



## GEDİZ DELTASI KORUMA ALANINDA HABİTAT DEĞİŞİKLİĞİNE BAĞLI EKOSİSTEM HİZMET DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİKLİKLER

### *Changes in Ecosystem Service Value in response to Habitat Change in the Gediz Delta Conservation Area*

Şermin TAĞIL<sup>1</sup>

*İzmir Bakırçay Üniversitesi  
İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi  
Coğrafya Bölümü, İzmir-Türkiye  
sermin.tagil@bakircay.edu.tr  
ORCID: 0000-0001-9496-6823*

Berkay AYATAN

*İzmir Bakırçay Üniversitesi  
İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi  
Coğrafya Bölümü, İzmir-Türkiye  
berkay.aytan@bakircay.edu.tr  
ORCID: 0000-0002-2938-1164*

*(Teslim: 15 Eylül 2022; Düzeltme: 19 Kasım 2022; Kabul: 7 Aralık 2022)  
(Received: September 15, 2022; Revised: November 19, 2022; Accepted: December 7, 2022)*

#### Abstract

Coastal river deltas are very important morphological units, as they are valuable wetland ecosystems and characteristically form fertile agricultural lands. Delta wetland habitats support human existence by retaining sediment, preserving biodiversity, offering recreational opportunities, and constructing habitat and shelter, among other vital physical ecosystem services. However, delta wetlands are among the ecosystems that have been most negatively impacted by human activity, changes in coastal areas, and pollutants from urban and agricultural activities. In this study, it is aimed to determine the spatio-temporal changes of different ecosystems in the Gediz Delta Conservation Area and to determine the change in the economic value of ecosystem services. Analyses were performed using multi-spectral remotely sensed data from the Landsat TM 1987, Landsat ETM+ 2003 and Landsat OLI 2021 satellites. Following the identification of habitat classes and the revelation of habitat change, the benefit transfer approach was used to calculate the temporal change in ecosystem service values (ESV). In general, reed swamp habitats decreased in area whereas shallow water surface ecosystems increased in the study area. The yearly total value of ecosystem services between 1987 and 2021 has decreased as a result of the disappearance of reed swamp habitats. In conclusion, the decline in ecosystem service values should be taken into account in decisions regarding the restoration and sustainability of wetlands in the study area.

**Keywords:** Ecosystem Service Value, Benefit Transfer Method, Gediz River Delta, Wetlands Ecosystems, Remote Sensing

#### Öz

Kıyı akarsu deltaları, karakteristik olarak verimli tarım arazileri oluşturmalarının yanı sıra değerli sulak alan ekosistemleri oldukları için de çok önemli morfolojik birimlerdir. Delta sulak alan ekosistemleri, sediman tutmaları, biyo-çeşitliliği korumaları, rekreasyonel hizmetler sunmaları, habitat oluşturmaları ve canlılara barınak olmaları nedeniyle insanlar için önemli ekosistem servisleri sağlamaktadırlar. Ancak delta sulak alanları insan faaliyetleri, kıyı alanı değişimi, kentsel faaliyetler ve tarımsal aktivitelerden kaynaklanan kirlenmeler nedeniyle en çok etkilenen ekosistemlerdendir. Bu çalışmada Gediz Deltası Koruma Alanında bulunan farklı ekosistemlerin zamansal ve mekansal değişimini tespit etmek; ekosistem servislerinin ekonomik değerinde gerçekleşen değişimi belirlemek amaçlanmıştır. Analizler, Landsat TM 1987, Landsat ETM+ 2003 ve Landsat OLI 2021 multispektral sensör sistemlerinden elde edilen uzaktan algılanan veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle habitat sınıfları belirlenmiş ve habitat değişimi ortaya konmuş; daha sonra ise fayda transfer yöntemi kullanılarak ekosistem servis değerlerindeki (ESD) zamansal değişim belirlenmiştir. Genel olarak çalışma alanında sığ su yüzeyi ekosistemlerinin alanı artarken, sazlık bataklık ekosistemlerinin alanı azalmıştır. Sazlık bataklık ekosistemlerinin kaybı, 1987 ile 2021 yılları arasında ekosistem hizmetlerinin yıllık toplam değerini de düşürmeye neden olmuştur. Sonuç olarak, ekosistem servis değerindeki düşüş, çalışma alanındaki sulak alanların restorasyonu ve sürdürülebilirliğine ilişkin kararlarda dikkate alınmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Ekosistem Servis Değeri, Fayda Transfer Yöntemi, Gediz Deltası, Sulak Alan Ekosistemleri, Uzaktan Algılama

<sup>1</sup> Sorumlu Yazar/ Corresponding author

## 1. GİRİŞ

Ekosistemler biyotik ve abiyotik faktörlerin bir arada bulunduğu etkileşimli ortamlardır (Tansley, 1935). Genel olarak karasal ve denizel olmak üzere iki ana gruba ayrılan ekosistemler kendi içinde de enerji döngüsündeki farklılığa bağlı alt kategorilere ayrılmaktadır (Costanza vd., 1997). Ekosistemlerin kendi içinde farklılaşmaları farklı ekosistem servisleri sunmalarına da neden olmaktadır. Doğal olarak oluşan ve insanlara fayda sağlayan ürün ve hizmetler, ekosistem servisleri olarak tanımlanmaktadır (Costanza vd., 1997). Artan antropojenik baskı insanın hayatta kalması, sağlığı ve refahı için çok önemli olan ekosistemler üzerindeki baskıyı artırmakta ve önemli ekosistem servisleri sunan alanların yok olmasına yol açmaktadır (Costanza vd., 1997; Tallis ve Kareiva, 2005). Reid ve diğerleri (2005) tarafından vurgulandığı gibi ekosistemler üzerindeki antropojenik etki son 50 yılda ciddi seviyelere ulaşmıştır. Tabii ki, insan refahına katkı sağlayan ekosistemlerin sürdürülebilir olmayan şekilde kullanımı bu kaynakların gelecek nesillere aktarılamama sorununu doğurmaktadır (Reid vd., 2005).

Ekosistemler içerisinde sulak alanlar önemli ekolojik işleve sahip araziler içerisinde yer almaktadır. Cherry (2011)'in de vurguladığı gibi nemli ve taşkına uğramış toprak, oksijen azlığına bağlı gerçekleşen anaerobik süreçler ve adapte olmuş bitkilerin varlığı, sulak alan ekosistemlerinin kendine özgü servisler sağlamasına neden olmaktadır. Gerçekte yeryüzünün sadece %6'sını oluşturan sulak alanlar, yeryüzünde bulunan tüm türlerin %40'ına ev sahipliği yapmaktadır (Doğal Hayatı Koruma Vakfı, 2008). Sulak alan ekosistemleri, insanlara hem doğrudan hem de dolaylı yoldan değerler sağlamaktadır. Sulak alanlar, bir taraftan habitat çeşitliliğinin sürdürülmesi ve hidrolojik döngünün korunması gibi servisler sağlayarak iklim ve doğal tehlikeleri düzenlemede dolaylı yoldan etkili olmakta (Chen vd., 2009; Sun vd., 2018); diğer yandan ise deniz ürünleri, rekreasyon ve turizm gibi doğrudan ekonomik kaynaklar oluşturmaktadır (Dang vd., 2019). İnsanlar için önemli servisler sağlayan ve biyo-çeşitliliğin yüksek olduğu sulak alanlar, aynı zamanda risk altında olan sistemlerdir. Dinamik ve aynı zamanda değerli ortamlar olan delta sulak alan ekosistemleri de kentleşme, sanayi, altyapı, tarım ve su ürünleri yetiştiriciliği gibi birçok etkenle bozulmakta veya değişmektedir (Syvitski vd., 2009; Giosan vd., 2014). Deltalar akarsu havzası boyunca su ve tortu kaynaklarında yapılan planlamalara karşı da savunmasız ekosistemlerdir (Wang vd., 2017). Bu üretken olduğu kadar kırılgan sosyal-ekolojik

sistemlerin sürekli izlenmesi, geçmişteki ve günümüzdeki arazi yüzeyi değişikliklerini anlamak ve gelecekteki olası gelişmeleri tahmin etmek için büyük öneme sahiptir (Giosan vd., 2014, Wang vd., 2017).

