



## Akarsular üzerindeki antropojenik yapıların kıyı çizgisi üzerindeki etkisi: Dalaman Çayı

Ersin Ateş<sup>\*1</sup>, Murat Gül<sup>2</sup>, Güncel Sarıman<sup>3</sup>, İliya Bauchı Danladı<sup>2</sup>

1 Ankara Üniversitesi, Ayaş Meslek Yüksekokulu, Coğrafi Bilgi Sistemleri Programı, Ankara, Türkiye, [ersinates48@gmail.com](mailto:ersinates48@gmail.com)

2 Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Muğla, Türkiye, [muratgul@mu.edu.tr](mailto:muratgul@mu.edu.tr), [iliyadbauchi@yahoo.com](mailto:iliyadbauchi@yahoo.com)

3 Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilişim Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Muğla, Türkiye, [guncelsariman@mu.edu.tr](mailto:guncelsariman@mu.edu.tr)

Kaynak Göster: Ateş, E., Gül, M., Sarıman, G., & Danladı, İ. B. (2024). Akarsular üzerindeki antropojenik yapıların kıyı çizgisi üzerindeki etkisi: Dalaman Çayı. *Geomatik*, 9 (2), 245-258

<https://doi.org/10.29128/geomatik.1434927>

### Anahtar Kelimeler

CBS  
Kıyı erozyonu  
Pearson korelasyonu  
DSAS  
WLR

### Araştırma Makalesi

Geliş: 10.02.2024  
Revize: 17.03.2024  
Kabul: 20.03.2024  
Yayınlanma: 15.08.2024



### Öz

Kıyı bölgeleri, deniz ticareti, turizm ve milyarlarca insanın evi olması bakımından hayati öneme sahiptir. Son zamanlarda kıyıları, küresel ısınma ve antropojenik etkilerden dolayı stres altında kalmıştır. Doğal ve antropojenik etkilerin kıyı bölgelerindeki etkilerini en iyi kısa nehirleri ve küçük drenaj alanları olan bölgelerden elde edilen verilerle açıklamak mümkündür (örneğin Dalaman Çayı). Dalaman Kıyısı, Güneybatı Türkiye'de popüler bir yaz turizmi destinasyonlarından biridir. Bu kıyıda kıyı çizgisi değişiklikleri, Weighted Linear Regression (WLR) analizi ve Digital Shoreline Analysis System (DSAS) kullanılarak belirlenmiştir. 30 yıl boyunca yağış, sıcaklık ve akım ile kıyı çizgisi değişiklikleri arasındaki ilişki, Pearson korelasyonu kullanılarak belirlenmiştir. 1989 ile 1999 doğal faktörlerin etkili olduğu bu dönemde tüm kıyı çizgisi ortalama -1.54 m kadar kabul edilebilir bir miktar gerilemiştir. 1999'da işletmeye alınan göletin ardından, tüm kıyı çizgisi 2000 ile 2010 yılları arasında ortalama -6.89 m, 2011 ile 2019 yılları arasında, tüm kıyı çizgisi ortalama -10.42 m gerilemiştir; bu, Akköprü Barajı'nın (2011'de işletmeye alınması) ve göletin sediment tutması sonucudur. Korelasyon analizinde, kıyı çizgisi doğal faktörlerin etkisi altındayken güçlü bir korelasyon gösterirken, Akköprü Barajı'nın devreye alınmasından sonra bu ilişki yaklaşık %50 oranında zayıflamıştır. Bölgede sürdürülebilir yaz turizmi ve tarım faaliyetlerini gerçekleştirmek için kıyı hattının, drenajın sürekli izlenmesi ve kıyı alanına dengeli müdahale yapılması gerekmektedir.

## The effect of anthropogenic structures on the shoreline: Dalaman Stream

### Keywords

GIS  
Coastal erosion  
Pearson correlation  
DSAS  
WLR

### Research Article

Received: 10.02.2024  
Revised: 17.03.2024  
Accepted: 20.03.2024  
Published: 15.08.2024

### Abstract

Coastal regions are vital for maritime trade, tourism and home to billions of people. Recently, coasts have been under stress from global warming and anthropogenic impacts. The effects of natural and anthropogenic impacts on coastal areas can be best explained by data from regions with short rivers and small drainage areas (e.g. the Dalaman River). The Dalaman Coast is a popular summer tourism destination in southwestern Turkey. Shoreline changes on this coast were identified using Weighted Linear Regression (WLR) analysis and Digital Shoreline Analysis System (DSAS). Over 30 years, the relationship between rainfall, temperature and discharge and shoreline changes was determined using Pearson correlation. Between 1989 and 1999, the entire shoreline receded by an acceptable average of -1.54 m during this period of natural factors. Following the commissioning of the reservoir in 1999, the entire shoreline receded by an average of -6.89 m between 2000 and 2010, and by an average of -10.42 m between 2011 and 2019, the result of sediment retention by the Akköprü Dam (commissioning in 2011) and the reservoir. In the correlation analysis, the shoreline was strongly correlated when it was under the influence of natural factors, but this relationship weakened by about 50% after the commissioning of the Akköprü Dam. In order to realize sustainable summer tourism and agricultural activities in the region, continuous monitoring of the shoreline, drainage and balanced intervention in the coastal area is required.

## 1. Giriş

Mega kentler ve dünya nüfusunun yarısından fazlası kıyı bölgelerinde yerleşiktir (Adger ve ark., 2005; Bird, 2008; Davidson Arnott, 2019; Gül ve ark., 2017). Türkiye'de nüfusun yaklaşık %54'ü kıyılarda yaşamakta ve gayrisafi milli hasılanın %60'ı kıyı bölgelerinde üretilmektedir (Simav ve ark., 2015). Kıyılar, önemli insan altyapılarına, ekosistemlere ve dünya nüfusunun büyük bir kısmına ev sahipliği yapan, kara ve deniz-okyanus arasındaki alanlardır (Adger ve ark., 2005; Martínez ve ark., 2007; Mentaschi ve ark., 2018). Akarsular tarafından sağlanan sediment ve tatlı su, kıyı alanlarının sıcaklığını, tuzluluğunu, bulanıklığını, ışık geçirgenliğini ve ekosistemlerini etkiler (Gül ve ark., 2008, 2009, 2020; Danladi ve ark., 2017, 2020). Ayrıca kıyılar için antropojenik etkilerin başında gelen barajlar, bulunduğu ortamın bitki değişimine ve nemliliğine de etki edebilmektedir (Aykut, 2019; Sarp ve Erener, 2017).

Kıyı çizgisi değişimi (ilerleme veya geri çekilme), sediment girdisi-kıyı birikimi ve sediment çıkışı-kıyı erozyonu arasındaki denge sediment bütçesi ile ilgilidir (Rosati, 2005; Pranzini ve Williams, 2021). Sediment bütçesi, akarsular tarafından taşınan sediment, kıyı akıntıları ve dalga hareketi gibi doğal faktörlerin yanı sıra açık deniz ve kıyı madenciliği, liman ve dalgakıran inşaatı ve barajlar gibi insan faaliyetlerinden de etkilenmektedir (Rosati, 2005; Yuhi, 2008; Pranzini ve Williams, 2021; Das ve Dhorde, 2022). Akarsu tarafından taşınan su ve sediment miktarı doğal olarak drenaj havzasının iklimsel özelliklerinden etkilenmektedir (Boateng ve ark., 2012; Yang ve ark., 2015; Pranzini ve Williams, 2021). Tatlı su ve sediment gibi süreçlerin yanı sıra antropojenik faaliyetlerde (akarsu üzerinde baraj, gölet, kıyıda liman-iskele-dalgakıran vb.) kıyı alanları üzerinde etkili olmaktadır (Bird, 2008; Davidson Arnott, 2019; Yılmaz ve ark., 2023).

Küresel ısınma olayları akarsu drenaj havzasında kuraklıklara (daha düşük yağış) ve sıcaklık artışlarına neden olmaktadır (IPCC, 2014). IPCC (2014) raporuna göre, küresel ısınma nedeniyle kutuplardaki buzulların erimesi ve okyanus su hacminin genişlemesi, deniz seviyesinin yükselmesine katkıda bulunan iki faktördür. Barajlar, nehrin akım oranını ve sediment yükünü etkin bir şekilde kontrol ederler. Akarsu sedimentlerinin kıyı şeridine ulaşmasını engelleyerek kıyı erozyonunu hızlandırır ve diğer taşkın kontrol önlemleri yoluyla kıyıya ulaşması gereken sediment rezervuarlarda tutulur (Yuhi, 2008; Walling 2012; Piqué ve ark., 2017; Pranzini ve Williams, 2021). Buna ek olarak, nehrin askıdaki yükü ve yatak yükü barajın ardından önemli ölçüde azalır (Piqué ve ark., 2017). Bu senaryo, Nil Nehri üzerindeki Aswan Barajı'ndan önce ve sonra yapılan gözlemler ve ölçümlerle Mısır'ın Akdeniz kıyısında kanıtlanmıştır (Sharaf El Din, 1977). Benzer bir gözlem, Akosombo Barajı nedeniyle Gana kıyısında da kaydedilmiştir (Boateng ve ark., 2012). Kıyı çizgisindeki değişiklikler hava fotoğrafları, uydu görüntüleri ve LIDAR kullanılarak yapılan doğrudan ölçümlerle tespit edilebilmektedir (Rosati, 2005; Rajawat ve ark., 2015).

Barajların akarsular üzerindeki etkisi ve buna bağlı kıyı çizgisi değişiklikleri arasındaki bağlantıya daha fazla dikkat edilmelidir. Ayrıca, değişkenler arasındaki

bağlantının istatistiksel gösterimleri, insanların bunları anlamasına ve kıyı koruması için kritik önlemler almasına yardımcı olacaktır. İki değişken arasındaki ilişki miktarı, ikili veya basit korelasyon olarak bilinen korelasyon teknikleri ile hesaplanır. Çoklu korelasyonlar, iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkilerdir; bu ilişkilerden biri sabittir ve diğer değişkenlerle olan bağlantısı kısmi korelasyon yaklaşımları kullanılarak hesaplanır (Bekiroğlu ve Sevinç, 2020).

Türkiye'nin güneybatı kıyıları yerel ve küresel sorunlardan etkilenmektedir. Son zamanlarda hem doğal hem de insan kaynaklı faktörler bu bölge kıyılarını etkilemektedir (Gül ve ark., 2019). Önceki kıyı değişiklikleri, (aşırı sediment girdisi nedeniyle kıyı progradasyonunun bir sonucu olarak) karayla çevrili limanların gelişmesine yol açmıştır (Riedel, 1995, 1996; Müllenhoff, 2005; Brückner ve ark., 2006, 2010, 2017). Türkiye'nin güneybatısındaki Dalaman Çayı da benzer bir siltasyon ve kıyı progradasyonu modeli göstermiştir (Brückner, 1997). Dalaman Çayı ilk dönemlerinde Köyceğiz Gölünün körfez olduğu dönemlerde bu körfez alanından denize dökülmüştür. Daha sonra bu körfez Dalaman Çayı ve diğer akarsuların taşıdığı sedimentlerle dolarak Köyceğiz Gölü ile deniz arasında sadece Dalaman Çayı bağlantısı kalmıştır (Riedel, 1995, 1996; Brückner, 1997). Daha sonra Dalaman Çayı son deltasını oluşturmaya başlamıştır (Riedel, 1995, 1996; Brückner, 1997). Günümüzde Dalaman Kıyıları, Akdeniz tabanının dalma-batma zonunda meydana gelen depremler ve volkanlar nedeniyle tsunami baskısı altındadır (Altınok ve Ersoy, 2000; Altınok, 2005; Yalçın ve ark., 2005). Denizel, karasal ve iklimsel kökenli doğal süreçler Dalaman Deltası'nın kıyı alanlarını etkilemektedir. Buna ek olarak, Dalaman Deltası'nın kıyı sedimentasyonu, küçük bir drenaj alanına ve kısa bir ulaşım yoluna sahip olan Dalaman Çayı üzerindeki nispeten küçük bir baraj rezervuarından etkilenmektedir. Bu nedenlerle, Dalaman Çayı üzerindeki antropojenik yapıların (baraj rezervuar alanı ve gölet) Dalaman kıyı çizgisi üzerindeki etkilerini sıcak, yağış miktarı, akım değerleri arasındaki ilişkiyi ortaya koyması bakımından bir fırsat sunmaktadır.

