

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**LİMAN PLANLAMALARINDA GEMİ KAYNAKLI RİSK
DEĞERLENDİRME KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

M. Ersin YÜCEL

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Programı

ŞUBAT 2020

**LİMAN PLANLAMALARINDA GEMİ KAYNAKLI RİSK
DEĞERLENDİRME KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

**M. Ersin YÜCEL
(512092007)**

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Cemil YURTÖREN

ŞUBAT 2020

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 512092007 numaralı Doktora Öğrencisi M. Ersin YÜCEL, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “LİMAN PLANLAMALARINDA GEMİ KAYNAKLI RİSK DEĞERLENDİRME KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Dr. Öğr. Üyesi Cemil YURTÖREN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Nil GÜLER**
Bilgi Üniversitesi

Prof. Dr. Cem GAZİOĞLU
İstanbul Üniversitesi

Prof. Dr. Serdar KUM
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Selim AKSOY
İTÜ Kuzey Kıbrıs

Teslim Tarihi : 13.12.2019
Savunma Tarihi : 28.02.2020





Babam ve Anneme,



ÖNSÖZ

Doktora tezimi hazırlarken yeri geldiğinde yapmış olduğu profesyonel danışmanlık ve yeri geldiğinde yapmış olduğu samimi arkadaşlık için kıymetli danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Cemil YURTÖREN’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Öğrenim hayatım boyunca tüm sıkıntılarımı benimle beraber hisseden tüm heyecanlarımı benimle beraber yaşayıp desteklerini esirgemeyen anneme, babama ve bu çalışmada moral motivasyon kaynağım olan eşim ve çocuklarıma canı gönülden teşekkür ederim.

Şubat 2020

M. Ersin YÜCEL



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY.....	xix
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı	2
1.2 Literatür Araştırması.....	3
2. KIYI YAPILARINA İLİŞKİN MEVZUAT İNCELEMESİ	5
2.1 Ülkemiz Kıyı Yapılarına İlişkin Mevzuat ve İlgili Kamu Kuruluşları.....	5
2.2 Kıyı Yapısı Planlama ve Uygulama Süreci	6
2.2.1 Plan onama süreci	8
2.2.2 Proje onay süreci.....	10
2.2.3 Kullanma izni veya irtifak hakkı alma süreci	10
2.2.4 Yapı ruhsatı.....	10
2.2.5 İnşaat süreci	10
2.2.6 Yapı kullanma izin belgesi	10
2.2.7 İşletme izin belgeleri.....	11
3. LİMAN İNŞASINDA KULLANILAN YAPISAL KRİTERLER.....	13
3.1 Kıyı Yapıları ve Limanlar Planlama ve Tasarım Teknik Esasları.....	13
3.1.1 Su alanının planlanacak elemanları	14
3.1.2 Ulaşım kanalı	15
4. KIYI MÜHENDİSLİĞİNDE MODELLEME	19
4.1 Sayısal Modelleme Esasları.....	19
4.2 Dalga Tahmini	20
4.3 Liman İçi Çalkantı	20
4.4 Akıntı Modellemesi	21
4.5 Katı Madde Taşınımı ve Morfolojik Modelleme	21
4.6 Fiziksel Model	22
4.7 Gemi Manevra Risk Değerlendirmesi - “Çevresel Gerilim Modeli”	22
5. BULANIK-PUSLU MANTIK YÖNTEMİ (FUZZY).....	27
5.1 Ağırlıklandırma Aşaması.....	27
5.2 Birleştirme Aşaması	28
5.2.1 Anlaşma derecesi (benzerlik derecesi)	29
5.2.2 Uzmanların ortalama anlaşma derecesi	29
5.2.3 Göreli uzman anlaşma derecelerinin hesaplanması	30
5.2.4 Uzman konsensüs katsayı (CC) derecesinin tahmini.....	30
5.2.5 Uzman görüşünün birleştirilmesi.....	30
5.3 Berraklaştırma Aşaması.....	30
6. UYGULAMA	33

6.1	Bulanık Mantık Yönteminin Çalışmada Kullanılması	33
6.2	Çalışılan Limanların ES Model Sonuçlarının Toplanması	35
6.3	Birleştirme	67
7.	SONUÇLAR	71
	KAYNAKLAR	75
	ÖZGEÇMİŞ	77



KISALTMALAR

AYGM	: Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü
CERC	: US Coastal Engineering Research Center (ABD Kıyı Mühendisliği Araştırma Merkezi)
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
DLİGM	: Demiryolları Limanlar Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü
DWT	: Deadweight tonnage (Detveyt ton)
ES	: Environmental Stress (Çevresel Gerilim)
FSA	: Formal Safety Assessment (Biçimsel Emniyet Değerlendirmesi)
GRT	: Gross tonnage (Gros ton)
IALA	: The International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities (Uluslararası Seyir Yardımcıları ve Fenerler Otoriteleri)
IWRAP	: IALA Waterways Risk Assessment Plan (IALA Su Yolu Risk Değerlendirmesi)
KVMGM	: Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü
MEGM	: Milli Emlak Genel Müdürlüğü
OCDI	: The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (Japonya Kıyı Alanı Geliştirme Enstitüsü)
PAWSA	: Ports and Waterways Safety Assessment (Limanlar ve Su Yolları Emniyet Değerlendirmesi)
PIANC	: World Association for Waterborne Transport Infrastructure (Dünya Denizyolu Taşımacılığı Altyapısı Birliği)
TKYGM	: Tersaneler ve Kıyı Yapıları Genel Müdürlüğü



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Kuru yük gemileri.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 3.2 : Konteyner gemileri.	17
Çizelge 3.3 : Yolcu gemileri.	17
Çizelge 3.4 : Tankerler.	18
Çizelge 4.1 : Gerilim değerleri ve kabul kriterleri.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.1 : Senaryo 1 anket sonuçları.	38
Çizelge 6.2 : Senaryo 2 anket sonuçları.	39
Çizelge 6.3 : Senaryo 3 anket sonuçları.	40
Çizelge 6.4 : Senaryo 4 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.5 : Senaryo 5 anket sonuçları.	41
Çizelge 6.6 : Senaryo 6 anket sonuçları.	42
Çizelge 6.7 : Senaryo 7 anket sonuçları.	43
Çizelge 6.8 : Senaryo 8 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.9 : Senaryo 9 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.10 : Senaryo 10 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.11 : Senaryo 11 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.12 : Senaryo 12 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.13 : Senaryo 13 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.14 : Senaryo 14 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.15 : Senaryo 15 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.16 : Senaryo 16 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.17 : Senaryo 17 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.18 : Senaryo 18 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.19 : Senaryo 19 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.20 : Senaryo 20 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.21 : Senaryo 21 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.22 : Senaryo 22 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.23 : Senaryo 23 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.24 : Senaryo 24 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.25 : Senaryo 25 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.26 : Senaryo 26 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.27 : Senaryo 27 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.28 : Senaryo 28 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.29 : Senaryo 29 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.30 : Senaryo 30 anket sonuçları.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.31 : ES model risk ölçüm değerleri.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.32 : Uzman ağırlık belirleme kriterleri.	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 6.33 : Uzmanların ağırlıklandırılmış hali.	Error! Bookmark not defined.



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Kıyı Yapılarının Planlama ve Uygulama Süreci.	7
Şekil 3.1 : Su alanı elemanları.	14
Şekil 6.1 : Risk kriterleri değerlendirme anketi.	34
Şekil 6.2 : Rıhtıma yaklaşım.	35
Şekil 6.3 : İskele tarafa dönüş manevrası.	36
Şekil 6.4 : Rıhtıma paralel yanaşma pozisyonu alma.	36
Şekil 6.5 : Yanaşma tamamlandı.	37
Şekil 6.6 : Yanaşma sırasında karşılaşılan manevra zorlukları.	37
Şekil 6.7 : Manevra zorluk seviyeleri.	38
Şekil 6.8 : Gemi boyu kriteri değerlendirme grafiği.	61
Şekil 6.9 : Çevre rıhtımlardaki gemiler kriteri değerlendirme grafiği.	61
Şekil 6.10 : Römorkör kullanımı kriteri değerlendirme grafiği.	61
Şekil 6.11 : Rüzgar kriteri değerlendirme grafiği.	62
Şekil 6.12 : Dalga kriteri değerlendirme grafiği.	62
Şekil 6.13 : Akıntı kriteri değerlendirme grafiği.	63
Şekil 6.14 : Derinlik kriteri değerlendirme grafiği.	63
Şekil 6.15 : Gemi tonaj kriteri değerlendirme grafiği.	63
Şekil 6.16 : Manevra alanı kriteri değerlendirme grafiği.	64
Şekil 6.17 : Gemi makine kullanımı kriteri değerlendirme grafiği.	64
Şekil 6.18 : Manevra şekli kriteri değerlendirme grafiği.	65
Şekil 6.19 : Bağlama şekli kriteri değerlendirme grafiği.	65
Şekil 6.20 : Bağlama şamandıra kriteri değerlendirme grafiği.	66
Şekil 6.21 : Demirleme kriteri değerlendirme grafiği.	66
Şekil 6.22 : Baş/kıç iter kriteri değerlendirme grafiği.	66
Şekil 6.23 : Liman formu kriteri değerlendirme grafiği.	67
Şekil 6.24 : Bulanık mantık (Fuzzy) işlem tablosu.	69
Şekil 6.25 : Liman projelerinde tespit edilen en etkili 5 risk faktörü.	70



LİMAN PLANLAMALARINDA GEMİ KAYNAKLI RİSK DEĞERLENDİRME KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Dünya ekonomisi, teknolojik gelişimin bir sonucu olarak her zamankinden daha hızlı bir şekilde küreselleşmektedir. Küresel ticaretin artması, daha büyük gemiler ve liman tesisleri ile daha yüksek taşıma kapasitesi ihtiyacını beraberinde getirmektedir. Bu ihtiyacın bir sonucu olarak liman inşaatı ve liman genişletme yatırımları artmaktadır. Seyir emniyeti, liman inşaatı ve genişletme yatırımlarında imar planı onay sürecini etkileyen faktörlerden biridir. Seyir emniyetine yönelik oluşabilecek riskler çoğunlukla gemi manevrasından kaynaklanmaktadır. Seyir ve gemi manevrası risk değerlendirmesi için en yaygın kullanılan modellerden biri Çevresel Gerilim (ES) Modeli'dir.

ES Model, simülasyon ortamında yapılan yanaşma / ayrılma manevraları sırasında gemi çevresinde meydana gelen riski, liman projesine benzer şekilde modellenmiş liman ve gemilerle ölçmektedir. Projeye konu liman tesisinin birebir ölçülerde oluşturulduğu modelde yatırım doğrultusunda yanaşması düşünülen tip, boy ve tonajda gemilerle, proje bölgesindeki oşinografik, hidrografik, hava, görüş koşulları (derinlik, dalga boyu, akıntı, rüzgar, yapmur, sis, gece vb.) sağlanarak gerçekleştirilen yanaşma ve ayrılma manevraları sırasında yaşanan manevra zorlukları simülasyon çalışması sırasında eşzamanlı tespit edilmektedir. ES Modelin dinamik bir model olması sebebiyle oluşturulan aynı model içerisinde farklı senaryolar gerçekleştirilmektedir. Ancak, liman projesinin modellenmesinde kullanılan değişkenlerin (gemiye, limana ve çevre koşullarına ait bilgiler) senaryo sırasında yaşanan manevra zorluğuna ne derece etki ettiği bilinemediğinden, riski düşürmek için liman projesinin ne şekilde revize edileceği sayısal olarak kesin bilinmemektedir. Hem ES Modeli hem de bulanık mantık yöntemini kullanarak geminin yanaşma / ayrılma manevralarını zorlaştıran faktörlerin ağırlıklarının sayısal olarak ortaya çıkarılması bu çalışmanın ana amacıdır. Böylece, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığının görev ve sorumluluğu altında olan imar planı ve uygulama projesi değerlendirme ve onay süreci, bu çalışmada önerilen yöntemle daha sağlıklı yürütülebilecektir. Bu çalışmanın yapabileceği bir diğer önemli katkı, ES model raporlarının ham çıktılarının bilimsel literatürde bulanık mantık yöntemi kullanılarak netleştirilmesi açısından özgünlüğüdür.

Kıyılarımızda kıyı tesisi projelerinin, deniz emniyeti sağlanarak inşaatına başlanması yatırımcıların da beklediği ve ihtiyaç duyduğu yönlendirmelerden biridir. Bu çalışmanın yatırımların plan ve proje onay sürecine katılması Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığının sunduğu hizmetin iyileştirilmesine katkı sağlamakla kalmayacak, kıyı yatırımcısının yönlendirme beklentisini de karşılayacaktır. Liman projeleri söz konusu liman planlama sürecini belirleyen mevzuat çerçevesinde Ulaştırma Bakanlığı tarafından onaylandığından, Modelleme Raporlarının bulanık mantık yöntemiyle değerlendirilmesine yönelik mevzuatta yapılacak değişiklik ile planlama

safhasındaki bütün paydaşlar tarafından hem hızlı hem de emniyetli proje tasarım süreci yürütülebilecektir.



DETERMINATION OF RISK FACTORS CAUSED BY SHIPS IN PORT PLANNING

SUMMARY

World Economy has been globalizing faster than ever as a result of the technological evolution. Increase of global trade brings the need of higher transportation capacity as bigger ships and port facilities. Port construction and expansion investments can be said to be supply to meet demand. Maritime safety is one of the factors affecting the zoning plan approval process in the port construction and extension investments. These factors mostly caused by the ship maneuver. One of the most widely used models is the Environmental Stress (ES) Model in risk assessment of navigation and ship manoeuvre.