Ekosistemlerin insanlara sağladığı faydanın değerlendirilmesi ve öneminin ortaya konması, bu alanlar ile ilgili verilen kararların daha doğru ve sürdürülebilir olmasını sağlanması bakımından önemlidir (Westman, 1977; Syvitski vd., 2009). Ekosistemlerin sağladığı servislerin insanların ekonomik faaliyetleri ile ilişkili olması, bu servislere piyasa dışı ekonomik değer verilebilmesine olanak sağlamaktadır. Ekosistemlerin piyasa dışı sermaye değerinin ortaya konması da birçok işe yaramaz olarak nitelendirilen alanların dolaylı yoldan ekonomiye katkısını ortaya konmaktadır. Ekosistemlere değer vermek yalnızca sermaye veya yönetimler için bir ölçü oluşturmakla kalmamakta aynı zamanda korunmalarına yönelik oluşturulmuş kararları da desteklemektedir. Birçok ekosistem için olduğu gibi sulak alan ekosistemleri tarafından sağlanan değerlerin çoğu da ekonomik piyasada karşılığı olmadığı için genel halk ve hatta karar vericiler tarafından görmezden gelinmektedir.

Piyasa dışı doğal sermaye değerlendirmesinin yapılabilmesi için öncelikle farklı ekosistemlerin belirlenmesi, alanlarının tespit edilmesi ve bu alanların özelliklerinin anlaşılması gerekmektedir. Ekosistemler ile ilgili veri elde edilebilmesi için kullanılan yöntemlerden en önemlisi uzaktan algılama teknikleridir. 1930'lu yıllardan itibaren hava fotoğraflarının yaygınlaşması ve 1970'li yıllarda yörüngeye gönderilen uydular sayesinde uzaktan algılama, ekosistem araştırmalarını destekleyici bir araç haline gelmiştir (Coppin ve Bauer, 1996; Costanza vd., 1997; Rawat ve Kumar, 2015). Uydu sistemlerinin gelişmesi sayesinde yeryüzünde bulunan 100.000'den fazla doğal koruma alanının izlenmesi ve insan etkisinin tespit edilmesi kolaylaşmıştır (Gillespie vd., 2014). Uydu görüntüleri üzerinden oluşturulan arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıfları hem çalışma alanlarının doğal koşullarını hem de insanların sosyo-ekonomik faaliyetlerinin sonucunu yansıtmaktadır (Rawat ve Kumar, 2015). Bu avantajlarından dolayı, ekosistem servisleri değerlendirme çalışmalarında uzaktan algılama tekniklerinin kullanıldığı görülmektedir (Costanza vd., 1997).

Gediz Nehri Deltası Türkiye'de önemli ekolojik işleve sahip doğa koruma alanlarından biridir. İzmir'deki kentsel yayılma, kente komşu olan koruma alanı üzerinde büyük baskıya neden olmaktadır. Bu baskının deltadaki ekosistem servislerini ve işlevlerini önemli ölçüde etkilemesi muhtemeldir. Bu çalışmada Gediz Deltası koruma alanında bulunan farklı



etkilerin en aza indirilmesi amaçlanmıştır. Seçilen görüntülerin bulutluluk oranının %10'dan düşük olmasına dikkat edildiği için zamansal çözünürlükte eşit zaman aralığı dikkate alınmamıştır.

Çalışma alanı, açık erişimde olan Milli Parklar İzmir Şube Müdürlüğü'nden sağlanan Gediz Deltası Koruma Alanı'nın tampon bölge sınırları esas alınarak oluşturulmuştur (Şekil 1).

Tablo 1- Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri.

Table 1- Satellite images used in the study.

Uydu	Tarih	Path/Row	Bulutluluk	Güneşin Azimut Açısı	Güneşin Yükseklik Açısı
Landsat 5 TM	25 Nisan 1987	181/033	%0.0	127.2	53.6
Landsat 7 ETM+	29 Nisan 2003	181/033	%6.0	134.8	58.5
Landsat 8 OLI	22 Nisan 2021	181/033	%3.7	140.8	58.0

### 2.3. Görüntü İşleme

Çalışılan alan ile ilgili ön arazi çalışmaları yapıldığı için uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında ISODATA (Iterative Self Organizing Data Analyses Technique) kontrolsüz sınıflandırma tekniği kullanılmıştır (Ball ve Hall, 1965). Öncelikle 40 iterasyon ve 0.99 yakınsama eşiği dikkate alınarak 80 sınıf elde edilmiştir. Daha sonra bilgisayar tarafından üretilen ortak özelliklere sahip piksel gruplarının değerlendirilmesinde tayf özelliklerinden, arazi gözlemlerinden ve halihazır arazi kullanımı haritalarından yararlanılmış ve Tablo 2'deki sınıflar elde edilmiştir. Tuzla çanaklarında su tutumu zamansal olarak değiştiğinden her uydu görüntüsü üzerinde tuzla sınırları maskeleyme işlemi yapılarak sabitlemiştir.

Kontrolsüz sınıflandırmadan çıkan sonuçlarda su yüzeyleri yorumlanırken su derinliğinin fazla olduğu yerlerde ışığın daha fazla su içerisinde hareket etmesi ve absorbe olmasına bağlı olarak yansımada değerlerindeki düşüş (Polcyn vd., 1970); sığ su yüzeylerinde ise su içindeki sedimanların yansımayı artırması (Ritchie vd., 2003) dikkate alınmıştır. Buradan yola çıkılarak su ekosistemleri derin ve sığ yüzeyler olacak iki sınıfa ayrılmıştır. Diğer yandan,

yapraklarda bulunan klorofil ve su miktarının yansımada özelliklerine etki etmesi; klorofilin mavi ve kırmızı ışığı absorbe etmesi (Virtanen vd., 2020) ve yakın kızılötesi ışığın bitkiler tarafından absorbe edilmemesi (Knippling, 1970) bitki örtüsünün kontrolsüz sınıflandırma sonrasında yorumlanmasında dikkate alınmıştır. Ayrıca sınıflar yorumlanırken çalışma alanı içerisindeki bitki örtüsünden yoksun araziler ve yerleşmeler ESD atamasında aynı katsayılara sahip olduğundan karışık arazi örtüsü olarak sınıflandırılmıştır. Sonuç olarak, çalışma alanında sekiz farklı arazi kullanımı ve arazi örtüsü belirlemiştir (Tablo 2).

Sınıflandırma işleminden sonra görüntü iyileştirmek amacı ile 5x5 komşuluk analizi uygulanmıştır. Görüntü iyileştirilmesi yapıldıktan sonra sınıflandırma sonrası doğruluk analizi yapılmıştır. Doğruluk analizinde, referans olarak her bir sınıfın yüzdesini dikkate alan tabakalı rastgele örneklem tekniği kullanılarak rastgele 70 örneklem noktası dikkate alınmıştır. Analizler sonucunda 1987, 2003 ve 2021 yılları için genel sınıflandırma doğrulukları sırasıyla %75.7, %87.1 ve %80.0 bulunmuştur. Kappa katsayıları da sırasıyla 0.71, 0.85 ve 0.77'dir.

Tablo 2- Arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıflarının açıklamaları.

Table 2- Descriptions of land use and land cover classes.

