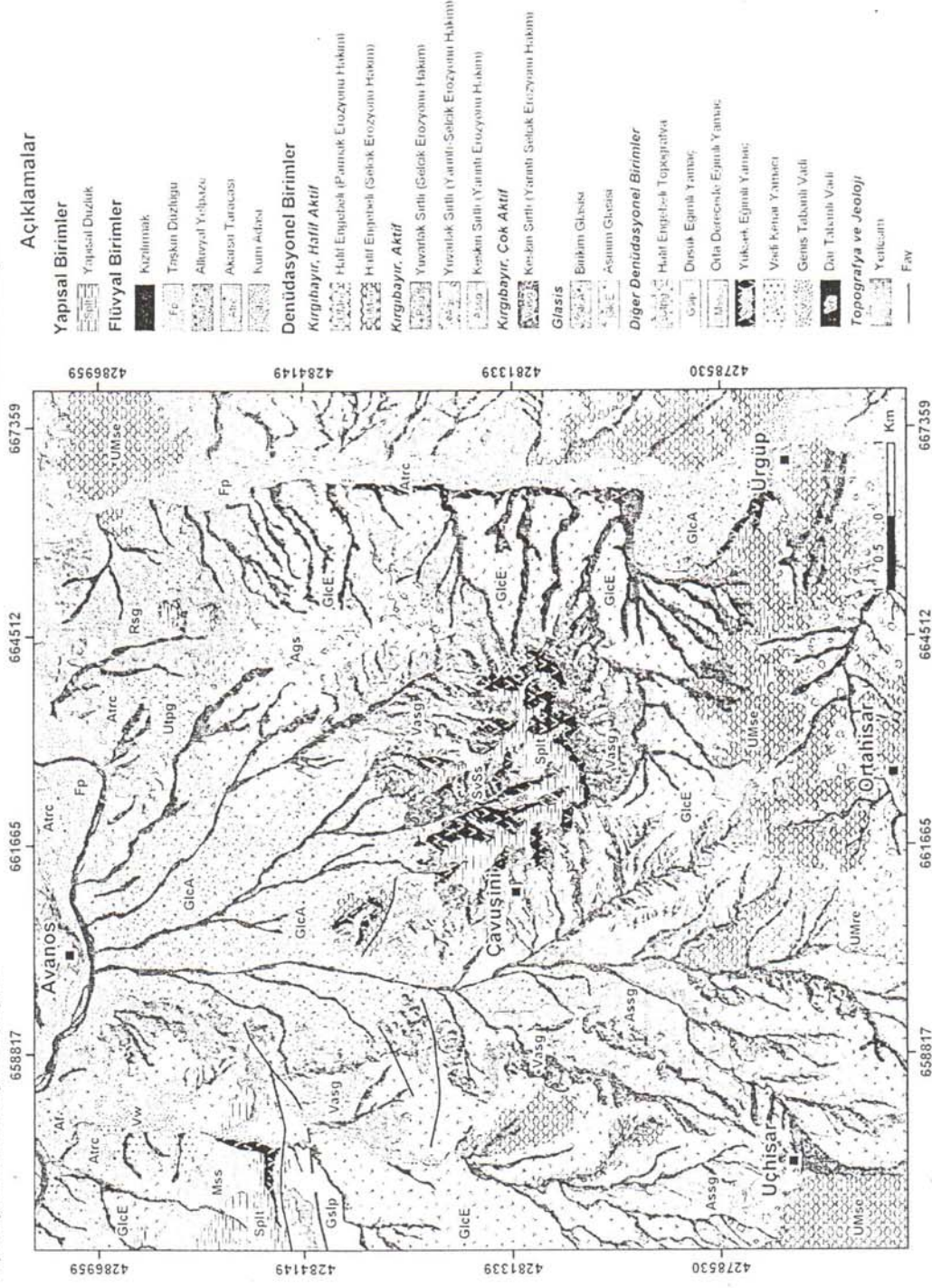
Çalışma sahası, genel morfolojik anlamıyla, üç ana düzlük sistemi ile bunlar arasındaki iki yamaç zonu ile temsil edilir (Şekil 3). Bu üç ana düzlük sistemi arasında geçiş özelliği gösteren yamaçlar ise kırgıbayır topografyasının hakim olduğu kesimlerdir. Peribacalarının tamamının gözlemlendiği kırgıbayır topografyası eğimin etkisine de bağlı olarak taban seviyesine yaklaşıldıkça yerini hafif engebeli alanlara bırakır.

Yükselti basamaklarından en yüksekte yer alan düzlük Akdağ kütlesi üzerinde yer alır. Yapısal denetimin etkisinde olan bu düzlük kütlenin yükseltisi 1330 metredir. Alt kesimlerinde yer alan ignimbiritlerin aksine aşınımaya karşı daha dirençli olan üst kesimlerindeki kireçtaşı seviyesi nedeniyle düz bir görünüm sunar. Çalışma sahasındaki diğer bir düzlük basamağını Akdağ kütlesi ve Uçhisar çevresindeki az eğimli yüzeyler oluşturur. Bu yüzeyler kurak ve yarıkurak morfojenetik bölgelerin tipik şekillerinden birisi olan glasilere karşılık gelmektedirler (Şekil 3). Glasiler, kurak yarıkurak bölgelerde dağların yamaçlarındaki erozyona karşı dirençsiz kayalar içerisinde, sellenme sularının etkisiyle oluşmuş, bazen üzerinde deposu da bulunan, derelerle yarılmamış hafif

eğimli (2° - 8°) düzlük anlamına gelir (Oberlander, 1989; Ardos ve Pekcan, 1997). Bu seviyeler günümüzde akarsular tarafından yarılmaya ve geriletilmeye başlamışlardır. Bu bakımdan bu glasiler aşınım glasisi olarak adlandırılmıştır. Çalışma alanındaki son düzlükleri güncel glasiler oluşturmaktadırlar. Günümüzde aktif birikim alanı olan bu düzlüklerde birikim glasileri gelişimlerini sürdürmektedirler. Çalışma sahasında, düzlükler arasında geçişleri sağlayan ve yoğun aşınım zonları olarak yamaçlar yer alır. Bu çalışmanın da temel konusu olan bu aşınım birimlerinin morfolojileri buldukları yamacın litolojik ve topografik koşullarına bağlı olarak farklılıklar gösterirler. Arazi ve 1/35000'lik hava fotoğrafı çalışmaları sonucu oluşturulan jeomorfoloji haritasında (Şekil 3) bu aşınım birimleri, genel anlamıyla denüdasyonel birimler olarak ve kendi içlerinde de alt sınıflara ayrılmıştır. Bu sınıflama tamamen uzman görüşüne dayalı bir sınıflama olup, bu sistemde yer alan kırgıbayır (badlands) topografyası çalışmanın morfometrik analizleri kısmında ele alınacaktır.

Çalışma alanında kırgıbayır topografyası, gösterdikleri morfolojik farklılıklara ve erozif aktivitelere göre üç ana başlık altında incelenmişlerdir. Bu sınıflama temel olarak saha gözlemlerine dayalı bir sınıflamadır. Bu sınıflama sırasında kırgıbayır topografyası içerisinde yer alan alt morfolojik ünitelerin içerdikleri birimlerin yaşları, şekilsel özellikleri ve bu şekillerin yoğunlukları dikkate alınmıştır. Üç ana başlıktan ilki, aktivitesi düşük olan ve hafif engebeli düzlüklerin yer aldığı, erozyon tipi bakımından parmak (rill) ve selcik (sheet) erozyon tiplerinin bulunduğu birimlerdir (Şekil 4a).