Dalaman Deltası'nın kıyı dinamiklerinin anlaşılması, hem bölgedeki tarımsal faaliyetlerin korunması hem de yoğun turizm faaliyetlerinin sürdürülebilir olması bakımında çok önemlidir. Bu çalışmada, Dalaman Çayı drenaj alanında yer alan kıyı çizgisini etkileyen faktörlerin kıyı çizgisi üzerindeki etkisi Pearson korelasyonu yöntemi ile incelenmiştir. Kıyı çizgisini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler içerisinde yer alan yıllık toplam yağış miktarı, yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık ortalama akım değerleri analiz edilerek kıyı çizgisi değişimi ile olan ilişkisi ortaya konmuştur. Kıyı çizgisi değişimlerini etkileyen faktörlerin araştırılması ve matematiksel olarak ortaya konması konuları zayıf kaldığından bu çalışma ile bu tip faktörlerin değerlendirilmesi kıyı koruması ve planlaması açısından büyük önem arz etmektedir. Dalaman Çayının döküldüğü kıyı üzerindeki kıyı dinamiklerinin zamansal değişiklikleri ortaya çıkarılmış, bu değişkenlerin kıyı dinamikleri üzerindeki etkisi matematiksel olarak ortaya konulmuştur. Dalaman kıyısının kıyı çizgisi, diğer kıyı alanlarında olduğu gibi,



kıyının sürdürülebilir yönetimi, kıyı alanının sürekli izlenmesine ve kıyı erozyonu gibi tehditlere karşı dikkatli olunmasına bağlıdır. Parametrelerin değerlendirilmesi için ilk olarak Dalaman kıyı çizgisi tespit edilmiştir. Bunun için Landsat uydu görüntülerinden faydalanılarak belirlenen zaman aralığındaki (1989-2018) her yıl için kıyı çizgisi vektör veri formatına dönüştürülmüş ve tüm kıyının ortalama, maksimum ve minimum mesafeleri tespit edilerek Weighted Linear Resregression (WLR) analizi yapılmıştır. Sıcaklık ve yağış verilerinin ArcGIS programı ile alansal dağılımları yapılarak belirlenen zaman aralığındaki her yıl için (1989-2018) ortalama değerleri tespit edilmiştir. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünden alınan akım değerleri ile birlikte Pearson Korelasyonu ile aralarındaki ilişki matematiksel olarak ortaya konmuştur.

## 2. Çalışma alanı

Muğla İlinin Ortaca ve Dalaman İlçelerini sınırlayan 11 km uzunluğundaki Akdeniz kıyı bölgesi bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır (Şekil 1, 2). Bu bölge Dalaman Çayı Deltası'dır. KD-GB uzanımlı Dalaman Çayı 483 km'lik küçük bir drenaj alanına sahiptir (Şekil 1). İncelenen kıyının doğusundaki dağlık alanlar drenaj alanını oluşturmaktadır Çayın akışı iki tesis tarafından değiştirilmiştir. Küçük bir sulama göleti ve Akköprü Barajı hidroelektrik santrali sırasıyla 1999 ve 2011 yıllarında inşa edilmiştir. Dalaman Deltasında yerleşim yerleri ve yoğun tarımsal faaliyetler bulunmakta ve yaz

aylarında yoğun turizme ev sahipliği yapmaktadır. Dalaman Havalimanı kıyıya yakın bir diğer önemli ulaşım merkezidir.

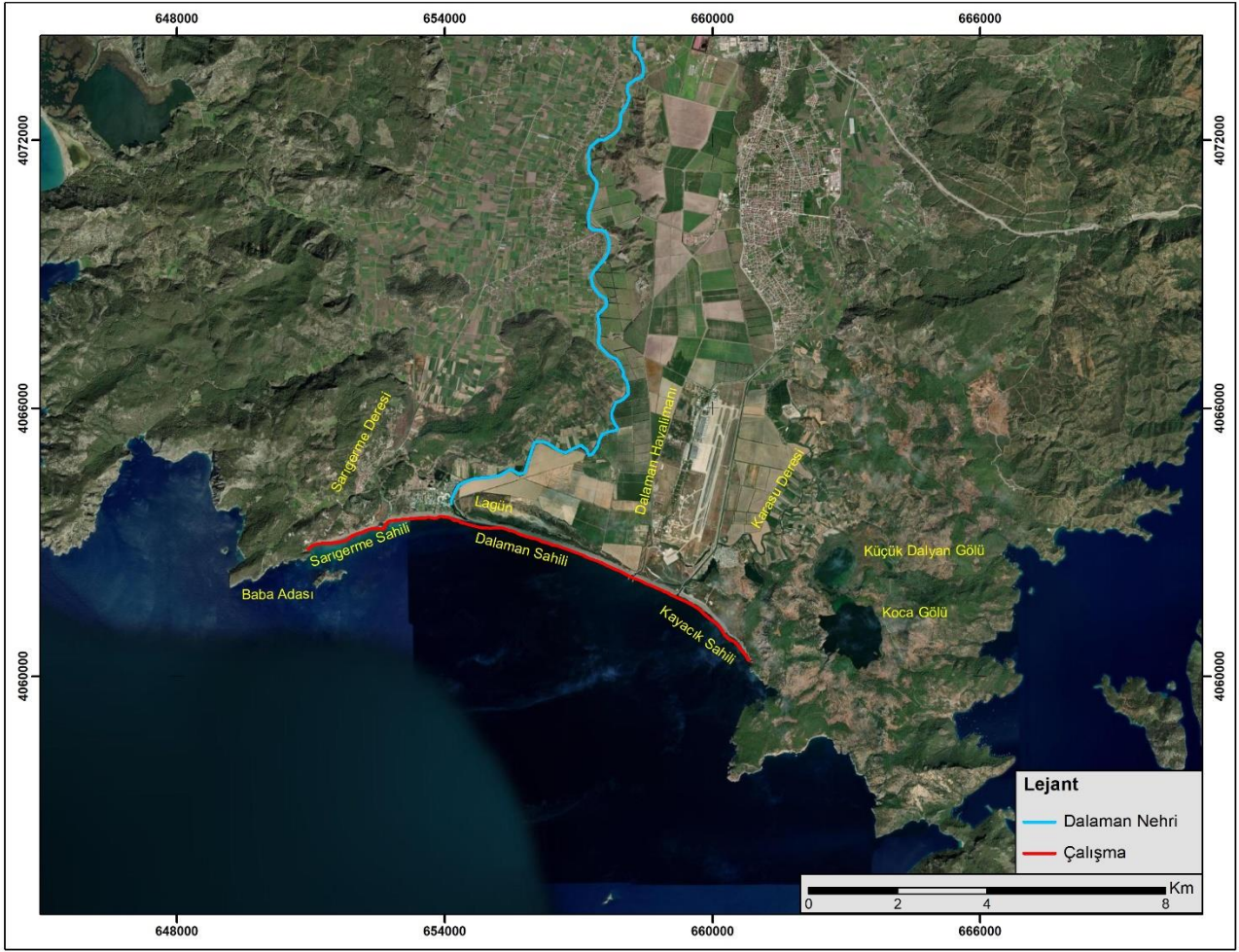
Ortaca ve Dalaman İlçeleri arasında gevşek sedimentlerle dolu geniş bir düzlük alan (flüvyal, delta ve kıyı çökeli mi dahil) bulunmaktadır (Şekil 1). Bu sedimentler, çökelleme alanının kuzey ve kuzeydoğusunda yer alan dağlık kaynak bölgesinden Dalaman Çayı ve diğer küçük akarsular ve yerçekimi ile taşınmıştır. Son zamanlarda Dalaman Çayı bu gevşek sedimentlerin içinden geçerek Akdeniz'e ulaşmaktadır. Düzlük alanın kıyı cephesi üç plaj içermektedir. Bunlar batıdan doğuya doğru Sarıgerme Plajı (ince-orta taneli kum içeren), Dalaman Plajı (merkezde; çakıl içeren) ve Kayacık Plajı (çakıl ve kumlu çakıldan oluşan). Bu plajlar doğrudan açık deniz etkisi altındadır. Sarıgerme Plajı'nın sadece en batı kenarı küçük, kayalık Baba Adası tarafından korunmaktadır (Şekil 2).

Likya Napları, Dalaman Çayı'nın havza bölgesini oluşturmaktadır (Şekil 3). Gülbahar, Tavas ve Bodrum Napları Likya Naplarının alt bölümleridir ve çalışma alanında yer almaktadır. Çoğunlukla çeşitli yaşlı kırıntılı kayaçlar ve karbonat kayaçları içeren sedimentler kayaçlardan oluşurlar. Bu naplar, ofiyolitik ve ofiyolitik melanj içeren Marmaris Ofiyolit Napı tarafından tektonik olarak itilmiştir. Tüm bu yaşlı birimler, Dalaman Çayının delta-fluviyal-kıyı çökelleri de dahil olmak üzere Pliyo-Kuvaterner kırıntılı kayaçlar tarafından uyumsuz olarak üzerlenmektedir (Şenel ve ark., 1994; Şenel, 1997, 2007).



Şekil 1. Dalaman kıyısı, Dalaman Çayı ve drenaj alanının konum haritası.





Şekil 2. Çalışma alanındaki birimlerin uydu görünümü.

### 3. Yöntem

Bu çalışma sırasında Dalaman Çayı kıyı bölgesinin 1988-2019 yılları arasındaki her yıla ait Landsat verileri kullanılmıştır (Tablo 1). Görüntülerin zaman aralığı, akarsu üzerindeki baraj ve göletlerin inşasına ve aynı ayın tekrarının bulunmasına göre belirlenmiştir. Kıyı çizgisi verilerini elde etmek için Landsat 8 OLI, Landsat 7 ETM+ ve Landsat 5 TM uydu görüntüleri kullanılmıştır (Tablo 1). Uydu görüntülerinin radyometrik düzeltmeleri Envi 5.3 programı kullanılarak yapılmıştır. Landsat 7 ETM+ uydu görüntülerinde tarama çizgisi hatası bulunmaktadır (Ihlen ve USGS, 2019). Envi 5.3'ün Gapfill modülü, 2005, 2008, 2009, 2012, 2013 ve 2017 yıllarına ait Landsat 7 ETM+ görüntülerindeki tarama hataları düzeltilerek analize dahil edilmiştir.

Korelasyonda kullanılan veriler aşağıdaki gibidir: 1988-2019 yılları arasındaki aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) Dalaman Meteoroloji İstasyonu'ndan alınmış ve daha sonra yıllık ortalamalara dönüştürülmüştür. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), Akköprü Barajı ve Suçatı Göleti akım izleme istasyonları için 1988-2019 yılları arasındaki aylık akım değerlerini sağlamış ve daha sonra bunların yıllık ortalaması alınmıştır (Şekil 4).

