

Yıl: 2025 Cilt: 6 Sayı: 1

Year: 2025 Volume: 6 Issue: 1



AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ

NAZİLLİ İKTİSADİ VE İDARİ BİLİMLER FAKÜLTESİ DERGİSİ

Aydın Adnan Menderes University
Journal of Nazilli Faculty of Economics and
Administrative Sciences

Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi

Refereed Journal of Social Sciences



AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ

NAZILLI İKTİSADİ VE İDARİ BİLİMLER FAKÜLTESİ DERGİSİ

Yıl: 2025 / Cilt: 6 / Sayı: 1



AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
NAZILLI İKTİSADİ VE İDARİ BİLİMLER FAKÜLTESİ DERGİSİ

**NAZILLI İKTİSADİ VE İDARİ BİLİMLER FAKÜLTESİ ADINA
SAHİBİ VE GENEL YAYIN YÖNETMENİ**

Prof. Dr. Osman PEKER

EDİTÖR

Prof. Dr. Abdullah ÖZDEMİR

EDİTÖR YARDIMCISI

Dr. Öğr. Üyesi Onur DURUKAL

YAZI İŞLERİ KURULU

Dr. Öğr. Üyesi Kemal ÖZDEMİR

İLETİŞİM

Gülizar EYİGÖR (Memur)

Taranmaktadır / Indexed in: ASOS Index, SOBIAD.

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi
Nazilli İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
İsabeyli Yerleşkesi, Nazilli, AYDIN, TÜRKİYE
0 (256) 347 7011

<http://dergipark.org.tr/niibfd>

niibfd@adu.edu.tr

YAYIN KURULU

(İsme göre sıralı)

Prof. Dr. Abdullah ÖZDEMİR (ADÜ)

Dr. Öğr. Üyesi Başak DOĞAN (ADÜ)

Dr. Öğr. Üyesi Bülent YILDIZ (ADÜ)

Dr. Öğr. Üyesi Dilek ELVAN ÇOKIŞLER (ADÜ)

Doç. Dr. Mehmet Atilla GÜLER (ADÜ)

Dr. Öğr. Üyesi Murat ARTUÇ (ADÜ)

Dr. Öğr. Üyesi Onur DURUKAL (ADÜ)

Doç. Dr. Sedat ALATAŞ (ADÜ)

Doç. Dr. Sercan YAVAN (ADÜ)

DANIŞMA KURULU

(İsme göre sıralı)

Dr. Abdullah ÖZDEMİR (ADÜ)	Dr. Jinyoung HWANG (Hannam University)
Dr. Adil BAYKASOÇLU (DEÜ)	Dr. John KING (Georgia State University)
Dr. Adriana GIURGIU (University of Oradea)	Dr. Kamil Ufuk BİLGİN (Ankara Hacı Bayramı Veli Üni.)
Dr. Ahmet ŞEKERKAYA (İstanbul Üni.)	Dr. Kemal YILDIRIM (Anadolu Üni.)
Dr. Ahmet ÜNLÜ (ADÜ)	Dr. Marina E. JOHNSON (University of Dayton)
Dr. Akan YANIK (ADÜ)	Dr. Md. Abdul WADUD (University of Rajshahi)
Dr. Ali CENGİZ (ADÜ)	Dr. Md. Moynul AHSAN (Ankara University)
Dr. Ali DERAN (Niğde Ömer Halisdemir Üni.)	Dr. Mehmet Ali SÜMBÜL (ADÜ)
Dr. Ali Ender ALTUNOĞLU (Muğla Sıtkı Koçman Üni.)	Dr. Mehmet Atilla GÜLER (ADÜ)
Dr. Ali ÖZDEMİR (DEÜ)	Dr. Mehmet Erdemir GÜNDOĞMUŞ (Bolu AİBÜ)
Dr. Ali PETEK (ADÜ)	Dr. Mehmet MARANGOZ (Muğla Sıtkı Koçman Üni.)
Dr. Amanda KING (Georgia Southern University)	Dr. Mehmet Metin DAM (ADÜ)
Dr. Arzu GÜLER (ADÜ)	Dr. Mehmet TANYAŞ (Maltepe Üni.)
Dr. Arzu ORGAN (PAÜ)	Dr. Mehpere TİMOR (İstanbul Üni.)
Dr. Aslı YENİPAZARLI (ADÜ)	Dr. Merve İrem YAPICI (ADÜ)
Dr. Aşkın GÜNGÖR (PAÜ)	Dr. Muhsin ÖZDEMİR (ADÜ)
Dr. Atakan HATİPOĞLU (ADÜ)	Dr. Musa İKİZOĞLU (ADÜ)
Dr. Aykut Hamit TURAN (Sakarya Üni.)	Dr. Mustafa Ali SARILI (ADÜ)
Dr. Aynur UÇKAÇ (ADÜ)	Dr. Mustafa DOĞANER (ADÜ)
Dr. Ayşe Cansu GÖK KISA (Hitit Üni.)	Dr. Mustafa MIYNAT (Celal Bayar Üni.)
Dr. Ayşegül TUŞ IŞIK (PAÜ)	Dr. Namık Kemal ÖZTÜRK (Muğla Sıtkı Koçman Üni.)
Dr. Aziz BOSTAN (ADÜ)	Dr. Necmi GÜRSAKAL (Uludağ Üni.)
Dr. Bayram COŞKUN (Muğla Sıtkı Koçman Üni.)	Dr. Necmiye CÖMERTLER ŞİMŞİR (ADÜ)
Dr. Bilge DOÇANLI (ADÜ)	Dr. Nilüfer KARACASULU (DEÜ)
Dr. Bülent YILDIZ (ADÜ)	Dr. Onur ÖZVERİ (DEÜ)
Dr. Cemal İYEM (ADÜ)	Dr. Osman PEKER (ADÜ)
Dr. Çağrı KÖROĞLU (ADÜ)	Dr. Ömer ÖZPINAR (ADÜ)
Dr. Çınar ÖZEN (Ankara Üni.)	Dr. Pınar Süral ÖZER (DEÜ)
Dr. Ece ARMAÇAN (ADÜ)	Dr. Rafet AKTAŞ (Yıldırım Beyazıt Üni.)
Dr. Engin BERBER (Ege Üni.)	Dr. Ralf WAGNER (University of Kassel)
Dr. Engin ÇAKIR (ADÜ)	Dr. Sacit Hadi AKDEDE (İzmir Bakırçay Üni.)
Dr. Erman COŞKUN (İzmir Bakırçay Üni.)	Dr. Sarmite MIKULIONIENE (Mykolas Romeris University)
Dr. Erol EÇRİOĞLU (Giresun Üni.)	Dr. Selçuk PERÇİN (Karadeniz Teknik Üni.)
Dr. Ersan ÖZ (PAÜ)	Dr. Sema OĞLAK (ADÜ)
Dr. Esin SAYIN (ADÜ)	Dr. Serkan DİLEK (Kastamonu Üni.)
Dr. Esra AYTAÇ ADALI (PAÜ)	Dr. Süleyman BARUTÇU (PAÜ)
Dr. Fatma Neval GENÇ (ADÜ)	Dr. Süleyman ÖZDEMİR (Bandırma Onyedil Eylül Üni.)
Dr. Ferhan ÇEBİ (PAÜ)	Dr. Şansel ÖZPINAR (ADÜ)
Dr. Feriştah SÖNMEZ (ADÜ)	Dr. Şevkinaz GÜMÜŞOĞLU (Yaşar Üni.)
Dr. Funda ÇONDUR (ADÜ)	Dr. Taner BULUT (ADÜ)
Dr. Gülşah SEZEN AKAR (ADÜ)	Dr. Taylan URKMEZ (SolBridge Int. School of Business)
Dr. Hadi GÖKÇEN (Gazi Üni.)	Dr. Tuncay Ercan SEPETCİOĞLU (ADÜ)
Dr. Hakan SARITAŞ (PAÜ)	Dr. Tuncer ÖZDİL (Manisa Celal Bayar Üni.)
Dr. Halil MUTİOĞLU (ADÜ)	Dr. Turgay UZUN (Muğla Sıtkı Koçman Üni.)
Dr. Hatice EROL (ADÜ)	Dr. Türkay DERELİ (Gaziantep Üni.)
Dr. Hür Bersam BOLAT (PAÜ)	Dr. Umut EVLİMOĞLU (ADÜ)
Dr. Hüseyin AKTAŞ (Celal Bayar Üni.)	Dr. Umut Tolga GÜMÜŞ (ADÜ)
Dr. Hüseyin GÜL (ADÜ)	Dr. Utku YAPICI (ADÜ)
Dr. Hüseyin ŞENKAYAS (ADÜ)	Dr. Veysel YILMAZ (Eskişehir Osmangazi Üni.)
Dr. Ioannis KARKASIZ (University of the Aegean)	Dr. Victoria Ateca AMESTOY (Uni. of Basque Country)
Dr. İbrahim Halil SUGÖZÜ (Şirnak Üni.)	Dr. Yaşar UYSAL (DEÜ)
Dr. İlhan KÜÇÜKKAPLAN (PAÜ)	Dr. Yetkin BULUT (Ondokuz Mayıs Üni.)
Dr. İsmail MAZGİT (DEÜ)	Dr. Yusuf ALPER (Uludağ Üni.)
Dr. İsmet ATEŞ (ADÜ)	Dr. Yusuf KADERLİ (ADÜ)

BU SAYIYA KATKI VEREN HAKEMLER

(İsme göre sıralı)

Dr. Emrah Sofuoğlu (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi)

Dr. Erkam Sarı (Aydın Adnan Menderes Üniversitesi)

Dr. Mehmet Fatih Demiral (Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi)

Dr. Sedat Altaş (Aydın Adnan Menderes Üniversitesi)

Dr. Umut Tolga Gümüş (Aydın Adnan Menderes Üniversitesi)

İÇİNDEKİLER

Araştırma Makalesi

ANALYSING THE SECTORS IN TERMS OF QUALITY MANAGEMENT: AHP, TOPSIS AND EDAS APPROACH

Nasibe ÇAKANEL, Engin ÇAKIR, İrfan ERTUĞRUL.....1- 21

Araştırma Makalesi

DENİZ SEVİYESİ YÜKSELMELERİNİN ÇUKUROVA DELTASINDAKİ TARIM ALANLARINA OLAN POTANSİYEL ETKİLERİ VE BU ETKİLERLE BAŞA ÇIKMA YÖNTEMLERİ

Mehmet AKALIN.....22- 42

ANALYSING THE SECTORS IN TERMS OF QUALITY MANAGEMENT: AHP, TOPSIS AND EDAS APPROACH

Nasibe ÇAKANEL¹

Engin ÇAKIR²

İrfan ERTUĞRUL³

Abstract

Total Quality Management (TQM) has become a critical managerial approach for businesses seeking to gain a competitive advantage in increasingly dynamic and globalized markets. In environments characterized by intense competition, enhancing job performance and employee satisfaction is essential for organizational sustainability. As such, TQM serves as a strategic framework aimed at embedding quality into every aspect of organizational operations. This study aims to identify and compare the quality management performance of six major economic sectors in Türkiye for the year 2022, based on data published in 2023 by the Turkish Statistical Institute (TurkStat). The evaluation is conducted using an integrated Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) approach that employs the Analytic Hierarchy Process (AHP) to weight the criteria and utilizes the TOPSIS and EDAS methods for sectoral performance ranking. By doing so, the study seeks to provide data-driven insights into sectoral strengths and weaknesses in quality management and to offer strategic guidance for improvement efforts.

The criteria selected for the analysis include production value, number of employees, productivity (calculated as production value per employee), turnover, and number of enterprises. According to the AHP results, production value (0.5208) and number of employees (0.2495) emerged as the most influential criteria in determining quality performance. The consistency of the AHP decision matrix was validated with a consistency ratio (CR) of 0.0993, ensuring the methodological reliability of the weighting process. The sectoral rankings obtained from both TOPSIS and EDAS methods showed strong alignment. In both evaluations, the industrial sector demonstrated the highest quality management performance, indicating its strong capacity in terms of output, workforce size, and structured quality practices. Conversely, the construction sector consistently ranked lowest, revealing significant deficiencies in quality implementation and highlighting the need for targeted improvement strategies and comprehensive project management reforms.

Keywords: Sectoral Evaluation, Total Quality Management, Multi-Criteria Decision Making, AHP, TOPSIS, EDAS

JEL Codes: C44, C61, D81, L15, M31

SEKTÖRLERİN KALİTE YÖNETİMİ AÇISINDAN İNCELENMESİ: AHP, TOPSIS VE EDAS YAKLAŞIMI

Özet

Toplam Kalite Yönetimi (TKY), giderek daha dinamik ve küreselleşen piyasalarda rekabet avantajı elde etmeyi hedefleyen işletmeler için kritik bir yönetim yaklaşımı haline gelmiştir. Yoğun rekabetin hâkim olduğu ortamlarda iş performansının ve çalışan memnuniyetinin artırılması, örgütsel sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda TKY, kalite anlayışını örgütsel faaliyetlerin her aşamasına entegre etmeyi amaçlayan stratejik bir çerçeve sunmaktadır. Bu çalışma, Türkiye'deki altı temel ekonomik sektörün 2022 yılına ait kalite yönetimi performanslarını, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından 2023 yılında yayımlanan veriler temelinde belirlemeyi ve karşılaştırmayı amaçlamaktadır. Değerlendirme süreci, kriterlerin ağırlıklandırılmasında Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve sektörlerin performans sıralamasında TOPSIS ile EDAS yöntemlerini içeren bütünlük bir Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yaklaşımıyla gerçekleştirilmiştir. Bu sayede çalışma, sektörlerin kalite yönetimi açısından güçlü ve zayıf yönlerine ilişkin veri temelli içgörüler sunmayı ve iyileştirme çalışmalarına stratejik yönlendirme sağlamayı hedeflemektedir.

Analizde kullanılan kriterler; üretim değeri, çalışan sayısı, verimlilik (üretim değeri/çalışan sayısı), ciro ve girişim sayısıdır. AHP yöntemiyle yapılan ağırlıklandırma sonuçlarına göre, kalite performansını belirlemede en etkili iki kriterin üretim değeri (0.5208) ve çalışan sayısı (0.2495) olduğu belirlenmiştir. Karar matrisinin tutarlılığı, 0.0993'lük tutarlılık oranı (CR) ile doğrulanmış ve yöntemin metodolojik güvenilirliği sağlanmıştır. TOPSIS ve EDAS yöntemleriyle elde edilen sektör sıralamaları büyük ölçüde örtüşmektedir. Her iki analizde de sanayi sektörü, en yüksek kalite yönetimi performansını sergileyerek; üretim hacmi, iş gücü büyüklüğü ve sistematik kalite uygulamaları açısından güçlü bir yapıya sahip olduğunu göstermiştir. Buna karşılık, her iki yöntemde de inşaat sektörü en düşük sırada yer almış ve bu durum, sektörde kalite yönetimi uygulamalarının yetersizliğini ve kapsamlı iyileştirme stratejilerine olan ihtiyacı ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Sektörel Değerlendirme, Toplam Kalite Yönetimi, Çok Kriterli Karar Verme, AHP, TOPSIS, EDAS

JEL Kodları: C44, C61, D81, L15, M31

¹ Öğr. Gör., Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye, nerdogan@pau.edu.tr,  ORCID ID: orcid.org/0000-0003-4633-3874

² Doç. Dr., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye, engincakir@adu.edu.tr,  ORCID ID: orcid.org/0000-0002-5906-4178

³ Prof. Dr., Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye, iertugrul@pau.edu.tr,  ORCID ID: orcid.org/0000-0002-5283-191X

INTRODUCTION

Total Quality Management (TQM) is a comprehensive and structured approach to organizational management that seeks to improve the quality of products and services through ongoing refinement in response to continuous feedback. It involves the participation of all members of an organization in improving processes, products, services, and organizational culture. Total Quality Management (TQM) provides significant advantages in areas such as business development and performance management. In this context, TQM practices increase productivity, offer advantages such as the ability to identify problems, and engage in activities to reduce costs. It is effectively applied across a wide range of sectors, including manufacturing, healthcare, education, public administration, and service industries, contributing to enhanced efficiency, customer satisfaction, and organizational excellence. The interest in TQM has a global spread and many countries, organizations and businesses pay special attention to quality management practices. Internationally, countries such as Japan, the United States, and European Union members have integrated TQM into national quality strategies and industrial policies. In Turkey, TQM has been implemented in various sectors through initiatives led by both the public and private sectors, such as quality awards, ISO certification programs, and institutional reforms aimed at fostering quality culture. In addition, TQM stands out as one of the basic elements of contemporary business understanding, and its economic contributions to all sectors, especially the industrial and service sectors, have made it necessary to adopt quality-oriented approaches in these sectors. For example, while the industrial sector sustains economic growth by ensuring the continuity of production, the service sector contributes to increasing social welfare. The differences and dynamics between all sectors require quality management to be evaluated on a sectoral basis. As the locomotive of the Turkish economy, these sectors are critical for increasing the country's competitiveness and ensuring sustainable growth. However, there are limited scientific studies on the criteria by which these sectors should be evaluated in terms of quality management and how these criteria should be ranked.

Quality management approaches shape not only financial performance but also cultural and environmental impacts. The aim of this study is to prioritize the sectors in Turkey in line with the criteria affecting quality, encourage continuous improvement processes and increase competitiveness. Açıkan (2016) states that employee participation is a critical factor in the success of TQM and that management should support this process.

There are a limited number of studies that reveal the differences in quality management between sectors in Turkey. In this study, the criteria affecting quality are weighted using the AHP method and the sectors are ranked using TOPSIS and EDAS methods. The TurkStat data for 2023 used in the study provides a reliable data set for the evaluation of sectoral differences for the year 2022.

This study is important in terms of providing a data-based and comparative evaluation framework for understanding the strengths and weaknesses of sectors in quality management. By using production value, number of employees, productivity, turnover, and number of enterprises as evaluation criteria, the study presents a comprehensive picture of sectoral performance. The application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) enables the determination of the relative importance of each criterion through expert judgment, while the use of TOPSIS and EDAS methods allows for the ranking of sectors based on different performance logics—namely, proximity to an ideal solution and distance from an average benchmark.

The study also contributes to filling a critical gap in national literature by systematically evaluating the quality management performance of sectors using a multi-method decision model. As a result of the research, the findings are expected to guide policymakers, business managers, and sectoral stakeholders in developing targeted strategies for quality improvement. The recommendations derived from the results aim to support the effective shaping of quality management practices in alignment with the unique characteristics and needs of each sector.

1. LITERATURE REVIEW

In recent years, the EDAS method has been widely used in different sectors in combination with other CRM methods such as AHP and TOPSIS. These methods, which are preferred in the evaluation and ranking of alternatives in various fields such as finance, logistics, energy and e-commerce, allow decision processes to be carried out more objectively and effectively. In this section of the study, studies that are similar to the purpose and methods of this article are included.

Quality management is a discipline that aims to optimize the processes of items and maintain products and services continuously. This field includes methods such as quality control, quality assurance systems and total quality management (TQM). TQM is an approach to improve quality with all warehouses, reserves and resources (Juran & Godfrey, 1999). This management approach is based on the principles of continuous regime and customer orientation.

TOPSIS is frequently preferred by researchers in the evaluation of business performance due to its advantages (Demireli, 2010: 104; Yıldırım & Önder, 2014: 134).

Some of the studies in which AHP is used independently are as follows: Lombardi et al. (2016) used this method to identify combinations of isolated power systems; Kumru and Kumru (2014) developed a method for selecting the most appropriate transportation mode. Koç and Burhan (2014), Verma and Pateriya (2013), Asamoah et al. (2012), Chan and Chan (2010) and Levary (2008) used the AHP method in supplier selection processes. In addition, Yavuz (2013) identified flexibility, cost, delivery and quality as the main criteria in his study conducted in a food business operating in the retail sector.