Arazi kullanımı & arazi örtüsü sınıfları	Açıklamaları
Derin su yüzeyi	Derin su alanları.
Sığ su yüzeyi	Kıyıya yakın sığ su alanları, kara üzerinde su birikintilerinin olduğu araziler, lagünler, tatlı ve acı su alanları.
Mera arazileri	Doğal olarak yetişen kısa boylu bitki örtüsünün hakim olduğu kara alanları.
Sazlık/ağaçlık	Sazlıklar, ağaçlık araziler, okaliptüs plantasyonları ve karışık bitki örtüsü alanları.
Sazlık/bataklık	Kıyıya yakın ve akarsu kenarlarında bulunan sazlıklar ile nemli toprağın olduğu araziler, çamur düzlükleri ve dalyanlar.
Tarım alanları	Ekilmiş veya ekilmemiş olan tarım alanları.
Tuzla alanı	Tuz üretim tesisleri ve çanaklarının olduğu alanlar.
Çıplak araziler/insan yapısı	Bitki örtüsü olmayan plajlar, kum tepeleri ve kum düzlükleri ile yerleşim yerleri.

Son olarak da sınıflar arasındaki geçişlerin ve değişimlerin yönünün belirlenebilmesi için sınıflandırma sonrası değişiklik saptama tekniği kullanılmıştır (Singh, 1989; Tağıl, 2007). Bu teknik, sadece değişen alanların boyutunu ve dağılımını vermemekte aynı zamanda her bir arazi örtüsü sınıfındaki değişimi paylaşan diğer arazi örtüsü sınıflarının yüzdelere ayrı ayrı vermektedir. Çapraz tablolama tekniği kullanılarak hesaplanan sınıflandırılmış görüntüler için üç tarih aralığının (1987–2003, 2003–2021 ve 1987–2021) değişiklikleri belirlenmiş ve her bir arazi örtüsü sınıfındaki değişiklikleri görselleştirmek için basit bir teknik kullanılmıştır. Yönteme ilişkin ayrıntılı bilgi Singh (1989)'den elde edilebilir.

## 2.4. Tahmini ekosistem servis değerlerini belirleme

Ekosistemlerin ekonomik değer tahmini için kullanılan çeşitli yöntemler bulunmaktadır (King vd., 2000). Çalışmada ESD ataması için “*Yarar Aktarımı Yöntemi*” kullanılmıştır. Literatürdeki araştırmalara bakıldığında birçoğunun Costanza vd. (1997) tarafından yapılan, tüm dünyanın ESD ve doğal sermayesinin tahmin edildiği çalışmanın kaynak alındığı görülmektedir. Bu nedenle, çalışmada Costanza vd. (1997) tarafından kullanılan ekosistem ve değerleri, çalışma alanının uzaktan algılama teknikleri ile oluşturulan arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıflarıyla eşleştirilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3- Costanza vd. (1997)'den alınan arazi kullanımı ve arazi örtüsü kategorisi karşılıkları ile küresel değer katsayıları.  
Table 3- The corresponding categories for landuse and landcover as well as the global value coefficients were taken from Costanza et al (1997).

Arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıfları	Ekosistem karşılıkları	Hektar başına düşen yıllık ESD*
Derin su yüzeyi	Kıta sahanlığı (Shelf)	1610 \$
Sığ su yüzeyi	Kıta sahanlığı (Shelf)	1610 \$
Mera arazileri	Otluk araziler ve meralar (Grass/Rangelands)	244 \$
Sazlık/ağaçlık	Bataklıklar, taşkın yatakları ve ormanlar (Swamps/Floodplains/Forest)	10271 \$
Sazlık/bataklık	Bataklıklar ve taşkın yatakları (Swamps/Floodplains)	19581 \$
Tarım alanları	Tarım alanları (Cropland)	92 \$
Tuzla alanı	Çöl (Desert)	0 \$
Çıplak araziler/insan yapısı	Çöl ve kentsel alanlar (Desert/Urban)	0 \$

\* US\$ ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup>

Ekosistem değerleri açısından derin su, sığ su, mera arazileri, sazlık-bataklık ve tarım arazileri için literatürde karşılık gelen değer kullanılmıştır (Tablo 3). Sazlık ve ağaçlık karışık bitki örtüsü sınıfı olması nedeniyle ormanlar ile sazlık-bataklıklar ekosistem değerlerinin ortalaması alınarak hektar başına düşen yıllık ESD belirlenmiştir. Tuzla alanının ekosistem değeri ise ticari olarak kullanılan ve değişken yüzeyler olduğu için 0 \$ kabul edilmiştir. Çıplak araziler ile kentsel alanlar ise ekosistem değerleri açısından çöl ve kentsel alanlar ile eşleştirilmiştir. Literatürde çıplak arazi sınıfının çöl biyomu ile eşleştirildiği görülmektedir (Patwary vd., 2019). Her iki ekosistemin de değeri 0 \$ dır. Tablo 3'te verilen hektar başına düşen yıllık ekosistem servis değerleri Costanza vd. (1997) tarafından kullanılan 17 ekosistem servis değerinin toplamını belirtmektedir. Tablo 4'te her bir arazi kullanımı ve arazi örtüsü için ekosistem hizmetleri ile değerleri gösterilmiştir.

ESD elde edilirken formül 1 kullanılmıştır (Costanza vd., 1997; Kreuter vd., 2001):

$$ESD = \sum(AK * VCK) \quad (1)$$

ESD, toplam ekosistem servis değerini; A, hektar cinsinden ekosistemin alanını; VC, hektar başına düşen yıllık değeri ve “k”, arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıfını belirtmektedir. Çalışmada kullanılan değerler dolar kurundaki değişme nedeniyle dolar cinsinden kullanılmış; Türk lirasına çevrilmemiştir.

Tablo 4- Arazi kullanımı ve arazi örtüsü başına her hizmet için parasal değerler ( $US\$ ha^{-1}yr^{-1}$ ; Costanza vd., 1997).  
Table 4- Monetary values for each service per landuse and landcover ( $US\$ ha^{-1}yr^{-1}$ ; Costanza et al. 1997).

Ekosistem servisleri	Derin su yüzeyi	Sığ su yüzeyi	Mera arazileri	Sazlık/ağaçlık	Sazlık/bataklık	Tarım alanları	Tuzla alanı	Çıplak araziler/ İnsan yapısı
Atmosferde bulunan gaz oranlarının dengelenmesi	-	-	7	132	265	-	-	-
Sera gazlarının tutulması	-	-	0	70	-	-	-	-
Afet önleme	-	-	-	3621	7240	-	-	-
Su döngüsüne katkı	-	-	3	16	30	-	-	-
Su kaynağı sağlama	-	-	-	3801	7600	-	-	-
Erozyonu önleme	-	-	29	48	-	-	-	-
Toprak oluşturma	-	-	1	5	-	-	-	-
Besin döngüsüne katkı	1431	1431	-	180	-	-	-	-
Atık temizleme	-	-	87	873	1659	-	-	-
Polenleşmeye katkı	-	-	25	-	-	14	-	-
Biyolojik kontrol	39	39	23	1	-	24	-	-
Habitat barındırma	-	-	-	219	439	-	-	-
Besin üretimi	68	68	67	45	47	54	-	-
Hammadde sağlama	2	2	-	93	49	-	-	-
Nadir Biyolojik Hammadde sağlama	-	-	0	8	-	-	-	-
Rekreasyon alanı olma	-	-	2	278	491	-	-	-
Kültürel katkılar	70	70	-	881	1761	-	-	-