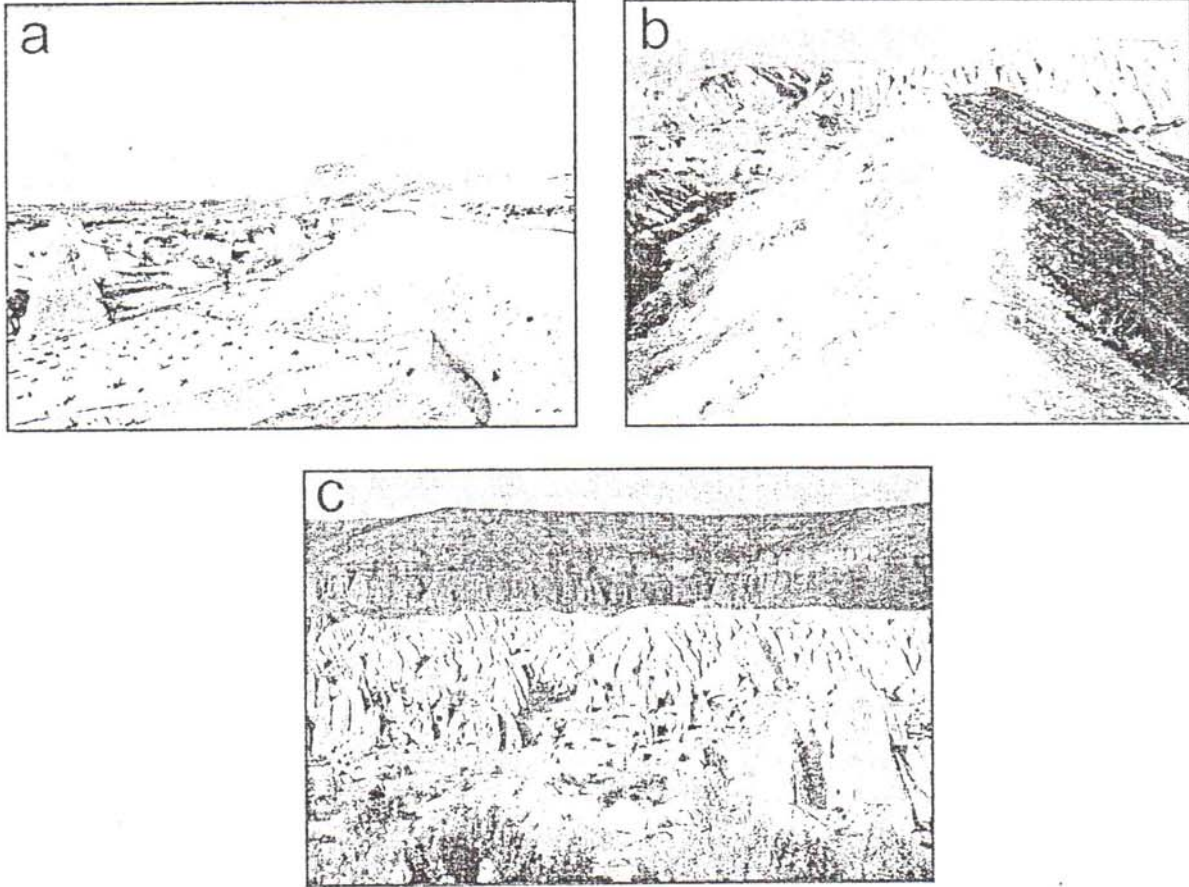
Killi ve kumlu seviyelerin yüzeylendiği alanlarda gelişim gösteren bu birimler, beyaz renkli ignimbiritik laharların yüzeylendiği alanlarda da gelişim göstermektedirler. Topografik eğimlerin çok yüksek olmadığı alanlarda yer alan birimler bu açıdan litolojik denetimle birlikte temel olarak topografik eğimin denetimindedirler.



Şekil 3: Çalışma sahasının jeomorfoloji haritası.

İkinci kırgıbayır birimi ise aktivitenin yükseldiği, morfolojik şekil bakımından yuvarlak sırtlı kırgıbayır topografyasının gözlemlendiği alt birimdir (Şekil 4b). Üç alt birimi içeren bu ünite Uçhisar ve Çavuşini arasındaki bölgede yayılım gösterir. Yuvarlak sırtlı topografyanın aksine bazı kesimlerde keskin sırtlara dönüşen birim, erozif faaliyetlerin türleri açısından selcik (sheet) ve yarıntı (gully) erozyonunun görüldüğü alanlardır. Üçüncü ve son kırgıbayır ünitesi, çok aktif olarak nitelendirilen, Akdağ ve çevresinde gelişim gösteren topografyadır (Şekil 4c). Eğimlerin çok yüksek olduğu kırmızı renkli riyolitik tüflerin hakim olduğu zonda gelişen bu birim, erozyon tipi açısından selcik ve

yarıntı erozyonunu içerir. Üst kotlarda selcik erozyonu ile temsil edilen birim eğimin göreceli olarak azalmaya başladığı zonlarda yerini yarıntı erozyonuna bırakır. Aktif ve çok aktif kırgıbayırın en fazla geliştiği yerler glasiler arasındaki dik yamaçlardır. Sahanın yüksek kesimlerinden alçak kesimlerine doğru akım gösteren akarsular ve özellikle bu akarsuların güneye doğru yoğunluklarındaki artış güneyden kuzeye doğru geniş bir aşınım dinamiği oluşturmuştur. Kanal yoğunluğunun arttığı yerlerde artış gösteren erozif faaliyet glasi yüzeylerini parçalayarak özellikle yarıntı erozyonunun geniş alanlar kaplamasını sağlamıştır.



Şekil 4: Çalışma sahasında ayırtılan kırgıbayır topografyaları (a) Hafif aktif ve dalgalı topografyanın gözlemlendiği kırgıbayır (b) Aktif ve yuvarlak sırtların gözlemlendiği kırgıbayır, (c) Yüksek derecede aktif keskin sırtlı kırgıbayır topografyası.

Yarıntı erozyonun ileriki aşamaları ise peribacası morfolojilerini oluşturmaktadır. Aşınım glasisinin yüksek kesimlerinde yüzeyin selciklerle parçalanması sonucu keskin sırtlar ve sırtlar arasında yoğun bir şekilde gelişen yarıntı erozyonu ve yüzey erozyonu Akdağ ve yakın çevresinde gözlenmektedir. Çalışma alanındaki litolojik farklılıkların hatta kendi içindeki fasiyeslerden kaynaklanan farklılıkların dahi değişik aktivitede kırgıbayır morfolojilerini oluşturmasının yanı sıra, bu fasiyes farklılıkları peribacası oluşum ve gelişimleri bakımında da önemi son derece fazladır.

Çalışma alanı içerisindeki aşınım birimlerinin tümü (Şekil 3) sahanın yerel taban seviyesini oluşturan Kızılırmak vadisindeki seviye değişimleri sonucu oluşmaktadır (Arık, 1981; Emre ve Güner, 1988; Erol, 1999). Sahada var olan üç farklı akarsu taraçası, yerel taban seviyesi değişiminin göstergeleridir. Bu değişimlere karşılık, belirtilen üç farklı düzlük alan farklı yükseltilerde ortaya çıkmış ve daha sonra her bir seviyeyi birbirine bağlayan iki yamaç zonu dönemsel olarak gelişmiştir. Geriye doğru aşınımını giderek hızlandıran bu yamaç zonları boyunca meydana gelen kırgıbayır topografyası ve bu engebeli topografya içerisinde yer alan peribacaları, genel eğilim olarak güneye doğru gençleşmektedirler. Kızılırmak'taki gömülmelere, dolayısıyla yerel taban değişikliklerine bağlı olarak yamaç gerilemesi günümüzde de hızlı bir şekilde devam etmektedir.