Different methods are used to improve quality in industrial and service sectors. In the industrial sector, ongoing adaptation and efficiency in the production process gain importance; while in the service sector, customer interaction and service customization are at the forefront. Therefore, different quality management strategies are required for each sector. In the literature, quality management systems are shaped by international standards such as ISO 9001, which provide a framework for organizational structure and broad scope (Oakland, 2014).

The study by Zavadskas et al. (2014) provides a comprehensive overview of QMS methods. The study includes examples of AHP and TOPSIS methods and examines different application areas of these methods in detail.

In the energy sector, the EDAS method developed by Ghorabae et al. (2015) is used to evaluate energy investments and rank the financial performance of companies. Studies show that EDAS is a powerful method to be used together with TOPSIS in financial performance analysis.

Gümüş et al. (2017) analyzed the financial performance of 15 companies traded in the BIST cement sector by using financial ratios and cash flow ratios calculated from 2016 financial statements of the companies using TOPSIS method. Sureeyatanapas et al. (2018) presented an extension of the traditional TOPSIS method for the case of uncertain or unavailable criteria weights.

Various packages reveal that AHP and TOPSIS methods are very useful for the effective deployment of quality management practices and that these methods are very useful, especially for the acquisition of complex parts. While AHP allows for a better weighting of the criteria used in sectoral evaluations, TOPSIS offers an objective ranking recommendations to select the most appropriate sector based on these expenditures (Taylan & Çelik, 2019).

In a study by Ersoy (2021), Entropy-based TOPSIS, EDAS and CODAS methods were used to determine the most suitable computer hardware for a company in the e-commerce sector. In the study, Entropy method was used to calculate the uncertain criteria weights and then the alternatives were ranked by TOPSIS, EDAS and CODAS methods.

2. MATERIALS AND METHODS

In this study, a multi-criteria decision-making (MCDM) approach is adopted to evaluate sectoral quality management performance using AHP (Analytic Hierarchy Process), TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution), and EDAS (Evaluation based on Distance from Average Solution) methods. These methods were selected due to their complementary strengths in handling subjective judgments, proximity-based ranking, and distance-from-average evaluations. The integration of these methods provides a robust analytical framework for comparing performance indicators across different sectors in a systematic, transparent, and data-driven manner. The analysis is based on 2022 sectoral data provided by the Turkish Statistical Institute (TurkStat), and the methodology is structured into clearly defined steps for each MCDM technique to ensure consistency and validity in the evaluation process.

2.1. AHP, TOPSIS and EDAS Methods

The use of CRM methods is becoming more and more important to evaluate quality management in industry and service sectors in an effective and unbiased manner. Methods such as AHP, TOPSIS and EDAS allow for more accurate and comprehensive performance analysis by taking into account sector-specific differences. By using these methods, it becomes possible to develop more effective quality management policies by making comparisons between sectors. In this respect, the main purpose of this study is to analyze the contributions of the mentioned QQM methods to quality management at sectoral level and to provide applicable solution suggestions for enterprises.

2.1.1. AHP Method

AHP is a method that is used to solve CRM problems and takes into account the subjective preferences of the decision maker. This technique simplifies complex decision problems, reducing them to smaller and manageable sub-criteria. It then performs a weighting process based on the relative importance of these sub-criteria. AHP is a particularly useful tool for decision makers who want to balance between different losses or gains and determine criteria weights (Saaty, 1980). This method aims to determine the relative priorities of alternatives in the decision-making process and to measure the consistency of the decision maker's evaluations. The main strength of the AHP is that it considers the intuitive judgments of the decision maker and organizes these judgments in a systematic way. The fact that the decision maker makes decisions based on knowledge and experience makes it easier for the method to adapt to decision processes. The effectiveness of the AHP method is enhanced by the fact that it considers concrete and abstract elements together and provides a partially simple solution (Al-Subhi Al-Harbi, 2001: 20). The application stages of the AHP method are given below in order.

Step 1. Establishing the Model and Defining the Problem

All factors affecting the decision process are identified through expert opinions or surveys. Based on the data obtained, the objective, criteria, sub-criteria and alternatives are defined, and a hierarchical structure is created to show the relationships between these elements (Yang & Lee, 1997: 246).

Step 2. Data Collection and Preparation of Pairwise Comparison Matrices

Once the hierarchical structure is determined, data are collected using the pairwise comparison scale (Saaty, 1986: 843). At this stage, a pairwise comparison matrix of “ $m \times n$ ” dimensions is created (Cheng et al., 2002: 34).

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{m1} & a_{m2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Step 3. Calculation of the Relative Weights (Eigenvectors) of Hierarchical Elements

Following the creation of the pairwise comparisons matrix, normalization is performed on the matrix to calculate the relative weight of each element. This is done by taking the sum of the column values and dividing each value by the column sums. Then, by averaging the values in the rows and obtaining the eigenvectors, the importance level of each criterion is determined (Cheng & Li, 2001: 33).

Step 4. Calculating the Consistency Ratio and Assessing Validity

The Consistency Ratio (CR) is calculated to test the validity of the pairwise comparisons obtained in the decision process. For consistency to be at an acceptable level, the CR value should be below 0.1 (Chan et al., 2006: 641). The following steps are followed to calculate the consistency ratio:

Consistency index; $CI = (\lambda_{max} - n)/(n - 1)$ is calculated with the formula.

The consistency ratio ($CR = CI/RI$) can be calculated by using Table 3 (RI = random consistency index, λ_{max} = largest eigenvector value of the pairwise comparisons matrix and n = number of columns). Appropriate CR values were generated for different matrix sizes. For 3*3 matrices the CR value = 0.05; for 4*4 matrices the CR value = 0.08; for larger matrices the value is 0.1 (Shyjith et al., 2008: 380-381).

Step 5. Using Relative Weights in the Decision Process

After the relative weights of the elements at each level of the hierarchy are calculated, a choice is made between the alternatives at the last level. At this stage, the alternative with the highest score is evaluated as the most appropriate option and the alternatives are compared using these weights in the decision process (Cheng et al., 2002: 35).

2.1.2. TOPSIS Method

The TOPSIS method was developed by Hwang and Yoon (1981) and is a common method used in the problem of MCDM. This approach is based on the proximity of alternatives to the positive ideal solution and the distance from the negative ideal solution. This feature enables decision makers to make an accurate and rational choice among a large number of criteria and alternatives. In addition, TOPSIS has a simple and understandable mathematical structure and provides an objective analysis in the decision-making process (Hung & Chen, 2009). The application stages of the TOPSIS method are given below in order.

Step 1. Creating the Decision Matrix (A)

The decision matrix created in Equation (2) according to the alternatives and criteria is denoted by A. Each element a_{ij} of this matrix represents the actual value of alternative i in matrix A according to criterion j (Rao, 2008: 444).

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Step 2. Creating the Normalized Decision Matrix

After the decision matrix A is created, the normalized decision matrix is obtained using the formula in Equation (3) (Mahmoodzadeh et al., 2007:138).

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (3)$$

(r_{ij} ; i : 1,2, ..., N; number of criteria j : 1,2,...,K; number of alternatives)

Step 3. Creating the Weighted Normalized Decision Matrix (V)

A weighted decision matrix is created by multiplying the weights (ω_{ij}) determined for each criterion by the elements of the normalized matrix: $V_{ij} = (\omega_{ij} \times R_{ij})$

This matrix provides data containing the relative importance of the criteria (Rao, 2008: 444).

Step 4. Determination of Ideal (A^*) and Negative Ideal (A^-) Solutions

The positive ideal solution (A^*) contains the best performance values and the negative ideal solution (A^-) contains the worst performance values. Ideal solutions are calculated as follows (Yurdakul & İç, 2005: 4613):

$$A^* = \{(max_i^{v_{ij}} | j \in J), (min_i^{v_{ij}} | j \in J')\} \quad (4)$$

$$A^- = \{(min_i^{v_{ij}} | j \in J), (max_i^{v_{ij}} | j \in J')\} \quad (5)$$

The values obtained from Equation (4) are shown as $A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$ and the values obtained from Equation (5) are shown as $A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$

Step 5. Calculation of Segregation Measures

At this step, the separation measures for each alternative are computed by determining their distances from the positive ideal and negative ideal solutions. These distances represent how far each alternative deviates from the optimal and the least desirable performance levels, respectively. The closer an alternative is to the ideal solution, and the farther it is from the negative ideal, the more favorable its overall evaluation. The calculations are performed using the following formulas.

"For alternative j , the distance from the ideal solution (S_i^*), is defined as the ideal separation, while the distance from the negative ideal solution (S_i^-) is defined as the negative ideal separation and is calculated using the equation in Equation (6) and Equation (7) (Mahmoodzadeh et al., 2007: 139)

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (6)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (7)$$

Step 6. Calculating Relative Proximity to the Ideal Solution

Using the equation in Equation (8), the relative proximity to the ideal solution (C_i^*) is calculated and higher values indicate better performance (Olson, 2004:2).

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad 0 \leq C_i^* \leq 1 \quad (8)$$

Step 7. Ranking of Alternatives

The alternatives are ranked according to the value of C_i^* and the alternative closest to the positive ideal solution is determined as the most appropriate choice.

2.1.3. EDAS Method

The EDAS method is a CRM technique developed by Keshavarz Ghorabae et al. (2015). EDAS uses the distances to the average solution to rank alternatives according to specified criteria. This method has the advantages that it can work with uncertain data, the computational process is simple and offers flexibility to decision makers. The basic principle of the EDAS method is based on calculating the positive and negative distances of each alternative to the average solution. The performance of the alternatives is determined by comparing them to the average solution. This feature offers a complementary approach to AHP and TOPSIS methods (Stević et al., 2018). The application stages of the EDAS method are listed below in order.

Step 1. Creating the Decision Matrix

The EDAS method begins with the construction of a decision matrix that outlines all alternatives and the criteria by which they are evaluated. This matrix serves as the foundational structure for the analysis, where each element reflects the performance value of a specific alternative with respect to a given criterion. In Equation (6), n represents the total number of criteria, while m denotes the number of alternatives considered in the decision-making process.

$$X = [x_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Step 2. Creating the Mean Values Matrix

In the second step, the mean values matrix is obtained for each of the criteria. This process is created by averaging the j . criterion values in the decision matrix as shown in Equation (10).

$$AV_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}}{n} \quad (10)$$

Step 3. Calculation of Positive and Negative Distance from Average Matrices

After the initial decision matrix is created, positive distance from average (PDA) and negative distance from average (NDA) matrices are created by using Equation (11) and Equation (12).

$$PDA = [PDA_{ij}]_{n \times m} \quad (11)$$

$$NDA = [NDA_{ij}]_{n \times m} \quad (12)$$

Where PDA is the positive distance of alternative i from the average solution according to criterion j and NDA is the negative distance of alternative i from the average solution according to criterion j . In other words, the average values of each value in the decision matrix calculated by Equation (10) are determined and the positive and negative distances of each alternative from the average according to various criteria are obtained as PDA_{ij} and NDA_{ij} by processing the maximum value in the relevant column. Furthermore, in the construction of the distance matrices, it is taken into account whether the criteria have benefit or cost characteristics, and the formulas in Equation (13-16) are used to ensure this situation.

The benefit criterion refers to the criteria that are desired to be maximum.

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0, (x_{ij} - AV_j))}{AV_j}, j. \in \text{benefit criterion} \quad (13)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - x_{ij}))}{AV_j}, j. \in \text{benefit criterion} \quad (14)$$

The cost criterion refers to the criteria that are desired to be minimum.

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - x_{ij}))}{AV_j}, j. \in \text{cost criterion} \quad (15)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0, (x_{ij} - AV_j))}{AV_j}, j. \in \text{cost criterion} \quad (16)$$

Step 4. Calculation of Weighted Total Positive and Negative Distances

In step 4 of the EDAS method, total positive (SP_i) and negative distances (SN_i) are calculated through positive-negative distance matrices. This is done by using the formulas in Equation (17) and Equation (18) and multiplying the distance matrices by the weight values (w_j) that express the importance levels.

$$SP_i = \sum_{j=1}^m w_j PDA_{ij} \quad (17)$$

$$SN_i = \sum_{j=1}^m w_j NDA_{ij} \quad (18)$$

An increase in the value of SP_i and a decrease in the value of SN_i indicates that the alternatives are at the desired level, that is, the alternatives have reached the optimal level at the end of the application.

Step 5. Normalization of Weighted Total Distances

At this stage of the method, the values of SP_i and SN_i are normalized with the formulas in Equation (17) and Equation (18) to obtain the normalized weighted total positive and negative values of alternative i .

$$NSP_i = \frac{SP_i}{\max_i(SP_i)} \quad (19)$$

$$NSN_i = 1 - \frac{SN_i}{\max_i(SN_i)} \quad (20)$$

Step 6. Calculating the Evaluation Scores of Each Alternative

In the final step of the EDAS method, the performance score of each alternative (AS_i) is computed using Equation (21). These scores reflect the overall evaluation of the alternatives based on their positive and negative distances from the average solution. Once calculated, the alternatives are ranked in descending order according to their AS_i values, and the one with the highest score is identified as the most favorable or optimal option within the decision-making context.

$$AS_i = \frac{1}{2}(NSP_i + NSN_i) \quad (21)$$

2.2. Data Source

This study is based on statistical data on sectors published by TurkStat in 2023. The data set used includes critical performance indicators such as sectoral production value, number of employees, productivity (calculated within the scope of the study), turnover and number of enterprises for 2022. These data provide the basic information needed to assess the quality management performance of the sectors.

For the assessment of sectors in terms of quality management, the following elements were taken into account:

- Value of Production: Reflects the total production volume of the sectors.
- Number of Employees: Refers to the size of the workforce in the sector and the sectoral employment structure.
- Productivity: It represents the amount of output produced by the sectors per labor force and is calculated as "Value of Production/Number of Employees".
- Turnover: Indicates the financial performance and market share of the sectors.
- Number of Enterprises: Refers to the diversity and density of enterprises in the sector.

These elements are the basic parameters that enable the sectors to be compared and analyzed in the context of quality management practices. The data were analyzed with AHP, TOPSIS and EDAS methods and the performance rankings of the sectors were made.

Sectoral scope:

Annual industry and services statistics published by TUIK are prepared by years using different activity classifications. NACE Rev.1.1 classification was used between 2002-2008 and NACE Rev.2 classification has been used since 2009. This classification is applied as the Statistical Classification of Economic Activities in the European Community. The scope of the study includes the following sectors in accordance with the NACE Rev.2 classification:

- *Industry sector:*
 - Mining and quarrying
 - Manufacturing
 - Electricity, gas, steam and air conditioning production and distribution
 - Water supply; sewerage, waste management and remediation activities
- *Construction sector:*
 - Construction
- *Trade sector:*
 - Wholesale and retail trade
 - Repair of motor vehicles and motorcycles
- *Transportation and communication sector:*
 - Transportation and storage
 - Information and communication
- *Self-employment and other services sectors:*
 - Accommodation and food service activities
 - Professional, scientific and technical activities
 - Administrative and support service activities
 - Education
 - Human health and social work activities
 - Culture, arts, entertainment, recreation and sports
 - Other service activities
- *Rental sector:*
 - Real estate activities
- *Sectors not covered:*
 - Agriculture, forestry and fisheries
 - Finance and insurance activities
 - Public administration and defense; compulsory social security
 - Activities of households as employers
 - Activities of international organizations and their representative offices

Confidentiality principles:

TUIK acts in accordance with confidentiality principles as per the Turkish Statistical Law No. 5429. Sector data is not published in sectors with fewer than three enterprises or in cases where one or two enterprises are dominant. These data are included in sector totals or country-wide statistics (TUIK, 2022), as shown in Table 1.

Table 1. Analysis Based on Data from TUIK

Sectors	Production Value (C1)	Number of Employees (C2)	Productivity (C3)	Ciro (C4)	Number of Initiatives (C5)
Industry (P1)	12.786.510.218.712	5.348.832	2.390.524	13.320.792.865.870	481.999
Construction (P2)	1.735.668.763.043	1.716.831	1.010.972	1.817.338.489.953	283.435
Trade (P3)	2.366.441.173.090	4.430.779	534.091	15.941.134.292.437	1.363.585
Transportation and Communication (P4)	2.375.965.359.171	2.000.574	1.187.642	2.990.737.699.555	628.836
Self-employment and Other Service Enterprises (P5)	1.933.239.685.879	4.981.834	388.058	2.037.237.390.596	966.985
Rental (P6)	274.627.698.295	167.312	1.641.411	281.612.870.852	59.624

The variables presented in Table 1—Production Value (C1), Number of Employees (C2), Productivity (C3), Turnover (C4), and Number of Enterprises (C5)—were selected as the evaluation criteria for this study. These indicators were chosen due to their direct relevance to sectoral performance and their alignment with the principles of quality management. As such, they constitute the core criteria set utilized in the multi-criteria decision-making framework and were weighted using the Analytic Hierarchy Process (AHP) to reflect their relative importance in assessing quality management across sectors.

Furthermore, the sectoral alternatives listed in Table 1 were evaluated using TOPSIS and EDAS, two widely applied Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods that allow for a comprehensive ranking of alternatives based on the selected criteria. These techniques were employed to generate performance scores for each sector, thereby enabling a comparative analysis of their quality management capabilities. The integrated use of AHP for determining criteria weights and TOPSIS/EDAS for ranking ensures that the assessment is both methodologically robust and analytically consistent. The sectors evaluated in this study include Industry (P1), Construction (P2), Trade (P3), Transportation and Communication (P4), Self-employment and Other Service Enterprises (P5), and Rental (P6). These alternatives represent key components of Türkiye's economic structure and differ significantly in terms of operational characteristics, scale, and complexity. By applying the same evaluation framework to these diverse sectors, the study enables a systematic and objective comparison of their respective quality management performances, thus providing actionable insights for policymakers, regulators, and sector leaders.

3. APPLICATION

In this section, the findings obtained through the application of AHP, TOPSIS, and EDAS methods are presented in detail. The analysis was conducted to evaluate the sectoral quality management performance based on five main criteria: production value, number of employees, productivity, turnover, and number of enterprises. These criteria were weighted using the Analytic Hierarchy Process (AHP) through expert judgment, and the consistency of the decision matrices was verified. Subsequently, the sectoral performances were analyzed using the TOPSIS and EDAS methods, which rely on ideal solution proximity and distance from average, respectively. The results obtained from each method were

interpreted comparatively to determine the relative performance of the sectors in terms of quality management. The analyses provide insight into the strengths and weaknesses of each sector, offering a data-driven foundation for strategic improvement and policy development.

The primary objective of this study is to develop a comprehensive and systematic framework for evaluating the quality management performance of key economic sectors in Türkiye using a multi-criteria decision-making (MCDM) approach. By integrating AHP for criteria weighting and TOPSIS and EDAS for performance evaluation, the study aims to deliver an analytically sound methodology that reflects both expert judgment and quantitative sectoral data. The focus on five fundamental indicators—production value, number of employees, productivity, turnover, and number of enterprises—ensures that the evaluation is grounded in widely recognized metrics of organizational performance.

The significance of this study lies in its potential to inform sector-specific improvement strategies by highlighting the relative strengths and weaknesses of each sector. Through the application of AHP, sectoral priorities are clarified based on expert consensus, while the use of TOPSIS and EDAS enables a nuanced comparison of sectoral performance under varying methodological perspectives. The consistency between these methods reinforces the reliability of the results and enhances their applicability for decision-makers. Ultimately, the study provides a data-driven basis for directing quality management reforms, resource allocation, and policy interventions, supporting the broader goals of sustainable development and competitive growth within Türkiye's economy.

3.1. AHP Analysis Findings

In the study, CR values were calculated for criteria and alternatives within the scope of the AHP method used in the decision-making process. As a result of these calculations using Microsoft Excel program, it was determined that all consistency ratios obtained for criteria and alternatives were less than 0.10. This result indicates that the decision matrices are consistent, and the evaluations are reliable. Furthermore, this supports that subjective errors are minimized in the decision-making process and AHP analysis is valid.

Criteria Weighting: Analytic Hierarchy Process (AHP) and Expert Opinions

In the study, the criteria weights to evaluate the sectors in terms of quality management were determined as a result of one-to-one interviews with 4 authorized experts (Appendix 1). The experts compared the five criteria with each other using the pairwise comparison method and determined the relative importance of the criteria. Table 2 presents the pairwise comparison matrix obtained from expert opinions.