Due to the geography it is located in, our country, which can be an intercontinental trade bridge in Europe - Central Asia - Middle East triangle, is a country that can be bypassed in terms of port cargo in transit loads and can only provide secondary port services. The main reason for this is that the planning for port infrastructure and port services has not been made until recently. In order to overcome this deficiency, a Master Plan Study was carried out in 2005 within the scope of the “Transportation Master Plan Strategy Project” and “Coastal Structures Master Plan” was made in 2010 by the Ministry of Transport. With these studies, the current situation of our country in the field of transportation, the internal and external conditions affecting our country and the things to be done have been. In addition, the necessary studies and arrangements have been made by the related institutions / organizations in order to conclude the port investment process in a certain order and in a short time in our country, whose porting policy is built upon a development strategy based on the investments of the private sector in this field. Most recently, the notification on Planning and Implementation Process in Coastal Structures and Facilities was published in 2011 and the port investment process has been determined. It is a need to be met in the development process that the capacity increase of port services, which should develop in parallel with a country's growing economy and foreign trade, is efficient and sustainable. For this purpose, assessing the risks arising from ship berthing / unberthing maneuvers affecting port capacity determination and design within the framework of regional and country-wide plans, directing port projects and conducting port services safely will bring thrifty and efficient coastal use which can be considered as scarce resource. The institutions stated in the related notification of the Ministry of Environment and Urbanization in 2011 are required to give their opinions on the coastal structure projects. During the evaluation of the project in terms of maritime safety, which is one of the factors affecting the zoning plan approval process in the construction and extension investments of the new port by the Ministry of Transport and Infrastructure, it may be necessary to revise the port projects due to the risks arising from the ship maneuver. Various assessment models are used for the assessment of these risks. One of the most widely used models is the Environmental Stress (ES) It is necessary to revise the high-risk port projects or to

take additional preventive measures by measuring the risk occurring around the ship during the berthing / unberthing maneuvers performed in the simulation environment with the ports and ships that are modeled similar to the port project.

However, since the risk factors and weights measured during ship maneuvers are not clearly known as a result of the ES Model report, it is not known how and to what extent the project will be revised. The main purpose of this study is to determine measures to be taken for damping of risk by specifying the risk factors and their weights using the ES Model and fuzzy logic method. A survey was conducted to determine the risk factors in high-risk port projects and expert opinions were taken and risks and their weights have been determined by using fuzzy logic method.

So, the revised port project will be realized by providing maritime safety. While port projects are approved by the Ministry of Transport within the scope of the legislation that determines the port planning process in question, the evaluation of Modeling Reports with fuzzy logic method will contribute to both fast and safe project design process. ES Model measures the risk occurring around the ship during the berthing / unberthing manoeuvres performed in the simulation environment with the ports and ships that are modeled similar to the port project. But, it is not certain which parameter of the port project will be revised such as ship tonnage and length of the ship, port form and size etc. The main benefit of this study is taking precaution with measuring risk by specifying the risk factors and their weights using both ES Model and fuzzy logic method. Thus, the development plan and project evaluation process, which is under the duty and responsibility of the Turkish Ministry of Transport, will be carried out in terms of safety with the method proposed in this study. Another important contribution of this study is its originality in terms of clarification of raw outputs of ES model reports by using fuzzy logic method in scientific literature.

Thus, the development plan and project evaluation process, which is under the duty and responsibility of the Ministry of Transport, will be fulfilled in a healthy manner with the method proposed in this study. Another important contribution of this study is its originality in terms of clarification of outputs of ES model reports by using fuzzy logic method in scientific literature.

Port investments and planning are mostly carried out by the private sector and there is no holistic planning in Turkey. Ports that are planned and operated with a special pier / dock approach lead to scattered and distorted harbor formations. Since the transport infrastructure is not planned in a coordinated manner, it causes waste of resources and inefficient investments. In areas with multiple consecutive port facilities, there is a high risk of ship maneuvering due to very close dock / pier planning. Periodic revision of coastal planning by the state will ensure high efficiency transport in port areas and industrial zones.

The progress of the study is as follows. After the literature survey in the first chapter, we conduct researches on the coastal structures of the 2nd chapter and aim to plan and manage a coastal structure. 3rd chapter explores the structural criteria affecting the urban design phase, the stakes in Turkey downtown harbor design of national and internationally recognized construction has referred to the technical principles of technical criteria. 4. Chapter, port air engineering engineering types and port modeling studies with ship maneuver planning were examined and ES model, one of the risk assessment methods in navigation safety, was explained. 5. Chapter, the method of logic planned according to the method has been mentioned, and it is listed in practice and in practice. ES Model results were analyzed with plan logic method

and different weights of ship navigation safety focus risk factors were reached in port projections in the 6th chapter. Section 7 also provides conclusions.





1. GİRİŞ

Bulunduğu coğrafya nedeniyle, Avrupa-Ortaasya-Ortadoğu üçgeninde, kıtalar arası bir ticaret köprüsü olabilecek konuma sahip ülkemiz uğraksız yüklerde limancılık açısından tercih edilmeyen ve yalnızca tali liman hizmeti verebilen bir ülke konumundadır. Bunun en büyük nedeni liman altyapısına ve liman hizmetlerine yönelik planlamaların yakın zamana kadar yapılmamış olmasıdır.

Bu eksikliğin giderilebilmesi amacıyla, önceki yıllarda yapılan kıyı master plan çalışmalarından 2005 yılında Ulaştırma ve Ulaşım Araçları Merkezince "Ulaştırma Ana Planı Stratejisi Projesi" kapsamında bir Master Plan Çalışması ve 2010 yılında Ulaştırma Bakanlığınca "Kıyı Yapıları Master Planı" yapılmış, bu çalışmalarla ulaştırma alanında ülkemizin mevcut durumu, ülkemizi etkileyen iç ve dış koşullar ile yapılması gerekenler ortaya konulmuştur.

Bununla beraber limancılık politikası özel sektörün bu alandaki yatırımlarına dayalı bir gelişme stratejisi üzerine kurulu olan ülkemizdeki liman yatırım sürecinin belli bir düzen içerisinde ve kısa sürede sonuçlanması amacıyla ilgili kurum/kuruluşlar tarafından gerekli çalışmalar ve düzenlemeler yapılmış en son Kıyı Yapı ve Tesislerinde Plânlama ve Uygulama Sürecine İlişkin Tebliğ 6.7.2011 tarihli Resmi Gazetede yayımlanarak liman yatırım sürecinin nasıl olacağı belirlenmiştir.

Bu Tebliğ kapsamında Türkiye’de bir kıyı yatırımına dair takip edilecek süreç diğer ilgili mevzuatla ilişkili olarak incelenmiştir. Liman projelerinin denizde can, mal ve çevre emniyeti açısından değerlendirme ve kıyıların planlanması yetkisi Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığındadır. Bir ülkenin büyüyen ekonomisi ve dış ticaretiyle paralel gelişim göstermesi gereken liman hizmetleri kapasite artışının verimli ve sürdürülebilir olması kalkınma süreci içerisinde karşılanması gereken bir ihtiyaçtır. Bunun için bölgesel ve ülke genelinde planlar çerçevesinde liman kapasite belirlemesi ve tasarımına etki eden gemi yanaşma/ayrılma manevralarından kaynaklı risklerin değerlendirilerek liman projelerine yön verilmesi ve limancılık hizmetlerinin emniyetli yürütülmesi ile kıt kaynak olarak nitelendirilebilecek kıyının etkin ve tasarruflu kullanımını beraberinde getirecektir.

1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

Çevre ve Şehircilik Bakanlığının 2011 yılında yayınlanan Kıyı Yapı ve Tesislerinde Planlama ve Uygulama Sürecine İlişkin Tebliğ’de belirtilen kurumların kıyı yapısı projelerine görüş vermeleri gerekmektedir. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından yeni liman inşa veya tevsii yatırımlarında imar planı onay sürecine etki eden faktörlerden biri olan deniz emniyetinin değerlendirilmesi aşamasında, gemi manevrası kaynaklı oluşan riskler sebebiyle liman projelerinin revize edilmesi gerekebilmektedir. Söz konusu risklerin değerlendirilmesi için çeşitli değerlendirme modelleri kullanılmaktadır. Bu modellerden en çok kullanılanlarından biri ES (Çevresel Gerilim) Modeldir. Simülasyon ortamında liman projesi ile benzer modellenerek oluşturulan liman ve gemiler ile gerçekleştirilen gemi yanaşma/ayırılma manevraları sırasında gemi etrafında oluşan riskin ES model ile ölçülerek yüksek riskli bulunan liman projelerinin revize edilmesi ya da ilave önleyici tedbir alınması gerekmektedir. Ancak, gemi manevraları sırasında ölçülen riski oluşturan etkenler ve ağırlıkları ES Model raporu sonucunda açıkça bilinemediğinden projenin ne şekilde ve ne ölçüde revize edileceği de bilinmemektedir. ES Model ve bulanık mantık yöntemi beraber kullanılarak riski oluşturan faktörler ve ağırlıklarının belirlenerek liman projesinde risk sönümlendirmeye yönelik alınacak önlemlerin belirlenmesi bu çalışmanın asıl amacıdır.

Çalışmanın ilerleyişi şu şekildedir. Literatür araştırmasından sonra 2. bölümde kıyı yapılarına ilişkin mevzuat incelemesi yapılarak, bir kıyı yapısının planlama ve inşasına yönelik süreç anlatılmıştır. 3. bölümde projelendirme safhasına etki eden yapısal kriterler araştırılarak, ulusal ve uluslararası kabul görmüş inşaat teknik kriterlerinden bahisle Türkiye’de uygulanan liman tasarım teknik esaslarına değinilmiştir. 4. bölümde kıyı mühendisliğinde kullanılan modelleme çeşitleri ve gemi manevra simülasyonları ile yapılan liman modelleme çalışmaları incelenmiş, seyir emniyetinde risk değerlendirme yöntemlerinden biri olan ES Model anlatılmıştır. 5. bölümde çalışmada kullanılacak bulanık mantık yönteminden bahsedilmiş, yöntemin adımları ve uygulamada kullanılacak veriler sıralanmıştır. 6. bölümde ES Model sonuçları bulanık mantık yöntemi ile analiz edilmiş ve liman projelerinde gemi seyir emniyeti açısından risk oluşturan faktörlerin sayısal ağırlıklarına ulaşılmıştır. 7. bölümde de çalışmaya dair sonuç öneriler sunulmuştur.

1.2 Literatür Araştırması

Denizde gemilerin seyri esnasında oluşan risklerin incelenmesine yönelik çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Şahin ve diğ. (2018) İstanbul Boğazında deniz trafiğine yönelik risk değerlendirmesi amaçlı yaptıkları çalışmada “Limanlar ve Su Yolları Emniyet Değerlendirmesi (PAWSA)” yöntemini kullanmışlardır.

Wang (2001), “Biçimsel Emniyet Değerlendirmesi (FSA)” yöntemini incelemiş, gemi emniyet değerlendirmesinde risk kriterleri hakkında çalışmış, denizcilik sektöründe ve gemi operasyonlarında kullanım imkânları tartışılmıştır.

JEONG ve diğ. (2012), “IWRAP (IALA Su Yolu Risk Değerlendirmesi) modeli kullanarak Güney Kore’deki suyollarında deniz kazaları olasılığını analiz etmiş ve Gemi Trafik Hizmetleri (GTH) tarafından gemi geçiş yollarında verilen hizmetinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

Young-soo ve diğ. (2002), simülasyon ortamında gerçekleştirdikleri gemi manevra senaryolarında Çevresel Gerilim (ES) Modeli kullanarak anlık ve sayısal risk ölçümü gerçekleştirmişlerdir.

Sii ve diğ. (2001) tarafından geleneksel emniyet analiz yöntemlerinin (örn: tahmin risk analizi) konsept dizayn ve fizibilite aşamasında yüksek seviyede belirsizlik içeren denizcilikle ilgili yapı ve sistemlerde uygulanmasının uygun olmayabileceği belirtilmiştir. Bulanık Mantık Yöntemi kullanılarak insan deneyimi ve bilgisinin sayısal analize girmeden niteliksel yaklaşımla modellenmesinin mümkün olabildiğinden bahisle, projelerin başlangıç aşamasında Bulanık Mantık Yöntemi ile risk analizi yapılmasının uygun olacağı savunulmaktadır.

Gucma ve Pietryzkowski (2006) bir geminin manevra emniyeti değerlendirmesini Bulanık Mantık Yöntemi kullanarak gerçekleştirmiştir. Seyir emniyetini tehdit eden veya gemiyi sevk ve idare eden tarafından tehdit ettiği düşünülen durumları bulanık mantık öğeleri ile değerlendirmeye dayanan bir yöntem ile gerçekleştirilen uygulamada simülasyon kullanılarak geminin tehlikeli seyir yaptığı durumlar belirlenmiştir.

Wang ve diğ. (2013) bir deniz kazasının incelenmesi ve önleyici tedbirlerin alınmasına yönelik 2 yöntem kullanılarak melez bir yöntem uygulaması örneği gerçekleştirmişlerdir. İnsan Faktörü Analizi ve Sınıflandırma Sistemi yanında

Bayesian İlişkilendirme Ağı kullanılarak bir vaka incelenmesi sonucu kazayı oluşturan faktörler ve önleyici tedbirlerin bulunması hedeflenmiştir

Akyüz ve Çelik (2014), gerçekleştirdikleri gemi kazaları incelemesi çalışmasında benzer şekilde bir melez yöntem kullanmışlardır.

Shenping Hu ve diğ. (2007), bulanık mantık yöntemi temelli yaptıkları çalışmada FSA modeli de kullanarak yeni bir risk değerlendirme yaklaşımı yapmayı denemişler ve bu çalışma Şangay limanında pilotaj hizmetlerinin iyileştirilmesinde kullanılmıştır.

Tanaka ve Ark. (1983), faktörlerin yamuk bulanık sayılar olarak ihtimalini değerlendirdi ve faktörlerin olasılığını belirlemek için bulanık uzatma ilkesini uyguladı. Bu çalışmaya dayanarak, Misra ve Weber (Misra ve Weber, 1990) tarafından başka araştırmalar yapılmıştır. Bunlar, faktörler ve bunları birleştirmek için bulanık bir cebir ile ilgili olasılık dağılımına dayanan bir değerlendirme sistemi önermiştir. Bu çalışmalar ışığında, Singer bulanık güvenilirliği L-R (sol-sağ) bulanık sayıları uygulayarak analiz etti (1990). Chen ve Mon, analizini kolaylaştırmak amacıyla üçgen bulanıklıklara dayanarak faktörlerin başarısızlık olasılıklarını göz önünde bulundurarak bir yöntem önerdiler (1993).

2. KIYI YAPILARINA İLİŞKİN MEVZUAT İNCELEMESİ

Ülkemizde kıyı yapılarına yönelik mevzuat ile kıyıların planlanması, kullanılması ve korunması süreçleri düzenlenmektedir. Çok sayıda paydaşın dahil olduğu bu süreçlerin mevcut mevzuat ile sağlıklı bir şekilde yürütülmesi. Aşağıda adı geçen mevzuatta yer alan hükümler Cumhurbaşkanlığı ile Ulaştırma ve Altyapı, Çevre ve Şehircilik, İçişleri, Maliye, Sağlık, Ticaret, Kültür ve Turizm, Tarım ve Orman Bakanlıkları, Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu ile Genel Kurmay Başkanlığı ve Belediyeleri ilgilendirmektedir.