Dalaman Çayı kıyısı, Digital Shoreline Analysis System (DSAS) modülü kullanılarak analiz edilmiştir. DSAS, doğrusal regresyon, ağırlıklı doğrusal regresyon ve uç

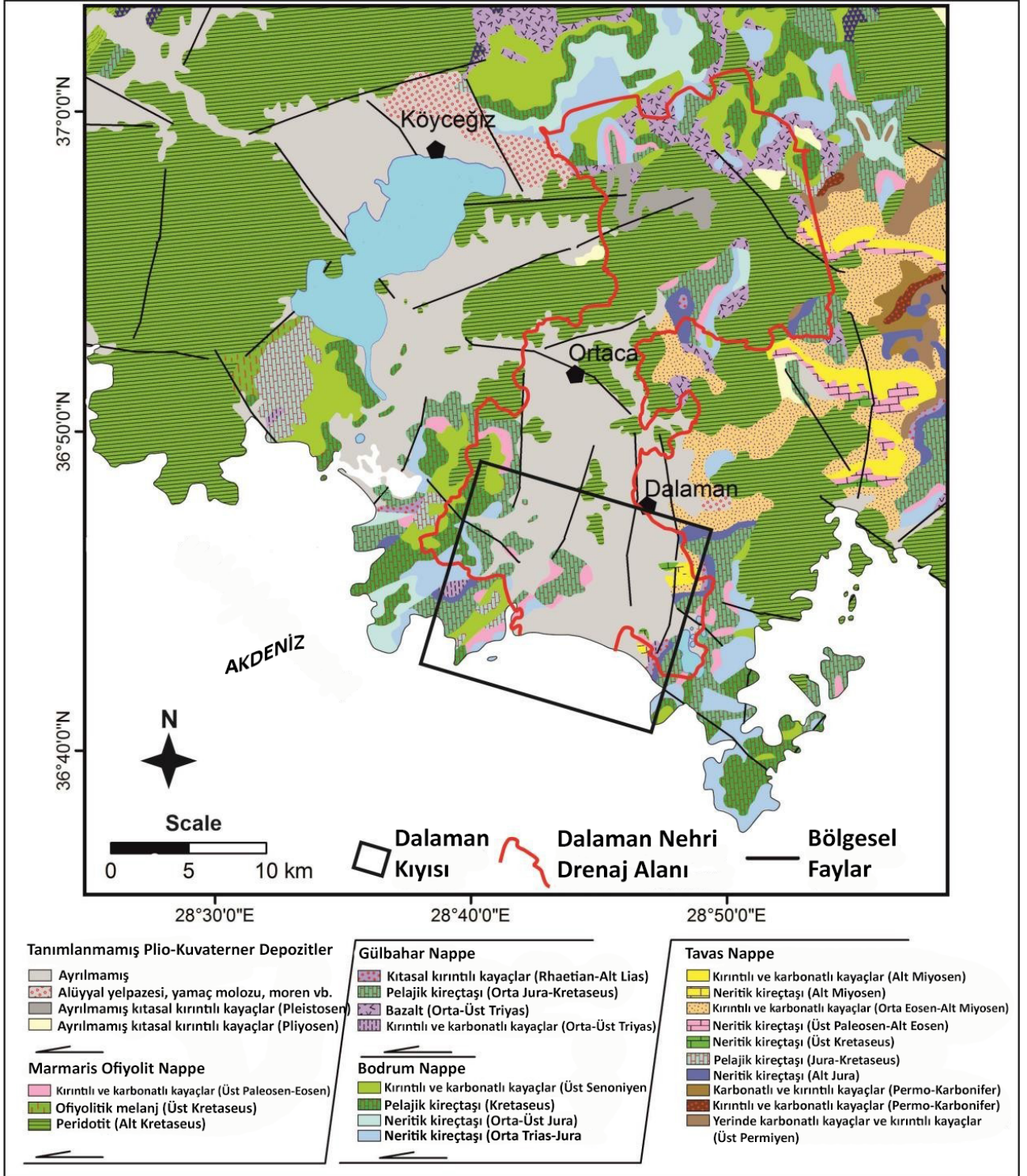
nokta oranı gibi istatistiksel teknikler aracılığıyla kıyı konumundaki değişimi değerlendirmekte ve kıyı çizgisi değişimini ortaya koymaktadır (Himmelstoss ve ark., 2018). DSAS modülünün Ağırlıklı Doğrusal Regresyonu (WLR), güvenilir verilere ekstra ağırlık ve önem verdiği için seçilmiştir (Genz vd., 2007; Himmelstoss ve ark., 2018).

ArcGIS çevrimiçi hizmetlerinde bulunan gelgit aralıklarına ilişkin veriler, AVISO'dan alınan 2014 verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Bu verilere göre Dalaman Çayı'nın bulunduğu bölgede gelgit aralıkları 0,3 m olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamaya göre kıyının bulunduğu bölge Microtidal kategorisine girmektedir (Van Graafeiland, 2014). Çalışma alanımızda yıllık ortalama dalga yüksekliği ise 0,30-0,42 m'dir (Akar ve Akdoğan, 2018). Sonuç olarak, gelgit etkisi ve yıllık ortalama dalga yüksekliği çalışmamız üzerinde çok fazla etkiye sahip olamayacak kadar düşüktür. Bu açıdan çalışma alanının konumu ve kıyı özellikleri barajların etkisini ortaya koymak için oldukça uygundur.

Bu çalışmada, yağış, sıcaklık, akarsu akışı (akım) ve kıyı çizgisi değişiklikleri arasındaki bağlantıyı analiz etmek için Pearson Korelasyon Katsayısı Yöntemi kullanılmıştır. Pearson Korelasyon Katsayısı parametrik bir yöntemdir. Bu yöntem, belirli ön koşulların (sabit değişkenler, normal dağılımlı örneklem dağılımı ve aykırı değerlerin olmaması) karşılanması halinde sürekli değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü ve derecesini belirlemek için kullanılır. İki değişken arasındaki

korelasyon, korelasyon katsayısının belirlenmesi için önemlidir. Her değişken bağımsız olabileceği gibi biri bağımlı diğeri bağımsız da olabilir (Köklü ve ark., 2007). Değişkenin ölçeği, değişkenlerin sürekli ya da süreksiz

olması ve veri setinin doğrusal ya da doğrusal olmaması korelasyon katsayısını etkilemektedir (Bekiroğlu ve Sevinç, 2020).



Pearson korelasyonu doğrusal korelasyonu hesaplamak için kullanılır. Korelasyon katsayısının değeri -1 ile +1 arasında değişir. +1 değeri iki değişken arasında güçlü bir pozitif korelasyon olduğunu gösterirken, -1 değeri güçlü bir ters korelasyon olduğunu gösterir. Korelasyon katsayısı 0'a yaklaştıkça ilişkinin gücü zayıflar ve sıfır değeri iki değişken arasında

doğrusal bir ilişki olmadığını gösterir (Miles ve Barnyard, 2007).

Korelasyon katsayısını hesaplamak için Eşitlik 1 kullanılır (Swinscow, 1997):

$$r = \frac{\sum X_i Y_i - n \bar{X} \bar{Y}}{\sqrt{(\sum X_i^2 - n \bar{X}^2)(\sum Y_i^2 - n \bar{Y}^2)}} \quad (1)$$



$X$  : X Değişkenlerinin Ortalaması,  
 $Y$  : Y Değişkenlerinin Ortalaması,  
 N: Gözlem Sayısı.

Pearson korelasyonunda 0.90/1.00 (-0.90/-1.00) değerleri pozitif veya negatif çok yüksek bir ilişkiyi gösterirken 0.70/0.90 (-0.70/-0.90) değerleri yüksek bir ilişkiyi göstermektedir. 0.50/0.70 (-0.50/-0.70) değerleri orta düzey, 0.30/0.50 (-0.30/-0.50) düşük, 0.00/0.30

(0.00/-0.30) değerleri ise veriler arasında çok düşük bir ilişki olduğunu göstermektedir (Tablo 2) (Mukaka, 2012).

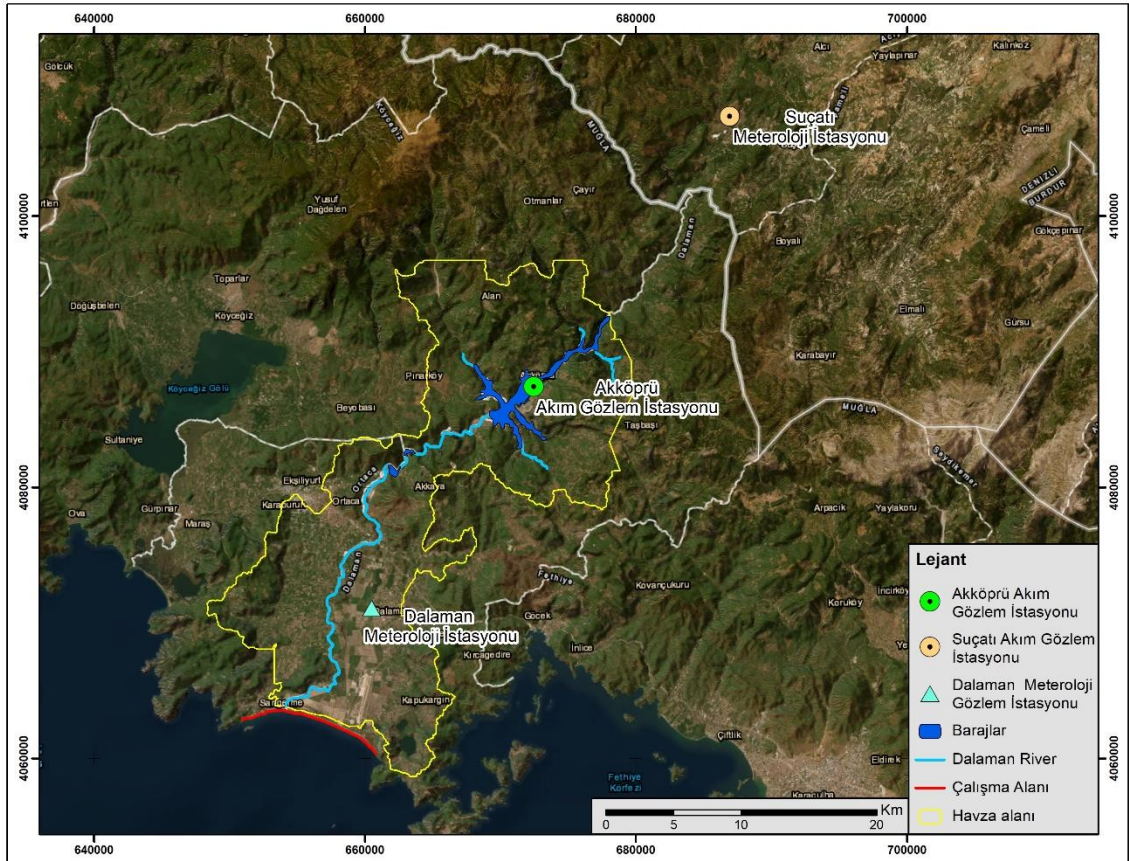
Bu çalışmada, 1989-2019 yılları arasında toplanan veri seti üzerinde Python programlama dili kullanılarak korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Analizlerde bağımlı değişkenler arasındaki ilişkiler bir sıcaklık haritası yardımıyla yayınlanmıştır.

