



# Journal of Maritime Transport and Logistics



Year: 2020   Volume: 1   Issue: 2  
November 2020

# Journal of Maritime Transport and Logistics

**Correspondence Address** : Iskenderun Technical University Main Campus,  
31200, Iskenderun/HATAY - TURKEY

**Web Page** : <https://dergipark.org.tr/tr/pub/mtl>

**Tel** : +90 (326) 613 56 00

**Fax** : +90 (326) 613 56 13

**E-mail** : [jmtl@iste.edu.tr](mailto:jmtl@iste.edu.tr)

**Publication Type** : Online

**Publication Period** : Tri-annually

**Publication Date** : 02 November 2020

## **OWNER**

*Iskenderun Technical University on Behalf of Barbaros Hayrettin Naval Architecture and Maritime Faculty*  
Prof.Dr. Soner ESMER (Dean)

## **EDITOR-in-CHIEF**

Prof.Dr. Soner ESMER

## **DEPUTY EDITOR**

Assoc.Prof.Dr. Alpaslan ATEŞ

## **LAYOUT EDITORS**

Res.Asst. Gizem GÜNAY

Res.Asst. Şerif Can GÖKÇE

## **EDITORIAL BOARD**

Prof.Dr. A.Zafer ACAR, *Piri Reis University - Faculty of Economics and Administrative Sciences*

Prof.Dr. D. Ali DEVECİ, *Dokuz Eylül University - Maritime Faculty*

Prof.Dr. Ersan BAŞAR, *Karadeniz Technical University - Sürmene Faculty of Marine Sciences*

Prof.Dr. Ersin KAYAHAN, *Kocaeli University - Maritime Faculty*

Prof.Dr. Funda YERCAN, *Piri Reis University - Maritime Faculty*

Prof.Dr. Hüseyin YILMAZ, *Yıldız Technical University - Naval Architecture and Maritime Faculty*

Prof.Dr. İsmet BALIK, *Akdeniz University - Kemer Maritime Faculty*

Prof.Dr. Mehmet BILGİN, *Istanbul University-Cerrahpasa - Faculty of Engineering*

Prof.Dr. Muhammet BORAN, *Karadeniz Technical University - Sürmene Faculty of Marine Sciences*

Prof.Dr. Murat YAKAR, *Mersin University - Maritime Faculty*

Prof.Dr. Oğuz Salim SÖĞÜT, *Istanbul Technical University - Maritime Faculty*

Prof.Dr. Özcan ARSLAN, *Istanbul Technical University - Maritime Faculty*

Prof.Dr. Selçuk NAS, *Dokuz Eylül University - Maritime Faculty*

Prof.Dr. Serdar KUM, *Istanbul Technical University - Maritime Faculty*

Prof.Dr. Soner ESMER, *Iskenderun Technical University - Barbaros Hayrettin Naval Architecture and Maritime Faculty*

Prof.Dr. Temel ŞAHİN, *Recep Tayyip Erdogan University - Turgut Kiran Maritime Faculty*

Assoc.Prof.Dr. Alpaslan ATEŞ, *Iskenderun Technical University - Barbaros Hayrettin Naval Architecture and Maritime Faculty*

Assoc.Prof.Dr. Alper KILIÇ, *Bandırma Onyedi Eylül University - Maritime Faculty*

Assoc.Prof.Dr. Gökhan KARA, *Istanbul University-Cerrahpasa - Faculty of Engineering*

Assoc.Prof.Dr. İzzettin TEMİZ, *Mersin University - Maritime Faculty*

Assoc.Prof.Dr. Mehmet Fatih HÜSEYİNOĞLU, *Girne University - Maritime Faculty*

Assoc.Prof.Dr. Özkan UĞURLU, *Ordu University - Fatsa Faculty of Marine Sciences*

Assoc.Prof.Dr. Yusuf ZORBA, *Dokuz Eylül University, Maritime Faculty*

Assoc.Prof.Dr. Fatma Yasemin KOCA, *Kocaeli University - Maritime Faculty*

Asst.Prof.Dr. Ercan YÜKSEKYILDIZ, *Samsun University - Faculty of Administrative and Social Sciences*

Asst.Prof.Dr. Tuba KEÇECİ, *Istanbul Technical University - Maritime Faculty*

Asst.Prof.Dr. Seçil GÜLMEZ, *Iskenderun Technical University - Barbaros Hayrettin Naval Architecture and Maritime Faculty*

Asst.Prof.Dr. Sedat BAŞTUĞ, *Iskenderun Technical University - Barbaros Hayrettin Naval Architecture and Maritime Faculty*

Asst.Prof.Dr. Vahit ÇALIŞIR, *Iskenderun Technical University - Barbaros Hayrettin Naval Architecture and Maritime Faculty*

Asst.Prof.Dr. Ercan AKAN, *Iskenderun Technical University - Barbaros Hayrettin Naval Architecture and Maritime Faculty*

Asst.Prof.Dr. Özlem DOĞAN, *Iskenderun Technical University - Barbaros Hayrettin Naval Architecture and Maritime Faculty*

Asst.Prof.Dr. Kazım YENİ, *Iskenderun Technical University - Barbaros Hayrettin Naval Architecture and Maritime Faculty*

Dr. Gökçay BALCI, *The University of Huddersfield - Huddersfield Business School*

## CONTENTS

---

|   |            |
|---|------------|
| <i>Contents</i>   | <i>iii</i> |
| <i>Editor's Note</i>  | <i>iv</i>  |
| <i>Study to Improve the Digitalization of the Spanish Port System Through an Affinity Diagram</i><br>Nicoleta GONZÁLEZ-CANCELAS, Beatriz MOLINA SERRANO, Francisco SOLER-FLORES<br>Research Article | 51         |
| <i>Dökme Yük Gemilerinde Güç Kalitesi Problemlerinin Simulink ile Modellenmesi</i><br>İsmail Nuri BERTİZLİOĞLU, Seçil GÜLMEZ<br>Research Article  | 69         |
| <i>Van Gölü Bölgesinde Gerçekleştirilen İntermodal Taşımacılık Uygulamalarının Ekonomik Analizi</i><br>Hüseyin DOĞAN, Alpaslan ATEŞ<br>Research Article   | 79         |
| <i>Dizel Motorlarda Bütanol-Dizel Yakıt Karşımı Kullanılmasının Çevrimsel Farklara Etkisinin Araştırılması</i><br>Samet GÜRGEN, İsmail ALTIN<br>Research Article                                    | 93         |
| <i>Gemi Acentelerinin E-Gümrük Hizmetinin Teknoloji Kabul Modeli ile Değerlendirilmesi:<br/>Doğru Akdeniz Örneği</i><br>Başak GÖKPINAR BOZHÜYÜK<br>Research Article                                 | 102        |

*Dear Colleagues,*

We present the second issue of the Journal of Maritime Transport and Logistics to our valuable readers. In this issue, there are 5 research articles, one of which is in English. Articles are useful research examining various topics in Maritime Science. In the studies, there are scientific evaluations about the Technology Acceptance Model, simulation modelling, intermodal transportation, digitalization, and diesel engines.

In this issue, we would like to express our gratitude to authors, our journal secretariat, referees who have increased the scientific quality of the submitted manuscripts with their invaluable opinions, and also our advisory body consisting of the most valuable scientists in the field.

Yours Sincerely.

Prof. Dr. Soner ESMER  
**Editor-in-Chief**



## Study to Improve the Digitalization of the Spanish Port System Through an Affinity Diagram

Nicoleta GONZÁLEZ-CANCELAS<sup>a</sup> Beatriz MOLINA SERRANO<sup>b(\*)</sup> Francisco SOLER-FLORES<sup>c</sup>

### Article Submitted

09 July 2020

### Article Accepted

01 September 2020

### Available Online

02 November 2020

### Research Article

### Keywords

Affinity diagram

Digitalization

Port 4.0

Smart ports

### Abstract

Automation, digitalization, technologies that allow interoperability, transparency, decentralization and customer experience define the context of application of the concept 'Ports 4.0' to the logistics-port sector. In the Spanish Port System this is the objective in the near future, already almost present. That is why this study deals with this issue through the Affinity Diagram. This is a method of categorization in which participants classify various concepts into different categories in order to answer a given question. In this case the question is how can the digitalization of the Spanish port system be improved? The main conclusion obtained is that technology alone is not useful to achieve Smart Ports/Ports 4.0. It is necessary that the technology is used in an integrated, open and joint way by all the agents of the port community.

## 1. Introduction

The digital transformation is of the utmost importance in the business world with significant impact on any of its sectors. This digital transformation within maritime transport is evolving in the ports and the associated logistics (Heilig, Lalla-Ruiz & Voß, 2017). As actors in global supply chains, seaports are particularly affected by technological change. If the trend is towards an open, interactive, highly connected ecosystem of information flows and intelligence, it can be said that in general terms it can be defined as e-ports. On the other hand, as an example, a study carried out by IContainer in 2017 (Rojas, 2018), says: "that only 3% of freight forwarders allow customers to request a quote for transport services through an automated manager and more than 75% of Spanish shipping companies do not include a contact email address on their website.

Due to the high requirements in the logistics sector, e.g. with regard to costs, efficiency, security and sustainability, digital innovation is essential to maintain competitiveness (Heilig, Lalla-Ruiz & Voß, 2017). Europe's ports also need to improve their infrastructure and implement their processes to adapt to these new challenges. However, as in Spain, European ports are committed to simplifying administrative procedures and eliminating customs barriers in the transport of goods. It is necessary to coordinate the sector. Even, it makes possible to implement the latest technological advances, to promote innovation and to train it.

Modern seaports play an important role in ensuring efficient and safe cargo flows in global logistics networks. In addition, ports offer various types of value-added logistics services, for example to facilitate strategies to delay global supply chains (Heilig, Schwarze & Voß, 2017). Digitalization in logistics is the key. Smart Port is a port that bet on technology to improve and modernize maritime transport of goods, with the aim of obtaining greater efficiency (Orive, Santiago, Corral & González-Cancelas, 2020). The efficiency and safety of the related cargo flows depend largely on the associated information flows. Since the beginning of containerization in the 1960s, the adoption of information technology and information systems has become an indispensable success factor for the competitiveness of ports, facilitating communication and decision-making to improve the visibility, productivity, efficiency, and safety of port procedures that are affected by various conditions (Panayides & Song, 2013). In addition, better integration of government agencies to standardize and harmonize information procedures is increasingly important.

<sup>a</sup> Department of Civil Engineering, Transports, Technical College of Civil Engineering, Polytechnic University of Madrid, Madrid, Spain, [nicoleta.gcancelas@upm.es](mailto:nicoleta.gcancelas@upm.es).

<sup>b</sup> Department of Civil Engineering, Transports, Technical College of Civil Engineering, Polytechnic University of Madrid, Madrid, Spain.

<sup>(\*)</sup> Corresponding Author: Beatriz Molina Serrano, [beatriz.molinas@alumnos.upm.es](mailto:beatriz.molinas@alumnos.upm.es).

<sup>c</sup> Department of Computer-Computer Faculty, Carlos III University of Madrid, Madrid, Spain, [fsoler@inf.uc3m.es](mailto:fsoler@inf.uc3m.es).

Digitization is taking the maritime industry beyond its traditional boundaries and provides many new opportunities to improve the productivity, efficiency and sustainability of logistics (Cimino, Palumbo, Vaglini, Ferro, Celandroni La Rosa, 2016). The concept of smart ports, for example, aims at adopting modern information technologies to enable better planning and management within and between ports. The most urgent needs of digitization are investments in technology and cooperation to promote information exchange and better coordination and collaboration, often considered an obstacle in highly competitive environments. In addition too new opportunities, important economic problems and issues arise.

Especially the role of ports has changed drastically from their traditional function, connecting sea and land through loading and unloading operations. It has evolved to an essential part of the global logistics networks that manage the flow of cargo and offer value-added logistics services in an efficient and effective way (González, González-Cancelas, Serrano & Orive, 2020). In a safe and environmentally friendly way.

Due to their important role in achieving competitive advantage, many information systems and technologies have been adopted in port operations in recent decades. It has allowed more and more electronic transactions to take place (Heilig & Voß, 2017a). Although previous developments have led to a high degree of digitalization and automation, especially in container terminals, there is still considerable potential for improvement.

Europe has been considered a leader in the development of port technologies for many years. Already in 1989 the first shore-to-ship electricity supply was carried out in the Port of Gothenburg. As regards digitalization, in 1993 the Port of Rotterdam offered the first automated terminal in the world (Mu, Wang & Wang, 2020).

New technologies are opening up in the logistics and port transport sector. Port industry is one of the most innovative and a reference in the implementation of technologies associated with the digitalization of processes and management systems to increase efficiency and sustainability (Birtchnell, 2016).

The current phase of the digital transformation is very focused on adopting new digital technologies to better measure, monitor and control port operations, for example, using real-time operational data to predict future events (Heilig, & Voß, 2017b). This may involve advanced pre-processing and data analysis to extract information and knowledge, which can be used in advanced planning and decision support systems. However, the success of digital transformation lies not only in the use of advanced technologies and methods, but especially in the adaptation of organizational aspects, according to the idea that "digital technology is a means, not an end".

Digitization is one of the core technologies of the 21<sup>st</sup> century. The digitization of ports is becoming the direction of development in the future (González-Cancelas, Molina Serrano, Esteban-Infantes, Soler-Flores & Camarero Orive, 2019).

According to scientists of the Fraunhofer Institute, for the implementation of new technologies, industries go through four phases: digitization of analog data, digitization of analog processes, linking systems to processes, and finally the development of a digital business model.

When industries, of whatever sector, implement new technologies, they go through the digitalization of analog data. Next, it links of systems with processes and, finally, it develops of a digital business model. For Fraunhofer, most of the ports are in the second phase (Bierwirth, Kirschstein & Sackmann, 2019).

Among the challenges currently faced by ports are (Heilig, Stahlbock & Voß, 2019):

- Globalization and structural changes: necessary to increase the volume of transport and be competitive
- Demographic change
- Urbanization: the growth of cities creates conflicts with ports, with technology contributing to the flow of transport and efficient operations.
- Sustainability: Ports must also support the development of the region and logistics chains through sustainable ports
- Port Governance
- Information Technology

Today, new technologies allow their implementation at even the smallest steps of the logistic and productive chain (Pournader, Shi, Seuring & Koh, 2019). More and more things can be controlled at a lower cost. However, it is necessary to decide carefully what it is wanted to control, what data and knowledge we need for this and what

benefits can be derived to achieve our objectives at the level of quality, productivity and efficiency. Technology must be a means and not an end in itself (Pournader, Shi, Seuring & Koh, 2019).

In today's world, it is talking about Smart, 4.0, fingering, innovation ... With the means available, it is possible to change the operation of the entire global system. This is inevitable, on the one hand because technological progress cannot be stopped; on the other because the world requires it. The time has come to make (and implement) more sustainable, more future-oriented choices rather than immediate gains (Kersten, Blecker & Ringle, 2017).

Within these trends, innovation plays a fundamental role. It must be a controlled process, which implies a cultural change, where it is necessary to recreate the flows and processes to generate an open innovation. Innovation must be formalized and incorporated into the culture of the company; ports as an industry-company are not exempt from this process. The management of the R+D+i model associated with innovation must be systematized, verifiable, audited and measurable within the port environment (Philipp, Gerlitz & Moldabekova, 2019). To guarantee the control of innovative activities, control tools must be developed. There is still a long way to go within the port sector to control the management of change from initiatives to projects.

The concept of port 4.0 is linked to the concept of industry 4.0, which is associated with the phenomenon of a fourth industrial revolution that represents a change in industrial development capable of generating important social changes in the coming years (Bilal, Kumar, Cianca & Lindgren, 2018). It is a concept of industry that makes intensive use of the Internet and state-of-the-art technology in order to develop more intelligent and environmentally friendly plants and industrial processes. They involve production chains that are rigorously linked to each other hand to the markets.

World is currently immersed in the fourth industrial revolution or industry 4.0. This technological trend requires moving from electronic ports to interconnected ports. It will produce changes in the models of port governance, not because it is preferred that ports are more public or more private, but because the way to compete and be efficient will be different and it is necessary to adapt the management (Ahokas, Kiiski, Malmsten & Ojala, 2017). All these transformation processes basically need the next six factors for success:

- Reviewing the processes
- Digital skills
- Improve the user experience
- Apply methodologies
- Change the model
- Use technology

The transformation towards Port 4.0 involves measures to enhance logistics efficiency in the area of infrastructure, operations and service provision, the improvement of environmental and energy sustainability, safety and security, as well as the digitization of processes and intellectual platforms (Durán, Córdova & Palominos, 2019).

Ports have always played a key role in the development of society, being a fundamental element in the economic development of different countries and being in a strategic position at world level (Acciaro, Renken & El Khadiri, 2020). The current global changes motivated by new forms of communication, behavioural patterns, innovative technologies, etc. have meant that ports cannot remain at the mercy of these new trends; they must take an active role in this global change, being a major element of the transformation.

A smart solution is one that provides people with improvements in their personal and collective environment in relation to the territory where they live and their surroundings (Cervantes, Jerez, Fierro, Ocaña & Rivero, 2013). A Smart solution is not the same as a digital solution, but ICT is a good way to achieve this purpose.

Port activity is one of the activities most influenced by globalization. It implies the connection of distant and different markets, through complex procedures subject to different legislation in different economic areas. It also involves many of actors with diverse interests (Ducruet, 2016).

Therefore, it seems appropriate to include a factor of uniformity to this process in the port system (Haralambides, 2017). Currently, action programs are being developed in each Port Authority to meet these new objectives, but they do not seem to be carried out in a totally coordinated manner. It seems somewhat incongruous that we are trying to coordinate and synchronize different modes of transport grouped into corridors, chains and networks,



involving all actors, However, that efforts to develop them in ports are not being coordinated in a unique and uniform way. Resources are being used to develop the same systems on an individual basis.

The affinity diagram is a tool that can be used to categorize data, ideas or recommendations that may arise from an event in this case the digitization of Spanish ports. Moreover, it helps focus on the search for possible solutions among the different members of the working group. Once the ideas are grouped together, the working group proceeds to discuss the degree of correspondence of each block of ideas with the main problem or situation. From this discussion, a series of conclusions must be drawn that, at the same time, lead to making one or more consensual decisions.

The main objective of this work is to try to give an answer, by means of an affinity diagram, to how to promote the digitalization of Spanish ports

## 2. Knowledge status

Industry 4.0 is the name under which the fourth industrial revolution has been coined. If the first one (half of the 18th century) was marked by the steam engine; the second one (beginning of the 20th century), by chain production and electric energy; the third one (second half of the 20th century), by electronics and information technologies; this fourth transformation is characterized by the fusion of the physical industry with the digital world (González-Cancelas, Molina Serrano, Soler-Flores & Camarero Orive, 2020).

The keys to this revolution are as follows:

- **DATA:** Industry 4.0 carries the promise of intelligent factories that are highly efficient thanks to data. Big Data and advanced analytic can increase manufacturing volume by 20 to 25% and decrease production times by over 45%. To achieve this, it is essential to obtain (production processes need to be obtained automatically), transfer (the information provided at a specific point, must also be available at any other point), process and synthesize, and results (the automation of decision-making from data opens new opportunities for companies) (Santos Martín, González-Cancelas, Molina Serrano & Soler-Flores, 2020).
- **THE REAL TIME:** The best way to get those numbers when they happen is with the 5G and 6G that are already being tested. 5G networks have the potential to significantly reduce latency (response time), enable ultra-fast uploads and downloads, improve spectrum efficiency and network reliability, and increase the number of devices that can be simultaneously connected to the network, promoting the so-called Internet of Industry. The 5G will allow reacting in one millisecond against today's 10 milliseconds. Thus, the industry will be able to reach services in real-time (Sánchez-Cambronero, González-Cancelas & Serrano, 2020).
- **LEADING TECHNOLOGIES:** All the technologies of the Industry 4.0 have a common link: they offer new possibilities to unlock the potential of data. These tools can be classified in four blocks according to their main purpose:
  - *Connectivity:* this group includes the Big Data, the Internet of Things and the cloud. Reducing the costs of sensors and actuators allow for more affordable and powerful data storage, transmission and processing (Alberto Rodrigo, González-Cancelas, Molina Serrano & Camarero Orive, 2020).
  - *Intelligence:* The latest advances in Artificial Intelligence (AI), together with the increase in data availability, are giving rise to new forms of industrial automation. In which, the plant components will be able to organize their work among themselves, without human intervention, to take over the tasks they receive from the superior control units (González-Cancelas, Molina Serrano & Soler-Flores, 2019).
  - *Human-Machine Interaction:* Augmented Reality will provide real-time information to improve decision-making and work procedures. For example, workers will be able to receive repair instructions on how to replace a certain part in a system that requires adjustment. This information can be delivered directly through augmented reality glasses (Marques, Santos, Araújo, Martins, Alves & Dias, 2019).
  - *Conversion from digital to physical:* additive manufacturing allows the creation of different items with the same machine. And without having to go through a subsequent assembly process, one of the most costly industrial phases in the industrial chain. Furthermore, the new robots, which are gaining in security, will be understood as tools to increase human capabilities, not as competitors (Haleem & Javaid, 2019).

### 2.1. Innovation, digital and smart

A Smart world is possible with innovative and digital solutions. As already mentioned, the pillars are innovations, Smart solutions and organizational empowerment through digitalization (Sánchez & Barleta, 2018).

Innovation in the port sector will require the participation of citizens, the talent of people to improve creativity and the process of creating a model of a certain product and the successive tests made with it, and having tools to manage the change that will take place in the ports.

The smart solutions associated with the port industry 4.0 must bet on simplicity, sustainability, must be focused on efficiency and need to have people and territory in contact.

Organizational empowerment through digitalization requires a review of port processes, which will require the use of digital technology, improving current digital skills (Sánchez & Mouftier, 2016). We must be aware that new roles will appear in the process. This process of digital empowerment is based on:

- Having one's own power of decision.
- Having access to information and resources to make an appropriate decision.
- Having a range of options to choose from.
- Ability to exercise assertiveness in collective decision-making.
- Having positive thinking and the ability to make changes.
- Ability to learn and to enhance their own personal or group power.
- Ability to change perceptions by democratic means
- Improve self-image and overcome stigma
- Participate in a self-initiated process of growth and continuous change.

### 2.2. The challenge of digitizing innovative and smart ports

The factors to consider for general digitized, innovative and smart ports will be divided into in-ports and out-ports (Sánchez, Palma Barleta & Mouftier, 2017).

The internal factors will be more focused on efficiency and will imply a cultural change, as we could discuss about more:

- The legal position of the public sector: affecting governance and the possibilities to introduce innovation
- Companies and competitiveness: the gap between the industrial processes and the former bureaucratization of the companies and the administration
- The ownership of the port: which complicates its management in a context of necessary interrelation

The external factors will be more focused on growth and will involve new relationships, as we could talk about more prominently:

- Logistics and the industry itself: larger and larger ships that make it more difficult to dock and change schedules, forecasts and operations.
- The economy: globalization and economic tensions as well as the current difficult geopolitical situation.
- Trade: new forms of trade that have broken the traditional mould.

### 2.3. Available tools

Currently the Big Data and Blockchain are the main tools for creating smart ports as it has already been developed in smart cities (Lee, Aydin, Choi, Lekhavat & Irani, 2018). Data are collected anywhere, at any time. They are a double-edged sword, as they allow users to offer services adapted to them, but at the same time they move in the limit between "data search" and "invasion of privacy". The chain of blocks is already considered for all intents and purposes, an innovation that in a few years will enter our lives (Davarzani, Fahimnia, Bell & Sarkis, 2016).

Clearly, the fact of having a Port 4.0, includes a series of advantages, such as having the goods located at all times, offering a greater possibility of control, which leads to greater efficiency in terms of loading-unloading, storage and future transfer within the Hinterland (Brouer, Karsten & Pisinger, 2016).

Electric vehicles may be used for the movement of cargo, which contributes to reducing local greenhouse gas emissions (Arguedas, Pallotta & Vespe, 2017). In addition, from the point of view of noise and possible spillage of fuel from machinery, the impact that these factors can produce in such a sensitive environment as a port (from the environmental and landscape point of view) is reduced.

It is obvious that ports with a high-level of computer development are more competitive and efficient than those without it. In this way, they are infrastructures that will be able to work with a greater volume of annual traffic. It achieves a greater exchange of merchandise, and with it, greater income for the Ports. In addition, and indirectly, the fact that an area grows commercially generates a "rivalry" effect through which the adjacent areas also wish to grow, thus creating an environment in which development occurs that is positive both for the end consumer (who pays for a certain merchandise) and for our regional area, as it is a key point for the economy of the area. With digitalization, ports are looking for self-matization to make the supply chain more efficient and predictive (Zaman, Pazouki, Norman, Younessi & Coleman, 2017). In addition, intermodality is also being pursued and a more sustainable management is being developed to reduce pollution, gaining flexibility and agility. As it could not be otherwise, Spanish ports have joined the digitalization process. Little by little, the actions carried out in the ports, give them strengths that mark a clear competitiveness.

Based on a systematic review of the literature, Fruth & Teuteberg (Fruth & Teuteberg, 2017) provide an overview of the current state of digitization in maritime logistics, analyse existing problem areas and show the potential for improvement. The results show that it is essential to capture the development potential in order to benefit from the advantages. However, the article concludes that the research is still in its early stages and theoretical and empirical work as well as explanatory approaches for appropriate recommendations for action and restructuring are lacking. This is the most comprehensive article on digitalization literature review to date.

### 3. Methodology

The affinity diagram is considered one of the 7 new quality tools or also called the seven management and planning tools. It is a tool for categorizing data, information or ideas based on their relationship to each other.

In other words, with this tool you find the "affinity" that exists between the ideas obtained from a session, and from the common characteristics or similarities between them, you group them for review and analysis.

It acts as a catalyst for the sum of ideas, opinions, comments, recommendations and interpretations. They may arise in the face of a given fact or problem, and focuses on the search for a consensus that can satisfy the different members of a team.

The main advantages are:

- Order vs. volume: Organize many ideas and concepts, very useful when you have a large volume of information without order.
- Teamwork: Getting the work groups efforts focused, which allows you to work as a team.
- Understanding: Allows for a more in-depth understanding of a situation or problem.
- Creativity: It is a visual method, which induces the creativity of the group.
- Analysis: Facilitates further analysis.
- In order to carry out this dynamic, more than 12 elements must be available and it is necessary.
- A work space.
- A blackboard or cardboard where the elements of the group can be displayed.
- Sticky notes (post-it) or marker to write down what is mentioned.

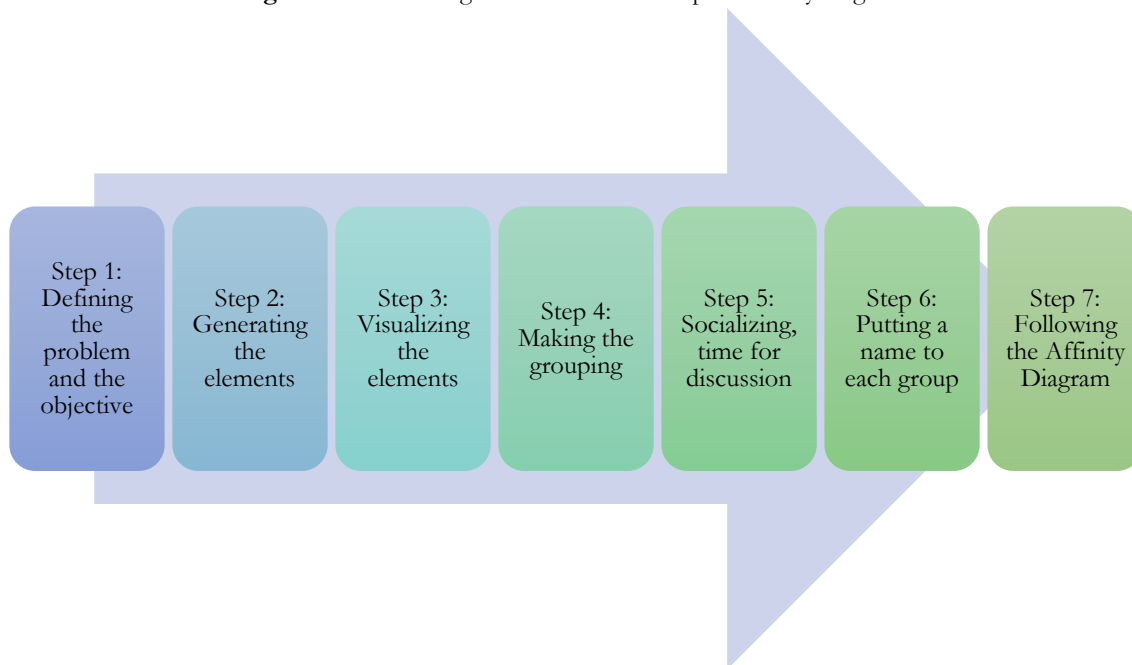
This requires a "leader" to lead the session and interpret the efforts of the attendees and keep the focus on the problem or objective being addressed, and organizers to write on the board, place post-its, etc.

The experts involved in this case the affinity diagram consists of an information gathering technique, based on consultation with experts in an area. It is a very versatile technique. It makes use of the information that comes from both the experience and the knowledge of the participants in a group, usually composed of experts. The starting point for the implementation of this strategy of the affinity diagram has been the existence of a research problem that required the opinion of a group of experts: improve the digitalization of the Spanish port system and whose knowledge on the subject, characteristics and experience were considered a priori as appropriate for the achievement of the objectives of our research. It requires the participation of a larger number of experts than can or should interact in a face-to-face exchange. The leader must always ensure that all the opinions given by the experts are represented. The best source for information should be key experts or informants, who have sufficient expertise in the subject, both knowledge and experience in the content of the consultation. With the expert group

being the source of information, the importance of their proper selection and participation is understood. This is one of the elements that condition their success. In this case, they must have an academic background, special merits, outstanding professional experience, and features that make them stand out in the subject of study. So they have a sufficient knowledge based on the subject to be addressed.

The steps for developing an affinity chart are shown in Figure 1.

**Figure 1.** Methodological scheme to develop an affinity diagram.



The Affinity Diagram is more than just a grouping of ideas that help to understand the origin of a problem in one of the areas of a company or organization. It works through the hierarchical structuring of the information you have and does not always give the solution to the problem. However, it does help to give you an idea of what it might be causing. That is why it will be taken as a diagnostic basis for the digitalization process of the Spanish Port System. All the ideas that the different experts have of the elements that interact in the port digitalization can be ordered and classified. They can be taken as a starting point to tackle the digitalization of the Spanish ports.

The Affinity Diagram is a method that helps to organize a large amount of information.

#### *Step 1: Defining the problem and the objective*

What is the situation or problem to be analyzed? The following is a statement of the problem in the form of a question.

#### *Step 2: Generating the elements*

Now, each attendee will begin to generate the ideas they feel are relevant to the problem statement. It is preferable that each one has what to write with and a post-it where to do it; this facilitates the generation of ideas in those assistants who are shy or who have more facility to work on themselves.

#### *Step 3: Visualizing the elements*

It receives the ideas from each contributor, and they are placed at random on a surface or on the board. Then, all are placed around the table or in front of the board. For each idea, it is best to place a code or assign an ID. This is vital for the next step.

*Step 4: Making the grouping*

Silently, each attendee will begin to order the sticky notes as they see fit. The criteria here is to group those elements where you find common characteristics.

- You look for two elements that are related and started forming a column with them.
- You look for more elements that are related to the elements already grouped, if they are not found any more, you start to form another group.
- The above is repeated.
- It is perfectly normal for anyone in the group to take elements that someone else has taken before, and move them to another group.
- If an item is thought to fit into two groups, take a sticky note and write down what you have for that item.
- If there is an item that does not seem to fit into any of the other groups because of its characteristics, it is left alone.

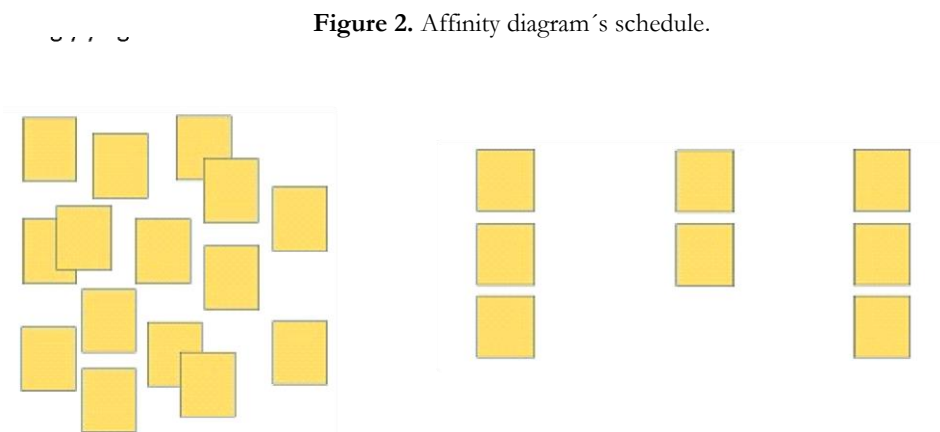
*Step 5: Socializing, time for discussion*

In a group and with the facilitator's moderation, you will discuss as a team the order in which the elements have been arranged. What are the patterns, characteristics and relationships found by the team members so that they have decided to arrange the elements in this way?

In this step, changes are made by decision of the group, for example, by passing a card from one group to another, or by eliminating the elements that say the same thing.

*Step 6: Putting a name to each group*

In the next step, a title will be assigned that describes each of the grouped elements. You can use a sticky note of a different colour or write on the surface you have been working on (if it is a light board). Once each group has a title, review the affinity diagram with the team. Does everyone agree? (Figure 2)

*Step 7: Following the Affinity Diagram*

With the previous steps done, you already have an understanding of the event or problem being analyzed. This is the main input for decision-making. What to do now?

With the ideas grouped together, the working group proceeds to discuss the degree of correspondence of each block of ideas with the main problem or situation. From this discussion, a series of conclusions must be drawn that, at the same time, lead to making one or more consensual decisions.

Finally, the groups and the elements corresponding to the problem are discussed. companies.

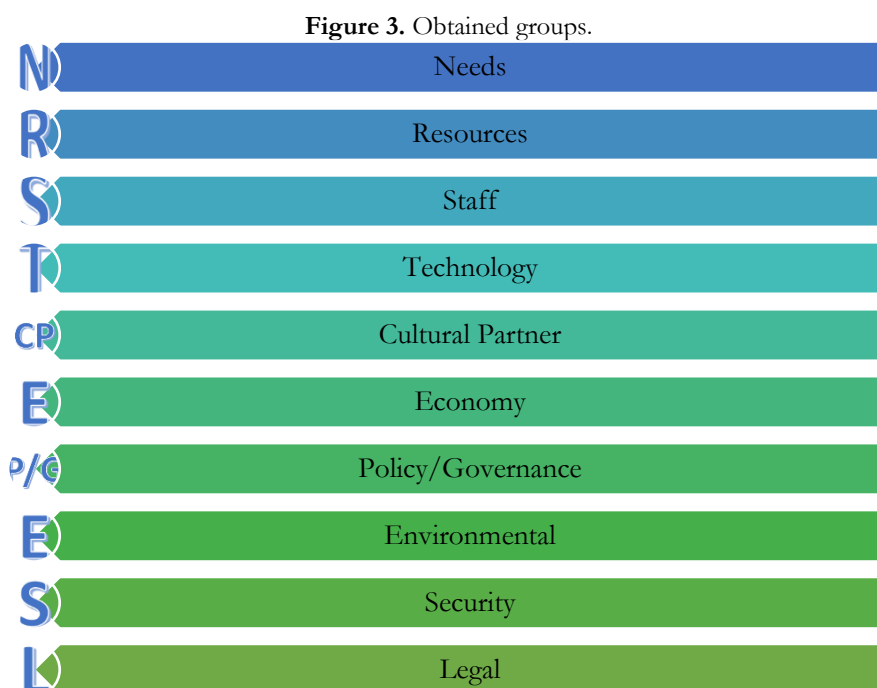
#### 4. Results

The working group was formed by 22 people related to the Spanish port area, a leader and two coordinators were appointed. The working session took place over the course of a morning in which the members of the team met in person.

One element to take into account when designing an affinity diagram is that the working group must be made up of personnel trained in the subject being discussed. Only in this way is it possible to ensure that the conclusions drawn from the process are truly useful and accurate. For this reason, the creation and selection of the group of experts was much discussed.

The experts who were familiar with the subject of the work included in the post-it the key elements to be taken into account for the digitalization and later on, with the help of the leaders and coordinators. These indicators were presented and by consensus they were grouped in different groups.

The groups obtained are shown in Figure 3:



Each of these groups encompasses different indicators. The elements included in each of the groups are detailed below.

##### 4.1. Needs

Administrative transformation: Administrative transformation is needed to be able to implement port digitalization. The following paper "The Transition of Croatian Seaports into Smart Ports" emphasizes the cooperation between ports: "Initially, it is necessary to enable system integration and stakeholder connectivity within the seaport, and subsequently connect the seaports with each other. The digital transformation must be accompanied by the administrative transformation (Jovic, Kavran, Aksewtijevec and Tijan; 2019).

Coordination: The challenge that the port and logistics communities have, in order to improve the management mechanisms of the port logistics chain, is to promote the coordination and communication between the different actors of the logistics-port area, and all this goes through collaboration.

However, for the CML Fraunhofer (who explains that technological information is the basis, and digitalization in logistics, the key to the success of Ports 4.0) if the goal is to achieve the development of a digital business model, most ports are in the previous phase, linking systems with processes (Cómo se digitalizan los puertos?; 2017).

Strategy alignment: To achieve this new port business model, it is not enough to have disruptive ideas and the most advanced technology. However, it is also necessary and imperative to align the strategies of the entire port community in order to achieve the common objectives. In addition to a cultural change in the Administration and

a real bureaucratic change that will effectively improve the efficiency of the system. The use of making such investments of money, time and training to implement all these technological changes that make it possible to simplify processes if it can be later found ourselves faced with the rigidity of the Administration.