## 2.5. Hassasiyet analizi

Çalışmada belirlenen arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıflarının kendine özgü yapısı, coğrafi özellikler ve iklim özelliklerinin farklı olması sebebiyle sınıflar ve ekosistemler arasında birebir eşleşme olduğunu söylemek güçtür (Li vd., 2007). Her ekosistem değerinin toplam değere katkısının belirlenmesi için “*Hassasiyet Analizi*” yapılmıştır. Girdilerdeki değişimin çıktılardaki değişim oranına etkisinin anlaşılması için yapılan analizde Kreuter vd. (2001) tarafından uygulanan esneklik formülü kullanılmıştır (Formül 2). Çalışmada ekosistem değerleri %50 azaltılarak ve artırılarak analiz yapılmış ve hassasiyet katsayısı değerleri elde edilmiştir. Hassasiyet katsayısı değerinin 1’den az olması tahmini değer esnek olmadığını, 1’den fazla olması esnek olduğunu belirtmektedir (Kreuter vd., 2001). Çalışmada kullanılan formül;

$$CS = \frac{(ESV_j - ESV_i) / ESV_i}{(VC_{jk} - VC_{ik}) / VC_{ik}} \quad (2)$$

CS, hassasiyet katsayısı değerini; ESV, toplam ekosistem servis değerini; VC, hektar başına düşen yıllık ekosistem değerini; i, değer değiştirilmemiş halini; j, %50 azaltma veya artırma sonrası değeri ve k, arazi kullanımı ile arazi örtüsü sınıfını belirtmektedir. Ayrıntılı bilgi Kreuter vd. (2001)’dan elde edilebilir.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 3.1. Arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişimi

Çalışma alanı genelinde 1987-2021 döneminde derin su yüzeylerinin azaldığı, sığ su yüzeylerinin arttığı ve sazlık ile bataklık karışık yüzeylerin azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 5; Şekil 2). Yapılan analizler, derin su yüzeyi, mera ve sazlık ile bataklık yüzeylerin 1987 yılında geniş alan kapladığını göstermektedir. 1987 yılında Çamaltı Tuzlası’nın güneyinde Çilazmak Dalyanı, çalışma alanının güneyinde Ragıp Paşa Dalyanı, Gediz Nehri ağzının güneyinde Kırdenez Dalyanı ve tuzla ile derin su yüzeyi sınırında Homa Dalyanı belirgin şekilde görülmektedir. 1987’den 2003 yılına gelindiğinde Gediz Deltası’nın güney kıyılarında ve Gediz Nehri’nin denize döküldüğü kuzeybatıdaki alanda gerileme olmuştur. Çalışma alanının güney kıyısında 1990 yılında hizmete giren İzmir Atatürk Organize Sanayi Bölgesinin kurulması çıplak ve insan yapımı yüzeylerin artmasına neden olmuştur. Aynı dönemde, Çamaltı tuzla alanında da genişleme olduğu tespit edilmiştir. Bunların etkisi ile olmalıdır ki, 2003 yılına gelindiğinde Çilazmak ve Kırdenez dalyanlarının küçüldüğü; Ragıp Paşa Dalyanı’nın ise hemen hemen yok olduğu tespit edilmiştir. Sulak alan ekosistemleri açısından önemli ve değerli olan dalyanların yok olma tehlikesi altında

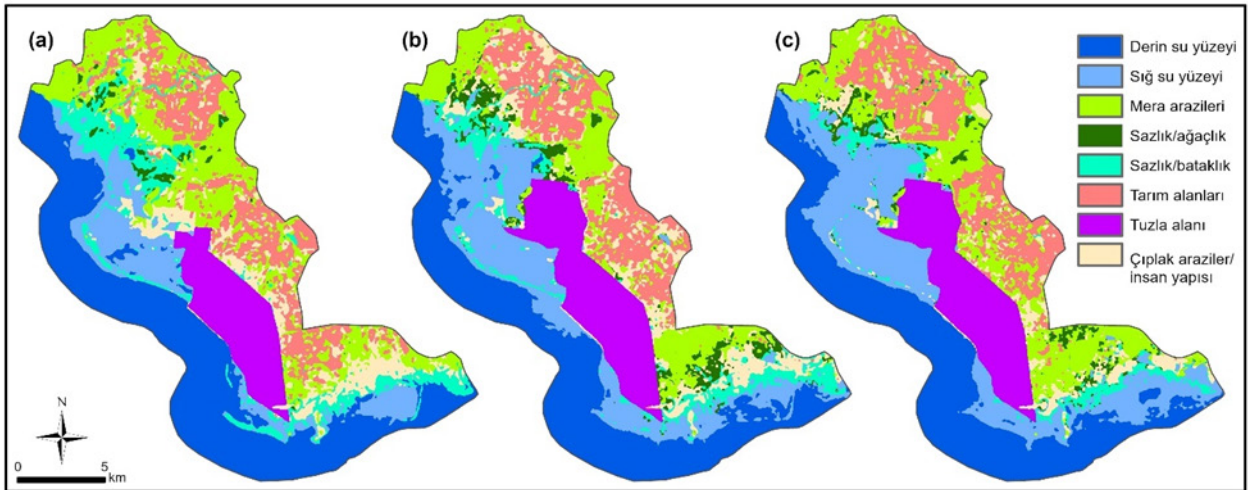
olması büyük değişim olarak görülmektedir. Genel olarak, 1987-2003 döneminde Gediz Nehri ve Sasalı çevresinde bulunan tarım arazileri ve Çamaltı Tuzlası'nın kuzeye doğru genişlemesine bağlı olarak mera ve çıplak arazi ile insan yapımı araziler genişlemiştir. Çalışma alanının arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki değişkenlik stabil olmayan bir ekosistem olduğunu göstermektedir.

Tablo 5- Arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıflarının yüzdesi (%).

Table 5- Percentages of land use and land cover types (%).

Arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıfları	1987	2003	2021
Derin su yüzeyi	29.56	25.37	25.43
Sığ su yüzeyi	10.3	17.47	19.95
Mera	18.8	13.14	16.79
Sazlık/ağaçlık	1.08	4.02	2.62
Sazlık/bataklık	9.12	6.32	3.53
Tarım arazisi	12.74	11.84	13.39
Tuzla alanı	9.29	12.44	12.47
Çıplak arazi /insan yapısı	9.06	9.36	5.77

Çalışma alanının güneyinde ve kuzeybatıdaki sazlık ile bataklık alanlardaki gerilemenin 2021 yılına gelindiğinde de devam ettiği tespit edilmiştir (Şekil 2). 2003 yılında küçülmeye başlamış olan Çilazmak ve Kırdenez dalyanları 2021 yılına gelindiğinde artık yok olduğu görülmektedir. 2021 yılına gelindiğinde sulak ekosistemler açısından önemli olan dört dalyandan sadece Homa Dalyanı'nın varlığını sürdürdüğü görülmektedir. Tuz üretiminin yapıldığı alanın deniz sınırını oluşturması sebebiyle Homa Dalyanı'nın korunmasında insan müdahalesinin etkili olduğu söylenebilir. Yapılan saha çalışmalarında da Homa Dalyanı'nın korunması amacıyla insan müdahalesinin günümüzde de devam ettiği tespit edilmiştir. Çalışma alanında değişime uğrayan bir diğer alan da Sasalı'nın güneydoğusunda bulunan okaliptüs plantasyonunun yapıldığı alandır (Tırlı, 2005; Kaplan vd., 2005). Kaplan ve diğerleri (2005) tarafından sahaya Okaliptüs ekimi, tatlı su kaynaklarını tüketmesi ve sulak alan ekosistemine zarar vermesi nedeniyle uygun görülmemektedir.



Şekil 2- Arazi kullanımı ve arazi örtüsü haritaları: (a)1987; (b) 2003; (c) 2021.

Figure 2- Land use and land cover maps: (a) 1987; (b)2003; (c) 2021.