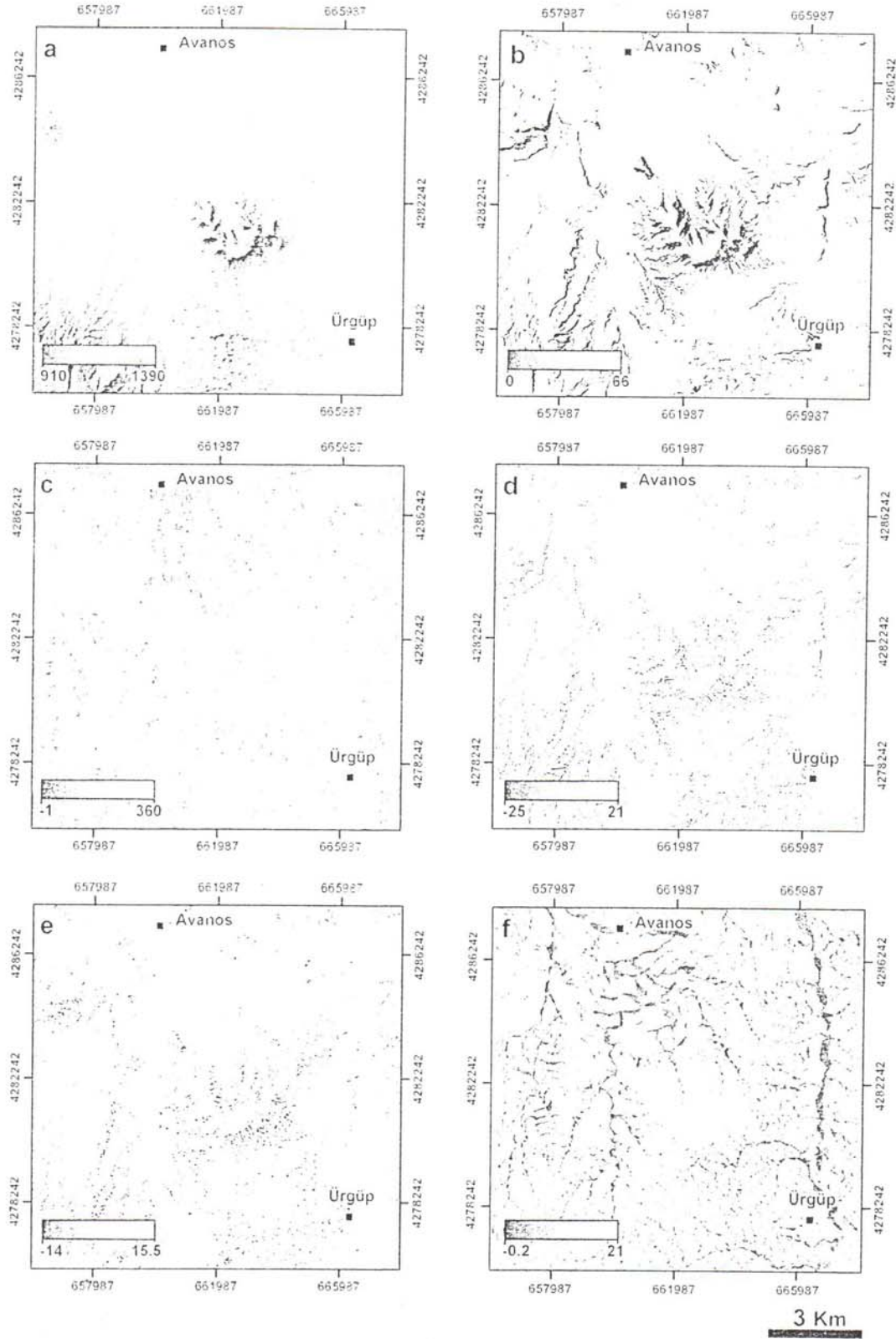
4. MORFOMETRİK ÖZELLİKLER VE ANALİZ

Morfometri yer yüzününe ait bilgileri sayısal olarak ele alarak ifade eden jeomorfolojinin bir alt dalıdır (Pike and Dikau, 1995). Morfometri bir yere ait topografik ölçülebilir bilgileri matematik, istatistik ve görüntü işleme tekniklerinden faydalanılarak ifade eder (Pike, 2000). Odak noktası yer yüzündeki şekilleri ve bu şekillere ait parametreleri ölçmek olan morfometri bu

bilgileri; toprak, bitki örtüsü, arazi kullanımı, doğal afetler ve morfolojik birimlerin haritalanması-tanımlanması yönünde kullanır. Günümüzde hızlı bir şekilde gelişen uydu teknolojileri ile sayısal yükselti modellerinin (SYM) daha kolay ve detaylı bir şekilde elde edilebilmesi morfometriyi bir çok disiplin tarafından daha çekici bir hale getirmiştir (Goudie, 2004). Yeryüzüne ait parametreleri sayısal yükselti modelinden kolaylıkla elde edebilen bu yöntem günümüzde teorik ve uygulamalı jeomorfolojinin odak noktası olmuştur.

Çalışma sahasına ait kırgıbayır aşınım birimlerinin morfometrik özelliklerinin belirlenmesinde öncelikli olarak bölgeye ait 1/25000'lik topografya haritalarından oluşturulan sayısal yükselti modeli (SYM) üretilmiştir. Daha sonraki bir aşama olarak SYM verisinden parametre haritaları üretilmiştir. Bu parametre haritaları kırgıbayır topografyasına ait morfolojik farklılıkları ortaya koymak için kullanılmıştır. Kırgıbayır topografyasının morfolojisini doğrudan ve/veya dolaylı kontrol eden parametrelerin tanımlayıcı özelliklerinin araştırıldığı çalışmada, yükseklik, yamaç eğimi, bakı, yamaç eğrisellikleri (profil ve plan), sediman taşıma kapasite indeksi (LS), akarsu aşındırma gücü indeksi (SPI) ve topografik nemlilik indeksi (TWI) olmak üzere toplam 8 adet SYM türevi dikkate alınmıştır. Burada verilen türevlerin ilk üçü (yükseklik, yamaç eğimi ve bakı) sayısal yükseklik modelinin birincil türevlerini, diğerleri ise modelin ikincil türevlerini oluşturmaktadır. Çalışma sahasında SYM'den üretilen türevler temel alınarak yapılan morfometri çalışmalarının yersel çözünürlüğü 20 x 20 m olarak belirlenmiştir. Bu yersel çözünürlüğün seçilmesinin nedeni, veri sayısının ve hedeflenen ayrıntıyı optimum düzeyde yansıtmasıdır.