For example: the inflexibility of Customs timetables and the involvement of so many independent bodies in Customs procedures means that, in the end, even with the best 4.0 advances, logistics chains continue to slow down and therefore negatively affect the global competitiveness of the port community.

Data exchange: Most of the authors point out that the great challenges are precisely: the sharing of information between Port Authorities, the collaboration between ports and the management capacity of stakeholders by Port Authorities (Deloitte Port Services, 2017). The need for cooperation between ports, to really share data and perceptions, is something that has not been explored. This third challenge, driven by a certain form of protectionism by port authorities over their own data, is a major obstacle to the development of a true Smart Port strategy. Finally, the dichotomy between the port authority and the terminal operator adds a level of complexity. Operational implementations cannot be forced by the port authority at terminal level. This could create a port with a highly integrated infrastructure network, but with a lack of superstructure integration. The role of the port authority in a smart port strategy includes development and facilitation for its users. The final level of integration will be the result of the management and identification of stakeholders showing port self-sufficiency.

Economic resources: The development of new technologies opens up a very wide range of possibilities. They require large resources, since, although one of the characteristics of new technologies is their ability to reduce their production costs quickly. Continuously, it is also true that they are increasingly reaching smaller areas that require more massive implementations. Without forgetting its high degree of obsolescence, inherent to its own development.

#### **4.2. Resources**

The capital fund Ports 4.0: which Puertos del Estado has launched on behalf of the Spanish port system to encourage innovation in 4.0 technologies in the port sector (within the scope of the 4th industrial revolution). These are subsidies on a competitive basis. The main objective of the Fund is to promote and actively incorporate disruptive or incremental innovation. Innovation is considered as an element of competitiveness, efficiency, sustainability, safety and security in the Spanish port and logistics sector, both public and private, to facilitate its transition to the 4.0 economy. The fund seeks to activate public and private investment in innovation for the transformation and strengthening of the technological capacities of the sector.

Technological development of the Tax Agency: As a resource, we should highlight the technological development of the Tax Agency and its Customs Department, which uses telematic means for the clearance of goods, authorizations for stopovers, etc.

Digital platforms: The Port Authorities have put into operation digital platforms for the electronic transmission of invoices and settlements. Even, it has implemented or is implementing the electronic headquarters, have incorporated ICT in the different processes and operations, which we can include everything within a digitalization process. This gives us an idea that many actors, in this logistics chain, have not started the way to digitalization. The maritime transport sector is being one of the last ones to incorporate the use of new technologies in the management of its processes. Although many initiatives are emerging in Spanish and European ports, I do not know if the technological implementation at operational levels can be considered complete. Except in the large automated terminals, where some of these systems are already applied.

Simple" Logistics Platform: The Ministry of Transport, Mobility and Urban Agenda is promoting the development of the "Simple" Logistics Platform (Simplification of Processes for the improvement of Logistics) which consists of a platform for the exchange of data by telematic means to facilitate intermodality in the transport of goods. The project, which is currently seeking to extend its functions to land transport, focuses on the development of an open and collaborative technological platform. It will serve as a homogeneous telematic tool to ensure interoperability between the different modes of transport. Even, it enables integrated management of all the data and documents in the multimodal logistics chain, as well as knowledge of the traceability of goods in the different means of transport.

One-stop shop: The new platform, which is based on the one-stop shop system developed by Puertos del Estado in 2015, will allow the reuse of information throughout the logistics and transport chain, based on the principle of

providing unique data only once. On the other hand, it will allow the interconnection between the Public Administration and the different agents of the private logistics sector to facilitate trade and transport, both nationally and internationally. It is expected that the new platform will significantly improve the competitiveness of the sector. It even helps to optimize the transport and distribution flows of goods, generating, at the same time, new business opportunities.

The "Estiba+2022" programme: this programme aims to develop industry 4.0 technologies for the digitalization of Spanish ports by means of highly automated logistics (Smart Digital Ports). Estiba+ 2022 was created to respond to the challenges of optimizing port space, port operation times, transport costs and productivity levels, challenges of maximizing loading and unloading flows, physical limitations, natural resources, and reducing environmental impact and CO2 footprint. Likewise, the aim is to achieve a highly automated port in which all the devices and assets of the ports are connected (Internet of Things) and which also allows interactive operation with the different agents: cranes, lorries and stevedores, as well as advancing in the development of the "Smart Port" concept, linked to that of the cities where they are located (Smart Cities).

DataPorts project: An example of a Blockchain project is the DataPorts project (A Data Platform for the Cognitive Ports of the Future), co-funded by the European Commission through the H2020 programme, coordinated by the Instituto Tecnológico de Informática (ITI) and in which the Valenciaport Foundation participates. The main objective of this project is to take advantage of the large amount of data generated in seaports thanks to digitalization. In other words, with the support of technologies (big data or blockchain), the aim is to create a data market in which all the actors in the port chain participate in an easy, fast and safe way.

TRADELENS Project: In relation to the technological projects applying Blockchain to the supply chain, we should mention the TRADELENS project between IBM and MAERSK, which has already been joined by more than 20 ports (including Valencia, Barcelona, Algeciras and Bilbao) as well as other terminals, shipping companies, transport companies, etc.

#### **4.3. Staff**

Lack of training: The lack of training in the port community, anchored in old processes and procedures, together with the high cost of implementation, can be a challenge in the short and medium term for certain links in the chain. All this, without forgetting other essential aspects, such as safety and sustainability. Training is necessary, not only for port personnel, but also for employees of companies linked to the port community. And of course, the port authorities must promote these processes. However, it is not just the port authority that must deal with them, but the companies themselves must keep up to date by means of continuous training processes, in order to develop and improve their digital skills.

New profiles: With all this technological tsunami, new professional profiles will be generated and it will be necessary to adapt the existing ones to the use of technology. The need to implement different training plans to provide new competences and skills to port employees is already emerging in the field of port authorities.

New work methodologies: a work methodology will have to be implemented to obtain new talent and ideas, to manage new initiatives, to guarantee the change from innovation to operation, and to measure and value each step of this process.

Among the aspects that are advised from the social area and in my opinion, the most important in this process of digitalization, are Non-presential work: The convenience of being able to work from home could be accompanied by a continuous control. The hope of being able to workless could be stifled by the possibility of working anywhere and at any time. During the construction of sustainable ports, the creation of job opportunities, workforce development and entrepreneurship will generate a significant improvement in productivity. It also establishes a high degree of economic competitiveness. The increased adoption of online services by customers and users will enable the digital trans-formation of ports to provide new offers based on industry innovation, international business, ICT, etc. In addition, it provides transparency that is increasingly in demand.



#### 4.4. Technology

Solutions: it is essential that this process is included in the Strategic Plan of each Port Authority.

- To face this new challenge, there are Port Authorities that have chosen to hire something already done (with specialized consultants that sell you almost the entire package of a "Smart Port"), tested, although less flexible, to be able to start taking steps almost immediately in this transformation.
- The other option is to use tools with ad hoc solutions. Develop "custom" applications that normally fit better in the organization but have a higher cost of maintenance and lack of integration with other systems on the market.

Tools:

- Internet of Things
- Automation of operations
- Blockchain: has great potential to transform the logistics chain of ports. The port operations represent a specially propitious scenario for the application of the properties of this technology because they are environments of high operational complexity due to the high number of participants, the amount of processes to be carried out and the needs of coordination and supervision of them. The actors involved have to collaborate and trust each other, so that the models that reduce friction and increase trust will again make a valuable contribution. With their correct use, information flows along the logistics chain will be improved, achieving: the automation of processes based on Smart Contracts; the reduction of administrative and customs procedures; the reduction of illicit activities and fraud; and the reduction of transit times. The systems based on blockchain technology will enable the processing of international purchase and sale processes, transport documents, inspection and authentication of goods, as well as customs procedures, in a highly secure environment.
- Artificial Intelligence
- Big Data: Big data and IoT are already being applied to the port terrain through. For example, sensors that collect information from the environment to make forecasts, for example, to help plan navigation according to the tide, etc.
- RFID (radio frequency identification technology), etc. Knowing and handling the information in real-time of the flows of goods, providing it to the different agents involved and the final customer, seems to be a basic objective. The massive collection of data and the great capacities for their analysis that exist today (Bigdata), allow the taking of decisions in a supported and more accurate way, even with the use of tools based on artificial intelligence. This allows loads, routes and processes to be optimized, increasing the reliability of the system.

These systems will generate predictive models that will allow decision-making. Consequently, they increase efficiency.

Load targets:

- Improve the management and traceability of maritime goods through end-to-end supply chain digitization. The integration of processes based on these new information technologies can simplify all these procedures, working in coordination and security, in a highly collaborative environment between the different agents.
- Increasing security in the transfer of goods in seaports
- Increase transparency and achieve a secure and reliable exchange of information between the actors in the process, achieving a reduction in operational and administrative costs. The open information, arranged in a clear and reliable way, and in a secure environment. It allows the cooperation between the different agents that intervene in the logistic communities and the optimization of the resources.
- The efficient use and reuse of information is key to the correct flow of data from companies to authorities, as well as to the improvement of the logistics chain and competitiveness.
- In the short-term: from the technological point of view and given that in many companies there is still no awareness of this, it is necessary to
- Make more appropriate investments in security in information systems.
- Increase security and data protection in the sector to avoid manipulation of sensitive systems.
- Implement measures to protect data against unauthorized access and any kind of abuse by cloud-based user systems, access management, device management and data backup.

#### 4.5 Cultural Partner

Cultural change: The keys to obtaining maximum efficiency through digitalization will be based on a cultural change, a new vision of the port sector, especially in terms of innovation:

- A real commitment to port sustainability,
- Governance and new public-private, social and labour relations,
- Reconfiguration of the port map, changes in the world TOP and logistic integration and interaction of geopolitics,
- Technical progress and automation,
- New trade and port activity.

Port-City Synergies: The digitization of ports in relation to the development of Smart Cities allows a synergetic interaction between both institutions, their governors and their citizens. Digital ports are by and for the people, being therefore the key agent in their future development. Better relationship with the city and integration of the citizen: digital platforms allow citizens to learn about the opportunities offered by the port, as well as the creation of wealth that it provides for the whole population. In the same way, the citizen can send suggestions or proposals to the port management that will translate into improvements for the day-to-day life of the citizens, promoting better coexistence between the port and the city.

Socio-cultural factors: The success of the implementation of automated terminals lies in socio-cultural factors. Complete automation will only be achieved through communication and dialogue with the unions, involving them in the project, and providing the necessary information and training.

#### 4.6. Economy

High economic resources: In Spanish ports, in general, the digitalization and environmental aspects are being studied and analyzed, and at different levels of implementation. The need to provide high economic resources is a stumbling block that many companies in these communities cannot face. Among other resources, Ports 4.0 will encourage the creation or consolidation of a network of emerging companies (start-ups), spin-offs or new lines of business in the technological field in existing companies that develop innovative products, services or processes for the port logistics sector with a market orientation.

State funds: From a political point of view and given that the modernization of fleets is necessary and that there are many maritime companies that are hesitant to invest in new technologies due to the high investment costs, some fund should be obtained at a state level to compensate for these investments, thus motivating and promoting maritime companies to accompany this new era of technological change.

Public finances: Lack of budget and resources due to depleted public finances are slowing down public investments. In addition, appropriate and systematic methodologies and metrics for reporting and verifying investment returns are lacking. The financial situation, lack of credit and regulations on financial institutions to reduce exposure to risk by creating a stronger deposit base are limiting available cash flows, slowing investment in port digitization efforts.

#### 4.7. Policy/Governance

Port communities: The interconnection between the digital platforms of the entire logistics chain and the collaborative economy itself, both cases derived from digitalization and PORT 4.0, may require the development of changes or modification of the State's own port governance model. The new model of digitization of the port industry will be the port communities themselves (not only the port authorities as independent), made up of public/private logistics entities associated with a particular port facility. It will jointly and collaboratively develop those strategies to adapt this new digital model to their own reality towards improving the competitiveness of the global port service, supported by the aforementioned technological innovation. As a result of the above, although the opposite would be very favourable for the general interest, it is considered very difficult to think of a possible functioning of the State port system as a block to compete with the ports of Northern Europe. Even more so with the significant heterogeneity in type, characteristics, traffic and size of our ports added to the current scheme of governance, self-sufficiency and competition for all ports just as established in Law 27/92.

Political aspects: The policy context is important for understanding the Smart Ports initiatives, which includes political and institutional elements. The transformation towards digitalization of ports requires the interface of technological elements with political and institutional elements. Under the political dimensions, historically,

interactions between the public and private sectors have been quite complicated. The different means of transport have to maintain a close relationship in order to achieve a global digitization, involving the political and institutional elements in the objective.

#### 4.8. Environmental

The control and optimization of resources: energy, water and waste by means of new technologies add environmental value to port management and the entire logistics chain, allowing to find sustainability objectives, which today are essential for society.

Sustainable ports: The search for a more sustainable port will lead to an improvement in environmental quality and therefore in the quality of life, not only for people, but also for the environment. The intensive use of port land at a 4.0 level will depend entirely on the port's capacity to implement digitalization and ICT throughout the production chain, once again allowing the AI to make significant contributions to the development of logistics nodes. Spanish ports are not yet at the sustainability level of the port of Antwerp in Belgium or the port of Hamburg. However, Spain has many more resources and it is normal to advance more slowly than countries with fewer structures to intervene.

Efficient and predictive supply chain: More sustainable management to reduce pollution, gaining flexibility and agility. Intelligent ports reduce transport costs. Consequently, their connections are much more attractive; they offer a very important competitive advantage with respect to other enclaves. In this context, technology and innovation become key elements to provide real-time information, offer new services from the data flow and digitize processes. The integration with the city and the hinterland-foreland, this would reduce queues and traffic jams. To address these, it would be key to share, merge and analyze data with a view to optimizing processes and performance, for which Big Data would be paramount.

#### 4.9. Security

Security and integrity of the company: to transform to the 4.0 concept. The digitalization of ports makes it possible to adopt systems that increase the efficiency and transparency of the different agents involved and eliminate the need for paper documents, increasing security in general. However, blockchain systems can introduce vulnerabilities or defect regression errors as they become more complex or the information is encrypted. So having a consistent way of managing and administering port security is key to ensuring its functionality and good implementation. Disabling part of the servers that make up the system due to cyberattacks, generating problems in port operations or also affecting some of its customers. The recovery of these systems is slow, leading to great economic losses.

Security and technology: The digitalization at port level increases the security of the different terminals because through the artificial intelligence it is better controlled who enters and leaves the port. All doors and accesses are automatic, and there is an entry system using optical recognition, fingerprints or voice, which makes the port much safer. On the other hand, it allows to have a better control of the loading and unloading processes. In addition, it avoids losing the documentation as everything is digitalized.

Cybersecurity: the digitalization of our new world and the development and progress of technologies show that we are much more vulnerable and sensitive to attack through cyberspace. Today there is something called the Big Data, which is an intangible cloud stored in the air and available to everyone in the world. This can generate big problems since private data (whether personal data, protected data, data managed by administrations) is the engine of the 21st century. Our data is very valuable for all companies. The dependence on technology, both in ports and on marine vessels, is increasing. Crew numbers are decreasing as computer systems are used for navigation, rapid unloading, handling and tracking of goods in ports.

Unfortunately, these systems are also very vulnerable to cyber threats. Each hack can cost ship owner's millions of dollars, and in some circumstances could even ruin the national economy. Researchers have discovered security holes in key ship technologies: in GPS, the marine Automatic Identification System (AIS), and the Electronic Chart Display and Information System (ECDIS). Another problem is that if there is a vulnerable device on board, most of the crew is not prepared to deal with such a situation. For example, hacking a GPS could send the boat on a different route and still have it appear on its correct route. This could lead to a collision and a delay in the delivery of the goods.

#### 4.10. Legal

Data logging: From a legal point of view, this is where more work and shape should be done since the use of AIS (Automatic Identification System) and RFID technologies requires the automated registration of personal data in some applications. All such data transmission should be encrypted and regulated, otherwise the privacy of, for example, crew members would be exposed. Privacy and data protection restrictions should therefore be reviewed and reliable and political framework conditions should be re-established, especially in the course of digitization and automation in the maritime logistics chain, so that seaports can continue to function as logistics centres.

Disparity in legislation and scope: Inconsistency in national and regional rules and regulations related to policies cannot help to broaden the initiatives of intelligent cities. The use of "big data" and the massive use of data has legal implications that are controlled by the different administrations of each country, community or region. Changes in legislation, regulations, privacy laws, the impossibility of storing personal data and future changes in legislation may mean that this digital transformation may not be as useful as previously thought. In the end, the usefulness of this digitalization will be mainly conditioned by the country that places the greatest restrictions on the storage and use of this data. There is no point in ports and ships having a lot of information if its use is not allowed in the country of destination.

#### 5. Conclusion

Currently, Spanish ports are in a medium to high position of digitalization, and continue to update and innovate, to be increasingly competitive in this market. In spite of this, there is still a long way to go in digitalization. Amongst the road still to be travelled is the immediate conversion to digital, intelligent and green ports. It optimizes existing infrastructures with capacity bonuses thanks to intelligent space management and, to this end, integrate technologies such as the cloud, big data or sensorization, which have already been mentioned. In this way, and working together with the port community, ports must promote the creation of more efficient logistics platforms. So they must encourage coordination and communication between the different actors in the logistics-port field. The mere existence of this technological offer does not in itself guarantee that a community will be "smarter". The experience of various port communities at both the national and international level shows that the result or impact produced by the introduction of these technological changes is not homogeneous. Technology matters a great deal, but the key factor in the success stories is intelligent governance, or what they now call "smart governance".

Again, it is clear that technology alone is not useful to achieve Smart Ports/Ports 4.0., it needs to be used in an integrated, open and joint manner by all actors in the port community.

Based on most of the current processes, the change introduced by Blockchain must be gradual and progressive. Being aware of the benefits that the referred technology can bring to the port and logistic communities, demanding strategies where more cooperation and information is shared, we have to be aware that this change is not going to be easy since it has to be accompanied by a cultural and social change.

Unlike the traditional model based on a government (Port Authority) that defines the environment of the activities carried out by all port operators, intelligent governance should be characterized by:

- Decentralization. Abandoning the model of a large administration by displacing the leading role in decision-making to the set of actors integrated in an electronic administration and hyperconnected
- Participation. Relations with the administration must be fluid, fast and interactive.
- Transparency. Through open data platforms make available to all members of the community information and data.
- Efficiency. Horizontal communication and availability of information is the basis for better management and anticipates and allows for rapid resolution of potential inefficiencies.
- Sustainability. Enhance the role that new technologies can play in intelligent energy management, environmental protection, waste disposal, ...
- Innovation. The promotion of the entrepreneurial ecosystem, the interaction with universities and research centres and the stimulation of R&D projects must be the axes of this new governance
- Collaboration. Both at the level between administrations and between companies and public-private partnerships.
- Security. To guarantee not only physical security but also the protection of data and information affecting privacy.

There are still growth opportunities in the concept of the logistics network, which requires if or if a change in the governance model. The public sector must make the bureaucracy. It is part of the logistics network with its institutions, more flexible. Another situation that must be improved is the integration of the network for small transporters, because if what is sought is maximum efficiency of the network as an integral system. It is necessary that all the actors "connect" to the network, many of which are SMEs, which eventually requires them to make important investments. However, to participate in an increasingly interconnected sector this becomes imperative, there the State must play the role of promoting the integration of these small actors in the logistics network, in addition to encouraging the generation of innovation.

The main benefit of smart port transformation is to join a larger network of equally digitized sites, i.e. a network of smart ports, which can be connected together to form an integrated network of systems, all working in unison to interchange data and improve the efficiency of their collective operations. This will form a system of port community and will be key for exchanging data from one point to another, and where the benefits of advanced technological solutions such as IoT, AI, blockchain, etc. can be obtained. Connecting one port community system with another, which is what will form the basis of a global logistics chain, i.e. an Intelligent Port Network, which optimizes transport modes and allows all participants to benefit from lower costs and faster delivery speeds, which will increase competitiveness and drive farther innovation.

Spanish ports, through their Port Authorities, have launched to a lesser or greater extent to implement in their strategic plans and annual business plans the relevant objectives related to port digitalization. Each one starting from very different positions and that there is a unification of criteria and a common calendar. Every Port Authority, given the growing importance of digitization to become more competitive, in addition to having business plans, strategic plans, etc., should have an innovation plan based on a very long-term planned model.

The objective to achieve will be to digitalize the whole environment, generating changes and improvements in the automation of processes. Moreover, it will be speeding up transactions and procedures with reliability and traceability, connecting all the actors in the logistics chain, making use of applications and solutions based on technologies such as big data, automatons, drones, artificial intelligence as well as the use of the internet of things.

Therefore, a possible step to follow would be to have an innovation plan in each port authority:

- That has a strong technological base.
- That respects the principles of sustainability (economic, social and environmental).
- That it takes into account internal and external sources, counting on the whole community of the Port, being totally collaborative.
- That it takes into account the current and future demand, as well as being aligned with the strategy established in each port.

In most of the port authorities, or at least in the medium and small ones, there is a wide development field in the transformation towards smart ports. I believe that technologies could be implemented at a reasonable cost to improve the port-city relationship by introducing information panels, moving towards intelligent lighting systems, sustainable mobility, or digitalised signage systems, all of which are energies efficient and based on renewable energies.

Equally significantly, environmental data collection or access control, alarm alert management or environmental quality sensing should be improved by integrating intelligent counting data, sensor grids or video image management. For access management, licence plate readers or people/vehicle counters, when they become widespread, will improve security in port areas and speed up entry and exit at controls.

## References

- Acciaro, M., Renken, K., & El Khadiri, N. (2020). *Technological Change and Logistics Development in European Ports*. In *European Port Cities in Transition*, 73-88). Springer, Cham.
- Ahokas, J., Kuiski, T., Malmsten, J. and Ojala, L. M. (2017). Cybersecurity in ports: a conceptual approach. In *Digitalization in Supply Chain Management and Logistics: Smart and Digital Solutions for an Industry 4.0 Environment*. Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL), 23, 343-359. Berlin: epubli GmbH.

- Arguedas, V. F., Pallotta, G. and Vespe, M. (2017). Maritime Traffic Networks: From historical positioning data to unsuper-vised maritime traffic monitoring. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 19(3), 722-732.
- Bierwirth, C., Kirschstein, T. and Sackmann, D. (2019). *Logistics Management*. Cham: Springer International Publishing (Lecture Notes in Logistics).
- Bilal, M., Kumar, A., Cianca, E. and Lindgren, P. (2018). *Improving Port Operations through the Application of Robotics and Automation within the Framework of Shipping 4.0*. In International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications.
- Birtchnell, T. (2016). The missing mobility: friction and freedom in the movement and digitization of cargo. *Applied Mobilities*, 1(1), 85-101.
- Brouer, B. D., Karsten, C. V. and Pisinger, D. (2016). *Big data optimization in maritime logistics*. In Big data optimization: Recent developments and challenges, 319-344. Springer, Cham.
- Cervantes, J. G., Jerez, A. R., Fierro, Á., Ocaña, P., & Rivero, A. (2013). Plataforma tecnológica para la mejora de la sostenibilidad, la medición y la relación con el entorno en territorios. *Escenarios: empresa y territorio*, 2(2), 17-36.
- Cimino MG, Palumbo F, Vaglini G, Ferro E, Celandroni N, La Rosa D. (2016). Evaluating the impact of smart technologies on harbor's logistics via BPMN modeling and simulation. *Information Technology Management*. <https://doi.org/10.1007/s10799-016-0266-4>.
- Cómo se digitalizan los puertos?; (2017),Retreived from [https://cronicaglobal.elespanol.com/business/digitalizacion-puertos\\_73383\\_102.html](https://cronicaglobal.elespanol.com/business/digitalizacion-puertos_73383_102.html).
- Davarzani, H., Fahimnia, B., Bell, M. and Sarkis, J. (2016). Greening ports and maritime logistics: A review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 48, 473-487.
- Deloitte Port Services. (2017). Smart ports point of view. Retreived from <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/energy-resources/deloitte-nl-er-port-services-smart-ports.pdf>.
- Ducruet, C. (2016). Port regions and globalization. In *Ports in Proximity* (pp. 67-80). Routledge
- Durán, C. A., Córdova, F. M. and Palominos, F. (2019). A conceptual model for a cyber-social-technological-cognitive smart medium-size port. *Procedia Computer Science*, 162, 94-101.
- Fruth, M. and Teuteberg, F. (2017). Digitization in maritime logistics—What is there and what is missing?. *Cogent Business and Management*, 4(1), 1411066.
- González, A. R., González-Cancelas, N., Serrano, B. M. and Orive, A. C. (2020). Smart ports: ranking of Spanish port system. *World Scientific News*, 144, 1-12.
- González-Cancelas, N., Molina Serrano, B., Esteban-Infantes, M., Soler-Flores, F. and Camarero Orive, A. (2019). Escenario de digitalización para el Sistema Portuario Español. *Revista Transporte y Territorio* /22 (2020) ISSN 1852-7175, 259-280. <http://dx.doi.org/10.34096/rtt.i22.6398>.
- González-Cancelas, N., Molina Serrano, B. and Soler-Flores, F. (2019). Seaport sustainable: use of artificial intelligence to evaluate liquid natural gas utilization in short sea shipping. *Transportation Journal*, 58(3), 197-221.
- González-Cancelas, N., Molina Serrano, B., Soler-Flores, F. and Camarero Orive, A. (2020). SWOT methodology to know the scope of the digitalization of the Spanish ports, *Logistics*, 4, 9; <https://doi.org/10.3390/logistics4020009>
- Haleem, A. and Javaid, M. (2019). Additive manufacturing applications in industry 4.0: a review. *Journal of Industrial Integration and Management*, 4(04), 1930001.
- Haralambides, H. (2017). Globalization, public sector reform, and the role of ports in international supply chains.
- Heilig, L., Lalla-Ruiz, E. and Voß, S. (2017). Digital transformation in maritime ports: analysis and a game theoretic framework. *Netnomics: Economic research and electronic networking*, 18(2-3), 227-254.
- Heilig, L., Schwarze, S. and Voß, S. (2017). *An analysis of digital transformation in the history and future of modern ports*. Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences. Waikoloa Village, Hawaii.
- Heilig, L., Stahlbock, R. and Voß, S. (2019). From Digitalization to Data-Driven Decision-making in Container Terminals. arXiv preprint arXiv:1904.13251.
- Heilig, L., and Voß, S. (2017a). Information systems in seaports: a categorization and overview. *Information Technology and Management*, 18(3), 179-201.
- Heilig, L., and Voß, S. (2017b). Status quo and innovative approaches for maritime logistics in the age of digitalization: a guest editors' introduction. *Information Technology and Management*, 18, 175-177.
- Jovic, M., Kavran, N., Aksentijevic, S. and Tijan, E. (2019). *The Transition of Croatian Seaports into Smart Ports*, 2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), Opatija, Croatia, 1386-1390, <http://doi.org/10.23919/MIPRO.2019.8757111>.

- Kersten, W., Blecker, T. and Ringle, C. M. (2017). Digitalization in Supply Chain Management and Logistics: Smart and Digital Solutions for an Industry 4.0 Environment2. Berlin: epubli GmbH.
- Lee, H., Aydın, N., Choi, Y., Lekhavat, S. and Irani, Z. (2018). A decision support system for vessel speed decision in maritime logistics using weather archive big data. *Computers & Operations Research*, 98, 330-342.
- Marques, B., Santos, B. S., Araújo, T., Martins, N. C., Alves, J., and Dias, P. (2019, July). *Situated visualization in the decision process through augmented reality*. In 2019 23rd International Conference Information Visualisation (IV), 13-18. IEEE.
- Mu, L., Wang, L. and Wang, M. 2020. "Information Engineering for Ports and Marine Environments.
- Orive, A. C., Santiago, J. I. P., Corral, M. M. E. I. and González-Cancelas, N. (2020). Strategic Analysis of the Automation of Container Port Terminals through BOT (Business Observation Tool). *Logistics*, 4(1), 3.
- Panayides PM, Song DW. (2013). Maritime logistics as an emerging discipline. *Maritime Policy Management*, 40(3), 295-308.
- Philipp, R., Gerlitz, L. and Moldabekova, A. (2019). Small and Medium-Sized Seaports on the Digital Track: Tracing Digitalisation across the South Baltic Region by Innovative Auditing Procedures. In International Conference on Reliability and Statistics in Transportation and Communication, 351-362. Springer, Cham.
- Pournader, M., Shi, Y., Seuring, S. and Koh, S. L. (2019). Blockchain applications in supply chains, transport and logistics: a systematic review of the literature. *International Journal of Production Research*, 1-19.
- Rodrigo González , A., González-Cancelas, N., Molina Serrano, B. and Camarero Orive, A. (2020). Preparation of a smart port indicator and calculation of a ranking for the Spanish Port System, *Logistics*, 4, 9; <https://doi.org/10.3390/logistics4020009>.
- Rojas Galindo, A. I. (2018). Emprendimiento Portal Digital de Precios de Logística de Carga.
- Sánchez, R. and Barleta, E. (2018). Reflexiones sobre el futuro de los puertos de contenedores por el nuevo comportamiento de la contenedorización.
- Sánchez, R. and Mouftier, L. (2016). Reflexiones sobre el futuro de los puertos: del estrés actual al cambio y la innovación del futuro.
- Sánchez, R., Palma Barleta, E. and Mouftier, L. (2017). Reflexiones sobre el futuro de los puertos de contenedores.
- Sánchez-Cambronero, A., González-Cancelas, N. and Serrano, B. M. (2020). Analysis of port sustainability using the PPSC methodology (PESTEL, Porter, SWOT, CAME). *World Scientific News*, 146, 121-138.
- Santos Martín, A.E., González-Cancelas, N., Molina Serrano, B. and Soler-Flores, F. (2020). Towards the sustainability of the Spanish Port System through the Business Observation Tool. *Maritime Engineering*, Volume 171, Issue 4, pp. 135-144, January, 2109. <https://doi.org/10.1680/jmaen.2017.19>.
- Zaman, I., Pazouki, K., Norman, R., Younessi, S. and Coleman, S. (2017). Challenges and opportunities of big data analytics for upcoming regulations and future transformation of the shipping industry. *Procedia engineering*, 194, 537-544.



## Dökme Yük Gemilerinde Güç Kalitesi Problemlerinin Simulink ile Modellenmesi

İsmail Nuri BERTİZLİOĞLU<sup>a(\*)</sup> Seçil GÜLMEZ<sup>b</sup>

### Yayın Geliş Tarihi

02 Haziran 2020

### Yayına Kabul Tarihi

26 Ağustos 2020

### Elektronik Yayın Tarihi

02 Kasım 2020

### Araştırma Makalesi

### Anahtar Kelimeler

Elektrik güç kalitesi

Dökme yük gemisi

Gemi elektrik sistemleri

Simulink

### Öz

Gemi elektrik sistemlerindeki güç kalitesi kavramı, elektronik kontrol sistemlerinin ve elektrik tahrik sistemlerinin kullanımının yaygınlaşmasıyla daha önemli hale gelmiştir. Düşük güç kalitesi geminin elektrik şebekesi performansı ile beraber enerjinin verimli kullanımını, seyir güvenliğini ve denizde can güvenliğini etkilemektedir. Bu çalışmada, elektrik güç kalitesi kavramı ve elektrik sistemindeki problemlerden kaynaklanabilecek önemli güç kalite bozuklukları yöntem olarak yaşanmış bir yolcu gemisi kazası göz önünde bulundurularak incelenmiştir. Bu gemi kazası MATLAB/Simulink programı aracılığıyla modellenerek sinüzoidal dalgaların olması gerekenden ne kadar saptığı güç kalitesi bozuklukları olarak ortaya konulmuş ve gemilerdeki elektrik güç kalite kavramının öneminin vurgulanması amaçlanmıştır. Yolcu gemisinde harmonik güç bozukluğunun önlenmesine yönelik tesis edilen harmonik filtrelerin patlaması sonucu sistem çökmesiyle (blackout) sonuçlanan kaza sırasında harmonik filtrelerin devre dışı kalma durumu kurgusal olarak bir dökme yük gemisine uyarlanarak, harmonik filtreli ve filtresiz durumlar analiz edilmiştir. Ayrıca, filtredeki kondansatörlerin terminallerinin kısa devre olmasıyla yaşanmış olması muhtemel gerilim yükselmesi ve düşmesi olayları incelenmiştir. Bu çalışmayla beraber, gemi elektrik sistemlerinde güç kalitesini temin etmeye yönelik ekipmanların önemi incelenmiş, oluşacak muhtemel arızaların gemi kazalarına sebep olabileceği sonucuna varılmıştır.

## Modeling of Electric Power Quality Problems in Bulk Carriers with Simulink

### Article Submitted

02 June 2020

### Article Accepted

26 August 2020

### Available Online

02 November 2020

### Research Article

### Keywords

Electric power quality


Bulk carrier

Ship electrical system

Simulink

### Abstract

The concept of power quality in ship electrical systems has become more important with the widespread use of electronic control systems and electrical drive systems. The low power quality affects the ship's electrical network performance, as well as the efficient use of energy, cruise safety and life safety at sea. In this study, the concept of electrical power quality and important power quality disorders that may arise from problems in the electrical system are examined by considering a passenger ship accident experienced as a method. This accident is modeled through the MATLAB / Simulink program to show how much sinusoidal waves deviate from what they should have been presented as power quality disturbances and it is aimed to emphasize the importance of the concept of electric power quality on ships. During the accident that resulted from the blackout of the harmonic filters installed on the passenger ship to prevent harmonic power disturbance, the disability of the harmonic filters is adapted fictionally to a bulk carrier and the harmonic filtered and unfiltered conditions are analyzed. In addition, the voltage swells and sag events that are likely to have occurred due to the short circuits of the capacitors in the filter have been examined. With this study, the importance of the equipment for ensuring power quality in ship electrical systems has been examined and it has been inferred that possible failures in this equipment may cause ship accidents.

<sup>a</sup>  İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, Türkiye.

<sup>(\*)</sup> Sorumlu Yazar /Corresponding Author : İsmail Nuri BERTİZLİOĞLU, [ismail.bertizlioglu@gmail.com](mailto:ismail.bertizlioglu@gmail.com).

<sup>b</sup>  İskenderun Teknik Üniversitesi, Barbaros Hayrettin Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Hatay, Türkiye.  
[secel.gulmez@iste.edu.tr](mailto:secel.gulmez@iste.edu.tr).



## 1. Giriş

Gemilerin inşa ve operasyon süreçlerinde önemli parametrelerden olan elektrik, nitelik ve niceliğinin uygunluğu anlamında literatürde elektrik güç kalitesi adı altında incelenmektedir. Literatürde “gerilim kalitesi”, “güç kaynak kalitesi” veya “temiz güç” olarak ifade edilen bu kavram, kabul edilemeyecek seviyede distürbans (bozukluk) içermeyen güç anlamına gelmektedir (Tulsky, Vanin, Tolba, Sharova ve Diab, 2016).

Bu çalışmada, bir yolcu gemisinde güç kalitesi bozuklarından olan harmonik bozukluğu gidermeye yönelik tesis edilen pasif filtrenin patlaması sonucu meydana gelen kaza, elektrik tahrikli olarak tasarlanan bir dökme yük gemisi üzerinde MATLAB/Simulink programı aracılığıyla modellenerek incelenmiştir. Çalışmanın amacı, yaşanmış bu gemi kazasında sinüzoidal dalgaların olması gerekenden ne kadar saptığını güç kalitesi bozuklukları olarak ortaya koymak ve gemilerdeki elektrik güç kalite kavramının önemini vurgulamaktır.

Gemi elektrik sistemi hem AC hem de DC gerilimlerde çalışan birçok kısımdan oluşmaktadır. Bu karmaşık sistemi oluşturan birçok cihaz için gerilim ve frekans değişimi yapıldığından güç kalitesinde farklı türde hatalar ortaya çıkabilmektedir. Önemli güç kalite bozukluklarından olan harmonik bozukluk, gerilim ve akımın temel frekansın katlarındaki bileşenleridir. İnvörtörler, AC/DC dönüştürücüler, ark fırınları ve transformatörler gibi lineer olmayan cihazların kullanıldığı sistemlerde harmonik bozukluk görülebilmektedir. Çalışmamıza konu olan gemideki en belirgin harmonik bozukluk kaynağı, elektrik tahrik motorlarını kontrol etmeye yarayan gerilim kaynağı invertördür.

Çalışmanın literatür araştırması kısmında, şimdiye kadar gemilerde güç kalitesi konusuyla ilgili yapılan çalışmalar ortaya konularak, bu çalışmanın literatüre olan katkısı anlatılmıştır. Çalışmanın yöntem kısmında, harmonik yük bozukluğunu gidermek için dökme yük gemisinde tesis edilen pasif filtre kapasitesinin nasıl hesaplanacağı belirtilmiş, model ve hesaplamalar kısmında ise ilgili yöntemle göre hesaplanan filtrenin patlaması sonucu devre dışı kalmasıyla meydana gelmiş olması muhtemel olan yüksek harmonik dağılım, gerilim yükselmesi ve gerilim düşmesi olayları simüle edilmiştir. Yapılan simülasyonda konvensiyonel dizel-motor tahrik sistemine sahip M/V Fellowship gemisinin elektrik tahrikli motorlarla yol aldığı varsayılmıştır. M/V Fellowship gemi elektrik sisteminin test edilebilmesi için harmonik filtre kondansatörlerinin patlaması sonucu elektrik sistem çökmesi olayına maruz kalan Queen Mary 2 gemisindeki girdiler simülasyon modeline dahil edilmiş ve simülasyon modelinin davranışı incelenmiştir.