Table 2. Pairwise Comparison Matrix Obtained from Expert Opinions

Criteria	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1	3 1/4	7	7	8 1/4
C2	1/3	1	3 3/4	4	6 1/4
C3	1/7	2/7	1	1 1/4	4 1/2
C4	1/7	1/4	7/8	1	5
C5	1/8	1/6	1/4	1/4	1

The normalized weights and the priority vector results of the criteria determined through AHP are presented in Table 3. This table shows how each criterion was weighted based on expert evaluations and reflects their relative importance in assessing sectoral quality management performance. The results demonstrate that the criteria were consistently evaluated and that the derived weights can be reliably used in further analysis.

Table 3. AHP Weighting of Criteria with Priority Vector

Criteria	C1	C2	C3	C4	C5
C1	0.5801	0.6565	0.5430	0.5181	0.3300
C2	0.1813	0.2020	0.2909	0.2961	0.2500
C3	0.0837	0.0564	0.0776	0.0925	0.1800
C4	0.0837	0.0522	0.0679	0.0740	0.2000
C5	0.0711	0.0329	0.0207	0.0193	0.0400

The ranking of the criteria based on their average weight values is provided in Table 4. This ranking highlights the most influential criteria in the decision-making process, with production value emerging as the most significant, followed by productivity. The lower ranks of other criteria such as number of employees indicate their relatively limited impact on quality management performance according to expert judgment.

Table 4. AHP Criteria Weighting Ranking

Criteria	Average	Rank
C1	0.5208	1
C2	0.2495	2
C3	0.0949	4
C4	0.0976	3
C5	0.0372	5

Relative Importance of Criteria (AHP Findings):

In the analysis using AHP, the relative importance of the criteria affecting the performance of the sectors in terms of quality management was calculated, and production value and productivity stood out among the most critical criteria determining quality management performance.

Production Value (C1 – 0.5208): This remains the most important criterion in evaluating quality management performance. Its high weight indicates that economic contribution and output volume are central to how quality is perceived at the sectoral level. Sectors with higher production volumes are seen as more successful in managing quality.

Number of Employees (C2 – 0.2495): Contrary to the previous assessment, this criterion now has the second highest importance. This shows a significant shift in emphasis, suggesting that employment scale and workforce presence are increasingly considered important indicators of operational quality and institutional capacity within sectors.

Turnover (C4 – 0.0976): Turnover is now the third most influential factor. Although not as critical as production value or workforce size, it still reflects the financial performance and market strength of the sector. Its moderate weight implies that financial turnover supports quality, but is not the primary determinant.

Productivity (C3 – 0.0949): Productivity, previously the second most important factor, now ranks fourth. This shows a reduced emphasis on efficiency, suggesting that in the updated model, raw output and labor capacity are seen as more influential than efficiency metrics in quality management evaluations.

Number of Initiatives (C5 – 0.0372): This remains the least important criterion. The relatively low weight indicates that entrepreneurial density or number of active firms has a minimal impact on perceived quality. It may suggest that just having many businesses does not necessarily contribute to effective or structured quality practices.

To assess the reliability of the pairwise comparisons made in the AHP process, a consistency analysis was conducted. The consistency indicators were calculated as follows: maximum eigenvalue (λ_{max}) = 5.4449, consistency index (CI) = 0.1112, and consistency ratio (CR) = 0.0993. Since the CR value is

slightly below the generally accepted threshold of 0.10, the decision matrix is deemed sufficiently consistent. This indicates that the judgments used in the pairwise comparisons are logically coherent and stable, supporting the validity of the resulting priority vector. Overall, the revised AHP model provides a robust and reliable framework for assessing quality management performance across sectors, with a focus on economic capacity and workforce as the leading determinants.

These results provided a strong basis for evaluating cross-industry quality management performance and contributed to the subsequent TOPSIS and EDAS analysis.

3.2. TOPSIS Analysis Results

The calculated criteria weights will be used to evaluate the performance of the alternatives (sectors) using the TOPSIS method. In the TOPSIS method, the ranking will be created by calculating the distance of each alternative from the ideal and negative ideal solutions. The distance from the ideal solution (S_i^+), is defined as the ideal separation, while the distance from the negative ideal solution (S_i^-) is defined as the negative ideal separation and is calculated using the equation in Equation (6) and Equation (7). Table 5 shows the performance indicators obtained for the alternatives.

Table 5. TOPSIS Decision Stage

Alternatives	S_i^+	S_i^-	C_i^*
P1	0.0254	0.5355	0.9547
P2	0.4640	0.0820	0.1502
P3	0.4186	0.1883	0.3102
P4	0.4356	0.1095	0.2010
P5	0.4402	0.1819	0.2924
P6	0.5350	0.0381	0.0665

The evaluation scores (C_i^*) i.e. performance values, of each alternative sector were calculated by using the formula in Equation (18). Table 6 shows the ranking of the performance values of the alternatives.

Table 6. TOPSIS Performance Rankings of Alternatives

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
C_i^*	0.9547	0.1502	0.3102	0.2010	0.2924	0.0665
Arrangement	1	5	2	4	3	6

3.3. EDAS Analysis Findings

The calculated criteria weights will be used to evaluate the performance of alternatives (sectors) using the EDAS method. In the EDAS method, the positive and negative distance of each alternative to the average solution will be calculated and the ranking will be created. The weighted total positive distance (SP_i) calculated with the formula Equality (14) and the weighted total positive distance (SN_i) calculated with the formula Equality (15) for the regions in Table 6 were obtained. Then, the SP_i and SN_i values were normalized with the formulas in Equality (16) and Equality (17) to obtain the normalized weighted total positive and negative values of the i. alternative. The performance indicators obtained for the alternatives are given in Table 7.

Table 7. EDAS Alternatives Performance Indicators

Alternatives	SP_i	SN_i	NSP_i	NSN_i	AS_i
P1	1.7321	0.0088	1.0000	0.9896	0.9948
P2	0.0000	0.4832	0.0000	0.4273	0.2137
P3	0.3085	0.2288	0.1781	0.7288	0.4535
P4	0.0000	0.3139	0.0000	0.6280	0.3140
P5	0.1703	0.3683	0.0983	0.5635	0.3309
P6	0.0357	0.8437	0.0206	0.0000	0.0103

The evaluation scores (AS_i) for each alternative sector, namely the performance values, were calculated using the formula in Equation (18). Table 8 shows the ranking of the performance values of the alternatives.

Table 8. EDAS Alternative Performance Rankings

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
AS_i	0.9948	0.2137	0.4535	0.3140	0.3309	0.0103
Arrangement	1	5	2	4	3	6

The evaluation results derived from both the TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) and EDAS (Evaluation Based on Distance from Average Solution) methods revealed that the alternative rankings across sectors were identical. This alignment confirms the robustness and consistency of the applied multi-criteria decision-making framework. Despite the methodological differences between the two techniques—where TOPSIS is based on the proximity to ideal and anti-ideal solutions, and EDAS evaluates alternatives based on their deviation from the average—the fact that both yielded the same ranking order enhances the credibility of the findings. It demonstrates that the relative quality management performance levels of the sectors are stable and method-independent under the given criteria and weight structure. Such consistency provides strong validation for the decision model and supports the reliability of sectoral quality assessments made within this study.

According to the evaluation results obtained through both the TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) and EDAS (Evaluation Based on Distance from Average Solution) methods, the Industrial Sector (P1) consistently ranked first among all alternatives, demonstrating superior performance in terms of quality management. This convergence across methodologies highlights the industrial sector's robust integration of structured quality processes, particularly in relation to its dominant position in production value, workforce size, and turnover. The sector's commitment to technological advancement and operational discipline reinforces its leading status in both analyses. The Trade Sector (P3) secured second place in both methods, suggesting that its strong financial activity and market presence are critical contributors to its performance. While not as prominent as the industrial sector, the trade sector's competitiveness can be further enhanced through more systematic customer-focused quality strategies and continuous improvement initiatives.

The Service Sector (P5) ranked third in both models, reflecting a moderate level of performance. Although entrepreneurial activity and service diversity are strengths, the sector lacks a fully developed and formalized quality management infrastructure. Perceived service quality and responsiveness remain areas requiring attention to improve overall outcomes. Closely following, the Transportation and Communication Sector (P4) ranked fourth in both approaches, reinforcing its position as a sector with strategic importance but operational limitations. Its relatively low scores underscore the need for stronger process standardization and customer orientation to boost performance levels.

The Construction Sector (P2) and Rental Sector (P6) occupied the fifth and sixth positions, respectively, across both methods. The construction sector faces ongoing challenges related to project delivery, cost efficiency, and production consistency, which significantly hinder its quality performance. Similarly, the rental sector's extremely low scores indicate substantial deficiencies in service standardization, client engagement, and quality monitoring mechanisms. The alignment of these rankings in both TOPSIS and EDAS confirms the severity of quality management gaps in these domains and supports the need for targeted interventions.

The consistency in sectoral rankings across both methods demonstrates the robustness and validity of the evaluation framework employed in this study. It also indicates that the observed differences in quality management performance are not method-dependent but reflect fundamental structural realities in each sector. These findings offer a reliable basis for policymakers, managers, and stakeholders to prioritize sector-specific quality improvement strategies, allocate resources effectively, and design long-term plans aimed at enhancing national-level performance in quality management practices.

4. DISCUSSION

The findings of this study are largely consistent with similar studies in existing literature. For example, Ersoy (2021) emphasized that logistics processes play a critical role in quality management in the e-commerce sector, and this supports the findings of the current study regarding the logistics and communication sector.

On the other hand, some of the results obtained may be inconsistent with other studies in literature. For example, it was observed that the quality management performance of the service sector was relatively lower, indicating that customer satisfaction-oriented quality management models should be developed. Oakland (2014) stated that Total Quality Management (TQM) applications in the service sector strengthen competitive advantage by increasing customer satisfaction. From this perspective, the findings obtained in this study are both consistent with the literature and remarkable.

Moreover, the high performance of the industrial sector is in line with numerous studies emphasizing the role of standardized processes, technological investments, and institutional quality frameworks in industrial settings. According to Taylan and Çelik (2019), sectors that implement MCDM-supported TQM practices tend to demonstrate superior performance due to structured process control and continuous improvement mechanisms. This finding validates the superior ranking of the industrial sector in this study.

Similarly, the relatively strong performance of the trade sector aligns with findings by Demireli (2010), who highlighted the importance of financial indicators and customer-facing processes in determining quality performance in commercial enterprises. However, this also suggests that further integration of digital quality tools and customer feedback systems could enhance its performance.

The rental sector's poor performance, as shown in this study, is also echoed by findings in the literature that point to the lack of formal quality management structures in fragmented service areas (Oakland, 2014). This highlights the necessity for the development of sector-specific quality models and regulatory oversight mechanisms in less-institutionalized service sectors.

Furthermore, while productivity was expected to play a greater role in quality performance, its relatively lower weight in this study suggests that raw output and workforce size are currently perceived as more decisive indicators by experts. This finding opens a new discussion in the literature about the evolving perceptions of what constitutes "quality" in different sectors.

In this study, the combined use of MCDM methods such as AHP, TOPSIS and EDAS provides decision makers with an objective and systematic evaluation framework in comparing sectoral quality management performances. However, one of the main limitations of the study is that the analyses are based only on statistical data provided by TÜİK and are not supported by field studies. This situation may partially limit the validity of the findings obtained. In future studies, the inclusion of field studies and expert opinions in the analysis process may contribute to obtaining more robust and comprehensive results. In addition, this study is limited to certain quality criteria, and the integration of additional criteria such as environmental sustainability in future studies may provide a more in-depth assessment.

Another limitation is the static nature of the dataset used. Since the evaluation is based on 2022 data, it may not fully capture dynamic changes such as post-pandemic adjustments, inflationary pressures, or digital transformation trends that can significantly affect sectoral quality management performance. Therefore, longitudinal studies that track quality performance over time could enrich the analysis.

It is also worth noting that although the study employed a robust MCDM framework, the subjective nature of expert judgments in AHP might introduce bias. Future research can benefit from hybrid approaches combining objective weighting (e.g., entropy, CRITIC) with expert-based methods to minimize this effect.

Finally, it is recommended that future studies conduct a comprehensive analysis that includes more sectors and benefits from wider data sets.

5. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

In this study, a comprehensive evaluation of quality management performance across six key economic sectors in Türkiye was conducted using an integrated multi-criteria decision-making (MCDM) framework. The methods employed included the Analytic Hierarchy Process (AHP) for determining the relative importance of evaluation criteria, and the TOPSIS and EDAS techniques for ranking sectoral alternatives. The primary goal was to assess quality management practices through objective, measurable indicators and to derive data-driven improvement strategies tailored to each sector's context.

The criteria used in the evaluation—production value, number of employees, productivity, turnover, and number of enterprises—were selected based on their relevance to both operational efficiency and organizational structure. Their weights were determined through expert judgments using AHP, and the resulting consistency ratio confirmed the methodological soundness of the weighting process.

The criteria employed in this study—production value, number of employees, productivity, turnover, and number of enterprises—were carefully selected due to their dual relevance to both operational efficiency and the structural characteristics of sectors. These indicators are widely recognized as essential components of performance evaluation in the context of quality management and provide a robust basis for cross-sectoral comparison. To ensure that the assessment reflects expert-informed priorities, the Analytic Hierarchy Process (AHP) was used to derive the relative importance (weights) of each criterion based on judgments collected from decision-makers with domain expertise. The consistency ratio ($CR = 0.0993$) obtained from the pairwise comparison matrix confirmed the internal coherence and reliability of the weighting process, remaining just below the generally accepted threshold of 0.10.

According to the AHP results, production value emerged as the most influential criterion, with a weight of 0.5208, underscoring the dominant role of economic output in the evaluation of sectoral quality performance. This finding aligns with the observation that sectors contributing higher levels of output are often better positioned in terms of resource allocation, infrastructure, and systematic quality control. The number of employees, weighted at 0.2495, was identified as the second most important criterion, reflecting the growing recognition of workforce size and labor capacity as vital elements of quality implementation, particularly in labor-intensive industries. Turnover, with a weight of 0.0976, and productivity, at 0.0949, were both assigned moderate importance. While these criteria reflect financial and efficiency-based performance, their comparatively lower weights suggest that, although relevant, they are not the sole determinants of quality perception. Finally, the number of enterprises, receiving the lowest weight of 0.0372, indicates that entrepreneurial density alone has limited influence on sectoral quality performance, particularly when not accompanied by strong institutional frameworks or standardized practices.

The justification for using the AHP method lies in its ability to transform expert judgments into numerical weights, allowing for a consistent and transparent prioritization of quality-related criteria. Its use ensures that subjective insights are incorporated systematically and that the criteria selection is not solely data-driven but also experience-informed. The subsequent use of TOPSIS and EDAS methods, both of which are robust tools in MCDM literature, provided complementary approaches to ranking: while TOPSIS measures the proximity of alternatives to an ideal solution, EDAS evaluates alternatives based on their distance from the average. The convergence of rankings across these two methods validated the reliability and robustness of the evaluation framework.

The results of both TOPSIS and EDAS methods revealed a high degree of consistency in the ranking of alternatives, which enhances the validity and robustness of the findings. In both methods, the Industrial Sector (P1) was ranked highest, demonstrating clear superiority in quality management performance. This result reflects the sector's strong position in production output, workforce size, and financial turnover, as well as its effective integration of structured quality processes and commitment to operational excellence. The consistent ranking of the industrial sector as the top performer across both methods confirms its leading role in Türkiye's economic landscape and its alignment with modern quality standards and innovation-driven practices.

The Trade Sector (P3) also ranked second in both evaluations, indicating that strong market presence and financial activity contribute positively to overall quality performance. However, despite this relatively favorable position, both methods signal that there remains room for improvement, particularly in customer-focused practices and standardization. Enhancing customer satisfaction mechanisms, digital service interfaces, and SME-oriented quality programs could elevate the sector's performance further.

Similarly, both the Service Sector (P5) and the Transportation and Communication Sector (P4) were ranked third and fourth, respectively, in both methods. These sectors exhibit moderate quality management performance. The service sector, while dynamic and diverse, suffers from a lack of formal quality frameworks and measurable standards. The transportation sector, though strategically important, is hindered by low financial turnover and inconsistent implementation of quality processes. Their positions in both methods suggest that mid-tier sectors require targeted improvements in process standardization, monitoring systems, and customer feedback integration.

The Construction Sector (P2) and the Rental Sector (P6) were identified as the lowest-performing alternatives, ranking fifth and sixth, respectively, in both TOPSIS and EDAS results. The construction sector's deficiencies in areas such as cost control, timely project completion, and adherence to quality standards were clearly reflected in its low scores. The rental sector's bottom-ranking position signals the absence of institutionalized quality management mechanisms and highlights the need for regulatory frameworks and training programs tailored to this fragmented service area.

The near-identical rankings produced by TOPSIS and EDAS methods confirm the reliability and internal consistency of the evaluation framework. Despite the methodological differences—where TOPSIS focuses on the ideal solution and EDAS considers deviation from the average—the convergence of results underlines the structural stability of sectoral quality performance in Türkiye. This agreement across techniques strengthens the basis for interpreting the findings as a trustworthy representation of the current quality landscape.

In summary, the methodological rigor and complementary structure of AHP, TOPSIS, and EDAS enabled the study to produce consistent, valid, and interpretable findings on sectoral quality management. This integrated MCDM framework offers a replicable and flexible model for evaluating organizational quality across sectors and contexts.

Based on the outcomes of this study, several sector-specific recommendations can be offered. For the industrial sector, investments in digitalization and automation should be further incentivized, and wider adoption of national and international quality standards should be promoted through policy support. The trade sector would benefit from strengthened supply chain quality monitoring and SME-specific quality incentives to enhance service reliability and responsiveness. For service and rental sectors, expanding employee training initiatives, implementing CRM systems, and aligning service delivery with customer feedback mechanisms will be crucial in establishing performance consistency. Lastly, the construction sector requires an overhaul in quality assurance practices, including enforcement of occupational safety, project management discipline, and the promotion of sustainable construction methods. These strategic directions, grounded in the empirical findings of this study, are essential for enhancing sectoral quality management capacity and achieving long-term economic resilience.