2.1 Ülkemiz Kıyı Yapılarına İlişkin Mevzuat ve İlgili Kamu Kuruluşları

Kıyı yapıları ile ilgili mevzuat şu şekilde sıralanabilir:

- 1- 3621 Sayılı Kıyı Kanunu,
- 2- 618 Sayılı Limanlar Kanunu,
- 3- 6237 Sayılı Limanlar İnşaatı Hakkında Kanun,
- 4- 3194 Sayılı İmar Kanunu,
- 5- 5398 Sayılı Özelleştirme Uygulamalarının Düzenlenmesine ve Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanunda ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun,
- 6- 5084 Yatırımların ve İstihdamın Teşviki ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun,
- 7- 5237 sayılı Türk Ceza Kanunu,
- 8- 7681 sayılı Gümrük Kanunu,
- 9- 1593 sayılı Umumi Hıfzısıhha Kanunu ve Uluslararası Sağlık Tüzüğü (2005)
- 10- Kıyı Kanununun Uygulanmasına Dair Yönetmelik,
- 11- Kıyı Tesislerine İşletme İzni Verilmesine İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik,

12- 5312 sayılı Deniz Çevresinin Petrol Ve Diğer Zararlı Maddelerle Kirlenmesinde Acil Durumlarda Müdahale Ve Zararların Tazmini Esaslarına Dair Kanun ve Kanunun Uygulama Yönetmeliği

13- 2872 sayılı Çevre Kanunu ile 5491 sayılı Çevre Kanunu'nda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun ve bu kanuna istinaden çıkarılan ÇED Yönetmeliği

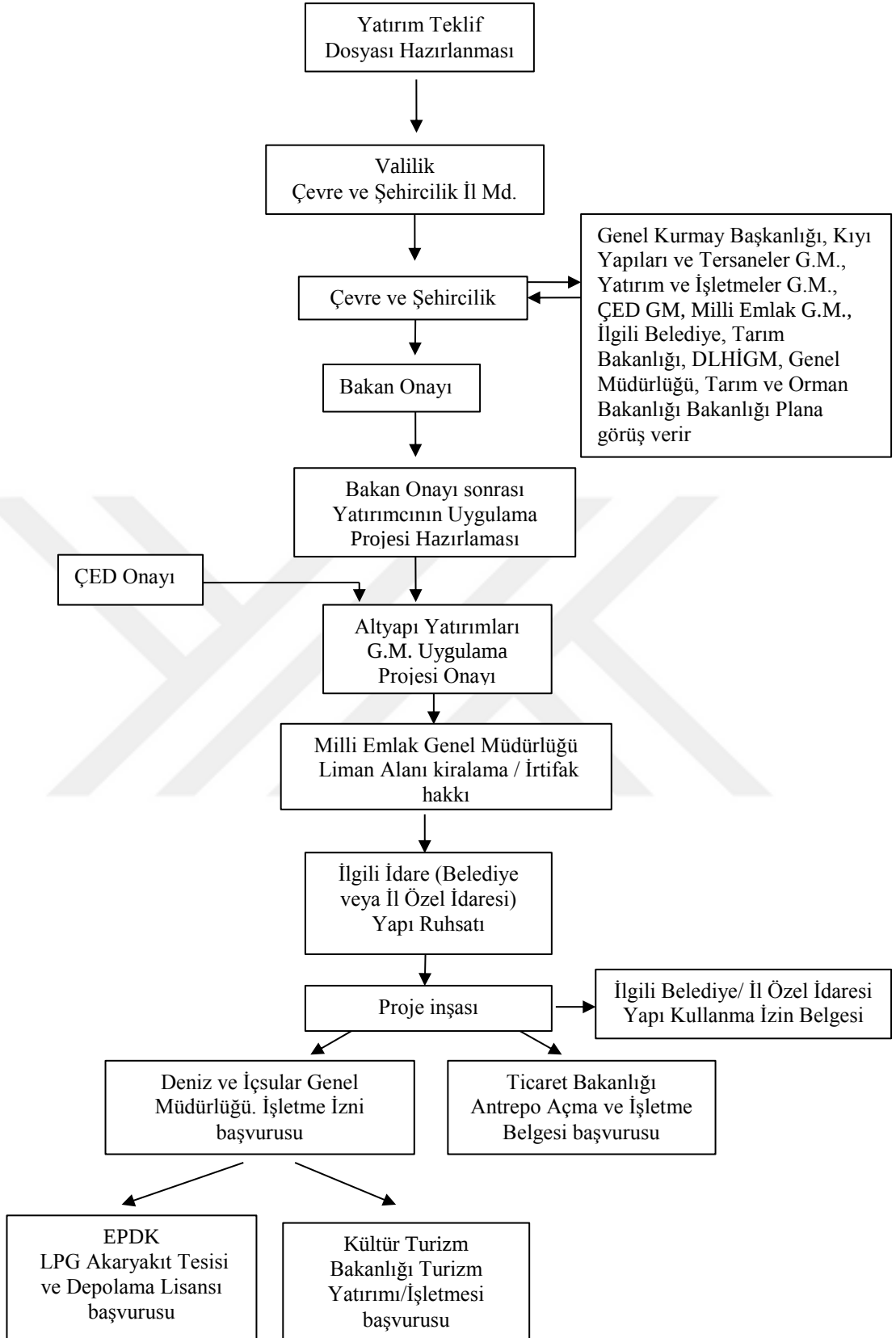
14- Uluslararası Gemi Ve Liman Tesisleri Güvenlik Kodu Uygulama Yönetmeliği

15- Hazine Taşınmazlarının İdaresi Hakkında Yönetmelik ve ilgili genelge, tebliğ ve diğer mevzuat yer almaktadır (Rapor, Denizcilik Müsteşarlığı, 2011).

2.2 Kıyı Yapısı Planlama ve Uygulama Süreci

Kıyı yapılarına ilişkin kurumların yetkilerinin esasları olan Anayasanın 43. Maddesine dayanarak 3621 sayılı Kıyı Kanunu ve bu Kanunun Uygulama Yönetmeliği yayımlanmıştır. Bu tezin çalışma alanı olan kıyının tanımı 3621 Sayılı Kıyı Kanununda “Kıyı çizgisi ile kıyı kenar çizgisi arasındaki alan” olarak tanımlanmıştır. Aynı kanunda kıyı çizgisi, “Deniz, tabii ve suni göl ve akarsularda, taşkın durumları dışında, suyun karaya değdiği noktaların birleşmesinden oluşan çizgi” olarak, kıyı kenar çizgisi ise “Deniz, tabii ve suni göl ve akarsularda, kıyı çizgisinden sonraki kara yönünde su hareketlerinin oluşturulduğu kumluk, çakıllık, kayalık, taşlık, sazlık, bataklık ve benzeri alanların doğal sınırı” olarak tanımlanmıştır. Kanun kapsamında sahil şeridi kıyı çizgisinden kara yönünde en az 100 metre genişliğindeki alan kamunun ortak kullanımına açık devletin hüküm ve tasarrufundaki alandır.

Kıyı yapılarının planlanmasına yönelik kurumların yetkilerinin eş güdüm içerisinde kullanılması amacıyla Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca 06.07.2011 tarihinde Kıyı Yapı Ve Tesislerinde Plânlama Ve Uygulama Sürecine İlişkin Tebliğ yayımlanmıştır. Yapımı planlanan projeye ilişkin hazırlanan imar planı teklifi ilgili kurumlardan uygun görüş alındıktan sonra Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca onaylandıktan sonra proje yapım aşamasına geçilebilir. Söz konusu Tebliğ ile düzenlenen imar planı onay süreci Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 : Kıyı Yapılarının Planlama ve Uygulama Süreci.

2.2.1 Plan onama süreci

Kıyı yatırım yapılacak alan sınırlarının belirlenmesinden sonra projeye ilişkin oluşturulacak Yatırım Teklif Dosyası, projenin bulunduğu ilin Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü'ne (MPGM) sunulur. Yatırım Teklif Dosyasında bulunacak belgeler aşağıda belirtilmiştir.

- a) Ölçekli analiz paftası,
- b) Onaylı kadastral harita,
- c) Uygulama imar plânı teklifi,
- d) İmar planı açıklama raporu,
- e) Hidrografik ve oşinografik rapor,
- f) Fizibilite ve modelleme raporu,
- g) Varsa Milli Emlak Genel Müdürlüğünden alınan ön izin belgesi (dosya içerisinde bulunması zorunlu değildir),
- h) Teklif imar planı yer alır.

Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü yatırım teklif dosyasını 15 günlük zaman zarfında değerlendirir. Teklif dosyası eksiksiz bulunması durumunda olumlu görüş verilerek Çevre ve Şehircilik Bakanlığına gönderilir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı; teklif dosyasını 15 gün içinde inceyerek uygun görülmesi halinde ilgili kurum ve kuruluşların görüşlerine sunar.

Görüş istenen kurum/kuruluşlar aşağıda belirtilmiştir.

-Genelkurmay Başkanlığı

-Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Tersaneler ve Kıyı Yapıları Genel Müdürlüğü (TKYGM)

-Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü (AYGM)

-Kültür Turizm Bakanlığı, Yatırım ve İşletmeler Genel Müdürlüğü (YİGM) veya Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü (KVMGM)

-Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü (ÇEDİDGM)

-Milli Emlak Genel Müdürlüğü (MEGM)

-Demiryolları, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü (DLHİGM)

-Tarım ve Orman Bakanlığı

-Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Demiryolları, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü (DLHİGM)

-Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Milli Emlak Genel Müdürlüğü (MEGM)

-İlgili belediye veya Büyükşehir Belediye Başkanlığı

Yukarıda belirtilen kurum ve kuruluşlar, yatırım teklif dosyasını 30 gün içinde yetki alanlarına yönelik incelemeyi tamamlayarak görüş vermeleri gerekmektedir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, bütün görüşlerin bildirilmesinin ardından bir olumsuzluk bulunmaması durumunda 15 gün içinde 3621 sayılı Kıyı Kanunu'nun 7'nci maddesine göre onaylanmak üzere, Bakan onayına sunar.

Bakanlık tarafından onaylanan uygulama imar plânlarına ait plân paftaları, birer takım hâlinde aşağıdaki kurumlara gönderilir.

- İlgili İl Özel İdaresi

- İlgili Belediye veya Büyükşehir Belediye Başkanlığı

- Genelkurmay Başkanlığı

- Ulaştırma Bakanlığı (TKYGM)

- Ulaştırma Bakanlığı (AYGM)

- Kültür ve Turizm Bakanlığı (YİGM veya KVMGM),

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇED GM),

- Çevre ve Şehircilik BakanlığıMEGM,

- İlgili diğer kurum ve kuruluşlar,

- İlgili Valilik (Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü)

- (DLHİGM)

2.2.2 Proje onay süreci

Yatırıma ilişkin hazırlanmış olan uygulama projesi onaylanması için Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğüne sunulur.

AYGM tarafından yapılan incelemede uygun bulunan proje 45 gün içerisinde onaylanır. Onaylanan uygulama projesi, ilgili kurumlara bir zaviyet planı eşliğinde gönderilir.

2.2.3 Kullanma izni veya irtifak hakkı alma süreci

Yatırımla ilgili alanın kullanımına yönelik Milli Emlak Genel Müdürlüğüne (MEGM) başvuruda bulunulur. Uygun bulunması durumunda Çevre ve Şehircilik Bakanlığının onayıyla proje alanının 29 seneye kadar kullanımı ile ilgili izin/irtifak hakkı sözleşmesi imzalanır.

Bu sürecin tamamlanmasının ardından teşviklerden faydalanmak isteyen turizm yatırımcıları, “Turizm Yatırım Belgesi” almak için Kültür ve Turizm Bakanlığı Yatırım ve İşletmeler Genel Müdürlüğüne başvurabilirler.

2.2.4 Yapı ruhsatı

Onaylanmış imar planı, uygulama projesi, kiralama belgesi ve diğer bilgi ve belgelerle birlikte yapı ruhsatı almak için yatırımcı tarafından Belediye veya Valiliğe başvurulur. İnşaat öncesi yapı ruhsatı alınmış kıyı yatırımcısı ilgili liman başkanlığına yazılı olarak başvurur.

2.2.5 İnşaat süreci

Onaylı imar planda belirtilen alan dahilinde, onaylı projeye uygun şekilde inşaatın tamamlanması, sorumluluğun yatırımcıya ait olması şartıyla AYGM tarafından yürütülür.

2.2.6 Yapı kullanma izin belgesi

İnşaatın yapı ruhsatına uygun halde tamamlanmasının ardından Belediye veya Valilik (İl Özel İdaresi) tarafından “Yapı kullanma izin belgesi” verilir.

2.2.7 İşletme izin belgeleri

Kıyı yatırımcılarının tamamı; inşaatı tamamlanmış kıyı tesislerinin faaliyete geçebilmesi için, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Deniz ve İçsular Düzenleme Genel Müdürlüğünden kıyı tesisi işletme izni/geçici işletme alır.

Turizm amaçlı faaliyet gösterecek kıyı yatırımları için Kültür ve Turizm Bakanlığında “Turizm İşletme Belgesi” alınır.

LPG/LNG/akaryakıt depolaması hizmeti verecek kıyı tesisleri için Enerji Piyasası Düzenleme Kurumundan “Depolama Lisansı”, Antrepoculuk hizmeti verilmesi durumunda Gümrük ve Ticaret Bakanlığında “Antrepo Açma ve İşletme Belgesi” alınır.

Planlama, Projelendirme ve İşletme süreçlerine yönelik mevzuat incelemesi bu şekilde tamamlanmış olup bir sonraki bölümde kıyı yatırımına dair inşaat projesi hazırlanması sırasında dikkat edilecek yapısal standartlar ve önerilen teknik kriterlere değinilecektir. Belirlenmiş teknik esaslara göre proje hazırlanması, izin/onay süreçlerinin hızlı tamamlanması yanında kıyı yapısının işletildiği süre boyunca emniyetle hizmet vermesini ve planlamadan kaynaklı ekonomik kayıpların en az seviyede yaşanmasını sağlayacaktır.