Bu çalışmayla beraber, 2013 yılında Dünya Denizcilik Örgütü (World Maritime Organization-IMO) ve Denizlerin Gemilerden Kirlenmesini Önleme Uluslararası Sözleşmesi (Maritime Pollution-MARPOL) tarafından, yeni inşa edilen gemiler için Enerji Verimliliği Tasarım İndeksi (Energy Efficiency Design Index-EEDI), mevcut gemiler için ise Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı (Ship Energy Efficiency Management Plan-SEEMP) kuralları kapsamında yayınlanan belgelerdeki enerji verimliliği hesabına, elektrik güç kalitesi için alınması gereken tedbirler ortaya konularak katkı sağlanmıştır.

## 2. Literatür Araştırması

Literatürde gemilerde güç kalitesi ve güç kalite bozukluklarıyla ilgili olan çeşitli yayınlar bulunmaktadır. Bu yayınlarda genel olarak elektrik güç kalitesi kavramı, elektrik güç kalitesi bozukluğuna yol açan ekipmanlar ve elektrik güç kalite bozukluğunun gemide yarattığı sonuçlar işlenmiştir. Mindykowski, Szmít ve Tarasiuk (2004), tümleşik karasal elektrik sistemleri ile gemi elektrik sistemlerinin farkını ortaya koymayı amaçlayarak, gemi elektrik sistemlerinin karasal sistemlere göre yüksek tüketim/üretim oranına ve jeneratörün yüksek kısa devre empedansına sahip olması sebebiyle elektromanyetik bozulmalardan daha çok etkilenebileceğini ortaya koymuşlardır. Doerry ve Clayton (2005), Amerika Birleşik Devletleri donanmasının elektrik güç kalitesi servisinin sürekliliğine önem vermesine rağmen, servis hizmetlerinin sürekliliği ve takibi için herhangi bir ölçüt geliştirmediğini belirtmişlerdir. Bu kapsamda çalışmalarının amacının servis kalitesi (Quality of Service-QOS) adı verilen ve gemideki önemli elektrik üreticilerinin/tüketicilerinin servis/bakım kalitesini takipte kullanılan bir sistemin faal hale getirilmesi olduğunu ortaya koymuşlardır. Xu, He ve Zheng (2006), son yıllarda gemi şebekelerinde elektrik güç kalitesinin bozulmasının nedenlerini tartışırken, güç kalitesinin geminin ekonomik çalışması ve seyir sistemlerinin güvenilirliği için iyileştirilmesi gerektiğini vurgulamayı amaçlamışlardır. Kanellos, Perros ve Sofra (2008), güç kaynağı kalitesinin gemi elektrik sistemleri için önemli bir problem haline geldiğini belirterek, güç kalitesi bozukluklarının nedenlerine, çeşitlerine ve sonuçlarına değinmişlerdir. Ayrıca gemilerdeki ve karadaki elektrik sistemlerinin farklarını ortaya koymayı amaçlamışlardır. Su ve Hong (2015), pompaların, üfleyici ve fanların, ısıtma, havalandırma ve klimaların gemilerde arttığını, bu cihazların doğrusal olmayan yapılarından dolayı harmoniklere yol açtığını ve bu harmonikleri

azaltmak amaçlı pasif filtre kullanıldığını belirtmişler, enerji verimliliğini başarma konusundaki uluslararası mevzuatlar doğrultusunda filtre kullanımının gerekliliğini vurgulamayı amaçlamışlardır. Barros ve Diego (2016) önemli güç kalite bozukluklarını açıklayarak elektrik güç kalitesinin gemi elektrik şebekelerinde önemli bir konu olduğunu ve düşük güç kalitesinin gemilerde seyir gibi kritik sistemleri etkilediğini belirterek bu durumun gemi üzerindeki etkilerini araştırmayı amaçlamışlardır. Prousalidis, Styvaktakis, Hatzilau ve Mindykowski (2017), gemilerdeki elektrik güç sistemlerinin günümüzdeki ve gelecekteki güç kalitesi problemlerini anlatarak güç kalitesinin değerlendirme süreci, karşılaşılan zorluklar ve alınan önlemler üzerinde durmuşlardır. Gemi kazalarının önlenmesi amacıyla güç kalitesinin iyileştirilmesine yönelik gerekli koşulları teknolojik çözümler ve personel yeterliliği olarak 2 ayrı kategoride incelemişlerdir. Jayasinghe, G., Meegahapola, L., Fernando, N., Jin, Z. ve Guerrero, J., (2017), gemi mikro elektrik şebekelerinin özellikle elektronik ara yüzlü yükler ve kaynakların yoğun şekilde kullanılması nedeniyle son zamanlarda yoğun ilgi gördüklerini ve elektrik tahrik motoru gibi büyük dinamik yüklerin yer aldıkları şebekelerde güç kalite konusunun önemli hale geldiğini ortaya koyarak çalışmalarında güç kalitesinin iyileştirilmesine yönelik yeni yöntemleri araştırmayı amaçlamışlardır. Kumar ve Zare (2019), son yıllarda hem karada hem de denizde verimliliğin ön planda olduğu sistemlerin tercih edilmesiyle elektrikli motorların, güç dönüştürücülerinin ve güç kalitesinin önemli hale geldiğini anlatarak farklı gemi elektrik sistemlerinde dikkate alınması gereken güç kalite bozukluklarını araştırmayı amaçlamışlardır. Djarov, Grozdev, Bonev, Tsvetanov, Enchev, Varbev, Predoi ve Djarova, (2019), gemi güç sistemlerinin sınırlı kapasitede olduğunu ve bu sistemlerdeki elektrik tahrik motoru gibi yüksek tüketicilerin güç kalitesini bozabildiğini belirtip, gemideki güç üretici ve tüketicilerini matematiksel olarak modelleyip güç kalitesini incelemişlerdir. Literatürden elde edilen çalışmalarda gemilerde güç kalitesi problemlerine ve onların çözümlerine dair kullanılan yöntemlere geniş yer verildiği görülmüştür. Ancak dökme yük gemilerinin elektrik sistemi ve güç kalitesi bozukluğundan kaynaklı bir gemi kazasının incelenmesine yönelik çalışmaların sınırlı olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma son yıllarda giderek yaygınlaşan elektrikli tahrik sisteminin dökme yük gemilerinde de uygulanması bakımından literatürdeki ilk çalışmalarından birisi olmuştur.

### 3. Yöntem

Bu çalışmada, gemilerde elektrik güç kalitesi kavramını açıklayabilmek için yöntem olarak gemi kaza raporlarından detaylı bilgilerine ulaşılan bir gemi kazası, MATLAB/Simulink programıyla benzetim ve modelleme yapılmak suretiyle simule edilmiş ve sonuçları değerlendirilmiştir. Gemi kaza raporundan edilen bilgilere göre, kaza 23 Eylül 2010 tarihinde, Queen Mary 2 (QM2) adlı yolcu gemisi Southampton'dan Barcelona'ya giderken meydana gelmiştir. Bu kaza neticesinde gemide elektrik sistem çökmesi gerçekleşmiş, tüm tahrik motorları durmuş ve acil durum jeneratörleri devreye girmiştir (MAIB, 2011).

Simülasyon kısmında, konvensiyonel dizel motorla yol alan bir dökme yük gemisinin düşük emisyonlu olması ve enerji verimliliği nedeniyle son yıllarda giderek yaygınlaşan elektrikli tahrik sistemiyle seyir ettiği varsayılarak, QM2 gemisinde meydana gelen kaza sırasındaki muhtemel güç bozuklukları simule edilmiştir. Yeni tasarlanan dökme yük gemisinde dizel motorla tahrik bulunmadığından, elektrik projeleri incelenen ve toplam yük hesabı yapılan dökme yük gemisindeki ana makine ile ilgili, deniz suyu soğutma pompası, ceket suyu sirkülasyon pompası, fuel oil besleme pompası, kazan besleme suyu pompası, ana makine blower, ana makine silindir yağı pompası ve yağlama yağı pompasının güçleri toplam yük hesabına katılmamıştır. MATLAB programının simülasyon modunda, anabarıdan ölçülen gerilim ve akım değerleri, hızlı fourier dönüşümüyle (fast fourier transform-FFT) bileşenlerine ayrılmış ve farklı frekans seviyelerinde sinüzoidal dalgadan ne kadar saptığı harmonikler olarak ortaya konulmuştur. Ayrıca kaza sırasında patlamış kondansatörlerden dolayı meydana gelmiş olduğu varsayılan fazdan faza ve fazdan toprağa kısa devre sonucu oluşan gerilim yükselmesi ve düşmesi olayları da arıza bloğu kullanılarak simüle edilmiştir. Bu çalışmada, elektrik tahrikli olarak tasarlanan dökme yük gemisinin (M/V Fellowship) yol almak için kullandığı tahrik ünitelerinin ve elektrik üretim ünitelerinin kazaya uğrayan yolcu gemisiyle (Queen Mary 2) eşdeğer kapasitede olduğu varsayılarak simülasyonlar yapılmıştır. Elektrik tahrik motorlarının sürücüleri 6 darbeli olarak tasarlanmıştır. Dökme yük gemisindeki harmonik bozukluğu bastırmak için tasarlanacak pasif filtre için aşağıdaki eşitlikler kullanılmaktadır (Wakileh, 2001);

$$Q_c = P. (\tan \Phi_1 - \tan \Phi_2) \quad (3.1)$$

$Q_c$ : Reaktif güç ihtiyacı (MVar)

$P$ : Aktif güç (MW)

$\Phi_1$ : Mevcut güç katsayısının açısı

$\Phi_2$ : İstenilen güç katsayısının açısı

Burada kullanılan olan kondansatörün reaktansı  $X_c$ ;

$$X_c = \frac{kV^2}{Q_c} \quad (3.2)$$

$X_c$ : Kondansatör reaktansı (MVar)

$kV$ : Gerilim (kiloVolt)

$Q_c$ : Reaktif güç ihtiyacı (MVar)

$h_n$  harmoniğini bastırmak için kullanılması gereken reaktör kapasitesi  $X_L$  eşitlik (3.3)'teki gibidir;

$$X_L = \frac{X_c}{h_n^2} \quad (3.3)$$

$X_L$ : Reaktör reaktansı (MVar)

$X_c$ : Kondansatör reaktansı (MVar)

$h_n$ : Harmonik derecesi

Karakteristik reaktans eşitlik (3.4)'e göre hesaplanmaktadır;

$$X_n = \sqrt{X_L \cdot X_c} \quad (3.4)$$

$X_n$  : Karakteristik reaktans

Reaktörün direnci  $R$  ise eşitlik (3.5)'e göre hesaplanmaktadır;

$$R = \frac{X_n}{Q} \quad (3.5)$$

$R$ : Reaktör direnci (Ohm)

$X_n$ : Karakteristik reaktans (MVar)

$Q$ : Kalite faktörü

Filtrenin kapasitesi  $Q_f$  aşağıdaki eşitlik (3.6)'ya göre hesaplanmaktadır;

$$Q_f = \frac{kV^2}{X_c - X_L} = Q_c \cdot \frac{h_n^2}{h_n^2 - 1} \quad (3.6)$$

$Q_f$ : Filtrenin kapasitesi (MVar)

#### 4. Model ve Hesaplamalar

Bu kısımda, kazaya maruz kalan QM2 gemisinin girdileri kullanılarak tasarlanan ve elektrik tahrikle yol aldığı varsayılan dökme yük gemisinin harmonik filtrelili ve harmonik filtresiz çalışma durumundaki harmonik dağılımı ile kaza sırasında meydana gelmiş olması muhtemel olan gerilim yükselmesi ve düşmesi olayları simule edilmiştir.

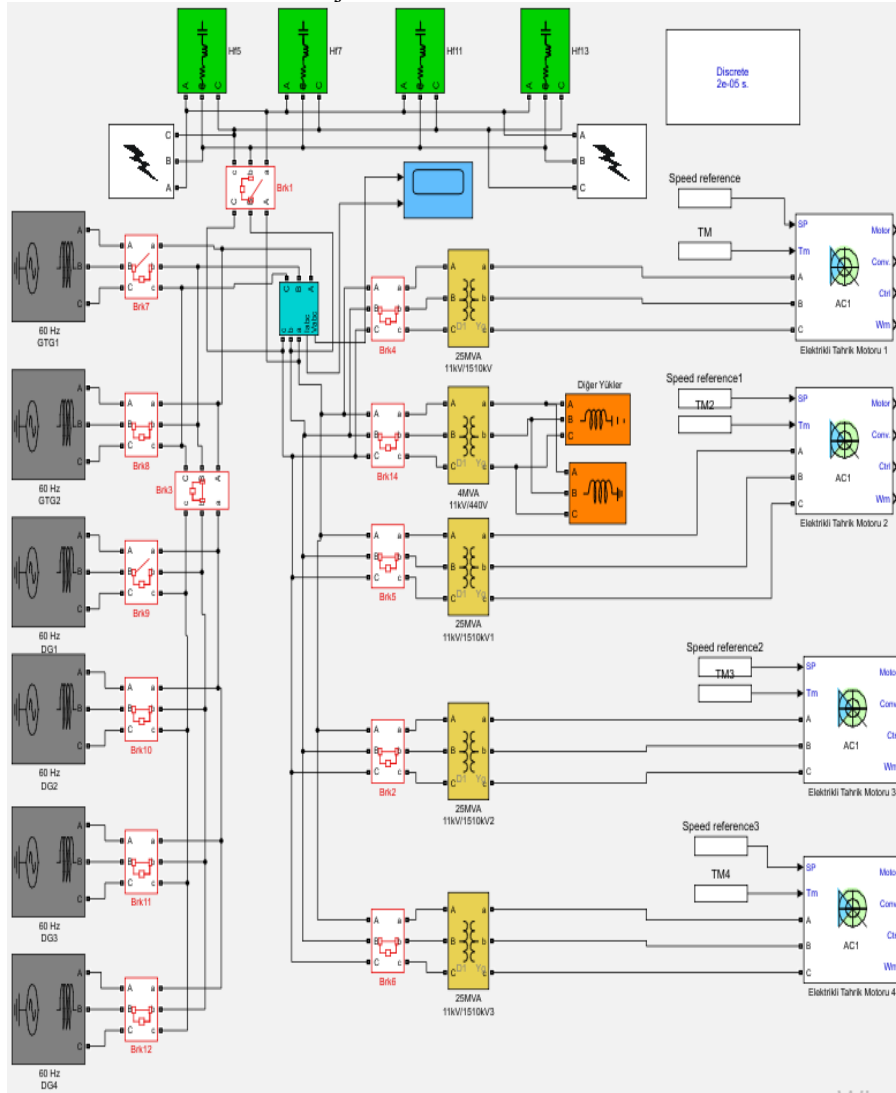
Tasarlanan modelde kullanılan önemli girdi değerleri Tablo 1'de verilmektedir. Diğer yükler değeri, M/V Fellowship gemisindeki panolardaki toplam tüketicilerin eş zamanlılık çalışması da dikkate alınarak hesaplanan yaklaşık değerleridir. Gaz jeneratörü, dizel jeneratörü, tahrik motoru ve trafo1 değerleri QM2 gemisinin verileridir. Trafo 2 değeri ise, dökme yük gemisindeki 440V gerilimdeki tüketicileri beslemek için tasarlanmıştır.

Tablo 1. Gemideki değişkenler

| Değişken Adı                   | Adet | Değeri   |
|--------------------------------|------|----------|
| Gaz Jeneratör (GTG)            | 2    | 25 MW    |
| Dizel Jeneratör (DG)           | 4    | 16,8 MW  |
| Elektrik Tahrik Motoru         | 4    | 21,5 MVA |
| Transformatör1<br>11kV/1.51 kV | 4    | 25 MVA   |
| Transformatör2<br>11kV/0.44 kV | 1    | 4 MVA    |
| Diğer Yükler                   | 2    | 1.5 MVA  |
| Şebeke Frekansı (hz)           | -    | 60       |
| Şebeke Gerilimi                | -    | 11 kV    |

Kaynak: (DSEC,2008; MAIB, 2011)

Şekil 1. Simulink Modeli



Şekil 1'de elektrik tahrik motorlu olarak tasarlanan dökme yük gemisinin elektrik şebekesinin simulink modeli yer almaktadır. Bu simülasyon modeli üzerinde harmonik filtre devrede iken ve harmonik filtre devre dışı iken harmonik bozukluk, gerilim yükselmesi ve gerilim düşmesi güç kalite parametreleri incelenmiştir.

#### 4.1. Harmonik Bozukluk

Bu kısımda tasarlanan simülasyon modelindeki harmonik filtrelerin devre dışı ve devrede olduğu durumlardaki harmonik bozukluğu analiz edilecektir.

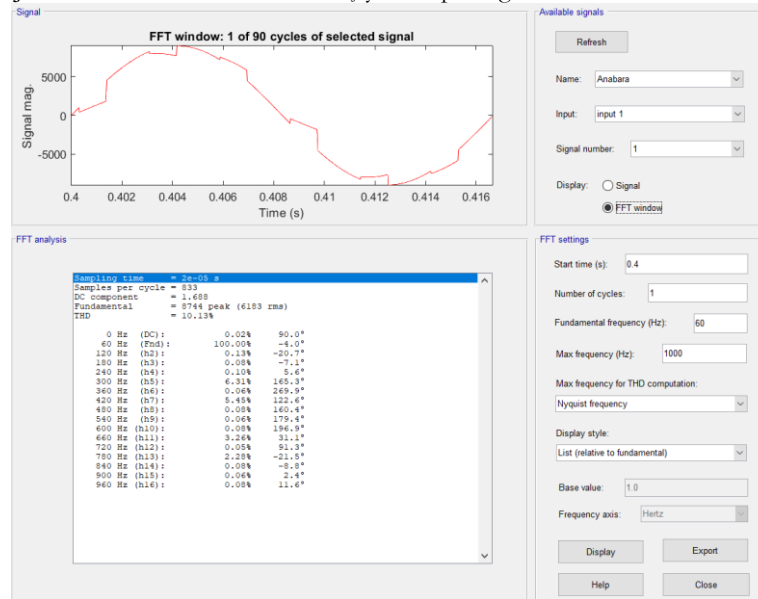
Modelde, öncelikli olarak harmonik filtrelerin devre kesicisi açık konumdayken filtrelerin devre dışı olduğu durum analiz edilmiştir.

**Tablo 2.** Filtresiz harmonik dağılımı

| Harmonik   | %THD  | %h5   | %h7   | %h11 | %h13 |
|------------|-------|-------|-------|------|------|
| Gerilim h. | 10,13 | 6,31  | 5,45  | 3,26 | 2,28 |
| Akım h.    | 20,41 | 16,83 | 10,34 | 3,97 | 2,39 |

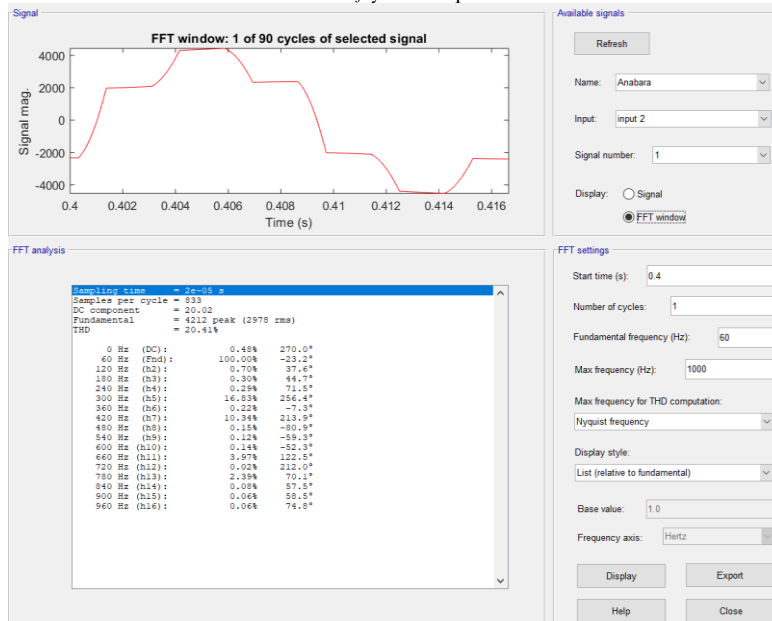
Bu duruma göre elde edilen gerilim ve akım harmonik dağılımı Tablo 2’de görülmektedir.

**Şekil 2.** Harmonik filtre devre dışıyken toplam gerilim harmonik bozulma



Şekil 2, tablo 2’deki gerilime ait Simulink FFT hesaplama çıktısıdır. Dalga bozuk bir sinüzoidal şeklindedir.

**Şekil 3.** Harmonik filtre devre dışıyken toplam akım harmonik bozulması



Şekil 3. ise tablo 2'deki akıma ait Simulink FFT hesaplama çıktısıdır. Dalga bozuk bir sinüzoidal şeklindedir.

Yüksek harmonikli dağılımın düzeltilmesi için, reaktif güç ihtiyacına göre dökme yük gemisine pasif harmonik filtreler yerleştirilmelidir. Filtre kalite faktörü Q değeri 100 olarak seçilmiş olup, harmonik filtresiz güç faktörü  $\Phi_1$  değeri 0,85 olarak kabul edilmiş ve geminin yeni güç faktörü  $\Phi_2$ 'nin 0,95 olması amaçlanmıştır.

Eşitlik 1'e göre hesaplanan reaktif güç ihtiyacı: 14.02 MVar'dır.

**Tablo 3.** Filtre hesabı

|               | h5     | h7     | h11    | h13    |
|---------------|--------|--------|--------|--------|
| $X_L(\Omega)$ | 0,34   | 0,18   | 0,07   | 0,05   |
| $R(\Omega)$   | 0,0171 | 0,0121 | 0,0078 | 0,0066 |
| $Q_f$ (MVar)  | 14,7   | 14,4   | 14,2   | 14,2   |

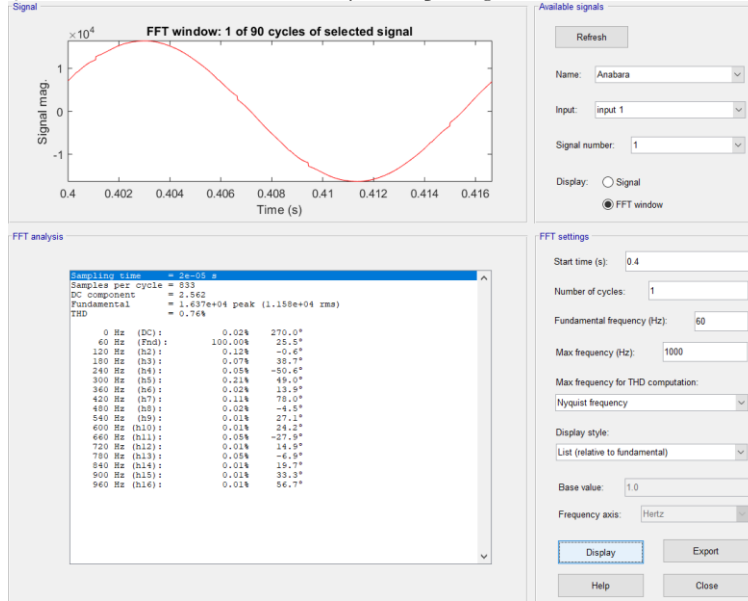
Eşitlik 2'ye göre  $X_c=8,59$  Ohm hesaplandıktan sonra derecelere göre hesaplanan filtre kapasitesi, R ve C değerleri tablo 3'te verilmektedir.

**Tablo 4.** Filtreli durumdaki harmonik dağılım

| Harmonik   | %THD | %h5  | %h7  | %h11 | %h13 |
|------------|------|------|------|------|------|
| Gerilim h. | 0,76 | 0,21 | 0,11 | 0,05 | 0,05 |
| Akım h.    | 0,83 | 0,32 | 0,13 | 0,07 | 0,06 |

Harmonik filtreler devredeyken Simulink simülasyonu ile elde edilen harmonik dağılım tablo 4'te verilmiştir.

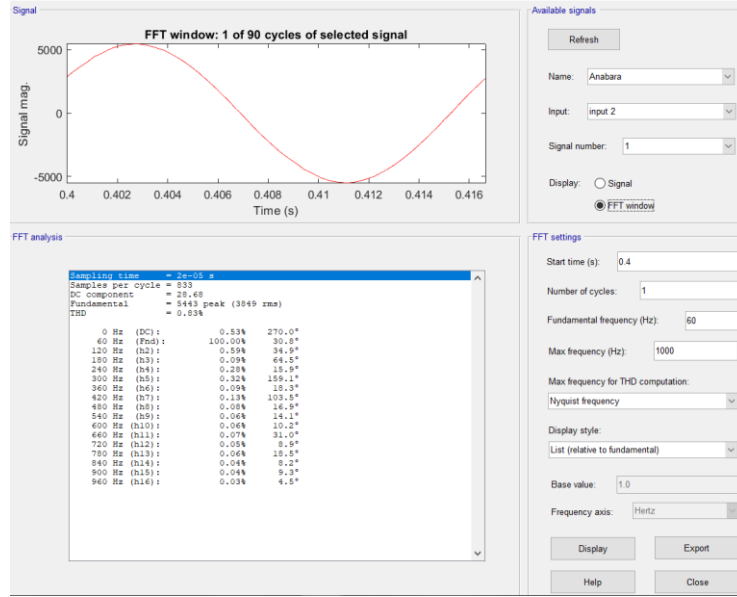
**Şekil 4.** Harmonik filtre devredeyken toplam gerilim harmonik bozulma



Şekil 4, Tablo 4'deki gerilime ait Simulink FFT çıktısıdır. Bu sayfanın üst kısmındaki dalga şekli filtresiz duruma göre sinüsoidal duruma yaklaşmıştır.

Şekil 5, Tablo 4'deki akıma ait Simulink FFT hesaplama çıktısıdır. Bu sayfanın üst kısmındaki dalga şekli filtresiz duruma göre sinüsoidal duruma yaklaşmıştır. Harmonik dağılım gerilim ve akım için ilgili standartlara göre uygun olarak %5'in altındadır (IEEE 2002; IEC,2007; ABS, 2006).

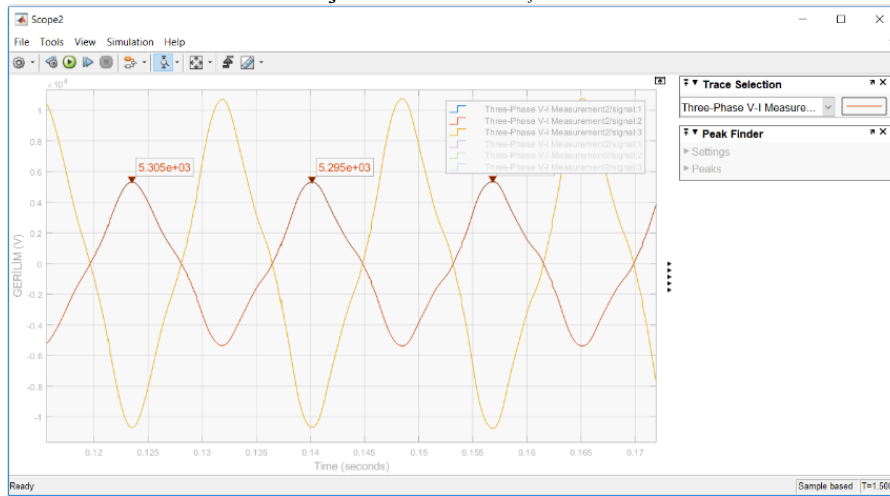
Şekil 5. Harmonik filtre devredeyken toplam akım harmonik bozulma



#### 4.2. Gerilim Düşmesi

Bu kısımda, harmonik filtrelerin patlamasıyla oluşabilecek olan faz-faz kısa devresi sırasında meydana gelebilecek gerilim düşmesi durumu incelenmiştir.

Şekil 6. Gerilim düşmesi



Şekil 6'da Simulink'teki üç faz hata (three phase fault) bloğu kullanılarak 0,1-0,2 saniyeleri arası iki fazın kısa devre olmasıyla gerilim düşmesi meydana gelmiştir.

Tablo 5. Gerilim düşmesi

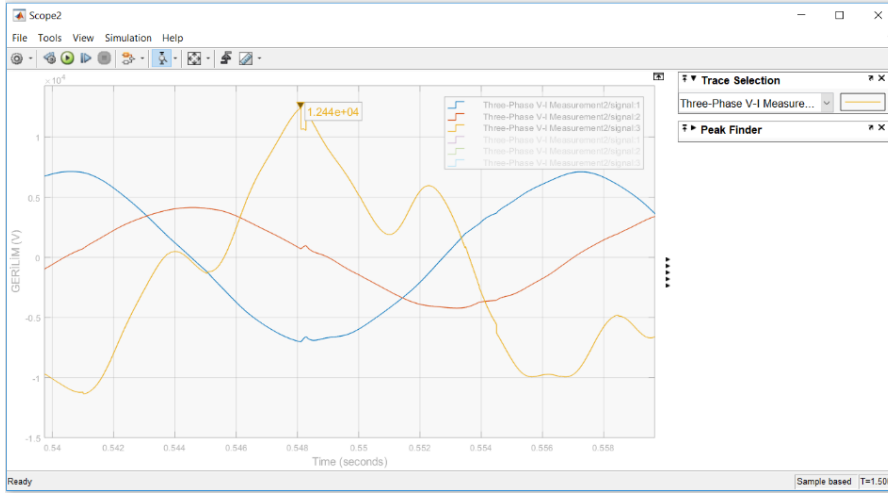
| Gerilim ( $V_{RMS}$ ) | Düşme ( $V_{RMS}$ ) | Düşme Oranı (%) |
|-----------------------|---------------------|-----------------|
| 6812 V                | 3762 V              | 44,7            |

Meydana gelen gerilim düşmesi miktar ve yüzde olarak tablo 5'te verilmiştir. Buna göre gerilimin RMS değeri 6812 V iken %44,7'lik bir düşüşle 3762 V olmuştur.

#### 4.3. Gerilim Yükselmesi

Bu kısımda, harmonik filtrelerin patlamasıyla oluşabilecek olan faz-toprak kısa devresi sırasında meydana gelebilecek gerilim yükselmesi durumu incelenmiştir.

Şekil 7. Gerilim yükselmesi



Şekil 7’de 0,5-0,6. saniyeler arası ise tek fazdan toprağa kısa devre olmasıyla gerilim yükselmesi simule edilmiştir.

Tablo 6. Gerilim yükselmesi

| Gerilim ( $V_{RMS}$ ) | Yükselme ( $V_{RMS}$ ) | Düşme Oranı (%) |
|-----------------------|------------------------|-----------------|
| 6812 V                | 8822                   | 29,5            |

Meydana gelen gerilim yükselmesi miktar ve yüzde olarak tablo 6’da verilmiştir. Buna göre gerilimin RMS değeri 6812 V iken %29,5’lik bir yükselişle 8822 V olmuştur.

## 5. Sonuç

Bu çalışmada, harmonik filtrelerin patlaması sonucu sistem çökmesiyle (blackout) sonuçlanan yolcu gemisi kazası sırasında harmonik filtrelerin devre dışı kalma durumu kurgusal olarak bir dökme yük gemisine uyarlanarak, harmonik filtreli ve filtresiz durumlar ile gerilim düşmesi ve yükselmesi olayları analiz edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, kaza sırasında filtrelerin devre dışı kalmasıyla beklendiği şekilde 6 darbeli sürücülerle sürülen elektrik tahrik motorlarının yer aldığı gemi şebekesi gerilim ve akımında, özellikle 5., 7., 11. ve 13. harmonik seviyelerinde yoğun bozukluk oluşmuştur. Filtrelerin kaza sırasında devre dışı kaldığı durumdaki harmonik dağılım da, kritik cihazlardan oluşan izole bir elektrik sistemi olan dökme yük gemisi elektrik sisteminin harmonik filtresiz olarak güvensiz durumda olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca kazalardan kaynaklı olarak, gerilim düşmesi ve gerilim yükselmesi gibi güç kalite bozuklukları da meydana gelebilmekte ve durum sistem çökmesi olayıyla sonuçlanabilmektedir.

Yüksek harmonik bozulmuş, üretilen elektrik enerjisinin verimli kullanımı hususunda önemli bir engel teşkil etmekle birlikte, farklı güç kalitesi bozukluklarına da yol açabilmektedir. Gemilerde tesis edilen harmonik filtrelerin etkin ve kesintisiz olarak kullanılabilmesi için, filtrelerin belirli periyotlarla bakımı ve bozunuma uğrayan kondansatörlerin değişimi, kapsamlı olarak hazırlanan prosedürler ve talimatlar ile ilgili mürettebatın bu konuda iyi derecede eğitilmesi büyük önem arz etmektedir. Ayrıca harmonik dağılımın çevrimiçi olarak izlenebilmesi ve bu sayede gemi otomasyon sisteminde limitlerin tanımlanıp limit aşımı esnasında otomasyon sisteminin alarm vermesi arızaya derhal müdahale etme imkanı verecektir.

Bu çalışmayla beraber, gemi elektrik sistemlerinde güç kalitesini temin etmeye yönelik ekipmanların önemi ortaya konulmuş, arıza, yangın vb. durumların maddi ve manevi olarak ciddi sonuçlara neden olabilecek kazalara yol açabileceği görülmüştür.

Elektrik güç kalitesi, karasal şebekelerde olduğu gibi gemi elektrik şebekelerinde de her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır. Elektrik sisteminden kaynaklı kazaların önüne geçmek için gemilerin tasarım aşaması, üretim sonrası testleri ve işletme süreçleri boyunca elektrik güç kalitesine dair koruyucu elemanların seçimi titizlikle yapılmalı, takibi yapılmalı ve gereken yatırımlar yapılmalıdır.



Gelecekte, tüm gemi tiplerini kapsayacak şekilde bir gemi sistemini güç kalite bozukluklarının sonuçlarından koruyacak “arıza tahmin edici ve önleyici” sistemlerin anlatıldığı bir çalışmanın hazırlanması faydalı olacaktır.

## Kaynakça

- ABS. (2006). *Control Of Harmonics In Electrical Power Systems*. American Bureau of Shipping. 191.
- Agarwala, N. and Nair, K.. (2014). Aspects and Impact Of Power Quality Onboard Ships. *8th International Conference on capacitors*. Delhi.
- Barros J. and Diego R.I. (2016). A review of measurement and analysis of electric power quality on shipboard power system networks, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 665-672.
- Djagarov, N., Grozdev, Z., Bonev, M., Tsvetanov, D., Enchev, G., Varbev, Predoi, G. and Djagarova, J. (2019), Power Quality Investigation on a Ship's Power System. *International Journal Of Circuits, Systems And Signal Processing*, 13.
- Doerry N. and Clayton D. (2005). Shipboard Electrical Power Quality Of Service. *Naval Engineers Journal*, 119(2), 25-34.
- DSEC. (2008). *Wiring Diagram of Bulk Carrier*. Total Ship Building Engineering and Resourcing Company.
- International Electrotechnical Commission. (2007). *IEC61000-4-7-2007*.
- Jayasinghe, G., Meegahapola, L., Fernando, N., Jin, Z. and Guerrero, J. (2017), Review of Ship Microgrids: System Architectures. Storage Technologies and Power Quality Aspects. *Inventions 2017*. <https://doi.org/10.3390/inventions2010004>.
- Kumar, D. and Zare, F. (2019). A Comprehensive Review of Maritime Microgrids: System Architectures, Energy Efficiency, Power Quality and Regulations. *IEEE Access Journal*, 7.
- MAIB. (2011). *Report on the investigation of the catastrophic failure of a capacitor in the aft harmonic filter room on board RMS Queen Mary 2 while approaching Barcelona 23 September 2010*. Marine Accident Investigation Branch.
- Mindykowski, J. (2017). Power quality on ships: Today and tomorrow's challenges. *EPE 2014*, 1-18, <https://doi.org/10.1109/ICEPE.2014.6969860>.
- Mindykowski, J., Szmít, E. and Tarasiuk, T. (2004). Electric power quality and ship's safety. *Polish Acad. Sci., Branch in Gdańsk Mar. Technol. Trans.*, 15, 351-360.
- Monem, O.A. (2019). Harmonic mitigation for power rectifier using passive filter combination. *IOP Conference Series Materials Science and Engineerin.*, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/610/1/012013>
- Naletina, D. and Perkov, E. (2017). The Economic Importance Of Maritime Shipping With Special Reference On Croatia. *19 th International Scientific Conference on Economic and Social Development*. Melbourne.
- Peydayesh, M. and Baldick, R. (2019). The Effects of Very Fast Response to Frequency Fluctuation. *31st USAEE/LAEE North American Conference*. Austin.
- Prousalidis, J., Styvaktakis, E., Hatzilau, I.K., Kanellos, F., Perros, S. and Sofras, E. (2008). Electric Power Supply Quality in Ship Systems-An Overview. *International Journal of Ocean Systems Management*, 68-83. <https://doi.org/10.1504/IJOSM.2008.017782>.
- Schipman, K. and Delincé, F. (2016). The Importance of Good Power Quality. *ABB Power Quality Products*. Belgium.
- Su, C. and Hong, C. (2013). Design of passive harmonic filters to enhance power quality and energy efficiency in ship power systems. *49th IEEE/IAS Industrial & Commercial Power Systems Technical Conference*. Stone Mountain, GA, 1-8. <https://doi.org/10.1109/ICPS.2013.6547328>.
- Szweda, M. (2009). Dwt Analysis Of Selected Transient And Notching Disturbances. *XIX IMEKO World Congress Fundamental and Applied Metrology*. Lisbon, Portugal, 882-886.
- The Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2002). *IEEE Standard. 45:2002*.
- The Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2002). *IEC 60092-101:2002*.
- UNCTAD. (2018). Review of Marine Transport. Trade And Deveopment Report 2018.
- Wakileh G. (2001). Power Systems Harmonics. Springer Engineering Online Library. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-04343-1>.
- Xu, X., He, M. and . Zheng, H. (2006). Study of Electric Power Quality Improvement in Ship Networks. *2006 1st IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications*. Singapore, 1-6, <https://doi.org/10.1109/ICIEA.2006.257201>.