REFERENCES

- Açan, H. İ. (2016). *An application on the effect of total quality management practices on employee job satisfaction* (Yayımlanmamış Yüksek lisans tezi), İnönü Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Al-Subhi Al-Harbi, K. M. (2001). Application of the AHP in project management. *International Journal of Project Management*, 19(1), 19–27. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(99\)00038-1](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(99)00038-1)
- Asamoah, D., Annan, J., & Nyarko, S. (2012). AHP approach for supplier evaluation and selection in a pharmaceutical manufacturing company in Ghana. *International Journal of Business and Management*, 7(10), 49–62. <https://doi.org/10.5539/ijbm.v7n10p49>

- Chan, F. T. S., Chan, H. K., Lau, H. C. V., & Ip, R. W. L. (2006). An AHP approach in benchmarking logistics performance of the postal industry. *Benchmarking: An International Journal*, 13(6), 636–661. <https://doi.org/10.1108/14635770610709031>
- Chan, F. T. S., & Chan, H. K. (2010). An AHP model for selection of suppliers in the fast changing fashion market. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 51(9–12), 1195–1207. <https://doi.org/10.1007/s00170-010-2683-6>
- Cheng, E. W. L., & Li, H. (2001). Analytic hierarchy process: An approach to determine measures for business performance. *Measuring Business Excellence*, 5(3), 30–37. <https://doi.org/10.1108/EUM0000000005864>
- Cheng, E. W. L., Li, H., & Ho, D. C. K. (2002). Analytic hierarchy process (AHP): A defective tool when used improperly. *Measuring Business Excellence*, 6(4), 33–37. <https://doi.org/10.1108/13683040210451697ResearchGate+2PolyUScholarsHub+2ingentaconnect.com+2>
- Demireli, E. (2010). TOPSIS multi-criteria decision-making system: An application on public banks in Turkey. *Journal of Entrepreneurship and Development*, 5(1), 39–51.
- Ersoy, Y. (2021). Equipment selection for an e-commerce company using Entropy-based TOPSIS, EDAS and CODAS methods during the COVID-19. *LogForum*, 17(3), 341–358.
- Gümüþ, U. T., Şakar, Z., Akkın, G., & Şahin, M. (2017). Ratios used in financial analysis and firm value relationship: An analysis on cement companies traded in BIST. *Black Sea Journal of Social Sciences*, 9(16), 1–23.
- Hung, C. C., & Chen, L. H. (2009). A fuzzy TOPSIS decision making model with entropy weight under intuitionistic fuzzy environment. In *Proceedings of the International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists* (pp. 13–16).
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). *Multiple attribute decision making: Methods and applications*. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1999). *Juran's quality handbook* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Lombardi, P., Sokolnikova, T., Suslov, K., Voropai, N., & Styczynski, Z. A. (2016). Isolated power system in Russia: A chance for renewable energies? *Renewable Energy*, 90, 532–541. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.01.016>
- Oakland, J. S. (2014). *Total quality management and operational excellence: Text with cases* (4th ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315815725>
- Olson, D. L. (2004). Comparison of weights in TOPSIS models. *Mathematical and Computer Modelling*, 40(7–8), 721–727. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2004.10.003>
- Keshavarz Ghorabae, M., Zavadskas, E. K., Olfat, L., & Turskis, Z. (2015). Multi-criteria inventory classification using a new method of evaluation based on distance from average solution (EDAS). *Informatica*, 26(3), 435–451. <https://doi.org/10.15388/Informatica.2015.57>
- Kumru, M., & Yıldız Kumru, P. (2014). Analytic hierarchy process application in selecting the mode of transport for a logistics company. *Journal of Advanced Transportation*, 48(9), 974–989. <https://doi.org/10.1002/atr.1240>
- Koç, E., & Burhan, H. A. (2014). An analytic hierarchy process (AHP) approach to a real world supplier selection problem: A case study of Carglass Turkey. *Global Business and Management Research: An International Journal*, 6(1), 1–14.
- Levary, R. R. (2008). Using the analytic hierarchy process to rank foreign suppliers based on supply risks. *Computers & Industrial Engineering*, 55(2), 535–542. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2008.01.010>

- Mahmoodzadeh, S., Shahrabi, J., Pariazar, M., & Zaeri, M. S. (2007). Project selection by using fuzzy AHP and TOPSIS technique. *International Journal of Human and Social Sciences*, 1(3), 135–140.
- Rao, R. V. (2008). Evaluation of environmentally conscious manufacturing programs using multiple attribute decision-making methods. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 222(3), 441–451. <https://doi.org/10.1243/09544054JEM981>
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (1986). Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. *Management Science*, 32(7), 841–855. <https://doi.org/10.1287/mnsc.32.7.841>
- Shyjith, K., Ilangkumaran, M., & Kumanan, S. (2008). Multi-criteria decision-making approach to evaluate optimum maintenance strategy in textile industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 14(4), 375–386. <https://doi.org/110.1108/13552510810909975>
- Stević, Ž., Vasiljević, M., Zavadskas, E. K., Sremac, S., & Turskis, Z. (2018). Selection of a carpenter manufacturer using fuzzy EDAS method. *Engineering Economics*, 29(3), 281–290. <https://doi.org/10.5755/j01.ee.29.3.16818>
- Sureeyatanapas, P., Poophiukhok, P., & Pathumnakul, S. (2018). Green initiatives for logistics service providers: An investigation of antecedent factors and the contributions to corporate goals. *Journal of Cleaner Production*, 191, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.206>
- Taylan, O., & Çelik, M. (2019). Use of multi-criteria decision making methods in quality management. *Quality Management Journal*, 15(2), 99–112.
- TÜİK. (2023). İstatistik veri portalı. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=sanayi-114&dil=1>

APPENDIX 1. Decision Makers

Decision Maker	Gender	Age	Profession	Income (₺)
DM1	Male	45	Quality Manager	120.000,00 ₺
DM2	Female	38	Industrial Engineer	70.000,00 ₺
DM3	Male	50	Operations Director	180.000,00 ₺
DM4	Female	42	Academician	95.000,00 ₺

STATEMENT OF ETHICAL AND SCIENTIFIC PRINCIPLES RESPONSIBILITY

The author declares that all stages of the preparation of this study were conducted in accordance with ethical rules and scientific citation principles. This study does not fall within a category that requires approval from an ethics committee.

AUTHOR CONTRIBUTION STATEMENT

1st author contribution: 40%
2nd author contribution: 30%
3rd author contribution: 30%

ETİK VE BİLİMSEL İLKELER SORUMLULUK BEYANI

Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara ve bilimsel atıf gösterme ilkelerine riayet edildiğini yazar beyan eder. Bu çalışma etik kurul izni gerektiren çalışma grubunda yer almamaktadır.

ARAŞTIRMACILARIN MAKALEYE KATKI ORANI BEYANI

- 1. Yazar katkı oranı:** %40
- 2. Yazar katkı oranı:** %30
- 3. Yazar katkı oranı:** %30

DENİZ SEVİYESİ YÜKSELMELERİNİN ÇUKUROVA DELTASINDAKİ TARIM ALANLARINA OLAN POTANSİYEL ETKİLERİ VE BU ETKİLERLE BAŞA ÇIKMA YÖNTEMLERİ

Mehmet AKALIN¹

Özet

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin önemli etkilerinden birisi de deniz seviyesi yükselmeleridir. Deniz seviyesi yükselmelerinin ilerleyen dönemlerde, ¾'ü sularla çevrili olan dünyamız ve yarımada görünümündeki ülkemiz için ciddi bir tehdit olması beklenmektedir. Bu tehdit, deniz seviyesi yükselmelerinin kıyı bölgelerdeki yaşam alanlarına, ekosistemlere ve biyolojik çeşitliliğe zarar verme potansiyelinden ileri gelmektedir. Ayrıca Çukurova Deltası'ndaki tarım alanlarının sular altında kalarak zarar görmesi, ülkemizde gıda güvenliği sorununun ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Bu çalışma ile bölgeye dikkat çekilmek ve risklerle başa çıkılabilecek önlemler tartışılmak istenmiştir. Çalışmada, Çukurova Deltası'nda oluşması muhtemel deniz seviyesi yükselmelerini gösteren simülasyonlar kullanılarak tehlikenin boyutları ortaya koyulmuştur. Çukurova deltasındaki deniz seviyesi yükselmeleri 50'şer cm aralıklarla 0-6 metre bandında "CoastalDEMv2.1 modeli" kullanılarak simüle edilmiştir. Çukurova Deltası'ndaki arazi kullanım şekilleri ve tarım arazilerinin tespiti ise "Copernicus Arazi Gözetim Uygulaması" ile yapılmıştır. Çukurova deltasında yer alan lagünlerin, bataklıkların, kumulların, kıyı yerleşimlerinin ve tarım alanlarının çeşitli iklim senaryolarına göre ilerleyen yıllarda sular altında kalması beklenmektedir. Deltada yer alan tarım alanlarında yetiştirilebilen ürün çeşitliliğinin fazla, verimliliğin yüksek ve yılda birden fazla hasat yapılabilir olması, bölgenin deniz seviyesi yükselmelerine karşı gözetilmesini gerektirmektedir. Deniz seviyesi yükselmeleri yavaş ilerleyen süreçleri içeriyor olsa da bu riske karşı alınacak olan önlemlerin daha hızlı bir şekilde hayata geçirilmesi hayati önem taşımaktadır. Çünkü deniz seviyesi yükselmeleri öncelikle kıyılarda bulunan ve düşük kot yüksekliğine sahip yerleşim yerlerini, tarım alanlarını, sanayi üretim tesislerini ve diğer doğal çevreleri etkisi altına almaktadır. Özellikle verimli tarım alanları deniz seviyesi yükselmelerinden büyük zararlar görebilmektedir. Deniz seviyesi yükselmelerinin potansiyel etkilerine karşı geri çekilme, uyum ve koruma yöntemleri ile bölgedeki zarar en aza indirilebilecektir. Bunun için yerel ve merkezi yönetimlerin bölge ölçeğinde daha detaylı şekilde hazırlayacakları afet riski planlarını kararlı bir şekilde hayata geçirmeleri büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Küresel ısınma, Deniz seviyesi yüklemesi, Çukurova deltası, Tarım alanları, Gıda güvenliği

JEL Kodları: Q0, Q5, Q54

POTENTIAL IMPACTS OF SEA LEVEL RISE ON AGRICULTURAL LANDS IN THE ÇUKOROVA DELTA AND METHODS TO COPE WITH THESE IMPACTS

Abstract

One of the important effects of global warming and climate change is sea level rise. Sea level rise is expected to be a serious threat to our world, which is ¾ surrounded by water, and our country, which looks like a peninsula, in the future. This threat arises from the potential of sea level rise to harm habitats, ecosystems and biodiversity in coastal areas. Additionally, because the damage to agricultural areas in the Çukurova Delta due to flooding may cause food security problems in our country. This study aims to draw attention to the region and discuss measures that can be taken to cope with the risks. Simulations showing possible sea level rises in the Çukurova Delta were used in the study. Sea level rise in the Çukurova Delta was simulated using the "CoastalDEMv2.1 model" in the 0-6 meter band at 50 cm intervals. Land use patterns and agricultural lands in the Çukurova Delta were determined using the "Copernicus Land Surveillance Application". It is expected that the lagoons, marshes, dunes, coastal settlements and agricultural areas in the Çukurova delta will be flooded in the coming years according to various climate scenarios. The diversity of products that can be grown in the agricultural areas in the delta, the high productivity and the ability to harvest more than once a year necessitate that the region be monitored against sea level rise. Although sea level rise involves slow-moving processes, it is vital that measures to be taken against this risk are implemented more rapidly. Because sea level rise primarily affects coastal settlements, agricultural areas, industrial production facilities and other natural environments with low elevations. Especially productive agricultural areas can be greatly damaged by sea level rise. The damage in the region can be minimized with retreat, accommodation and protection methods against the potential effects of sea level rise. For this reason, it is of great importance for local and central governments to resolutely implement disaster risk plans that they will prepare in more detail on a regional scale.

Keywords: Global warming, Sea level rise, Çukurova Delta, Agricultural areas, Food security

JEL Codes: Q0, Q5, Q54

¹ Sosyal Güvenlik Uzmanı, Doç.Dr., Sosyal Güvenlik Kurumu, E-Posta: makalin@sgk.gov.tr  ORCID ID: orcid.org/ 0000-0002-5170-7503

1 GİRİŞ

Türkiye'nin, üç tarafı denizlerle çevrili bir ülke olması nedeniyle küresel ısınma ve iklim değişikliğinin önemli sonuçlarından olan deniz seviyesi yükselmelerinden birinci derecede etkilenmesi beklenmektedir. Deniz seviyesi yükselmelerinin etki düzeyi, Türkiye'deki yoğun nüfuslu kentlerin ve verimli tarım alanlarının çoğunlukla kıyı alanlarda bulunmasından dolayı artmaktadır. Nitekim, deniz seviyesi yükselmeleri, kıyı alanlarının su altında kalmasına, kumsalların erozyona uğramasına, yer altı sularının kirlenmesine, toprağın aşırı tuzlanmasına, su baskınlarının çoğalmasına, tarımsal üretimin azalmasına, gıda güvenliğinin risk altına girmesine, yerleşim yerlerindeki altyapıların hasar görmesine ve ekosistemlerin değişime uğramasına sebep olabilmektedir.

Deniz seviyesi yüklemelerinden etkilenen tarım alanları; yukarıda sayılan tüm bu potansiyel etkiler içerisinde tarımsal verimliliğe, sürekliliğe, gıda güvenliğine, insan sağlığına ve toplum refahına zarar vermesi nedeniyle oldukça kritik bir öneme sahiptir. Bu yüzden Bafra, Küçük Menderes, Büyük Menderes, Meriç, Sakarya, Gediz ve Çukurova gibi yoğun biçimde tarımsal üretimin yapıldığı kıyı ovalarının deniz seviyesi yükselme riskine karşı korunması gerekir.

Seyhan, Ceyhan ve Tarsus (Berdan) ırmaklarının oluşturduğu Çukurova Deltası, Türkiye'nin en büyük kıyı ovası olmasının yanı sıra; fiziki, ekonomik, ekolojik ve jeopolitik özelliklerinden dolayı da hassasiyet gösterilmesi gereken bir coğrafi yapıdır. Özellikle tarımsal üretim ve gıda güvenliği bakımından Çukurova Deltası'nın ulusal ölçekte katma değer üretme kapasitesi, bölgeye daha çok önem verilmesine sebep olmaktadır. Bu çalışmada Çukurova Deltası'ndaki tarım alanlarının deniz seviyesi yüksekliği karşısındaki kırılganlığı çeşitli iklim senaryoları çerçevesinde belirlenmeye çalışılmıştır. Bölgedeki tarım alanlarının olası deniz seviyesi yükselmelerine karşı ne şekilde korunabileceği ve bu olası etkilere karşı tarımsal üretimin en az ne şekilde zarar görebileceği kısa, orta ve uzun erimli stratejilerle ortaya koyulmuştur. Çukurova Deltası özelinde yapılan bu araştırmanın, ülkemizin diğer delta ovaları ve kıyı bölgeleri için de örnek oluşturması; ülkemizdeki kıyı bölgelerinin planlanmasına ve tarımsal üretimin sürdürülebilirliğine katkı vermesi beklenmektedir.

Deniz seviyesi yükselmelerinin kıyı bölgelerdeki yaşam alanlarına, ekosistemlere ve biyolojik çeşitliliğe olan yıkıcı etkisi; fırtına dalgaları, toprak erozyonları, şiddetli yağışlar ve diğer kıyı taşkın faktörlerinin de etkisiyle önemli ölçüde artmaktadır. Özellikle nehirlerin denize döküldükleri deltalarda, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin de etkisiyle yoğun yağışlar gerçekleşebilmektedir. Bu gelişmeler taşkınların daha kısa aralıklarla meydana gelmesine ve su baskınlarının daha sık yaşanmasına sebep olmaktadır (Reimann vd., 2023). Bunun yanı sıra kıyı bölgelerinde kentleşme ve altyapı faaliyetleri nedeniyle toprağın suyu tutma kapasitesi azalabilmektedir. Bu ise ekolojik açıdan kırılgan yapıdaki kıyı alanlarını su baskınlarına karşı savunmasız hale getirmektedir (Dosman vd., 2022).

Deniz seviyesi yükselmesi; özellikle yağış rejimlerinin değişmesi, şiddetli yağışların daha sık yaşanıyor olması ve yüksek fırtına dalgalarının ortaya çıkmasıyla birlikte kıyı ovaları üzerinde yıkıcı etkiler ortaya çıkarmaktadır. Bu durumun 21. yüzyıl boyunca devam edip, 22. yüzyılın ortalarına değin ağırlaşarak devam etmesi beklenmektedir (IPCC, 2021). Türkiye'deki tarımsal üretimin önemli bir kısmının yapıldığı Çukurova'nın sular altında kalarak işlevsiz hale gelmesi ise bölgede kıtlık riski oluşturarak gıda güvenliği sorununu ortaya çıkaracaktır. Bu yüzden bölgenin deniz seviyesi yükselmelerinin sebep olacağı potansiyel riskler karşısında dirençli hale gelmesi hem bölge hem de ülke açısından önem arz edecektir.

Çalışmada Çukurova Deltası'nda ilerleyen yıllarda oluşması muhtemel deniz seviyesi yükselmelerini gösteren simülasyonlar kullanılmıştır. Bu simülasyonlar oluşturulurken, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) Altıncı Değerlendirme Raporu'ndan (AR6, 2022), Küresel ve Bölgesel Deniz Seviyesi Yükselişi Senaryolarından ve Deniz Seviyesi Yükselişi Teknik Raporu'ndan (Sweet vd., 2022) faydalanılmıştır. Çukurova deltasındaki deniz seviyesi yükselmeleri 50'şer cm aralıklarla 0-6 metre bandında CoastalDEMv2.1 modeli kullanılarak simüle edilmiştir (Climate Central, 2024).

Kıyı alanlarını deniz seviyesi yükselmesi ve kıyı taşkınlarından kaynaklanan tehditlere karşı kırılganlığını doğru bir şekilde değerlendirmek için doğru yükseklik verileri gereklidir. ABD,

Avustralya, İngiltere ve bazı Avrupa Ülkeleri lidardan türetilen yüksek kaliteli yükseklik verileri yayınlar, dünyanın geri kalanı, özellikle gelişmekte olan ülkeler, uydu radarından türetilen daha düşük güvenilirliği olan küresel dijital yükseklik modellerine göre tahminlerde bulunmaktadır.

CoastalDEMv2.1 modellemesi dünyanın dört bir yanından birçok kıyı taşkın riski ölçüm istasyonlarından el de edilen verileri ve bildirimleri kullanmak sureti ile olası deniz seviyesi yükselmelerinin alansal etkilerini tahmin etmeye yardımcı olmaktadır. Bu modellemede sunulan verilerin doğruluğu dünya çapındaki diğer küresel dijital yükseklik modelleri ile karşılaştırılarak yapılmaktadır. CoastalDEMv2.1 modellemesinde NASA'nın ICESat-2 uydusundan alınan kara yüksekliği ölçümleri, CoastalDEM v1.1, NASADEM, TanDEM-X, MERIT ve AW3D30 gibi diğer küresel dijital yükseklik modelleri ile karşılaştırılmaktadır. Bu girdiler yükseklik, nüfus yoğunluğu, bitki örtüsü yoğunluğu ve diğer yükseklik ölçümlerini içermektedir. CoastalDEM v2.1 modellemesi ile küresel medyan sapmasını neredeyse tamamen ortadan kaldırarak 0,01 metrenin altına indirmiştir. Böylece CoastalDEM v2.1 modellemesi ile nüfus yoğunluğundan bağımsız olarak tüm alanlar dahil biçimde 0-5 metre yükseklik bandının tamamında çok küçük hata payları ile ölçümler yapılabilmektedir.

Çukurova Deltası'ndaki arazi kullanım şekilleri ve tarım arazilerinin tespiti ise Avrupa Birliği Uzay Programının (European Union's Space Programme) bir parçası olan "Copernicus Arazi Gözetim Uygulaması" ile yapılmıştır. 2018 yılının referans alındığı "Copernicus Arazi Gözetim Uygulaması" ile 44 farklı Arazi Örtüsü envanteri detaylandırılarak gösterilebilmektedir. Bu uygulamadan elde edilen uydu verileri ile bölgedeki tarım alanları, kumullar, sulak alanlar, yerleşim yerleri ve ormanlar farklı renklerle birbirinden ayrıştırılarak gösterilmiştir. Veri seti, alansal olaylar için 25 hektar (ha) Minimum Haritalama Birimine (MMU), doğrusal olaylar için ise 100 metre Minimum Haritalama Genişliği (MMW) değerine sahiptir. Uygulamada değişim katmanları daha yüksek çözünürlükte gösterilmiştir. Arazi Örtüsü Değişiklikleri (YDM) için minimum haritalama birimi (MMU) 5 hektara kadar gösterilebilmektedir.

"Copernicus Arazi Gözetim Uygulaması", ekosistemlerin korunması, biyolojik çeşitlilik kaybının durdurulması, iklim değişikliğinin etkilerinin izlenmesi, kentsel arazi işgalinin izlenmesi, tarımdaki gelişmelerin değerlendirilmesi ve su kaynakları direktifleriyle başa çıkılması gibi Avrupa Birliği Çevre Eylem Programlarının temel öncelikli alanlarının uygulanmasını destekleyen önemli veri kümeleri sunmaktadır. Uygulama ile tarım alanlarının ortalama büyüklüğü hesaplanabiliyor olsa da bu ölçümler güvenilir kesinlikte sonuç vermediğinden çalışmada kullanılmamıştır. Bunun yerine önceki yıllarda deltada yapılan çalışmalarda kullanılan detaylı alan ve yükseklik ölçümlerinden faydalanılmıştır.

1. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Kıyılar; deniz seviyesi yükselmeleri, erozyon, sel, taşkın, toprak ve su kirlenmesi tehlikelerine karşı oldukça hassas yerlerdir (Brown vd., 2022). Bunun yanı sıra üçte ikisi sularla örtülü olan dünyamızda kıyı alanları, birçok insan aktivitesine ve farklı türden ekosisteme de ev sahipliği yapmaktadır. Birleşmiş Milletler Çevre Programına (UNEP) göre dünya nüfusunun yaklaşık %37'si kıyıya 100 km mesafedeki alanlarda yaşamaktadır (UNEP, 2024). Yine tüm dünyada yaklaşık 600 milyon insanın, deniz seviyesinden 10 metre veya daha az yükseklikteki kıyı yerleşimlerinde yaşadığı ve metropollerin yarısından fazlasının kıyılarda yer aldığı bilinmektedir (Kirezci vd., 2020).

Yeryüzünün büyük bölümünün sularla kaplı olması ve büyük şehirlerin genellikle kıyılara yakın bölgelerde yer alması, olası deniz seviyesi yükselmelerinin insan yaşamı ve refahı üzerindeki etkilerinin önemini daha da arttırmaktadır (Craig, 2010). Bunun nedeni beşerî ve ekonomik faaliyetlerin yoğun bir biçimde görüldüğü kıyılarda, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin sebep olduğu deniz seviyesi yükselmelerinin yıkıcı etkilerinin daha derin bir biçimde hissediliyor olmasından kaynaklanmaktadır.

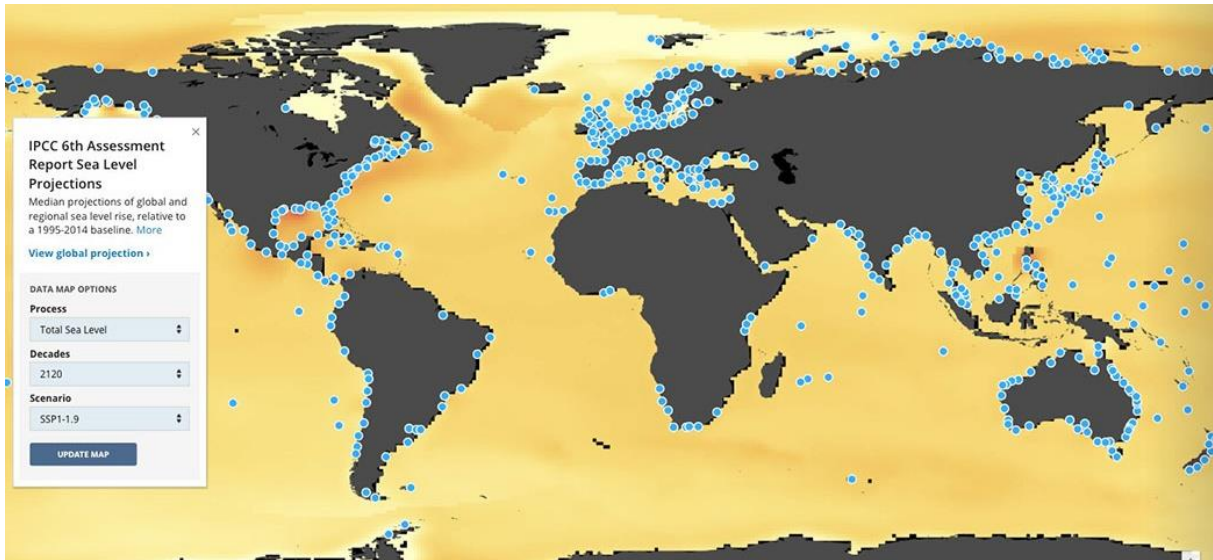
Kıyı alanlarının insanların ekonomik ve beşerî faaliyetleri için çekici yerler olmasının birçok sebebi bulunmaktadır. Kıyılarda, inşa edilebilen ya da doğal olarak bulunan limanlar, bulundukları bölgede ticaretin gelişebilmesi sebebiyle insanların refahının artmasına yol açabilmektedir. Bunun yanı sıra kıyı bölgelerinde su ürünlerinden fayda sağlanabilmektedir. Bu da insanların geçimlerini sağlayabilmeleri için bir alternatif oluşturmaktadır. Nihayetinde kıyı şeritlerinde bulunan platolar ve alüvyon ovaları

tarımsal üretim için verimli tarım alanlarıdır. İnsanlar tarih boyunca tarımsal üretimlerini bu verimli arazilerde yapmayı tercih etmişlerdir.

Kıyılar, deniz ve kara ekosistemlerinin yakınlaştığı ve her iki ekosistemin etkileşim içerisine girdiği alanlardır. Kıyılar bu özelliklerinden dolayı biyolojik ve jeolojik açıdan canlı yaşamına elverişli ortamlar sunabilmektedir (Özhan, 2008). Kıyılar, kıyı suları ile kıyı topraklarının bütünüdür. Dolayısıyla kıyılar adaları, geçiş niteliğindeki ve gel-git hareketlerinin yaşandığı alanları, bataklıkları, sulak alanları ve kumsalları içerir (Klee ve Gary, 1999).

Kıyı alanları Türkiye’de 3621 sayılı Kıyı Kanununda tanımlanmıştır. Buna göre , “kıyı çizgisi, deniz, tabii ve suni göl ve akarsularda, taşkın durumları dışında, suyun karaya değdiği noktaların birleşmesinden oluşan çizgiyi; kıyı kenar çizgisi; deniz, tabii ve suni göl ve akarsularda, kıyı çizgisinden sonraki kara yönünde su hareketlerinin oluşturulduğu kumluk, çakıllık, kayalık, taşlık, sazlık, bataklık ve benzeri alanların doğal sınırını; kıyı, kıyı çizgisi ile kıyı kenar çizgisi arasındaki alanı; dar kıyı ise kıyı kenar çizgisinin, kıyı çizgisi ile çakışmasını” ifade etmektedir. Bu tanımlardan hareketle dünya nüfusunun çoğunun kıyı kenar çizgisinden itibaren kara yönüne yatay olarak kurulan yerleşim yerlerinde yaşadıkları ve faaliyetlerini bu alanlarda sürdürdükleri anlaşılmaktadır.

Farklı kot yüksekliklere sahip kıyı alanlarında yaşayanlar, deniz seviyesi yükselme riskine karşı aynı oranda etkilenmezler. Deniz seviyesi yükselmelerinden bazı kentler kısmen zarar görürken, bazı kentler ve bazı küçük adalar ise yok olma riskiyle yüz yüze kalabilmektedir (World Economic Forum, 2019). Nitekim Maldivler, Tuvalu, Kiribati, Marshall Adaları ve Samoa gibi ada ülkelerinin yakın bir gelecekte tamamen sular altında kalıp yok olmaları beklenmektedir. Çin, Vietnam, Japonya, Hindistan, Bangladeş, Endonezya, Tayland, Hollanda, Filipinler, Myanmar, ABD, Birleşik Krallık, Brezilya, Almanya, Fransa, Malezya, Tayvan, Güney Kore, Nijerya ve İtalya gibi ülkeler ise deniz seviyesi yükselmelerinden kısmen etkilenenler olacaktır. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) kıyı bölgelerde yaşayan nüfus yoğunluğunu göz önünde bulundurularak bu ülkeleri deniz seviyesi yükselmelerine karşı hassas yerler olarak ilan etmiştir (NASA, 2024a).



Şekil 1. Deniz Seviyesi Yükselmelerinden Etkilenmesi Beklenen Ülkeler

Kaynak: NASA, 2024a

Deniz seviyesi çoğunlukla okyanus suyunun toplam hacminde oluşan artışlarla yükselmektedir. Bu durum, eriyen kutup buz tabakalarının yanı sıra ısındıkça suyun doğal olarak genişlemesinin bir sonucu olarak da ortaya çıkabilmektedir. 1993 yılından bu yana Grönland ve Antarktika'daki buz tabakalarındaki erimelerin küresel ortalama deniz seviyesini önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir (Craig & Palmer, 2024). Uydu verileri baz alınarak yapılan hesaplamalara göre Grönland'da her yıl yaklaşık olarak 270 milyar ton buz kütlesi, küresel ısınma ve iklim değişikliği nedeniyle eriyerek denize

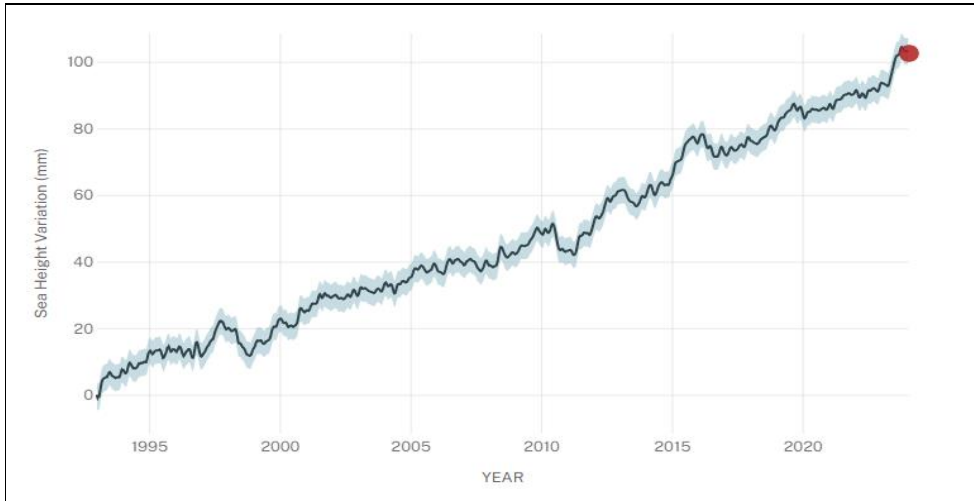
karışmaktadır (Craig & Palmer, 2024). Deniz seviyesinin yükselmesinde daha az rol oynayan diğer bir faktör ise karadaki akiferlerin, göllerin, rezervuarların ve nehirlerin denizlere akarak karadaki su kaynaklarını denizlere taşımasıdır (Lindsey, 2023).

Hâkim rüzgârlar, okyanus akıntıları ve hava basınçları gibi doğal faktörler de deniz seviyesini yükseltebilmektedir. Yine kıyı şeritleri dinamik yapıları gereği, tektonik kaymalardan, sediment sıkışması gibi doğal jeolojik süreçlerden etkilenebilmektedir. Bu da deniz seviyesinin doğal jeolojik sebeplerden dolayı yükselmesine yol açmaktadır. Etkileri sınırlı olsa da kum taşıma ve madencilik gibi beşerî ve ekonomik faaliyetler de kıyı topraklarının aşınması nedeniyle deniz seviyesini yükseltebilmektedir.

Deniz seviyesi yükselmelerinin fiziksel etkileri; alçak bölgelerdeki sulak alanların su altında kalması, kıyı şeridinin erozyona uğraması, kıyı taşkınlarının yaşanma sıklığının ve şiddetinin artması, nehir ve yeraltı sularının tuzluluk oranının artarak su kalitelerinin bozulması, koy ve akarsu ağzlarındaki gelgit aralıklarının değişmesi, nehir tabanındaki alüvyon, çökelti veya tortuların yer değiştirmesi, dalga boylarının yükselmesi ve dip sularına ulaşan ışığın azalması (Titus,1990) şeklinde sıralanabilir.

Dünyanın dört bir yanındaki gelgit ölçüm istasyonları, çeşitli manuel ve otomatik sensörler kullanarak 20. Yüzyılın başından itibaren günlük olarak yüksek ve alçak gelgit ölçümleri yapabilmektedir. Bilim insanları dünya çapında çok sayıda istasyondan elde edilen veriler ile küresel ortalamayı hesaplayabilmekte ve bunu mevsimsel farklılıklara göre düzenleyebilmektedir. 1990'lı yılların başından bu yana ise uydu altimetrelere, okyanusa yönlendirilen radar darbelerinin (atışlarının) dönüş hızını ve yoğunluğunu ölçerek deniz yüzeyinin yüksekliğini belirleyebilmektedir. NASA'nın bu yöntemle gerçekleştirdiği uydu ölçümlerine göre global deniz seviyesi yükselmeleri 1993-2024 yılları arasında 103,3 mm olarak gerçekleşmiştir (Lindsey, 2022).

Küresel ortalama deniz seviyesi 1920 yılından bu yana geçen yaklaşık 100 yıllık dönemde 15 ila 20 cm artış göstermiştir. Gelgit ölçerlerden ve uydulardan elde edilen gözlem verileri, küresel olarak deniz seviyesindeki yükselişin hızlandığını ve bu artışın üçte birinden fazlasının son yirmi beş yılda meydana geldiğini göstermektedir (NOAA, 2022; NASA, 2024a). Gel-git ve deniz seviyesi ölçüm kayıtlarına göre, küresel ortalama deniz seviyesi 19. yüzyılın sonundan günümüze kadar geçen sürede yaklaşık 10-25 cm kadar yükselmiştir (IPCC, 2014). Farklı iklim senaryolarına göre yapılan tahminlerde deniz seviyesinin yakın ve orta erimde artmaya devam edeceği tahmin edilmektedir. 2000 yılı deniz seviyesini referans alan bir senaryoya göre ortalama deniz seviyesi yükselmeleri 2030 yılında 0,13 cm; 2040 yılında 0,19 cm, 2050 yılında 0,28 cm olarak belirlenmiştir (NOAA, 2022).



Şekil 2. 1993-2024 Global Deniz Seviyesi Yükselmeleri

Kaynak: NASA, 2024b.

Yapılan araştırmalarda deniz seviyesi yükselmelerinin önemli bir bölümünün, aynı dönemde gözlenen küresel ortalama sıcaklık artışlarıyla ilişkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu araştırmalarda ortalama sıcaklıklardaki artışların, okyanus sularında termal genişlemeye sebep olarak deniz seviyelerini 2 cm ile 7 cm yükselttiği; aynı dönemdeki sıcaklık artışlarının dağ ve örtü buzullarını eritmek suretiyle deniz seviyelerini 2 cm ile 5 cm yükselttiği hesaplanmıştır (IPCC, 2014). Deniz seviyesi yükselmelerine sebep olan diğer faktörlerin etkisini belirlemek ise daha karmaşık süreçleri içerdiğinden kesin ölçümler gerçekleştirmek oldukça güçtür. Nitekim yüzey ve yeraltı sularındaki oransal değişiklikler deniz seviyesinde küçük bir değişikliğe neden olabilmektedir (Türkeş, 2020).

Tablo 1. Deniz Seviyesi Yükselmeleri Senaryoları (2020-2050)

	2020	2030	2040	2050
Çok İyimser Senaryo	0.06 [0.05, 0.07]	0.09 [0.08, 0.10]	0.12 [0.11, 0.13]	0.15 [0.14, 0.17]
İyimser Senaryo	0.07 [0.06, 0.07]	0.11 [0.09, 0.12]	0.15 [0.13, 0.17]	0.20 [0.18, 0.23]
Nötr Senaryo	0.07 [0.07, 0.09]	0.13 [0.11, 0.15]	0.19 [0.16, 0.23]	0.28 [0.22, 0.32]
Kötümser Senaryo	0.08 [0.07, 0.10]	0.14 [0.11, 0.20]	0.23 [0.18, 0.32]	0.37 [0.27, 0.46]
Çok Kötümser senaryo	0.08 [0.07, 0.10]	0.15 [0.11, 0.22]	0.27 [0.18, 0.39]	0.43 [0.31, 0.57]

Kaynak: NOAA, 2023.

Deniz seviyesi yükselmelerine yönelik olarak yapılan projeksiyonlar, çeşitli iklim senaryolarına ve çeşitli güvenilirlik düzeylerine göre farklılık gösterebilmektedir.

Tablo 2. Deniz Seviyesi Yükselmeleri Senaryoları (2050-2150)

	2050	2100	2150
Çok İyimser Senaryo	0.15	0.3	0.4
İyimser Senaryo	0.20	0.5	0.8
Nötr Senaryo	0.28	1.0	1.9
Kötümser Senaryo	0.37	1.5	2.7
Çok Kötümser Senaryo	0.43	2.0	3.7

Kaynak: NOAA, 2023.

Deniz seviyesinin bu yüzyılın sonlarında çok kötümser senaryoya göre 2 metre; nötr senaryoya göre 1 metre; iyimser senaryoya göre ise, 0,3 metre yükselmesi beklenmektedir. 2150 yılına uzanan uzun erimli projeksiyonlarda ise deniz seviyesinin çok kötümser senaryoya göre 3,7 metre; nötr senaryoya göre 1,9 metre; iyimser senaryoya göre ise, 0,4 metre yükseleceği öngörülmektedir (NOAA, 2023).

Deniz seviyesi yükselmesi, taşkın ve fırtına dalgaları ile kıyılardaki kumullara, bataklıklara, flora ve faunaya telafisi güç zararlar verebilmekte; sulak alanları tahrip edip, kıyı erozyonuna ve yeraltı sularının tuzlanmasına yol açabilmektedir. Diğer taraftan, deniz seviyesi yükselmelerinin kıyı alanlardaki etkileri, yağış rejimindeki değişimler ve şiddetli yağışlarla daha da artabilmektedir. Deniz seviyesi yükselmeleri sonucu oluşan taşkınlar; toprak erozyonuna, sulak alanlarda barınan canlılara ve diğer birçok bitki türüne zarar verebilmekte, yer altı su kaynaklarının kirlenmesine sebep olabilmektedir.

Tablo 3a: Farklı SSP Senaryolarında Öngörülen Deniz Seviyesi Yükselişi

Güven.	Sen.	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
Orta	SSP1-1.9	0,039	0,072	0,095	0,13	0,148	0,177	0,193
Orta	SSP1-1.9	0,043	0,08	0,107	0,146	0,169	0,206	0,231
Orta	SSP1-1.9	0,049	0,092	0,128	0,176	0,21	0,26	0,301
Orta	SSP1-1.9	0,061	0,117	0,168	0,232	0,286	0,356	0,421
Orta	SSP1-1.9	0,074	0,141	0,207	0,289	0,361	0,449	0,53
Orta	SSP1-2.6	0,039	0,072	0,102	0,141	0,17	0,207	0,23
Orta	SSP1-2.6	0,043	0,079	0,114	0,158	0,192	0,234	0,266
Orta	SSP1-2.6	0,049	0,092	0,136	0,189	0,232	0,29	0,338
Orta	SSP1-2.6	0,061	0,117	0,175	0,247	0,311	0,391	0,466
Orta	SSP1-2.6	0,074	0,141	0,214	0,303	0,386	0,486	0,584
Orta	SSP2-4.5	0,039	0,072	0,108	0,157	0,197	0,242	0,287
Orta	SSP2-4.5	0,043	0,08	0,119	0,173	0,219	0,273	0,323
Orta	SSP2-4.5	0,049	0,093	0,142	0,204	0,262	0,33	0,403
Orta	SSP2-4.5	0,061	0,117	0,18	0,263	0,343	0,437	0,54
Orta	SSP2-4.5	0,073	0,139	0,217	0,317	0,416	0,534	0,662
Orta	SSP3-7.0	0,039	0,073	0,113	0,167	0,216	0,276	0,337
Orta	SSP3-7.0	0,043	0,081	0,124	0,183	0,239	0,306	0,377
Orta	SSP3-7.0	0,049	0,094	0,145	0,215	0,282	0,366	0,458
Orta	SSP3-7.0	0,061	0,117	0,185	0,274	0,365	0,476	0,6
Orta	SSP3-7.0	0,073	0,141	0,224	0,331	0,443	0,58	0,735
Orta	SSP5-8.5	0,039	0,078	0,122	0,18	0,238	0,307	0,377
Orta	SSP5-8.5	0,043	0,085	0,134	0,198	0,262	0,339	0,42
Orta	SSP5-8.5	0,05	0,098	0,157	0,232	0,31	0,404	0,509
Orta	SSP5-8.5	0,062	0,122	0,197	0,293	0,396	0,522	0,664
Orta	SSP5-8.5	0,074	0,147	0,237	0,353	0,479	0,633	0,811
Düşük	SSP1-2.6	0,039	0,072	0,1	0,13	0,164	0,198	0,229
Düşük	SSP1-2.6	0,043	0,079	0,114	0,158	0,192	0,234	0,266
Düşük	SSP1-2.6	0,052	0,097	0,142	0,196	0,244	0,301	0,352
Düşük	SSP1-2.6	0,07	0,138	0,221	0,31	0,399	0,49	0,585
Düşük	SSP1-2.6	0,077	0,169	0,282	0,4	0,516	0,638	0,775
Düşük	SSP5.8.5	0,039	0,074	0,108	0,159	0,224	0,296	0,372
Düşük	SSP5.8.5	0,043	0,085	0,133	0,195	0,259	0,339	0,42
Düşük	SSP5.8.5	0,052	0,101	0,161	0,24	0,326	0,432	0,557
Düşük	SSP5.8.5	0,071	0,15	0,258	0,397	0,569	0,778	1,028
Düşük	SSP5.8.5	0,081	0,195	0,352	0,541	0,767	1,046	1,398

Kaynak: Garner vd. 2021.