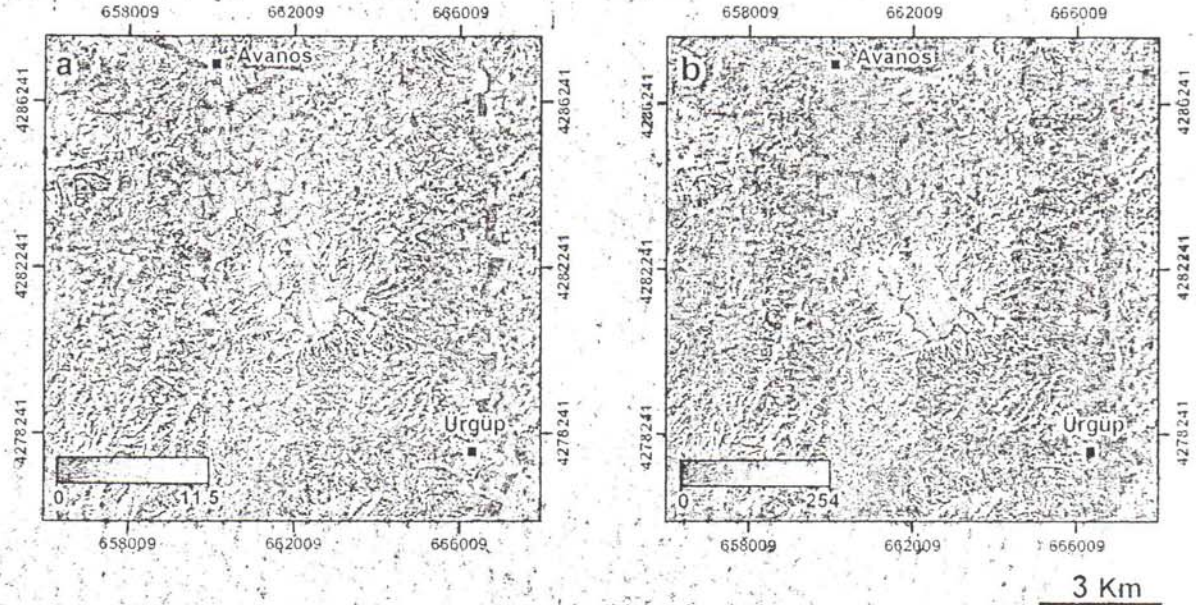
SYM'den üretilen birincil türevlerden ilki topografik yüksekliktir (Şekil 5a). Birincil türevlerden ikincisi ise yamaç eğimidir (Şekil 5b).



Şekil 5: Sayısal yükseklik modelinden üretilen parametre haritaları. (a) Yükseklik. (b) Eğim. (c) Bakı. (d) Profil yamaç eğriselliği. (e) Plan yamaç eğriselliği ve (f) Topografik geçirimsizlik indeksi.

Yamaç eğimi, topografik dikliğin azalma yönünde yükseklik değerlerindeki değişim miktarının bir ölçüsü olarak ifade edilmektedir (Wilson and Gallant, 2000). Kırgabayır topografyasının morfolojik olarak gelişiminin litoloji ile birlikte baskın olan morfolojik denetçisidir. Birincil türevlerin sonuncusu olan bakı (Şekil 5c) ise, topografik dikliğin azalım doğrultusunun kuzeyden itibaren saat yönünde yapmış olduğu açıdır. (Wilson and Gallant, 2000). Bakı faktörü bitki ekolojisi, ormancılık, yer seçimi ve planlama, jeomorfolojik anlamıyla dış süreçlere dolaylı nüfuzuyla aşımın ve birikim süreçleri üzerinde etkili olur. Bu etki çoğu zaman iklimsel faktörlerin yerel şartlara bağlı olarak (bakı, eğim, yükselti vb.) modifiye olması ve sahanın jeomorfolojik eğilimi sonucu karşımıza çıkar. SYM'den üretilen ikincil türevlerin ilki ise profil yamaç eğriselliğidir (Şekil 5d). Profil yamaç eğriselliği, dikey düzleimde eğim yönüne paralel eğrisellik olarak tanımlanabilir (Wilson and Gallant, 2000). Profil yamaç eğriselliği, suyun yüzeydeki akış hızı ve sedımentlerin yamaç boyunca taşınım ve

böyuce gelişen erozyonu, eğim değişim oranını ifade ederek ortaya koyar. Plan yamaç eğriselliği belirli bir topografik yükseklik (eş yükselti eğrisi) boyunca, yamaç yönelimindeki değişim olarak ifade edilebilir (Wilson and Gallant, 2000). Plan eğriselliği (Şekil 5e) topografik konverjans ve diverjans alanlarını ortaya koyarak yüzeyde akış halindeki suyun hangi noktalarda birleşeceği yönündeki eğilimi ifade eder. Topografik nemlilik indeksi (TWI), topografik olarak suya doğun alanların lokasyonlarının ve boyutlarının ifade edilmesi amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Moore vd. (1991), homojen ve izotrop bir ortam ve tek tip zemin koşulu varsayımlarını dikkate alarak, TWI'nin hesaplanmasına yönelik eşitliği geliştirmişlerdir. Sahada düz ve düze yakın zeminlerde topografik nemlilik oranı artarken özellikle suyu yüzeydeki akışının hızlı olduğu yamaç zonlarında bu oran düşmektedir (Şekil 5f).



Şekil 6: Sayısal yükseklik modelinden üretilen parametre haritaları. (a) Akarsu aşındırma gücü indeksi, (b) Sedıman taşıma kapasitesi indeksi.

İkincil topografik türetiler içerisinde yer alan akarsu aşındırma gücü indeksi (Şekil 6a), aktarımı, spesifik bir akaçlama alanı ile orantılı düşünerek akış halindeki suyun erozif gücünü ölçer (Moore vd., 1991). İkincil türevler içerisinde yer alan ve çalışmada kullanılan bir diğer türev sediman taşıma kapasite indeksidir (LS) (Şekil 6b). Wilson and Gallant (2000) tarafından birim nehir aşındırma gücü teorisine bağlı olarak geliştirilen sediman taşıma kapasite indeksi (LS) parametresinin, yamaç uzunluğunun 100 m'den daha kısa ve yamaç eğiminin 14° 'den küçük olduğu koşullar altında revize edilmiş evrensel toprak kaybı denklemi içerisindeki yamaç uzunluğu faktörüne denk olduğunu ifade etmektedirler. Yüzeysel sularına ait konverjans ve diverjans zonlarını ampirik erozyon denklemlerine göre belirgin biçimde ifade ettiği için daha fazla tercih edilen bir yöntemdir. Morfometrik analizler kapsamında gerçekleştirilen tanımlayıcı istatistiksel değerlendirmelere göre her bir kırgıbayır topografyası bir birlerinden belirgin farklarla ayrıldığı gözlenmiştir. Bu ayrım kırgıbayır topografyasının gözlenmediği alanlarda daha açık bir şekilde görülmektedir (Tablo 1). Tablo 1'de yer alan ve sahada kırgıbayır topografyasının yayılış gösterdiği ve göstermediği alanlar arasındaki belirgin farklar gözlenmektedir. Bu farklardan ilki topografik yükseklikte gözlenir. Kırgıbayır topografyası diğer jeomorfolojik ünitelerin aksine belirli bir zonda toplanmıştır. Tanımlayıcı istatistik değerlerinden de görüldüğü gibi bu değerler 940 ile 1360 metreler arasındadır. Bu yükseklikte toplanmasının jeomorfolojik süreçler açısından bir karşılığı olduğu şüphesizdir. Bunun sonucu eğim parametresine de yansımış durumdadır. Eğime bakıldığında kırgıbayır topografyasının gözlenmediği alanlarda en düşük eğim 0° yani düz ve en yüksek değeri ise 59° civarındadır. Buna karşılık kırgıbayır topografyasının gözlendiği alanlarda eğimin alt sınırı 5° üst sınırı ise 56° civarındadır. Ortalama değerlere bakıldığında