3. LİMAN İNŞASINDA KULLANILAN YAPISAL KRİTERLER

Liman amaçlı tasarlanan kıyı yapıları için kıyı mühendisliğinde, planlama aşaması için kıyı yapılarının yapısal risk faktörlerini kapsayan güvenilirliğin belirlenmesi, projenin inşaat aşaması ve sonrasında faaliyette bulunduğu süre boyunca emniyetle kullanımının sağlanmasında önem arz etmektedir (PIANC, 1992). Taş dolgu ve benzeri kıyı yapılarının güvenilirliğinin, değişkenlik seviyesi yüksek olan ve önceden tahmin edilemeyen fırtınaların doğasına bağlı olması sebebiyle; bu tip yapıların güvenilirliği çoğunlukla kıyı projeleri için yapısal risklerin hesaplanmasında göz önüne alınır. Çok farklı tasarım koşulları için planlanmış kıyı yapılarının yıkılması sonucunda önem derecesi değişen ekonomik kayıplar oluşur (AYGM, 2007).

Dünya Denizyolu Taşımacılığı Altyapısı Birliği (PIANC), Japonya Kıyı Alanı Geliştirme Enstitüsü (OCDI), Kıyı Mühendisliği Araştırma Merkezi (CERC) gibi organizasyonlar tarafından liman projelerinde yapısal standartlar getirilmesi çalışmaları yapılmış ve aralıklı olarak yapılan çalışmalarla bu standartların geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığınca uygulama projelerinin değerlendirilmesinde yol gösterici olmasının yanında, dünyada bugüne kadar gerçekleştirilmiş olan yapısal standart belirleme çalışmalarından faydalanılarak ülkemiz kıyılarında liman yatırımcılarının proje geliştirmelerinin sağlanmasına yönelik teknik esaslar belirlenmiştir. AYGM tarafından 2007 yılında yayınlanan “Kıyı Yapıları ve Limanlar Planlama ve Tasarım Teknik Esasları” içerisinde PIANC, OCDI VE CERC kriterleri etraflıca incelenmiş ve ülkemiz kıyı yapılarına ilişkin yapısal standartlar oluşturulmuştur.

3.1 Kıyı Yapıları ve Limanlar Planlama ve Tasarım Teknik Esasları

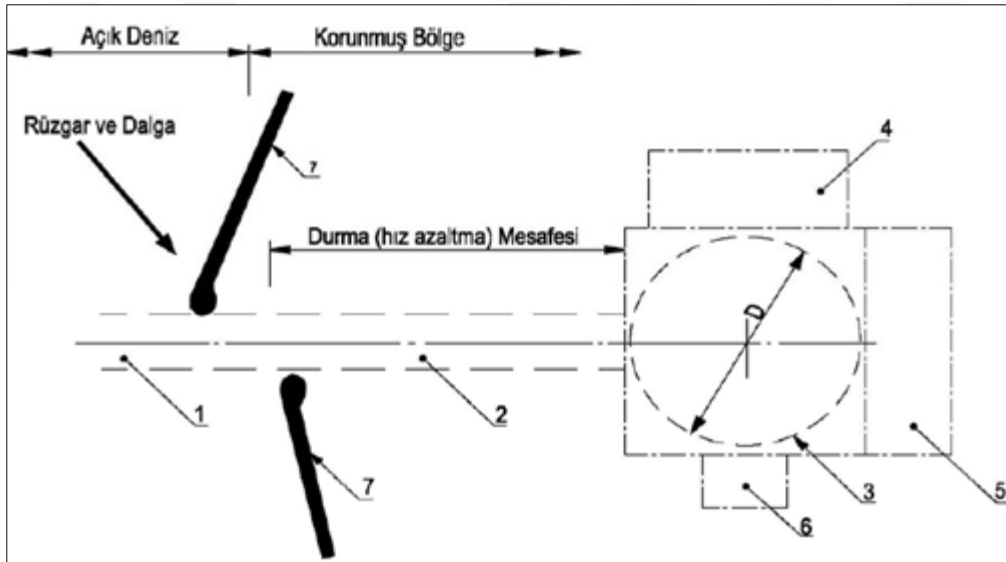
Liman projelerinin dizaynında gemi manevrasına etki eden unsurlar da dikkate alınır. Bunlar temel olarak su alanı, derinlik, gemi boyutu, yanaşma yeri olarak sıralanabilir. Geminin emniyetli yaklaşımını sağlayacak ulaşım kanalı ve liman girişi, emniyetli manevraya imkan verecek genişlik ve yeterlikte su alanı, emniyetli yanaşma ve

bağlamaya imkan sağlayacak rıhtım uzunluğu, projenin amacına uygun gemi tipi, boyu ve tonajı beraber düşünülerek yapılacak dizayn yatırımın hedeflerine ulaşılmasını sağlayacaktır (AYGM, 2017).

Bu çalışmada, teknik esaslar kapsamında belirlenmiş yapısal kriterlerden gemi manevrası ile ilgili olanlara değinilmiştir.

3.1.1 Su alanının planlanacak elemanları

Liman tesisinin inşa edileceği alanının belirlenmesinin ardından alana ilişkin meteorolojik, geoteknik ve oşinografik veriler belirlenecektir. Liman tesislerinin su alanında planlanacak hususlar Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 : Su alanı elemanları.

Şekil 3.1’de numaralandırılmış su alanı elemanları aşağıda gösterilmiştir.

- (1) Dış ulaşım kanalı
- (2) İç ulaşım kanalı
- (3) Manevra dairesi
- (4) Demirleme alanı
- (5) Yanaşma alanı
- (6) Özel amaçlı alan
- (7) Dalgakıranlar (AYGM, 2017).

Planlama ve tasarıma yönelik kriterler genelde gemi boy ve tonajına dayanmaktadır. Geminin rüzgar ve sis gibi meteorolojik etkenler ile akıntı ve dalga gibi oşinografik etkenler sebebiyle manevra kabiliyeti, dalgalı denizdeki düşey salınımı, yanaşma yerindeki yatay ve dikey doğrultulardaki tepkileri düşünülmelidir. Planlama aşamasında limanın tamamlanmasının ardından dip akıntısı, deniz dibi yapısı ve florası gibi doğal yapıya (fiziksel ve ekolojik) etkisinin araştırılması gereklidir (AYGM, 2017).

3.1.2 Ulaşım kanalı

Ulaşım kanalı açık denizden limanın içinde bulunan manevra dairesine ulaşmayı sağlayan su yolu olarak tanımlanır. Tasarımla ilgili 3 değişken vardır. Bunlar; kanal doğrultusu, kanal genişliği ve kanal derinliğidir. Ulaşım kanalı doğrusal değilde eğri dizayn edilecekse geminin manevra kabiliyeti, hızı, su çekimi/derinlik oranı ve seyir emniyeti takviyesi faktörleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Aşağıdaki belirtilen prensipler ulaşım kanalının doğrultusunun belirlenmesinde uygulanmaktadır (AYGM, 2017).

(i) Emniyetli en kısa uzunluk seçilmelidir.

(ii) Gemi bordasından akıntı ve rüzgâr etkisi en az olmalıdır.

(iii) Bölgedeki karakteristik dalga yönü ile ulaşım kanalının doğrultusu arasında en fazla 30° olmalıdır.

Kanalda olabildiğince az eğrilik olmalı ve liman girişinde eğrilikten kaçınılmalıdır. Römorkör desteğinin olmadığı bir senaryoda, kanalın eğriliği yanaşacak geminin manevra kabiliyetine bağlıdır. Ulaşım kanalının dizaynında daha detaylı kriterler için OCDI (2002) ve PIANC (1995) kullanılmaktadır. (AYGM, 2017)

Kanalın genişliği için PIANC (1995 ve 1997) ile belirlenmiş olan bağıntı kullanılmaktadır. (AYGM, 2017).

$$W=WBM+\sum W_i+2WB$$

Bağıntıda belirtilen kısaltmalardan WBM temel kanal genişliği, W_i genişlik ve WB ise şev açıklığını göstermektedir. Aynı anda iki geminin kanaldan geçmesi durumunda iki hat arasına WP ayırım genişliğinin ilave edilmesi de gerekmektedir (AYGM, 2017).

$$W=2(WBM+\Sigma W_i+WB)+WP$$

Kısmi manevra ve küçük hızlı gemiler için PIANC (1997) değerleri kullanılmaktadır. Teknik esaslarda akıntı hızının 2,9 m/s geçmesi durumunda kanal genişliğinin belirlenmesinde gemi simülatörlerinin kullanılması tavsiye edilmektedir. Ulaşım kanalının yanında dikkate alınabilecek diğer tasarım özellikleri aşağıdaki gibi olabilir (AYGM, 2017).

(i) Manevra alanı

(ii) Demirleme alanı

(iii) Liman ağzı genişliği

(iv) Dış ulaşım kanalı

Bu özelliklerin çoğu gemi trafik yoğunluğu, akıntı hızı, dalga boyu, gemi boyutları, derinliğe bağlı olarak değişmektedir. Dış ulaşım kanalında akıntı ve dalga düşünülerek ilave genişlik ihtiyacı olmayacağı açıktır. Bordadan gelen akıntı etkisindeki gemilerin limana girmesi durumunda dalgakıranın arkasında ilave bir alana ihtiyaç duyulmaktadır. Dıştaki kanal içeride daraltılmadan önce 2–3Ls kadar uzatılır, burada Ls ortalama gemi boyudur. (AYGM, 2017)

Bir geminin durma kabiliyeti sınırlı olduğundan ulaşım kanalı ve manevra alanı içinde durması sağlanacak şekilde liman planlanmalıdır. Liman sınırları içerisinde gerekli yavaşlama ve durma mesafesi aşağıdaki değişkenlere göre belirlenmektedir;

a) Gemi giriş hızı

b) Römorkörlerin bağlama süresi bağlı duruş pozisyonları

c) Durma mesafesi

İç ulaşım kanalı sonlandığı yer manevra alanıdır. Bu noktadan sonra römorkör yardımı bağlama rıhtımlarına çekilirler. Manevra alanının çapı yanaşacak en büyük gemi boyunun (L) iki katından büyük olmalıdır. Römorkör desteğinin olmayacağı küçük limanlarda bu 3L'den büyük olur. Nehir gibi akıntılı içsularda bulunan limanlarda geminin sürükleneyeceği düşünülerek bu büyütülebilir (AYGM, 2017).

İki iskele veya rıhtım arasında kalan alan olarak tarif edilen basenler gemilerin yanaşmaları ve ayrılımlarını emniyetle gerçekleştirmelerini sağlayacak genişlikte olmalıdır. Rıhtım önünde bulunan su alanı yanaşacak geminin su çekimi için yeterli

derinliğe sahip olmalıdır. Başlıca gemi tip ve boyutlarına göre yanaşma yeri temel boyutları ön tasarım için aşağıda verilmiştir. Yük gemileri için Çizelge 3.1, konteyner gemileri için Çizelge 3.2, yolcu gemileri için Çizelge 3.3, tankerler için Çizelge 3.4’te gemi tonajı ile yanaşma yeri uzunluk-derinlik ilişkisi görülerek dizayn esnasında bu değerler yaklaşık olarak hesaba katılabilir (AYGM, 2017).

Çizelge 3.1 : Kuru yük gemileri.

Gemi Tonajı (DWT)	Yanaşma Yeri Uzunluğu (m)	Yanaşma Yeri Derinliği (m)
1,000	80	4.5
2,000	100	5.5
3,000	110	6.5
5,000	130	7.5
10,000	160	9.0
12,000	170	10.0
18,000	190	11.0
30,000	240	12.0
40,000	260	13.0
55,000	280	14.0
70,000	300	15.0
90,000	320	16.0
100,000	330	17.0
150,000	370	19.0

Çizelge 3.2 : Konteyner gemileri

Gemi Tonajı (DWT)	Yanaşma Yeri Uzunluğu (m)	Yanaşma Yeri Derinliği (m)
30,000	250	12.0
40,000	300	13.0
50,000	330	14.0
60,000	350	15.0

Çizelge 3.3 : Yolcu gemileri

Gros Ton (GT)	Yanaşma Yeri Uzunluğu (m)	Yanaşma Yeri Derinliği (m)
20,000	220	9.0
30,000	260	9.0
50,000	310	9.0
70,000	340	9.0

Çizelge 3.4 Tankerler

Gemi Tonajı (DWT)	Yanaşma Yeri Uzunluğu (m)	Yanaşma Yeri Derinliği (m)
1,000	80	4.5
2,000	100	5.5
3,000	110	6.5
5,000	130	7.5
10,000	170	9.0
15,000	190	10.0
20,000	210	11.0
30,000	230	12.0
50,000	270	14.0
70,000	300	16.0
90,000	300	17.0

Gemi manevrasıyla ilgili yapısal kriterlere bu şekilde değinilmiş olup bir sonraki bölümde modelleme yöntemlerinden bahsedilecektir. İnşa edilecek yapının sayısal ve fiziksel yöntemlerle modellenmesiyle ve teknik esaslara uyulmasına rağmen giderilemeyecek ve modelleme sonrasında tespit edilebilecek muhtemel olumsuzlukların görülebilmesinin önemi ve modelleme yöntemleri ele alınacaktır.

4. KIYI MÜHENDİSLİĞİNDE MODELLEME

4.1 Sayısal Modelleme Esasları

Kıyı Mühendisliğinde liman planlaması ve tasarımına yönelik çeşitli sayısal modeller geliştirilmiştir. Dizayn çalışmalarında günümüzde sayısal modellerin kullanımı artmaktadır (AYGM, 2017).

Model kullanımında;

- Kullanılacak modellerin dinamik simülasyon modelleri olması tercih edilmelidir.
- Tasarımda tercih edilen yazılımların, ulusal ve uluslararası uygulamalarda sınanmış, doğruluğu test edilmiş olan model yazılımı olmaları sonuçların sağlığı ve güvenilirliği açısından önemlidir.
- Çalışılan modellerin, hesap yöntemi ile çözüm yaklaşımı ve doğruluk değerlerinin belgelenmiş olması gereklidir. Modelleme kabulleri, hesap yöntemi ve uygulama sınırı bilinmeyen raporlanmayan veya yayınlarda bulunmayan modeller dizaynda kullanılmamalıdır.
- Modellerin saha ölçümüyle ile kalibrasyonunun olması gereklidir. Kalibre edilmiş olmayan bir modelin sağlıklı sonuç vereceği düşünülür. Bir modelin kalibre edilme şekli “parametrelerin tahmini” esasına bağlı olmalıdır. Saha verisi olmayan durumlar için, modelin kalibre edilmediği sonuç raporu ve hesaplamalarda belirtilmeli, bulgulara ilişkin tahmini hata oranları çalışmaya eklenmelidir.
- Kalibrasyonsuz modellerin kullanılması durumunda, sonuçların nitelik olarak bir anlam taşıması için parametre bazında hassasiyet çözümlemeleri gerçekleştirilmelidir.
- Kullanılacak niceliksel modelin hesaplama alanı tanımlı olmalı, yazılımda kullanılan niceliksel yöntemin hususiyeti göz önünde bulundurularak kullanılan dinamik modelin hesaplama alanında yer alan süre ve mesafe adımları uygun seçilmelidir. Modelin problemi olabildiğince tanımlanmasına sağlanmalıdır.