## Van Gölü Bölgesinde Gerçekleştirilen Multimodal ve Kombine Taşımacılık Uygulamalarının Ekonomik Analizi

Hüseyin DOĞAN<sup>a(\*)</sup> Alpaslan ATEŞ<sup>b</sup>

### Yayın Geliş Tarihi

25 Haziran 2020

### Yayına Kabul Tarihi

15 Ağustos 2020

### Elektronik Yayın Tarihi

02 Kasım 2020

### Araştırma Makalesi

### Anahtar Kelimeler

Multimodal taşımacılık

Kombine taşımacılık

Ekonomik analiz

Taşıma modu seçimi

### Öz

Türkiye sınırları içerisinde gerçekleştirilen yurt içi yük taşımacılığı, karayolu ağırlıklıdır. Diğer taşıma türlerinin kullanımı karayollarına göre oldukça düşük gerçekleşmektedir. Büyük oranda karayolu kullanımı yüksek maliyet ve yakıt tüketimi oluşturmaktadır. Bu olumsuz etkileri minimum seviyeye düşürmek için multimodal ve kombine taşımacılık kullanılmalı ve teşvik edilmelidir. Bu çalışmada Van Gölü'nde gerçekleştirilen multimodal ve kombine taşımacılık kapsamında iç su yolu, denizyolu ve demiryolu taşıma modları incelenerek başta toplam taşıma maliyeti olmak üzere taşıma süresi ve yakıt tüketimi değişkenleri ile karayolu taşıma modu karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırmanın ekonomik açıdan analizi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda örnek olay çalışma ile 3.500 tonluk çimento yükünün, İstanbul'dan farklı taşıma modları kullanılarak Van ilinin İran sınır kapısı olan Kapıköy'e taşınması planlanmıştır. Bu doğrultuda Van Gölü'nde faaliyet gösteren tren ferri hattının bu karşılaştırmaya olan ekonomik etkisinin araştırılması hedeflenmiştir. Ton veya araç başına birim maliyet ve toplam taşıma maliyeti taşıma hizmeti alan müşteriler için formül oluşturulmuş ve kullanılmıştır. Van Gölü ve çevresinde gerçekleştirilen multimodal ve kombine taşımacılığın Türkiye ve birçok ülkenin taşımacılık ağına etkileyici ekonomik avantaja sahip olduğu belirlenmiştir

## Economic Analysis of Multimodal and Combined Transport Applications in the Region of Lake Van

### Article Submitted

25 June 2020

### Article Accepted

15 August 2020

### Available Online

02 November 2020

### Research Article

### Keywords

Multimodal transport

Combined transport

Economic analysis

Transportation mode choice

### Abstract

Domestic freight transport is carried out within the borders of Turkey, it is mainly highway. The use of other types of transportation is rather low compared to highways. To a large extent, highway use creates high costs and fuel consumption. Multimodal and combined transportation should be used and encouraged to minimize these negative effects. In this study, within the scope of multimodal and combined transportation carried out in Van Lake region, the inland waterway, seaway and railway transportation modes are examined and the transportation time, fuel consumption variables and highway transportation mode are compared. The economic analysis of this comparison is aimed. For this purpose, it is planned to transport 3.500 tons of cement load to Kapıköy, which is the Iranian border gate of Van province, by using different modes of transport from Istanbul. In this direction, it is aimed to investigate the economic impact of the train ferry line operating in Van Lake on this comparison. A formula was created and used for customers who received transportation services in unit cost and total transportation cost per ton or vehicle. Van Lake and the surrounding transportation network performed intermodal transport Turkey and many countries were identified as having an impressive economic advantage. Multimodal and combined transportation in Van Lake and its surroundings, transport network in Turkey and many having an impressive economic advantage.

<sup>a</sup>  Bitlis Eren Üniversitesi, Tatvan Meslek Yüksekokulu, , Bitlis, Türkiye.

<sup>(\*)</sup> Sorumlu Yazar / Corresponding Author : Hüseyin DOĞAN, [hdogan@beu.edu.tr](mailto:hdogan@beu.edu.tr).

<sup>b</sup>  İskenderun Teknik Üniversitesi, Barbaros Hayrettin Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Hatay, Türkiye, [alpaslan.ates@iste.edu.tr](mailto:alpaslan.ates@iste.edu.tr).

## 1. Giriş

Türkiye sınırları içinde yapılan yük taşımacılığı karayolu ağırlıklıdır. T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) verilerine göre ülkemizde ulaşım türlerine göre 2019 yılında karayolu yük taşıma oranı %89,2'dir (KGM, 2019). Diğer taşıma türlerinin kullanımı karayollarına göre oldukça düşük oranda gerçekleşmektedir. Baskın oranda yük taşımacılığının yapıldığı kara yolu yük taşımacılığı gelişmiş taşımacılık ağı, kapıdan kapıya aktarmasız ve hızlı taşıma yapılmasına imkân sağlayan avantajlarının yanında yüksek maliyet, trafik sıkışıklığı, trafik kazaları, hava ve gürültü kirliliği gibi sorunlara yol açmaktadır. Bu sorun sadece Türkiye'nin değil birçok ülkenin lojistik hizmetlerinde temel sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yaklaşımla Türkiye başta olmak üzere çoğu Avrupa ülkesinin kendi sınırları içinde gerçekleştirilen yük taşımacılığının hangi taşımacılık modları ile yapıldığına bakıldığında, karayolu taşımacılığı diğer taşıma modlarına göre daha yüksek bir orana sahiptir (European Commission, 2014; 38-41).

**Tablo 1.** Türkiye Sınırları İçerisinde Ulaşım Türlerine Göre Yük Taşımaları  
Ton-Km (Milyon)

| Yıllar | Karayolları |       | Denizyolları |      | Demiryolları |      |
|--------|-------------|-------|--------------|------|--------------|------|
| 2012   | 216.123     | 88,7% | 15.768       | 6,5% | 11.670       | 4,8% |
| 2013   | 224.048     | 88,7% | 17.312       | 6,9% | 11.177       | 4,4% |
| 2014   | 234.492     | 89,5% | 15.572       | 5,9% | 11.992       | 4,6% |
| 2015   | 244.329     | 89,8% | 17.204       | 6,3% | 10.474       | 3,9% |
| 2016   | 253.139     | 90,2% | 15.829       | 5,6% | 11.661       | 4,2% |
| 2017   | 262.739     | 90,0% | 16.463       | 5,6% | 12.794       | 4,4% |
| 2018   | 266.502     | 89,2% | 17.801       | 6,0% | 14.478       | 4,8% |
| 2019   | 267.579     | 89,2% | 17.612       | 5,9% | 14.707       | 4,9% |

**Kaynak:** <https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Yayinlar/YayinPdf/KarayoluUlasimIstatistikleri2019.pdf>

Ülke sınırları içerisinde 2012-2019 yılları arasında ulaşım modlarına göre yük taşımaları incelendiğinde karayollarında kilometre başına ortalama 246.118 milyon ton yük taşındığı, denizyollarında kilometre başına ortalama 16.695 milyon ton yük taşındığı, demir yollarında kilometre başına ortalama 12.369 milyon ton yük taşındığı görülmektedir. Birçok araştırmada farklı taşıma modları, uygun coğrafi koşullar ve durumlar altında ekonomik açıdan analiz edildiğinde, denizyolu ve demiryolu taşımacılık modlarının karayoluna göre daha ekonomik olduğu görülmektedir (Turan ve diğerleri, 2012; 303-309). Buna karşılık denizlerle çevrili olan ülkemizde, 2012-2019 yılları arasında kendi sınırları içerisinde taşınan yüklerin ortalama 6,08% gibi düşük bir oranı denizyolu yük taşımacılığı ile gerçekleşmiştir. Bu oran karayollarında ortalama 89,41% gibi yüksek çıkarken demiryolları ise ortalama 4,50% gibi düşük bir orana sahiptir (KGM, 2019). En yüksek maliyetli taşıma modu olan karayollarının en fazla tercih edilmesi başta ekonomik olmak üzere farklı sorunları beraberinde getirmektedir. Tablo 2 ve Şekil 1'de 2019 yılında yayımlanan Avrupa Komisyonu verilerinde, Avrupa Birliği ülkelerinin birçoğunda yurt içi yük taşımacılık oranlarına bakıldığında, karayolu taşıma modu diğer taşıma modlarına göre yüksek orana sahiptir.

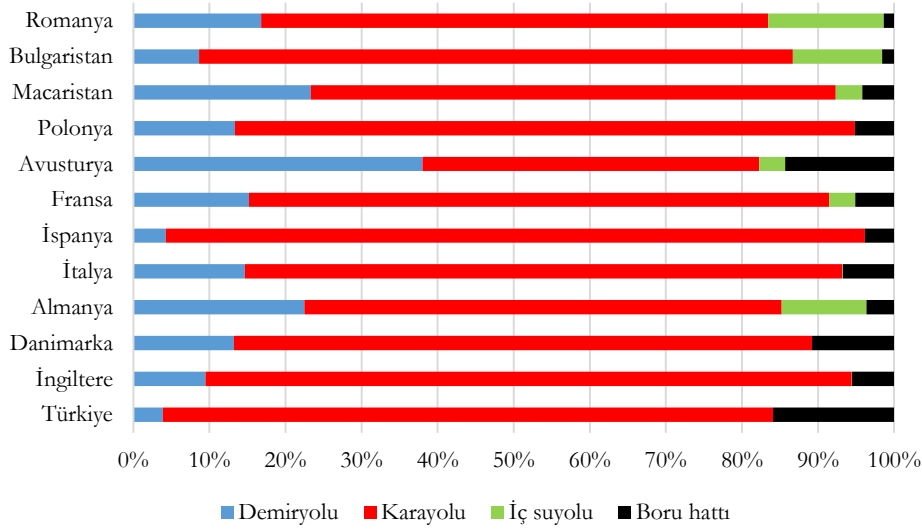
**Tablo 2.** Avrupa yurt içi yük taşımacılığında taşımacılık modlarının payı (Milyar-Ton-km)

|             | Demiryolu | Karayolu | İç su yolu | Boru hattı |
|-------------|-----------|----------|------------|------------|
| Romanya     | 13,8      | 54,7     | 12,5       | 1,1        |
| Bulgaristan | 3,9       | 35,2     | 5,3        | 0,7        |
| Macaristan  | 13,4      | 39,7     | 2,0        | 2,4        |
| Polonya     | 54,8      | 335,2    | 0,1        | 21,1       |
| Avusturya   | 22,3      | 26,0     | 2,0        | 8,4        |
| Fransa      | 33,4      | 167,7    | 7,5        | 11,2       |
| İspanya     | 10,7      | 231,1    | 0          | 9,7        |
| İtalya      | 22,3      | 119,7    | 0,1        | 10,3       |
| Almanya     | 112,2     | 313,1    | 55,5       | 18,2       |
| Danimarka   | 2,7       | 15,5     | 0          | 2,2        |
| İngiltere   | 17,2      | 153,9    | 0,1        | 10,0       |
| Türkiye     | 12,7      | 262,8    | 0          | 52,1       |

**Kaynak:** (European Commission, 2019 40-44.)

Tedarik zincirinin önemli bir yapı taşı olan taşımacılık, ekonominin vazgeçilmez bir unsurudur. Taşımacılık faaliyeti ile ekonomik büyüme birbiriyle doğrudan bağlantılıdır. Ülke içi ve ülke dışı ekonomik pazarlarının iyi şekilde gelişim gösterebilmesi, taşımacılık ağlarının gelişmişlik düzeyine bağlıdır (Avrupa Komisyonu, 2011). Uluslararası kapsamda artan ekonomik faaliyetler taşımacılık sektörünün sürekli büyümesini sağlamaktadır. Bu durum taşımacılık faaliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. Buna bağlı olarak da karayolu taşımacılığına olan talebin artmasıyla birlikte yüksek maliyet, trafik sıkışıklığı, trafik kazaları, çevre ve gürültü kirliliği gibi olumsuzluklar sürekli bir şekilde artış göstermektedir (Deveci ve diğerleri, 2013; 93-120). Ülkemizde yurt içi taşımacılık faaliyetlerinde demiryolu, denizyolu ve iç suyolları önemli bir potansiyele sahip olmasına karşın bu potansiyeller yeterince kullanılmamaktadır. Bu durum dengesiz, pahalı, çevreye duyarlı ve yeterince etkin olmayan bir ulaştırma sistemini oluşturmakta ve önemli sorunlara neden olmaktadır (TUBİTAK, 2003).

**Şekil 1.** Avrupa yurt içi yük taşımacılığında taşımacılık modlarının payı



**Kaynak:** (European Commission, 2019; 40-44)

Not: Avrupa Birliği ülkelerinin havayolu ve denizyolu taşıma modları için ton-km istatistikleri yayımlanmamaktadır.

Bu araştırmanın amacı ülkemizde yaklaşık %90 oranında karayolu ile gerçekleştirilen yüksek maliyetli yük taşımalarının, uygun coğrafi konumlara ve durumlara göre dengeli ve uyumlu bir şekilde demiryolu, denizyolu ve iç suyolu gibi diğer taşıma modlarına kaydırılmasıdır. Bu kapsamda Van Gölü bölgesi ve bu bölgeyi etkileyen taşıma güzergâhlarında multimodal ve kombine taşımacılık kapsamında gerçekleştirilen iç suyolu, demiryolu ve denizyolu taşıma modları incelenerek başta taşıma maliyeti olmak üzere, taşıma süresi ve yakıt tüketimi değişkenleri ile karayolu taşıma modu karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırmanın ekonomik açıdan analizi amaçlanmaktadır.

Firmalar, düşük maliyet stratejisini benimseyerek ürünlerini ve hizmetlerini mevcut kalitesinden ödün vermeden rekabet güçlerini korumayı ve arttırmayı istemektedirler. Bunun için ürün ve hizmetlerini hızlı, güvenilir ve daha az maliyetli bir şekilde farklı bölgelerdeki ya da ülkelerdeki müşterilerine sunmayı amaçlamaktadırlar. Bu amacı gerçekleştirmek için çevreye duyarlı, etkili ve verimli taşımacılık modlarına ihtiyaç duyarlar. Bu ihtiyaç, multimodal taşımacılık ve intermodal kapsamındaki kombine taşımacılık sayesinde giderilmektedir. Multimodal taşımacılıkta yük çıkış yerinden varış yerine tek sözleşme ve operatör sorumluluğunda en az iki taşıma modu kullanılarak hızlı, güvenilir, çevreye duyarlı ve ekonomik bir şekilde ulaştırılır (Tuna ve Arabelen, 2013). Özellikle ABD, Çin, AB ülkeleri olmak üzere dünyada birçok ülke sürdürülebilir ulaştırma politikaları ve çevre odaklı ulaştırma gibi konuları içinde barındıran multimodal, intermodal ve kombine taşımacılık şeklini öne çıkarmaktadır (Saatçioğlu ve diğerleri, 2012). Avrupa Birliği ulaştırma politikaları, taşımacılık sektöründeki sürdürülebilir gelişmenin ancak karayolu taşımacılığı ağırlıklı bir sistemden intermodal ve kombine taşımacılık sistemine geçişle mümkün olacağını vurgulamaktadır (Deveci ve Çavuşoğlu, 2013). İntermodal kapsamındaki kombine taşımacılık, birden fazla taşıma modunun kullanıldığı, taşıma modlarının değişimi esnasında ilk başta kullanılan taşıma kabını veya aracını değiştirmeden, içerisindeki yükler elleçlenmeden ürünün satıcıdan alıcıya ulaştırılması sırasında ilk ve son taşımalar esnasında kullanılan kara yolunun kısa tutulmasını, diğer kalan uzun mesafelerin ise demiryolu, denizyolu ve iç suyolu ile gerçekleştirilmesini gerektiren bir taşımacılık şeklidir. Kombine taşımacılıkta yüklerin üretim yerinden son tüketim yerine kadar ulaşımı ekonomik, güvenli, daha hızlı ve hasarsız bir şekilde tek bir sözleşme ve taşıma operatörü ile gerçekleştirilmektedir (UBAK ve İTÜ, 2005). Bu durum ulaştırma sektörünün ekonomik kalkınmaya pozitif etkisini arttırmaktadır (TUBİTAK, 2003). Avrupa Birliği'nin 2001 yılında yayımladığı "Beyaz Kitap" ta ülke

içinde mevcut iç suyu, denizyolu ve demiryolu kullanımının artırılması, ulaştırma modları arasında aşırı şekilde oluşan kullanım oranı farklarının önlenmesi ve ulaştırma modları arası dengenin kurulması temel amaçlar arasında yer almaktadır. Bu amaçların gerçekleştirilmesinin ancak multimodal taşımacılık ve kombine taşımacılık kullanımı ile mümkün olacağı özellikle belirtilmiştir (European Commission, 2001).

Bu araştırmanın metod kısmında araştırma öncesinde ön hazırlıklar tamamlanmış, farklı konularla ilgili uzmanlarla görüşülüp gerekli bilgi ve dokümanlar toplanarak incelemelerde bulunulmuştur. Farklı taşıma modları için farklı firmalarla görüşülüp fiyat teklifleri alınmıştır. Uygun fiyat teklifi veren firmalar ziyaret edilerek maliyet analizleri üzerinde çalışılmış, firmalara ait araçların daha önceden gerçekleştirdiği seferlere ilişkin güzergâh maliyet analizleri, yükleme-boşaltma maliyet analizleri çok yönlü araştırılarak, elde edilen veriler sektörde uzman kişilerle değerlendirilmiştir. Bu karşılaştırma ile farklı taşıma modları arasındaki maliyet farkları basit maliyet hesaplama yöntemleri ile ortaya konulmuştur. Ayrıca farklı taşıma modlarında yer alan temel operasyonlar adım adım incelenerek birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Böylelikle maliyet dışında çevre kirliliği, trafik kazaları, trafik sıkışıklığı gibi diğer değişkenler açığa çıkarılmıştır. Kullanılan maliyet hesaplama yöntemleri basit, anlaşılır ve açık olduğu için elde edilen sonuçlara bakılarak uygun taşıma modu seçimi kolay bir şekilde belirlenebilmektedir. Uygulamanın literatür taramasına dayalı teorik kısmı ile işletmede daha önce gerçekleştirilen taşımacılık kayıtlarından oluşan veriler gözlem, analiz ile bütünleştirilerek değerlendirmeler yapılmıştır.

Yapılan bu çalışmada 50 kg'lık paketler halindeki toplam 3500 tonluk çimento yükü, sling bagler ile birleştirilerek karayolu taşıma modu vasıtasıyla 25 ton yük kapasiteli 140 adet karayolu aracıyla, demiryolu taşıma modu vasıtasıyla 25 ton yük kapasiteli 140 adet demiryolu vagonu, denizyolu taşıma modu vasıtasıyla 3.500 ton yük kapasiteli bir adet gemi ve iç suyu taşıma modu vasıtasıyla 50 vagon ve 36 araç yükleme kapasiteli feribotlarla gerekli sefer sayıları ile taşınacağı varsayılmıştır. Karar vericinin güncel taşıma maliyetleri üzerinden seçim yapacağı düşünüldüğünden dolayı modelde kullanılacak toplam maliyetlere ulaşmak için taşıtanın ilgili yük için karayolu, demiryolu, denizyolu ve iç suyunun her dördü için birim maliyet teklifi aldığı varsayılmıştır. Birim maliyet karayolu taşımaları için araç başına maliyet, demiryolu taşımaları için ton/km başına maliyet, denizyolu için ton başına maliyet, iç suyu için ton başına maliyet olarak alınmaktadır. Gelen tekliflerin taşıtan yük miktarına göre gerekli olan araç sayısı veya taşıtan yükün tonu ile çarpılmasıyla toplam maliyeti hesaplanır ve modelde bu maliyet kullanılır.

Çalışmada 3.500 tonluk çimento yükü bir örnek olay uygulaması ile İstanbul'dan Van ilinin İran sınır kapısı Kapıköy'e aktarılmıştır. Örnek olayda gerçekleştirilen beş farklı taşıma senaryosu ile farklı taşıma modları kullanılarak özellikle Van Gölü'nde faaliyet gösteren tren ferisi ve Ro-Ro hattının bu karşılaştırmaya multimodal ve kombine taşımacılık kapsamında ekonomik açıdan etkisi ortaya koyulmuştur.

Çalışmanın sonucunda Van Gölü bölgesi ve bu bölgeyi etkileyen taşıma güzergâhlarında kullanılan farklı taşımacılık türlerinin taşıma maliyeti, taşıma süreleri ve tüketilen yakıt miktarının nasıl değişkenlik gösterdiği, multimodal ve kombine taşımacılık yaklaşımının ekonomiye olan pozitif katkısı ortaya çıkarılmıştır.

## 2. Literatür Araştırması

Türk Sanayicileri ve İş Adamları Derneği (TÜSİAD) tarafından yayımlanan "Türkiye'de Kombine Taşımacılığın Fırsatları" raporunda Türkiye'nin uluslararası üs olabileme fırsatı bölümünde, Türkiye'nin, Doğu Avrupa, Orta Asya, Orta Doğu ve Kuzey Afrika'ya basit ulaşım imkânı sağlayan avantajlı coğrafi konumu ile dünya ticaretinin %1,2'sinin gerçekleştiği bölgede merkezi bir üs işlevini sağlayabileceği belirtilmiştir (TÜSİAD, 2014). Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı tarafından hazırlanan "10. Kalkınma Planı Ulaştırma ve Trafik Güvenliği ÖİK" raporunda, ekonomik gelişmeler çerçevesinde Çin, Hindistan ve diğer Orta Asya ülkelerinin ekonomik bloklar oluşturmaları belirginleşirken Avrupa ile gerçekleşen potansiyel taşımacılık hatlarını Türkiye'ye yönlendirmesinin beklenildiği vurgulanmıştır (Kalkınma Bakanlığı, 2012). Dünya Ticaret Örgütü'nün yayımladığı "Uluslararası Ticaret Verileri" raporunda, 2008 yılı ekonomik krizinden sonra Avrupa Birliği ülkelerine gerçekleştirilen ihracatta görülür şekilde bir azalma gözlemlenirken, Ortadoğu, Asya ve Kuzey Afrika kaynaklı yük hacminde önemli bir artış gözlemlenmekte ve bu bölgelere olan ihracatın arttığı görülmektedir. 2012 yılında Avrupa-Asya arasındaki ticaret hacmi 1,5 trilyon dolar, Avrupa-Orta Doğu arasındaki ticaret hacmi 356 milyar dolar olduğu belirtilmiştir (World Trade Organization, 2014).

Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı ve İTÜ tarafından 2005 yılında hazırlanan "Ulaştırma Ana Planı Stratejisi" sonuç raporunda uzun kıyı şeridi ve üç kıtanın birleştiği noktada olan ülkemizin deniz taşımacılığı bakımından farklı avantajlara sahip bir coğrafi konumda olduğu belirtilmiştir. Bu yönüyle deniz taşımacılığıyla

yurtiçi kabotaj taşımaları, transit yük taşımaları, ithal ve ihraç yüklerin taşınmasının ülke için büyük avantaj sağladığı açıklanmıştır. Ayrıca gerek deniz taşımacılığıyla yüklerin bir seferde büyük miktarlarda taşıma özelliği, gerekse ton-km taşıma maliyetinin karayolu, demiryolu ve havayoluna göre çok ucuz taşınması denizyolu taşımacılığıyla belirgin bir üstünlüğe sahip olduğu vurgulanmıştır. Aynı zamanda bu kadar avantaj ve olanaklara sahip olmamıza rağmen ülkemizde denizyolu ile yapılan yurt içi yük taşıma oranı karayolu ile yapılan yurt içi yük taşıma oranından oldukça düşük gerçekleştiği özellikle vurgulanmıştır (UBAK ve İTÜ, 2005).

TÜSİAD tarafından yayımlanan “Türkiye’de Kombine Taşımacılığın Fırsatları” raporunda, Türkiye’nin bölgede önemli bir ulaştırma merkezi olma potansiyelini en iyi derecede kullanabilmesi için maliyet avantajı, hız, güvenilirlik ve servis sıklığı sağlayabilecek bir ulaştırma ağına sahip olması gerektiği belirtilmiştir. Bu yaklaşımla sadece bir taşıma modu kullanılarak yapılan taşıma türünün yeterli olmadığı açıklanmıştır. Bu nedenlerle, intermodal taşımacılık kapsamında olan kombine taşımacılık Türkiye için gerek maliyet gerekse hizmet kalitesi açısından avantaj sağlayabilecek bir yük taşıma modu olarak karşımıza çıkacağı vurgulanmıştır (World Trade Organization, 2014). Deveci ve Çavuşoğlu (2013; 93-120) yaptıkları bir çalışmada uluslararası artan ekonomik faaliyetler sayesinde taşımacılık sektörünün sürekli büyüdüğünü ve bu durumun taşımacılık faaliyetlerinin artmasına neden olduğunu belirtmiştir. Buna bağlı olarak da karayolu taşımacılığına olan talebin artmasıyla birlikte yüksek maliyet, trafik sıkışıklığı, trafik kazaları, çevre ve gürültü kirliliği gibi olumsuzlukların sürekli bir şekilde artış gösterdiğini açıklamıştır. Bu olumsuzlukların giderilmesi için Avrupa Birliği ulaştırma politikalarında belirttiği gibi; taşımacılık sektöründeki sürdürülebilir gelişmenin ancak karayolu taşımacılığı ağırlıklı bir sistemden intermodal ve kombine taşımacılık sistemine geçişle mümkün olacağı vurgulanmıştır. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından yayımlanan “Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji” belgesinde yurt içi taşımacılık faaliyetlerinde demiryolu, denizyolu ve iç su yolları önemli bir potansiyele sahip olmasına karşın bu potansiyellerin yeterince kullanılmadığı belirtilerek bu durumun dengesiz, pahalı, çevreye duyarlı ve yeterince etkin olmayan bir ulaştırma sistemini oluşturduğu ve önemli sorunlara neden olduğu vurgulanmıştır (TUBİTAK, 2004). Saatçioğlu ve Kolbaşı (2012; 1-25) özellikle ABD, Çin, AB ülkeleri olmak üzere dünyada birçok ülke sürdürülebilir ulaştırma politikaları ve çevre odaklı ulaştırma gibi konuları içinde barındıran intermodal taşımacılık şeklini öne çıkardığını belirtmektedir. Buna karşın ülkemizde demiryollarının altyapısının yetersiz olduğunu, liman bağlantılarının geliştirilmesi gerektiğini, denizyolu ve demiryolu ulaştırma hızının karayolu taşıma modu ile karşılaştırıldığında yavaş olduğu sonucuna varmıştır.

Avrupa Birliği’nin 2001 yılında yayımladığı “Beyaz Kitap” ta ülke içinde mevcut iç su yolu, denizyolu ve demiryolu kullanımının artırılması, ulaştırma modları arasında aşırı şekilde oluşan kullanım oranı farklarının önlenmesi ve ulaştırma modları arası dengenin kurulması temel amaçlar arasında belirtilmiştir. Bu amaçların gerçekleştirilmesinin ancak intermodal, kombine ve multimodal sistemlerin kullanımı ile mümkün olacağı özellikle vurgulanmıştır (European Commission, 2001). Turan ve diğerleri (2012; 303-309) çalışmalarında multimodal ve kombine yük taşıma sisteminin Türkiye’de uygulanabilirliği incelemiş, bu sistemler diğer taşıma modlarıyla karşılaştırarak faydalı bir bakış açısı oluşturulmaya çalışılmıştır. Bir Değere Getirilmiş Maliyet Analizi yöntemi kullanılarak Gaziantep-İstanbul hattında, 3.000 tonluk yük taşımacılığı için çeşitli taşıma modu alternatifleri karşılaştırılarak ekonomik yönden en verimli olanı araştırılmış ve toplam taşımacılık maliyetinin en düşük olduğu taşıma modunun denizyolu-karayolu entegrasyonu şeklindeki multimodal ve kombine taşımacılık olduğu sonucunu ortaya koymuşlardır. Atar ve diğerleri (2013; 75-91) çalışmalarında Adana-Mersin-Antalya arasında 2.500 ton çimento yükünü kombine taşımacılık ve karayolu taşımacılığı ile gerçekleştirmiş, kombine taşımacılığının hem ekonomik hem de çevreci bir özelliğe sahip olduğunu açığa çıkarmıştır. Karayolundaki taşımacılık hacminin sebep olduğu olumsuz etkilerin, mevcut talebin diğer taşıma modlarına kaydırılarak azaltılabileceği konusunda görüş birliğine varmışlardır. Saygılı (2014; 203-2014), multimodal taşımacılık yaklaşımıyla İstanbul-Paris-İstanbul güzergâhında taşıma maliyetlerinin belirlenip analiz edilmesine yönelik karayolu taşımacılığına alternatif olarak multimodal taşımacılık kapsamında karayolu-denizyolu entegrasyonu kullanılarak güzergâh maliyetlerini karşılaştırmıştır. Bu karşılaştırmada multimodal sistemin, karayolu taşımacılığına göre maliyet avantajı olduğu sonucuna varmıştır.

Köfteci ve Gerçek (2010; 5087-5112), farklı özellikleri ile kimi zaman avantaj kimi zaman dezavantaja sahip taşımacılık türlerin seçimi için bazı karar değişkenlerinin olduğu vurgulanmıştır. Logit tür seçim modeli kullanılarak yapılan duyarlılık analizleri sonucunda, yük taşımacılığı tür seçimi kararında etkili başlıca karar değişkenlerinin taşıma maliyeti, taşıma süresi ve taşıma sırasında gerçekleşen aktarma gecikmesi olduğunu belirlemiştir. Çalışmada örnek kombine taşımacılık uygulamasında yapılan duyarlılık analizinde; kombine taşımacılığında taşıma maliyetlerinin %25 azalması kombine taşımacılık kullanımını %10,42 oranda arttırdığı, kombine taşımacılıkta toplam taşıma süresinin %25 azaltılması ile kombine taşımacılığın kullanım oranının %15,28 artacağı sonucunu ortaya koymuştur. Kabasakal ve Solak (2010; 123-136), karayolu ve demiryolu ulaştırma türlerinin alt yapısı için yol yapımı, bakım-onarım ve işletme maliyetlerinin dâhil edildiği maliyete dayalı ekonomik etkinlik karşılaştırması

yapmıştır. İki temel ulaştırma sisteminin yük taşımacılığı açısından yol yapım maliyeti, bakım-onarım ve işletme maliyetleri karşılaştırıldığında demir yollarının karayoluna göre %70 oranında daha ucuz olduğu sonucuna varmıştır. “Türkiye’nin Ulaştırma Altyapısı İhtiyaç Değerlendirmesi Teknik Yardım Çalışması” (TINA-TÜRKİYE) tarafından yayımlanan sonuç raporunda AB’ye üye ülkelerde TEN-T projeleri kapsamında demiryollarında ortalama inşaat maliyeti 10-11 milyon €/km, karayollarında 4 milyon €/km olduğu belirtilmiştir (TINA, 2007). Devlet Planlama Teşkilatı (DPT, 2001) tarafından verilen rakamlara göre; çift hatlı, sinyalli ve elektrikli demiryolu hattının yapım maliyeti 2,96 milyon \$/km, otoyol yapım maliyetinde bu rakamın 8 milyon \$/km olduğu belirtilmiştir.

Uluslararası makaleler incelendiğinde Tsamboulas ve diğerleri (2007; 715-733), kombine ve intermodal taşımacılığın rekabetçi pozisyonunu iyileştirmek için gerçekleştirilen politikaların her zaman başarılı olamadığını belirtmiştir. Bu durumun nedeninin tedarik zincirinde yer alan özel paydaşların taleplerini araştırmadıklarından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Craig ve diğerleri (2013; 49-53) tarafından yapılan bir çalışmada ulaştırma bütün olarak incelendiğinde, küresel enerji kullanımının %19’unu ulaştırma kaynaklı olduğu belirtilmiştir. Ulaştırmadan kaynaklanan emisyonların 2030 yılına kadar %50 oranında ve 2050 yılına kadar %100 artmasının beklenildiğini vurgulamışlardır. Bu durumun yaşanmasını engellemek için karayolu taşımacılığında kombine ve intermodal taşımacılığa geçiş ile mümkün olacağı sonucuna ulaşmışlardır. Caris ve diğerleri (2008; 277-302), karayolu taşımacılığının oluşturduğu trafik tıkanıklığı, trafik güvenliği ve çevre kirliliği sorunlarını azaltan kombine ve intermodal yük taşımacılığına ilginin gün geçtikçe arttığını belirtmişlerdir. Bu durum ile firmaların geleneksel lojistik hizmetlerini gözden geçirdiklerini vurgulamışlardır. Liao ve diğerleri (2009; 493-496), Tayvan’daki ithalat ve ihracat konteyner hareketleri için sadece karayolu taşımacılığı yerine kıyılarda multimodal denizyolu-karayolu taşımacılığının benimsenmesiyle ortaya çıkan CO<sub>2</sub> emisyonlarında azalma görüleceği sonucunu ortaya koymuşlardır. Bouchery ve diğerleri (2015; 388-399), kombine ve intermodal taşımacılığın ekonomik büyümeden ödün vermeden karbon emisyonlarını azaltmak için etkili bir çözüm olduğunu belirtmişlerdir. Bu çözüm şeklinin benimsenmesi için karayolu taşımacılığının uzun mesafeli taşımaları için ek vergi politikalarının geliştirilmesi ve demiryolu taşımalarını teşvik edici politikalar oluşturulmasının gerekliliğini vurgulamışlardır. Douet ve Cappuccilli (2011; 968-976), Avrupa Birliği kıyılarında gerçekleştirilen deniz taşımacılığının öneminin Avrupa Birliği ülkeleri tarafından anlaşıldığını belirtmektedir. Bununla birlikte araştırmacılar, kıyı bölgelerde karayolu taşımacılığında multimodal ve intermodal denizyolu-karayolu taşımacılığa geçişin yavaş olduğunu vurgulamaktadır. Buna ek olarak araştırmacılar, Avrupa birliği ülkelerinin ulaştırma ile ilgili politika ve yasal düzenlemelerinin yeterince uygulanmadığı sonucuna varmışlardır. Xu ve diğerleri (2015; 322-337), taşımacılık işlemleri için alıcı ve satıcıların internet ortamında yüklerini taşımak için rahat fiyat teklifi alabileceği ve yüklerini taşıyabileceği online e-ticaret lojistiği kurulması ve yaygınlaştırılmasının multimodal, kombine ve intermodal taşımacılığın kullanımını artıracığı sonucuna varmışlardır.

Literatüre bakıldığında hem Türkiye’de hem de diğer ülkelerde multimodal ve kombine taşımacılık sistemi ile ilgili birçok çalışma olmasına rağmen Van Gölü’nde gerçekleştirilen multimodal ve kombine taşımacılığın incelenmesi, ekonomik analizi ve burada gerçekleştirilen taşımacılığın sadece bölgesel değil aynı zamanda hem ulusal hem de uluslararası etkisinin varlığını ortaya koyan herhangi bir çalışmaya rastlanılmamış olması literatürden farklılığını göstermektedir

### 3. Metodoloji

Çalışmanın amacı doğrultusunda 3.500 tonluk çimento yükü, bir örnek olay uygulaması ile Türkiye’nin en büyük ithalat limanı olan Ambarlı Limanı’ndan, Avrupa ve Orta Asya arasında gerçekleşen taşımacılıkta transit geçiş güzergâhı üzerinde etkili bir öneme sahip Van Gölü üzerinden İran sınır kapısı Kapıköy’e aktarılmıştır. Örnek olayda gerçekleştirilen beş farklı taşıma senaryosu ile farklı taşıma modları kullanılarak özellikle Van Gölü’nde faaliyet gösteren tren ferri ve Ro-Ro hattının bu karşılaştırmaya multimodal ve kombine taşımacılık kapsamında ekonomik açıdan etkisi ortaya koyulmuştur.

Araştırma öncesinde ön hazırlıklar tamamlanmış, gemi ve yük brokerleri, gemi kaptan ve makine zabıtları, denizcilik acente yetkilileri, karayolu nakliye firması yetkilileri, tır şoförleri, TCDD yurtiçi yük departman sorumlusu ve tren makinistinden oluşan on dört uzman ile görüşme sağlanmıştır. Yapılan görüşmelerde taşıma maliyetleri, yakıt tüketimi, taşıma ücretleri, taşıma süreleri, elleçleme maliyetleri ve güzergahlar hakkında bilgi alınmıştır. Bu bilgiler literatür ile karşılaştırıldığında verilerin uyum sağladığı görülmektedir.

Çalışmada karar vericilerin toplam taşıma maliyetini minimuma indirecek çözümü seçeceği varsayılarak genel taşıma maliyetleri üzerinden bir model oluşturulmuştur. Bu model multimodal ve kombine taşımacılığa uyarlanmıştır. Ayrıca modelde yükleyicilerin (karar vericilerin) toplam taşıma maliyetlerini minimuma indirmek istediği varsayıldığı

için en düşük genel maliyeti veren çözüm seçilmiştir. Ton veya araç başına birim maliyet ve toplam taşıma maliyeti, taşıma hizmeti alan müşteri için 3.1 numaralı formül kullanılarak hesaplanmıştır (Hanssen ve diğerleri, 2012).