ise bu değer kırgıbayır topografyasının gözlenmediği alanlarda 7° gözlendiği kesimlerde ise 8.2° 'dir. Bunun jeomorfolojik olarak karşılığı ise; düşük eğim değerlerinin gözlendiği yamaç niteliğinden uzak ve eğimin çok yüksek olduğu alanlarda kırgıbayır topografyası gözlenmemektedir. Burada düşük eğimlerin olduğu kesimler yamaç niteliğinden uzak olduğu ve dolayısıyla suyun aşındırma gücünün düştüğü kesimlerdir ve herhangi bir kırgıbayır topografyası oluşumu beklentisinden uzaktır. Eğimin çok yüksek olduğu kesimlerde ise erozyonun hızı kanala bağlı akışa geçemeyen yüzey sularının etkisine bağlı olarak düşer. Bu alanlar, suyu drene edebilecek belirgin bir kanalın varlığından yoksun olmaları dolayısıyla aşınım döngüsünün üst sınırını oluşturmaktadırlar. Zamansal olarak geriye doğru aşınım hızlandıkça bu alanlarda gelecekte kırgıbayır topografyasına dahil olacaklardır. Eğimle yakından ilişkili olan akarsu aşındırma gücü, topografik geçirimsizlik ve sediman taşıma kapasitesi gibi topografik parametreler için de süreç aynı şekilde gelişmektedir. Eğimin kırgıbayır topografyası oluşumu için uygun olduğu ortamlarda litoloji ilişkisine de bağlı olarak akarsu gücü artmakta, suyun yüzeyde bekleme oranı dolayısıyla topografik geçirimsizlik düşmekte ve sediman taşıma kapasitesi artmaktadır. Bu ilişki topografik parametrelere ait tanımlayıcı istatistik değerleri tablosunda da belirgin bir şekilde yansımıştır. Bakı parametresine bakıldığında, Kırgıbayır topografyası -1° derece ile ifade edilen düzlük alanları içermezken en çok karşılaşılan veya frekansı en yüksek olan mod değerine bakıldığında bu değer 166° derece ile yaklaşık güneye eğimli yamaçları temsil etmektedir. Bakı parametresine ait tanımlayıcı istatistik değerlerine göre sahadaki genel yamaç yönelimi güneydoğu olan kesimlerin aksine güneye bakan yamaçlarda kırgıbayır topografyası daha fazla gelişmiştir.

Tablo 1: Çalışma alanına ait topografik parametrelere ait tanımlayıcı istatistik değerler.

Veri Grubu	Parametre	En küçük	En yüksek	Ortalama	Mod	Medyan	Std. Sapma
Topografik parametreler (Tümü) Hücre sayısı (N= 354025)	Yükseklik (m)	910.84	1390	1077.65	1050.00	1060.00	95.42
	Eğim (derece)	0.00	58.59	7.00	0.00	4.84	7.08
	Bakı (derece)	-1.00	360	157.24	-1.00	132.53	122.56
	Profil yamaç eğriselliği	-12.93	9.78	0.01	0.00	0.00	0.63
	Plan yamaç eğriselliği	-8.15	6.93	0.01	0.00	0.00	0.47
	Topografik geçirimsizlik end.	-0.26	21	4.34	2.90	3.79	2.47
	Akarsu aşındırma gücü end. Sediman taşıma kapasitesi end.	0.00 0.00	10.04 120.01	0.51 1.24	0.00 0.00	0.17 0.39	0.96 2.78
Topografik parametreler (Kırgıbayır Topografyası Hariç) Hücre sayısı (N= 222990)	Yükseklik (m)	910.84	1390	1062.36	1050.00	1047.18	95.09
	Eğim (derece)	0.00	58.59	6.26	0.00	3.91	7.08
	Bakı (derece)	-1.00	360	151.74	-1.00	110.92	127.41
	Profil yamaç eğriselliği	-9.93	9.78	0.01	0.00	0.00	0.59
	Plan yamaç eğriselliği	-8.15	6.35	0.01	0.00	0.00	0.42
	Topografik geçirimsizlik end.	-0.26	21	4.69	3.23	4.08	2.66
	Akarsu aşındırma gücü end. Sediman taşıma kapasitesi end.	0.00 0.00	10.04 120.01	0.52 1.21	0.00 0.00	0.16 0.33	1.04 3.06
Topografik parametreler (Kırgıbayır Topografyası) Hücre sayısı (N= 131035)	Yükseklik (m)	940.00	1360	1103.66	1080.00	1090.91	90.22
	Eğim (derece)	5.00	55.97	8.26	6.20	6.49	6.91
	Bakı (derece)	1.00	360	166.60	2.47	159.20	113.24
	Profil yamaç eğriselliği	-12.93	7.44	0.01	0.00	0.00	0.71
	Plan yamaç eğriselliği	-6.00	6.93	0.01	0.00	0.00	0.55
	Topografik geçirimsizlik end.	-0.09	17.31	3.75	2.90	3.35	1.97
	Akarsu aşındırma gücü end. Sediman taşıma kapasitesi end.	0.00 0.00	9.14 62.08	0.48 1.28	0.00 0.00	0.19 0.56	0.80 2.21

Profil ve plan yamaç eğrisellikleri ile kırgıbayır topografyasının gözlemlendiği ve gözlenmediği alanlar arasındaki tanımlayıcı istatistik değerlerine ait farklara bakıldığında, eksi ifadelerle temsil edilen iç bükey yamaçların en düşük değerleri arasındaki fark dikkati çeker. Burada kırgıbayır topografyasının gözlemlendiği alanlarda en düşük değerle ifade edilen profil ve plan yamaç

eğriselliği sırasıyla -12.93 ve -6 iken bu değerler bu topografyanın gözlenmediği alanlarda -9.9 ile -8.1 değerleri arasında değişim gösterir. Bu değerlere göre kırgıbayır topografyasının gözlemlendiği alanlarda profil yamaç eğriselliği değerinin en küçük değeri göz önüne alındığında iç bükeylik derecesinin en yüksek olduğu kesimlerde gözlenir.

Tablo 2: Hafif aktif kırgıbayır topografyasının ve alt ünitelerinin topografik parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik değerleri.

Veri Grubu	Parametre	En küçük	En yüksek	Ortalama	Mod	Medyan	Std. Sapma
Topografik parametreler Kırgıbayır Hafif Aktif (Tümü) Hücre sayısı (N= 38523)	Yükseklik (m)	950.00	1360	1140.14	1190.00	1149.74	106.52
	Eğim (derece)	5.00	49.14	5.53	2.47	4.30	4.86
	Bakı (derece)	1.00	359.99	182.00	1.00	208.48	119.44
	Profil yamaç eğriselliği	-4.93	3.29	0.03	0.00	0.00	0.45
	Plan yamaç eğriselliği	-3.03	3.82	0.03	0.00	0.00	0.32
	Topografik geçirimsizlik end.	0.03	15.83	4.21	3.87	3.85	1.96
	Akarsu aşındırma gücü end. Sediman taşıma kapasitesi end.	0.00	8.56	0.37	0.00	0.15	0.65
		0.00	50.61	0.75	0.00	0.37	1.30
Topografik parametreler Kırgıbayır Hafif Aktif (Umre) Hücre sayısı (N= 3603)	Yükseklik (m)	1120.00	1251.27	1218.09	1230.00	1226.55	26.42
	Eğim (derece)	5.00	26.42	6.42	4.41	5.44	4.34
	Bakı (derece)	1.00	359.79	255.87	1.00	290.41	101.01
	Profil yamaç eğriselliği	-2.94	2.64	-0.04	0.00	0.00	0.52
	Plan yamaç eğriselliği	-3.03	3.71	0.02	0.00	0.00	0.38
	Topografik geçirimsizlik end.	0.87	12.3	3.98	3.67	3.68	1.73
	Akarsu aşındırma gücü end. Sediman taşıma kapasitesi end.	0.00	5.61	0.48	0.00	0.19	0.77
		0.00	23.89	1.01	0.00	0.53	1.61
Topografik parametreler Kırgıbayır Hafif Aktif (Umse) Hücre sayısı (N= 34920)	Yükseklik (m)	950.00	1360	1132.09	1190.00	1130.00	108.41
	Eğim (derece)	5.00	49.14	5.43	2.47	4.20	4.90
	Bakı (derece)	1.00	359.99	174.38	1.00	191.97	118.59
	Profil yamaç eğriselliği	-4.93	3.29	-0.03	0.00	0.00	0.44
	Plan yamaç eğriselliği	-2.84	3.82	0.03	0.00	0.00	0.31
	Topografik geçirimsizlik end.	0.03	15.83	4.23	3.87	3.86	1.98
	Akarsu aşındırma gücü end. Sediman taşıma kapasitesi end.	0.00	8.56	0.36	0.00	0.14	0.64
		0.00	50.61	0.73	0.00	0.37	1.26