Farklı güven düzeylerine göre oluşturulan senaryolarda ise 2020-2150 yıllarını kapsayan dönemde küresel deniz seviyesi yüksekliği tahminleri çeşitlilik göstermektedir. Orta güvenilirlikteki SSP1-1.9 senaryosuna göre 2050 yılında öngörülen ortalama küresel deniz seviyesi yükselmesi 0,13 metre ile 0,29 metre arasında değişirken; aynı senaryo ve aynı güvenilirlik düzeyine göre bu veriler 2150 yılında 0,29 metre ile 1,1 metre arasındadır. Bu rakamlar düşük güvenilirlikteki SSP5.8.5 iklim değişikliği senaryosunda ise çok daha fazla artmaktadır. Düşük güvenilirlikteki SSP5.8.5 iklim değişikliği senaryosuna göre 2050 yılında öngörülen küresel deniz seviyesi yükselmesi 0,54 metre iken 2100 yılında 2,27 metre, 2150 yılında ise 5,43 olarak tahmin edilmiştir (Garner vd., 2021).

Tablo 3b: Farklı SSP Senaryolarında Öngörülen Deniz Seviyesi Yükselişi

Güven.	Sen.	2090	2100	2110	2120	2130	2140	2150
Orta	SSP1-1.9	0,215	0,212	0,241	0,256	0,269	0,28	0,29
Orta	SSP1-1.9	0,26	0,275	0,296	0,317	0,335	0,353	0,369
Orta	SSP1-1.9	0,348	0,384	0,428	0,466	0,502	0,536	0,569
Orta	SSP1-1.9	0,489	0,548	0,62	0,682	0,74	0,798	0,855
Orta	SSP1-1.9	0,62	0,704	0,781	0,865	0,945	1,022	1,1
Orta	SSP1-2.6	0,252	0,265	0,293	0,315	0,335	0,354	0,371
Orta	SSP1-2.6	0,298	0,324	0,351	0,38	0,407	0,433	0,457
Orta	SSP1-2.6	0,386	0,436	0,497	0,545	0,591	0,637	0,681
Orta	SSP1-2.6	0,539	0,615	0,702	0,777	0,851	0,923	0,994
Orta	SSP1-2.6	0,68	0,778	0,874	0,973	1,07	1,162	1,255
Orta	SSP2-4.5	0,326	0,371	0,395	0,436	0,476	0,515	0,553
Orta	SSP2-4.5	0,378	0,435	0,463	0,513	0,562	0,611	0,657
Orta	SSP2-4.5	0,476	0,556	0,628	0,702	0,775	0,848	0,919
Orta	SSP2-4.5	0,646	0,759	0,887	1	1,113	1,223	1,332
Orta	SSP2-4.5	0,794	0,939	1,08	1,22	1,359	1,498	1,635
Orta	SSP3-7.0	0,406	0,48	0,497	0,564	0,632	0,698	0,763
Orta	SSP3-7.0	0,457	0,548	0,571	0,651	0,731	0,809	0,885
Orta	SSP3-7.0	0,561	0,679	0,758	0,868	0,978	1,086	1,19
Orta	SSP3-7.0	0,741	0,901	1,043	1,199	1,355	1,506	1,652
Orta	SSP3-7.0	0,906	1,108	1,277	1,467	1,657	1,846	2,031
Orta	SSP5-8.5	0,468	0,555	0,557	0,633	0,706	0,776	0,839
Orta	SSP5-8.5	0,52	0,625	0,642	0,732	0,818	0,9	0,976
Orta	SSP5-8.5	0,633	0,766	0,856	0,98	1,1	1,214	1,322
Orta	SSP5-8.5	0,828	1,011	1,191	1,37	1,545	1,715	1,878
Orta	SSP5-8.5	1,015	1,242	1,476	1,698	1,919	2,132	2,335
Düşük	SSP1-2.6	0,252	0,265	0,293	0,315	0,335	0,354	0,371
Düşük	SSP1-2.6	0,298	0,324	0,351	0,38	0,407	0,433	0,457
Düşük	SSP1-2.6	0,402	0,452	0,517	0,57	0,624	0,679	0,734
Düşük	SSP1-2.6	0,684	0,791	0,898	1,008	1,117	1,226	1,337
Düşük	SSP1-2.6	0,925	1,085	1,245	1,401	1,553	1,709	1,874
Düşük	SSP5.8.5	0,45	0,53	0,557	0,633	0,706	0,776	0,839
Düşük	SSP5.8.5	0,52	0,625	0,642	0,732	0,818	0,9	0,976
Düşük	SSP5.8.5	0,709	0,88	1,047	1,248	1,469	1,712	1,978
Düşük	SSP5.8.5	1,304	1,603	1,897	2,181	2,848	3,797	4,821
Düşük	SSP5.8.5	1,8	2,274	2,818	3,401	4,049	4,741	5,435

Kaynak: Garner vd. 2021.

Taşkın suları, yukarıda sayılan olumsuz etkilerin yanı sıra kıyı alanlarının kullanımına bağlı olarak başta tarım arazileri olmak üzere insan faaliyetlerinin görüldüğü konut ve rekreasyon alanlarına da zarar verebilmektedir. Deniz seviyesi yükselmeleri tarım yapılan kıyı bölgelerine tuzlu su girişine neden olarak toprak yapısını bozmaktadır. Bu durum tarım arazilerindeki verimli toprakların aşırı tuzlanması nedeniyle çorak hale gelmesine yol açmaktadır. Kasırga ve tayfunların sebep olduğu sel ve su baskınlarının yanı sıra uzun süren kuraklık dönemleri de bu yerlerdeki toprakların tuzluluk oranını arttırmaktadır.

Tarım toprağındaki veya sulama suyundaki yüksek tuz seviyeleri, tuza duyarlı mahsullerin suyu ve gerekli diğer besin maddelerini emmesini zorlaştırmaktadır. Bunun sonucunda bitkilerin büyümesi baskılanmakta ve mahsul verimi önemli ölçüde azalmaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) 2021 yılında yayınladığı rapora göre dünya çapında 833 milyon hektardan fazla

toprak tuzlanmadan etkilenmektedir. Bu rakam her geçen yıl 1,5 milyon hektar daha artış göstermektedir. Rapora göre, deniz seviyesi yükselmeleri bölgedeki tarla ve arazilerde yetişen bitkilerin su tutma kapasitelerini doyuma ulaştırarak gelişimlerine zarar vermekte; topraktaki mineralleri azaltarak toprağın aşırı şekilde tuzlanmasına yol açmaktadır. Bu durumun ise dünya çapında yaklaşık 1,5 milyar insanı, gıda üretiminden kaynaklanan stres ve kıtlık nedeniyle etkilemesi beklenmektedir (FAO, 2021).

Sebebi deniz seviyesi yükselmesi olsun ya da olmasın verimli tarım alanlarının tuzlanma nedeniyle çorak hale gelmesi olağan bir durumdur. Toprakların tuzlanması dünyanın her bir yerinde ve neredeyse tüm iklim koşullarında meydana gelebilir. Ancak toprakların tuzlanması nemli bölgelere kıyasla kurak ve yarı kurak bölgelerde daha yaygın bir şekilde görülmektedir. Tuzlanma suretiyle bozulan topraklar kurak ve yarı kurak bölgelerde tarımsal üretim, gıda güvenliği ve sürdürülebilirlik açısından ciddi sorunlara sebep olabilmektedir. Tuzlanan topraklar sadece tarımsal üretimdeki verimliliği azaltmakla kalmamakta aynı zamanda topraktaki biyolojik çeşitliliğe de zarar vermektedir. Tuzdan etkilenen toprakların kirlenici maddelere karşı tampon görevi görme ve filtre etme yeteneği oldukça azalır. Tuzlanma, topraktaki bitkiler için toksik ve toprak yapısını bozabilecek iyonların yoğunlaşmasına sebep olmaktadır (FAO, 2024).

Bu bağlamda Akdeniz'e kıyısı olan ve deniz seviyesine yakın tarım, yerleşim ve sanayi alanlarını bünyesinde barındıran Çukurova Deltası'nın deniz seviyesi yükselmelerinden çok yönlü biçimde etkilenmesi beklenmektedir. Özellikle verimli tarım topraklarının su baskınları ve aşırı tuzlanma sebebiyle tahrip olması hem bölge hem de ülke ekonomisi için endişe verici sonuçlar ortaya çıkaracaktır. Ayrıca bu durum kıtlık, yetersiz beslenme, temiz suya erişememe ve çevre kirliliği gibi sebeplerle insan sağlığını olumsuz etkileyecektir. Deniz seviyesi yükselme riskine karşı gereken uyum ve adaptasyon yöntemlerinin geliştirilememesi halinde, asırlardır tarımsal üretim faaliyetlerinin yoğun bir şekilde yapıldığı Çukurova Deltası yok olma riski ile karşı karşıya kalabilecektir.

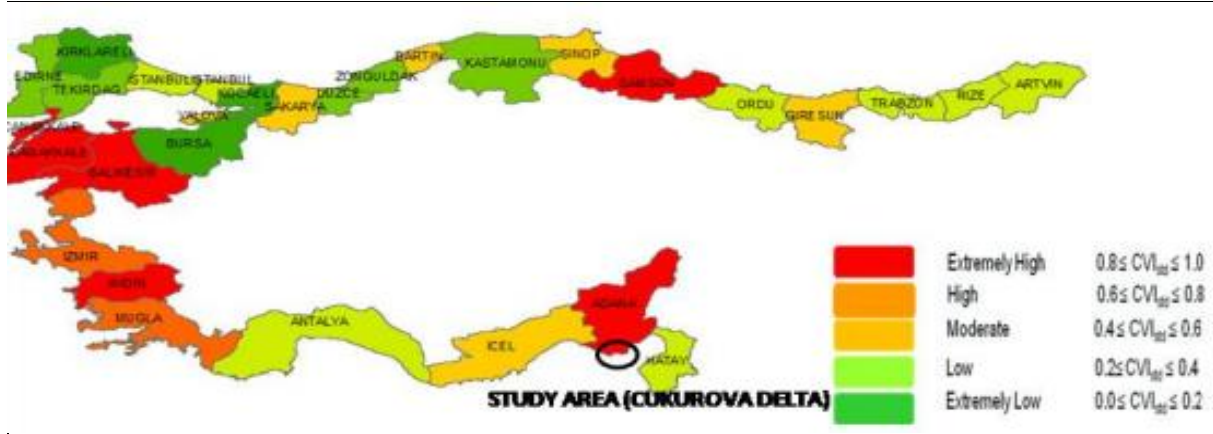
2. BULGULAR

Çukurova Deltası; Türkiye'nin güneyinde, Akdeniz'in doğusunda ve Mersin İli ile İskenderun Körfezi arasında yer almaktadır. Deltanın kuzeyinde epirojenik ve orojenik hareketler sonucu oluşan Toros Dağları uzanmaktadır. Deltanın bulunduğu kısımda, kırılma ve bükülme faaliyetlerine bağlı olarak zaman içerisinde çökmeler meydana gelmiş ve delta deniz seviyesine daha da yaklaşmıştır. Seyhan, Ceyhan ve Tarsus (Berdan) nehirlerinin getirdiği alüvyonlar ile de bölge, delta ovası şeklindeki son halini almıştır. Çukurova Deltası, 1.577 km'lik Akdeniz kıyılarındaki doğu batı yönünde 143 km'lik kıyı şeridi boyunca uzanmakta ve 2.842 m² alanı kaplamaktadır (Şahin ve Bağcı, 2015, s. 5-7). Bu özelliği ile Çukurova, Türkiye'nin en büyük kıyı ovası olma özelliğini taşımaktadır. Delta batıdan doğuya lagün, bataklık, kıyı kordonu, kumul ve plaj gibi çeşitli morfolojik yapılar ile şekillenmiştir. Deltanın kuzey-güney yönündeki genişliği Tarsus yakınlarında 20 km iken Adana şehir merkezine doğru 51 km'ye kadar uzanmaktadır. Delta, doğuya doğru küçülerek Misis Dağlarına doğru son bulmaktadır (Şahin ve Bağcı, 2015).

Çukurova deltasında kıyı boyunca uzanan kara şeridinin büyük bir kısmının deniz seviyesinden yüksekliği 2 metreden daha azdır. 1 ila 10 km genişliğindeki kıyı kum kuşağında yer alan kumullar bu bölgeyi su baskınlarına karşı koruyarak bir nevi tampon görevi üstlenmektedir. Deniz seviyesinden yüksekliği 3 metrenin altında olan ve su baskını riski taşıyan bu yerlerde; kumullar, sulak alanlar, tarım arazileri ile meraların yanı sıra birçok konut, yerleşim ve altyapı alanları da bulunmaktadır. Çukurova Delta'sında yaklaşık 101.399 hektar arazi, 3 metrelik rakımın altında yer aldığından, bölge deniz seviyesi yükselişine karşı oldukça kırılgan bir özellik göstermektedir (Güney, 2013).

Bir bölgenin kırılganlık düzeyi, doğal ya da yapay dış etkenlerden hangi şiddette zarar görebildiğine göre değişebilmektedir. Zarar görebilirlik ise bir popülasyonun veya ekosistemin oluşması muhtemel tehlikelerden ne ölçüde etkilenmeye yatkın olduğunu ve bu etkilerle başa çıkabilme kapasitesini ifade etmektedir. Bu tanımdan hareketle kıyı hassasiyeti de (Coastal Vulnerability), çevresel tehditlere maruz kalmanın, nüfus yoğunluğunun ve başa çıkma kapasitesinin bir fonksiyonu olarak ifade edilebilir. Aşağıda Türkiye'nin kıyı kentlerinin zarar görebilirlik düzeylerini tanımlamak amacıyla hesaplanan CVI puanları, dörtte birlik aralıklara göre aşırı düşük, düşük, orta, yüksek ve aşırı yüksek gibi kategorilere

ayrılmıştır. Yapılan bu değerlendirmede Çukurova Deltası'nın Türkiye'de kıyı hassasiyeti açısından en hassas alanlardan birisi olduğu görülmektedir (Simav vd., 2014).



Şekil 2. Türkiye Kıyı Kırılabilirlik İndeksi

Kaynak: Simav vd., 2014.

Bölgede 5 metrelik arazi yükselti konturuna kıyından 10-20 km, 2,5 metrelik arazi yükselti konturuna ise ortalama 10 km sonra ulaşılmaktadır (Kuleli, 2006). Verimli tarım topraklarının ve uluslararası yasalarla korunan sulak alanların yer aldığı kıyılar, olağan koşullarda dahi zaman zaman taşkına maruz kalabilmektedir. Bunun nedeni deltanın geniş düzlüklere sahip alçak bir yapıda olmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 4. Çukurova Deltasında Deniz Seviyesi Yükselmelerine Göre Arazi Kullanımı ve Altyapı Alanları

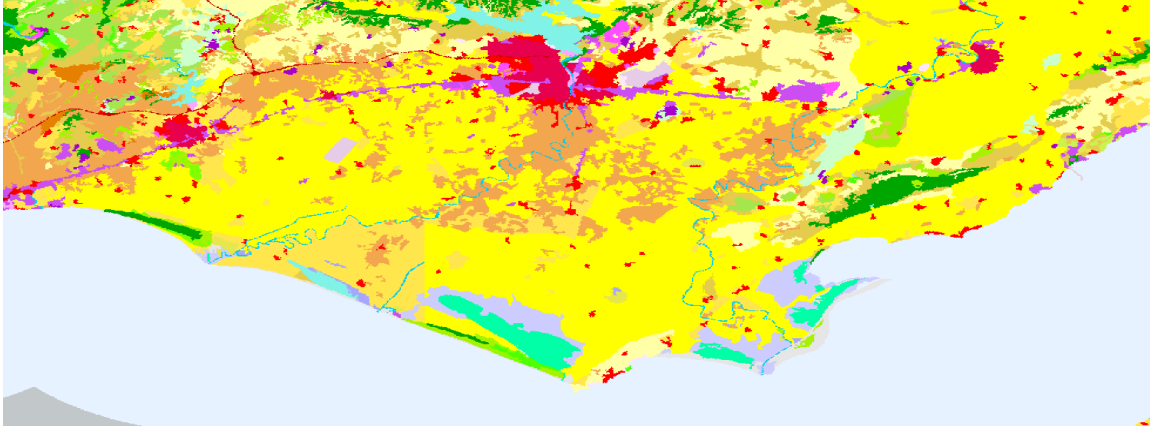
Arazi kullanımı ve altyapı	Deniz seviyesi					
	0-1 m (52.447 ha)	0-2 m (68.799 ha)	0-3 m (101.399 ha)	1-2 m (16.352 ha)	2-3 m (32.600 ha)	1-3 m (48.952 ha)
Sulak Alan (ha)	35.430,00	35.430,00	35.430,00			
Kuru Tarım Alanı (ha)	3.940,61	10.158,12	24.074,22	6.217,51	13.916,10	20.133,61
Sulu Tarım Alanı (ha)	1.716,51	2.777,69	8.319,26	1.061,18	5.541,57	6.602,75
Kumullar (ha)	2.271,34	3.421,34	4.351,28	1.150,00	929,94	2079,94
Bataklıklar (ha)	1.976,60	2.594,55	3.368,50	617,95	773,95	1391,9
Otlaklar (ha)	4.025,30	4.125,40	13.202,37	3.700,10	5.476,92	9177,02
Yerleşim yeri (ha)	40,27	71,19	295,40	30,92	224,19	255,12

Kaynak: Güney, 2013.

Delta genelinde kırmızı renkli Akdeniz toprakları bulunmasının yanı sıra nehir kenarlarında alüvyal topraklar, deniz kıyısına yakın sahalarda ise hidromorfik alüvyal topraklar yer almaktadır (Kafalı Yılmaz, 2019: 974). Uygun iklim şartları ve sulama imkânları ile bu topraklar tarımsal faaliyetler için oldukça elverişli hale gelmekte, yılın her döneminde ürün hasadına imkân vermektedir. Delta ovasının makineli tarıma uygun biçimde engebesiz olması da toprak tarımının geniş düzlüklere yayılmasını kolaylaştırmaktadır. Deltada, tahıl, pamuk, soya, ayçiçeği ve yerfıstığı; bağ ve bahçelerde ise turunçgiller, zeytin ile diğer meyve ve sebze türleri başta olmak üzere birçok tarım ürünü yetiştirilebilmektedir.

Çukurova deltasındaki arazi kullanım şekilleri yer yer çeşitlilik gösterse de bölgedeki tarım alanları oldukça geniş yer kaplamaktadır. Avrupa Birliği Uzay Programının (European Union's Space Programme) bir parçası olan Copernicus Arazi Gözetim Uygulamasının bir çıktısı olarak "Corine Land

Cover 2018” ile elde edilen uydu verilerinde de bölgedeki arazi kullanımının çoğunlukla tarım alanları olduğu açıkça görülebilmektedir.