Akarsular üzerinde kurulan barajlar sediman tutarak akarsularda taşınan malzeme miktarını azaltmaktadır (Zheng vd., 2019). Delta ovalarına ulaşan alüvyon miktarı azaldığı için kara oluşumu süreci de yavaşlamakta ve erozyon gibi sebeplerle kıyı alanlarında gerileme gerçekleşmektedir. Gediz Nehri üzerinde bulunan ve 1960 yılında hizmete giren Demirköprü Barajı'nın da deltadaki gerilemede etkili olduğu ve bu nedenle dalyanların yok olma sürecinin başlayıp sığ su yüzeylerinin arttığını söylemek mümkündür (Mutluer, 1990). Erozyon kıyıları aşındırarak, tatlı su göllerinin deniz suları tarafından işgal edilmesine yol açabilmekte ve bu bölümlerin deniz alanı haline gelmesinde etkili olabilmektedir

(Mars ve Houseknecht, 2007). Gediz Deltası'ndaki dalyanların ve kara alanlarının küçülmesi, tatlı su kaynaklarının giderek acı suya ve acı su habitatlarının da deniz alanlarına dönüşmesine yol açmaktadır. Gediz Nehri yatağının değiştirilmiş olması güney kısımlardaki birikimi kısıtlamış ve Ragıp Paşa Dalyanı'nın yok olmasına neden olmuştur. Kara oluşumu yavaşladığı için diğer faktörlere bağlı olarak yıllar içinde kara yüzeyi olan alanlar su yüzeyi haline gelmiştir. Wang ve diğerleri (2017) tarafından vurgulandığı gibi kara yüzeylerinde giderek artan kaybın ilerleyen dönemlerde habitatlar ve kıyı ekosistemleri üzerinden gelir sağlayan insan

faaliyetleri üzerinde olumsuz etki yaratması muhtemeldir.

1987 ve 2003 yılı arasında arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıflarının %65.5'i aynı kalmış, %34.5'i ise değişime uğramıştır (Tablo 6; Şekil 3). 1987 yılında Gediz Nehri ağzındaki sazlık ile bataklık ekosistemlerden 2003 yılına gelindiğinde sığ su ekosistemlerine doğru bir değişim ve dönüşüm

gerçekleşmiştir. Sığ su ekosistemlerinin lehine olan bu dönüşüm sazlık ile bataklık ekosistemlerin yok oluşuna neden olmuştur. Bu dönemde Gediz Nehri'nin kıyıya yakın kısımlarında su birikintilerinin de arttığı görülmektedir. Dalyanların ve sazlık arazilerin küçülmesine bağlı olarak tüm kıyıda genel olarak sazlık ile bataklık ekosistemlerden sığ su ekosistemlerine doğru bir geçiş olduğu söylenilebilir.

Tablo 6- Sınıf değişim yüzdesi (%).  
Table 6- Percentages to class change (%).

Değişim yönü	1987-2003	2003-2021	1987-2021
Derin su olarak kalan alan	81.89	88.7	83.04
Derin sudan sığ suya değişen	17.98	11.29	16.84
Derin sudan diğerlerine değişen	0.12	0.006	0.1
Sığ su olarak kalan alan	84.45	81.55	89.87
Sığ sudan derin suya değişen	10.08	16.66	6.07
Sığ sudan sazlık/ağaçlık/bataklık sınıflarına değişen	2.04	0.72	0.54
Sığ sudan diğerlerine değişen	3.41	1.05	3.5
Mera olarak kalan alan	45.71	72.74	54.28
Meradan sazlık/ağaçlık/bataklık sınıflarına değişen	13.07	5.71	5.91
Meradan tarım alanına değişen	17.72	16.14	23.64
Meradan çıplak arazi/insan yapısına değişen	17.21	5.07	8.87
Meradan diğerlerine değişen	6.26	0.32	7.27
Sazlık/ağaçlık olarak kalan	30.65	16.98	21.73
Sazlık/ağaçlıktan sığ suya değişen	37.1	4.25	35.71
Sazlık/ağaçlıktan diğerlerine değişen	32.24	78.75	42.54
Sazlık/bataklık olarak kalan	46.37	36.26	25.26
Sazlık/bataklıktan sığ suya değişen	29.27	37.83	46.47
Sazlık/bataklıktan sazlık/ağaçlığa değişen	9.14	9.68	7.53
Sazlık/bataklıktan çıplak arazi/insan yapısına değişen	7.82	8.6	7.03
Sazlık/bataklıktan diğerlerine değişen	7.37	7.6	13.69
Tarım alanı olarak kalan	52.9	69.95	55.47
Tarımdan meraya değişen	25.83	19.6	30.75
Tarımdan çıplak arazi/ insan yapısına değişen	14.79	9.73	8.02
Tarımdan diğerlerine değişen	6.46	0.71	5.74
Tuzla olarak kalan	99.46	99.67	99.64
Tuzladan diğerlerine değişen	0.53	0.32	0.35
Çıplak arazi/insan yapısı olarak kalan	37.61	31.67	24.63
Çıplak arazi/insan yapısından meraya değişen	9.87	24.69	22.81
Çıplak arazi/insan yapısından sazlık/ağaçlık/bataklık sınıflarına değişen	18.12	12.21	14.46
Çıplak arazi/insan yapısından tarım arazisine değişen	17.82	28.9	16.6
Çıplak arazi/insan yapısından diğerlerine değişen	16.55	2.51	21.48

2003 ve 2021 yılları arasında ise ekosistemlerin %72,9'u aynı kalmış; %27,0'si ise değişime uğramıştır. Kıyıya yakın bölümlerde derin su ekosistemlerinin aleyhine; sığ su ekosistemlerin ise lehine bir değişim gerçekleşmiştir. Bu yıllar arasında genel olarak tarım alanlarının genişlediği söylenebilir. Çamur düzlükleri ve lagünleri kapsayan sazlık ile bataklık karışık alanlardaki küçülme bu yıllar arasında da devam etmiştir.

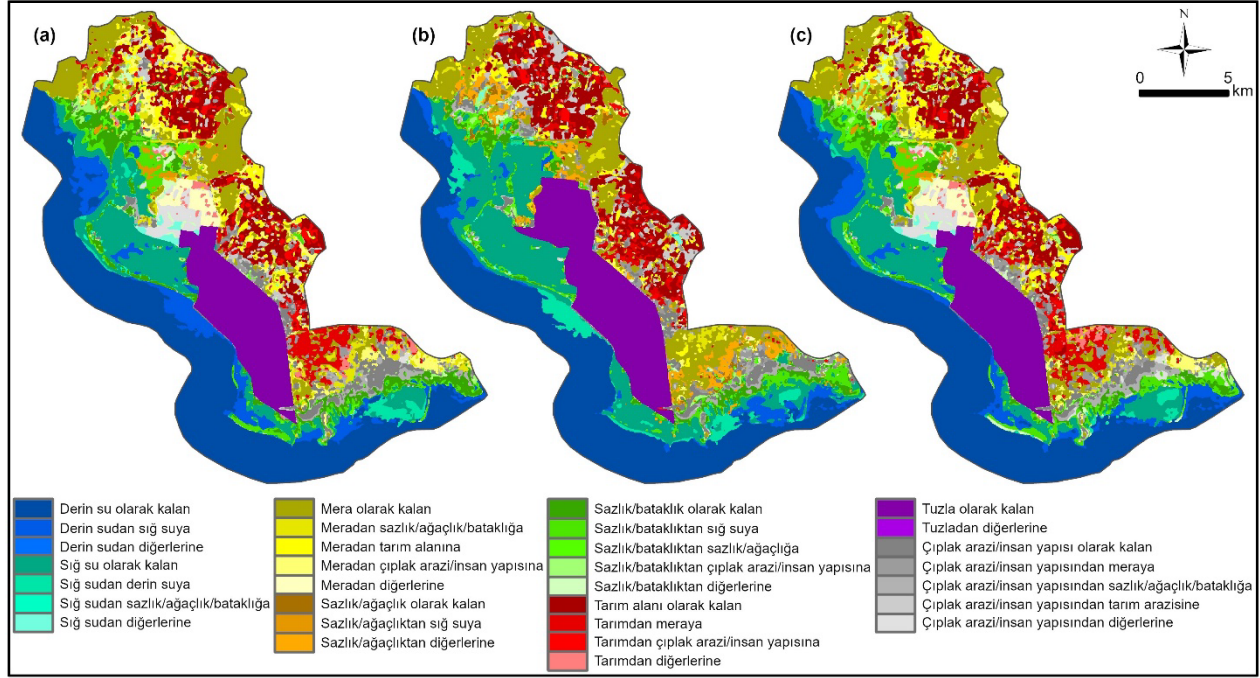
1987 ile 2021 yılları arasında ise ekosistemlerin %65,1'i aynı kalmış; %34,9'u değişime uğramıştır (Şekil 3). Bu dönemde en çok fark edilen değişim,