Plan yamaç eğriselliğinde ise bu fark belirgin bir şekilde gözlenemez. Çalışmada kırgıbayır topografyasının gözlendiği ve bu birimin gözlenemediği alanlara ait morfometrik parametrelerin karşılaştırılmasının yanı sıra, kırgıbayır topografyasının kendi içerisindeki birimlerin de tanımsal istatistik değerleri karşılaştırılmıştır. Böylelikle bu morfolojik birimin alt birimleri arasındaki morfometrik parametreler değerlendirilerek aralarındaki

farklar neden sonuç ilişkilerine bağlı olarak ortaya konmuştur (Tablo 2 ve 3).

Hafif aktif kırgıbayır topografyasına ait alt jeomorfolojik üyelerinin arasındaki farkı belirleyen en baskın parametre eğimdir. Hafif engebeli parmak erozyonun hakim olduğu (Umre) en küçük eğim değeri 5°, en yüksek değer 26.4° ve ortalama eğimi, 6.4° ile bu zon belirgin olarak hafif engebeli selcik erozyonun (Umse) hakim olduğu alanlardan ayrılır.

Tablo 3: Aktif kırgıbayır topografyasının ve alt ünitelerinin topografik parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik değerleri.

Veri Grubu	Parametre	En küçük	En yüksek	Ortalama	Mod	Medyan	Std. Sapma
Topografik parametreler Kırgıbayır Aktif (Tümü) Hücre sayısı (N= 56995)	Yükseklik (m)	948.10	1333.81	1077.76	1080.00	1068.31	75.17
	Eğim (derece)	5.00	52.45	7.46	5.40	6.43	5.46
	Bakı (derece)	1.00	360	157.92	1.00	141.27	108.86
	Profil yamaç eğriselliği	-4.93	4.79	0.02	0.00	0.00	0.62
	Plan yamaç eğriselliği	-4.28	4.84	0.01	0.00	0.00	0.47
	Topografik geçirimsizlik end. Akarsu aşındırma gücü end.	-0.05	16.23	3.77	2.85	3.34	1.90
	Sediman taşıma kapasitesi end.	0.00	9.14	0.47	0.00	0.19	0.77
		0.00	44.96	1.11	0.00	0.59	1.79
Topografik parametreler Kırgıbayır Aktif (Rsg) Hücre sayısı (N= 31427)	Yükseklik (m)	948.10	1246.08	1030.61	1010.00	1020.00	44.14
	Eğim (derece)	5.00	33.8	6.59	5.40	5.77	4.76
	Bakı (derece)	1.00	359.99	166.58	1.00	162.96	112.05
	Profil yamaç eğriselliği	-4.93	3.67	0.00	0.00	0.00	0.51
	Plan yamaç eğriselliği	-3.87	4.33	0.02	0.00	0.00	0.38
	Topografik geçirimsizlik end. Akarsu aşındırma gücü end.	0.46	16.23	3.86	2.85	3.46	1.82
	Sediman taşıma kapasitesi end.	0.00	9.14	0.41	0.00	0.17	0.69
		0.00	44.96	0.92	0.00	0.52	1.39
Topografik parametreler Kırgıbayır Aktif (Ags) Hücre sayısı (N= 16049)	Yükseklik (m)	1000.00	1333.81	1143.16	1080.00	1132.75	65.79
	Eğim (derece)	5.00	52.45	9.10	6.10	6.34	6.09
	Bakı (derece)	1.00	359.99	146.29	1.00	133.83	97.89
	Profil yamaç eğriselliği	-4.62	4.79	0.03	0.00	0.00	0.74
	Plan yamaç eğriselliği	-4.03	4.84	0.00	0.00	0.00	0.56
	Topografik geçirimsizlik end. Akarsu aşındırma gücü end.	-0.05	14.62	3.61	2.23	3.11	1.98
	Sediman taşıma kapasitesi end.	0.00	7.41	0.57	0.00	0.23	0.90
		0.00	44.45	1.49	0.00	0.85	2.35
Topografik parametreler Kırgıbayır Aktif (Assg) Hücre sayısı (N= 9519)	Yükseklik (m)	1016.50	1270	1122.88	1080.00	1102.97	59.24
	Eğim (derece)	5.00	40.05	7.59	5.80	6.38	5.83
	Bakı (derece)	1.00	360	151.28	1.00	116.99	113.44
	Profil yamaç eğriselliği	-3.97	4.57	0.06	0.00	0.00	0.70
	Plan yamaç eğriselliği	-4.28	4.75	0.01	0.00	0.00	0.53
	Topografik geçirimsizlik end. Akarsu aşındırma gücü end.	0.26	14.97	3.77	2.06	3.30	1.98
	Sediman taşıma kapasitesi end.	0.00	7.31	0.46	0.00	0.17	0.79
		0.00	41.97	1.08	0.00	0.55	1.77

Tablo 4: Çok aktif kırgıbayır topografyasının ve alt ünitesine ait topografik parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik değerleri.

Veri Grubu	Parametre	En Küçük	En yüksek	Ortalama	Mod	Medyan	Std. Sapma
Topografik parametreler Kırgıbayır Çok Aktif (Vasg-Tüfütü) Hücre sayısı (N= 35517)	Yükseklik (m)	940.00	1351.1	1105.66	1100.00	1104.21	78.32
	Eğim (derece)	6.00	55.97	12.51	8.10	11.21	8.68
	Baki (derece)	1.00	360	163.83	1.00	143.74	111.51
	Profil yamaç eğriliği	-12.93	7.44	0.06	0.00	0.00	1.00
	Plan yamaç eğriliği	-6.00	6.93	0.00	0.00	0.00	0.82
	Topografik geçirimsizlik end.	-0.09	17.31	3.22	2.13	2.73	1.95
	Akarsu aşındırma gücü end.	0.00	8.46	0.63	0.00	0.27	0.95
	Sediman taşıma kapasitesi end.	0.00	62.08	2.12	0.00	1.08	2.17

Umse olarak ifade edilen birimin ortalama eğimi dikkate alındığında (5.4°) ile Umre biriminin altında bir değer gösterir. Bu jeomorfolojik olarak selçik erozyonunun bulunduğu alanlarda topografyanın engebeliliğinin düşük olduğu bir ortam göz önüne alındığında, erozyonel süreçlerden parmak erozyonunun kanala bağlı olması dolayısıyla eğim değerlerinin bu birimde az da olsa yüksek olmasının nedenini açıklar. Hafif engebelli olarak ifade edilen kırgıbayır topografyasının yayılım gösterdiği alanlardaki erozyonun aktivitesi ve gözlenen erozyonel süreçlerin yoğunluğu çok düşüktür. Ancak aralarındaki en belirgin fark akarsu aşındırma indeksi (SPI) ve topografik geçirimsizlik indeksinde (TWI) ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlar morfolojik süreçlerle de örtüşmektedir. Buna bağlı olarak SPI ve TWI ortalama değerleri parmak erozyonunun olduğu kesimlerde nispeten daha yüksektir. Bu yaruttu erozyonuna tip olarak yarı geçişli olan parmak erozyonunun selçik erozyonuna göre daha fazla aşındırma gücüne sahip olmasından ileri gelir.