Şekil 3. Çukurova Deltasındaki Arazi Kullanım Çeşitleri

Kaynak: URL 1

Yukarıdaki haritada sarı renkteki yerler sulama ile tarım yapılan alanları göstermektedir. Kahverengi ile boyanmış yerler zeytinlikler, turkuaz yerler kıyı lagünleri, lilâ yerler ise bataklık alanlarıdır. Haritadan da görülebileceği üzere kırmızı renklerle gösterilen yerleşim yerleri deltada oldukça az yer tutmaktadır. Bunun nedeni kentin kuzeye doğru büyümesi ve delta'nın güneyinin tamamen tarımsal üretime ayrılmış olmasından kaynaklanmaktadır.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) Altıncı Değerlendirme Raporu (AR6) (IPCC, 2022), Küresel ve Bölgesel Deniz Seviyesi Yükselişi Senaryoları ve Deniz Seviyesi Yükselişi Teknik Raporu'ndan (NOAA, Sweet vd., 2022) yararlanılarak oluşturulan iklim değişikliği senaryoları, simülasyonlar aracılığı ile Çukurova Deltası'na aktarılmıştır. Haritalarda deniz seviyesi yükselmeleri 0-6 metre bandında 50 cm aralıklarla CoastalDEMv2.1 modeli kullanılarak gösterilmiştir (Climate Central, 2024). Bu modellemeye göre deniz seviyesi yükselmelerinden öncelikle kıyı alanlardaki yerleşimler ve kentsel altyapılar ile üretim tesislerinin etkilenmesi beklenmektedir. Yumurtalık Lagünleri (Yapı, Ömer, Darboğaz, Avcıali, Eşemen), Ağyatan Lagünü, Akyatan Lagünü, Tuzla Lagünü, Dipsiz Lagünü ile kumullar, bataklıklar ve sazlıklar yakın dönemde bölgede deniz seviyesi yükselmeleri nedeniyle sular altında kalacak doğal alanları oluşturacaktır. Akyatan ve Yumurtalık lagünleri arasında uzanan kumulların ardında bulunan Adalı mevki tarım alanlarının yanı sıra Kuzupınarı, Deveciüşağı, Haylazlı, Ayvalık, Kalemli ve Zeytinbeli mevkiilerinde bulunan tarım arazilerinin de deniz seviyesi yükselmelerinden öncelikli olarak etkilenmesi beklenmektedir.



Şekil 4. Çukurova Deltasındaki Olası Deniz Seviyesi Yükselmeleri

Kaynak: Climate Central, 2024

Bölgedeki tarım alanları; kıyılardaki lagün, kumul ve bataklıkların hemen ardından başlayarak delta'nın tamamına yayılmıştır. Karataş İlçesi'nin kuzeyinde yer alan tarım alanlarının bulunduğu Gökaya, Çakırören, Çukobirlik, Yemişli mevkiileri ile Akyatan ve Tuz Gölü Lagünleri'nin kuzey batısında yer alan Karagöçer, Hasırağacı, Tabaklar, Tuz Kuyusu, Çayboyu, Kulak, Ağzıdelik, Baharlı ve Çatalca mevkiilerindeki tarım alanlarının bu yüzyılın sonlarına doğru sular altında kalması beklenmektedir.



Şekil 5. Çukurova Deltasındaki Olası Deniz Seviyesi Yükselmeleri

Kaynak: Climate Central, 2024

En kötümser iklim değişikliği senaryolarına göre Çukurova Deltası'nda oluşacak deniz seviyesi yükselmeleri 20-25 km daha iç kesimlere sokulacaktır. Buna göre kuzeyde Sirkenli, Helvacı, Çukurkamış, Terliksiz, Zağarlı, Çakşırılı, Yüzbaşı, Kuruköprü, Gökçeli, Yenice, Oymaklı, Akdam, Kızıлтаhta, Yalnızca, Eğriağaç, Yahşiler, Develiören, Doğankent; Kuzeybatıda Hacıhasan, Kiremitli, Kadıköy, Yeniklöy, Çine, Mürseloğlu, Köylüoğlu, Yunusoğlu, Karaahmetli, Dervişler, Gümüşyazı, Alifakı, Ballica, Yeniçay, Aliğa, Yeşiltepe, Atalar mevkiilerinde bulunan tarım alanları sular altında kalacaktır.



Şekil 6. Çukurova Deltasındaki Olası Deniz Seviyesi Yükselmeleri

Kaynak: Climate Central, 2024

2016 yılında yapılan bir çalışmada, Uluslararası İklim Değişikliği Paneli'nin 5. Değerlendirme Raporuna (IPCC, 2014) göre 2100, 2200, 2300, 2400, 2500 yıllarında öngörülen deniz seviyesi yükselme senaryoları Coğrafi Bilgi Sistemleri aracılığıyla Çukurova Deltası'na uyarlanmıştır. Çalışmada deniz seviyesi yükselmelerinden Türkiye ölçeğinde en çok Çukurova Deltası'nın etkileneceği belirlenmiştir. Çalışmaya göre 2100 yılında gerçekleşmesi öngörülen 0,83 metrelik deniz seviyesi yükselmesinin 113 km²'lik alanı (%0,82) etkilemesi beklenmektedir. Yine 2200 yılına gelindiğinde 2,03 metrelik deniz seviyesi yükselmesinin 382 km² alanı (%2,76), 2300 yılına gelindiğinde 3,59 metrelik deniz seviyesi yükselmesinin 652 km² alanı (%4,71), 2400 yılına gelindiğinde 5,17 metrelik deniz seviyesi yükselmesinin 899 km² alanı (%6,49), 2500 yılında gelindiğinde ise 6,63 metrelik deniz seviyesi yükselmesinin 1013 km²'lik (%7,31) alanı sular altında bırakması beklenmektedir (Geymen ve Dirican, 2016).

Deniz seviyesi yükselmelerinin Çukurova Deltası üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir başka alan çalışmasında ise 2100 yılında taşkınların maksimum 6,7 metreye ulaşacağı ve deltadaki toplam 1.397 km²'lik tarım alanının 952 km²'sini (%68) sular altında bırakacağı hesaplanmıştır (Simav vd., 2013, s. 679). Makul senaryolara göre bile deltadaki 41 km²'lik sulak alanların tamamının, 66 km²'lik tarım alanlarının ise %62'sinin (41 km²) sular altında kalacağı öngörülmüştür (Simav vd., 2013).

3. TARTIŞMA

Seyhan ve Ceyhan nehirlerinin taşıdığı alüvyonlarla oluşan ve Akdeniz'e 110 km kıyısı bulunan Çukurova Deltası, ekolojik çeşitlilik ve tarımsal verimlilik anlamında büyük öneme sahiptir. Bölgede yapılan tarım faaliyetleri bölge ve ülke ekonomisine büyük katkı sağlamaktadır. Deltada buğday, mısır, narenciye, soya fasulyesi ve pamuk en çok yetiştirilen ürünlerdendir.

Kıyı boyunca uzanan 150 km genişliğindeki kara şeridinin büyük bir kısmının deniz seviyesinden yüksekliği 2 m'den daha azdır. 1 ila 10 km genişliğindeki kıyı kum kuşağı bu bölgeyi su baskınlarına

karşı koruyarak tampon görevi görmektedir. Deniz seviyesinden yüksekliği 3 m'nin altında olan ve su baskını riski taşıyan bu alanlar; kumullar, sulak alanlar, tarım arazileri ile meraların yanı sıra birçok konut, yerleşim ve altyapı alanını da içermektedir. Çukurova Delta'sında yaklaşık 101.399 hektar arazi alanı, 3 m rakımın altında yer aldığından bölge deniz seviyesi yükselişine karşı oldukça kırılgan bir özellik göstermektedir (Güney, 2013).

Gıda güvenliği, gıda yoksulluğu ve refah düzeyi bakımından deniz seviyesi yükselmeleri Çukurova Deltasında ciddi riskler oluşturmaktadır. Deniz seviyesi yükselmelerine bağlı olarak meydana gelen taşkınlar, seller ve su kirliliği bölgedeki tarım topraklarının kalitesini düşürerek tarım arazilerinin ekime ve meralara uygunluğunu ortadan kaldırmaktadır. Bu da tarımsal üretimi azaltmakta, ürün kalitesini düşürmekte ve tarımsal ürünlerde görülen hastalıkların yaşanma sıklığını arttırmaktadır. Bölgede biyolojik çeşitliliğin azalması ve yeraltı sularının yok olması da deniz seviyesinin yükselmelerinin gıda güvenliği bakımından bölgeye verebileceği zararlardan bazılarını oluşturmaktadır (Schmidhuber ve Tubiello, 2007; Taylor vd., 2013).

Bölgede tarım alanlarının daralması, verimliliğin azalması ve ürün kalitesinin düşmesi, gıda üretim maliyetlerini artırarak ürün fiyatlarının yükselmesine sebep olabilecektir (Barrera ve Hertel, 2021; Dadzie vd., 2021). Bu durumda başta bölge halkı olmak üzere gıdaya erişim sorunu ortaya çıkabilecektir. İhtiyaç duyulan tarım ürünlerinin uzak mesafelerden tedariki ise yüksek nakliye masrafları ve daha fazla komisyoncu payları nedeniyle gıda fiyatlarını aşırı biçimde yükseltebilecektir (Nathaniel vd., 2021).

Deniz seviyesi yükselmelerinin, tarım sektöründe çalışan yoksulları çok daha fazla etkilemesi beklenmektedir. Tarım alanlarının zarar görmesi aynı zamanda topraklarını kaybeden üreticilerin de yoksulluk riski ile karşılaşmalarına sebep olabilecektir. Topraksız ve mevsimlik tarım işçileri için durum daha da kötüleşebilecektir. Geçim kaynaklarının yok olması nedeniyle bölgede yoksulluk yapısal bir hal alabilecektir. İşsizlik, yoksulluk ve geçim sıkıntısı nedeniyle aileler yurtlarını terk etmek zorunda kalabileceklerdir.

Deniz seviyesi yükselmelerine karşı küresel ölçekte önerilen adaptasyon temelli çözümler üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar denize kıyısı olan yerde; geri çekilme (Retreat), uyum (Accommodation) ve koruma (Protection) şeklinde hayata geçirilmeye çalışılmaktadır. Geri çekilme (Retreat), deniz seviyesi yükselmelerine karşı riskli alanları söz konusu risklerden korumaya yönelik herhangi bir çabayı gerektirmemektedir. Geri çekilme yönteminde sular altında kalacak olan yerler terkedilerek, ekosistemler iç bölgelere doğru kaydırılmaktadır. Geri çekilme yöntemi diğer yöntemlere kıyasla daha ekonomiktir (Dronkers vd., 1990).

Uyum yönteminde (Accommodation), risk altındaki araziler palyatif yöntemlerle kullanılmaya devam edilir. Bu yöntemin uygulandığı kıyılarda, arazinin su altında kalmaması için herhangi bir girişimde bulunulmaz. Ancak sular altında kalan yerlerde oluşan yeni şartlara uyum sağlayacak yöntemler geliştirilir ve bölgeye tutunulmaya çalışılır. Kazıklar üzerinde yükseltilecek evler, yüzen barınaklar, balık çiftliklerine dönüştürülen tarım alanları ve su ile tuz toleransı yüksek bitkilerin yetiştirilmesi; deniz seviyesi yükselmelerinden etkilenen alanlarda uyum sağlanmaya yönelik olarak geliştirilen yöntemlerden bazılarıdır (Dronkers vd., 1990).

Koruma (Protection) yöntemi ise sular altında kalması beklenen alanların tuzlu su taşkınlarından etkilenmemesine veya en az düzeyde etkilenmesine yönelik bazı uygulamaları içermektedir. Riskli alanlarda kıyı setlerin inşa edilmesi en çok başvurulan koruma yöntemlerindendir. Kum tepelerinin oluşturulması da kıyı setlerinin inşa edilmesindeki amaçla benzerlik gösterir. Toprağı deniz suyundan koruyabilmek için önleyici nitelikte bitki örtüsü oluşturmak, bölgedeki ekosisteme zarar vermeden alınabilecek bir koruma yöntemi olarak riskli alanlarda uygulanabilmektedir. Riskli bölgelerde oluşturulan bataklıklar, sulak alanlar ve rezervuarlar ise su tutma kapasitelerinden dolayı kıyı taşkınlarının önüne geçebilen diğer korumacı yöntemlerdendir (Dronkers vd., 1990).

Deniz seviyesi yükselmesi şimdilik en çok Bangladeş, Çin, Hindistan ve Hollanda gibi kıta ülkeleri ile Tuvalu, Samoa ve Kiribati gibi ada ülkelerini etkiliyor gibi görünse de yakın gelecekte ülkemizi ve

ülkemizin en büyük deltası olan Çukurova'yı da etkisi altına alacaktır. Deniz seviyesi yükselmesinin yanı sıra fırtına dalga boylarının artması da deltada tuzlu su baskınlarının yaşanma sıklığının artmasına sebep olacaktır. Bu durum ise deltada kıyı lagünlerinin ve kumulların hemen ardından başlayan tarım alanları için çok ciddi riskleri ortaya çıkarmaktadır.

Seyhan, Ceyhan ve Tarsus (Berdan) nehirlerinin taşıdıkları alüvyonlu topraklarla oluşan Çukurova Deltası, tarımsal üretim açısından oldukça önemli bir konuma sahiptir. Bu özelliğinden dolayı üzerinde hassasiyetle durulması ve toprak yapısının korunması gerekir. Yılda birden çok hasat yapılabilen verimli deltadaki toprakların yapısı; taşkınlar, aşırı sıcaklar ve uzun süren kuraklıklar nedeniyle bozulma riski ile karşı karşıyadır. Taşkınlar, kuraklıklar ve aşırı sıcaklar, deltadaki bitki toleransını ve dayanıklılığını değiştirmekle kalmamakta aynı zamanda hasat sürelerini uzatmakta, verimliliği ise azaltmaktadır.

Deniz seviyesi yükselmeleri nedeniyle oluşan tuzlu su taşkınlarından, Çukurova Deltası'ndaki tatlı su rezervlerinin ve yeraltı su kaynaklarının geriye döndürülemez şekilde etkilenmesi beklenmektedir. Bu durum, Çukurova Deltası'ndaki tarım alanları açısından durumu daha karmaşık hale getirmektedir. Nitekim, tuzlu su girişi sadece tatlı su kaynaklarını bozmakla kalmamakta aynı zamanda tarım alanlarındaki toprak kimyasının da büyük oranda değişmesine sebep olmaktadır (Tully vd., 2019). Bu da bölgede tarımsal alanlarının uyum kapasitesinin hem küresel ısınmaya hem iklim değişikliğine hem de deniz seviyesi yükselmelerine karşı arttırılmasını gerekli kılmaktadır (USDA, 2022).

Yakın gelecekte beklenen deniz seviyesi yükselmeleri ve fırtına dalgalarına karşı Tuzla, Akyatan, Akyayan ve Yumurtalık Lagünleri'nin hemen ardında yer alan tarım topraklarının daha yüksek alanlara taşınması tek seferlik kalıcı bir çözüm olabilir. Bu yöntemle verimli tarım toprakları sel ve taşkınlardan korunarak hasar riski en aza indirilebilir. Bölge açısından geri çekilme, deniz seviyesi yükselmelerinin gelecekteki hasar potansiyelini kalıcı olarak ortadan kaldıracak tek strateji olarak değerlendirilebilir (Moore, 2022). Kıyı lagünleri ve kumulların ardından başlayan tarım topraklarının daha yüksek alanlara taşınmasıyla boş kalacak araziler ise sulak alan ve bataklık şeklinde değerlendirilebilir. Yeni ekosistemlerin kurulması, bölgedeki canlılığın devamı için de uygun koşullar oluşturacaktır.

Deniz seviyesi yükselmeleri ve yüksek dalga boylu fırtınalar nedeniyle oluşan tuzlu su taşkınlarının tarım alanlarındaki etkisi yönetilerek, bölgedeki çiftçilerin farklı tarım yöntemlerini kullanması teşvik edilebilir. Böylece üreticilerin taşkınlardan ve su baskınlarından etkilenen alanları tamamen terk etmelerinin de önüne geçilmiş olacaktır. Tarım alanlarının yeni oluşan fiziksel şartlara uygun hale getirilerek sulak alanlara dönüştürülmesi ve sulak alanlar üzerinde sınırlı da olsa çiftçilere kullanım hakları verilmesi bölgenin atıl kalmasını önleyebilir. Yukarıda da bahsedildiği üzere, taşkın sularından etkilenerek aşırı derecede tuzlu hale gelen tarım topraklarının bulunduğu arazilerin sulak alanlara dönüştürülmesi, bölgedeki ekosistemi zenginleştireceği gibi taşkın sularını tutacak bir tampon bölgede de oluşturacaktır. Bu durum ilk etapta 0-2,5 metre yüksekliğe sahip tarım arazilerinin taşkın sularına karşı daha korunaklı hale gelmesini sağlayacaktır.

Deltadaki tarım topraklarının tuzlanması verimlilik ve ürün kalitesi açısından oldukça ciddi problemlere yol açmaktadır (Koca vd., 2007). Çünkü yoğunluğuna ve süresine bağlı olmak kaydı ile tuz stresi bitkilerde büyüme, gelişme, çimlenme, hücre bölünmesi, fotosentez gibi pek çok biyolojik olayı etkilemektedir (Bressan, 2008). Bu yüzden taşkın sularının ve uzun süren kuraklıkların sebep olduğu tuzlanmadan etkilenen tarım alanlarını yeni ekosistemler oluşturacak şekilde dönüştürmek iyi bir seçenek olabilir. Deltadaki tarım alanlarında tuz toleransı ve katma değeri yüksek bitkiler yetiştirmek (USDA, 2024) ekonomik anlamda zarar gören üreticinin zararını en aza indirebilir. Bu tip ürün çeşitlendirme yöntemleri ile gıda güvenliği korunarak tarımsal üretimin sürekliliği de sağlanabilir.

Mısır, soğan, turuncgiller (özellikle limon), marul ve fasulye tuz duyarlılığı yüksek bitkilerdir. Çukurova Deltası'nda tarımı yapılan bu ürünlerin yerine tuza orta derecede toleranslı olan domates, pamuk, arpa, karanfil ve ıhlamur ile tuza yüksek toleranslı hurma, şeker pancarı ve gül tarımı yapılabilir. Ayrıca bölgede palmiye, kavak, söğüt, meşe, çınar ve ceviz ağaçları da tuza olan tolerans düzeylerine göre değişen miktarlarda yetiştirilebilir (Ekmekçi, 2005; Gürel & Avcıoğlu, 2001; Bressan, 2008). Bu yöntemle çiftçilerin, tuzdan zarar gören tarım toprakları nedeniyle oluşan zararları ekonomik olarak giderilirken deltadaki ekolojik çeşitlilik de korunmuş olacaktır.

Çiftçiler kısa vadede toprak sağlığını iyileştirebilmek ve tuzlu taşkın sularından etkilenen tarım alanlarını eski haline getirebilmek için bazı yöntemlere başvurabilirler. Bunlardan birisi tuzlanan toprağın yıkanmasıdır. Sulama yöntemi ile topraktaki fazla tuz seyreltilip topraktan uzaklaştırılabilir. Ancak bu yöntemin oldukça masraflı ve topraktaki diğer değerli minareller üzerinde de etkileri olabileceği göz ardı edilmemelidir. Mevsimsel yağışların da doğal bir yöntem olarak toprağın tuzdan arındırılması sürecine katkı vermesi beklenebilir. İçeriğindeki tuz miktarı düşük olan kompost ve gübre kullanımının üreticiler tarafından benimsenmesi ise topraktaki tuz miktarını yönetebilmek için başvurulabilecek bir diğer kısa vadeli yöntem olabilir (Yılmaz vd., 2011).