Yapılan bu çalışmada 50 kg'lık paketler halindeki toplam 3500 tonluk çimento yükü, sling bagler ile birleştirilerek karayolu taşıma modu vasıtasıyla 25 ton yük kapasiteli 140 adet karayolu aracıyla, demiryolu taşıma modu vasıtasıyla 25 ton yük kapasiteli 140 adet demiryolu vagonu, denizyolu taşıma modu vasıtasıyla 3.500 ton yük kapasiteli bir adet gemi ve iç suyu taşıma modu vasıtasıyla 50 vagon ve 36 araç yükleme kapasiteli feribotlarla gerekli sefer sayıları ile taşınacağı varsayılmıştır. Karar vericinin güncel taşıma maliyetleri üzerinden seçim yapacağı düşünüldüğünden dolayı modelde kullanılacak toplam maliyetlere ulaşmak için taşıtanın ilgili yük için karayolu, demiryolu, denizyolu ve iç suyunun her dördü için birim maliyet teklifi aldığı varsayılır. Birim maliyet karayolu taşımaları için araç başına maliyet, demiryolu taşımaları için ton/km başına maliyet, denizyolu için ton başına maliyet, iç suyu için ton başına maliyet olarak alınmaktadır. Gelen tekliflerin taşınan yük miktarına göre gerekli olan araç sayısı veya taşınan yükün tonu ile çarpılmasıyla toplam maliyeti hesaplanır ve modelde bu maliyet kullanılır. Uygulamada kullanacağımız yükün taşıma esnasında bozulmadığı, bu sebeple zaman maliyetinin sıfır olarak alındığı varsayılmıştır.

$$\beta_i = C/X \quad C = \beta_i \cdot X \quad i = \{iw, w, t, r\} \quad (3.1)$$

|           |   |
|-----------|---|
| C         | : Toplam taşıma maliyeti                                    |
| X         | : Taşınan toplam yük miktarı/ kullanılan toplam araç sayısı |
| $\beta_i$ | : Birim taşıma maliyeti                                     |
| iw        | : İç suyu taşıma modu                                       |
| w         | : Deniz yolu taşıma modu                                    |
| t         | : Karayolu taşıma modu                                      |
| r         | : Demiryolu taşıma modu                                     |

$\beta_i$  ile birim taşıma maliyeti; bir ton veya araç maliyet birimi, toplam maliyetin, kullanılan toplam kamyonun/trenin/geminin yaptığı ton miktarı veya araç sayısına bölünmesiyle hesaplanır. Bu karşılaştırma ile farklı taşıma modları arasındaki maliyet farkları basit maliyet hesaplama yöntemleri ile ortaya konulmaktadır (Hanssen ve diğerleri, 2012).

Farklı taşıma modları için farklı firmalarla görüşülüp fiyat teklifleri alınmıştır. Uygun fiyat teklifi veren firmalar ziyaret edilerek maliyet analizleri üzerinde çalışılmış, firmalara ait araçların daha önceden gerçekleştirdiği seferlere ilişkin güzergâh maliyet analizleri, yükleme-boşaltma maliyet analizleri çok yönlü araştırılarak, elde edilen veriler sektörde uzman kişilerle değerlendirilmiştir.

Taşıma moduna göre toplam taşıma maliyetleri ve toplam tüketilen yakıt miktarlarının basit hesaplama yöntemleri ile aşağıda ifade edildiği gibi hesaplanabilmektedir;

### 1. Karayolu için;

Toplam taşıma maliyeti = 1 Adet aracın taşıma ücreti x Toplam araç sayısı

1 adet aracın tükettiği toplam yakıt miktarı = 1 adet aracın kilometre başına tükettiği yakıt miktarı x 1 adet aracın kullandığı toplam kilometre

Toplam tüketilen yakıt miktarı = 1 Adet aracın tükettiği yakıt miktarı x Toplam araç sayısı

### 2. İç suyu için;

İç suyolunda demiryolu ile yüklerin taşınması;

Toplam taşıma maliyeti = Ton Başına Birim Taşıma Ücreti x Toplam Taşınan Yük Miktarı (Ton) + Kıymet pirim ücreti

Toplam tüketilen yakıt miktarı: 1 saatte tüketilen yakıt miktarı x Hareket halinde toplam taşıma süresi (Saat)

Kıymet pirim ücreti = (Taşıtılan eşyanın toplam değeri / 1.000) x 2

İç suyolunda karayolu ile yüklerin taşınması;

Toplam taşıma maliyeti = 1 adet aracın taşıma ücreti x Toplam araç sayısı

1 Adet Aracın Taşıma Ücreti = 1 Adet Araç Taşıma Ücreti + 1 Adet Şoför Taşıma Ücreti + Ton başına taşıma ücreti x 1 adet araçta taşınan toplam yük miktarı (Ton)

Toplam tüketilen yakıt miktarı: 1 saatte tüketilen yakıt miktarı x Toplam taşıma süresi (Saat)

### 3. Demiryolu için;

Toplam taşıma maliyeti = Ton başına demiryolu taşıma ücreti x Toplam taşınan yük miktarı (Ton) + İç suyu toplam taşıma ücretleri



Toplam tüketilen yakıt miktarı = 1 saatte tüketilen yakıt miktarı x Hareket halinde toplam taşıma süresi (Saat)

#### 4. Deniz yolu için;

Toplam taşıma maliyeti = Ton başına taşıma ücreti (Navlun ücreti) x Toplam taşınan yük miktarı (Ton) + Ton başına komisyon ücreti x Toplam taşınan yük miktarı (Ton) + Ton başına yükleme-boşaltma ücreti x Toplam taşınan yük miktarı (Ton) + Acente hizmet bedelleri

Taşıma maliyeti = Ton başına taşıma ücreti (Navlun ücreti) x Toplam taşınan yük miktarı (Ton)

Not: "Acente hizmet bedeli" sadece verilen acentelik hizmetinin karşılığı olmakla birlikte gemiye ait olan liman, kılavuzluk, römorkör, fener, sağlık gibi tüm maliyetler navlun ücretine dâhil ve gemi sahibi hesabındadır.

Komisyon ücreti = Ton başına komisyon ücreti x Toplam taşınan yük miktarı (Ton)

Yükleme-Boşaltma ücreti = Ton başına yükleme-boşaltma ücreti x Toplam taşınan yük miktarı (Ton)

Acente hizmet bedelleri = Ambarlı Limanı acente hizmet bedeli + Mersin Limanı acente hizmet bedeli

Toplam tüketilen yakıt miktarı: Geminin seyir sırasında tükettiği yakıt miktarı + Geminin limanda tükettiği yakıt miktarı + Geminin manevra sırasında tükettiği yakıt miktarı

Geminin seyir sırasında tükettiği yakıt miktarı = 1 saatte seyirde tüketilen yakıt miktarı x Toplam seyir süresi (Saat)

Geminin limanda tükettiği yakıt miktarı = 1 saatte limanda tüketilen yakıt miktarı x Toplam limanda bekleme süresi (Saat)

Geminin manevra sırasında tükettiği yakıt miktarı = 1 saatte manevrada tüketilen yakıt miktarı x Toplam manevra süresi (Saat)

Kullanılan maliyet hesaplama yöntemleri basit, anlaşılır ve açık olduğu için elde edilen sonuçlara bakılarak uygun taşıma modu seçimi kolay bir şekilde belirlenebilmektedir.

İstanbul-Van Kapıköy sınır kapısı 3.500 ton çimento yükü kombine ve multimodal taşınması;

Bu örnek çalışmada 3.500 tonluk çimento yükün İstanbul Ambarlı limanından Van Kapıköy sınır kapısına taşınmasında 5 farklı senaryo karşılaştırılarak ekonomik analiz gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırmada özellikle taşıma maliyeti incelenerek, taşıma süresi, yakıt tüketimi olmak üzere üç değişken ele alınmıştır; çünkü bu üç değişken firmaların maliyet kalemlerini en çok artıran boyutlardır.

#### 4. Çalışmanın Bulguları

Genelde Türkiye'de özelde Van Gölü bölgesinde gerçekleştirilen multimodal ve kombine taşımacılığın, karayolu, iç su yolu ve demiryolu taşıma modları incelenerek taşıma maliyeti, taşıma süresi, yakıt tüketimi değişkenleri ile karayolu taşıma modu karşılaştırılmaktadır. İstatiksel verilerin azlığından dolayı karşılaştırmada kullanılan değişkenler kısıtlı tutulmuştur. Tablo 3'te gerçekleştirilen senaryolarda açığa çıkan verilere bakılarak, hangi taşıma modunun ekonomik olduğu ortaya çıkmaktadır.

##### Senaryo 1

3.500 tonluk çimento yükü İstanbul Ambarlı limanından karayolu taşıma modu ile Van ilinin İran sınır kapısı olan Kapıköy'e taşınmıştır. Kullanılan güzergâh için toplam mesafe 1.682 kilometredir. Karayolu ile taşıma süresi ortalama 48 saat, limanda kara araçlarının yükleme süresi toplam 48 saat olarak belirlenmiştir. %100 doluluk oranına sahip bir karayolu aracının tek seferde taşıyabileceği yük miktarı 25 ton, taşıma maliyeti 8.000 TL ve tükettiği yakıt miktarı 571,88 lt' dir. Taşıma için gereken kamyon sayısı 140 adettir. Bu bilgiler doğrultusunda 140 adet karayolu aracının toplam maliyeti 1.200.000 TL, toplam tüketilen yakıt miktarı 80.063,2 lt ve toplam taşıma süresi 96 saat olarak belirlenmiştir.

##### Senaryo 2

3.500 tonluk çimento yükü İstanbul Ambarlı limanından karayolu taşıma modu ile Bitlis'in Tatvan ilçesine getirilmiş, Tatvan da bulunan tren ferri hattı kullanılarak, karayolu araçları iç su yolu taşıma modu ile Van Gölü üzerinden Van'a taşınmıştır. Araçlar buradan karayolu ile Van'ın Kapıköy sınır kapısına ulaştırılmıştır.

İstanbul-Tatvan feribot istasyonu arası mesafe 1.558 km, karayolu ile taşıma süresi ortalama 44 saat, limanda kara araçlarının yükleme süresi toplam 48 saat olarak belirlenmiştir. %100 doluluk oranına sahip bir karayolu aracının tek seferde taşıyabileceği yük miktarı 25 ton, taşıma maliyeti 7.100 TL ve tükettiği yakıt miktarı 529,72 lt' dir. Taşıma için gereken kamyon sayısı 140 adettir. Bu bilgiler ışığında 140 adet karayolu aracının toplam maliyeti 994.000 TL, toplam tüketilen yakıt miktarı 74.160,8 lt ve toplam taşıma süresi 92 saat olarak belirlenmiştir.

Tatvan'a gelen araçlar %100 doluluk oranına sahip 2 adet tren feribotu ile 2 sefer düzenlenerek Van'a ulaşacaklardır. %100 doluluk oranına sahip 1 feribot 36 adet karayolu aracı almakta, bir adet araç için taşıma ücreti 396 TL'dir.

Araçların feribota yüklenmesi ve boşaltılması 4 saat, seyirde geçen süre ise 3,5 saattir. %100 doluluk oranına sahip bir feribotun yakıt tüketimi 6.500 lt'dir. Bu bilgiler ışığında Tatvan-Van arası feribot taşımacılığında 140 adet karayolu aracının toplam taşıma maliyeti 55.440 TL, toplam tüketilen yakıt miktarı 39.000 lt ve toplam taşıma süresi 22,5 saat olarak belirlenmiştir.

Toplam taşımanın son kısmı olan Van'dan Kapıköy sınır kapısına olan 107 km mesafe karayolu ile gerçekleştirilmiştir. Bir araç için taşıma maliyeti 490 TL, yakıt tüketimi 36,38 LT ve taşıma süresi 1,5 saat olarak belirlenmiştir. Bu bilgilere bakılarak 140 adet karayolu aracının toplam taşıma maliyeti 68.600 TL, toplam tüketilen yakıt miktarı 5.093,2 lt ve toplam taşıma süresi 1,5 saat olarak belirlenmiştir.

Senaryo 2 dâhilinde gerçekleştirilen karayolu-iç su yolu-karayolu multimodal taşımacılıkta toplam maliyet 1.118.040 TL, toplam yakıt tüketim miktarı 118.254 lt ve toplam taşıma süresi 116 saat olarak belirlenmiştir.

### Senaryo 3

3.500 tonluk çimento yükü İstanbul Ambarlı Limanı'ndan karayolu taşıma modu ile TCDD İstanbul halkalı tren istasyonuna getirilmiştir. Buradan vagonlara yüklenen yükler Van Kapıköy sınır kapısına kadar demiryolu taşıma modu ile taşınmışlardır. Bu taşıma süresince Tekirdağ-Derince feribotu ve Van Gölü feribotları iç su yolu taşıma modu kapsamında kullanılmıştır.

140 adet karayolu aracının Halkalı tren istasyonuna getirilmesi için toplam taşıma maliyeti 58.800 TL, toplam yakıt tüketimi 775,88 lt ve toplam taşıma süresi 50 saat olarak belirlenmiştir.

Demiryolu taşıma modu ile çimento yükleri 20 adet vagona sahip 7 adet blok tren ile taşınmıştır. Derince feribotu 3 sefer yapmış, toplam 34.800 lt yakıt tüketerek, 52 saat taşıma süresi ve 217.100 TL maliyet oluşturmuştur. Van Gölü feribotunun ilk seferde 2 adet feribot 2. seferde 1 feribot sefer yaparak toplam 19.500 lt yakıt tüketerek, 20,5 saat taşıma süresi ve 121.500 TL maliyet oluşturmuştur. Bunun dışında demiryolu taşıma modu 2.109 km taşıma mesafesinde 8.330,55 lt yakıt tüketerek 67,5 saat taşıma süresi ve 738.150 TL maliyet oluşturmuştur.

Kombine taşımacılık kapsamında gerçekleştirilen karayolu-demiryolu-iç su yolu taşıma işleminde toplam maliyet 1.135.550 TL, toplam tüketilen yakıt miktarı 63.406,43 lt ve toplam taşıma süresi 190 saat olarak belirlenmiştir.

### Senaryo 4

3.500 tonluk çimento yükü İstanbul Ambarlı Limanı'ndan deniz yolu ile Mersin Limanı'na getirilmiş, vagonlara yüklenen çimento yükleri demiryolu taşıma modu ile Bitlis'in Tatvan ilçesine getirilmiştir. Burada iç su yolu kullanılarak vagonlar feribotlarla taşınarak Van'a ulaştırılmış, Van'dan demiryolu ile Kapıköy sınır kapısına ulaştırılmıştır.

Çimento yükleri M/V NINA 1 isimli gemi 10 knot hız ile 783 mil mesafeyi 84 saatte seyir ederek Mersin Limanı'na ulaşmıştır. İstanbul Ambarlı Limanı'nda 48 saat yükleme, Mersin Limanı'nda 48 saat tahliye işlemleri sürmüştür. Gemi seyirde 24 saatte 5.000 lt yakıt tüketmekte, limanda ve seyir sırasında kullanılan jeneratör 24 saatte 1.000 lt yakıt tüketmektedir. Geminin taşıma ücreti olan navlun ücreti 50 TL/ton, komisyon ücreti 3 TL/ton, limanda yükleme boşaltma ücretleri 14,70 TL/ton, İstanbul Limanı'nda acente hizmet bedeli 8.032 TL, Mersin Limanı'nda acente hizmet bedeli 7.245 TL olarak toplam maliyete yansımıştır. Deniz yolu taşıma modunda toplam maliyet, 300.667 TL, toplam tüketilen yakıt miktarı 25.000 lt ve toplam taşıma süresi 180 saat olarak belirlenmiştir.

Çimento yükleri demiryolu taşıma modu ve iç su yolu taşımacılığı ile Van Kapıköy sınır kapısına ulaştırılmıştır. Van Gölü feribotunun ilk seferde 2 adet feribot 2. seferde 1 feribot sefer yaparak toplam 19.500 lt yakıt tüketerek, 20,5 saat taşıma süresi ve 121.500 TL maliyet oluşturmuştur. Demir yolu taşımacılık modu, 1.035 km mesafede 4.088,25 lt yakıt tüketim miktarı, 109.222,5 TL toplam taşıma ücreti ve taşıma süresi 48 saat olarak belirlenmiştir.

Kombine taşımacılık kapsamında gerçekleştirilen deniz yolu-demiryolu-iç su yolu taşıma işlemlerinde toplam maliyet 531.389,5 TL, toplam tüketilen yakıt miktarı 48.588,25 lt ve toplam taşıma süresi 248,5 saat olarak belirlenmiştir.

### Senaryo 5

3.500 tonluk çimento yükü İstanbul Ambarlı Limanı'ndan deniz yolu ile Mersin Limanı'na getirilmiş, buradan karayolu taşıma modu ile Van Kapıköy sınır kapısına ulaştırılmıştır.

Çimento yükleri M/V NINA 1 isimli gemi 10 knot hız ile 783 mil mesafeyi 84 saatte seyir ederek Mersin Limanı'na ulaşmıştır. İstanbul Ambarlı Limanı'nda 48 saat yükleme, Mersin Limanı'nda 48 saat tahliye işlemleri sürmüştür. Gemi seyirde 24 saatte 5.000 lt yakıt tüketmekte, limanda ve seyir sırasında kullanılan jeneratör 24 saatte 1.000 lt yakıt tüketmektedir. Geminin taşıma ücreti olan navlun ücreti 50 TL/ton, komisyon ücreti 3 TL/ton limanda yükleme boşaltma ücretleri 14,27 TL/ton, İstanbul Limanı'nda acente hizmet bedeli 8.032 TL, Mersin Limanı'nda acente hizmet bedeli 7.245 TL olarak toplam maliyete yansımıştır. Denizyolu taşıma modunda toplam maliyet, 300.667 TL, toplam tüketilen yakıt miktarı 25.000 lt ve toplam taşıma süresi 180 saat olarak belirlenmiştir.

Gemiden karayolu taşıma araçlarına çimento yükleri aktarılmıştır. Mersinden çıkan araçlar 1.070 km uzaklıkta bulunan Van Kapıköy sınır kapısına 30 saatte ulaşmışlardır. %100 doluluk oranına sahip bir karayolu aracının tek seferde taşıyabileceği yük miktarı 25 ton, taşıma maliyeti 4.900 TL ve tükettiği yakıt miktarı 363,8 lt'dir. Taşıma için gereken kamyon sayısı 140 adettir. Bu bilgiler ışığında 140 adet karayolu aracının toplam maliyeti 686.000 TL, toplam tüketilen yakıt miktarı 50.932 lt ve toplam taşıma süresi 30 saat olarak belirlenmiştir.

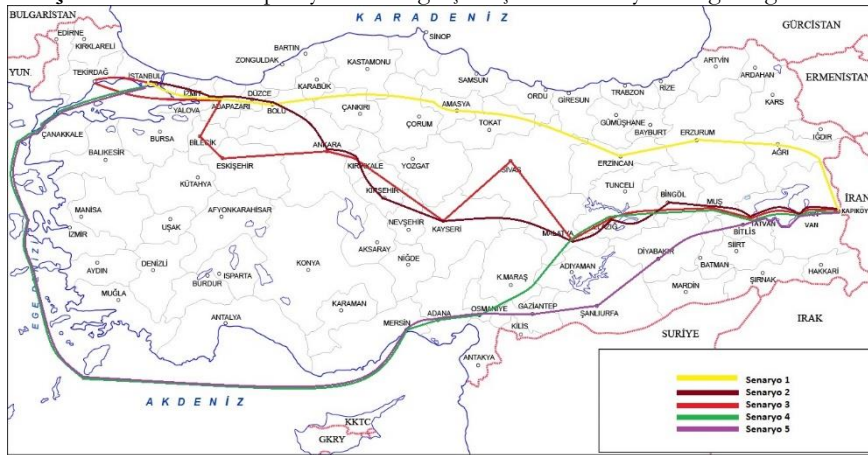
Kombine taşımacılık kapsamında gerçekleştirilen denizyolu-karayolu taşıma işlemlerinde toplam maliyet 986.667 TL, toplam tüketilen yakıt miktarı 75.932 lt ve toplam taşıma süresi 210 saat olarak belirlenmiştir.

**Tablo 3.** İstanbul-Kapıköy hattında kullanılan güzergâh ve taşıma modu ile ortaya çıkan toplam yakıt miktarı, süre ve maliyet

| Senaryo | Güzergâh                                  | Kullanılan taşıma modları                  | Yakıt (lt) | Süre (s) | Toplam maliyet (TL) |
|---------|---|--|------------|----------|---------------------|
| 1       | Ambarlı - Kapıköy                         | Karayolu                                   | 80.063,2   | 96       | 1.200.000           |
| 2       | Ambarlı - Tatvan - Van - Kapıköy          | Multimodal (Karayolu, iç su yolu)          | 118.254    | 116      | 1.118.040           |
| 3       | Ambarlı - Halkalı - Kapıköy               | Kombine (Karayolu, demiryolu, iç su yolu)  | 63.406,43  | 190      | 1.135.550           |
| 4       | Ambarlı - Mersin - Tatvan - Van - Kapıköy | Kombine (Denizyolu, demiryolu, iç su yolu) | 48.588,25  | 248,5    | 531.389,5           |
| 5       | Ambarlı - Mersin - Kapıköy                | Kombine (Denizyolu, karayolu)              | 75.932     | 210      | 986.667             |

İstanbul Ambarlı Limanı ile Van Kapıköy sınır kapısı arasında yapılan taşıma işlemlerinde kullanılan güzergâh ve taşıma modları ile ortaya çıkan toplam yakıt miktarı, süre ve maliyetler tablo 3'te gösterilmiştir.

**Şekil 2.** İstanbul-Kapıköy hattında gerçekleştirilen senaryoların güzergâhları



İstanbul Ambarlı Limanı ile Van Kapıköy sınır kapısı arasında gerçekleştirilen senaryolarda kullanılan güzergâhların gösterimi ayrıntılı olarak şekil 2'de gösterilmiştir.

## 5. Sonuç

Kombine ve multimodal taşımacılığın, karayolu taşımacılığındaki yüksek maliyet ve yakıt miktarının en az seviyeye düşürülmesi için en iyi çözüm olduğu anlaşılmaktadır. Çalışmada yapılan karşılaştırmaların görüldüğü tablo 3 incelendiğinde; senaryo 1’de sadece karayolu taşıma modunun kullanıldığı taşıma işlemi 1.200.000 TL ile en yüksek toplam maliyete sahip olmuştur. Senaryo 2’de karayolu taşıma modu ile Tatvan’a getirilen karayolu araçları Van Gölü vasıtasıyla Ro-Ro intermodal taşıma tekniği kullanılarak Van’a getirilmiş ve buradan tekrar karayolu araçları ile Kapıköy sınır kapısına ulaştırıldığında toplam maliyet 81.960 TL (%6,83) azalarak 1.118.040 TL olmuştur. Van Gölü’nde gerçekleştirilen multimodal taşımacılığın kullanımıyla toplam maliyetin azaldığı, toplam taşıma süresinin 20 saat uzadığı görülmektedir. Senaryo 3’te yükler Ambarlı Limanı’ndan karayolu taşıma modu ile Halkalı demiryolu istasyonuna getirilerek tren vagonlarına yüklenmiş ve demiryolu taşıma modu ile Tatvan’a ulaştırılmıştır. Tatvan’dan Van Gölü vasıtasıyla tren-feri intermodal taşımacılık tekniği kullanılarak Van’a getirilen yükler buradan tekrar demir yolu ile Kapıköy sınır kapısına ulaştırıldığında toplam maliyet 1.135.550 TL olmuştur. Taşıma işleminde kombine taşımacılık kullanılarak sadece karayolu taşıma modu ile gerçekleştirilen taşıma işlemine göre toplam maliyet 64.450 TL (%5,37) azalmış ve toplam taşıma süresi 94 saat uzamıştır.

Gerçekleştirilen senaryolar bir bütün olarak incelendiğinde 531.389,5 TL toplam maliyet ile en ekonomik taşıma biçiminin senaryo 4’te denizyolu-demiryolu-iç su yolu-demiryolu taşıma modlarıyla yapılan kombine taşımacılık olduğu görülmüştür. Bu taşıma işleminin sadece karayolu taşıma modu ile gerçekleştirilen taşıma işlemine göre 668.610,5 TL (%55,71) daha ekonomik olduğu sonucuna varılmıştır. En ekonomik gerçekleştirilen bu taşıma işleminde toplam taşıma süresi, sadece karayolu taşıma modu ile gerçekleştirilen taşıma işlemine göre 152,5 saat uzamıştır. Senaryo 4’te gerçekleştirilen taşıma işleminin en ekonomik taşıma olmasına rağmen uzun süren toplam taşıma süreleri nedeniyle karayolu taşıma modu ile tam anlamıyla rekabet edebilecek düzeyde görülmemektedir. Bu duruma rağmen taşıma sürelerinin önemli olmadığı yük taşımalarında kullanılacak en ekonomik taşıma şekli olduğunu belirtmekte fayda vardır.

Taşıma işlemlerinde kullanılan yakıtlar incelendiğinde, en fazla tüketilen yakıt miktarı 118.254 lt ile Senaryo 2’de gerçekleştirilen karayolu-iç su yolu-karayolu multimodal taşımacılıkta ortaya çıkmıştır. 80.063,2 lt yakıt tüketimiyle 2. sırada senaryo 1’de sadece karayolu taşıma modu ile gerçekleştirilen taşıma işlemi olmuştur. En az yakıt tüketimi, 48.588,25 lt ile senaryo 4’te gerçekleştirilen denizyolu-demiryolu-iç su yolu-demiryolu taşıma modlarıyla yapılan kombine taşımacılık ile ortaya çıkmıştır.

Van Gölü’nde gerçekleştirilen kombine ve multimodal taşımacılığa küçük ölçekte bakıldığında, sadece Tatvan ile Van arasında yapılan yük taşımacılığını daha ekonomik hale getirdiği görülmüştür. Ölçeği biraz genişlettiğimizde, Van Gölü’nde gerçekleştirilen kombine ve multimodal taşımacılığın Türkiye’nin batısı ile doğusu arasında gerçekleştirilen yük taşımacılığında kilit öneme sahip olduğu ve bu taşımaları daha ekonomik hale getirerek ülke ekonomisine pozitif yönde katkı sağladığı ortaya çıkmıştır. Ölçeği biraz daha genişlettiğimizde, Türkiye ile İran arasında gerçekleştirilen ithalat ve ihracat yük taşımalarında baskın oranda kullanılan karayolu taşımacılığına alternatif olarak daha ekonomik bir taşıma hizmeti sağlamak ve bu durum Türkiye ile İran arasında gerçekleşen ticareti daha ileri seviyelere taşımak için imkân oluşturmaktadır. Ölçeği tam anlamıyla büyüttüğümüzde, Van Gölü’nde gerçekleştirilen kombine ve multimodal taşımacılığın Avrupa ülkeleri ile İran, Avrupa ülkeleri ile Orta Asya ülkeleri arasında gerçekleştirilecek yük taşımacılığında Türkiye’nin transit geçiş güzergâhında olmasını sağlayabileceği ve ülke ekonomisine katma değer yaratarak ülke refahına pozitif yönde katkı sağlayan önemli bir konuma sahip olabileceği ön görülmektedir.

Çalışmanın amacının Van Gölü’nde gerçekleştirilen kombine ve multimodal taşımacılığın ekonomik analizinin incelenmesi olmasına rağmen oluşturulan senaryoların İstanbul-Van-Kapıköy sınır kapısı güzergâhının bir bütün olarak ele alınmasının nedeni Türkiye’nin güneyinde mevcut olan bu demiryolu güzergâhı üzerinde gerçekleştirilen demiryolu yük taşımacılık potansiyelinin önemini ortaya çıkarmaktır. Son yıllarda Türkiye’nin de dâhil olduğu çoğu ülkede, demiryolu ulaştırma modunun önemi anlaşılmaya başlanmış ve yük taşımacılığının bu mod ile yapılması için gerekli çalışmalara başlanmıştır. Bu kapsamda Türkiye’de gerekli alt ve üst yapı çalışmalarına başlanmış, lojistik merkezler kurulmuş, önemli ticaret merkezlerine yeni ana hat ve iltisak hatları inşa edilmiş, uluslararası demiryolu taşıma koridorlarında yer alınmış, mevcut demiryolları teknolojik ve modern hale getirilmeye başlanmıştır. Bunun yanı sıra Türkiye dış ticaret hacmini geliştirmek ve ulaştırma sektörü içinde demiryolu taşıma payını artırmak amacıyla değişik ülkelerle yapılan anlaşmalar çerçevesinde Avrupa ülkelerine, Orta Asya Türk Cumhuriyetlerine ve Orta Doğu ülkelerine uluslararası blok yük treni seferleri faaliyete başlamıştır (TCDD, 2019-2023).

Ulaştırma proje ve yatırımlarının önemini anlatmak adına; senaryo 3'ün gerçekleştirildiği Eylül 2019 tarihinde Ambarlı Limanı'ndan Halkalı demiryolu istasyonuna götürülen yükler buradan İstanbul'un Anadolu yakasına geçirilmek üzere Tekirdağ Limanı'na getirilerek tren feribotları ile Derince Limanı'na ulaştırılmakta ve yükler oradan demiryolu vasıtasıyla güzergâhına devam etmiştir. Bu durum yurt içi yük trenlerinin fazladan yol almasına ve Tekirdağ Limanı'nda kullanılan ekstra feribot ücretlerine neden olmuştur. Marmaray tüp geçidinde 9 Mayıs 2020 tarihinde ilk yurt içi yük treninin geçmesiyle artık yük trenleri İstanbul'un Avrupa yakasından Asya yakasına Marmaray tüp geçidinden kısa sürede ve ekonomik şekilde gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Marmaray tüp geçidinin yurt içi yük trenlerine hizmete açılmasıyla eğer bu tüp geçitten ekstra ücret alınmaz ise senaryo 3'te gerçekleştirilen kombine taşımacılık işleminde yük trenleri Tekirdağ Limanı'nı kullanmamış olacak ve yaklaşık 217.000 TL (%19) tasarruf sağlanarak toplam maliyet 918.550 TL olacaktır. Ayrıca toplam taşıma süresi yaklaşık 50 saat azalacak ve toplam yakıt tüketim miktarı yaklaşık 34.000 lt düşecektir. Senaryo 3'te demiryolu ağırlıklı olarak gerçekleştirilen kombine taşımacılık daha önce karayolu taşımacılığına göre çok fazla avantaj sağlamazken yapılan ulaştırma yatırım ve projelerin hayata geçirilmesiyle hem ekonomik anlamda hem de taşıma süresi açısından karayolu taşıma modu ile rekabet edecek düzeye ulaşmıştır.

Dünya ticaretinden daha fazla yararlanmak adına alternatif ulaştırma koridorları içinde yer almak ve bu koridorlarda kombine taşımacılık ağırlıklı ulaşımı gerçekleştirmek Türkiye'nin gücüne güç katacaktır. Hali hazırda senaryo 3'ün gerçekleştirildiği Türkiye'nin güneyinden Pakistan'a kadar uzanan bir ulaştırma koridoru mevcuttur. Ayrıca Pakistan'dan Çin'e kadar ulaşacak bir demir yolu projesi olan Çin-Pakistan Ekonomi Koridoru hayata geçirilmiştir. Bu projenin tamamlanmasıyla Avrupa'dan yola çıkan bir yük treni Türkiye'nin güney demiryolu ağını kullanarak Van Gölü'nde bulunan feribotlar ile Van'a ve buradan devam ederek İran'a ulaşacaktır. Bu yük treni İran'dan Pakistan'a ve Pakistan üzerinden Çin'e kesintisiz olarak ulaşmış olacaktır (Sak, 2017). Bu hattın Yeni Demir İpek Yolu'na bağlantısı İran-Türkmenistan demiryolu ile sağlanabilmektedir. Bu durum Avrupa-Türkiye-İran-Pakistan ve akabinde Çin demiryolu hattının gücünü arttıracaktır. Bu doğrultuda Van Gölü'nde gerçekleştirilen kombine taşımacılığı ilk bakışta bölgesel bir etkiye sahip olduğu görülse de Avrupa ve Orta Asya taşımacılık güzergâhı üzerinde kombine taşımacılığın uygulanmasıyla uluslararası ulaştırma koridorlarında Türkiye'nin yer almasına katkıda bulunacaktır.

Türkiye'de gerçekleştirilen kombine ve multimodal taşımacılık ekonomik anlamda karayoluna göre avantajlı durumda olmasına rağmen maalesef taşıma süreleri konusunda dezavantaja sahiptir. Karayolunun taşıma süresi avantajı, denizyolu-demiryolu-iç su yolu taşıma modlarıyla senaryo 4'te en ekonomik şekilde gerçekleştirilen kombine taşımacılığa göre %150 oranındadır. Bu senaryoda kullanılan taşıma birimi olan sling bag yerine konteyner taşıma ünitesi kullanıldığında taşıma modları arasında gerçekleştirilen yükleme boşaltma sürelerinde 24 saat tasarruf sağlanacağı uzmanlar tarafından belirtilmiştir.

Yapılan çalışmada karayolu taşıma modunun taşıma maliyetlerinin fazla olduğu, demiryolu, denizyolu ve iç su yolu taşımacılık modlarının taşıma maliyetlerinin ise daha az olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bu doğrultuda yapılacak olan taşımaların mümkün olduğunca demiryolu ve denizyolu ve iç su yolu taşımacılığına kaydırılması karayolu taşımacılığının oluşturduğu yüksek maliyetin yanında trafik sıkışıklığı, trafik kazaları, hava ve gürültü kirliliği gibi olumsuz etkileri de azaltacağı konu ile ilgili yapılan diğer çalışmalarda da görülmüştür (Atar ve diğerleri, 2013; European Commission, 2001; TÜBİTAK, 2003; TÜSİAD, 2014).

Sektör firmalar ile yapılan görüşmelerde, Van Gölü'nün kullanılacağı güzergâhlarda demiryolu ve denizyolu taşımacılığında gerçekleşen uzun taşıma sürelerinin kombine ve multimodal taşımacılığın tercih edilme oranını düşürdüğü ve bu sorunun giderilmesiyle kombine ve multimodal taşımacılığın kullanım oranının artacağı belirtilmiştir. Bu olumsuz etkinin azalması adına Türkiye'de şuan yapılmakta olan ve yapılacak ulaştırma yatırım ve projelerin kısa sürede hayata geçirilmesi hayati öneme sahiptir. Ayrıca Türkiye'de mevcut demiryolu hatlarının yük taşımacılığında kullanabilecek şekilde elektrikli yüksek hızlı tren hatlarına çevrilmesi ve Türkiye'de ki belirli kapasitedeki tüm önemli üretim merkezlerine kamu-özel işbirliği çerçevesinde elektrikli yüksek hızlı tren iltisak hatlarının çekilmesi sorunun giderilmesine büyük katkı sağlayarak Türkiye'nin jeoekonomik, jeopolitik ve jeostratejik açıdan daha güçlü duruma ulaşmasını sağlayacaktır. Bunun yanı sıra demiryolu, iç su yolu ve denizyolu taşımalarında oluşan uzun taşıma sürelerinin nasıl azaltılabileceği üzerine çalışmaların yapılması Türkiye'de gerçekleştirilen kombine ve multimodal taşımacılığa önemli katkılar sunacaktır.

**Kaynakça**

- Atar, F., Aydoğdu, Y.V., Duru, O. and Őenol, Y.E. (2013). Kısa Mesafe Deniz Taşımacılığının Avantajları ve Kombine Taşımacılıktaki Önemi Üzerine Bir Çalışma. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*. 5(1), 75-91.
- Avrupa Komisyonu. (2011). Beyaz Kitap-Tek Tip Bir Avrupa Taşımacılık Alanı için Yol Haritası-Rekabetçi ve Verimli Kaynaklara Sahip Bir Taşımacılık Sistemine Doğru. Retrieved July 22 2019 from <http://www.dtd.org.tr/legislations>.
- Bouchery, Y. And Fransoo, J. (2015). Cost, Carbon Emissions and Modal Shift In Intermodal Network Design Decisions, *International Journal of Production Economics*. 164 (19), 388-399. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.11.017>.
- Caris, B., Macharis, C. and Janssens, G.K. (2008). Planning Problems In Intermodal Freight Transport: Accomplishments and Prospects, *Transportation Planning and Technology*. 31 (3), 277-302. <https://doi.org/10.1080/03081060802086397>.
- Craig, A.J., Blanco, E.E. and Sheffi, Y. (2013). Estimating The CO<sub>2</sub> Intensity of İntermodal Freight Transportation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 22 (10), 49-53. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2013.02.016>.
- Deveci, D.A. and Çavuşoğlu, D. (2013). İntermodal Demiryolu Taşımacılığı: Türkiye İçin Fırsatlar ve Tehditler, *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 5 (1), 93-120.
- Douet, M. and Cappuccilli, J.F. (2011). A Review of Short Sea Shipping Policy in The European Union, *Journal of Transport Geography*. 19 (4), 968-976. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.03.001>.
- DPT (Devlet Planlama Teşkilatı). (2001). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. Ulaştırma Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Demiryolu Ulaştırması Alt Komisyonu Raporu. Retrieved July 22 2019 from [http://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/08\\_Ulaştırma\\_DemiryoluUlaştırması.pdf](http://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/08_Ulaştırma_DemiryoluUlaştırması.pdf).
- European Commission. (2001). White Paper - European Transport Policy for 2010: Time to Decide, Brussels. Retrieved June 19 2019 from, [https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/strategies/doc/2001\\_white\\_paper/lb\\_com\\_2001\\_0370\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/strategies/doc/2001_white_paper/lb_com_2001_0370_en.pdf)
- European Commission. (2019). EU Transport In Figures-Statistical Pocketbook, 2019 Report. Lüksemburg. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/f0f3e1b7-ee2b-11e9-a32c-01aa75ed71a1>.
- Hanssen, T.E.S., Mathisen, T.A. and Jorgensen, F. (2012). Generalized Transport Costs In Intermodal Freight Transport. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 54, 189-200. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.738>.
- Kabasakal, A. ve Solak, A.O. (2010). Demiryolu ve Karayolu Ulaştırma Sistemlerinin Ekonomik Etkinlik Analizi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), 123-136.
- Kalkınma Bakanlığı. (2012). Onuncu Kalkınma Planı (2014 – 2018): Ulaştırma ve Trafik Güvenliği Özel İhtisas Komisyon Raporu. Retrieved September 24 2019 from [https://ww4.ticaret.edu.tr/ulaştırma/wp-content/uploads/sites/85/2016/05/10.KALKINMA-PLANI\\_ULA%C5%9ETIRMA-VE-TRAF%C4%B0K-G%C3%9CVENL%C4%B0%C4%9E%C4%B0-%C3%96%C4%B0K-RAPORU.pdf](https://ww4.ticaret.edu.tr/ulaştırma/wp-content/uploads/sites/85/2016/05/10.KALKINMA-PLANI_ULA%C5%9ETIRMA-VE-TRAF%C4%B0K-G%C3%9CVENL%C4%B0%C4%9E%C4%B0-%C3%96%C4%B0K-RAPORU.pdf).
- Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) (2019). Karayolu Ulaşım İstatistikleri. Retrieved August 04 2019 from <https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Yayinlar/YayinPdf/KarayoluUlaşımİstatistikleri2019.pdf>.
- Köfteci, S. ve Gerçek, H. (2010). Yük Taşımacılığında Taşıma Türü Seçimi için Lojistik Maliyetlere Dayalı İkili Lojit Model. *İMO Teknik Dergi*, 21(103), 5087-5112.
- Liao, C.H., Tseng, P.H. and Lu, C.S. (2009). Comparing Carbon Dioxide Emissions of Trucking and Intermodal Container Transport in Taiwan. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14 (7), 493-496. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2009.05.002>.
- Numanoğlu N., Eynehan M.E. and Morkoç G. (Ed.) (2014). Türkiye’de Kombine Taşımacılığın Fırsatları. TÜSİAD. İstanbul.
- Saatçioğlu, C. ve Kolbaşı, N.Ç. (2012). Türkiye Lojistik Sektöründe Denizyolu - Demiryolu Entegrasyon Sürecinin İncelenmesi. *Sakarya İktisat Dergisi*, 1(2), 1-25.
- Sak, G. (2017). Hiç Demiryolu Haritasına Baktınız Mı? Retrieved March 12 2019 from <https://www.tepav.org.tr/tr/blog/s/5857>.
- Saygılı, M.S. (2014). İntermodal Taşımacılığın Maliyet Avantajları: Karayolu –Denizyolu Entegrasyonu Üzerine Bir Araştırma. *Marmara Üniversitesi Öneri Dergisi*, 11(41), 203-214. <https://doi.org/10.14783/od.v11i41.5000011413>.
- TCDD. (2019). TCDD 2019-2023 Stratejik Plan. T.C. Devlet Demir Yolları İşletmesi Genel Müdürlüğü. Ankara.
- TINA (TINA Türkiye Ortak Girişimi). (2007). Türkiye’nin Ulaştırma Altyapısı İhtiyaç Değerlendirmesi Teknik Yardım Çalışması Sonuç Raporu. Retrieved August 17 2019 from <http://www.dtd.org.tr/files/ulusal/ticc87nasonuuccca7raporupdf.pdf>.