- Hesaplama girilen veriler ve çıktılar probleme göre gerçeğe yakın belirlenmelidir. Veri doğruluğu gözden geçirilmelidir.
- Çalışmanın çıktıları grafik vb. görsel yöntemler yardımı ile yorumlanmalıdır (AYGM, 2017).

4.2 Dalga Tahmini

Son derin deniz dalga tahmini uygulamalarında 3. nesil görsel tahmin modelleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu uygulamalarda rüzgâr etkisiyle dalga oluşumu modelleyen, saha ölçümü ile kalibrasyonu sağlanmış modeller kullanılmalıdır (AYGM, 2017).

Derin deniz dalgalarının yakın kıyıda dağılımı modellenirken görsel dönüşüm modelleri kullanılmalıdır. Bu modellerde;

- Dalganın sapması, sığlaşması, dönmesi, kırılması modellenabilir olmalıdır.
- Dalganın kıyıya yaklaşımında geçireceği görsel değişim modellenebilmeli, gerilme akısı hesaplanabilmelidir.
- Batimetri bilgisi yeterli hassaslıkta tanımlanmalı, çözümleme ağı frekansı batimetrik verilerle ilişkili olarak gerektiğinde arttırılabilmelidir.
- Çalışmada noktasal rüzgâr verisi ile beraber alansal ve sinoptik rüzgâr verileri de girdi olarak kullanılabilmelidir.

Derin deniz ve yakın kıyı tahminin beraber yapılabilirdiği modeller kullanılması çözüm hızını ve doğruluğunu arttırmaktadır (AYGM, 2017).

4.3 Liman İçi Çalkantı

Liman içi dalga oluşumu ve meydana gelen farklı su seviyelerinin gözlemlendiği liman içi çalkantı modeli uygulaması mevcut bir liman tesisine yönelik gerçekleştiriliyorsa gözlem sonucu ile kalibrasyonu yapılmış olması veya sınanmış olması sağlanmalıdır. Mevcut olmayan bir liman tesisine yönelik çalışmada limanın içindeki yapılaşmalardan kaynaklı yansımaların değeri hesaba katılarak hassaslık analizi yapılmalıdır (AYGM, 2017).

Liman içi çalkantı modellerinde aranan özellikler şöyle sıralanabilir.

- Çalkantının düzenli olmayan dalga serileri ile denenebilmesi gereklidir.
- Çalkantı simülasyonu, liman tesisi içinde araştırılan su alanını gerçekçi oluşturabilecek bir sürede olmalıdır.
- Kullanılan model liman tesisinde oluşması beklenen dalga yansıma özelliklerini tanımlamalıdır. Tesiste bulunabilecek yüzer dalgakıran ve iskele gibi geçirimli yapıları geçirim katsayılarını da içerecek şekilde modelleyebilmelidir.
- Liman içi batimetrisi modelde tanımlanabilmelidir.
- İstenmeyen bölgelerden kaynaklanan dalga yansımalarının engellenebilir olmasını sağlamalıdır.
- Modelleme çalışması sonucunda, çalışılan su alanındaki bütün noktalardaki su seviyesi zaman serileri halinde elde edilebilmelidir (AYGM, 2017).

4.4 Akıntı Modellemesi

Proje alanında yüzey ve dip akıntılarının deneysel ortamda gözlenmesini sağlayan akıntı modellemesinde kullanılacak yazılım rüzgârı, su seviyesindeki değişimi (gelgit veya yapay etkenler) Coriolis etkisini, taban sürtünmesini, dalgadan kaynaklı gerilme akılarını, yoğunluk ile sıcaklığın oluşturduğu değişimi modelleyebilmelidir.

- Çalışılacak su alanında tabakalı akım oluşumu gözleniyorsa üç boyutlu modellerin kullanılması sağlıklı sonuç verecektir. İki boyutlu modellerin kullanımı bölgedeki su kütlelerinin yüzeyden tabana kadar tek yönde hareket ettiğinin ispatlanması halinde kullanılabilir.
- Parametrik olarak kalibre edilebilir özelliklere sahip model kullanılmalıdır (AYGM, 2017).

4.5 Katı Madde Taşınımı ve Morfolojik Modelleme

Kıyı mühendisliğinde su içerisinde yer alan katı maddelerin askı malzemesi olarak yer değiştirmesi, katı madde taşınımının yüksek olduğu bölgelerde hizmet vermesi planlanan kıyı yapısı projelerinin dizaynında dikkate alınması gerekli bir husustur. Katı maddelerin yer değiştirmesi zaman içerisinde istenmeyen noktalarda birikme, derinlik değişimi, doğal yapının bozulması vb. sonuçlar doğuracaktır. Kıyı yapısı faaliyete geçtiğinde meydana gelebilecek problemlerin oluşmadan önüne geçmek ve

oluştığında telafi edilmesi için karşılaşılabilecek ağır ekonomik külfetten kaçınmak için katı madde taşınımına yönelik yapılacak modeller çalışmalarında aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- Çalışma alanına ait verilerden en önemlileri olarak katı madde ve deniz suyu özellikleri ölçümlerle belirlenmelidir.
- Bölgede taşınan katı maddelerin debilerinin doğru modellenmesi için hesaplama alanındaki hidrodinamik şartların doğruluğunun teyidi gereklidir.
- Kıyı çizgisinde değişim oluşması gibi morfolojik hesaplamaların sınır koşulları gerçeğe yakın tespit edilmelidir. Hesaplama sonuçları zamana bağlı olmalıdır. İki ve üç boyutlu morfolojik model stabilitesi zaman ve hesap adımlarıyla beraber deniz tabanındaki düzlük/pürüzlülük gibi değişkenlerin doğru belirlenmesiyle de ilişkilidir (AYGM, 2017).

4.6 Fiziksel Model

Kıyı mühendisliğinde sayısal modellemenin yanında iki veya üç boyutlu fiziksel modellemenin de çalışılmasının zaruri olduğu haller olabilmektedir. Bilhassa dalgakıran denge deneyleri fiziksel modelleme destekli yapıldığında iktisadi dalgakıran kesitlerinin elde edilmesi sağlanmaktadır. Bununla beraber yüzer dalgakıran stabilitesi ile kum taşınımı gibi durumların fiziksel olarak modellenmesi gerçeğe yakın sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır (AYGM, 2017).

4.7 Gemi Manevra Risk Değerlendirmesi - “Çevresel Gerilim Modeli”

Limanlar ve suyollarında gemilerin seyir emniyetini etkileyecek risklerin belirlenmesinde de modeller kullanılmaktadır. Kaza veya ramak kala gibi istenmeyen durumlara karşı önlem alınması, gemilerin daha düşük riskli seyri ve daha emniyetli liman planlamalarına olanak sağlanması için en sık kullanılan modeller FSA, PAWSA, IWRAP ve ES modellerdir.

Biçimsel Emniyet Değerlendirmesi (FSA), risk analizi ve maliyet/fayda değerlendirmesini kullanarak, can güvenliğini, deniz çevresi ve mülkün korunması dahil, deniz emniyetini arttırmayı amaçlayan bir metodolojidir. İnsan unsuru ile deniz güvenliği ile deniz çevresinin ve maliyetlerin korunması arasında bir değerlendirme yöntemi olarak beş adımdan oluşur:

Tehlikelerin belirlenmesi (Potansiyel nedenleri ve sonuçları ile ilgili tüm kaza senaryolarının listesi);

Risklerin değerlendirilmesi (Risk faktörlerinin değerlendirilmesi);

Risk kontrol seçenekleri (Tespit edilen riskleri kontrol etmek ve azaltmak için düzenleyici önlemler geliştirmek);

Maliyet fayda değerlendirmesi (Her risk kontrol seçeneğinin maliyet etkinliğinin belirlenmesi);

Karar verme için öneriler (Tehlikeler, bunlarla ilgili riskler ve alternatif risk kontrol seçeneklerinin maliyet etkinliği hakkında bilgi verilmektedir).

Basit olarak, bu adımlar aşağıdaki şekile indirgenebilir:

1- Ne yanlış gidebilir? Tehlikelerin tanımlanması (Potansiyel nedenleri ve sonuçları ile ilgili tüm kaza senaryolarının listesi)

2- Ne kadar kötü ve ne kadar muhtemel? Riskin değerlendirilmesi (Risk oluşturan faktörlerinin değerlendirilmesi);

3- Konular iyileştirilebilir mi? Risk kontrol seçenekleri (Tespit edilen riskleri kontrol etmek ve azaltmak için düzenleyici önlemler geliştirmek)

4- Maliyeti nedir ve ne kadar daha iyi olurdu? Maliyet fayda değerlendirmesi (Her bir risk kontrol seçeneğinin maliyet etkinliğinin belirlenmesi);

5- Hangi işlemler yapılmalı? = Karar verme önerileri (Tehlikeler, bunlarla ilgili riskler ve alternatif risk kontrol seçeneklerinin maliyet etkinliği hakkında bilgi verilir.) (Url-1).

Limanlar ve Su Yolları Emniyet Değerlendirmesi (PAWSA), deniz trafik kullanımında verimliliği ve emniyeti artırmak için liman sahasında diyalogu teşvik eden politika ve prosedürlerin geliştirilmesini teşvik eden yöntemdir. Suyolunu kullanan paydaşların biraraya gelerek belirlenen hedeflere ulaşması için bir çalıştay yürütülmesi ile emniyetli deniz trafiğinin sağlanması hedeflenir. Su yolu güvenliğini tehdit eden riskleri tanımlamak, olası etki azaltma önlemlerini değerlendirmek ve önlemlerin uygulanmasına zemin hazırlanır (Url-2).

PAWSA süreci içerisinde;

1- Proje geliştirme aşamasında seyir güvenliğini artırmak ve deniz ulaşırma sistemini desteklemek için ilgili bölgedeki mevcut bilgiler toplanır.

2- Hükümet ve özel sektör arasında koordinasyon ve işbirliğinin iyileştirilmesi ile paydaşların kendilerini etkileyen kararlara dahil edilmesi sağlanır.

3 Çalışma gurubunu oluşturan paydaşların rolünün geliştirilmesi ve güçlendirilmesi sağlanır.

4-İdarenin sorumlu olduğu deniz alanında gemi trafiği yönetimindeki rolü desteklenerek güçlendirilir (Url-3).

Uluslararası Seyir Yardımcıları ve Fenerler Otoriteleri Birliği (IALA) tarafından oluşturulan bir model olan IALA Su Yolu Risk Değerlendirmesi (IWRAP), bir suyolunda kaza olasılığının tespit edilmesi amacıyla kullanılır. Karaya veya bir diğer gemiye yakın geçen gemilerin kaçış manevrası yapmazlarsa kaza olasılığının mevcut olduğu kabul edilir. Çalışma yapılacak suyoluna ait derinlik, hava durumu, önceki kaza istatistikleri ve gözlenen gerçek gemi trafiği hareketlerinin beraber kullanılması ile bir değerlendirme yapılmasına dayanan bir yöntemdir.

ES (Çevresel gerilim) Model, yukarıda bahsedilen modellerden farklı olarak bir yazılım kullanılarak anlık sayısal ölçüm yapılabilen bir modeldir. Topografik ve trafik çevresi tarafından gemi adamı üzerinde meydana getirilen gerilim derecesinin sayısal ifadelendirilmesi amacıyla oluşturulmuştur. ES Modelde kullanılarak risk analizi ve değerlendirme yapılabilmesi için önceden bilinmesi gereken çevre koşulları şunlardır (Yurtören ve diğ., 2008);

(i) Topografik koşullar (Kara, sıklık, mendirek, şamandıra, balık ağları, bağlı gemiler ve diğer sabit veya yüzer engeller)

(ii)Trafik koşulları (Trafik akışı, gemi trafik yoğunluğu)

(iii)Hidrografik ve Oşinografik koşullar (Rüzgâr, dalga akıntı, vb.) (Yurtören ve diğ., 2008).

Açık denizde sınırlı bir su alanı olmaması ve yeterli kazadan kaçınma zamanı olması nedeniyle gemi adamı üzerinde gerilim oluşmamaktadır. Bunun aksine, dar kanallarda seyreden gemiler üzerinde gerek topografik şartlar, gerek gemi trafiği, gerekse gemi rotası vb. çevre koşulları çerçevesinde gemi adamı üzerinde gerilim oluşmaktadır. Bu gerilim üzerinde bulunan geminin özellikleri (Boyu, tipi, tonajı,

manevra çemberi, baş-kıç iter gibi manevra yardımcıları vb.) nedeniyle etkilenebilmektedir (Yurtören ve diğ, 2008).

ES Model ile gerilimin (stresin) düzeyini göstermekte olup 0-1000 arası değerlerde farklı risk seviyelerinde tanımlanmışlardır. Bu tanımlamalar Çizelge 4.1’de gösterildiği gibidir; 0-500 arası Önemsiz risk, 500-750 değerler arası ‘Marjinal’, 750-900 arası değerler kritik risk değerleridir. Aynı zamanda bu 750 değeri kabul edilemez risk sınırı olarak kabul edilmiş olup bu modelin önemli bir özelliğidir. 900-1000 arası gerilim değerleri ise ‘Katastrofik’ yani “Felaket” olup bunun anlamı çok yüksek stres olarak mutlaka bir kaza ile sonuçlanacak veya kazanın meydana gelmiş olduğu risk değerleridir (Inoue ve diğ, 1998).

Çizelge 4.1 : Gerilim değerleri ve kabul kriterleri.