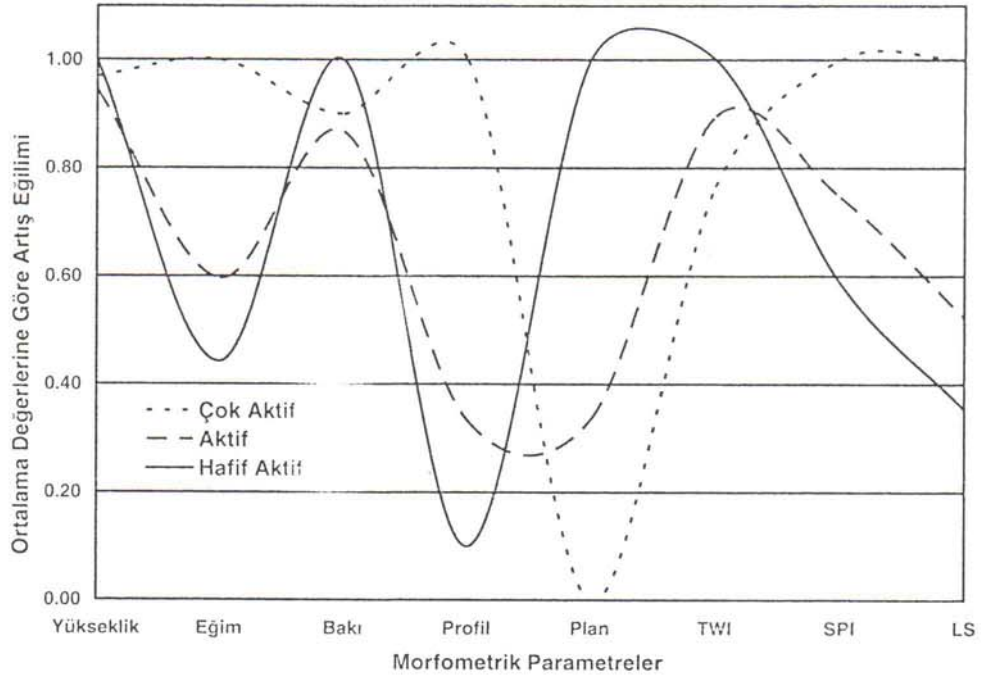
Çalışma alanında diğer kırgıbayır topografyalarını ise; aktif ve çok aktif birimler oluşturur, bu birimlerin ve alt birimlerinin ayırtlanmasında eğim baskın olan parametre olarak ortaya çıkar (Tablo 3 ve 4). Bunlardan aktif kırgıbayır topografyasının alt birimleri arasındaki morfometrik farklılıklara

bakıldığında (Tablo 3), belirgin yükselti aralıklarında toplanmış, eğim ortalamaları bakımından farklılıklar gösteren ve beklenildiği gibi keskin sirtlı kırgıbayır topografyasının gözleendiği alanlarda bu ortalamanın yükseldiği zonlara karşılık gelmektedir. Sürec ve morfolojik farklılıklar sonucu üç alt birim olarak ayrılan birimler; morfolojik farklılıklarına göre keskin ve yuvarlak sirtlı, gözlenen erozyonel süreçlerine göre; yaruttu ve selçik erozyonu sınıflarına ayrılmışlardır. Bu farklılıklar morfometrik birimlere de yansımış durumdadır. Profil ve plan yamaç eğriliğinin ise büyüklüğü keskin sirtlı yaruttu erozyonun gözleendiği alanlarda (Assg) artış gösterirken yuvarlak sirtlı ve selçik erozyonun gözleendiği alanlarda (Rsg) bu oran düşmektedir.

Tümü olarak ifade edilen, üç ana başlık altında toplanan (hafif aktif, aktif, çok aktif) kırgıbayır morfolojik ünitelerine bakıldığında (Tablo 2, 3 ve 4), ortalama eğimlerin çok aktiften hafif aktife doğru 12.5° den 5.4°'ye düştüğü gözlenir. Bu kırgıbayır topografyalarının kendi içlerinde sınıflamalarına da yansımış durumdadır. Yüksekliğin ise tüm kırgıbayır zonu için değiştiği ancak ortalama olarak 1080-1150 metreler arasında dağılım gösterdiği, buna bağlı olarak belirli bir zonda toplandığı belirlenmiştir. Üç ana başlık altında toplanan; hafif aktif, aktif, çok aktif kırgıbayır

birimlerinde, sıralamaya göre; eğim parametresine ait değerler çok aktif kırgıbayır doğru artış eğiliminde, buna paralel olarak akarsu aşındırma gücü ve sediman taşıma kapasitesi de artış eğilimindedir. (Tablo 2, 3 ve 4). Bunun yanı sıra hafif aktif kırgıbayır topografyasından, çok aktife doğru gidildikçe topografik geçirimsizlik eğimin artışına bağlı

olarak düşmekte, buna ek olarak profil yamaç eğriselliğinin iç bükeyliliği artmaktadır. Buna bağlı olarak tanımlayıcı istatistik değerlerine göre; aşındırma bakımından aktivitenin arttığı kırgıbayır topografyasına doğru değerler de artış göstererek, kırgıbayır birimleri arasındaki geçişi yansıtmıştır (Şekil 7).



Şekil 7 : Kırgıbayır topografyası ünitelerinin morfometrik parametrelere göre artış eğilimi grafiği (Temel alınan tanımlayıcı istatistik değeri: Ortalama)

Kırgıbayır topografyası ile jeolojik birimlerin ilişkisine bakıldığında, kırgıbayır topografyasının alt birimi olan hafif aktif ünitesinin Kumtepe külü birimleri içerisinde yoğun bir şekilde gözlemlendiği dikkati çeker. Bunun yanı sıra aktif ve çok aktif kırgıbayır topografyasının aynı birim içerisindeki yoğunlukları düşüktür. Bu birimin morfolojisine bakıldığında; düşük rölyef özelliği gösteren, engebelliğin düşük, eğimin 5°-15° arasında olduğu dalgalı yüzeylerden oluşmaktadır. Hafif aktif kırgıbayır topografyası yine aynı şekilde düşük rölyefe sahip eski alüvyonların olduğu kesimlerde ve Kavak üyesinin dalgalı etek düzlüklerinde yoğunlaşmaktadır (Tablo 5). Bu kırgıbayır topografyası litolojik olarak dalgalı düzlüklerin geliştiği, aşınım döngüsünün sonlarına yaklaşmış olan düşük rölyefli alanlarda gözlenmektedir. Bu bakımdan litolojik denetim baskın olmakla birlikte morfolojik koşullar tarafından da kontrol edilmektedir. Aktif kırgıbayır topografyasına bakıldığında, küçük bir alanda Yeşilhisar konglomerası içerisinde yoğunlaşma gösterse de kapladığı alan bakımından Bayramhacılı üyesi içerisinde geniş