**Tablo 1.** Kıyı çizgisi değişimlerinde kullanılan uydu görüntüleri.

Uydu Sensörü	Tarih	Bant	Uydu Sensörü	Tarih	Bant
Landsat 5 (TM)	02/09/1988	Band 4 - Near Infrared	Landsat 5 (TM)	03/08/2004	Band 5 - Short-wave Infrared
Landsat 5 (TM)	03/15/1989	Band 4 - Near Infrared	Landsat 7 (ETM+)	03/19/2005	Band 8 - Panchromatic
Landsat 5 (TM)	03/18/1990	Band 4 - Near Infrared	Landsat 5 (TM)	02/26/2006	Band 5 - Short-wave Infrared
Landsat 5 (TM)	03/05/1991	Band 4 - Near Infrared	Landsat 5 (TM)	03/01/2007	Band 5 - Short-wave Infrared
Landsat 5 (TM)	03/23/1992	Band 4 - Near Infrared	Landsat 7 (ETM+)	03/27/2008	Band 8 - Panchromatic
Landsat 5 (TM)	03/10/1993	Band 5 - Short-wave Infrared	Landsat 7 (ETM+)	03/14/2009	Band 8 - Panchromatic
Landsat 5 (TM)	02/09/1994	Band 5 - Short-wave Infrared	Landsat 7 (ETM+)	03/17/2010	Band 8 - Panchromatic
Landsat 5 (TM)	02/28/1995	Band 4 - Near Infrared	Landsat 5 (TM)	03/12/2011	Band 4 - Near Infrared
Landsat 5 (TM)	03/18/1996	Band 4 - Near Infrared	Landsat 7 (ETM+)	03/22/2012	Band 8 - Panchromatic
Landsat 5 (TM)	03/05/1997	Band 5 - Short-wave Infrared	Landsat 7 (ETM+)	02/05/2013	Band 8 - Panchromatic
Landsat 5 (TM)	03/08/1998	Band 4 - Near Infrared	Landsat 8 (OLI)	03/20/2014	Band 8 - Panchromatic
Landsat 5 (TM)	03/11/1999	Band 5 - Short-wave Infrared	Landsat 8 (OLI)	03/07/2015	Band 8 - Panchromatic
Landsat 7 (ETM+)	03/21/2000	Band 8 - Panchromatic	Landsat 8 (OLI)	03/25/2016	Band 8 - Panchromatic
Landsat 7 (ETM+)	03/24/2001	Band 8 - Panchromatic	Landsat 7 (ETM+)	03/04/2017	Band 8 - Panchromatic
Landsat 7 (ETM+)	03/27/2002	Band 8 - Panchromatic	Landsat 8 (OLI)	03/31/2018	Band 8 - Panchromatic
Landsat 7 (ETM+)	03/30/2003	Band 8 - Panchromatic			

**Tablo 2.** Pearson korelasyonu (P değerleri).

Korelasyon Aralığı	Açıklama
0.90 - 1.00 (-0.90, -1.00)	Çok Yüksek, Pozitif (Negatif) Korelasyon
0.70 - 0.90 (-0.70, -0.90)	Yüksek, Pozitif (Negatif) Korelasyon
0.50 - 0.70 (-0.50, -0.70)	Orta, Pozitif (Negatif) Korelasyon
0.30 - 0.50 (-0.30, -0.50)	Düşük, Pozitif (Negatif) Korelasyon
0.00 - 0.30 (0.00, -0.30)	Çok Düşük, Pozitif (Negatif) Korelasyon



**Şekil 4.** Meteoroloji istasyonu (Dalaman Meteoroloji İstasyonu) ve akım izleme istasyonları (Akköprü Barajı ve Suçatı göleti akım izleme istasyonları) konumu.

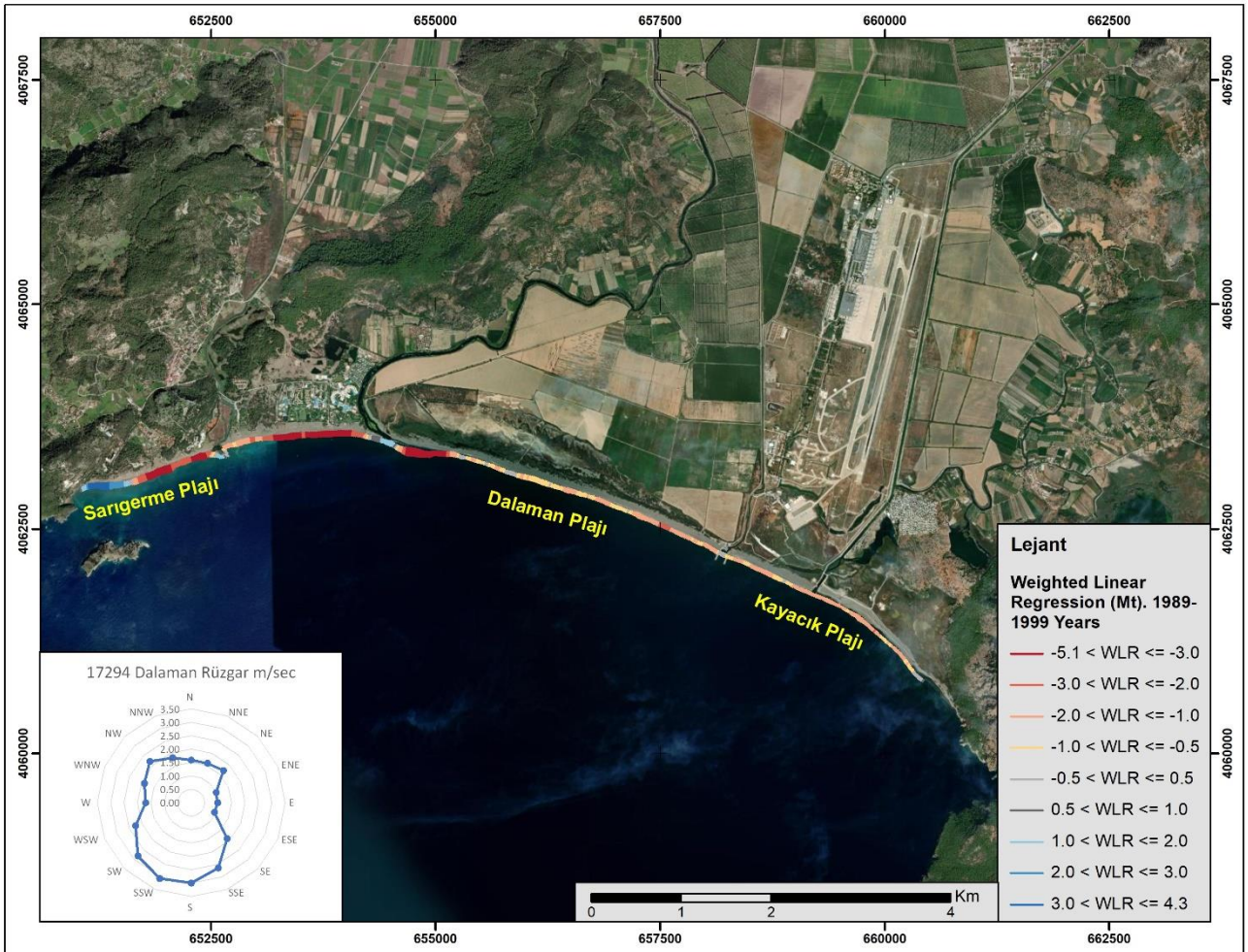
#### 4. Bulgular

Dalaman kıyı çizgisi değişimi üç dönemde incelenmiştir. Dalaman Çayı üzerinde herhangi bir yapı yapının bulunmadığı ve sadece doğal süreçlerin işlediği ilk dönem 1989-1999 yılları arasındadır. İkinci dönem olan 2000-2010 yılları arası 1999 yılında taşkın kontrolü ve sulama amacıyla toplam 0,65 km<sup>2</sup> 'lik gölet inşasının etkisini görebilmek için seçilmiştir. 2011-2019 yılları arasındaki üçüncü dönemde ise 10,8 km<sup>2</sup> rezervuar alanına sahip Akköprü Barajının etkisini ortaya koyabilmek için seçilmiştir. Sıcaklık, yağış ve dere akış-akım verileri (Tablo 1) bu dönemlere göre ayrıştırılarak değerlendirilmiştir. DSAS modülünde kıyı çizgisi değişimlerini ortaya koymak için 10,38 km uzunluğundaki kıyı boyunca 20 m aralıkla toplam 521 transekt çizilmiştir. Bu transektlerdeki kıyı geometrisinden kaynaklanan çakışmalar giderilerek düzeltmeler yapılmıştır. 1988 kıyı çizgisi temel alındığında, 2019'daki net kıyı çizgisi değişikliği -12,35 m'dir (regresyon, kıyı erozyonu). 1988 kıyı çizgisi temel alındığında, otuz yıllık ortalama kıyı çizgisi değişimi ise (1989-2019) -6,02 m'dir (otuz yıllık ortalama).

Dalga erozyonu kıyı erozyonunu etkileyen mekanizmalardan biridir. Rüzgâr, dalgaların yönünü ve büyüklüğünü etkileyen birincil bileşendir. Çalışma alanının konumu göz önünde bulundurulduğunda, bölge kuzeybatı-güneydoğu yönünde 1,95 m/s'lik bir hızla yoğun bir şekilde maruz kalmaktadır (Şekil 5).

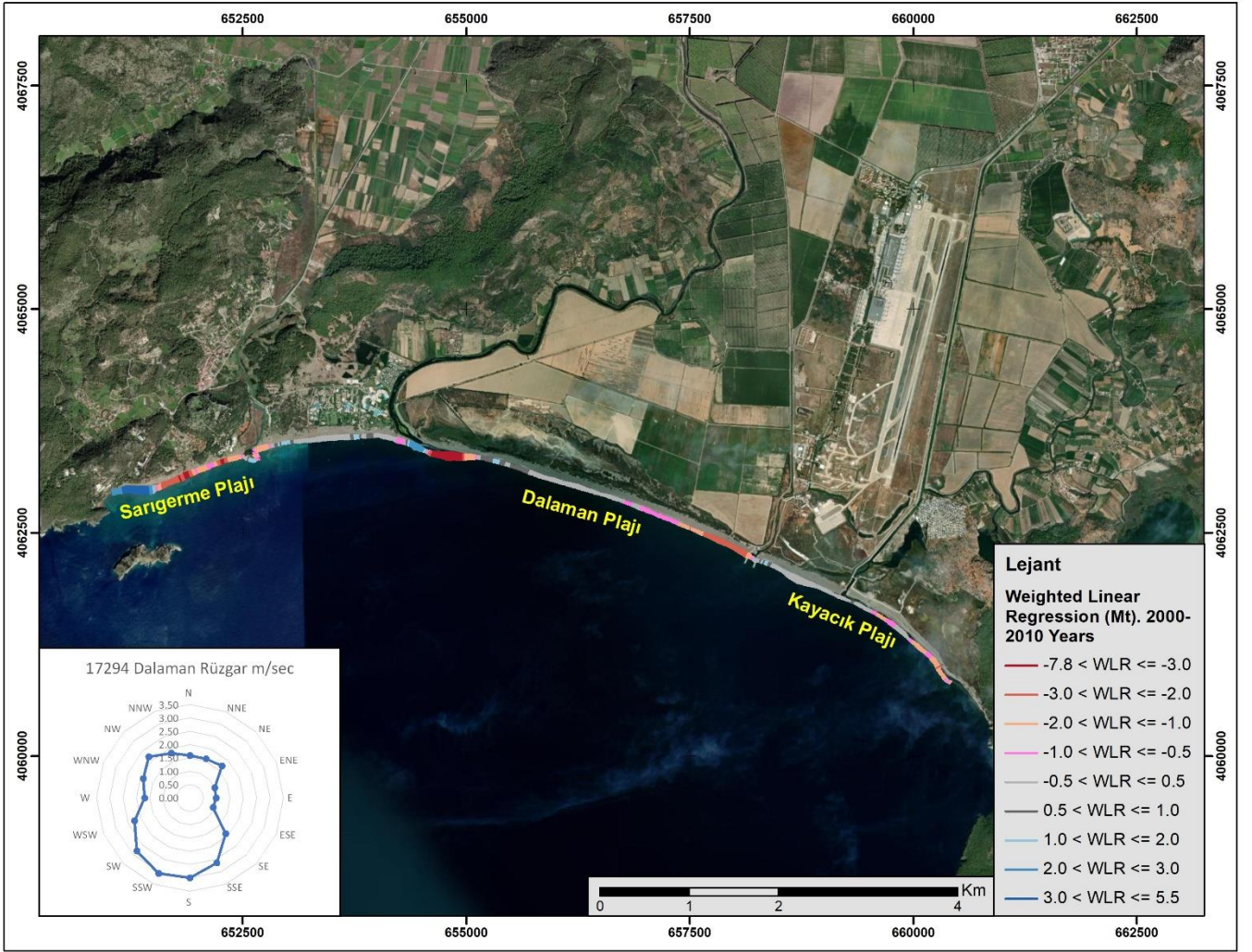
Dalaman ve Kayacık plajları 1989 ve 1999 yılları arasında Sarıgerme Plajı'na göre daha az kıyı erozyonu meydana gelmiştir. Sarıgerme Plajı'nın en batı ucunda, Dalaman Çayı'nın ağzından gelen sediment girişi ve bir adacık (Baba Adası) tarafından engellenen dalga erozyonu nedeniyle kıyıda agradasyon meydana gelmiştir. Bu dönemde insan yapımı herhangi bir yapı bulunmadığından, doğal faktörler altında normal bir kıyı erozyonu gerçekleşmiştir. Yıllık kıyı çizgisi değişim verilerine göre, tüm Dalaman kıyısında 10 yıl boyunca gerçekleşen (1989 ve 1999 yılları arasında) ortalama kıyı erozyonu miktarı -1,5 m iken bu miktar Akköprü Barajı yapıldıktan sonra -8,5 m olarak gerçekleşmiştir. Dalaman kıyısında bu dönem içerisinde gerçekleşen en fazla kıyı erozyonu miktarı -65.62 m ile 1993'te, en fazla kıyı birikimi ise 64.26 m ile 1996'da gerçekleşmiştir (Tablo 2).