SF	Denizci algısı	Gerilim değeri	Gerilim Derecesi	Kabul Kriteri
0	Çok Emniyetli	[0]	ÖNEMSİZ	KABUL EDİLEBİLİR
1	Emniyetli			
2	Biraz Emniyetli			
3	Orta emniyet hali	[500]	MARJİNAL	KABUL EDİLEMEZ
4	Biraz Tehlikeli	[750]	KRİTİK	
5	Orta Tehlikeli	[900]	KATASTROFİK	
6	Çok Tehlikeli	[1000]		

Kıyı yapılarının projelendirmesinde kullanılan modelleme çeşitleri ve gemi manevrası modelleme yöntemleri yukarıda anlatılmıştır. Ülkemizde gerçekleşen liman yatırımlarında en çok kullanılan risk değerlendirme modeli olan ES Model ile yapılan liman modellemeleri ile risk ölçümleri bu çalışmanın ilerleyen bölümlerinde veri kaynağı olarak kullanılmış ve bir sonraki bölümde değinilen bulanık mantık yöntemi kullanılarak ES Model sonuçları analiz edilmeye çalışılmıştır.



5. BULANIK-PUSLU MANTIK YÖNTEMİ (FUZZY)

Bulanık mantık kavramını ilk olarak kullanan ve literatüre kazandıran Zadeh (1965) olmuştur. Faktörler ve kriterlerin kesin sınırlamalar olmadan sınıflandırılması bulanık mantıkla mümkün olmaktadır. Dolayısıyla, hayatta karşılaşılabilen belirsizlikler ve kesin olmayan problemlerin tanımlanması veya çözülmesi için elverişli bir yöntemdir. Bulanık mantık “evet” ya da “hayır”, “doğru” ya da “yanlış” gibi kesin yargılar yerine “orta”, “yüksek”, “düşük” gibi ortalama değerleri kullandığı için çok değişkenli bir teoridir (Başbuğ, 1994).

Bulanık kümeler üyelik fonksiyonları ile tanımlanır ve A bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu $\mu_A(x)$ ile gösterilir. Bir faktörün bir kümeye üyeliği 0 ve 1 arasında bir değer alır. A kümesine kesinlikle ait olan bir x faktörü $\mu_A(x)=1$, kesinlikle ait olmayan bir x faktörü ise $\mu_A(x)=0$ olur. Artan üyelik derecesi değeri, x faktörünün A kümesine ait olma derecesinin daha fazla olduğunu gösterir. İşlem kolaylığı sağlamak için bulanık kümelerde bulanık sayılar kullanılır. Bu amaçla yapılan çalışmaların çoğunluğunda bulanık sayıların özel bir sınıfı olan üçgensel bulanık sayılar kullanılır. (A) üçgensel bulanık sayısı üç gerçek sayı ($l \leq m \leq u$) ile ifade edilir. Bu sayılara bağlı olarak tanımlanan üçgensel bulanık sayının üyelik fonksiyonunda m bulanık sayının en mümkün değerini, l ve u değerleri ise sırasıyla alt ve üst sınırları yani bulanıklığın kapsamını göstermektedir. Bulanık mantık uygulamalarında takip edilen aşamalar sırasıyla aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır (Kaya, 2010).

5.1 Ağırlıklandırma Aşaması

Bu aşamada, uzmanlar her faktör için kendi öznel görüşlerini üretir. Sınırlı kaynak ya da fiziksel kısıtlamalar nedeniyle bazı olaylarda belirsizliği ortadan kaldırmak için uzman çıkarımlarına başvurulur (Rausand ve Hoyland, 2004). Uzman çıkarımı, nadir olaylar için tercih edilen bir bilimsel fikir birliği metodolojisidir. Uzman çıkarımı, “eğitilmiş tahmin” olarak adlandırılan uzmanlarla ilgili parametreleri kullanmamızı sağlar. Ayrıca bu metodoloji uzmanlara sadece kendi uzmanlık alanlarıyla ilgili

tahminlerde bulunmalarını sağlar ve belirsizlikleri nicel olasılıklar olarak ortaya çıkarır.

Bu teknik birçok disiplinde kullanılmaktadır. Psikoloji, matematik, Bayes istatistiği ve karar analizi, stokastik veri elde etmek için uzman çıkarım yönteminin uygulama alanlarından bazılarıdır. Kanıtın eksik olduğu çünkü makul bir şekilde elde edilemediği, sadece benzer olaylardan veri sağlanabildiği, model veya veri kaynaklarının çakıştığı gibi durumlarda subjektif olasılıkların sayısallaştırılması gerekebilir (Korta ve diğ., 1996).

Ford ve Sterman'a (1998) göre, uzmanların kararları bakış açıları ve hedeflerinden etkilenir. Bu bakımdan, nesnel kararlar vermek neredeyse imkânsızdır ve uzmanların seçilmesine dikkat edilmesi gerekmektedir. Bir başka önemli husus ise homojen bir uzman grubu mu yoksa heterojen bir uzman grubu mu seçildiğidir. Homojen grup aynı işle ilgilenen uzmanlardan, örneğin sadece çalışanlardan oluşur.

Heterojen uzman grubu örneğin, hem bilim insanı hem de işçi olmak üzere çeşitli çalışmalarla ilgilenen uzmanlardan oluşabilir. Homojen gruplardaki yargıların farklılığının, heterojen gruptan daha küçük olması beklenmektedir. Heterojen grup tarafından farklı yargıların ve farklı deneysel görüşlerin elde edilmesi homojen grup yargılarından daha avantajlıdır. Bunların özü, bir uzmanın ve bilginin öğrenme sürecine dayanarak uzmanları atamanın temel kriterleri, kişinin belirli bir alandaki deneyimlerine dayanır. Dolayısıyla bu durum uzmanların kararlarını, değerlendirmelerini ve analitik davranışlarını etkileyecektir (Şenol, 2014).

Bu çalışmada, belirsiz olayların olasılığını hesaplamak ve “w” ile sembolize edilen uzmanların ağırlık puanlarını hesaplamak için heterojen uzman görüşü kullanılmıştır. Uzman değerlendirmelerinde lengüistik terimler kullanılmaktadır. Bu adımın amacı, her faktör için uzmanların görüşlerini almaktır.

Zadeh'e (1965) göre, lengüistik terim kavramı geleneksel nicel anlatımda ifade edilemeyecek kadar kötü tanımlanmış veya çok karmaşık olan durumlarla başa çıkmada çok faydalıdır.

5.2 Birleştirme Aşaması

Uzmanlar, tecrübe ve bilgiye bağlı olarak farklı fikirlere sahip oldukları için farklı kararlar verebilirler. Mesele tüm yargıları bir araya getirmek ve bir uzlaşma

sağlamaktır. Hsu ve Chen (1994), hem homojen hem de heterojen grubun yargılarının birleştirilmesine ilişkin bir algoritma önermiştir.

Her bir uzmanın kendi görüşünü, önceden ve belirli bağlamlarla belirlenmiş olan dilsel terimlerle ifade ettiğini varsayın. Dilsel terimler aşağıda açıklanan uygun algoritma ile bulanık sayılara dönüştürülür.

5.2.1 Anlaşma derecesi (benzerlik derecesi)

“S” sembolü, “R” sembolü ile belirtilen uzman görüşlerinin benzerlik derecesini sembolize edecektir. $S_{uv}(\tilde{R}_u, \tilde{R}_v) \in [0,1]$ iken, E_v ’nin ve uzmanların $\tilde{R}_u$ ve $\tilde{R}_v$ görüşlerinin benzerlik dereceleri hesaplanır. Bu yaklaşımla $\tilde{R}_u = (r_{u1}, r_{u2}, r_{u3}, r_{u4})$ ve $\tilde{R}_v = (r_{v1}, r_{v2}, r_{v3}, r_{v4})$ iki standart yamuk bulanık sayıdır.

Bu iki uzman görüşü arasında benzerlik oranı, aşağıda belirtilen benzerlik fonksiyonuyla hesaplanır;

$$S(\tilde{R}_u, \tilde{R}_v) = 1 - \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 |r_{ui} - r_{vi}| \quad (5.1)$$

$S(\tilde{R}_u, \tilde{R}_v) \in [0,1]$ iken, $S(\tilde{R}_u, \tilde{R}_v)$ ’nin değerinin artması bu iki bulanık sayı arasındaki benzerliğin arttığını gösterir.

$S(\tilde{R}_u, \tilde{R}_v)$ değerinin 1’e eşit olması uzman görüşlerinin aynı olduğunu gösterir.

5.2.2 Uzmanların ortalama anlaşma derecesi $AA(E_u)$

$$E_u (u = 1, 2, \dots, N) \quad (5.2)$$

$$AA(E_u) = \frac{1}{N-1} \sum_{\substack{u \neq v \\ v=1}}^N S(\tilde{R}_u, \tilde{R}_v) \quad (5.3)$$

“N” toplam uzman sayısını sembolize eder.

5.2.3 Göreli uzman anlaşma derecelerinin hesaplanması $RA(E_u)$

$E_u (u = 1, 2, \dots, N)$ iken,

$$RA(E_u) = \frac{AA(E_u)}{\sum_{u=1}^N AA(E_u)} \quad (5.4)$$

5.2.4 Uzman konsensüs katsayı (CC) derecesinin tahmini $CC(E_u)$

$$CC(E_u) = \beta \cdot w(E_u) + (1 - \beta) \cdot RA(E_u) \quad (5.5)$$

β , gevşeme faktörü ve $(0 \leq \beta \leq 1)$ iken, $w(E_u)$ 'nin $RA(E_u)$ üzerindeki önemini gösterir. $\beta = 0$, araştırmacı tarafından uzmanların değerlendirilmesinin yapılmadığını gösterir. $\beta = 1$, uzman konsensüs derece katsayısının uzmanlık önem ağırlıklandırması ile aynı kabul edildiğini gösterir. Her bir uzmanın konsensüs derece katsayısı, uzman görüşünün göreceliğinin değerlendirilmesinde iyi bir ölçüdür (Lavasani vd. , 2011). β değerini değerlendirmek karar vericinin sorumluluğundadır.

5.2.5 Uzman görüşünün birleştirilmesi, $\tilde{R}_{AG}$

$$\tilde{R}_{AG} = CC(E_1) \times \tilde{R}_1 + CC(E_2) \times \tilde{R}_2 + \dots + CC(E_M) \times \tilde{R}_M \quad (5.6)$$

5.3 Berraklaştırma Aşaması

Berraklaştırma işleminin amacı bulanık mantıkta ölçülebilir sonuçlar elde etmektir. Zhao ve Govind'e (1991) göre berraklaştırma sorunları, bulanık kontrol uygulamalarının endüstriyel sürece uygulanmasından kaynaklanmaktadır. Bulanık sayıların netleştirilmesi, bulanık konularda karar vermek için çok önemlidir. Bu çalışmada, berraklaştırma işlemi için en çok kullanılan ve 1985 yılında Sugeno tarafından geliştirilen alan merkezi yöntemi seçilmiştir (Sugeno, 1999).

$$X^* = \frac{\int \mu_i(x) x dx}{\mu_i(x)} \quad (5.7)$$

X^* 'in berraklaştırılan çıktı olması durumunda, $\mu_i(x)$ toplu üyelik işlevidir ve x çıktı değişkenidir.

Yukarıda verilen formül üçgen ve yamuk bulanık sayıları gösterebilir. Bulanık sayıların berraklaştırma işlemi şu şekilde açıklanabilir:

$$X^* = \frac{\int_{r_1}^{r_2} \frac{x-r}{r_2-r_1} xdx + \int_{r_2}^{r_3} \frac{r_3-x}{r_3-r_2} xdx}{\int_{r_1}^{r_2} \frac{x-r_1}{r_2-r_1} dx + \int_{r_2}^{r_3} \frac{r_3-x}{r_3-r_2} dx} = \frac{1}{3}(r_1+r_2+r_3) \quad (5.8)$$

Yamuk bulanık sayıların berraklaştırma işlemi ise aşağıda açıklanmıştır:

$$X^* = \frac{\int_{r_1}^{r_2} \frac{x-r}{r_2-r_1} xdx + \int_{r_2}^{r_3} xdx + \int_{r_3}^{r_4} \frac{r_4-x}{r_4-r_3} xdx}{\int_{r_1}^{r_2} \frac{x-r_1}{r_2-r_1} dx + \int_{r_2}^{r_3} xdx + \int_{r_3}^{r_4} \frac{r_4-x}{r_4-r_3} dx} = \frac{1}{3} \frac{(r_4+r_3)^2 - r_4r_3 - (r_1+r_2)^2 + r_1r_2}{r_4+r_3-r_2-r_1} \quad (5.9)$$

Bulanık mantık yönteminin teorisinin anlatıldığı bu bölümün ardından sonraki bölümde ES Model sonuçlarının analiz edilerek liman projesinde gemi yanaşması zorluğuna sebep olan risk faktörlerine ulaşılmasına yönelik uygulama anlatılmıştır.



6. UYGULAMA

6.1 Bulanık Mantık Yönteminin Çalışmada Kullanılması

ES Model Rapor sonuçlarında bulunan risk değerlerini oluşturduğu düşünülen faktörler, bulanık mantık yöntemi kullanılarak ağırlıklandırılmıştır. Simülasyon ortamında gerçekleştirilen 30 ayrı gemi manevrası için yapılan uygulama sonucunda hangi risk kriterinin (faktörünün) ne oranda liman projesinde yaşama zorluğuna sebep olduğu sayısal olarak görülebilmesi sağlanmıştır. Böylelikle çıkan sonuçlar analiz edilerek liman projelerinde gemi manevrası sırasında oluşan risklerin ağırlıkları ve sönümlendirilebilme imkânına göre değerlendirilmeleri ve emniyetli manevra sağlanacak şekilde düzeltici faaliyetlerin yapılması mümkün olmaktadır.