- Tsamboulas, D., Vrenken, H. and Lekka, A.M. (2007). Assessment of a Transport Policy Potential for Intermodal Mode Shift on a European Scale. *Transportation Research*, 41(8), 715-733. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2006.12.003>.
- Tuna, O., Arabelen, G. (2013). Deniz Ulaştırma Lojistiği. Cerit, G.A., Deveci, A., Esmer, S. (Ed), *Denizcilik İşletmeleri Yönetimi* içinde. Beta Basım A.Ş., İstanbul.
- Turan, E., Çelik, F. and Dilek, M. (2012). Gaziantep - İstanbul Arası Yük Taşımacılığının Ekonomik Analizi. *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 30(3), 303-309.
- TÜBİTAK. (2003). VİZYON 2023 Ulaştırma ve Turizm Paneli. Retrieved July 12 2019 from [https://www.tubitak.gov.tr/tubitak\\_content\\_files/vizyon2023/ut/utp\\_son\\_surum.pdf](https://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/ut/utp_son_surum.pdf).
- TÜBİTAK. (2004). Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi. Retrieved June 24 2019 from [https://www.tubitak.gov.tr/tubitak\\_content\\_files/vizyon2023/Vizyon2023\\_Strateji\\_Belgesi.pdf](https://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/Vizyon2023_Strateji_Belgesi.pdf).
- TÜSİAD. (2014). Türkiye’de Kombine Taşımacılığın Fırsatları. Retrieved June 14 2019 from <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/8783-tu-rkiye-de-kombine-tas-imacilig-in-firsatlari-c-alis-masi>.
- Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı (UBAK) ve İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ). (2005). Ulaştırma Ana Planı Stratejisi. Retrieved June 14 2019 from [https://www.bebka.org.tr/admin/datas/sayfas/files/Ulasrma\\_Ana\\_Plani\\_Stratejisi.pdf](https://www.bebka.org.tr/admin/datas/sayfas/files/Ulasrma_Ana_Plani_Stratejisi.pdf).
- World Trade Organization. (2014). International Trade Statistics 2014. Retrieved September 24 2019 from [https://www.wto.org/english/res\\_e/statis\\_e/its2014\\_e/its2014\\_e.pdf](https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/its2014_e/its2014_e.pdf).
- Xu, S.X., Cheng, M. and Huang, G.Q. (2015). Efficient Intermodal Transportation Auctions for B2B e-commerce Logistics with Transaction Costs. *Transportation Research Part B: Methodological*, 80 (19), 322-337. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2015.07.022>.

## Dizel Motorlarda Bütanol-Dizel Yakıt Karışımı Kullanılmasının Çevrimsel Farklara Etkisinin Araştırılması

Samet GURGEN <sup>a(\*)</sup> İsmail. ALTIN<sup>b</sup>

### Yayın Geliş Tarihi

15 Ağustos 2020

### Yayına Kabul Tarihi

04 Eylül 2020

### Elektronik Yayın Tarihi

02 Kasım 2020

*Araştırma Makalesi*

### Anahtar Kelimeler

*Dizel Motor*

*Çevrimsel Farklar*

*Bütanol-dizel yakıt karışımı*

### Öz

Bu çalışmada dizel motorlarında bütanol-dizel yakıt karışımı kullanılmasının çevrimsel farklara etkisi incelenmiştir. Motor performansını ve egzoz emisyonlarını olumsuz yönde etkileyen çevrimsel farklılık, hem maksimum silindir basıncı hem de ortalama indike basınç parametreleri yardımıyla hesaplanarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Deneysel çalışmalar için tek silindirlili, hava soğutmalı ve dört zamanlı bir dizel motoru kullanılmış ve saf dizel yakıtına hacimce %3 (%3 bütanol + %97 dizel yakıtı), %9 ve %15 olmak üzere üç farklı oranda bütanol eklenerek ardışık 100 çevrim analiz edilmiştir. Çalışma sonunda dizel yakıtına bütanol eklenmesinin çevrimsel farkları arttırdığı görülmüştür. Ayrıca iki farklı basınç parametresi kullanılarak hesaplanan sonuçların birbiri ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Saf dizel yakıtı için  $COV_{P_{max}}$  değeri % 0,78 olarak hesaplanmış bu değer B15 yakıtı için % 0,85'e çıkmıştır.  $COV_{P_{mi}}$  değeri saf dizel yakıtı için % 1,14 olarak hesaplanırken B15 yakıtı için bu değer % 1,49'a yükselmiştir.

## Investigation of the Effect of Using Butanol-Diesel Fuel Blends on Cyclic Variability in Diesel Engines

### Article Submitted

15 August 2020

### Article Accepted

04 September 2020

### Available Online

02 November 2020

*Research Article*

### Keywords

*Diesel Engine*

*Cyclic Variability*

*Butanol-diesel fuel blend*

### Abstract

In this study, the effect of using butanol-diesel fuel blend on cyclic variability in diesel engines was investigated. The cyclic variability, which adversely affects engine performance and exhaust emissions, was calculated with the help of both maximum cylinder pressure and mean indicated pressure parameters and comparisons were carried out. For the experimental studies, a single cylinder, air-cooled, four-stroke diesel engine was used, and three different proportions of butanol (3%, 9% and 15% by volume) were added to pure diesel fuel and 100 consecutive cycles were analyzed. At the end of the study, it was seen that the cyclic variability of adding butanol to diesel fuel increased. In addition, the results calculated using two different pressure parameters were found to be compatible with each other.  $COV_{P_{max}}$  value was calculated as 0.78% for pure diesel fuel, and this value increased to 0.85% for B15 fuel. While the  $COV_{P_{mi}}$  value was calculated as 1.14% for pure diesel fuel, this value increased to 1.49% for B15 fuel.

<sup>a</sup>  İskenderun Teknik Üniversitesi, Barbaros Hayrettin Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Hatay, Türkiye.

<sup>(\*)</sup> Sorumlu Yazar: Samet GÜRGEN, [samet.gurgen@iste.edu.tr](mailto:samet.gurgen@iste.edu.tr).

<sup>b</sup>  Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Trabzon, Türkiye, [isaltin@ktu.edu.tr](mailto:isaltin@ktu.edu.tr).



## 1. Giriş

Günümüzde dizel motorlar, yüksek verime ve düşük özgül yakıt tüketimine sahip olduğu için birçok alanda kullanılmaktadır. Bu alanlardan biri olan denizcilik sektörü düşünüldüğünde, gemilerin yaklaşık %98'inin dizel motoru kullandığı görülmektedir. Fakat bu motorlar tarafından salınan zararlı atık gazlar her geçen yıl etkisini artırmakta ve bununla ilgili çeşitli kısıtlamalar getirilmektedir. Emisyonları azaltmak için geliştirilen tekniklerin yanında yakıt ile ilgili de çalışmalar sürdürülmektedir. Dizel motorlarında kullanılabilecek alternatif yakıtların başında biyodizel ve karışım yakıt bileşeni olarak alkoller gelmektedir. Yenilenebilir olarak üretilebilen bütanol, özellikle son yıllarda artan bir ilgi görmektedir (Gürgen vd., 2017; 581-589).

Bütanol-dizel yakıt karışımı kullanılan dizel motorlarda motor performansı ve egzoz emisyonları ile ilgili oldukça fazla çalışma bulunmaktadır (D. Rakopoulos vd., 2010; 2781-2790; D. Rakopoulos vd., 2011; 1855-1867; D. C. Rakopoulos vd., 2010; 1989-1997; Şahin ve Aksu, 2015; 279-290). Bununla beraber çevrimsel farkların araştırıldığı kısıtlı sayıda çalışma yapılmıştır (Gürgen vd., 2018; 538-544; C. D. Rakopoulos vd., 2019; 1145-1157). İçten yanmalı motorlarda çevrimsel farklar, yakıt tüketimini ve egzoz emisyonlarını önemli ölçüde etkileyen, yanma süreciyle ilişkili önemli bir parametredir. Buji ateşlemeli motorlarda çevrimsel farklarla ilgili oldukça fazla sayıda çalışma yapılmıştır. Bununla beraber dizel motorlarda çevrimsel farkları araştıran sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Genel olarak bir dizel motorunda yanma işleminin kararlı olduğu kabul edilmektedir. Fakat, dizel yakıtı alternatif bir yakıt eklenmesi, yanma kararlılığını etkilemekte ve çevrimsel farklara sebep olmaktadır (Gürgen vd., 2018; 538-544; Tang, vd., 2011; 1-4). Özellikle alternatif yakıtlar kullanıldığı durumlarda çevrimsel farkların önemi arttığı için bu konu ile ilgili çalışmalara son yıllarda büyük önem verilmektedir. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Selim (2005) tarafından yapılan çalışmada çift yakıtlı motorda çevrimsel farklar deneysel olarak incelenmiştir. Çalışmada saf dizel yakıtının yanında dizel+LPG ve dizel+metan karışımları da kullanılmıştır. Burada dizel yakıtı pilot yakıt olarak LPG ve metan ise ana yakıt olarak kullanılmıştır. Çeşitli parametreler değiştirilerek bunların çevrimsel farka etkisi incelenmiştir. En fazla çevrimsel fark LPG kullanıldığında en az ise saf dizel yakıtı kullanıldığında meydana gelmiştir. Her bir yakıt için çevrimsel farklar genellikle yük arttıkça artmıştır.

Rakopoulos vd. (2008) etanol-dizel yakıtı karışımlarının, yanmadaki çevrimsel farklara etkisini stokastik analiz yöntemi ile incelemişlerdir. Çevrimsel farkların tespit edilmesi için basınç parametreleri (maksimum basınç ve ortalama indike efektif basınç), dinamik enjeksiyon zamanlaması ve tutuşma gecikmesi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, değişim katsayısı ( $COV_{imep}$ ) değeri etanol karışımı kullanıldığı durumda artış göstermiştir.

Tang vd. (2011) çalışmalarında yanma işlemindeki çevrimsel farkları; ortalama efektif basınç, maksimum basınç, maksimum basınç artma oranı ve maksimum ısı salınım oranı cinsinden incelemişlerdir. Çalışmada yakıt olarak biyodizelin dört farklı karışım durumu (B0, B20, B50 ve B100) incelenmiştir. Çevrimsel farklar ortalama indike efektif basınç cinsinden incelendiğinde aynı biyodizel karışım oranı için tam yükte, yarım yük durumuna göre yaklaşık %50 azaldığı belirlenmiştir. Maksimum basınç cinsinden yaptıkları incelemede ise karışım oranı arttıkça çevrimsel farkın azalma eğiliminde olduğu görülmüştür. Maksimum basınç artma oranı cinsinden incelendiğinde ise çevrimsel farkların %10'un üzerine çıktığı ayrıca tam yük durumu için ise karışım oranı arttıkça çevrimsel farkların azalma eğilimine girdiği görülmüştür. Yarım yük durumunda ise tam yük durumuna göre daha fazla çevrimsel fark meydana gelmiş ve değişim miktarında dalgalanmalar görülmüştür. Son olarak ise çevrimsel farkları maksimum ısı salınım cinsinden incelemişlerdir. Tam yük durumunda daha az çevrimsel farklar meydana gelmiş ve karışım oranı arttıkça çevrimsel farklar da azalmıştır.

Ceviz vd. (2011) çalışmalarında fındık yağından elde edilmiş biyodizelin %20, %40, %60, %80 ve %100 oranında kullanılmasıyla elde edilmiş karışım yakıtlarının, ortalama indike efektif basınç ve maksimum basınç cinsinden çevrimsel farklarını hesaplamışlardır. Saf dizel için  $COV_{imep}$  değeri % 5,51 ve  $COV_{pmax}$  değeri % 2,22 olarak bulunmuştur. Karışım oranı arttıkça tüm motor devirleri için çevrimsel farklarda azalma meydana gelmiştir. Fakat B20 karışımı için durum biraz farklı çıkmıştır. Diğer karışımların aksine B20 karışımı kullanıldığı zaman çevrimsel farklarda artma meydana gelmiştir. Ayrıca, efektif basınç, özgül yakıt tüketimi, ortalama indike efektif basınç ve maksimum basınç değişim katsayısı arasında iyi bir ilişki ortaya çıkmıştır. Motorun efektif verimi ve çevrimsel farkların ( $COV_{imep}$  ve  $COV_{pmax}$ ) yüksek olduğu durumda özgül yakıt tüketiminin fazla olduğu belirlenmiştir.

Bekal ve Babu (2011) yaptıkları çalışmada dört farklı püskürtme zamanı (ÜÖN'den 21,5-23-24,5-27,5° önce) ve üç farklı püskürtme basıncı (190, 220 ve 250 bar) için çevrimsel farkları incelemişlerdir. Yakıt olarak hint kayın ağacı ve ayçiçeğinden elde edilen metil ester-dizel yakıtı karışımları (B2, B5, B10, B20, B40, B60 ve B80) kullanılmıştır.

Çevrimsel farkların hesabı için maksimum silindir basıncı kullanılarak değişim katsayısı hesaplanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, püskürtme zamanı olarak en az çevrimsel fark ÜÖN'den 23 ve 24,5° KMA önce olduğu zaman görülmüştür. Püskürtme basıncının 220 bar olduğu durumda ise çevrimsel fark maksimum olmuştur. Ayrıca kısmi yüklerde çevrimsel fark tam yük durumuna göre daha fazla çıkmıştır. Çalışmadan çıkan diğer bir önemli sonuç ise; çoğu durum için çevrimsel farkın yüksek olduğu şartlarda özgül enerji tüketiminin de yüksek olmasıdır.

Mei vd. (2014) dimetilkarbonat-dizel yakıtı karışımı kullandıkları çalışmalarında çevrimsel farkları araştırmışlardır. Değişim katsayısı hem ortalama indike efektif basınç hem de maksimum basınç cinsinden hesaplanmıştır. Sonuç olarak dizel yakıtına %10 oranında dimetilkarbonat eklenmesiyle hazırlanan karışım için çevrimsel farklar dizel yakıtına göre daha fazla çıkmıştır. Tutuşmadaki karmaşık olayların tekrarlanabilirliği ve alev yayılması kötüleşmiş bu da çevrimsel farkların artmasına sebep olmuştur. Aynı durum maksimum basınç cinsinden hesaplanan sonuçlarda da çıkmıştır. Çalışmada ayrıca EGR'nin çevrimsel farklara etkisi de incelenmiş ve EGR oranı arttıkça hem saf dizel hem de karışım yakıt durumunda çevrimsel farklar artmıştır. EGR oranının artmasıyla birim karışım hacmine düşen yakıt ve oksijen seviyesi azalmaktadır. Fazla miktarda atık egzoz gazı kötü bir atmosfer oluşturur ve alev ilerleme hızını düşürmekte ve bu durum ise yanma işlemindeki kararsızlıkları arttırmaktadır.

Gürgen vd. (2017) dizel motorlarda etanol-dizel ve bütanol-dizel yakıt karışımları kullanılmasının çevrimsel farklara etkisini incelemişlerdir. Çalışmada saf dizel yakıtına %5 ve %10 oranında etanol veya bütanol eklenerek tam gaz konumunda, 1000 dev/dak ve 2000 dev/dak devir sayısında deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Çevrimsel farkların hesaplanmasında yalnızca ortalama indike basınç parametresi kullanılmıştır. Çalışma sonunda, dizel yakıtında alkol oranının artmasının çevrimsel farkları arttırdığı ve bu artışın etanolde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca düşük devir sayılarında çevrimsel farkların yüksek devir sayılarına göre daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Gürgen vd. (2018) tarafından yapılan diğer bir çalışmada dizel motorlarda bütanol-dizel yakıt karışımı kullanılmasının çevrimsel farklara etkisi yapay sinir ağları (YSA) ile modellenmiştir. Çalışma, tam gaz konumunda, 10 farklı devir sayısında ve 6 farklı karışım oranında yapılmıştır. Ortalama indike basınç parametresi kullanılarak hesaplanan çevrimsel farklar analiz edildiğinde karışımdaki bütanol oranının artmasının çevrimsel farkları arttırıcı yönde etki yaptığı görülmüştür. Ayrıca genel olarak bakıldığında motor devir sayısı arttıkça çevrimsel farklar azalmıştır. Son olarak oluşturulan YSA modellerinin deneysel sonuçlar ile oldukça uyumlu olduğu ve çevrimsel farkları tahmin etmekte iyi bir model olduğu belirtilmiştir.

Literatür özetinden de görüldüğü gibi dizel motorlarda çevrimsel farklar ile ilgili çalışmalar sınırlı olup özellikle bütanol-dizel yakıtı kullanılan çalışmalar oldukça azdır. Genellikle bütanol-dizel yakıt kullanılan çalışmalarda ise tek bir basınç parametresi kullanılmış, farklı göstergelerle karşılaştırmalar yapılmamıştır. Bu çalışmada ise dizel motorlarda bütanol-dizel yakıt karışımı kullanılmasının çevrimsel farklara etkisi hem ortalama indike basınç hem de maksimum silindir basınç değeri cinsinden hesaplanarak karşılaştırılmalar yapılmıştır. Dolayısıyla bu iki farklı basınç parametresinin benzer sonuçlar verip vermediği belirlenmiştir. Deneysel çalışmalar 2200 dev/dak sabit hızında ve 3 farklı karışım durumu için 100 ardışık çevrim analiz edilerek gerçekleştirilmiştir.

## 2. Çevrimsel Farklar

İçten yanmalı motorların çalışması esnasında herhangi bir çevrim diğer bir çevrimden farklı bir yol izlemektedir. İndikatör diyagramları yardımıyla izlenen bu olay çevrimsel farklar veya çevrimden çevrime farklar olarak bilinmektedir. Çevrimsel farkların gözlenmesi için genellikle basınç ve yanma ile ilgili parametreler kullanılmaktadır. Literatürde basınç ile ilgili en çok kullanılan parametreler; maksimum silindir basıncı, maksimum silindir basıncının meydana geldiği krank açısı, maksimum basınç artış hızı, maksimum basınç artış hızının meydana geldiği krank açısı ve ortalama indike efektif basınçtır. Yanma ile ilgili olan parametreler ise maksimum ısı salınım oranı ve maksimum kütleli yanma oranıdır. Çevrimsel farkların hesaplanmasında en pratik yöntem olarak basınç veya yanma parametrelerinin değişim katsayısı (COV) kullanılmaktadır (Yang vd., 2013, 1-14). Bu çalışmada hem maksimum silindir basıncı hem de ortalama indike basınç değerleri kullanılarak Denklem 1'de gösterildiği değişim katsayısı hesaplanmıştır.

$$COV_P = \frac{\sigma_P}{\bar{P}} \times 100 \quad (2.1)$$

Burada  $\sigma_P$  ve  $\bar{P}$  sırasıyla standart sapma ve ortalama değer olup aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\sigma_P = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{P} - P(i))^2}{n-1}} \quad (2.2)$$

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P(i) \quad (2.3)$$

Burada  $n$  çevrim sayısıdır. Çalışmada hem maksimum silindir basıncı hem de ortalama indike basınç değerleri kullanılarak iki farklı COV değeri hesaplanacağı için  $P$  değeri ilgili parametreye göre değişecektir.

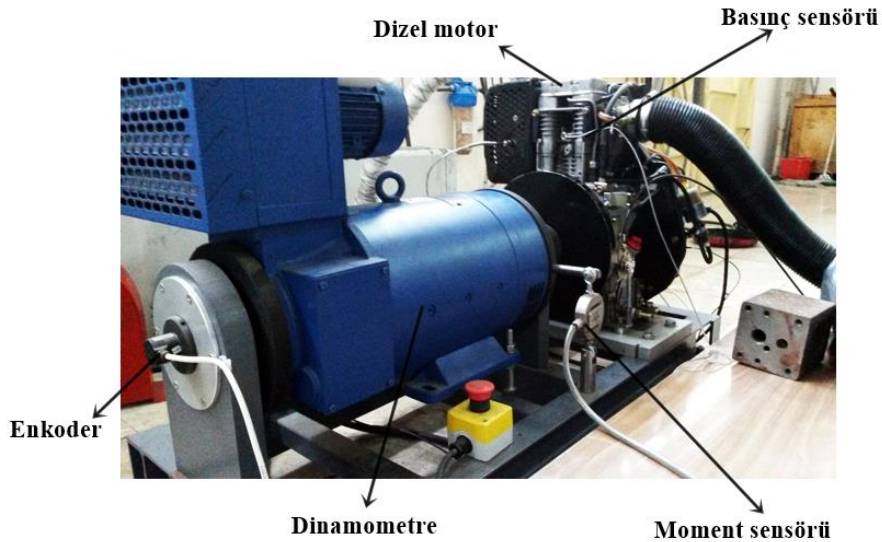
Çevrimsel farkların sebepleri üç ana başlık altında toplanabilir. Bunlardan ilki silindir içindeki türbülans ve girdaptan dolayı oluşan gaz hareketleridir. İkinci sebebi ise yakıt, hava ve artık gaz miktarındaki değişimlerdir. Bu parametreler silindir içinde çevrimden çevrime sürekli olarak değişim gösterir. Karışımda meydana gelen bu değişimler doğal olarak çevrimsel farka sebep olmaktadır. Çevrimsel farklara sebep olan son etmen ise karışımın hazırlanmasıdır. Karışım hazırlanmasındaki farklılıklar ise püskürtme basıncı, püskürtme sırasında silindir içi şartlar ve püskürtme zamanlamasındaki farklılıklardan kaynaklanır (Bittle vd., 2010, 1-17).

Çevrimsel farkların düşürülmesinin daha kararlı bir yanma, daha az tekleme sorunu ve otomotiv uygulamalarında yüksek sürüş konforu gibi birçok faydası bulunmaktadır. Ortalama indike efektif basınç cinsinden değişim katsayısı ( $COV_{imep}$ ), %10 değeri, kritik sınır değeri olarak edilmiştir. Bu yüzden çevrimsel farkların azaltılmasında yanma süreci için kontrol stratejilerinin geliştirilmesi ve kullanılması büyük önem arz etmektedir. Ayrıca çevrimsel farkların azaltılması yakıt ekonomisi, egzoz emisyonları ve gürültü emisyonları açısından da iyileştirici sonuçlar doğurmaktadır (Heywood, 1988; Yang vd., 2013, 1-14). Dizel yakıtına uygun olarak geliştirilen mevcut motorlarda alternatif yakıt kullanılması durumunda çevrimsel farkların azaltılması için uygun enjektör kullanılması ve püskürtme zamanlaması, püskürtme basıncı gibi parametrelerin optimize edilmesi gerekmektedir. Böylece çevrimsel farklar minimize edilerek özellikle yakıt ekonomisi ve egzoz emisyonlarında olumlu sonuçlar elde edilecektir.

### 3. Deneysel Çalışma

Deneysel çalışmalar Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü İçten Yanmalı Motorlar Laboratuvarında yapılmıştır. Motor deneyleri Şekil 1'de gösterilen dört zamanlı, hava soğutmalı ve tek silindirli bir dizel motorunda gerçekleştirilmiş olup bu motora ait teknik özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Şekil 1. Deney motoru ve dinamometrenin genel görünümü



**Tablo 1.** Dency motorunun teknik özellikleri

|                            |                               |
|----------------------------|-------------------------------|
| <b>Mutlak maksimum güç</b> | 7,3 kW (9,9 hp); 3600dev/dak  |
| <b>Sürekli nominal güç</b> | 6,5 kW (8,8 hp); 3600 dev/dak |
| <b>Silindir çapı</b>       | 88 mm                         |
| <b>Strok uzunluğu</b>      | 76 mm                         |
| <b>Krank yarıçapı</b>      | 38 mm                         |
| <b>Biyel kolu uzunluğu</b> | 124 mm                        |
| <b>Motor hacmi</b>         | 462 cm <sup>3</sup> (0.462 L) |
| <b>Sıkıştırma oranı</b>    | 20,5:1                        |

Çevrimsel farkın hesaplanabilmesi için gerekli olan basınç değerleri ECA 100 Çevrim Analizörü ve buna bağlı ECA 101 Basınç Transdüseri ile ECA 102 Şaft Enkoderi tarafından ölçülmüştür. Ayrıca ECA 100 yazılımı ile P-V ve P-θ diyagramları detaylı olarak görülebilmektedir. Çalışmada dizel yakıtına katkı olarak bütanol kullanılmış olup kapalı formülü C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OH şeklinde ifade edilmektedir. Bütanolün; n-bütanol, 2-bütanol, iso-bütanol ve t-bütanol olmak üzere dört izomeri vardır. Bu dört izomerin de kimyasal formülleri ve ısıl değerleri aynı olmasına karşın moleküler yapıları farklıdır. Bütanol; yosun, mısır ve selüloz içeren diğer bitkisel ürünlerin fermantasyonu sonucu üretilebilir. Dolayısıyla yenilenebilir bir yakıt olarak düşünülebilmektedir. Bu çalışmada kullanılan dizel yakıtı ve bütanolün bazı özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Dizel yakıtı ve n-butanol'ün yakıt özellikleri

|   | <b>Dizel yakıtı</b>             | <b>Butanol</b>                   |
|---|---------------------------------|----------------------------------|
| <b>Kimyasal formül</b>                                | C <sub>14</sub> H <sub>24</sub> | C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH |
| <b>Molekül ağırlığı [kg/kmol]</b>                     | 192,346 <sup>c</sup>            | 74,123 <sup>c</sup>              |
| <b>Yoğunluk [kg/m<sup>3</sup>]</b>                    | 834,5 <sup>a</sup>              | 813,6 <sup>a</sup>               |
| <b>Alt ısıl değer [kJ/kg]</b>                         | 42600 <sup>b</sup>              | 33600 <sup>b</sup>               |
| <b>Setan sayısı</b>                                   | 59,8 <sup>a</sup>               | 8,7 <sup>a</sup>                 |
| <b>Kinematik viskozite, 40 °C, [mm<sup>2</sup>/s]</b> | 2,938 <sup>a</sup>              | 2,268 <sup>a</sup>               |
| <b>Parlama noktası [°C]</b>                           | 60,5 <sup>a</sup>               | 37,5 <sup>a</sup>                |

<sup>a</sup> laboratuvarında ölçülmüştür, <sup>b</sup> Mendelejev formülü ile hesaplanmıştır, <sup>c</sup> kimyasal formülden hesaplanmıştır.

Yakıt ile ilgili ölçümler KTÜ Prof. Dr. Saadetin Güner Yakıt Uygulama ve Araştırma Merkezinde yapılmış olup ölçümler Viskozite için TS 1451 EN ISO3104, parlama noktası için TS EN ISO 2719 ve setan sayısı için TS EN 15195 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Motor deneyleri tam gaz konumunda ve 2200 dev/dak motor devrinde yapılmış olup bu devir sayısı yaklaşık olarak maksimum momentin elde edildiği değerdir. Saf dizel yakıtının yanı sıra dizel yakıtına hacimsel olarak %3 (B3), %9 (B9) ve %15 (B15) oranında n-bütanol eklenerek toplamda 4 farklı yakıt hazırlanmıştır. Çevrimsel farkın hesaplanması için ardışık 100 çevrim kaydedilmiş ve gerekli analizler yapılmıştır. Deneysel çalışmada ölçümler alınmadan önce 15 dakika beklenip motorun kararlı hale gelmesi sağlanmıştır. Elde edilen sonuçların güvenilirliği artırmak için tüm ölçümler belirli aralıklarla 5 kez tekrarlanmıştır. Deneysel çalışmalarda devir sayısı ±1 rpm, moment ±0.1 Nm, sıcaklık ±0.1 °C ve basınç ±1 mbar hassasiyetle ölçülmüştür.

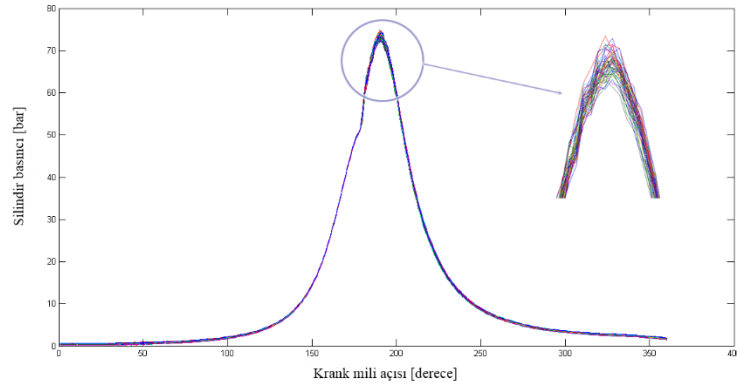
#### 4. Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamında dizel yakıtına değişik oranlarda bütanol eklenmesinin çevrimsel farklılıklara etkisi hem maksimum basınç hem de ortalama indike basınç değerleri analiz edilerek incelenmiştir. İlk olarak saf dizel yakıtına ait analizler gerçekleştirilmiştir. Şekil 2'de saf dizel yakıt durumunda elde edilen indikatör diyagramları, maksimum basınç (P<sub>max</sub>) değişimi ve ortalama indike basınç (P<sub>mi</sub>) değişimi görülmektedir.

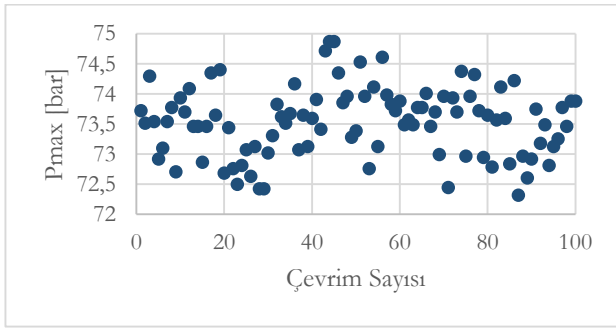
Saf dizel yakıtı durumu için maksimum basınç değeri 72,31 ile 74,86 bar değerleri arasında salınım yaparken ortalama indike basınç değeri 7,16 ile 7,58 bar değeri arasında salınım yapmaktadır. Şekil 3'te B3 karışım yakıtına ait değişimler gösterilmiştir. B3 karışım yakıt için maksimum basınç değeri 71,79 ile 74,42 bar değerleri arasında salınım yaparken ortalama indike basınç değeri 6,93 ile 7,35 bar değeri arasında salınım yapmaktadır. B9 karışım yakıtına ait indikatör diyagramı ve basınç değişimleri ise Şekil 4'te verilmiştir. B9 karışım yakıt için maksimum basınç değeri 72,31 ile 75,85 bar değerleri arasında salınım yaparken ortalama indike basınç değeri 6,92 ile 7,39 bar değeri arasında salınım yapmaktadır. Son olarak B15 karışım yakıtı için elde edilen sonuçlar Şekil 5'te sunulmuştur. B15 karışım yakıt için maksimum basınç değeri 70,23 ile 73,12 bar değerleri arasında salınım yaparken ortalama indike basınç değeri 6,41 ile 6,84 bar değeri arasında salınım yapmaktadır. Genel olarak bakıldığında yakıttaki bütanol oranı arttıkça maksimum basınç değeri düşmekle beraber B9 karışım yakıtı için biraz artış görülmektedir. Ortalama

indike basınç değerleri analiz edildiğinde ise karışımındaki bütanol oranı arttıkça ortalama indike basınç değerinin azaldığı görülmüştür.