1989-1999 yılları arasında DSAS ile yapılan WLR analizine göre Sarıgerme Plajı'nın batı kıyısında gerçekleşen kıyı birikimi ortalama 3/4.3 m olarak gerçekleşirken plajın Dalaman Çayı'nın ağzına yakın olan kesiminde ise -3/-5.1 m'lik kıyı erozyonu gerçekleşmiştir. Dalaman Plajının batı kıyısında ise Sarıgerme Plajı'nda olduğu gibi -3/-5.1 m'lik kıyı erozyonu gerçekleşirken Dalaman Plajı'nın doğu kesiminde ve Kayacık Plajı'nda ise dalaman -0.5/-2 m'lik kıyı erozyonu gerçekleşmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. DSAS ve WLR analizine göre 1989 ve 1999 yılları arasındaki kıyı çizgisi değişimini gösteren harita.





**Şekil 6.** DSAS ve WLR analizine dayalı olarak 2000 ve 2010 yılları arasındaki kıyı çizgisi değişimini gösteren harita.

2000-2010 yılları arasındaki DSAS WLR analizi, kıyı gelişiminin bu dönem içerisinde karmaşık hale geldiğini göstermektedir. Kıyının Sarıgerme Plajı ile karşılaştırıldığında, Dalaman Plajı ve Kayacık Plajı kıyıların kıyı değişimi bakımından daha istikrarlı ve daha az değişkenliğe sahip olduğu görülmektedir. Sarıgerme Plajı'nın batısında ortalama 3/5.5 m'lik kıyı birikimi söz konusu iken plajın doğu kesiminde -3/-7.8 m'ye kadar kıyı erozyonu tespit edilmiştir (Şekil 6).

2000-2010 yılları arasındaki ortalama tüm kıyı boyunca gerçekleşen ortalama erozyon miktarı -6,89 m'dir. Kıyı erozyonunun en fazla gerçekleştiği bölgede -64,99 m'lik (2006'da) kıyı erozyonu gerçekleşmiştir. En fazla gerçekleşen kıyı birikimi ise 79,96 m (2008'de) olmuştur. Dalaman Kıyısının tamamında gerçekleşen kıyı çizgisi değişimi 6,89 m olarak tespit edilmiştir (Tablo 2).

Akköprü Barajı'nın 2011 yılında faaliyete geçmesinden sonra, 2011-2019 yılları arasındaki 8 yıllık dönemde kıyı çizgisi değişiklikleri tamamen düzensiz hale gelmiştir. WLR analizine göre Sarıgerme Plajı'nın batı kenarında kıyı erozyonu -3/-7.6 m arasında değişirken, Dalaman Çayı'nın ağız kısmında da aynı miktarda kıyı erozyonu meydana gelmiştir. Sarıgerme Plajı'nın en batısında 3-5.5m'lik birikim süreçleri yerini -3/-7.6 m'lik kıyı erozyonuna bırakmıştır (Şekil 7). Dalaman Çayının ağız kısmı haricinde Dalaman ve

Kayacık plajlarının kıyı çizgisi değişimi -2/1 m arasında değişmektedir (Şekil 7). 1989-1999 ve 2000-2010 Dönemleri ile karşılaştırıldığında kıyı birikimi gerçekleşen Sarıgerme Plajı'nın kıyı erozyonuna dönüştüğü, Kayacık Plajı'nda gerçekleşen -1/-0.5 arasında değişen kıyı erozyonunun -3/-7.6 m arasında gerçekleşerek kıyı erozyonunun arttığı tespit edilmiştir (Şekil 7). Yıllık ortalama kıyı çizgisi değişimlerine göre, 2011 ile 2019 yılları arasındaki 8 yıllık dönemde tüm kıyıda gerçekleşen kıyı çizgisinin genel ortalaması -10.42 m iken, maksimum gerçekleşen erozyon -89.97 m ile 2016 yılında gerçekleşmiştir. Kıyıda gerçekleşen maksimum birikim ise 64.91 m ile 2011 yılında gerçekleşmiştir (Tablo 3).

Dalaman Kıyı çizgisinin 30 yıllık genel eğilimi kıyıda erozyon gerçekleştiği yönündedir. Kıyı çizgisinin her yıl ortalama -0.48 m çekildiği tespit edilmiştir (Şekil 8).

DSAS analizinin ardından, kıyı çizgisi değişimi ile doğal süreçler arasındaki ilişkiyi belirlemek için Pearson Korelasyon Analizi kullanılmıştır. Tablo 1'deki verilere dayanan Pearson Korelasyon Analizi sonuçları Tablo 4'te sunulmuştur. Sadece doğal süreçlerin aktif olduğu 1989-1999 döneminde drenaj alanındaki kıyı çizgisi değişimi ile yağış arasında 0.71'lik, akarsu akımı arasında 0.46'lık doğrusal bir ilişki ve sıcaklık arasında -0.26'lık doğrusal olmayan ters bir ilişki vardır (Tablo 4).



**Tablo 3.** 1988 yılına göre gerçekleşen kıyı değişimleri ve pearson analizinde kullanılan veriler.

Yıllar	Dalaman Kıyısının Yıllık Ortalama Kıyı Çizgisi (m)	Minimum Kıyı Değerleri (m)	Maximum Kıyı Değerleri (m)	Sıcaklık (°C)	Ortalama Toplam Yağış (mm)	Akım Değerleri (m <sup>3</sup> /s)
1989	2.99	-26.53	30.61	18.17	57.37	19.64
1990	13.21	-45.39	46.34	18.27	52.68	20.25
1991	-1.06	-41.14	35.03	18.39	93.57	17.13
1992	3.64	-27.47	34.91	17.48	63.82	25.01
1993	-4.55	-65.62	44.86	18.41	78.43	29.87
1994	-4.26	-45.96	35.21	18.97	101.24	22.76
1995	-1.18	-47.64	47.48	18	66.47	59.74
1996	-9.01	-38.18	64.26	17.93	126.6	30.78
1997	-7.58	-36.31	46.82	17.91	120.62	44.07
1998	-1.81	-41.54	31.46	19.24	126.54	50.51
1999	-7.39	-36.71	28.55	19.68	81.34	70.22
2000	-3.76	-30.05	46.81	18.64	75.54	40.51
2001	-5.37	-48.36	23.52	18.89	124.3	44.76
2002	-2.54	-43.69	22.89	18.19	96.21	42.61
2003	-2.46	-42.81	27.88	18.58	104.29	58.33
2004	-12.43	-48.58	44.73	18.2	94.77	42.81
2005	-4.52	-44.72	45.33	17.74	77.96	23.96
2006	-15.79	-64.99	57.81	17.74	75.93	32.13
2007	-11.26	-56.69	57.47	18.95	100.37	39.38
2008	0.03	-40.55	79.96	19.1	82.49	19.17
2009	-11.63	-53.92	32.71	19.68	162.37	49.37
2010	-6.03	-58.66	43.96	20.26	83.83	46.21
2011	-3.99	-56.61	64.91	18.81	104.06	13.89
2012	-9.82	-43.25	45.24	17.51	64.17	12.79
2013	-2.17	-52.9	39.8	18.93	72.07	8.12
2014	-9.43	-55.18	42.94	18.9	111.61	7.93
2015	-12.35	-80.37	36.67	18.64	118.36	19.48
2016	-19.26	-89.97	25.21	18.98	63.3	7.31
2017	-13.06	-52.05	24.96	18.93	92.35	6.04
2018	-11.34	-67.01	28.26	19.81	72.64	4.79
2019	-12.35	-79.96	18.01	19.14	126.17	NA

**Tablo 4.** Kıyı çizgisi değişimi ile sıcaklık, yağış ve akarsu akımı arasındaki ilişkiyi gösteren Pearson Korelasyon analiz sonuçları.

1989-1999 Yılları Arasındaki Korelasyon	Yıllık ortalama kıyı değişimi (m)	Sıcaklık (°C)	Yağış miktarı (mm)	Akarsu akışı Deşarj (m <sup>3</sup> /s)
Yıllık ortalama kıyı değişimi (m)	1.00	-0.26	-0.71	-0.46
Sıcaklık (°C)	-0.26	1.00	0.22	0.46
Yağış miktarı (mm)	-0.71	0.22	1.00	0.20
Akarsu akışı Deşarj (m <sup>3</sup> /s)	-0.46	0.46	0.20	1.00
2000-2010 Yılları Arasındaki Korelasyon	Yıllık ortalama kıyı değişimi (m)	Sıcaklık (°C)	Yağış miktarı (mm)	Akarsu akışı Deşarj (m <sup>3</sup> /s)
Yıllık ortalama kıyı değişimi (m)	1.00	-0.12	-0.21	-0.11
Sıcaklık (°C)	-0.12	1.00	0.42	0.34
Yağış miktarı (mm)	-0.21	0.42	1.00	0.53
Akarsu akışı Deşarj (m <sup>3</sup> /s)	-0.11	0.34	0.53	1.00
2011-2019 Yılları Arasındaki Korelasyon	Yıllık ortalama kıyı değişimi (m)	Sıcaklık (°C)	Yağış miktarı (mm)	Akarsu akışı Deşarj (m <sup>3</sup> /s)
Yıllık ortalama kıyı değişimi (m)	1.00	-0.11	-0.07	-0.21
Sıcaklık (°C)	-0.11	1.00	0.16	-0.54
Yağış miktarı (mm)	-0.07	0.16	1.00	0.04
Akarsu akışı Deşarj (m <sup>3</sup> /s)	-0.21	0.54	0.04	1.00

2000 ve 2010 yılları arasında (gölet inşasından sonra) kıyı çizgisi ile incelenen faktörler arasındaki ilişki azalmaya başlamıştır. Kıyı çizgisi değişimi ile drenaj alanındaki yağış miktarı arasında 0.21'lik, akarsu akımı arasında 0.11'lik doğrusal bir ilişki ve sıcaklık arasında ise -0.12'lik doğrusal olmayan ters bir ilişki bulunmaktadır (Tablo 4).