Bu işlem sırasında başlangıç itibariyle konunun uzmanı 10 kişiye her bir ES model senaryosu için risk faktörlerinin ne olduğu sorulmuş ve uzmanların eğitim düzeyleri ve mesleki deneyimlerine göre görüşleri ağırlıklandırılmıştır. Sonrasında uzmanların, model sonuçlarına yönelik risk kriterlerinin sonuca etkilerini ayrı ayrı linguistik olarak (çok yüksek, alçak, çok alçak vb.) derecelendirilmeleri istenmiş ve yapılan yorumlar bulanık mantık yöntemi ile değerlendirilmiştir. Şekil 6.1’de sunulan anket formu kullanılarak uzmanların senaryolar hakkındaki değerlendirmeleri alınmıştır. Anket kapsamında uzmanlardan, yaşama manevraları sonucu ölçülen risk değerlerini oluşturabilecek risk faktörlerine 1-7 arası değer vererek ağırlıklandırmaları istenmiştir. Sonuç olarak 4800 cevaplık bir anket verisine ulaşılabilecektir. Anket sonuçlarının bulanık mantık yöntemi ile değerlendirilmesine geçilmeden önce cevaplar ve sayısal karşılıkları şu şekilde belirlenmiştir; Çok düşük çd 1, Düşük d 2, Orta Düşük od 3, Orta o 4, Orta Yüksek oy 5, Yüksek y 6, Çok Yüksek çy 7

ES Model çıktılarına bulanık mantık uygulanması için yapılan anket sonucunda risk faktörleri bulanıklaştırılıp sayısal hale getirilmiştir. Fuzzy uygulamasında kullanılacak sayısal değerler çalışma içerisinde Bölüm 6.2’de “Çalışılan Limanların ES Model Sonuçlarının Toplanması” başlığı altında gösterilmiştir.

Tarih							
Adınız & Soyadınız							
Mesleğiniz							
Bu meslekteki hizmet süreniz							
Gemi adamı yeterliliğiniz							
Deniz hizmet süreniz							
Eğitim Durumunuz							
Senaryo numarası							
Bu senaryoda gemi manevrasına etki eden aşağıdaki risk kriterlerini manevraya etki ettiğini düşündüğünüz ölçekte derecelendiriniz.							
Risk Kriteri	Çok Düşük 1	Düşük 2	Orta Düşük 3	Orta 4	Orta Yüksek 5	Yüksek 6	Çok Yüksek 7
Gemi Boyu	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Çevre nhtımlardaki gemiler	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Römorkör kullanımı	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Rüzgar	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Dalga	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Akıntı	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Derinlik	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Gemi Tonaj	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Manevra Alanı	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Gemi Makine kullanımı	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Manevra Şekli	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Bağlama şekli	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Bağlama şamandıra	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Demirleme	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Baş/Kıç iter	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Liman formu	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Bu senaryo hakkındaki varsa diğer görüşlerinizi bu alanda bildirebilirsiniz;							

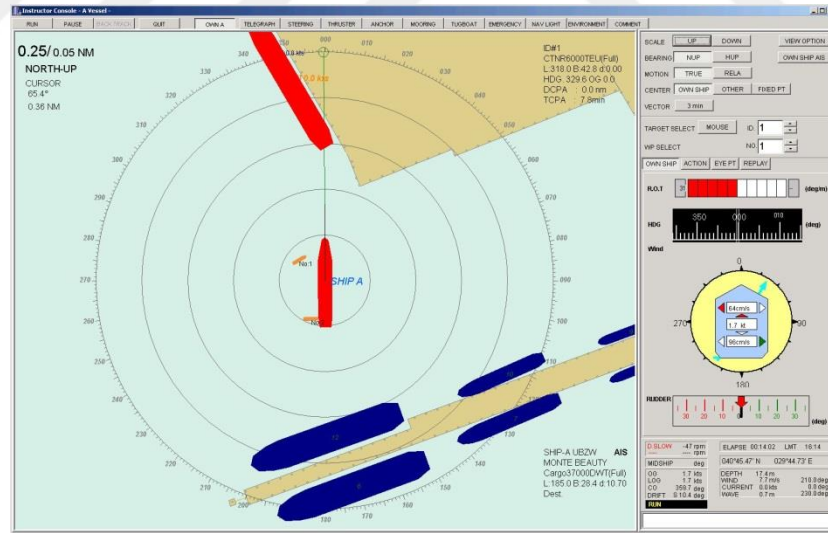
Şekil 6.1 : Risk kriterleri değerlendirme anketi.

6.2 Çalışılan Limanların ES Model Sonuçlarının Toplanması

Türkiye genelinde seçilmiş ticari limanlar üzerinde 30 farklı gemi manevra simülasyonu gerçekleştirilerek ve ES Model kullanılarak ulaşılan risk değerlendirmeleri incelenecektir. Gerçek zamanlı gerçekleştirilen ES model gemi manevra senaryolarına ait açıklamalar aşağıda verilmiştir. Bu senaryolarda gerçek ölçülerde modellenerek hazırlanmış limanlar kullanılmış ve seçilen boy, tonaj ve özellikte (gemi tipi) gemilerle yanaşma manevraları gerçekleştirilmiş, simülasyon ortamında manevra zorlukları gözlenmiş ve ES model ile manevra zorluğunun ölçülmesi amaçlanmıştır. Genel olarak 0,5 metre/saniye akıntı ve 7-10 metre/saniye rüzgar hızı kullanılarak gerçekleştirilen senaryolarda derinlik bilgileri olarak batimetri haritalarında gösterilen derinlikler kullanılmıştır.

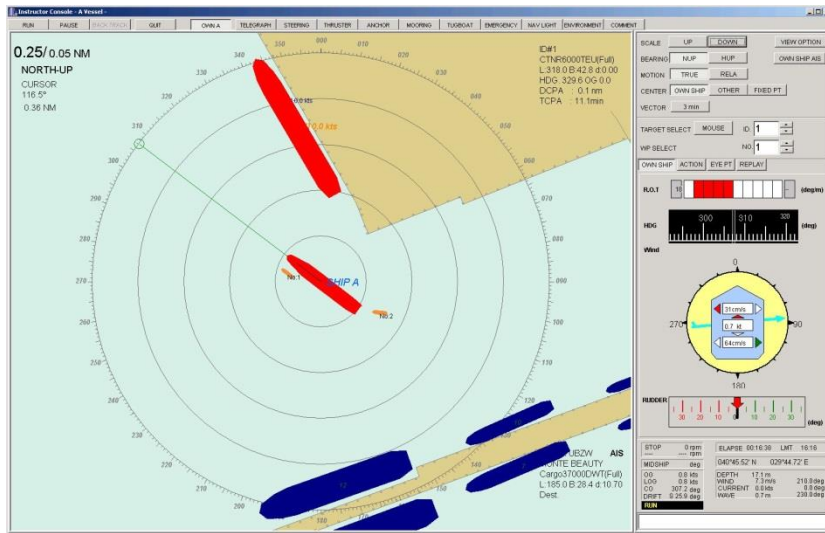
1 no'lu yanaşma senaryosunda 164 metre boyunda 24.000 DWT kuru yük gemisinin 2 römorkör kullanılarak gerçekleştirilen manevrası sırasında alınan ekran görüntüleri aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Manevra dairesini tamamlamakta olan gemi Şekil 6.2'de görüldüğü gibi rıhtıma sancak taraftan yanaşmak üzere yaklaşmaya başlamıştır.

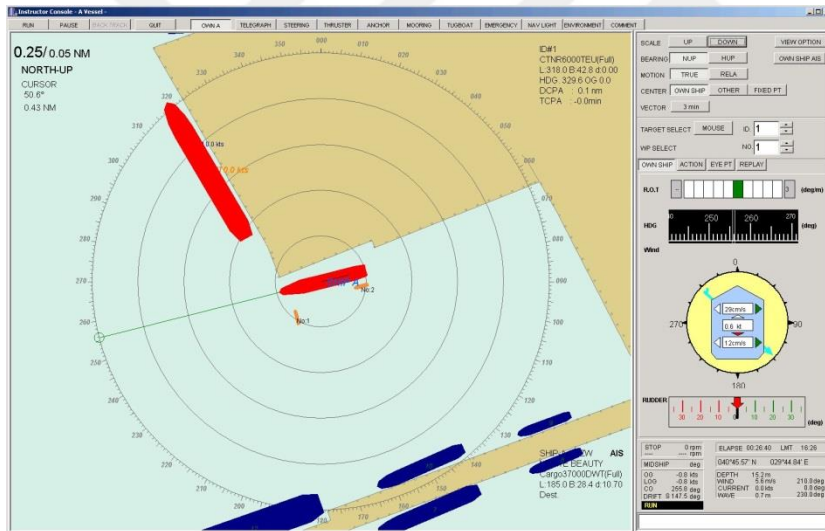


Şekil 6.2 : Rıhtıma yaklaşım.

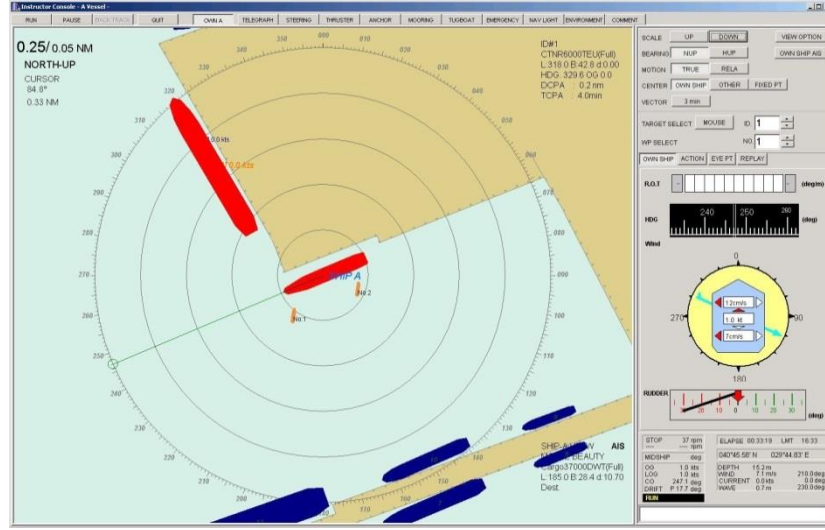
Yanaşma manevrası için avantajlı bir pozisyon sağlanmıştır. Şekil 6.3'te görüldüğü gibi rotayı iskeleye çevirmek için hala yeterli su alanı mevcuttur.



Manevra boyunca dönme dairesi içinde üzerinde yol olan gemi kolay ve hızlı bir dönüş sağlamayı başarmıştır. Şekil 6.4'te iki römorkör yardımıyla geminin rıhtıma paralel yanaşma pozisyonu almaya yakın durumda olduğu görülmektedir.

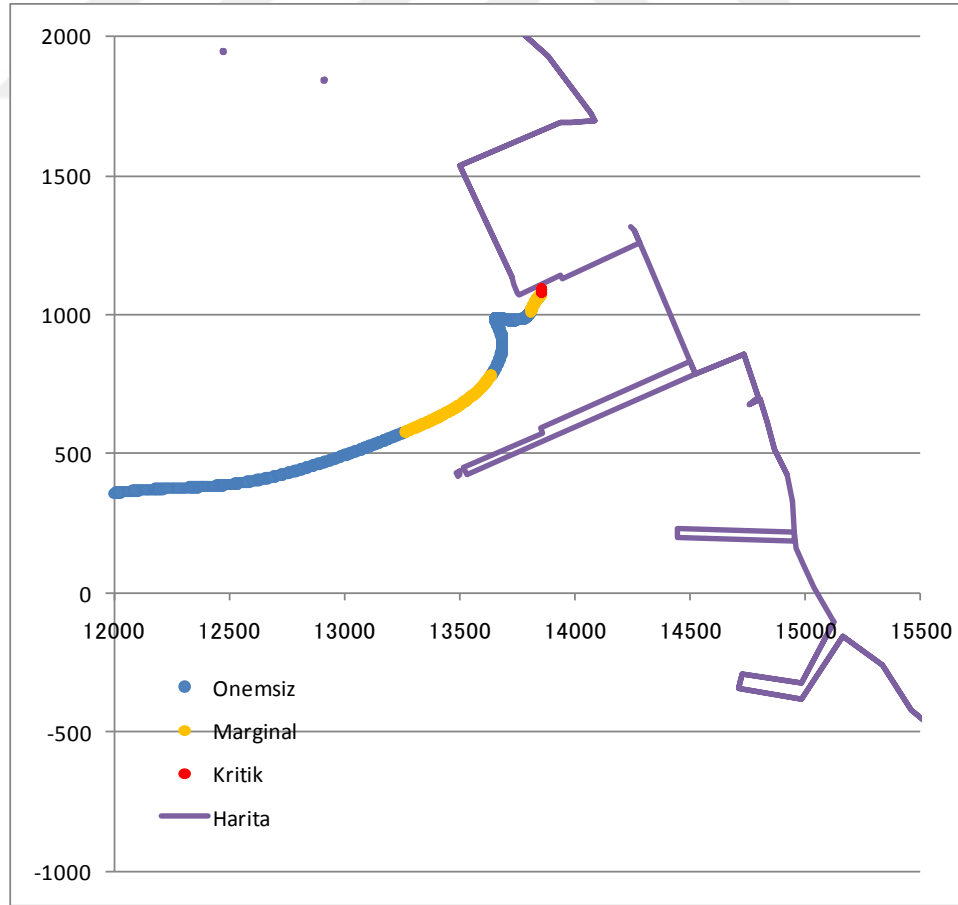


Baş tarafın denize bakması, bu arada ana makine kullanıldığında geminin ileriye daha kolay ve hızlı geriye daha yavaş gitmesi Şekil 6.5’de açıkca görüldüğü üzere manevranın emniyetini de arttırarak geminin daha kolay kontrol edilmesini sağlamıştır.



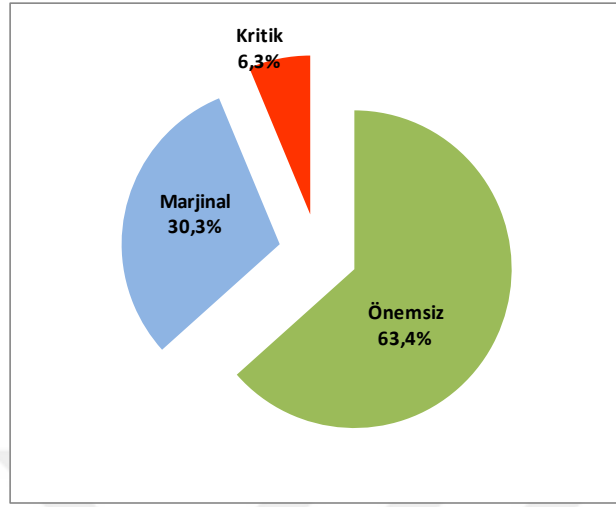
Şekil 6.5 : Yanaşma tamamlandı.

ES Model geminin yanaşma manevrası boyunca manevra zorluklarını dinamik olarak hesaplar ve manevra zorluğunu renkli olarak gösterir. Manevra zorluklarının renkli gösterimi Şekil 6.6’da verilmiştir. Geminin seyri esnasında anlık olarak oluşan gerilim seviyesi ihmal edilebilir (Önemsiz) risk için mavi, marjinal risk için sarı ve kritik risk için kırmızı renk ile gösterilmiştir.