yayılmış gösterir. Bayramhacılı üyesinin düşük topografik eğim içerdiği alanlarda daha çok yuvarlak sırtlı selcik erozyonu yer alırken, Akdağ kütesinin eteklerine doğru eğime bağlı olarak bu erozyonel süreç, yerini yarınıtı erozyonuna bırakır. Bu bakımdan eğimin ve diğer topografik parametrelerin denetimi daha baskındır. Aktif kırgıbayır topografyasının yoğun bir şekilde gözlemlendiği diğer üniteler Tahar ve Kavak üyeleridir. Bu birimler kırgıbayır topografyasının en yoğun olarak gözlemlendiği birimlerdir. İçerdikleri beyaz ve pembe ignimbiritik laharlardan oluşan birimlerin aşınmaya karşı duyarlılıklarının yüksek olması ve ayrıca diğer morfolojik koşulların da uygunluğu aktif ve çok aktif kırgıbayır topografyasının bu alanlarda gelişmesine olanak sağlamıştır. Bu birimlerin yüksek ve eğimli kesimlerinde kırgıbayır topografyası köşeli özellik gösterirken, erozif süreç genel olarak yarınıtı erozyondur. Bununla birlikte eğim koşullarının ortalama olarak 10°-20°'ler arasında dağılım gösterdiği yarı engebeli koşulların gözlemlendiği alanlarda morfolojik olarak yuvarlak sırtlı yarınıtı ve selcik erozyonu gözlenmektedir.

Tablo 5: Litolojik birimlere ait kırgıbayır topografyası ünitelerinin yoğunlukları.

Litolojik Birim	Sembol	Hafif Aktif	Aktif	Çok Aktif
Güncel Alüvyon	Qa	0.00	0.00	0.00
Eski Alüvyon	Qae	11.09	0.03	0.00
Akarsu Yelpezesi	Qylp	0.00	0.00	0.00
Akarsu Taraçası	Qt	0.00	0.00	0.00
Traverten	Qtrv	0.00	0.00	0.00
Kumtepe Külü	Qakk	67.81	1.54	0.89
Kışladağ Kireçtaşı Üyesi	Tükçt	0.00	0.00	0.00
Karadağ Üyesi	Tükğ	0.06	0.00	0.00
Tahar Üyesi	Tüt	0.58	19.43	42.92
Kavak Üyesi	Tük	19.46	17.00	19.73
Bayramhacılı Üyesi	Tüb	6.60	43.92	1.83
Yeşilhisar Konglomerası	Tüy	0.00	54.34	0.00

5. SONUÇLAR

Gerçekleştirilen tanımlayıcı istatistiksel değerlendirmeler, bağlı olarak belirgin farklar oluşturarak, kırgıbayır topografyasına ait parametrenin çalışma alanı içerisindeki mekansal dağılımında değişik aktivite ve morfolojik özelliklerine bağlı olarak kırgıbayır alt ünitelerinde izlenebilir değişimlerin gözlemlendiği morfometrik analizlerle ortaya konmuştur. Buna göre morfometrik parametrelerden eğim başta olmak üzere akarsu aşındırma gücü indeksi, sediman taşıma kapasitesi indeksi, topografik geçirimsizlik ve profil yamaç eğriliği aktivitenin arttığı ve azaldığı zonları işaret ederek kırgıbayır birimleri arasındaki geçişi yansıtmıştır.

Morfometrik parametrelerle birlikte, litolojik özellikler de bu geçişlerin denetçileri niteliğinde olduklarını kırgıbayır topografyasının dağılımına etki ettiği belirlenmiştir. Özellikle Kavak ve Tahar üyeleri başta olmak üzere Bayramhacılı üyesi birimleri üzerinde yoğun olarak dağılım gösteren kırgıbayır topografyası, bu birimlerden Kavak ve Tahar üyelerinde erozif faaliyetlerini artırırken, Bayramhacılı üyesi ve Kumkale külleri üzerinde daha basık kırgıbayır morfolojisi sunmaktadırlar. Bu da sahada morfolojik birimlerin litolojik birimlerle çok sıkı bir ilişki içerisinde olduklarını ve hatta süreç ile şekillerin bunlardan etkilenerek morfolojik görüntülerini kazandıklarını ortaya koymaktadır. Çalışmanın diğer bir sonucu ise, uzman görüşü kullanılarak; hava fotoğrafları, topografik haritalar ve arazi çalışmaları sonucu oluşturulan morfolojik birimlerin tanımlayıcı istatistik öğelerle desteklenerek bu birimler arasındaki eşik değerlerinin belirlenmesine olanak tanınmasıdır. Buna paralel olarak morfolojik birimlerin otomatik sınıflaması yapılabilir ve bu da bu tip verilerin belirli kurallar çerçevesinde uzman olmayan kişiler tarafından kolaylıkla üretilebilmesini imkan sağlar.

Kaynaklar

- Ardos, M., Pekcan N., 1997, Jeomorfoloji Sözlüğü, Çantay Kitabevi, İstanbul., 326 s. İstanbul
- Arık, A., 1981, Avanos (Nevşehir) yöresinin jeomorfolojisi. Jeomorfoloji Derg., Say.10 s.139-155.
- Emre, Ö. ve Güner, Y., 1988, Ürgüp yöresi peribacalarının morfojenezi, Jeomorfoloji Derg., Say.16 s.23-30.
- Erinç, S., 1971, Jeomorfoloji II, İst. Üniv. Coğrafya Ens. Yayını, No:23, 489s. İstanbul.
- Erol, O., 1999, A geomorphological study of the Sultansazlığı lake, central Anatolia. Quaternary Science Reviews 18 (1999) 647-657.
- Goudie, A.S., (ed), 2004, Encyclopedia of Geomorphology, Volume 1, 577 p.
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Radicati, F. and Villari, L., 1975, The Neogene calc-alkaline volcanism of Central Anatolia; Geochronological data on Kayseri-Niğde area. Geol. Mag., 112/4, 349-360.
- Moore, I.D., Grayson, R.B., Ladson, A.R., 1991, Digital terrain modeling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. Hydrological Processes, 5, 3-30.
- Oberlander, T.M., 1989, Slope and pediment systems, in D.S.G. Thomas (ed.) Arid Zone Geomorphology, 56-84, London: Belhaven.
- Pasquare, G., 1968, Geology of the Cenozoic volcanic area of Central Anatolia. Atti Della Accad.dei.Lincei, Memorie serie 8, vol.9, fasc.3, Roma.
- Pike.R.J. and Dikau, R., (eds),1995, Geomorphometry, Zeitschrift für Geomorphologie N.F. Supplementband 101.
- Pike.R.J., 2000, Geomorphometry-diversity in quantitative surface analysis, Progress in Physical Geography 24,1-20.
- Sür, Ö., 1966, Nevşehir ve Ürgüp çevresinde jeomorfoloji araştırmaları. Coğrafya Araş.Derg.1, Ankara.
- Wilson, J.P., Gallant, J.C., 2000, Terrain analysis principles and applications. John Wiley and Sons, Inc., Canada, 479 p.

Yazar Özgeçmişi

Tolga Görüm 1 Ocak 1980 Muş doğumludur. 1999-2003 yılları arasında İstanbul Üniversitesi, Coğrafya Bölümü'nde lisans eğitimi gören yazar, 2003 yılında Jeomorfoloji alanında gene aynı bölümde yüksek lisans eğitimine başladı ve 2005 yılında da Yıldız Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri Araştırma Merkezinde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2006 yılında başladığı doktora eğitimi sürmekte olan yazar halen Yıldız Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri Araştırma Merkezinde çalışmalarına devam etmektedir.