2011 ve 2019 yılları arasında, Akköprü Barajı'nın işletmeye alınmasından sonra, kıyı çizgisi ile incelenen faktörler arasındaki ilişki dengesi bozulmuştur. Kıyı çizgisi değişimi ile drenaj alanındaki yağış arasında

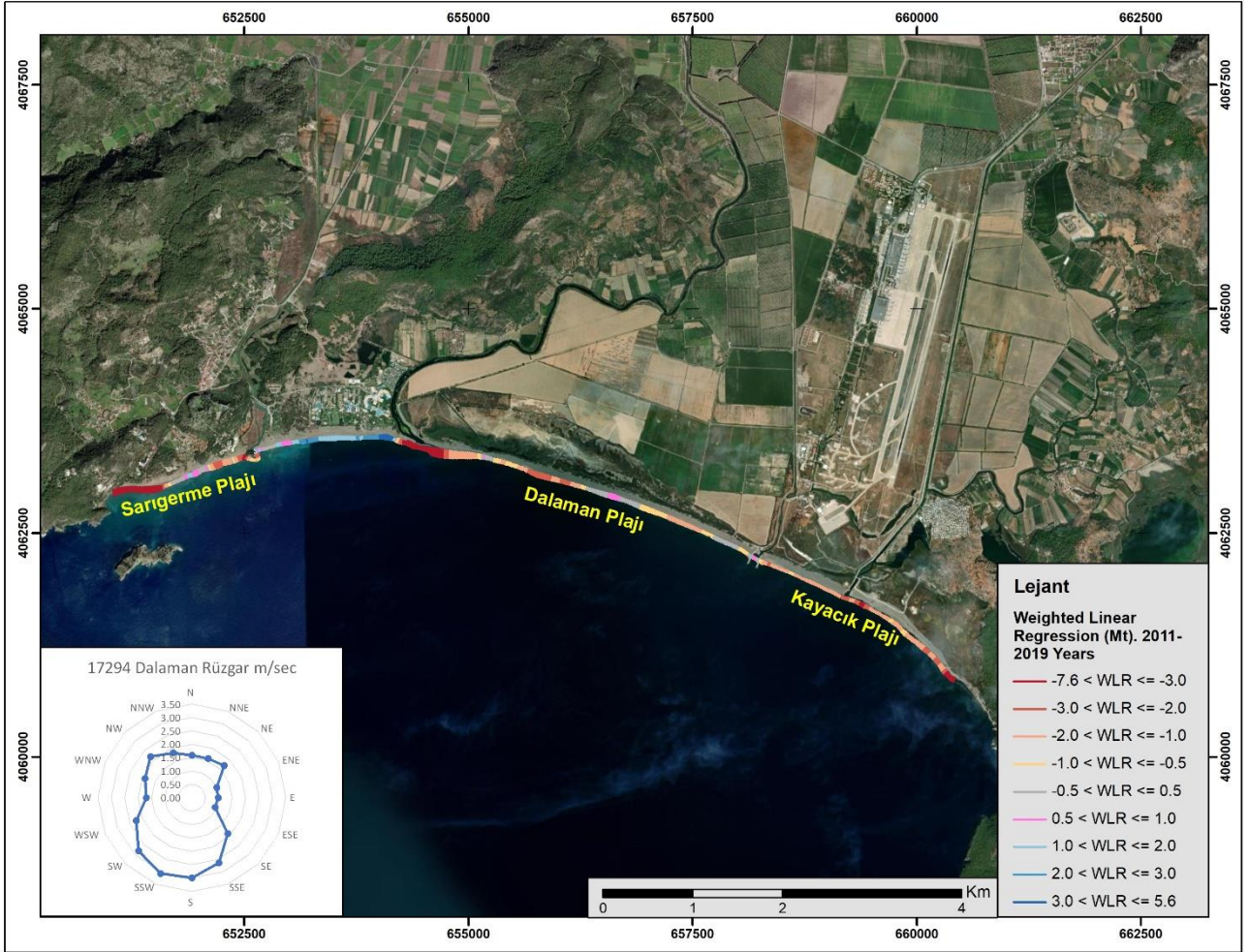
0.07'lik, akarsu akımı arasında 0.21'lik doğrusal bir ilişki bulunurken sıcaklık arasında -0.11'lik doğrusal olmayan ters bir ilişki tespit edilmiştir (Tablo 4).

## 5. Sonuçlar ve tartışma

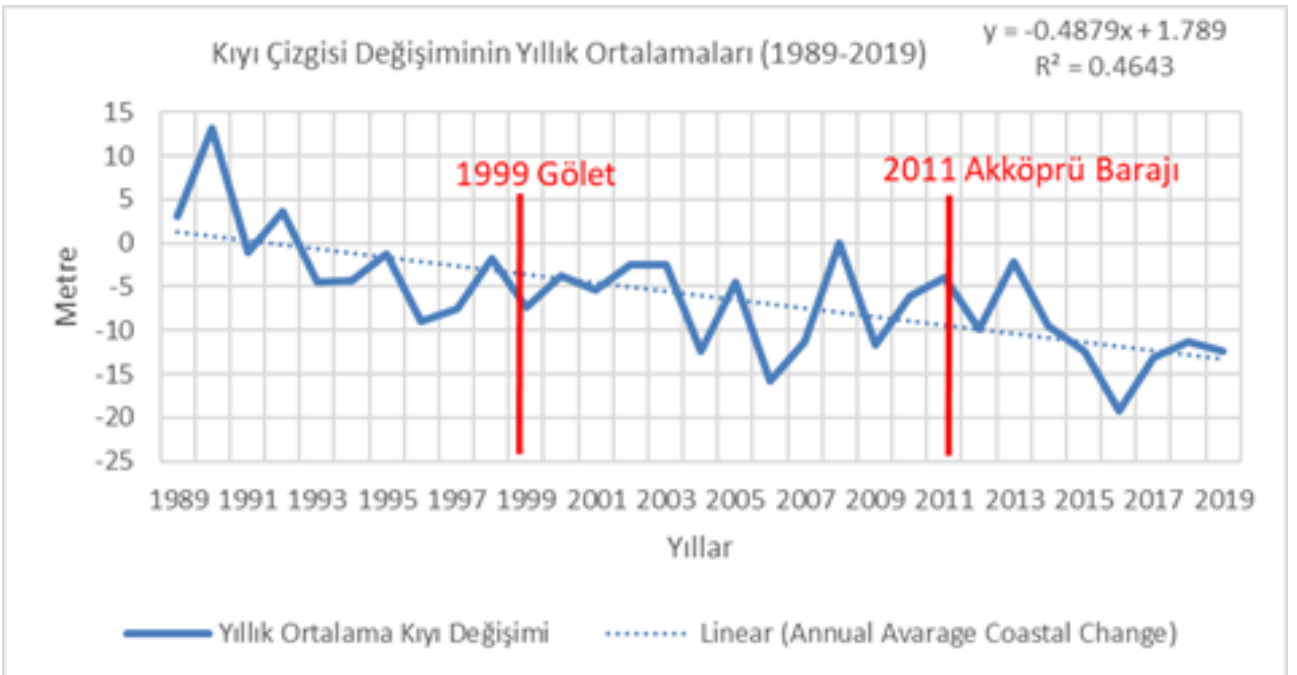
Alçak kıyı alanları (yüksekliği 10 metreden az) dünya kara parçasının %2'sini kaplamakta, dünya nüfusunun yaklaşık %10'unu (634 milyon kişi) ve dünya kentsel nüfusunun %13'ünü barındırmaktadır (Mcgranahan ve ark., 2007). Tarım sektöründeki zenginliği, ılıman iklim

koşulları ve limanlar aracılığıyla yapılan deniz ticareti nedeniyle kıyı bölgelerinin önemi giderek artmaktadır (Sesli, 2006). Bu nedenlerle, kıyı alanları üzerindeki

doğal süreçleri ve insan etkisini ampirik ve istatistiksel yöntemler kullanarak tanımlamak ve anlamak önemlidir.



Şekil 7. DSAS ve WLR analizine dayalı olarak 2011 ve 2019 yılları arasındaki kıyı çizgisi değişimini gösteren harita.



Şekil 8. Dalaman kıyı çizgisinin 30 yıllık değişimi.



Küçük bir drenaj havzasına sahip olan Dalaman Kıyıları, kıyı ve iklim faktörlerinin hızlı etkileşimini açıkça ortaya koymuştur. Kentleşme (tarım, turizm ve ulaşım-havaalanı) nedeniyle Dalaman Deltası ve kıyısı üzerindeki baskı her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle Dalaman Kıyılarındaki antropojenik ve doğal süreçlerin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. İnsan faaliyetlerinin neden olduğu sedimentin tutulması sonucu kıyı erozyonu, kıyıya zarar verebilecek nedenler arasında ilk sırada yer almaktadır. Dalga etkisi Dalaman Kıyılarındaki antropojenik ve doğal süreçlerin etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. Akar ve Akdoğan'a (2018) göre Dalaman Kıyılarındaki ortalama dalga yüksekliği 0.30 ile 0.42 m arasındadır. Bu çalışmada Dalaman Kıyılarındaki erozyonu dalgaların büyüklüğünden ziyade dalganın yönünün etkilediği saptanmıştır. Dalga yönlerini belirlemek için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan Dalaman bölgesine ait rüzgar hızı ve yönünden rüzgar gülleri oluşturulmuştur (Şekil 5-6). Çalışma alanında kıyı çizgisi değişiminin en fazla olduğu alan Sarıgerme Plajı'dır. Bu değişimin olası nedenlerinden biri kuvvetli kuzeybatı-güneydoğu rüzgarlarının neden olduğu dalga erozyonudur (rüzgar gülleri Şekil 5, 6 ve 7'de sunulmuştur).

Sarıgerme Plajı'nın batı ucunda rüzgâr ve dalga kıran görevi gören küçük bir adanın bulunması nedeniyle kıyı erozyonu etkisini kaybetmiştir. Bunun yerine, sediment birikimi ve kıyı agradasyonu gelişmiştir. Dalaman Çayı ağzının konumu kıyı sedimentasyonunda bir diğer önemli faktördür. Çayın ağzı (Dalaman Plajı'nda), barajlar aracılığıyla sediment girişinin kontrol edilmesi ve bu alandaki insan faaliyetleri (dolgu, tarama vb.) ve buna bağlı olarak sedimentin yer değiştirmesi nedeniyle önemli ölçüde değişmiştir. Kayacık Plajı kıyı erozyonundan en az etkilenen kıyıdır. Bölgenin bu kıyı şeridinin konumu nedeniyle kuzeybatı-güneydoğu esen rüzgâr ve beraberindeki dalga hareketi çok etkili olmamıştır.

Sadece doğal süreçlerin işlediği 1989 ve 1999 yılları arasında, kıyı çizgisi ile en güçlü doğrusal ilişki 0.71 ile yağış arasında bulunmuştur. Yağışların artmasıyla Dalaman Çayının gücü artmakta ve daha fazla sediment taşınması mümkün olmaktadır. Sıcaklık ile korelasyonda yer alan diğer faktörler (yağış, akım ve kıyı çizgisi) arasında ters yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Sıcaklık arttığında drenaj alanına düşen yağış miktarının azaldığı ve buna bağlı olarak Dalaman Çayının akımının azaldığı -0.46 değeri ile tespit edilmiştir. Bu dönemde sıcaklığın olumsuz etkisi ile Dalaman Çayının akımı zayıflamış, yüzey suyunun yeraltı suyu sızması nedeniyle sediment taşıma kapasitesi azalmıştır. Bu durum bölgenin karstik yapısından kaynaklanmaktadır. Gölet ve baraj işletmeye alınmadan önce kıyı çizgisi değişimi, akım, sıcaklık ve yağış arasındaki ilişki açıkça görülmektedir.