Kırdeniz Dalyanı'nın batısı ve Gediz Nehri'nin İzmir Körfezi'ne döküldüğü alanın kuzeybatısında derin su ekosistemlerinden sığ su ekosistemlerine olan değişimdir. 1987-2021 döneminde Kırdeniz Dalyanı kuzeyindeki sazlık ile bataklık ekosistemlerin aleyhine olan değişim sığ su yüzeylerinin artmasını daha da çok öne çıkarmıştır. Bu dönüşün yönünde Gediz Nehri'nin menbasından mansabına kadar olana alan üzerinde kurulan ve daha önce de söz ettiğimiz baraj ve bentlerin etkili olduğu söylenilebilir. 34 yıllık süreçte kara yüzeylerinin yerini su yüzeylerinin aldığı belirgin şekilde gözlemlenmektedir. Bu bulgu, deltada



ekosistem kayıpları olarak görülmelidir. Tabii ki, tarım arazilerinin lehine olan değişim ve dönüşün

sonucuna bağlı olarak tarım arazileri kıyıya daha yakın konuma gelmiştir.



Şekil 3- Çalışma alanında değişimin yönü: (a) 1987-2003; (b) 2003-2021; (c) 1987-2021.

Figure 3- Change detection in the study area: (a) 1987 -2003; (b) 2003 -2021; (c) 1987-2021.

### 3.2. Tahmini ekosistem servis değerleri

1987 ila 2021 yılları arasındaki ekosistem servis değerlerindeki değişim Tablo 7 ve Şekil 4'te gösterilmiştir. Çalışma alanı için tahmini toplam ESD 1987 yılında yaklaşık olarak 84 milyon dolarken, 2003 yılında 77 milyon dolara ve 2021 yılında 57 milyon dolara gerilemiştir (Tablo 7). Bu değerler, 34 yıl içerisinde ESD'de %34.8 oranında azalma olduğunu göstermektedir. Ekosistem değerleri açısından derin su ekosistemlerinde değer kaybı artarken, sığ su ekosistemlerinde artış tespit edilmiştir. Sazlık ve bataklık ekosistemlerde ise ciddi bir değer düşüş olduğu tespit edilmiştir. Oysaki Tablo 4'te gösterildiği gibi sazlık ile bataklık ekosistemler başta afet önleme, su kaynağı sağlama, atık temizleme ve kültürel katkı olmak üzere birçok ekosistem servisine sahip alanlardır. Ekosistem servis değerlerindeki düşüş, Gediz Deltası koruma alanında değerli ekosistemlerdeki kaybın büyüklüğünü göstermektedir.

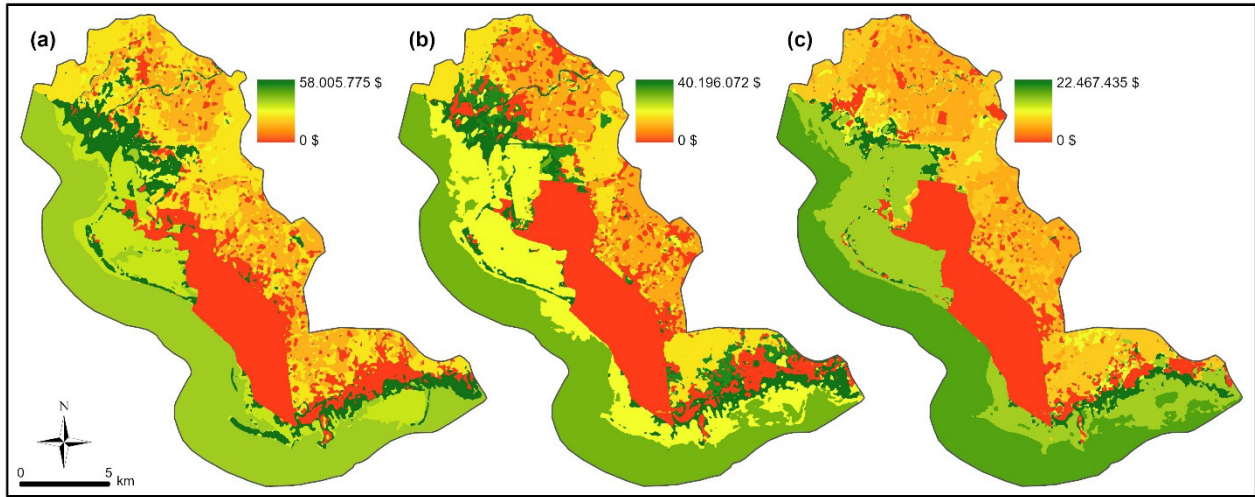
Çalışma alanında, sazlık, bataklık ve ağaçlık alanların varlığı ekosistem servisleri üzerinde olumlu bir etkiye sahipken, ekili alanların oranı ESD üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir (Tablo 4). Diğer yandan insan faaliyetlerinin yoğunluğundaki artış da ESD üzerinde olumsuz etkisi olmuştur. Maalesef çalışma

alanında ESD üzerinde olumlu etkiye sahip ekosistemlerin azaldığı tespit edilmiştir.

Tablo 7- Yıllık ekosistem servis değerleri (\$).

Table 7- Annual value of ecosystem services (\$).

Arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıfları	1987	2003	2021
Derin su yüzeyi	15.455.613	13.263.131	13.290.807
Sığ su yüzeyi	5.385.498	9.134.785	10.425.120
Mera arazileri	1.491.040	1.041.584	1.330.095
Sazlık/ağaçlık	3.615.289	13.411.050	8.749.351
Sazlık/bataklık	58.005.775	40.196.072	22.467.435
Tarım alanları	380.672	353.878	400.056
Tuzla alanı	0	0	0
Çıplak arazi/insan yapısı	0	0	0
<b>Toplam</b>	<b>84.333.889</b>	<b>77.400.503</b>	<b>56.662.866</b>



Şekil 4- Ekosistem servis değerlerinin dağılışı; (a) 1987; (b) 2003; (c) 2021.

Figure 4- Distribution of ecosystem service values; (a) 1987; (b) 2003; (c) 2021.

### 3.3. Ekosistem servis değerleri hassasiyeti

Çalışma alanı için belirlenen ekosistemlerin farklı yıllar için ESD'ye katkısı Kreuter vd., (2001) tarafından uygulanan esneklik formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışma alanında, ekosistemlerdeki alansal değişimlere bağlı olarak tahmini ESD'ye katkı oranları değişmiştir. Hassasiyet katsayıları aynı zamanda çalışmada değerlendirilen yıllar için hangi ekosistemin en büyük katkıyı yaptığını göstermektedir. Sazlık/bataklık arazilerden sığ su yüzeylerine doğru gerçekleşen değişim bu sınıfların hassasiyet katsayılarını değiştirmiştir. En yüksek değere sahip olan sazlık ile bataklık sınıfının hassasiyet katsayısı yıllar içinde ekosistem değerinin düşmesi ile doğru orantılı olarak düşmüştür. Sığ su yüzeyi sınıfında ise kademeli artmıştır (Tablo 8).

Tablo 8- Arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıflarına göre duyarlılık analiz katsayısı.

Table 8- Coefficient of sensitivity analysis per landuse and landcover classes.