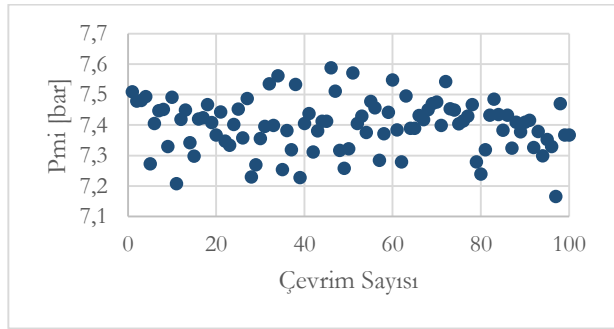
**Şekil 2.** (a) Saf dizel yakıtına ait indikatör diyagramı, (b)  $P_{max}$  değişimi ve (c)  $P_{mi}$  değişimi



(a)

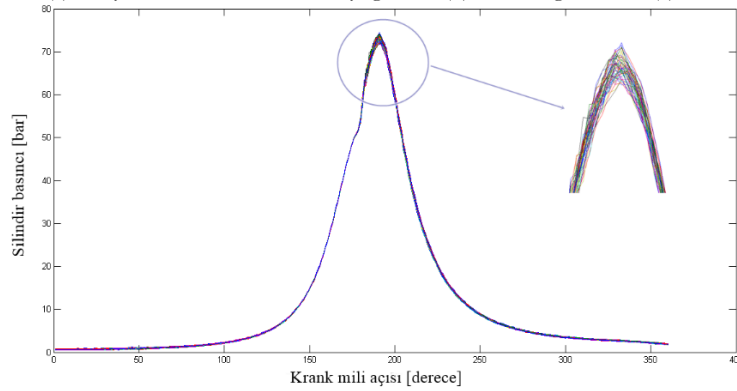


(b)

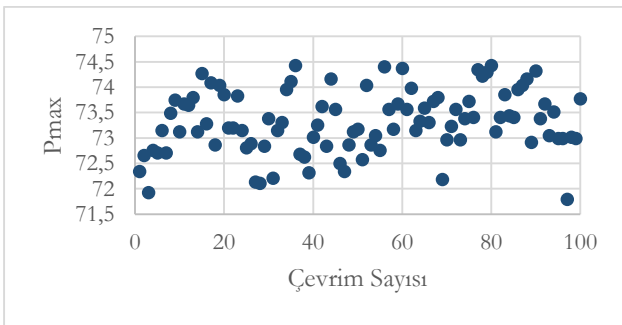


(c)

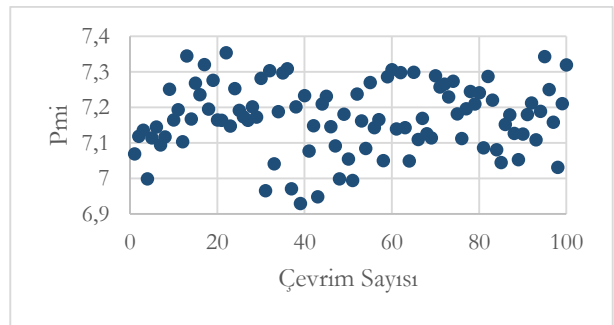
**Şekil 3.** (a) B3 yakıtına ait indikatör diyagramı, (b)  $P_{max}$  değişimi ve (c)  $P_{mi}$  değişimi



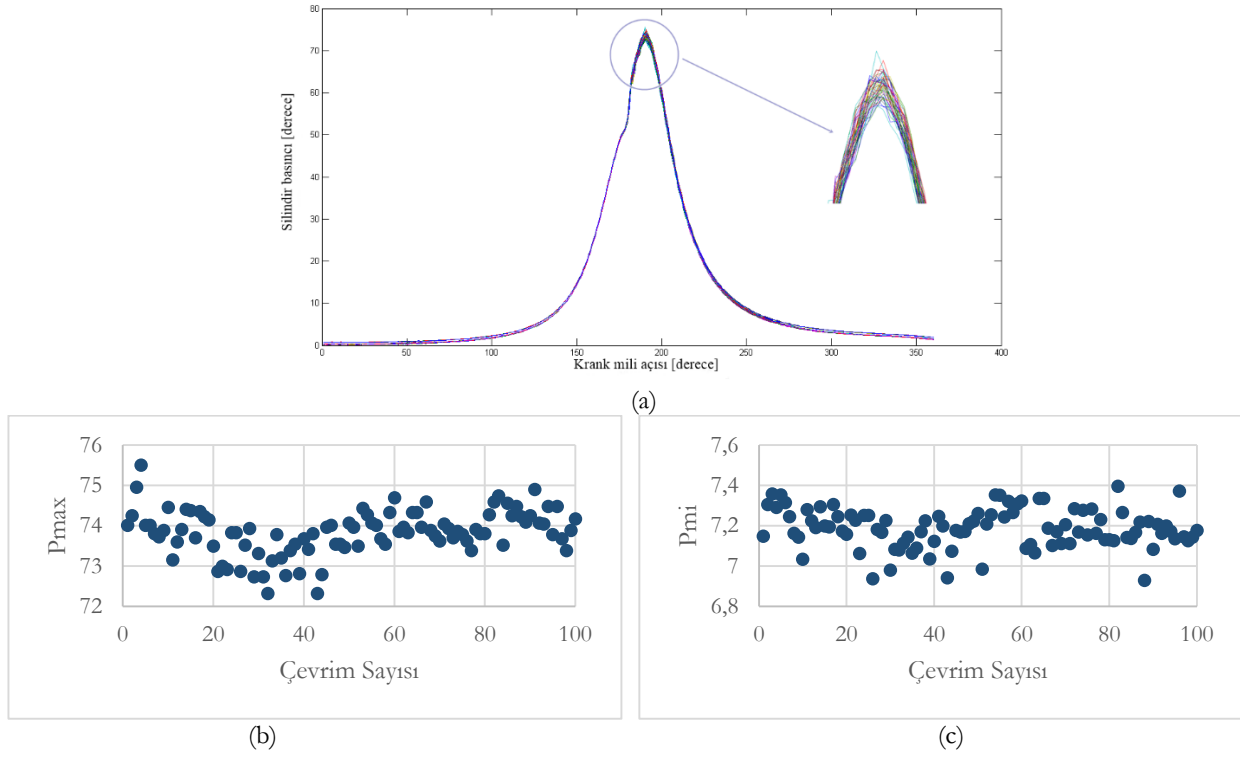
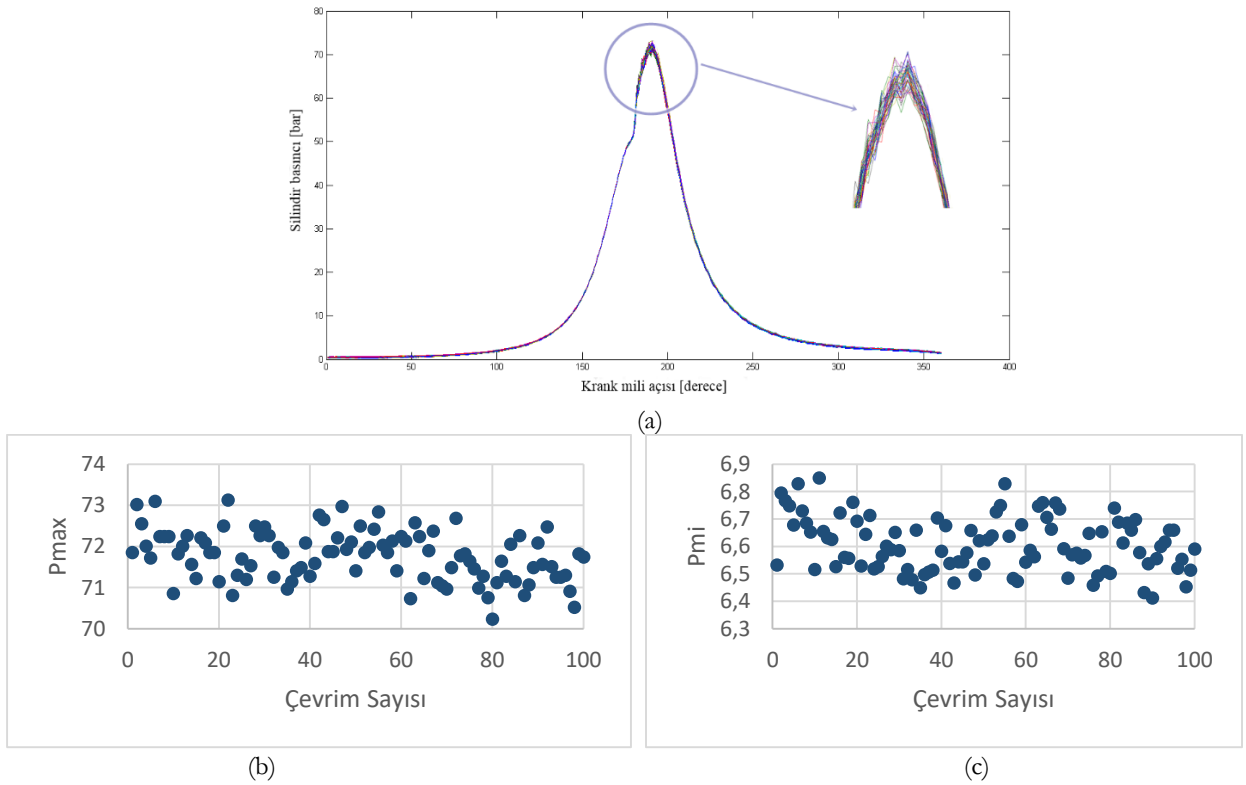
(a)



(b)

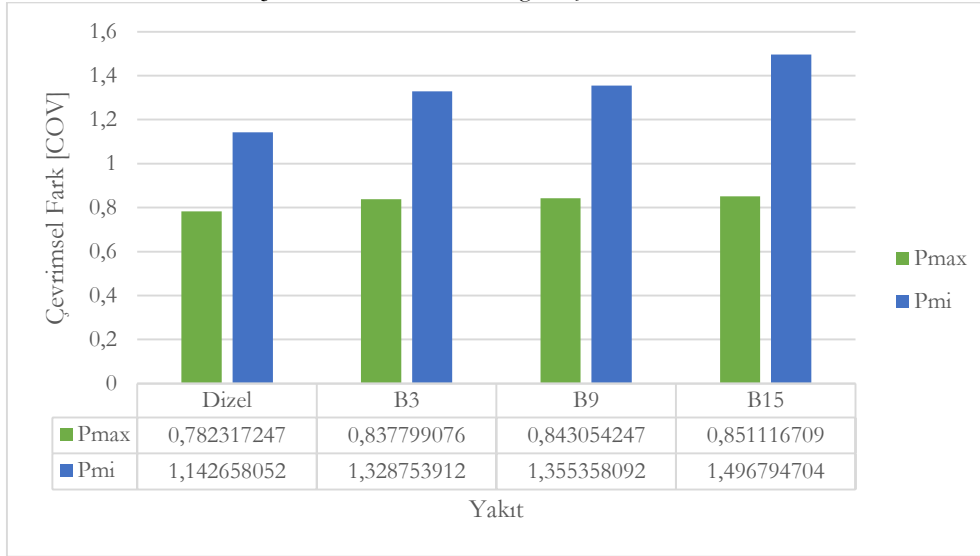


(c)

Şekil 4. (a) B9 yakıtına ait indikatör diyagramı, (b)  $P_{max}$  değişimi ve (c)  $P_{mi}$  değişimiŞekil 5. (a) B15 yakıtına ait indikatör diyagramı, (b)  $P_{max}$  değişimi ve (c)  $P_{mi}$  değişimi

Elde edilen veriler kullanılarak 4 farklı yakıt durumu için hem maksimum basınç hem de ortalama indike basınç cinsinden varyans değerleri hesaplanarak çevrimsel farklar incelenmiştir. Hesaplanan çevrimsel farklar, Şekil 6'da ayrıntılı olarak verilmiştir.

Şekil 6. Yakıt durumuna göre çevrimsel farklar



Buna göre karışımdaki bütanol oranı arttıkça çevrimsel farklar da artma eğilimine girmiştir. Saf dizel yakıtı için  $P_{max}$  kullanılarak elde edilen varyans değeri % 0,78 olarak hesaplanmıştır. Dizel yakıtına bütanol eklenmesi ile varyans değeri artarak B15 için % 0,85 olarak hesaplanmıştır. Benzer sonuçlar  $P_{mi}$  kullanılarak hesaplanan değerler için de geçerlidir. Saf dizel yakıtı için  $P_{mi}$  parametresi yardımıyla hesaplanan varyans değeri %1,14 iken B15 karışımı için bu değer %1,49'a yükselmiştir. Bu sonuçlara göre hem  $P_{max}$  hem de  $P_{mi}$  parametreleri kullanılarak hesaplanan çevrimsel farkların birbirine paralel olduğu ve dizel yakıtında bütanol kullanımının çevrimsel farklılığı artırdığı görülmüştür. Bununla beraber artış miktarının  $P_{mi}$  değişiminde daha net olduğu belirlenmiştir. Daha önce değinildiği gibi çevrimsel farkların artması yakıt ekonomisini, egzoz ve gürültü emisyonlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Dizel yakıtına bütanol eklendiğinde setan sayısı düşmekte ve tutuşma gecikmesi artmaktadır. Ayrıca motordaki mevcut enjektör ve püskürtme parametreleri dizel yakıt için ayarlanmıştır. Dolayısıyla dizel yakıtına bütanol eklenmesinin çevrimsel farklılıkları artırmasında yukarıda bahsedilen olayların sebep olduğu düşünülmektedir. Ayrıca çevrimsel farkların azaltılması için karışım yakıtına uygun enjektör tasarımı yapılması gerekli olduğu düşünülmektedir. Bununla beraber, püskürtme basıncı, püskürtme zamanlaması gibi önemli parametrelerin optimize edilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla dizel motorlarda bütanol-dizel yakıt karışımı kullanılması durumunda ek önlemlerin alınmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

## 5. Sonuçlar

Bu çalışmada sıkıştırma ateşlemeli motorlarda dizel yakıtına bütanol eklenmesinin çevrimsel farklara etkisi araştırılmıştır. Deneyler tam gaz konumunda sabit 2200 dev/dak durumunda gerçekleştirilmiş, saf dizel yakıtı ve B3, B9 ve B15 olmak üzere üç farklı karışım yakıtı ile çalışma durumu incelenmiştir. Çalışma kapsamında çevrimsel farkların hesaplanması için maksimum silindir basıncı ve ortalama indike basınç değerleri kullanılmış olup bu iki parametrenin birbiri ile tutarlı sonuçlar verip vermediği de araştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir;

- Dizel yakıtına bütanol eklenmesi ile motorda meydana gelen çevrimsel farklar artmaktadır.
- Çevrimsel farklardaki değişim hem maksimum silindir basıncı hem de ortalama indike basınç değerleri kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar birbirine paralel çıkmıştır.
- Saf dizel yakıtı için  $COV_{P_{max}}$  değeri % 0,78 olarak hesaplanmış bu değer B15 yakıtı için % 0,85 olarak hesaplanmıştır.
- $COV_{P_{mi}}$  değeri saf dizel yakıtı için % 1,14 olarak hesaplanırken B15 yakıtı için bu değer % 1,49'a yükselmiştir.

## Teşekkür

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje Numarası: FYL-2015-5286).

## Kaynakça

- Bekal, S., ve Babu, T. A. (2011). An Analysis of Cycle-by-cycle Fluctuation in Combustion Parameter in CI Engine Operation for Various Bio-fuels. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 33(19), 1792-1801. <https://doi.org/10.1080/15567030903419422>.
- Bittle, J., Knight, B., & Jacobs, T. (2010). Biodiesel effects on cycle-to-cycle variability of combustion characteristics in a common-rail medium-duty diesel engine. *SAE*, (2010-01-0867). <https://doi.org/10.4271/2010-01-0867>
- Ceviz, M., Koncuk, F., Küçük, Ö., Gören, A., and Yüksel, F. (2011). Analysis of Combustion Stability and Its Relation to Performance Characteristics in a Compression Ignition Engine Fueled with Diesel-biodiesel Blends. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 33(10), 990-1003. <https://doi.org/10.1080/15567030903261790>.
- Gürgen, S., Ünver, B., and Altın, İ. (2017). Experimental investigation on cyclic variability, engine performance, and exhaust emissions in a diesel engine using alcohol-diesel fuel blends. *Thermal Science*, 21(1), 581-589. <https://doi.org/10.2298/TSCI161020306G>.
- Gürgen, S., Ünver, B., & Altın, İ. (2018). Prediction of cyclic variability in a diesel engine fueled with n-butanol and diesel fuel blends using artificial neural network. *Renewable Energy*, 117, 538-544. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.10.101>.
- Heywood, J. B. (1988). *Internal combustion engine fundamentals (Vol. 930)*. McGraw-hill, New York.
- Mei, D., Wu, H., Ren, H., Hielscher, K., and Baar, R. (2014). Combustion Cycle-by-Cycle Variations in a Common Rail Direct Injection Engine Fueled with Dimethyl Carbonate–Diesel Blend. *Journal of Energy Engineering*, 04014059.
- Rakopoulos, C. D., Rakopoulos, D. C., Kosmadakis, G. M., and Papagiannakis, R. G. (2019). Experimental comparative assessment of butanol or ethanol diesel-fuel extenders impact on combustion features, cyclic irregularity, and regulated emissions balance in heavy-duty diesel engine. *Energy*, 174, 1145-1157. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.063>.
- Rakopoulos, D., Rakopoulos, C., Giakoumis, E., Papagiannakis, R. and Kyritsis, D. (2008). Experimental-stochastic investigation of the combustion cyclic variability in HSDI diesel engine using ethanol–diesel fuel blends. *Fuel*, 87(8), 1478-1491. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2007.08.012>.
- Rakopoulos, D., Rakopoulos, C., Hountalas, D., Kakaras, E., Giakoumis, E. and Papagiannakis, R. (2010). Investigation of the performance and emissions of bus engine operating on butanol/diesel fuel blends. *Fuel*, 89(10), 2781-2790. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2010.03.047>.
- Rakopoulos, D., Rakopoulos, C., Papagiannakis, R. and Kyritsis, D. (2011). Combustion heat release analysis of ethanol or n-butanol diesel fuel blends in heavy-duty DI diesel engine. *Fuel*, 90(5), 1855-1867. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2010.12.003>.
- Rakopoulos, D. C., Rakopoulos, C. D., Giakoumis, E. G., Dimaratos, A. M. and Kyritsis, D. C. (2010). Effects of butanol–diesel fuel blends on the performance and emissions of a high-speed DI diesel engine. *Energy Conversion and Management*, 51(10), 1989-1997. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.02.032>.
- Selim, M. Y. (2005). Effect of engine parameters and gaseous fuel type on the cyclic variability of dual fuel engines. *Fuel*, 84(7), 961-971. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2004.11.023>.
- Şahin, Z. and Aksu, O. N. (2015). Experimental investigation of the effects of using low ratio n-butanol/diesel fuel blends on engine performance and exhaust emissions in a turbocharged DI diesel engine. *Renewable Energy*, 77, 279-290. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.11.093>.
- Tang, D., Ge, J., Duan, R. and Zhang, Y. (2011). Investigation on the combustion cyclic variability in a non-road diesel engine fuelled with diesel/bio-diesel blends. Paper presented at *the Electric Information and Control Engineering (ICEICE), 2011 International Conference on*.
- Yang, Z., Steffen, T. and Stobart, R. (2013). Disturbance sources in the diesel engine combustion process. *SAE*, (0148-7191). <https://doi.org/10.4271/2013-01-0318>.



## Gemi Acentelerinin E-Gümrük Hizmetinin Teknoloji Kabul Modeli ile Değerlendirilmesi: Doğu Akdeniz Örneği

Başak GÖKPINAR BOZHÜYÜK<sup>a</sup>

### Yayın Geliş Tarihi

14 Eylül 2020

### Yayına Kabul Tarihi

16 Eylül 2020

### Elektronik Yayın Tarihi

02 Kasım 2020

*Araştırma Makalesi*

### Anahtar Kelimeler

*Bilgi teknolojileri*

*Gemi Acente*

*Doğu Akdeniz*

### Öz

Gümrük süreçlerinin elektronikleşmesiyle kullanıcıların yeni sistemlere adaptasyonları önem arz etmiştir. Bu çalışmanın amacı gemi acente çalışanlarının elektronik gümrük sistemlerine adaptasyon seviyelerini Teknoloji Kabul Modeli (TKM) çerçevesinde incelemektir. Bu doğrultuda Doğu Akdeniz Bölgesinde faaliyet gösteren gemi acente çalışanlarına 7'li likert formatında 5 değişkenden oluşan 20 ifadeli bir anket uygulanmıştır. Anketteki değişkenlere ilişkin ifadeler TKM çerçevesinde yapılan çalışmalardan uyarlanmıştır. TKM'de yer alan; algılanan fayda, algılanan kullanım kolaylığı, tutum, davranışsal niyet ve gerçek kullanım değişkenleri arasındaki ilişkiyi analiz edebilmek amacıyla regresyon analizi uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; algılanan fayda, algılanan kullanım kolaylığı, davranışa yönelik tutum ve davranışsal niyetin, gemi acente çalışanlarının e-gümrük sistemine adaptasyonlarını etkileyen önemli belirleyiciler olduğu tespit edilmiştir. Ulaşılan bulgulara göre; davranışsal niyetin gerçek kullanımı pozitif bir şekilde etkilediği görülmüştür. Bu etkinin oranı çok yüksek olmasa da varlığı ileri sürülebilir. Regresyon analiz sonuçları, model içerisindeki değişkenlerden algılanan fayda, algılanan kullanım kolaylığı, tutum ve davranışsal niyet arasında son derece anlamlı ve olumlu bir ilişki olduğunu göstermiştir.

## Evaluation of E-Customs Service of Ship Agencies with Technology Acceptance Model: Eastern Mediterranean Example

### Article Submitted

14 September 2020

### Article Accepted

16 September 2020

### Available Online

02 November 2020

*Research Article*

### Keywords

*Information Technologies*

*Shipping Agency*

*Eastern Mediterranean*

### Abstract

With the digitalization of customs processes, it has become more essential for users adapting to new systems. The aim of this study is to examine the adaptation levels of ship agency employees to electronic customs systems within the framework of the Technology Acceptance Model (TAM). In this direction, a 20-statement questionnaire consisting of 5 variables in 7-likert format has been applied to ship agency employees operating in the Eastern Mediterranean Region. The expressions regarding the variables in the questionnaire have been adapted from the studies conducted within the framework of TAM. In TAM; Regression analysis has been applied to analyze the relationship among perceived usefulness, perceived ease of use, attitude, behavioral intention, and actual use variables. According to the research results; perceived usefulness, perceived ease of use, attitude towards behavior and behavioral intention have been found as important determinants affecting the adaptation of ship agency employees to the e-customs systems. According to the obtained findings; it has been observed that behavioral intention positively impacts actual use although the rate of this effect is not very high, its existence can still be claimed. Regression analysis results showed that there has been a highly significant and positive relationship among perceived usefulness, perceived ease of use, attitude and behavioral intention variables participating in the model.

<sup>a</sup>  İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, Türkiye, [basakgkpnr@hotmail.com](mailto:basakgkpnr@hotmail.com).

## 1. Giriş

Son dönemlerde bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımı ve kabulü hususunda pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar yeni teknolojilerin ve yeniliklerin sağladığı dijitalleşmenin, birey tarafından benimsenmesini ve kullanımını açıklamaya dönük pek çok teori ve modeli ortaya çıkarmıştır. Bilgi teknolojilerinin birey tarafından kabulünün açıklanmasına ilişkin literatür dikkate alındığında, geçerliliğini teorik ve ampirik olarak kanıtlamış olması (Davis, Bagozzi ve Warshaw, 1989: 983) sebebiyle, teknolojiye karşı bireyin kullanımını ve adaptasyonunu açıklayan, Davis (1986) tarafından geliştirilen Teknoloji Kabul Modeli, pek çok araştırmada kullanılmış ve test edilmiş bir modeldir. Teknoloji Kabul Modeli pek çok bilgi teknolojisine uyarlanabilir olmasından dolayı birçok çalışma söz konusu model çerçevesinde değerlendirilmiştir. Bunlar arasında e-devlet (Al-Hujran, Al-Debei, Chatfield, ve Migdadi, 2015; Belanche, Casaló ve Flavián, 2012; Hamid, Razak, Bakar ve Abdullah, 2016; Lean, Zailani, Ramayah ve Fernando, 2009; Lin, Fofanah ve Liang, 2011; Nzaramyimana ve Susanto, 2019; Shyu ve Huang, 2011), elektronik belge (Kaya ve Eren, 2019), e-öğrenme (Abdullah ve Ward, 2016) çalışmaları yer almaktadır. Söz konusu modelin, çeşitli alanlarda kullanılan bilgi teknolojilerinin birey kullanımı ile uyumunu öngörmede ve açıklamada yeterli olduğu kabul edilmektedir (Davis, 1989: 333-334; Davis ve diğerleri, 1989: 985).

Bilgi ve iletişim teknolojileri son dönemde hızla büyümekte ve çeşitli alanlara entegre edilmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojisinin kullanıldığı alanlardan biri uluslararası ticaret alanıdır. Bilgi ve iletişim teknolojileri, uluslararası ticaretin basitleştirilmesi amacıyla gümrük işlemlerinde sunulan hizmetleri geleneksel yöntemlerden farklı bir yapıya taşımıştır. Elektronik gümrük adı verilen bu yapı, aktif internet bağlantısı ile 24 saat hizmet sunması, gümrük süreçlerindeki bürokratik işlem sürelerini azaltması, hata payını asgari düzeye indirmesi, maliyetleri azaltması ve ticarete şeffaflık kazandırması gibi geleneksel hizmetlerin sunamayacağı faydalar sunmaktadır (Raus, Flügge ve Boutellier, 2009: 252-255).

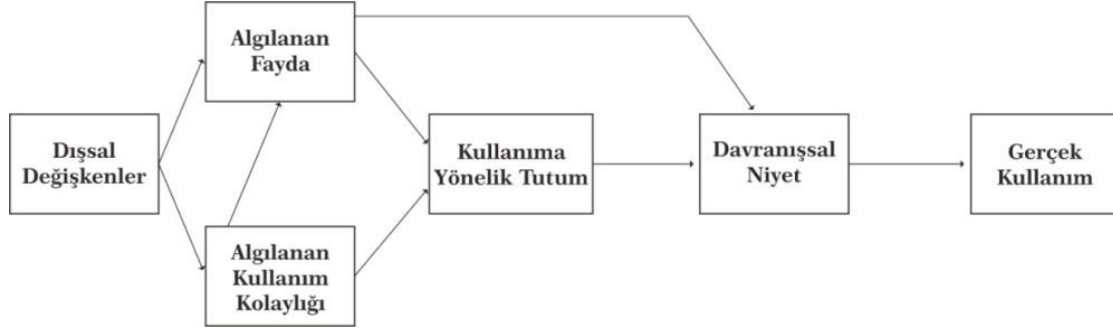
Geminin limana giriş ve çıkışı sırasında, bilgi ve belgelerin sunulmasında yaşanan karmaşıklık ve bürokratik sürecin zaman alması denizcilik sektöründe yıllarca devam eden sorunlar arasında yer almaktadır (Morrall, Rainbird, Katsoulakas, Kolioussis ve Varelas, 2016: 145). Dünya ticaret hacminin artması ve uluslararası ticaretin yaklaşık %75 - %80' in denizyolu taşımacılığı ile yapılması (UNCTAD, 2019: 89), operasyon yönetiminin optimize edilmesini sağlayabilmek için denizyolu taşımacılığında bilgisayar ve bilgi teknolojilerinin kullanımını gerekli kılmaktadır (UNCTAD, 2017: 85). Buna istinaden denizyolu taşımacılığının aktörleri arasında yer alan gemi acenteleri, teknolojik yeniliklerin getirdiği dijitalleşme süreci sayesinde elektronik platformlar içerisinde yer alan elektronik gümrük sistemlerinden yararlanmaktadır. Gemi acenteleri söz konusu sistem ile ilgili gemiye ait bilgi ve belgeleri, limana giriş ve çıkış sırasında yapılan kontrollerin belgelerini ve istenilen evrakları tek bir sistem üzerinden ilgili kurumlara iletmektedir. E-gümrük sistemleri bu tür büyük avantajlar sağlasa da, bilgi teknolojilerinin kullanımı, gemi acentelerinin mevcut sistemi kabulüne bağlıdır (Hsiao ve Yang, 2011: 128). Literatür taraması esnasında, yapılan çalışmalar incelendiğinde e-gümrük sistemlerinin kabulünü açıklamaya dönük çalışmaların, e-gümrük sisteminin kullanıma yönelik kolaylaştırıcı ve engelleyici faktörlerin açıklanmasını sağlamak amacıyla yapıldığı görülmektedir. Bu amaç doğrultusunda Raus ve diğerleri (2009) tarafından yapılan çalışmada çevresel ve örgütsel faktörlerin dikkate alınması sebebiyle çalışma, Yeniliklerin Yayılım Teorisi (Rogers, 1983) çerçevesinde değerlendirilmiştir. Bununla birlikte aynı amaç doğrultusunda Urciuoli, Hints ve Ahokas (2013) tarafından yapılan çalışmada söz konusu faktörleri belirleyebilmek amacıyla Yeniliğin Yayılım Teorisinden ve ayrıca e-devletin benimsenmesine dönük Gerekçeli Eylem Teorisi ve Teknoloji Kabul Modelinden yararlanılmıştır. Ancak gemi acentelerinin e-gümrük hizmetini benimsemelerini ve kabul davranışlarını yazarların mevcut bilgisi dahilinde Teknoloji Kabul Modeli çerçevesinde açıklayan bir çalışma tespit edilememiştir. Bu nedenle bu çalışmanın amacı, gemi acentelerinin e-gümrük hizmetlerine yönelik adaptasyonlarını teknoloji kabul modeli ile açıklamaktır. Çalışmada kapsamında bireylerin, bilgi teknolojilerini benimsemesinde ve kabulünde kullanılan Teknoloji Kabul Modeli açıklanmış ve geminin limana giriş ve çıkış işlemlerinde kullanılan elektronik gümrük kavramına yer verilmiştir. Ardından araştırmanın metodolojisinde yer alan yöntemlere ve anket verilerinin regresyon analiz detaylarına, anket analizinin bulgularına ve son olarak sonuç bölümüne yer verilmiştir.

## 2. Kuramsal Çevre

### 2.1. Teknoloji Kabul Modeli

Teknoloji Kabul Modeli, bilgisayar tabanlı bilişim sistemlerinin kullanıcı kabulü üzerindeki etkisinin açıklanması ve öngörülmesi amacıyla Davis (1986) tarafından geliştirilmiş teorik bir modeldir. Teknoloji Kabul Modelinin amacı bilgi teknolojilerinin kullanıcı tarafından benimsenmesini ve kullanım davranışlarını öngörmek ve açıklamaktır (Davis ve diğerleri, 1989: 985). TKM, bireyin belirli davranışlar üzerindeki niyetlerini açıklayan Fishbein ve Ajzen (1975) tarafından geliştirilen Gerekçeli Eylem Teorisinin bir uyarlamasıdır (Davis ve diğerleri, 1989: 985). Davis ve diğerleri (1989) davranışların altında niyet unsurunun yattığı düşünceden hareketle, Gerekçeli Eylem Teorisini ele

olarak Teknoloji Kabul Modelini oluşturmuştur. Fakat iki model arasında farklılıklar söz konusudur. Öncelikle Gerekçeli Eylem Teorisi, bütün insan davranışlarını tahmin etmek ve açıklamak üzere geliştirilmiş olması sebebiyle, teknoloji kullanımı hususundaki davranışları açıklayan Teknoloji Kabul Modelinden daha genel bir modeldir (Zeren, 2014: 175). Gerekçeli Eylem Teorinde yer almayan algılanan fayda ve algılanan kullanım kolaylığı adı verilen iki değişken Teknoloji Kabul Modeline eklenmiş ve ayrıca Gerekçeli Eylem Teorisinde yer alan öznel norm değişkeni belirsiz teorik ve psikometrik durumu nedeniyle Teknoloji Kabul Modeline dahil edilmemiştir (Davis ve diğerleri, 1989: 986). Teknoloji Kabul Modeli Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Teknoloji kabul modeli (Davis ve diğerleri, 1989).

Modelin iki algısını etkileyen dışsal değişkenler, kullanıcının hedef sistemin kullanımını etkileyen faktörleri içermektedir (Venkatesh ve Davis, 2000: 187). Söz konusu faktörler; hedef sistemin özellikleri ile beraber kullanıcıların demografik ve kişilik özelliklerine ilişkin davranışa ait faktörlerden oluşmaktadır (Davis ve diğerleri, 1989: 984).

Model içerisinde yer alan algılanan fayda, algılanan kullanım kolaylığı, tutum ve davranışsal niyet gibi dört ana değişken bireyin teknoloji kabulünü öngörmekte ve açıklamaktadır (Lederer, Maupin, Sena, & Zhuang, 2000: 270). Birbirine bağıntılı bu değişkenler model içerisinde sırasıyla algılar, tutum, davranışsal niyet ve gerçek kullanım davranışı şeklinde oluşturulmuştur (Lin, Fofanah ve Liang 2011: 272).

TKM, bilgi teknolojisi kullanımının bireyin davranışsal niyet ile belirlendiğini, bireyin bilgi teknolojisine yönelik davranışsal niyetinin, teknolojiyi kullanma hususundaki tutumu ve söz konusu tutumun iki temel algı olan algılanan fayda ve algılanan kullanım kolaylığı ile belirlendiğini ileri sürmektedir (Davis ve diğerleri, 1989: 985-986). İki algının ilişkileri incelendiğinde algılanan kullanım kolaylığının bireyin algıladığı fayda üzerinde anlamlı ve pozitif yönde etkisi söz konusudur (Davis, 1989; Lin ve diğerleri, 2011; Pazvant, 2017; Shyu ve Huang, 2011). Çünkü birey bir sistemi kullanırken çaba gerektirmeyeceğine inandığı ölçüde sistemin yararlı olacağına inanmaktadır (Wangpipatwong, Chutimaskul ve Papisatorn, 2008: 56). Bireyin algıladığı fayda, kullanıma yönelik davranışsal niyeti doğrudan ve kullanıma yönelik tutum üzerinden dolaylı olarak etkilemektedir (Wu, Cheng, Yen ve Huang, 2011: 56). Belanche ve diğerleri (2012) çalışmalarında algılanan faydanın tutumu olumlu yönde etkilediğini, Hamid ve diğerleri (2016) ise algılanan faydanın niyeti olumlu yönde etkilediğini tespit etmişlerdir. Bireyin belirli bir teknolojinin kullanımını kolay olarak algılaması, iş performansını geliştirmesine yardımcı olması yönünde sisteme yönelik olumlu düşünceler sergilemesine neden olmakta ve buna karşılık algılanan kullanım kolaylığı bireyin tutumunu anlamlı ve olumlu yönde etkilemektedir (Al-Hujran ve diğerleri, 2015; Hung, Chang ve Yu, 2006; Lin ve diğerleri, 2011; Yusliza ve Ramayah, 2012). Bireyin teknolojiye karşı tutumu, kullanıcının sisteme yönelik isteklerini ve çabalarının ölçüsü olan niyetin (Özer ve diğerleri, 2010: 3282) gerçekleşmesi yönünde anlamlı ve olumlu bir ilişkinin varlığı söz konusudur (Al-Hujran ve diğerleri, 2015: 198; Lin ve diğerleri 2011: 276). Bireyin teknoloji kullanımına yönelik davranışsal niyeti, gelecekte bireyin davranışına ilişkin ipuçları vermektedir (McKnight ve Chervany, 2001: 51). Bireylerin davranışsal niyetleri kullanıcıların davranışlarını anlamlı ve pozitif yönde etkilemektedir (Alipour, 2017; Shyu ve Huang, 2011). Genel olarak gerçek kullanım davranışının en iyi belirleyicisi, bireyin davranışsal niyeti olarak ifade edilmektedir (Davis ve Venkatesh, 1996: 20).

## 2.2. E-Gümrük Sistemi

Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler internet üzerinden sunulan hizmetlerin modernizasyonunu desteklemiştir. Gelişen teknolojinin getirdiği yeniliklerle birlikte dijitalleşen dünyada bilgi teknolojileri uluslararası ticaretin kolaylaşmasına olanak sağlamaktadır. İç ve dış güçlerin ticaretin kolaylaştırılmasına yönelik yaptığı yenilikler Türk Gümrük İdareleri tarafından gümrük idarelerinin modernizasyonuna yönelik projeler başlatılmasına neden olmuştur (Öktem, 2004: 101). Modernizasyon süreci, kolaylaştırılmış ticaret işlemlerine yönelik düzenlenmeleri içermektedir (Öktem, 2004: 103). Gümrük İdarelerinin Modernizasyonu Projesinin hedefi, gümrük

işlemlerinin basitleştirilmesini ve verimliliğinin artırılmasını sağlayacak modern bilgi ve iletişim teknolojilerini benimsemek şeklinde ifade edilmektedir (Devlet Planlama Teşkilatı [DPT], 2005: 30). Bu amaç doğrultusunda AB ile uyumlu teknolojik yenilikler kapsamında elektronik sistemler kurulmakta ve uygulanmaktadır.

Bilgi ve iletişim teknolojileri kapsamında geliştirilen elektronik gümrük girişi, uluslararası ticareti kolaylaştırmak, ticaretin ve malların güvenliğini sağlamak, maliyetleri azaltmak, malların gümrük sahalarındaki kontrol noktasına yaklaşması ile mevzuatların uygulanmasını koordine etmek, ilgili taraflar arasında veri akışını ve verilerin yeniden kullanılabilirliğini sağlamak amacıyla oluşturulmuş bilgi teknolojisi (Raus ve diğerleri, 2009: 252). Dış ticaretin daha hızlı ve kolay yapılmasını sağlayan söz konusu sistem dış ticarete konu eşyaya ilişkin veri alışverişinin ilgili kurum ve kuruluşlar arasında yapılmasını sağlamaktadır. Elektronik gümrük, dış ticarete konu yükün gümrük sürecinde, ihracat ve ithalat işlemlerinin yürütülebilmesi için kamu kurum ve kuruluşlarını tek bir çatı altında toplamaktadır. E-gümrük, yükümlü tarafından gümrük sahası içerisinde bulunan ulaştırma araçlarına yönelik bildirimlerin yapıldığı, taşınan yüke ait bilgi ve belgelerin sunulduğu ve gerekli izinlerin alındığı elektronik sistemlerdir.

### 3. Araştırma Yöntemi

#### 3.1. Araştırmanın Modeli ve Hipotezleri

Araştırma modeli oluşturulurken incelenen literatürde birey tarafından teknolojinin benimsenmesi ve kabul davranışını açıklamaya dönük oluşturulan teori ve modellerin sosyal psikoloji disiplinlerinde bireyin davranışlarını açıklayan model ve teorilere dayandığı görülmektedir. Gereççeli Eylem Teorisi, Planlı Davranış Teorisi, Birleştirilmiş Teknoloji Kabul Modeli ve Planlı Davranış Teorisi, Yeniliğin Yayılım Teorisi, Teknoloji Kabul Modeli, Teknoloji Kabul Modeli 2, Birleştirilmiş Teknoloji Kabul ve Kullanım Teorisi, Motivasyon Modeli, Sosyal Bilişsel Teori, Kişisel Bilgisayar Kullanım Modeli çalışma kapsamında incelenmiştir. Ancak incelenen modeller arasında, literatürde bilgi teknolojileri kabulünü ve kullanım davranışını açıklama hususunda başarılı olan ve birçok çalışmada ampirik olarak desteklenen Teknoloji Kabul Modelinin, çalışmanın amacına uygun teorik bir kapsam oluşturduğu görülmüş ve Teknoloji Kabul Modeli (Davis ve diğerleri, 1989) araştırmanın modeli olarak benimsenmiştir.

Teknoloji Kabul Modelindeki herhangi bir dışsal değişken olmaksızın algılanan kullanım kolaylığı, algılanan fayda, kullanıma dönük tutum, davranışa dönük niyet ve gerçek kullanım davranışı değişkenlerinin birbiri arasındaki ilişkileri ile gemi acentelerinin sisteme yönelik kabul davranışlarını açıklayabilmek amaçlanmıştır. Aşağıdaki geliştirilmiş olan hipotezlerin her biri yukarıda bahsedilen hedefin bir parçasını oluşturmaktadır.

##### 3.1.1 Algılanan Fayda

Davis (1989: 320) çalışmasında algılanan faydanın tanımını “bir kişinin belirli bir sistemi kullanmasının kendi iş performansını artıracağına inanma derecesi” olarak tanımlamakta ve burada faydalı olan “avantajlı bir şekilde kullanılabilir” şeklinde ifade edilmektedir. İşletmelerde bulut bilişim teknolojisini araştıran Ekufu'nun 2012 yılında yaptığı çalışmada algılanan faydanın kullanıcıların tutumları üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. E-satın almanın tedarik yöneticileri ve personelleri tarafından benimsenmesi üzerine Aboelmaged (2010) tarafından yapılan çalışmada, sistemin kullanıcılar tarafından faydalı algılanması sistemi kullanmaya yönelik kullanıcıların davranışsal niyetini olumlu etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlara istinaden acentelerin e-gümrük sistemini kullanmaya yönelik tutumu ve acentelerin bu sistemi kullanma niyeti ile algılanan fayda arasında anlamlı bir ilişki olduğu varsayılarak H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub> hipotezleri kurulmuştur.

H<sub>1</sub>: Gemi acentelerinin e-gümrük sistemini benimsemeye yönelik algıladığı faydanın, sistemi kullanmaya yönelik tutumları üzerinde olumlu bir etkisi vardır.

H<sub>2</sub>: Gemi acentelerinin e-gümrük sistemini benimsemeye yönelik algıladığı faydanın, sistemi kullanmaya yönelik davranışsal niyeti üzerinde olumlu bir etkisi vardır.