Diğer taraftan tuzdan etkilenen toprakları yönetmek ve iyileştirmek için teknolojik yeniliklerin bölgede deneysel düzeyde de olsa uygulanması gerekebilir. Bunun için Çukurova Deltası'nda deniz seviyesinden farklı yüksekliklerdeki tarım topraklarının bozulma riski bir bütün olarak ele alınmalıdır. Tuzdan etkilenen tarım topraklarının sürdürülebilir şekilde yönetilebilmesi için ulusüstü kuruluşlardan yardım alınmalıdır (FAO, 2024). Bölgede elde edilen veriler, risk altındaki tarım alanlarını en iyi şekilde yönetebilmek için küresel ölçekte bilgi ağlarına entegre edilmeli ve değişimler eşzamanlı olarak izlenmelidir.

Deniz seviyesi yükselmelerinden deltadaki sulak alanların, sazlıkların, kumulların ve nihayetinde tarım alanlarının korunabilmesi için kıyı setleri inşa edilebilir. Bu setlerin inşası oldukça maliyetlidir. Bakım ve onarım masrafları bu maliyeti ilerleyen dönemlerde daha da arttırabilir. İnşa edilmesi halinde kıyı setleri, fırtına dalgalarına veya yükselen denizlerin meydana getirdiği doğrudan su baskınlarına karşı etkili bir çözüm olabilir. Ancak bu setler kara ile deniz arasındaki bağlantıyı keseceğinden aşırı yağışların sebep olduğu sel sularının denize ulaşmasını da engelleyebilecektir. Böylesi durumlarda suların tahliyesi için devasa su pompalarının devreye sokulması gerekebilir (Moore, 2022). Dolayısıyla tarım alanlarına tuzlu su girişini engelleyen bu setler, sel riskine karşı işlevsiz kalabilir. Ayrıca bölgedeki lagünler, bataklıklar, sulak alanlar ve diğer kıyı ekosistemleri bu yapay kıyı setlerinden olumsuz etkilenebilir.

Yönetimsel açıdan alınacak bazı kararların ve belirlenecek stratejilerin de deniz seviyesi yükselmelerine karşı Çukurova Deltası'ndaki tarım alanlarını koruması veya zararı en aza indirilmesi mümkündür. Öncelikle yerel ya da merkezi yönetim tarafından kamu güvenliğinin sağlanması amacıyla deniz seviyesinin altında kalması beklenen tarım arazileri kamulaştırılabilir. Sonrasında, kamulaştırılan tarım arazilerinde taşkınları önlemek amacıyla koruma yöntemleri uygulanabilir. Bu yöntemler, bölgeye araç girişinin yasaklanması, koruyucu setlerin inşası, ekolojik rezerv alanlarının oluşturulması ya da tabiat parkı şeklindeki rekreasyon alanlarının kurulması olabilir. Bu yöntemlerle riskli alanlarda yerleşimin ve ekonomik faaliyetlerin önüne geçilerek can ve mal kayıpları en aza indirilebilir.

Çukurova Deltası'nda bulunan altyapıyı koruyabilmek için bariyerlerinin, setlerin ve duvarların inşası büyük önem taşımaktadır. Deltadaki tarım alanları dahil, yerleşim yerlerini ve kentsel altyapıyı taşkın sularından koruyabilmek için bu stratejinin hayata geçirilmesi gerekmektedir. Böylece tarım alanlarının terkedilmesinin ve tarım faaliyetlerinin daha yüksek rakımlı bölgelere taşınmasının maliyeti de ortadan kalkabilecektir. Drenaj ve kanalizasyon sistemlerinin bölgedeki deniz seviyesi yükselmeleri riskine göre dizayn edilmesi ile de taşkın sularının tarım topraklarına ulaşmadan bertaraf edilmesi sağlanabilecektir.

Deniz seviyesindeki yükselmesi ve fırtına dalgası dinamiklerinin modellenmesi deltada erken uyarı sistemlerinin etkinliğini arttırabilecektir. Erken uyarı sistemleri; taşkın, fırtına dalgası ve seller için bölgesel, ulusal ve uluslararası düzeydeki bilgi ağlarından beslenebilir. Deltadaki yeraltı sularının seviyesindeki ve kalitesindeki değişiklikler bu bilgi ağı sayesinde akifer yönetimini kolaylaştırabilir. Akiferlerdeki su seviyesinin, yeraltı sularının kimyasal bileşenlerindeki değişikliklerin ve tuzlu su girişlerinin tespiti, deltadaki tarımsal üretimin kapasitesinin ve verimliliğinin planlanabilmesi açısından önem arz edebilir.

Yumurtalık ve Karataş ilçelerinde yer alan kıyı sulak alanları deniz seviyesi yükselmelerine bağlı fırtına dalgalarına karşı tampon görevi görmektedir. Bu sulak alanların su tutma kapasitesinin arttırılması ile kıyıya yakın tarım alanlarının suya olan maruziyetleri azaltılabilir. Deltadaki mevcut sulak alanları

korumak, öngörülen deniz seviyesi yükselmesi ve fırtına şiddetindeki olası değişiklikleri kontrol edebilmeyi de kolaylaştırabilir.

SONUÇ

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkileri her geçen gün daha da fazla hissedilmektedir. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin önemli bir sonucu olan deniz seviyesi yükselmelerinin de son zamanlarda farklı coğrafyalardaki birçok hassas alanı etkisi altına aldığı sıkça görülmektedir. Deniz seviyesi yükselmeleri yavaş ilerleyen süreçleri içeriyor olsa da bu riske karşı alınacak olan önlemlerin daha hızlı bir şekilde hayata geçirilmesi hayati önem taşımaktadır. Çünkü deniz seviyesi yükselmeleri öncelikle kıyılarda bulunan ve düşük kot yüksekliğine sahip yerleşim yerlerini, tarım alanlarını, sanayi üretim tesislerini ve diğer doğal çevreleri etkisi altına almaktadır. Özellikle verimli tarım alanları deniz seviyesi yükselmelerinden büyük zararlar görebilmektedir.

Ülkemizin güneyinde yer alan Çukurova Deltası da fiziki, ekonomik, ekolojik ve jeopolitik özelliklerinden dolayı deniz seviyesi yüklemesi riskine karşı hassasiyet gösterilmesi gereken yerlerin başında gelmektedir. Özellikle tarımsal üretim ve gıda güvenliği bakımından Çukurova Deltası'nın ulusal ölçekte katma değer üretme kapasitesi, bölgenin önem düzeyini daha da arttırmaktadır. Deltada yer alan tarım alanlarında yetiştirilebilen ürün çeşitliliğinin fazla, verimliliğin yüksek ve yılda birden fazla hasat yapılabiliyor olması, bölgenin deniz seviyesi yükselmelerine karşı gözetilmesini gerektirmektedir.

Çukurova deltasında yer alan lagünlerin, bataklıkların, kumulların, kıyı yerleşimlerinin ve tarım alanlarının çeşitli iklim senaryolarına göre ilerleyen yıllarda sular altında kalması beklenmektedir. Deniz seviyesi yükselmelerinin potansiyel etkilerine karşı geri çekilme (Retreat), uyum (Accommodation) ve koruma (Protection) yöntemleri ile bölgedeki zarar en aza indirilebilecektir. Bunun için yerel ve merkezi yönetimlerin bölge ölçeğinde daha detaylı şekilde hazırlayacakları afet riski planlarını kararlı bir şekilde hayata geçirmeleri büyük önem taşıyacaktır.

KAYNAKÇA

- Barrera, E. L., & Hertel, T. (2021). Global food waste across the income spectrum: Implications for food prices, production and resource use. *Food Policy*, 98, 101874. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101874>
- Bressan, R. A. (2008). Stres fizyolojisi. In L. Taiz, E. Zeiger, & D. Türkan (Eds.), *Bitki fizyolojisi* (pp. 591–620). Palme Yayıncılık.
- Brown, S., Nicholls, R. J., Woodroffe, C. D., Hanson, S., Hinkel, J., Kebede, A. S., Neumann, B., & Vafeidis, A. T. (2013). Coastal hazards. In C. W. Finkl (Ed.), *Sea-level rise impacts and responses: A global perspective* (pp. 117–149). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5234-4_6
- Climate Central. (2024). *Sea level rise*. <https://www.climatecentral.org/sea-level-rise>
- Copernicus. (2024). *Land cover viewer – dataset ID: 0407d497d3c44bcd93ce8fd5bf78596a*. <https://land.copernicus.eu/en/mapviewer?dataset=0407d497d3c44bcd93ce8fd5bf78596a>
- Craig, C., & Palmer, B. (2024). *Sea level rise 101: The causes and effects of this undeniable consequence of climate change—and how communities can respond*. <https://www.nrdc.org/stories/sea-level-rise-101#what-is>
- Craig, R. K. (2010). A public health perspective on sea-level rise: Starting points for climate change adaptation. *Widener Law Review*, 15, 521–540.

- Dadzie, S. K. N., Inkoom, E. W., Akaba, S., Annor-Frempong, F., & Afful, J. (2021). Sustainability responses to climate-smart adaptation in Africa: Implication for food security among farm households in the Central Region of Ghana. *African Journal of Economic and Management Studies*, 12(2), 208–227. <https://doi.org/10.1108/AJEMS-02-2020-0075>
- Dodman, D., Hayward, B., Pelling, M., Castan Broto, V., Chow, W., Chu, E., Dawson, R., Khirfan, L., McPhearson, T., Prakash, A., Zheng, Y., & Ziervogel, G. (2022). Cities, settlements and key infrastructure. In H. O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama (Eds.), *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 907–1040). Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
- Dronkers, J., Gilbert, J. T. E., Butler, L. W., Carey, J. J., Campbell, J., James, E., McKenzie, C., Misdorp, R., Quin, N., Ries, K. L., Schroder, P. C., Spradley, J. R., Titus, J. G., Vallianos, L., & von Dadelzen, J. (1990). *Strategies for adaptation to sea level rise: Report of the IPCC Coastal Zone Management Subgroup*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Ekmekçi, E., Apan, M., & Kara, T. (2005). Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(3), 118–125.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2021). *World Soil Day: FAO highlights the threat of soil salinization to global food security*. <https://www.fao.org/newsroom/detail/world-soil-day-fao-highlights-threat-of-soil-salinization-to-food-security-031221/en>
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2024). *Areas of work: Salinity*. <https://www.fao.org/global-soil-partnership/areas-of-work/soil-salinity/en/>
- Garner, G. G., Hermans, T., Kopp, R. E., Slangen, A. B. A., Edwards, T. L., Levermann, A., Nowicki, S., Palmer, M. D., Smith, C., Fox-Kemper, B., Hewitt, H. T., Xiao, C., Aðalgeirsdóttir, G., Drijfhout, S. S., Edwards, T. L., Golledge, N. R., Hemer, M., Krinner, G., Mix, A., Notz, D., Nowicki, S., Nurhati, I. S., Ruiz, L., Sallée, J.-B., Yu, Y., Hua, L., Palmer, T., & Pearson, B. (2021). *IPCC AR6 sea level projections (Version 20210809)*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5914709>
- Gary, A., & Klee, A. (1999). *The coastal environment: Toward integrated coastal and marine sanctuary development*. Prentice Hall.
- Geymen, A., & Dirican, A. Y. (2016). İklim değişikliğine bağlı deniz seviyesi değişiminin coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak analiz edilmesi. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(1), 65–74. <https://doi.org/10.15659/hartek.16.04.308>
- Güney, O. İ. (2013). Assessment of sea level rise impact on population and land use in the Mediterranean coast of Turkey. *Journal of Applied Biological Sciences*, 7(3), 56–60.
- Gürel, A., & Avcıoğlu, R. (2001). Bitkilerde strese dayanıklılık fizyolojisi. In S. Özcan, E. Gürel, & M. Babaoğlu (Eds.), *Bitki biyoteknolojisi II: Genetik mühendisliği ve uygulamaları* (pp. 308–313). Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (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* (R. K. Pachauri & L. A. Meyer, Eds.). IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). Summary for policymakers. In V. Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K.

- Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Eds.), *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 3–32). Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (H. Lee & J. Romero, Eds.). IPCC. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- IPCC. (2021). Summary for policymakers. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Eds.), *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 3–32). Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Kafalı Yılmaz, F. (2019). Adana Ovaları'nda endüstriyel tarım bitkilerinin üretimindeki değişiklikler. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23(3), 973–986.
- Kirezci, E. (2020). Projections of global-scale extreme sea levels and resulting episodic coastal flooding over the 21st century. *Scientific Reports*, 10(1), 11629. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67736-6>
- Koca, H., Bor, M., Özdemir, F., & Türkan, D. (2007). The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, 60(3), 344–351. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2006.12.005>
- Kuleli, T. (2006). Deniz seviyesi yükselmesi ve Çukurova Deltası kıyı bölgesi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi. In *Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları VI. Ulusal Konferansı Bildiriler Kitabı* (07–11 Kasım 2006, Muğla).
- Lindsey, R. (2022). *Climate change: Global sea level*. National Oceanic and Atmospheric Administration. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-sea-level>
- Moore, B. (2022). *IPCC: Sea level rise adaptation is essential, not optional*. Natural Resources Defense Council (NRDC). <https://www.nrdc.org/bio/rob-moore/ipcc-sea-level-rise-adaptation-essential-not-optional>
- Nathaniel, S., Barua, S., Hussain, H., & Adeleye, N. (2021). The determinants and interrelationship of carbon emissions and economic growth in African economies: Fresh insights from static and dynamic models. *Journal of Public Affairs*, 21(1), e2157. <https://doi.org/10.1002/pa.2157>
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2024a). *NASA's sea level projection tool*. https://sealevel.nasa.gov/data_tools/17
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2024b). *Satellite data: 1993–Present, satellite sea level observations*. <https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/?intent=121>
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2022). *Global and regional sea level rise scenarios for the United States: Updated mean projections and extreme water level probabilities along U.S. coastlines*.

<https://oceanservice.noaa.gov/hazards/sealevelrise/noaa-nostechrpt01-global-regional-SLR-scenarios-US.pdf>

- Oppenheimer, M., Glavovic, B. C., Hinkel, J., van de Wal, R., Magnan, A. K., Abdlgawad, A., Cai, R., Cifuentes-Jara, M., DeConto, R. M., Ghosh, T., Hay, J., Isla, F., Marzeion, B., Meyssignac, B., & Sebesvari, Z. (2022). Sea level rise and implications for low-lying islands, coasts and communities. In H.-O. Pörtner, D.-C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, & N. M. Weyer (Eds.), *The ocean and cryosphere in a changing climate* (pp. 32–446). Cambridge University Press.
- Özhan, E. (2008). Türkiye’de bütünleşik kıyı yönetimi: Son gelişmeler. In *Türkiye’nin Kıyı ve Deniz Alanları VII. Ulusal Konferansı, Türkiye Kıyıları 08, Bildiriler Kitabı* (27–30 Mayıs 2008, Ankara). Türkiye Kıyı ve Deniz Alanları Merkezi.
- Reimann, L., Vafeidis, A. T., & Honsel, L. E. (2023). Population development as a driver of coastal risk: Current trends and future pathways. *Cambridge Prisms: Coastal Futures*, 1, e14. <https://doi.org/10.1017/cft.2023.3>
- Schmidhuber, J., & Tubiello, F. N. (2007). Global food security under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50), 19703–19708. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701976104>
- Simav, Ö., Şeker, D. Z., & Gazioğlu, C. (2013). Coastal inundation due to sea level rise and extreme sea state and its potential impacts: Çukurova Delta case. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 22, 671–680. <https://doi.org/10.3906/yer-1205-6>
- Simav, Ö., Şeker, D., & Tanık, A. (2014). Potential impacts of sea level rise on the coastal vulnerability of Çukurova Delta. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23, 3101–3108.
- Sweet, W. V., Hamlington, B. D., Kopp, R. E., Weaver, C. P., Barnard, P. L., Bekaert, D., Brooks, W., Craghan, M., Dusek, G., Frederikse, T., Garner, G., Genz, A. S., Krasting, J. P., Larour, E., Marcy, D., Marra, J. J., Obeysekera, J., Osler, M., Pendleton, M., Roman, D., Schmied, L., Veatch, W., White, K. D., & Zuzak, C. (2022). *Global and regional sea level rise scenarios for the United States: Updated mean projections and extreme water level probabilities along U.S. coastlines* (NOAA Technical Report NOS 01). National Oceanic and Atmospheric Administration. <https://oceanservice.noaa.gov/hazards/sealevelrise/noaa-nostechrpt01-global-regional-SLR-scenarios-US.pdf>
- Şahin, K., & Bağcı, H. R. (2015). CBS ve UA teknikleriyle Türkiye’nin başlıca deltalarının morfometrik özelliklerinin değerlendirilmesi. In *Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu (UJES 2015)*, Samsun.
- Taylor, R. G., Scanlon, B., Döll, P., Rodell, M., Van Beek, R., Wada, Y., Longuevergne, L., Leblanc, M., Famiglietti, J. S., Edmunds, M., & Konikow, L. (2013). Ground water and climate change. *Nature Climate Change*, 3(4), 322–329. <https://doi.org/10.1038/nclimate1744>
- Titus, J. G. (1990). Greenhouse effect, sea level rise and land use. *Land Use Policy*, 7(2), 138–153. [https://doi.org/10.1016/0264-8377\(90\)90006-B](https://doi.org/10.1016/0264-8377(90)90006-B)

- Tully, K. L., Weissman, D., Wyner, W. J., Miller, J., & Jordan, T. (2019). Soils in transition: Saltwater intrusion alters soil chemistry in agricultural fields. *Biogeochemistry*, 142(3), 339–356. <https://doi.org/10.1007/s10533-019-00542-2>
- Türkeş, M., Sümer, M., & Çetiner, G. (2000). Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri. In *Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları* (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası, ss. 7–24). Çevre Bakanlığı, ÇKÖK Genel Müdürlüğü.
- U.S. Department of Agriculture (USDA). (2022). *Natural Resources Conservation Service: Climate change adaptation plan*. <https://www.nrcs.usda.gov/conservation-basics/natural-resource-concerns/climate/adaptation>
- U.S. Department of Agriculture (USDA). (2024). *Saltwater intrusion: A growing threat to coastal agriculture, coastal zone management*. <https://www.climatehubs.usda.gov/hubs/northeast/topic/saltwater-intrusion-growing-threat-coastal-agriculture>
- U.S. Department of Agriculture (USDA). (2024). *Saltwater intrusion: A growing threat to coastal agriculture*. <https://www.climatehubs.usda.gov/hubs/northeast/topic/saltwater-intrusion-growing-threat-coastal-agriculture>
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2005). Singh, A., Pathirana, S., & Shi, H. *Assessing coastal vulnerability: Developing a global index for measuring risk* (Final Report).
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2024). *Ocean, seas and coasts – Regional seas programme*. <https://www.unep.org/topics/ocean-seas-and-coast>
- World Economic Forum. (2019). *The global risks report 2019*. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2019.pdf
- Yılmaz, E., Tuna, A. L., & Bürün, B. (2011). Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 47–66.
- Zscheischler, J., Martius, O., Westra, S., Bevacqua, E., Raymond, C., Horton, R. M., van den Hurk, B., AghaKouchak, A., Jézéquel, A., Mahecha, M. D., Maraun, D., Ramos, A. M., Ridder, N. N., Thiery, W., & Vignotto, E. (2020). A typology of compound weather and climate events. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1, 333–347. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0060>.

STATEMENT OF ETHICAL AND SCIENTIFIC PRINCIPLES RESPONSIBILITY

The author declares that all stages of the preparation of this study were conducted in accordance with ethical rules and scientific citation principles. This study does not fall within a category that requires approval from an ethics committee.

AUTHOR CONTRIBUTION STATEMENT

1st author contribution: 100%

ETİK VE BİLİMSEL İLKELER SORUMLULUK BEYANI

Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara ve bilimsel atıf gösterme ilkelerine riayet edildiğini yazar beyan eder. Bu çalışma etik kurul izni gerektiren çalışma grubunda yer almamaktadır.

ARAŞTIRMACILARIN MAKALEYE KATKI ORANI BEYANI

1. yazar katkı oranı: %100