Değerlerdeki artırma/azaltma oranı	1987	2003	2021
Derin su yüzeyi değeri $\pm$ %50	0.18	0.17	0.23
Sığ su yüzeyi değeri $\pm$ %50	0.06	0.118	0.18
Mera arazileri değeri $\pm$ %50	0.017	0.013	0.02
Sazlık/ağaçlık değeri $\pm$ %50	0.04	0.17	0.15
Sazlık/bataklık değeri $\pm$ %50	0.68	0.519	0.39
Tarım alanları değeri $\pm$ %50	0.004	0.004	0.007

Hektar başına düşen değeri daha düşük kabul edilen sınıflardaki değişimlerin ESD'ye katkı oranındaki değişimlerin de görece önemsiz olduğu söylenebilir. 1987 yılından 2021 yılına gelindiğinde 2 milyon dolarlık kayıp gerçekleşen derin su yüzeyi sınıfı ise Gediz Deltası'nın değerinde gerçekleşen

azalma sebebiyle 2021 yılına gelindiğinde ESD'ye daha yüksek katkı yapmıştır.

## 4. SONUÇ

Ekosistem servislerinin değerini anlamak, daha geniş ekolojik faydalara ulaşabilmek ve sürdürülebilir kullanımı teşvik eden kararlar alabilmek için büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada Gediz Deltası koruma alanındaki arazi örtüsü değişimine ve bu değişimin ESD üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Bunun için 1987'den 2021'e kadar olan dönem dikkate alınmıştır.

Kıyı erozyonu ve Gediz Nehri'nin taşıdığı sediman miktarındaki değişim gibi sebeplere bağlı olarak sığ su yüzeyi ekosistemi genişlemiş sazlık ile bataklık ekosistemler küçülmüş ve hatta bu sürecin bir sonucu olarak çalışma alanındaki üç dalyan yok olmuştur. Bu değişim ESD'nin yıllar içinde düşmesine yol açmıştır. Tabii ki sahadaki bu değişim sadece çalışma alanı içindeki değil çevresinde ve hatta Gediz Nehri havzasındaki antropojenik baskının ve planlamaların bir sonucu olarak görülmelidir. Çalışma sonuçlarına benzer şekilde Alevkayalı ve Tağıl (2018) tarafından da 1987-2010 yılları arası sazlık ve çalılık arazilerde küçülme ve tuzla alanında genişletilmeye bağlı olarak ekosistemlerin zarar gördüğü belirlenmiştir. Aynı şekilde, Ernoul vd. (2012) tarafından da Gediz Deltası'nda 1980 yılında yaklaşık 500 hektar olan sazlık arazilerin 2000'li yıllara gelindiğinde büyük ölçüde yok olduğu vurgulanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda Gediz Deltası'nda 1987, 2003 ve 2021 yıllarında tahmin edilen ESD'de kademeli düşüş olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanında sazlık, bataklık ve ağaçlık olan ekosistemler, ekosistem servisine yüksek potansiyel katkı sağlamasına rağmen, alanları daralmakta; su ve tarım

alanları ise daha düşük katkıya sahip olmakla birlikte alansal olarak artış göstermektedir. Bu da Gediz Deltası koruma alanının piyasa dışı sermaye değerinin düşmesine neden olmaktadır.

Bu çalışmanın sonuçlarına dayanarak, ekosistem servisleri için arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişiminin önemli olduğunu söyleyebiliriz. Öyle gözüküyor ki koruma alanı, çevresindeki değişimden de etkilenmektedir. Bu nedenle sadece koruma alanında değil çevresindeki arazi kullanımı ve arazi örtüsü politikasının düzenlenmesi ile koruma alanı içindeki ekosistem servisleri iyileştirilebilir. Biyolojik çeşitliliğin korunması için ekosistem servislerinin koruma planlamasına dahil edilmesi büyük öneme

sahiptir. Çalışma alanındaki ekonomik gelişme, dolaylı kullanım değerlerinin iyileştirilmesini gerektirmektedir. Gelecekte ESD'nin bozulmasını önlemek için sulak alan ekosistemlerinde çevre koruma ve ekonomik kalkınma arasında bir denge kurulmalıdır. Ama unutulmamalıdır ki, ekolojik olarak bir mekânın kalitesinin artırılması ekolojik koridor uygulamaları gibi agresif uygulamaları da beraberinde getirmektedir (Long vd., 2014). Bu nedenle, koruma alanı içindeki karasal ekosistemlerdeki kaybın öne geçilebilmesi için tüm havzada ve koruma alanının çevresinde agresif planlamalar yapılması gerekebilir.

<b>Çıkar Çatışması / Conflict of Interest</b>	Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir. <i>The authors declared no conflict of interest</i>
<b>Finansal Destek / funding conditions</b>	Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmiştir. <i>The authors declared that this study has received no financial support</i>
<b>Yazar Katkıları/Author Contributions</b>	<b>Yazarlar/Authors</b>
<b>Çalışmanın içeriği ve tasarımı/Conception/Design of Study</b>	Ş. Tağıl
<b>Metodoloji/Methodology</b>	Ş. Tağıl
<b>Veri toplama-oluşturma-iyileştirme/Data Curation</b>	B. Baytan
<b>Analiz/Analysis and interpretation of data</b>	Ş. Tağıl - B. Baytan
<b>Görselleştirme/ Visualization</b>	B. Baytan
<b>Yazı taslağı/Writing - Original Draft</b>	Ş. Tağıl - B. Baytan
<b>Yazma - İnceleme ve Düzenleme/Writing - Review &amp; Editing</b>	Ş. Tağıl - B. Baytan
<b>Proje yönetimi/Project administration</b>	Ş. Tağıl - B. Baytan

## REFERANSLAR

- Alevkayalı, Ç. & Tağıl, Ş. (2018). Ortak malların trajedisi üzerine teoriler: Gediz Deltası'nda arazi kullanımı-arazi örtüsü değişimi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 43, 120-142.
- Aschonitis, V.G., Gaglio, M., Castaldelli, G. & Fano, E.A. (2016). Criticism on elasticity-sensitivity coefficient for assessing the robustness and sensitivity of ecosystem services values, *Ecosystem Services*, 20, 66–68. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.07.004>
- Ball, G.H. & Hall, D.J. (1965). ISODATA, a Novel Method of Data Analysis and Classification, Technical report, Stanford University, Stanford, USA.
- Bolca, M., Özen, F. & Güneş, A. (2014). Land use changes in Gediz Delta (Turkey) and their negative impacts on wetland habitats, *Journal of Coastal Research*, 296, 756–764. doi: <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-12-00011.1>
- Chen, Z.M., Chen, G.Q., Chen, B., Zhou, J.B., Yang, Z.F. & Zhou, Y. (2009). Net ecosystem services value of wetland: Environmental economic account. *Commun Nonlinear Sci Numer Simul*, 14, 2837–2843, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2008.01.021>
- Cherry, J. A. (2011). Ecology of wetland ecosystems: water, substrate, and life. *Nature Education Knowledge*, 3(10):16
- Coppin, P. R. & Bauer, M. E. (1996). Digital change detection in forest ecosystems with remote sensing imagery, *Remote Sensing Reviews*, 13(3-4), 207-234. doi: <https://doi.org/10.1080/02757259609532305>
- Costanza, R., d' Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R., Paruelo, J., Raskin, R., Sutton, P. & den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, 387(6630), 253–260. doi: <https://doi.org/10.1038/387253a0>