2000 ve 2010 yılları arasında, değerlendirilen faktörler arasındaki korelasyonun gölet nedeniyle zayıfladığı görülmektedir. Bu dönemde yağış ve akım arasında 0.53'lük güçlü bir doğrusal ilişki bulunmuştur. Sıcaklık ve yağış arasındaki -0.42'lik ters ilişki, Dalaman Çayı üzerinde (sedimentlerin hapseden ve akım seviyelerini düşüren) bir gölet inşa edilmesi yoluyla zaman içinde insan etkisinin bir sonucudur.

2011-2019 döneminde Akköprü Barajının tamamlanmasından sonra kıyı çizgisi değişimi ile faktörler arasındaki korelasyon 1989-1990 dönemine göre yaklaşık %50 oranında azalmıştır. Bu durum, Akköprü Barajı ve göletin işletmeye alınması ile kıyı çizgisi ve faktörler arasındaki korelasyonun zayıfladığını göstermektedir.

1988 kıyı çizgisine göre, insan etkisinin en az olduğu 1989 ve 1999 yılları arasında tüm kıyıda ortalama -1,54 m geri çekilme tespit edilmiştir. Daha sonra Dalaman Çayı üzerine inşa edilen göletin etkisi ile (2000 ve 2010 dönemi) -6,89 m iken Akköprü Barajı'nın işletmeye alınması ile (2011-2019 döneminde) -10,42 m'lik bir çekilme yaşanmıştır. Doğal süreçlerin yaşandığı 1989-1999 döneminde tüm kıyı boyunca yaşanan ortalama geri çekilme -1,54 m, göletin işletmeye alınmasından sonraki 2000-2010 döneminde 1. döneme göre 2. dönemde gerçekleşen kıyı gerilemesi %347 artarak -6,89 m, Akköprü Barajı'nın işletmeye alınmasından sonraki 2011-2019 döneminde ise kıyı gerilemesi %51 artarak -10,42 m'lik geri çekilme tespit edilmiştir. Bu sonuç, akarsular üzerinde inşa edilen ilk Antropojenik su yapısının kıyı çizgisi değişimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Dalaman Çayı üzerine kurulan göletin kıyı çizgisine etkisinin Akköprü Barajı kadar olmadığı tespit edilmiştir. Bu durum ilk kurulan su yapısının kıyı çizgisi üzerinde çok fazla etkili olduğunu göstermekle birlikte daha sonra kurulan su yapılarının kıyı çizgisindeki gerilemeye ilk kurulan su yapısı kadar etkili olmadığını göstermektedir. Barajlar ve göletler gibi insan yapımı yapıların kıyı çizgisi değişimleri üzerindeki etkisi hayati bir öneme sahiptir. Bu su yapıları, akarsuyun akım değerlerini düzenler ve sedimenti hapseder (Şekil 8). Öte yandan, bölgenin artan tarım, turizm ve enerji ihtiyaçları nedeniyle antropojenik yapıların (gölet ve baraj) kurulması gereklidir.

Pearson Korelasyon Analizine göre (Tablo 4), 1989 ve 1999 yılları arasında kıyı çizgisi değişiminin yağışla olan güçlü ilişkisi, gölet ve Akköprü Barajı'nın inşası sonucunda azalmıştır. Bu durum, antropojenik yapılardan (gölet ve baraj) önce yağışların doğrudan ve dolaylı olarak etkisinin kıyıya ulaştığını, gölet ve baraj rezervuarının etkisi ile su ve sediment tutularak bu etkinin azaldığını açıkça göstermektedir. Bu durum gölet ve Akköprü Barajı inşasından sonra Dalaman Çayının rezervuar alanından dengeli bir şekilde salınarak düzenli bir akışa ve tortu eksikliğine neden olmuştur.

Brückner (1997) Akdeniz ekosistemi üzerindeki en küçük insan etkisinin katastrofik olduğunu savunmuştur. Türkiye'nin güneybatısında, çatlaklı kayalar, vadileri ve kanalları takip eden çok sayıda irili ufaklı nehrin ve E-W yönelimli grabenlerin geçişine izin vermektedir. Bu akarsular denize büyük miktarlarda sediment taşımaktadır (Brückner, 1997). Bu bölgedeki kıyı alanlarının son 6000 yıldaki gelişimi sediment girdilerinden önemli ölçüde etkilendiğini göstermektedir (Riedel, 1995, 1996; Müllenhoff, 2005; Brückner ve ark., 2006, 2010, 2017). Günümüzde, Büyük Menderes ve Gediz Nehirleri gibi nehirler üzerinde inşa edilen barajlar, güneybatı Türkiye kıyılarına sediment taşınımı üzerinde ciddi bir etkiye sahiptir. Benzer şekilde, drenaj alanının iklimsel faktörlerinin de dünyanın farklı bölgelerinde kıyıya ulaşan su ve sediment miktarını

etkilediği kabul edilmektedir (Boateng ve ark., 2012; Yang ve ark., 2015; Pranzini ve Williams, 2021). Ancak, geniş drenaja sahip büyük akarsular biraz daha farklı koşullar sunmaktadır. Geniş drenaj alanına sahip akarsuların üzerine inşa edilen antropojenik yapıların (gölet ve baraj) akarsuyun akımını düzenlemesi ve sedimenti tutması, geniş drenaj alanı içerisinde çok fazla çeşitli jeolojik birimlerin bulunması, kıyı çizgisi üzerinde hangi faktörlerin etkili olduğunun belirlenmesini zorlaştırmaktadır (Yuhi, 2008; Piqué ve ark., 2017). Akarsular üzerindeki barajların memba ve mansabında yapılan akım ve sediment ölçümleri kıyı çizgisini etkileyen faktörlerin belirlenmesinde önemli bir değişkendir (Sharaf El Din, 1977; Boateng ve ark., 2012; Piqué ve ark., 2017). Buna ek olarak, küresel ısınma sebep olduğu aşırı sıcaklıklar, daha az yağış, daha az sedimentasyon ve daha yüksek deniz seviyeleri nedeniyle kıyı erozyonunun pozitif yönde gelişmesi ile sonuçlanmıştır (Europe, 2023). Paice ve Chambers (2016) göre Avustralya kıyısındaki sıcaklığın 2,74 °C artacağı deniz seviyesinin ise 0,38 ila 0,90 m arasında yükseleceği ve maksimum yağış kaybının %30 olacağı öngörülmüştür. NOAA (2023) göre ise iklim değişikliğinin küresel ortalama deniz seviyesinde 1900'den 1990'a kadar 4/12.7 cm gerçekleşirken, gelgit ölçerlere göre 1990'dan 2015'e kadar geçen sürede ortalama deniz seviyesinin 7.62 cm'lik yükselme gerçekleştirdiği tespit edilmiştir.

Dalaman Çayı'nın drenaj alanının ve kıyı şeridinin nispeten küçük olması, Dalaman'ın kıyı kesiminde gerçekleşen kıyı erozyonuna neden olan baraj ve göletlerin kıyı sedimentasyonu üzerindeki etkilerini araştırmak, doğal ve antropojenik etkileri karşılaştırarak kıyıyı etkileyen faktörleri tespit edebilmek için bir fırsat sunmaktadır.

Akarsular, tatlı su ve sediment girdisi yoluyla kıyı bölgelerindeki biyoçeşitliliği ve sedimentasyonu etkilemektedir (Yuhi, 2008; Gül vd., 2009; Pranzini ve Williams, 2021). Hem Türkiye'de hem de dünyanın diğer bölgelerinde, gelişigüzel inşa edilen kıyı yapılarının kıyı sedimentasyonu üzerindeki olumsuz etkileri belgelenmiştir (Danladi ve ark., 2017; Gül ve ark., 2020). Kıyı sediment bütçesi dengesiz olduğunda, kıyı erozyonunun artması sonucu tarım faaliyetleri, yerleşim alanları ve turizm sektörü için arazi kaybı gibi olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu nedenle, artan insan etkisinin Dalaman Kıyılarını her zamankinden daha savunmasız hale getirdiği açıktır. Kıyı değişiminin sürekli olarak izlenmesi, antropojenik kıyı yapılarının kontrol edilmesi ve kıyı akıntılarının yönünü değiştirecek düzenlemelerden kaçınılması gerekmektedir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar benzer koşullara sahip tüm kıyı alanları için geçerlidir.

Bu çalışmada, Türkiye'nin güneybatısındaki Dalaman Kıyısında kıyı erozyonunun olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, doğal süreçlerin ve antropojenik yapıların bu kıyı üzerindeki etkileri istatistiksel olarak doğrulanmıştır. Dalaman Çayı üzerine inşa edilen Akköprü Barajı ve göleti ile kıyıya ulaşan sediment miktarının azaldığı kaydedilmiştir. Bu durum kıyıda sediment dengesinin olumsuz yönde bozulmasına yol açmaktadır. Gölet ve barajların inşasının neden olduğu sediment girdisi kaybı, mevcut kıyı erozyonunu şiddetlendirmektedir. 1989-

1999 döneminde yağış ve kıyı çizgisi değişimi arasında 0.71'lik önemli bir pozitif korelasyon ve -1.54 m'lik bir geri çekilme (sadece doğal koşulların etkisi altında) tespit edilmiştir. 2000-2010 döneminde ise yağış ile kıyı çizgisi arasında bu korelasyon 0.21'e, kıyı gerilemesi -6,89 m'ye gerilerken 2011-2019 döneminde yağış ile kıyı çizgisi arasındaki korelasyon 0.07'ye, kıyı gerilemesi ise -10,42 m'ye ulaşmıştır.

Bu bulgular, akarsu üzerindeki antropojenik yapıların (gölet-barajların), bölgenin ikliminden bağımsız olarak düzenli akım sağlamasından ve sediment tutmasından dolayı kıyı çizgisi ile yağış, akım ve sıcaklık gibi doğal süreçler arasındaki ilişkinin azaldığı tespit edilmiştir. Çalışmanın sonuçları, akarsu üzerindeki antropojenik yapıların kıyı sedimentasyonu üzerindeki olumsuz etkilerini ortaya koymuştur.

Dalaman Deltası'ndaki turizm faaliyetleri ve yerleşim büyüdükçe gelecekte daha fazla kıyı yapılaşması ve artan ihtiyaca yönelik akarsu üzerinde daha fazla gölet veya baraja ihtiyaç duyulmasına neden olacaktır. Bu durum kıyı erozyonu miktarını artırabilir. Bunu önlemek için yeni modelleme çalışmaları yapılmalıdır. Kıyı değişimi düzenli olarak izlenmelidir. Barajlardan daha fazla sedimentin kıyıya ulaşmasını sağlamak için stratejiler geliştirilmelidir. Bu çalışmada kıyı çizgisi, sıcaklık, yağış ve akım değerleri kullanılmıştır. Gelecek çalışmalarda delta çökmesi, alanların tektonizması ve olası deniz seviyesi yükselmesinin etkisi daha etkin ve verimli sonuçlar için dikkate alınmalıdır.