##### 3.1.2. Algılanan Kullanım Kolaylığı

Davis'e (1989: 320) göre algılanan kullanım kolaylığı, “bir kişinin belirli bir sistemi kullanmanın çaba gerektirmeyeceğine inanma derecesi” olarak tanımlanmakta; söz konusu kolaylık “zorluktan veya büyük çabadan kurtulma” şeklinde ifade edilmektedir. Venkatesh ve Davis'e (2000: 192) göre bir sistemi kullanmak için ne kadar az çaba harcanırsa, bireyin sistemden o denli verim alması sağlanmakta ve böylelikle bireyin iş performansı artmaktadır. Firmaların kurumlar arası bilgi teknolojilerinin kullanım niyetini araştıran Hernandez-Ortega ve

diğerleri (2014) tarafından yapılan çalışmada algılanan kullanım kolaylığı algılanan faydayı olumlu yönde etki ettiği sonucuna ulaşılmıştır. Buna istinaden gemi acentelerinin e-gümrük kullanımını kolay olarak görmelerinin algılanan fayda üzerinde de olumlu bir etkisi olacağı varsayılarak H<sub>3</sub> hipotezi oluşturulmuştur. E-devlet hizmetinin benimsenmesi konusunda 2011 yılında Lin ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada, kullanıcıların sistem kullanımını kolay algılaması, kullanıcıların tutumunu olumlu yönde etkilediği sonucu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlara dayanarak gemi acentelerinin e-gümrük sisteminin kullanımını kolay bulması bireyin tutumu ile anlamlı ilişkiye sahip olacağı varsayılarak H<sub>4</sub> hipotezi geliştirilmiştir.

H<sub>3</sub>: Gemi acentelerinin e-gümrük sistemini benimseye yönelik algıladığı kullanım kolaylığının, e-gümrük sistemini benimsemeye yönelik fayda algılarına olumlu bir etkisi vardır.

H<sub>4</sub>: Gemi acentelerinin e-gümrük sistemini benimsemeye yönelik algıladığı kullanım kolaylığının, sistemi kullanmaya yönelik tutumları üzerinde olumlu bir etkisi vardır.

### 3.1.3. Tutum

Belirli bir sistemi kullanmaya yönelik tutum bireyin sistemin kullanımına karşı olumlu ya da olumsuz duygusal tepkisi olarak tanımlanmaktadır (Ajzen, 1991: 188). Tutum değişkeni ve davranışsal niyet değişkeni arasında güçlü bir ilişki söz konusudur (Fishbein ve Ajzen, 1975: 289). Ajzen'e (1991: 181) göre bir bireyin sistemi kullanmaya yönelik tutumları ne kadar olumluysa sistemi kullanmaya yönelik niyeti de o denli artmaktadır. Al-Hujran ve diğerleri (2015) tarafından kamu kurumlarında kullanılan e-devlet hizmetinin kabulüne yönelik yaptığı çalışmada, kullanıcının tutumu kullanıcının davranışsal niyetini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Bu nedenle gemi acentelerinin sistemi kullanmaya yönelik olumlu tutumları, kullanma niyeti ile anlamlı bir ilişkiye sahip olacağı varsayılarak H<sub>5</sub> hipotezi oluşturulmuştur.

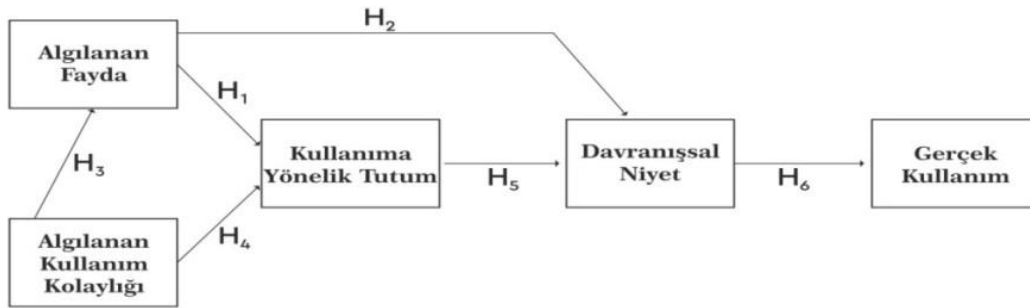
H<sub>5</sub>: Gemi acentelerinin sistemi kullanmaya yönelik tutumları, sistemi kullanmaya yönelik davranışsal niyeti üzerinde olumlu bir etkisi vardır.

### 3.1.4. Davranışsal Niyet ve Gerçek Kullanım

Fishbein ve Ajzen (1975: 288), bir sistemi kullanmaya yönelik davranışsal niyeti bireyin sistemi kullanmaya yönelik davranışı yerine getirebileceği öznel bir olasılık şeklinde tanımlamaktadır. Venkatesh ve Davis (2000) çalışmalarında bireyin sistemi kullanma niyeti ile sistemi kullanmaya yönelik gerçekleştirdiği davranış arasında yüksek bir ilişki tespit ederken, Davis ve Venkatesh (1996) çalışmalarında sistemin kullanımına yönelik gerçek davranışın en önemli belirleyicisinin davranışsal niyet olduğunu tespit etmişlerdir. Elektronik-açık eksiltme teknolojisinin firma çalışanları tarafından kabulünü açıklamaya yönelik Altın Gümüşsoy'un (2009) yılında yaptığı çalışmada kullanıcıların davranışsal niyeti, kullanıcıların sistemi kullanımı üzerinde olumlu etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Söz konusu çalışmalardan yola çıkılarak e-gümrük sistemini kullanma niyeti ile yapılan gerçek kullanım arasında anlamlı ve pozitif bir ilişki olacağı yönünde H<sub>6</sub> hipotezi geliştirilmiştir.

H<sub>6</sub>: Gemi acentelerinin e-gümrük sistemini kullanmaya yönelik davranışsal niyeti, gemi acentelerinin gerçek kullanımı üzerinde olumlu bir etkisi vardır.

Oluşturulan hipotezler kapsamında, araştırmanın modeli Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Araştırma Modeli.

### 3.2. Örneklem

E-gümrük sisteminin benimsenmesini ölçmek amacıyla Doğu Akdeniz Bölgesinde faaliyet gösteren gemi acente çalışanları önyargılı örnekleme yöntemi olan yargısal örnekleme metodu ile bu araştırmanın örneklemini belirlemiştir. Liman Başkanlığı listesinde yer alan Doğu Akdeniz Bölgesindeki gemi acenteleri çalışmanın örneklemini oluşturmaktadır. Bahsi geçen bölgedeki örnekleme ulaşma hususunda Liman Başkanlığı listesinden yararlanılmıştır.

### 3.3. Veri Toplama Aracının Geliştirilmesi

Bu araştırmada veri toplama aracı olarak nicel araştırma yöntemlerinden anket yöntemi kullanılmıştır. Araştırma anketi iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde katılımcıların demografik bilgilerine ulaşmaya yönelik sorular yer almaktadır. İkinci bölüm ise araştırma modelinde sunulan faktörlere ait sorulardan oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan değişkenlere ilişkin ifadeler, gemi acentelerinin e-gümrük uygulamalarına yönelik kabulünü ölçebilmek gayesiyle bilgi teknolojileri kabulünü ölçen çalışmalarda doğrulanmış ölçek ifadelerinden uyarlanmıştır. Tablo 1'de çalışmada yer alan değişkenlere ait ölçek ifadelerinin oluşturulmasında referans alınan çalışmalara ilişkin bilgiler gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Ölçek ifadelerinin oluşturulmasında yararlanılan referanslar.

| Değişkenler                  | Yararlanılan Kaynaklar |
|------------------------------|------------------------|
| Algılanan Fayda              | Davis, 1989            |
| Algılanan Kullanım Kolaylığı | Davis, 1989            |
| Tutum                        | Taylor ve Todd, 1995   |
| Niyet                        | Taylor ve Todd, 1995   |
| Gerçek Kullanım Davranışı    | Yang ve Yoo, 2004      |

Model değişkenlerinden, bireyin teknoloji kabulünü açıklayan gerçek kullanım davranış faktörünün ifadeleri sıklık ölçeği kullanılarak ölçülmüştür. Diğer değişkenlerin ifadeleri ise Kesinlikle Katılmıyorum (1), Katılmıyorum (2), Kısmen Katılmıyorum (3) Kararsızım (4), Kısmen Katılıyorum (5), Katılıyorum (6) ve Kesinlikle Katılıyorum (7) şeklinde 7'li likert ölçeği formunda hazırlanmıştır. Anketi geliştirme hususunda aşamalı süreçler izlenmiştir. İki öğretim görevlisi anket formunu incelemiş ve yüzey ve içerik hususunda değerlendirmiştir. Ayrıca sektörde bulunan iki gemi acente personeli anketi inceleyerek sorulara netlik kazandırmak amacıyla yorumlar sunmuştur. Anketi gözden geçirmek ve uyarlamak için toplanan geribildirimler dikkate alınmış ve anket revize edilmiştir.

### 3.4. Verilerin Analizi

Araştırmanın istatistiksel analiz kısmında anket aracılığıyla toplanan veriler S.P.S.S 22 programı ile analiz edilmiştir. Anket içinde yer alan maddelerin yapısal geçerliliği için faktör analizi uygulanırken; geçerlilik analizi ölçümünde Cronbach Alfa analizi kullanılmıştır.

## 4. Bulgular

### 4.1. Güvenilirlik Analizi

Maddelerin iç tutarlılığın güvenilirliğini tanımlayan Cronbach Alfa katsayısı, ölçekte yer alan maddelerin güvenilirliğini ölçmek için kullanılan en sık yöntemlerden biridir (Altunışık ve diğerleri, 2012: 126). Hair, Black, Babin ve Anderson (2014: 90) Cronbach alfa değerinin 0,7 ya da 0,7 değerinin üstünde bir değer olması gerektiğini ve bu değer genel kabul gördüğünü ileri sürmektedir. Çalışma kapsamında yer alan güvenilirlik analizi Tablo 2'de yer almaktadır.

**Tablo 2:** Güvenilirlik analiz sonuçları.

| Faktör                       | İfade Sayısı | N  | Cronbach Alfa ( $\alpha$ ) |
|------------------------------|--------------|----|----------------------------|
| Algılanan Fayda              | 6            | 84 | 0,973                      |
| Algılanan Kullanım Kolaylığı | 6            | 84 | 0,953                      |
| Tutum                        | 4            | 84 | 0,977                      |
| Davranışsal Niyet            | 3            | 84 | 0,964                      |

## 4.2. Faktör Analizi

Çalışma kapsamında elde edilen veri seti için Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ve Bartlett Sphericity testi uygulanmıştır. KMO değerinin 0,5-1,0 değerleri arasında olması veri setinin faktör analizine uygun olduğunu göstermektedir (Altunışık ve diğerleri, 2012: 268). Tablo 3'te gösterilen Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ve Bartlett Sphericity testinin sonucuna göre elde edilen 0,93 KMO değeri ve 0,05 değerinden küçük p değeri (sig. ,000), veri seti faktör analizi için yeterli ve uygun olduğunu göstermiştir.

**Tablo 3.** Kaiser-Meyer-Olkin ve Bartlett's testi.

|   |                    |          |
|---|--------------------|----------|
| <b>Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.</b> |                    | ,932     |
| <b>Bartlett's Test of Sphericity</b>                    | Approx. Chi-Square | 2418,042 |
|   | df                 | 171      |
|   | Sig.               | ,000     |

**Faktör 1 – Algılanan Kullanım Kolaylığı:** Analiz sonucuna göre, 6 ifadeden oluşan algılanan kullanım kolaylığı faktör 1'de yer almakta ve toplam varyansın %27,2'sini açıklamaktadır. Söz konusu faktörün Cronbach Alfa katsayısı 0,95 ile güvenilir olduğu tespit edilmiştir.

**Faktör 2 – Algılanan Fayda:** 6 ifadeden oluşan ve ikinci faktör olarak elde edilen algılanan fayda toplam varyansın %25,1'ini açıklamakta ve 0,973 Cronbach Alfa değeri ile güvenilirlerdir.

**Faktör 3 – Tutum:** Tutum faktörü 4 ifadeden oluşmakta ve toplam varyansın %18,6'sını açıklamaktadır. Cronbach alfa değeri ise 0,977 elde edilmiştir.

**Faktör 4 – Davranışsal Niyet:** 3 ifadeden oluşan davranışsal niyet faktörü toplam varyansın %17,5 ini açıklamaktadır. Cronbach Alfa değeri 0,964 değeri ile son derece güvenilir olduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 4.** Teknoloji kabul modeli değişkenlerinin faktör analizi.

| Faktör Değişkenleri  | TVA (%) | Alfa ( $\alpha$ ) | 1 | 2    | 3    | 4    |
|--|---------|-------------------|---|------|------|------|
| <b>Algılanan Kullanım Kolaylığı</b>  | 27,282  | ,953              |   |      |      |      |
| E-gümrük sisteminin kullanımını kolay buluyorum.   |         |                   |   | ,804 |      |      |
| E-gümrük sistemi kullanmada uzmanlaşmak benim için kolaydır.   |         |                   |   | ,794 |      |      |
| E-gümrük sistemini etkileşim kurmada esnek buluyorum.  |         |                   |   | ,784 |      |      |
| E-gümrük sistemine istediğimi yapmak benim için kolaydır.  |         |                   |   | ,776 |      |      |
| E-gümrük sistemi ile etkileşimim açık ve anlaşılırdır.   |         |                   |   | ,760 |      |      |
| E-gümrük sistemini kullanmayı öğrenmek benim için kolaydır.  |         |                   |   | ,722 |      |      |
| <b>Algılanan Fayda</b>   | 25,351  | ,973              |   |      |      |      |
| E-gümrük sistemini kullanmak iş performansımı artırır.   |         |                   |   |      | ,827 |      |
| E-gümrük sistemini kullanmak görevlerimi daha hızlı yapmamı sağlar.  |         |                   |   |      | ,789 |      |
| E-gümrük sistemini kullanmayı işimde yararlı buluyorum.  |         |                   |   |      | ,747 |      |
| E-gümrük sistemini kullanmak işimi yapmamı kolaylaştırır.  |         |                   |   |      | ,679 |      |
| E-gümrük sistemini kullanmak işteki etkinliğimi artırır.   |         |                   |   |      | ,677 |      |
| E-gümrük sistemini işte kullanmak üretkenliğimi artırır.   |         |                   |   |      | ,664 |      |
| <b>Tutum</b>   | 18,676  | ,977              |   |      |      |      |
| E-gümrük sistemini kullanma fikrini beğeniyorum.   |         |                   |   |      |      | ,735 |
| E-gümrük sistemini kullanmak akıllıca bir fikirdir.  |         |                   |   |      |      | ,721 |
| E-gümrük sisteminin kullanımını keyifli buluyorum.   |         |                   |   |      |      | ,715 |
| E-gümrük sistemini kullanmak iyi bir fikirdir.   |         |                   |   |      |      | ,653 |
| <b>Davranışsal Niyet</b>   | 17,595  | ,964              |   |      |      |      |
| E-gümrük sistemini sık sık kullanma niyetindeyim.  |         |                   |   |      |      | ,817 |
| E-gümrük sistemini gelecekte kullanmaya niyetliyim.  |         |                   |   |      |      | ,811 |
| E-gümrük sistemini gelecekte gümrük gelecekte gümrük işlerimi kolaylaştırması amacıyla kullanmayı planlıyorum. |         |                   |   |      |      | ,711 |

### 4.3. Hipotezlerin Regresyon Analiz Sonuçları

**H1.** Gemi acentelerinin e-gümrük sistemini benimsemeye yönelik algıladığı faydanın, sistemi kullanmaya yönelik tutumları üzerinde olumlu bir etkisi vardır.

**Tablo 5:** H<sub>1</sub> regresyon analiz sonuçları.

| Bağımlı Değişken  |                | Tutum             |       |         |      |
|-------------------|----------------|-------------------|-------|---------|------|
| Bağımsız Değişken |                | Algılanan Fayda   |       |         |      |
| R                 | R <sup>2</sup> | AdjR <sup>2</sup> | B     | F       | p    |
| ,864              | ,717           | ,713              | 1,046 | 207,268 | ,000 |

Tablo 5'te F testi sonucu sig. değeri 0,000'dır. Söz konusu değer regresyon modelinin anlamlı olduğunu ve bağımlı değişkeni açıkladığını göstermektedir. Bu hipotez için R değeri 0,846 olarak elde edilmiş ve bağımsız değişken bağımlı değişken üzerindeki değişimin büyük bir çoğunluğunu açıklamaktadır. R<sup>2</sup> değeri ise 0,717'dir ve algılanan fayda, tutum değerinin yüzde 71,7'sini açıklamaktadır.

**H2.** Gemi acentelerinin e-gümrük sistemini benimsemeye yönelik algıladığı faydanın, sistemi kullanmaya yönelik davranışsal niyeti üzerinde olumlu bir etkisi vardır.

Bağımlı değişken davranışsal niyet iken bağımsız değişken algılanan fayda değişkenidir ve söz konusu değişken arasındaki ilişki analiz edilmiştir.

**Tablo 6:** H<sub>2</sub> regresyon analiz sonuçları.

| Bağımlı Değişken  |                | Davranışsal Niyet |      |         |      |
|-------------------|----------------|-------------------|------|---------|------|
| Bağımsız Değişken |                | Algılanan Fayda   |      |         |      |
| R                 | R <sup>2</sup> | AdjR <sup>2</sup> | B    | F       | p    |
| ,806              | ,650           | ,646              | ,593 | 152,488 | ,000 |

F testi sonucu sig. değeri 0,000 olarak elde edilmiş ve regresyon modelinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve bağımlı değişkeni açıkladığı tespit edilmiştir. R değeri 0,806'dır. Algılanan fayda, davranışsal niyet üzerindeki değişimin önemli kısmını açıklamaktadır. R<sup>2</sup> değeri 0,650 olarak elde edilmiş ve algılanan fayda davranışsal niyet değişkeni üzerinde değişimin yüzde 65'ini açıklamaktadır.

**H3.** Gemi acentelerin e-gümrük sistemini benimsemeye yönelik algıladığı kullanım kolaylığının, e-gümrük sistemini benimsemeye yönelik fayda algısına olumlu bir etkisi vardır.

**Tablo 7.** H<sub>3</sub> regresyon analiz sonuçları

| Bağımlı Değişken  |                | Algılanan Fayda              |       |         |      |
|-------------------|----------------|------------------------------|-------|---------|------|
| Bağımsız Değişken |                | Algılanan Kullanım Kolaylığı |       |         |      |
| R                 | R <sup>2</sup> | AdjR <sup>2</sup>            | B     | F       | p    |
| ,772              | ,596           | ,591                         | 1,787 | 121,056 | ,000 |

F testi sonucu sig. değeri 0,000'dır. Söz konusu değer regresyon modelinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ve bağımlı değişkeni açıkladığını göstermektedir. R değeri 0,772 olarak tespit edilmiş ve algılanan kullanım kolaylığı, algılanan fayda değişiminin büyük bir çoğunluğunu açıklamaktadır. R<sup>2</sup> değeri 0,596'dır. Söz konusu değer, algılanan kullanım kolaylığının algılanan fayda değişkenindeki değişimin yüzde 59,6'sını açıkladığını göstermektedir.

**H4.** Gemi acentelerinin e-gümrük sistemini benimsemeye yönelik algıladığı kullanım kolaylığının, sistemi kullanmaya yönelik tutumları üzerinde olumlu bir etkisi vardır.

**Tablo 8.** H<sub>4</sub> regresyon analiz sonuçları.

| Bağımlı Değişken  |                | Tutum                        |       |         |      |
|-------------------|----------------|------------------------------|-------|---------|------|
| Bağımsız Değişken |                | Algılanan Kullanım Kolaylığı |       |         |      |
| R                 | R <sup>2</sup> | AdjR <sup>2</sup>            | B     | F       | p    |
| ,778              | ,605           | ,600                         | 1,898 | 125,597 | ,000 |



F testi sonucu sig. değeri 0,000'dır. Bu değere göre regresyon modelinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve bağımlı değişkeni açıkladığı tespit edilmiştir. R değeri 0,778 olarak elde edilmiştir. Algılanan kullanım kolaylığı, tutum değişkenindeki değişiminin büyük bir kısmını açıklamaktadır. R<sup>2</sup> değeri 0,605 olarak bulunmuştur. Bu değer algılanan kullanım kolaylığı değişkeninin tutum değişkenindeki değişimin yüzde 60'ını açıkladığını göstermektedir.

**H5.** Gemi acentelerinin sistemi kullanmaya yönelik tutumları, sistemi kullanmaya yönelik davranışsal niyeti üzerinde olumlu bir etkisi vardır.

**Tablo 9.** H<sub>5</sub> regresyon analiz sonuçları.

| Bağımlı Değişken  |                | Davranışsal Niyet |      |         |      |
|-------------------|----------------|-------------------|------|---------|------|
| Bağımsız Değişken |                | Tutum             |      |         |      |
| R                 | R <sup>2</sup> | AdjR <sup>2</sup> | B    | F       | p    |
| ,808              | ,653           | ,649              | ,469 | 154,343 | ,000 |

F testi sonucu sig. değeri 0,000 olarak elde edilmiştir. Bu değere göre regresyon modelinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve bağımlı değişkeni açıkladığı tespit edilmiştir. R değeri 0,808'dir. Bağımsız değişken bağımlı değişkendeki değişiminin önemli bir kısmını açıkladığı anlamına gelmektedir. R<sup>2</sup> değeri ise 0,653 olarak bulunmuştur. Söz konusu değer tutum değişkeninin davranışsal niyet değişkeni üzerindeki değişimin yüzde 65,3'ünü açıklamaktadır.

**H6.** Gemi acentelerinin e-gümrük sistemini kullanmaya yönelik davranışsal niyeti, gemi acentelerinin gerçek kullanımı üzerinde olumlu bir etkisi vardır.

**Tablo 10.** H<sub>6</sub> regresyon analiz sonuçları.

| Bağımlı Değişken  |                | Gerçek Kullanım   |       |       |      |
|-------------------|----------------|-------------------|-------|-------|------|
| Bağımsız Değişken |                | Davranışsal Niyet |       |       |      |
| R                 | R <sup>2</sup> | AdjR <sup>2</sup> | B     | F     | p    |
| ,306              | ,094           | ,083              | 2,304 | 8,475 | ,005 |

F testi sonucuna göre sig. değeri 0,005 olarak bulunmuş ve bu değere göre regresyon modelinin istatistiksel olarak anlamlı ve bağımlı değişkeni açıkladığı tespit edilmiştir. R değeri 0,306 olarak elde edilmiş ve bu değer söz konusu iki değişken arasında zayıf ancak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir. R<sup>2</sup> değeri ise yüzde 9,4 olarak elde edilmiş ve elde edilen bu değere göre davranışsal niyet değişkeni gerçek kullanım değişkenini oldukça düşük oranda açıklamaktadır.

**Tablo 11.** Hipotezlerin değerlendirilmesi.

| Hipotez                                     |                     | R    | sig  | Hipotez testi sonucu |
|---|---------------------|------|------|----------------------|
| H <sub>1</sub> Algılanan Fayda              | → Tutum             | ,864 | ,000 | Desteklenmiştir.     |
| H <sub>2</sub> Algılanan Fayda              | → Davranışsal Niyet | ,806 | ,000 | Desteklenmiştir.     |
| H <sub>3</sub> Algılanan Kullanım Kolaylığı | → Algılanan Fayda   | ,772 | ,000 | Desteklenmiştir.     |
| H <sub>4</sub> Algılanan Kullanım Kolaylığı | → Tutum             | ,778 | ,000 | Desteklenmiştir.     |
| H <sub>5</sub> Tutum                        | → Davranışsal Niyet | ,808 | ,000 | Desteklenmiştir.     |
| H <sub>6</sub> Davranışsal Niyet            | → Gerçek Kullanım   | ,306 | ,005 | Desteklenmiştir.     |

## 5. Sonuç

Bilgi teknolojileri birçok alanda kullanıldığı gibi gümrük alanında da kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada gemi acentelerinin gümrük işlemleri sırasında kullandıkları elektronik gümrük sistemine adaptasyonlarının incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın amacına ulaşabilmek amacıyla Teknoloji Kabul Modelinin boyutlarından faydalanılmıştır. Örneklem kapsamında Doğu Akdeniz Bölgesinde faaliyet gösteren gemi acenteleri yer almıştır. Söz konusu bölgede yer alan gemi acente çalışanlarına OneClick Survey aracılığıyla düzenlenen çevrimiçi anket formu mail aracılığıyla gönderilmiştir. Doğu Akdeniz Bölgesinde yer alan 208 gemi acentesinin 110 gemi acentesine ulaşılmış ve 91 gemi acente çalışanı ankete katılım sağlamıştır. Teknoloji Kabul Modeli boyutlarına, elde edilen veri

seti ile faktör analizi yapılmış ancak 7 katılımcının hatalı veri girişi yaptığı tespit edilerek çalışmaya dahil edilmemiştir. Orijinal ölçekte faktörler 5 faktör altında toplanmıştır fakat bu çalışmada tek bir ifadeden oluşmasından dolayı gerçek kullanım faktörüne faktör analizi uygulanmamıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir;

Gemi acente çalışanlarının e-gümrük sistemini kullanmaya yönelik davranışının gerçekleşmesinde algılanan fayda, tutum değişkenini olumlu yönde etkilediği görülmektedir. Bu hipoteze göre gemi acente çalışanları e-gümrük sistemi kullanım sonucunda üretkenliğinin ve performansının artacağına olan inancı sistemi kullanmaya yönelik olumlu tutum sergileyeceklerini göstermektedir. Bu bulgu, bilgi teknolojileri çerçevesinde Davis (1993), Davis ve diğerleri (1989), tarafından yapılan çalışmalar ile benzer sonuç göstermektedir.

Gemi acente çalışanlarının gümrük sürecinde e-gümrük sistemini kullanımına dönük davranışın oluşumunda algılanan fayda, kullanıma dönük davranışsal niyeti olumlu yönde etkilediği görülmektedir. Bireyin bir sistem kullanımı sonucu verimliliğinin ve etkinliğinin artması ile fayda sağlayacağına olan inancı, sistemi kullanma niyetinde olduklarını gösterebilir. Elde edilen bulgu, algılanan fayda değişkeninin davranışsal niyet değişkenini pozitif yönde etkilediğini tespit eden araştırmacıların (Aboelmegeed, 2010; Davis, 1993) çalışma kapsamında elde ettikleri sonuçlar ile örtüşmektedir.

Gemi acente çalışanlarının gümrük sürecinde e-gümrük sistemini kullanmaya yönelik davranışın gerçekleşmesinde, algılanan kullanım kolaylığı davranışa dönük tutumu olumlu yönde etkilediği görülmektedir. Bireyin sistemi kullanırken çaba gerektirmeyecek düzeyde kolay kullanılmasına yönelik algısı sistemi kullanmaya karşı pozitif bir tutum sergilemesine olanak sağlamaktadır. Elde edilen bulgu, Lin ve diğerleri (2011) tarafından yapılan çalışmada algılanan kullanım kolaylığının tutum üzerinde olumlu etkisi olduğunu gösteren sonuçlar ile uyumludur.

Gemi acente çalışanlarının gümrük sürecinde e-gümrük sistemini kullanmaya dönük davranışın gerçekleşmesinde algılanan kullanım kolaylığı, algılanan faydayı olumlu yönde etkilediği görülmektedir. Bu durum gemi acente çalışanlarının e-gümrük sistemini kullanırken çaba sarf etmeyeceğine olan inancının, e-gümrük sistemini kullanımı sonucunda etkinliğini ve performansını artırması yönünde algıladığı faydayı olumlu yönde etkilediğinin göstergesidir. Bu çalışmanın bulguları Lee ve Park (2008) tarafından yapılan çalışmada elde ettikleri sonuçlar ile paralellik göstermektedir.

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara göre gemi acente çalışanlarının gümrük sürecinde e-gümrük sistemini kullanmaya yönelik davranışın oluşumunda tutum, davranışsal niyeti olumlu biçimde etkilediği görülmektedir. Gemi acente çalışanları e-gümrük sistemini kullanmaya dönük pozitif bir tutum sergilemesi, sistemi kullanma niyetinde olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, Ekufu (2012) tarafından yapılan çalışmada tutum değişkeninin davranışsal niyet üzerinde belirleyici olduğu elde edilen sonuçlar ile örtüşmektedir.

Gemi acente çalışanlarının gümrük sürecinde e-gümrük sistemini kullanımında davranışsal niyet değişkeni belirleyici rol oynamaktadır. Gemi acente çalışanlarının gümrük sürecinde e-gümrük sistemini kullanma niyeti, gerçek kullanımı pozitif yönde etkilemektedir. Literatür kapsamında gerçek kullanımın açıklanması amacıyla yapılan çalışmalarda benzer şekilde düşük oranlar ile gerçek kullanımın açıklandığı görülmüştür. Hung ve Chang (2005) tarafından yapılan çalışmada davranışsal niyetin gerçek kullanımı pozitif fakat düşük bir oranda açıkladığı görülmüş ve çalışmada elde edilen sonuç ile paralellik gösterdiği tespit edilmiştir.

## Kaynakça

- Abdullah, F. and Ward, R. (2016). Developing a general extended Technology Acceptance Model for e-Learning (GETAMEL) by analysing commonly used external factors. *Computers in Human Behavior*, 56, 238-256. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.11.036>.
- Aboelmegeed, M. G. (2010). Predicting e-procurement adoption in a developing country. *Industrial Management & Data Systems*. <https://doi.org/10.1108/02635571011030042>.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior, *Organizational Behavior And Human Decision Processes*, 50, 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T).
- Ak, Y.E. (2019). Ziraat fakülteleri öğrencilerinin biyoteknoloji ve genetiği değiştirilmiş organizmalı ürünlere yönelik tutum ve davranışlarının Teknoloji Kabul Modeline göre incelenmesi. Ankara Üniversitesi, Biyoteknoloji Enstitüsü, Ankara.
- Al-Hujran, O., Al-Debei, M. M., Chatfield, A., and Migdadi, M. (2015). The imperative of influencing citizen attitude toward e-government adoption and use. *Computers in human Behavior*, 53, 189-203. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.06.025>.

- Altın Gümüüşsoy, Ç. (2009). *Elektronik-açık eksiltme teknolojisinin kullanımını etkileyen faktörlerin Genişletilmiş Teknoloji Kabul Modeli ile açıklanması*. (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Altunışık, R., Coşkun, R., Bayraktaroğlu, S., ve Yıldırım, E., (2012). *Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri*. Sakarya, Sakarya Yayıncılık.
- Belanche, D., Casaló, L. V. and Flavián, C. (2012). Integrating trust and personal values into the Technology Acceptance Model: The case of e-Government services adoption. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 15(4), 192-204. <https://doi.org/10.1016/j.cede.2012.04.004>.
- Davis, F.D. (1986). *A technology acceptance model for empirically testing new end- user information systems: Theory and results*, PhD Thesis, Sloan School of Management, MIT.
- Davis, F.D., Bagozzi, R.P. and Warshaw, P.R. (1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models, *Management Science*, 35(8), 982-1003. <https://doi.org/10.1287/mnsc.35.8.982>.
- Davis, F. D. (1993). User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts. *International Journal of Man-Machine Studies*, 38(3), 475-487.
- De Wulf, L. (2004). Strategy for customs modernizations. in De Wulf, L., ve Sokol, J. B. (Eds.). *Customs modernization handbook*. Washington: The World Bank.
- T.C. Başbakanlık, Devlet Planlama Teşkilatı (2005). *E-devlet proje ve uygulamaları*. Erişim adresi: <http://ekutup.dpt.gov.tr/bilisim/e-devlet/tr2005.pdf>Eren, A. ve Kaya, M. D. Elektronik belge yönetim sisteminin algılanan kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi. *Ergonomi*, 2(2), 88-100.
- Ekufu, T. K. (2012). *Predicting cloud computing technology adoption by organizations: An empirical integration of technology acceptance model and theory of planned behavior* (Doctoral dissertation, Capella University).
- Fishbein, M. and Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research*, Reading, Mass.: Addison- Wesley. <https://doi.org/10.5465/256770>.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J. and Anderson, R. E. (2014). Exploratory Factor Analysis. In: Joseph F. Hair, Jr. ... [et al.]. *Multivariate Data Analysis*. (p. 89-149). United States of America: Pearson.
- Hamid, A. A., Razak, F. Z. A., Bakar, A. A. and Abdullah, W. S. W. (2016). The effects of perceived usefulness and perceived ease of use on continuance intention to use e-government. *Procedia Economics and Finance*, 35(2016), 644-649. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(16\)00079-4](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(16)00079-4).
- Hernandez-Ortega, B., Serrano-Cinca, C. and Gomez-Meneses, F. (2014). The firm's continuance intentions to use inter-organizational ICTs: The influence of contingency factors and perceptions. *Information & Management*, 51(6), 747-761. <https://doi.org/10.1016/j.im.2014.06.003>.
- Hsiao, C. H. and Yang, C. (2011). The intellectual development of the technology acceptance model: A co-citation analysis. *International Journal of Information Management*, 31(2), 128-136. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2010.07.003>.
- Hung, S. Y., Chang, C. M. and Yu, T. J. (2006). Determinants of user acceptance of the e-Government services: The case of online tax filing and payment system. *Government Information Quarterly*, 23(1), 97-122. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2005.11.005>.
- Lean, O. K., Zailani, S., Ramayah, T. and Fernando, Y. (2009). Factors influencing intention to use e-government services among citizens in Malaysia. *International Journal of Information Management*, 29(6), 458-475. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2009.03.012>.
- Lederer, A.L., Maupin, D.J., Sena, M.P. and Zhuang, Y. (2000). The Technology Acceptance Model and The World Wide Web. *Decision Support System*, 29 (2000) 269-282.
- Lee, T. M. and Park, C. (2008). Mobile technology usage and B2B market performance under mandatory adoption. *Industrial Marketing Management*, 37(7), 833-840. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2008.02.008>.
- Lin, F., Fofanah, S. S. and Liang, D. (2011). Assessing citizen adoption of e-Government initiatives in Gambia: A validation of the technology acceptance model in information systems success. *Government Information Quarterly*, 28(2), 271-279. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2010.09.004>.
- McKnight, D. H. and Chervany, N. L. (2001). What trust means in e-commerce customer relationships: An interdisciplinary conceptual typology. *International Journal of Electronic Commerce*, 6(2), 35-59. <https://doi.org/10.1080/10864415.2001.11044235>.
- Özer, G., Özcan, M. ve Aktaş, S. (2010). Muhasebecilerin bilgi teknolojisi kullanımının Teknoloji Kabul Modeli (TKM) İle incelenmesi. *Journal of Yasar University*, ss. 3278: 3293.
- Nzaramyimana, L. and Susanto, T. D. (2019). Analysis of actors affecting behavioural intention to use e-Government services in Rwanda. *Procedia Computer Science*, 161, 350-358. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.11.133>.
- Park, N., Rhoads, M., Hou, J. and Lee, K. M. (2014). Understanding the acceptance of teleconferencing systems among employees: An extension of the technology acceptance model. *Computers in Human Behavior*, 39, 118-127. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.05.048>.

- Pazvant, E. (2017). *Nesnelerin interneti teknolojisine sahip ürünlerin kullanım niyetinin teknoloji kabul modeli kapsamında değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Düzce Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Düzce.
- Raus, M., Flügge, B. ve Boutellier, R. (2009). Electronic customs innovation: An improvement of governmental infrastructures, *Government Information Quarterly*, 26, 246–256. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2008.11.008>.
- Rençber, S.Ö. (2019). *Büyük veri kullanımının Teknoloji Kabul Modeli ile incelenmesi: lisansüstü eğitim örneği*. (Doktora Tezi), Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- Shyu, S.H.P. and Huang, J.H. (2011). Elucidating usage of e-government learning: A perspective of the extended technology acceptance model. *Government Information Quarterly*, 28, 491–502. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2011.04.002>.
- Taylor, S. and Todd, P. A. (1995c). Understanding information technology usage: A test of competing models. *Information Systems Research*, 6(2), 144-176.
- Torun, N. ve Cengiz, E. (2019). Endüstri 4.0 bakış açısının öğrenciler gözünden Teknoloji Kabul Modeli (TKM) ile ölçümü. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 2019 (22), 235-250. <https://doi.org/10.18092/ulikidince.442734>.
- Turan, B. (2011). *Bilgi ve iletişim teknolojileri kullanımının teknoloji kabul modeli ile incelenmesi ve sınıf öğretmenleri üzerinde bir uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi). Bilecik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bilecik.
- UNCTAD Review of Maritime Transport 2017. Retrieved from [https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2017\\_en.pdf](https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2017_en.pdf).
- UNCTAD Review of Maritime Transport 2019. Retrieved from [https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2019\\_en.pdf](https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2019_en.pdf).
- Venkatesh, V. and Davis, F.D. (2000). A theoretical extension of the Technology Acceptance Model: Four longitudinal field studies, *Management Science*, 46(2), 186-204. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>.
- Venkatesh, V. M.G. Morris, G.B. Davis, and F.D. Davis (2003), User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View, *MIS Quarterly*, 27(3), 425-478.
- Wangpipatwong, S., Chutimaskul, W. and Papisratorn B., (2008). “Understanding citizen’s continuance intention to Use e-Government website: A composite view of Technology Acceptance Model and Computer Self-Efficacy”. *The Electronic Journal of E-Government* 6(1), 55 – 64.
- Wu, C. S., Cheng, F. F., Yen, D. C. and Huang, Y. W. (2011). User acceptance of wireless technology in organizations: A comparison of alternative models. *Computer Standards & Interfaces*, 33(1), 50-58. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2010.03.002>.
- Wixom, B. H. and Todd, P. A. (2005). A theoretical integration of user satisfaction and technology acceptance. *Information Systems Research*, 16(1), 85-102. <https://doi.org/10.1287/isre.1050.0042>.
- Yağcı, M.İ ve Çabuk S. (Ed.). (2014). *Pazarlama teorileri*: İstanbul: Kapital Medya Hizmetleri A.Ş.
- Yang, H. D. and Yoo, Y. (2004). It's all about attitude: revisiting the technology acceptance model. *Decision Support Systems*, 38(1), 19-31. [https://doi.org/10.1016/S0167-9236\(03\)00062-9](https://doi.org/10.1016/S0167-9236(03)00062-9).