- Dang K.B., Windhorst W., Burkhard B. & Müller F. (2019). A Bayesian Belief Network – based approach to link ecosystem functions with rice provisioning ecosystem services. *Ecol Indic* 100, 30–44, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.055>
- Doğal Hayatı Koruma Vakfı (2008). Türkiye'deki Ramsar alanları değerlendirme raporu, 7.10.2021 tarihinde [https://wwftr.awsassets.panda.org/downloads/wwf\\_turkiye\\_ramsar\\_alanlari\\_degerlendirme\\_raporu.pdf](https://wwftr.awsassets.panda.org/downloads/wwf_turkiye_ramsar_alanlari_degerlendirme_raporu.pdf) adresinden alındı.
- Eken, G. Bozdoğan, M., İsfendiyaroğlu, S., Kılıç, D. T. & Lise, Y. (2006). *Türkiye'nin önemli doğa alanları*. Doğa Derneği. <https://www.dogaderneği.org/önemli-doga-alanlari/>
- Ernoul, L., Sandoz, A. & Fellague, A. (2012). The evolution of two great Mediterranean deltas: Remote sensing to visualize the evolution of habitats and land use in the Gediz and Rhone deltas. *Ocean & Coastal Management*, 69, 111–117. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.07.026>
- Gillespie, T. W., Willis, K. S. & Ostermann-Kelm, S. (2014). Spaceborne remote sensing of the world's protected areas, *Progress in Physical Geography*, 39(3), 1-17. doi: <https://doi.org/10.1177/0309133314561648>
- Giosan, L., Syvitski, J., Is, S.C. & Day, J. (2014). Protect the World's deltas. *Nature*, 516, 31–33.
- Hakyemez, H. Y., Göktaş, F. & Erkal, T. (2013). Gediz grabeninin Kuvaterner jeolojisi ve evrimi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 56(2), 1-26.
- Kachhwaha, T. S. (1983). Spectral signatures obtained from Landsat digital data for forest vegetation and landuse mapping in India. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 49(5), 685-689.
- Kaplan, A., Öngen, M. K., Hepcan, Ş., Türkyılmaz, B., Gencer Güler, G., Sıkı, M., Küçükbaş, E. V., Akgün, A., Kurucu, Y. & Öner, E. (2005). Kıyı sulak alan sistemi bağlamında Gediz Deltası'nın işlevleri ve üzerindeki baskılar yönüyle değerlendirilmesi, *Ege Coğrafya Dergisi*, 14(1-2), 1-16.
- Kayan, İ. & Öner, E. (2015). Sedimantolojik ve paleontolojik verilerle Gediz delta ovasında (İzmir) alüvyal jeomorfoloji araştırmaları, *Ege Coğrafya Dergisi*, 24(2), 1-27.
- King, D. M., Mazzotta, M. J. & Markowitz, K. J. (200). *Dollar-based ecosystem valuation methods*, 7.10.2021 tarihinde <https://www.ecosystemvaluation.org> adresinden alındı.
- Knipling E. B. (1970). Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation, *Remote Sensing of Environment*, 1(3), 155–159. doi: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(70\)80021-9](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(70)80021-9)
- Kreuter, U. P., Harris, H. G., Matlock, M. D. & Lacey, R. E. (2001). Change in ecosystem service values in the San Antonio area, Texas. *Ecological Economics*, 39(3), 333-346. doi: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00250-6](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00250-6)
- Li, R. Q., Dong, M., Cui, J. Y., Zhang, L. L., Cui, Q. G. & He, W. M. (2007). Quantification of the impact of land-use changes on ecosystem services: A case study in Pingbian county, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 128(1-3), 503–510. doi: <https://doi.org/10.1007/s10661-006-9344-0>
- Long, H., Liu, Y., Hou, X, Li, T. & Li, Y. (2014). Effects of land use transitions due to rapid urbanization on ecosystem services: Implications for urban planning in the new developing area of China. *Habitat International*, 44, 536-544. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2014.10.011>
- Mars, J. C. & Houseknecht, D. W. (2007). Quantitative remote sensing study indicates doubling of coastal erosion rate in past 50 yr along a segment of the Arctic coast of Alaska, *Geology*, 35(7), 583-586. doi: <https://doi.org/10.1130/G23672A.1>
- Meriç, B. T. & Çağırkaya, S., (2013). *Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Sulak alanlar*. Kayıhan Ajans, Ankara.
- Mutluer. M. (1990). Gelişimi, yapısı ve sorunlarıyla Türkiye'de enerji sektörü, *Ege Coğrafya Dergisi*, 5(1), 184-214.
- Patwary, M. M., Ashraf, S. & Shuvo, F. K. (2019). An assessment of ecosystem services value of Khulna City, Bangladesh: Implications for urban sustainability. *1st International Conference on Urban and Regional Planning*, (318-329). December 2019, Dhaka-Bangladesh.
- Polcyn, F. C., Brown, W. L. & Sattinger, I. J. (1970). *The measurement of water depth by remote sensing techniques, Report 8973-26-F*, Infrared and Optics Laboratory, Willow Run Laboratories, The University of Michigan, USA.
- Rawat, J. S. & Kumar, M. (2015). Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh Block, District Almora, Uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18(1), 77–84. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2015.02.002>

- Reid, W.V., Mooney, H.A., Cropper, A., Capistrano, D., Carpenter, S.R., Chopra, K., Dasgupta, P., Dietz, T., Duraiappah, A.K., Hassan, R., Kaspersen, R., Leemans, R., May, R. M., McMichael, T., Pingali, P., Samper, C., Scholes, R., Watson, R. T., Zakri, A. H., Shidong, Z., Ash, N. J., Bennett, E., Kumar, P., Lee, M. J., Raudsepp-Hearne, C., Simons, H., Thonell, J. & Zurek, M. B (2005). *Ecosystems and Human Well-Being-Synthesis*, Island Press.
- Ritchie, J. C., Zimba, P. V. & Everitt, J. H. (2003). Remote sensing techniques to assess water quality, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(6), 695-704. doi: <https://doi.org/10.14358/PERS.69.6.695>
- Singh, A. (1989). Digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 10, 6, 989-1003. doi: <https://doi.org/10.1080/01431168908903939>
- Sun B., Lei Y., Cui L., Li W., Kang X. & Zhang M. (2018). Addressing the modelling precision in evaluating the ecosystem services of coastal wetlands. *Sustainability (Switzerland)* 10: 8–10. doi: <https://doi.org/10.3390/su10041136>
- Syvitski, J.P.M., Kettner, A.J., Overeem, I. & Hutton, E.W.H. (2009). Sinking deltas due to human activities. *Nat. Geosci.* 2, 681–686, doi:<https://doi.org/10.1038/ngeo629>
- Tağlı, Ş. (2007). Quantifying the change detection of the Uluabat wetland, Turkey, by use of Landsat images, *Ekoloji*, 16(64), 9-20.
- Tallis, H. & Kareiva, P. (2005). Ecosystem services, *Current Biology*, 15(18), 746–748. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2005.09.007>
- Tansley, A. G. (1935). The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, 16(3), 284–307. doi: <https://doi.org/10.2307/1930070>
- Tırıl, A. (2005). *Bir koruma öyküsü- Gediz Deltası, Korunan Doğal Alanlar Sempozyumu Bildiriler Kitabı* içinde (s.167-174). 8-10 Eylül, Isparta.
- Virtanen, O., Constantinidou, E. & Tyystjärvi, E. (2020). Chlorophyll does not reflect green light – how to correct a misconception. *Journal of Biological Education*. doi: <https://doi.org/10.1080/00219266.2020.1858930>
- Wang, X., Liu, Y., Ling, F., Liu, Y. & Fang, F. (2017). Spatio-temporal change detection of Ningbo coastline using Landsat time-series images during 1976–2015. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(3), 68. doi: <https://doi.org/10.3390/ijgi6030068>
- Westman, W. E. (1977). How much are nature's services worth?, *Science*, 197(4307), 960–964. doi: <http://dx.doi.org/10.1126/science.197.4307.960>
- Zheng, Y., Zhang, G., Wu, Y., Xu, Y. J. & Dai, C. (2019). Dam Effects on Downstream Riparian Wetlands: The Nenjiang River, Northeast China, *Water*, 11(10), 2038, 1-17. doi: <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/10/2038>