#### Araştırmacıların katkı oranı

**Ersin Ateş:** Kıyı değişim Analizleri, sonuç ve Tartışma; **Murat Gül:** Literatür araştırması, Tartışma; **Güncel Sarıman:** Pearson Korelasyon analizi; **İliya Bauchi Danladi:** Düzenleme

#### Çatışma Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

#### Kaynakça

- Adger, W. N., Hughes, T. P., Folke, C., Carpenter, S. R., & Rockstrom, J. (2005). Social-ecological resilience to coastal disasters. *Science*, 309(5737), 1036-1039. <https://doi.org/10.1126/science.1112122>
- Akar, S., & Akdoğan, D. A. (2018). Environmental and economic impacts of wave energy: Some public policy recommendations for implementation in Turkey. In *Sustainable Development: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, 1187-1211. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3817-2.ch053>
- Altınok, Y. (2005). Türkiye ve çevresinde tarihsel tsunamiler. *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Tsunami Özel Sayısı, 50/2005-4,438
- Altınok, Y., & Ersoy, Ş. (2000). Tsunamis observed on and near the Turkish coast. *Natural Hazards: State-of-the-Art at the End of the Second Millennium*, 185-205. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-2386-2\\_5](https://doi.org/10.1007/978-94-017-2386-2_5)



- Aykut, N. O. (2019). İnsansız hava araçlarının kıyı çizgisinin belirlenmesinde kullanılabilirliğinin araştırılması. *Geomatik*, 4(2), 141-146. <https://doi.org/10.29128/geomatik.503055>
- Bekiroğlu, G. N., Sevinç, E. (2020). Adölesan Dönem Öğrencilerde Beslenme Durumu ile Psikolojik Durum Arasındaki İlişkinin Başarı Üzerine Etkisinin Kanonik Korelasyon Analizi ile İncelenmesi. 3. Uluslararası İstatistik Matematik ve Analitik Yöntemler Kongresi, 15-22. İstanbul, Türkiye
- Bird, E. C. (2008). *Coastal geomorphology: an introduction*. John Wiley & Sons.
- Boateng, I., Bray, M., & Hooke, J. (2012). Estimating the fluvial sediment input to the coastal sediment budget: A case study of Ghana. *Geomorphology*, 138(1), 100-110. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.08.028>
- Brückner, H. (1997). Coastal changes in western Turkey; rapid delta progradation in historical times. *Bulletin-Institut Oceanographique MONACO-Numero Special*, 63-74.
- Brückner, H., Herda, A., Kerschner, M., Müllenhoff, M., & Stock, F. (2017). Life cycle of estuarine islands—From the formation to the landlocking of former islands in the environs of Miletos and Ephesos in western Asia Minor (Turkey). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 12, 876-894. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.11.024>
- Brückner, H., Kelterbaum, D., Marunchak, O., Porotov, A., & Vött, A. (2010). The Holocene sea level story since 7500 BP—Lessons from the Eastern Mediterranean, the Black and the Azov Seas. *Quaternary International*, 225(2), 160-179. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.11.016>
- Bruckner, H., Mullenhoff, M., Gehrels, R., Herda, A., Knipping, M., & Vott, A. (2006). From archipelago to floodplain-geographical and ecological changes in Miletus and its environs during the past six millenia (Western Anatolia, Turkey). *Zeitschrift Fur Geomorphologie Supplementband*, 142, 63.
- Danladi, I. B., Gül, M., & Ateş, E. (2020). Response of the barrier island coastal region of southwestern Nigeria to climate and non-climate forcing. *African Journal of Marine Science*, 42(1), 43-51. <https://doi.org/10.2989/1814232X.2020.1727953>
- Danladi, I. B., Kore, B. M., & Gül, M. (2017). Vulnerability of the Nigerian coast: An insight into sea level rise owing to climate change and anthropogenic activities. *Journal of African Earth Sciences*, 134, 493-503. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.07.019>
- Das, B., & Dhorde, A. (2022). Assessment of shoreline change and its relation with Mangrove vegetation: A case study over North Konkan region of Raigad, Maharashtra, India. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 7(2), 101-111. <https://doi.org/10.26833/ijeg.912657>
- Davidson-Arnott, R., Bauer, B., & Houser, C. (2019). *Introduction to coastal processes and geomorphology*. Cambridge University Press.
- Europe, (2023). [https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change\\_en](https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_en)
- Genz, A. S., Fletcher, C. H., Dunn, R. A., Frazer, L. N., & Rooney, J. J. (2007). The predictive accuracy of shoreline change rate methods and alongshore beach variation on Maui, Hawaii. *Journal of Coastal Research*, 23(1), 87-105. <https://doi.org/10.2112/05-0521.1>
- Gül, M., Danladi, I. B., & Kore, B. M. (2017). Coastal types of graben: the Gulf of Gökova, Mugla-SW Turkey. *Journal of Coastal Conservation*, 21, 127-138. <https://doi.org/10.1007/s11852-016-0481-5>
- Gül, M., Küçükuysal, C., Çetin, E., Ataytür, Ö., & Masud, A. (2020). Coastal Erosion Threat on the Kızkumu Spit Geotourism Site (SW Turkey): Natural and Anthropogenic Factors. *Geoheritage*, 12, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00477-0>
- Gül, M., Özbek, A., Karayakar, F., & Kurt, M. A. (2008). Biodegradation effects over different types of coastal rocks. *Environmental geology*, 55, 1601-1611. <https://doi.org/10.1007/s00254-007-1110-2>
- Gül, M., Özbek, A., Kurt, M. A., & Zorlu, K. (2009). Controlling factors of recent clastic coastal sediments (Viransehir, Mersin Bay, S Turkey). *Environmental geology*, 57, 809-822. <https://doi.org/10.1007/s00254-008-1360-7>
- Gül, M., Yılmaz, Ö., & Zeybek, Ö. (2019). Morphology of coast and textural characteristics of coastal sediments (NE Gökova Graben, SW Turkey). *Journal of Coastal Conservation*, 23, 417-434. <https://doi.org/10.1007/s11852-018-0672-3>
- Himmelstoss, E. A., Henderson, R. E., Kratzmann, M. G., Farris, A. S. (2018). *Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 5.0 User Guide*. Open-File Report, 2018, 1179. <https://doi.org/10.3133/ofr20181179>
- Ihlen, V., USGS. (2019). *Landsat 7 (L7) Data Users Handbook*. USGS Landsat User Services, 7 (November), p 151.
- IPCC. (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2014). *Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Core writing team: Pachauri RK, Meyer LA (eds))*. Geneva, Switzerland
- Köklü, N., Büyüköztürk, Ş., & Çokluk-Bökeoğlu, Ö. (2007). *Sosyal bilimler için istatistik*. Pegem A Yayıncılık.
- Martínez, M. L., Intralawan, A., Vázquez, G., Pérez-Maqueo, O., Sutton, P., & Landgrave, R. (2007). The coasts of our world: Ecological, economic and social importance. *Ecological economics*, 63(2-3), 254-272. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.10.022>
- McGranahan, G., Balk, D., & Anderson, B. (2007). The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environment and urbanization*, 19(1), 17-37. <https://doi.org/10.1177/0956247807076960>
- Mentaschi, L., Vousdoukas, M. I., Pekel, J. F., Voukouvelas, E., & Feyen, L. (2018). Global long-term observations of coastal erosion and accretion. *Scientific reports*, 8(1), 12876. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30904-w>
- Miles, J., & Banyard, P. (2007). *Understanding and using statistics in psychology: A practical introduction*.

- Mukaka, M. M. (2012). A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi medical journal*, 24(3), 69-71.
- Müllenhoff, M. (2005). *Geoarchäologische, sedimentologische und morphodynamische Untersuchungen im Mündungsgebiet des Büyük Menderes (Mäander), Westtürkei*.
- NOAA, (2023). <https://oceanservice.noaa.gov/facts/sealevelclimate.html>
- Paice, R., & Chambers, J. (2016). Climate change impacts on coastal ecosystems. *CoastAdapt Impact Sheet 8, National Climate Change Adaptation Research Facility, Gold Coast*
- Piqué, G., Batalla, R. J., López, R., & Sabater, S. (2017). The fluvial sediment budget of a dammed river (upper Muga, southern Pyrenees). *Geomorphology*, 293, 211-226. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.05.018>
- Pranzini, E., & Williams, A. T. (2021). The equilibrium concept, or...(Mis) concept in beaches. *Geosciences*, 11(2), 59. <https://doi.org/10.3390/geosciences11020059>
- Rajawat, A. S., Chauhan, H. B., Ratheesh, R., Rode, S., Bhandari, R. J., Mahapatra, M., ... & Ajai. (2015). Assessment of coastal erosion along the Indian coast on 1: 25,000 scale using satellite data of 1989–1991 and 2004–2006 time frames. *Current Science*, 347-353.
- Riedel, H. (1995). Die spätholozäne Entwicklung des Dalyan-Delats (SW-Türkei)–ein Beitrag zur Paläogeographie Kariens. *Kölner Geographische Arbeiten*, 66, 83-96.
- Riedel, H. (1996). Die holozäne Entwicklung des Dalyan-Deltas (Südwest-Türkei). *Marburger Geographische Schrifte*, 130, 1-21.
- Rosati, J. D. (2005). Concepts in sediment budgets. *Journal of Coastal Research*, 21(2), 307-322. <https://doi.org/10.2112/02-475A.1>
- Sarp, G. & Erener, A. (2017). Barajların Çevresel Etkilerinin Zamansal ve Mekansal Olarak Uzaktan Algılama ile Değerlendirilmesi: Atatürk Barajı Örneği. *Geomatik*, 2(1), 1-10. <https://doi.org/10.29128/geomatik.300012>
- Sesli, F. A. (2006). Sayısal fotogrametri ile kıyı alanlarındaki değişimin izlenmesi. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, (95), 11-17.
- Sharaf El Din, S. H. (1977). Effect of the Aswan High Dam on the Nile flood and on the estuarine and coastal circulation pattern along the Mediterranean Egyptian coast. *Limnology and Oceanography*, 22(2), 194-207. <https://doi.org/10.4319/lo.1977.22.2.0194>
- Simav, Ö., Şeker, D. Z., Tanık, A., & Gazioğlu, C. (2015). Kıyı etkilenebilirlik göstergesi ile Türkiye kıyıları risk alanlarının tespiti. *Harita Dergisi*, 153(81), 1-8.
- Swinscow, T. D. V. (1997). *Statistics at square one*. Ninth Edition. Campbell M. J., (Ed.) University of Southampton; Copyright BMJ Publishing Group
- Şenel, M. (1997). 1/100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, no:1, Fethiye – L7 Paftası. General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) 17 p.
- Şenel, M. (2007). Likya Naplarının Özellikleri ve Evrimi (Characteristic Features of the Lycian Nappes and Their Evolution). *Menderes Masifi Kolukeyumu (Colluqi um on Menderes Massif)*, 51-55.
- Şenel, M., Akdeniz, N., Öztürk, E. M., Özdemir, T., Kadinkiz, G., Metin, Y., Öcal, H., Serdaroglu, M., Örcen, S. (1994). Fethiye (Muğla)-Kalkan (Antalya) ve kuzeyinin jeolojisi. General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), Ankara, Rep. no: 976:121 p.
- Van Graafeiland, K. (2014). Global Tidal Range in Meters. ESRI. [https://tiledimageservices.arcgis.com/bDAhvQYM/G4WL805o/arcgis/rest/services/Global\\_Tidal\\_Range\\_meters2/ImageServer](https://tiledimageservices.arcgis.com/bDAhvQYM/G4WL805o/arcgis/rest/services/Global_Tidal_Range_meters2/ImageServer).
- Walling, D. E. (2012). The role of dams in the global sediment budget. *Erosion and Sediment Yields in the Changing Environment*, 3-11.
- Yalçın, A. C., Kuran, U., Minoura, K., Imamura, F., Takahashi, T., Papadopoulos, G., & Ersoy, Ş. (2005). Türkiye Kıyılarında Depreşim Dalgası (Tsunami) İzleri. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 438, 33-42
- Yang, S. L., Xu, K. H., Milliman, J. D., Yang, H. F., & Wu, C. S. (2015). Decline of Yangtze River water and sediment discharge: Impact from natural and anthropogenic changes. *Scientific reports*, 5(1), 1-14. <https://doi.org/10.1038/srep12581>
- Yılmaz, O. S., Gülgen, F., & Ateş, A. M. (2023). Determination of the appropriate zone on dam surface for floating photovoltaic system installation using RS and GIS technologies. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 8(1), 63-75. <https://doi.org/10.26833/ijeg.1052556>
- Yuhi, M. (2008). Impact of anthropogenic modifications of a river basin on neighboring coasts: case study. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 134(6), 336-344. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-950X\(2008\)134:6\(336\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-950X(2008)134:6(336))