Şekil 6.6 : Yanaşma sırasında karşılaşılan manevra zorlukları.

ES Model tarafından ölçülen manevra zorluğu seviyeleri sayısal olarak Şekil 6.7’de gösterildiği gibi bulunmuştur: İhmal Edilebilir Risk: % 63,4 ; Marjinal Risk: % 30,3 ; Kritik Risk: % 6,3.



Şekil 6.7 : Manevra zorluk seviyeleri.

ES Model tarafından ölçülen kritik risk ((kabul edilemez) değerinin neden oluştuğunu bulmak amacıyla değerlendirme anketi 10 uzmana uygulanmıştır. 1. senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.1’de gösterilmiştir. Uzmanlar p1’den p10’a kadar numaralandırılmıştır.

Çizelge 6.1 Senaryo 1 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 1									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Çevre rıhtımlardaki gemiler	1	1	1	3	2	3	3	3	1	1
Römorkör kullanımı	1	1	1	1	2	3	3	3	5	3
Rüzgar	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dalga	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
Akıntı	3	1	1	1	1	1	1	2	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	1	3	2	3	3	3	3	4	3	2
Manevra Alanı	6	1	6	5	3	5	4	4	4	6
Gemi Makine kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	6	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	2	1	2	1	1	4	5
Liman formu	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1

2 no'lu yanaşma senaryosunda yarım yüklü 200.000 DWT dökme yük gemisi ile 2 römorkör kullanılarak gerçekleştirilen manevrada iskeleye sancak taraftan yanaşma tamamlanmıştır. Manevra sırasında baş-kıç iterler ve gemi demirlerinden (sancak-iskele) faydalanılmıştır. Manevra sonucunda ES Model tarafından % 8,1 kritik risk ölçülmüştür. 2 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.2 Senaryo 2 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 2									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Çevre rıhtımlardaki gemiler	1	1	1	3	2	3	3	3	1	1
Römorkör kullanımı	1	1	1	1	2	3	3	3	5	3
Rüzgar	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dalga	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
Akıntı	3	1	1	1	1	1	1	2	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	1	3	2	3	3	3	3	4	3	2
Manevra Alanı	6	1	6	5	3	5	4	4	4	6
Gemi Makine kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	6	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	2	1	2	1	1	4	5
Liman formu	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1

3 no'lu yanaşma senaryosunda 319 metre boyunda 6000 TEU konteyner gemisi ile 2 römorkör kullanılarak rıhtıma sancak taraftan yanaşma sağlanmıştır. Rıhtıma yaklaşım ve yanaşma sırasında kritik risk değerlerine ulaşılmıştır. Rüzgarın güneydoğu (rıhtıma doğru) yönünde esmesi ve yüksek friborda sahip olan geminin rüzgar etkisini yüksek hissetmesi sebebiyle manevrada zorluk yaşandığı gözlenmiştir. Geniş su alanında önemsiz risk değerlerine kadar düşen grafik değerleri yanaşma esnasında tekrar kritik risk değerlerine ulaşmaktadır.

Bu tür büyük tonajlı gemilerde ani tepki verecek komutlardan kaçınılması gerektiğinden çok düşük hızda gerçekleştirilen dönüş manevrası sırasında baş-kıç iterler yanaşma pozisyona gelindiğinde kullanılmış ve rüzgar etkisinin azaltılmasına çalışılmıştır. Manevra sonucunda ES Model tarafından % 11,1 kritik risk

ölçülmüştür. 3 no’lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.3’te gösterilmiştir.

Çizelge 6.3 Senaryo 3 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 3									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Çevre rıhtımlardaki gemiler	1	1	1	3	2	3	3	3	1	1
Römorkör kullanımı	1	1	1	1	2	3	3	3	5	3
Rüzgar	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dalga	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
Akıntı	3	1	1	1	1	1	1	2	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	1	3	2	3	3	3	3	4	3	2
Manevra Alanı	6	1	6	5	3	5	4	4	4	6
Gemi Makine kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	6	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	2	1	2	1	1	4	5
Liman formu	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1

Çizelge 6.4 Senaryo 4 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 4									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	1	3	5	1	1	1	1	1	1
Çevre rıhtımlardaki gemiler	1	1	1	1	2	3	4	4	1	1
Römorkör kullanımı	2	3	1	2	1	1	3	3	1	1
Rüzgar	3	5	4	3	2	2	3	2	5	5
Dalga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akıntı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	2	4	1	4	3	2	4	5	6	5
Manevra Alanı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	4	1	4	3	1	3	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
Liman formu	2	3	1	4	3	1	3	1	4	4

4 no'lu yanaşma senaryosunda 70.000 DWT kapasiteli tam yüklü gemi ile iskeleye yanaşma manevrasında 3 römorkör kullanılmıştır. Baş-kıç iter kullanılmayan senaryoda komşu tesise yakınlığın ve rüzgar etkisinin gemiye yanaşma pozisyonu aldirmek için daha fazla efor harcanmasına sebep olduğu gözlenmiştir. Manevra sonucunda ES Model tarafından % 4,6 kritik risk ölçülmüştür. 4 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.4'te gösterilmiştir.

5 no'lu senaryoda 70.000 DWT kapasiteli tam yüklü gemi ile gerçekleştirilen yanaşma manevrası gerçekleştirilmiştir. Komşu tesiste yanaşmış olan gemiye yakın gerçekleştirilmek zorunda olunan manevra sırasında iskeleye yaklaşım sırasında makine arızası oluşmuş ve geminin kumanda edilebilmesi için sırasında 2 römorkör kullanılmıştır. Baş-kıç iter kullanılmış ve rüzgarın geminin kumandasına olan etkisinin azaltılmasına çalışılmıştır. Manevra sonucunda ES Model tarafından % 9,3 kritik risk ölçülmüştür. 5 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.5 Senaryo 5 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 5									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	1	3	5	1	1	1	1	1	1
Çevre rıhtımlardaki gemiler	1	1	1	1	2	3	4	4	1	1
Römorkör kullanımı	2	3	1	2	1	1	3	3	1	1
Rüzgar	3	5	4	3	2	2	3	2	5	5
Dalga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akıntı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	2	4	1	4	3	2	4	5	6	5
Manevra Alanı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	4	1	4	3	1	3	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
Liman formu	2	3	1	4	3	1	3	1	4	4

6 no'lu senaryoda 366 metre boyunda tam yüklü konteyner gemisi ile yakın iskele arasına girerek yanaşma manevrası gerçekleştirilmiştir. Yaklaşım sırasında kritik risk oluşmaya başladığı gözlenmiştir. Yanaşılacak iskeleye doğru doğru yönünde (dik bir

açıyla) esen rüzgar sebebiyle yanaşma bölgesinde geminin kumandasını zorlaştırmıştır. 2 römorkör ve baş-kıç iter yardımıyla gerçekleştirilen yanaşma sırasında kritik risk değerine tekrar ulaşılmıştır. Komşu tesisteki geminin manevra alanını azalttığı ve gözlenmiştir. Manevra sonucunda ES Model tarafından % 20,2 kritik risk ölçülmüştür. 6 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.6 Senaryo 6 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 6									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	1	3	5	1	1	1	1	1	1
Çevre rıhtımlardaki gemiler	3	5	1	1	3	3	4	4	5	5
Römorkör kullanımı	1	1	5	4	3	4	4	4	5	6
Rüzgar	4	4	1	3	2	2	1	1	1	1
Dalga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akıntı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	3	5	5	1	3	6	3	4	6	6
Manevra Alanı	3	4	1	1	1	1	3	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	6	6	4	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
Liman formu	2	3	1	1	1	1	3	3	1	1

7 no'lu senaryoda 8.000 TEU kapasiteli tam yüklü konteyner gemisi ile iskeleye yanaşma manevrası gerçekleştirilmiştir. Doğu yönünde esen rüzgarın yanaşma doğrultusuna dik olması sebebiyle yüksek fribordlu gemilerin bundan daha çok etkilenmesi beklenmektedir. Rüzgarı gemi pruvasından alarak yaklaşım yapılarak bu etkinin geciktirilmesi amaçlanmış ancak batı yönündeki komşu tesisteki gemiye yakın düşmemek için çaba gösterilmesi gerekmiştir. İskelelerin yakın olması, yüksek tonajlı gemilerde komutların geç tepki vermesi ve manevra alanının kısıtlayıcı olması sebebiyle zorlukla yanaşma yapılmış ve yüksek oranda kritik risk değerine ulaşılmıştır. Manevra sonucunda ES Model tarafından % 15,2 kritik risk ölçülmüştür. 7 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.7 Senaryo 7 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 7									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	1	1	1	1	1	4	4	1	1
Çevre rıhtımdaki gemiler	1	3	4	4	1	4	4	5	6	6
Römorkör kullanımı	5	4	5	3	1	4	4	5	7	5
Rüzgar	4	4	4	4	1	2	4	1	1	1
Dalga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akıntı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	1	1	1	1	1	4	4	5	6	6
Manevra Alanı	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	6	6	6	5	1	1	1	1	2	1
Manevra Şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Liman formu	2	3	1	1	1	3	3	3	1	2

Çizelge 6.8 : Senaryo 8 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 8									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	4	1	1	1	6	5	5	1	1
Çevre rıhtımdaki gemiler	1	1	1	1	1	6	5	6	1	1
Römorkör kullanımı	1	1	1	1	1	6	5	5	1	1
Rüzgar	5	4	6	4	1	5	6	5	5	5
Dalga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akıntı	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	5	4	5	5	1	6	6	6	6	7
Manevra Alanı	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	1	1	1	4	1	5	5	6	6	6
Manevra Şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
Liman formu	1	5	1	1	1	5	4	5	3	1

8 no'lu senaryoda 164 boyunda 24.000 DWT tam yüklü kuru yük gemisi ile yanaşma manevrası gerçekleştirilmiştir. Birbirine paralel 2 iskeleye yanaşmış 2 geminin arasından geçerek içerdeki rıhtıma geminin emniyetle yanaşmasının sağlanmaya çalışılan senaryoda akıntı ve rüzgarın gemi kumandasında zorlaştıracı etkilerinin

düşük olduğu gözlenmiştir. 2 römorkörün kullanıldığı manevrada 2 iskele arasına yaklaşımda kritik risk değerine ulaşılmış ve yanaşma pozisyonuna ulaşılan kadar kritik risk gözlenmeye devam etmiştir. Komşu iskelelerdeki gemilerin yakınlığı sebebiyle yakın düşme tehlikesinin manevra boyunca hissedildiği manevra sonucunda ES Model tarafından % 36,4 kritik risk ölçülmüştür. 8 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.8'de gösterilmiştir.

9 no'lu senaryoda 8.000 TEU kapasiteli tam yüklü konteyner gemisi ile iskeleye yanaşma manevrası gerçekleştirilmiştir. Komşu iskelede geminin bulunduğu ve rüzgarın komşu iskeleye doğru batı yönünde estiği senaryoda 3 römorkör kullanılmış ancak gemiyi kumanda etmede güçlük yaşanmıştır. Yanaşılacak iskeleye yanaşmada rüzgar etkisinin yavaşlatıcı ve kolaylaştırıcı etkisi hissedilmiş ancak komşu tesisteki gemiye yakın düşmemek için çaba sarfedilmiştir. Manevra sonucunda ES Model tarafından % 42,3 kritik risk ölçülmüştür. 9 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.9 : Senaryo 9 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 9									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	1	1	1	1	6	6	6	7	7
Çevre rıhtımdaki gemiler	4	5	3	3	1	6	6	6	6	6
Römorkör kullanımı	1	1	1	3	1	6	5	5	5	5
Rüzgar	5	4	1	2	1	5	6	5	1	1
Dalga	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1
Akıntı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	5	4	5	6	1	6	6	6	7	6
Manevra Alanı	4	4	1	1	1	1	5	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	1	1	6	5	1	5	5	2	3	2
Manevra Şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Liman formu	2	3	1	1	1	5	4	4	1	1

10 no'lu senaryoda 4000 TEU kapasiteli tam yüklü konteyner gemisi ile yanaşma manevra gerçekleştirilmiştir. 2 römorkör kullanılarak gerçekleştirilen senaryoda

limanda bağılı olan 2 geminin arasındaki boş rıhtıma yanaşmaya çalışılmıştır. Rüzgarın rıhtıma doğru güneydoğu yönünde estiği senaryoda yanaşma pozisyonuna geldiğinde kritik risk değerine ulaşılmış, gemi hızı sıfır değerine ulaştıktan sonra geminin kumandasında güçlük yaşanmıştır. Baş-kıç iterlerin kullanılmasına rağmen yanaşma pozisyonunun korunmasında güçlük yaşanmış ve bitişik rıhtımdaki gemilerle yakın düşme tehlikesi hissedilmiştir. Manevra sonucunda ES Model tarafından % 42,7 kritik risk ölçülmüştür. 10 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.10 : Senaryo 10 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 10									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1
Çevre rıhtımdaki gemiler	5	5	5	6	1	6	6	6	7	6
Römorkör kullanımı	1	1	1	2	1	5	5	5	6	6
Rüzgar	4	4	1	1	1	4	1	5	6	5
Dalga	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1
Akıntı	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	1	1	1	1	1	1	3	3	2	3
Manevra Alanı	3	5	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	1	1	2	4	3	3	4
Liman formu	2	4	5	5	1	1	1	1	2	1

11 no'lu senaryoda 24.000 DWT tam yüklü kuru yük gemisi ile yanaşma manevrası gerçekleştirilmiştir. Kuzeybatı (rıhtıma doğru) yönünde esen rüzgar ile rıhtıma yanaşılması sırasında 30 ton çeki gücünde 2 römorkör kullanılmıştır. Rıhtıma yanaşma sırasında kritik risk değerine ulaşılmış, gemiyi yanaşma pozisyonunda tutmak için baş-kıç iterler kullanılmış rıhtıma istenenden daha yanaşma eğilimi gözlenmiştir. Manevra sonucunda ES Model tarafından % 26,1 kritik risk ölçülmüştür. 11 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.11 : Senaryo 11 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 11									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	3	1	1	1	1	3	3	1	1
Çevre rıhtımdaki gemiler	1	1	5	3	1	1	1	1	1	1
Römorkör kullanımı	1	4	1	1	1	5	6	5	6	6
Rüzgar	4	4	1	1	1	4	1	5	6	5
Dalga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akıntı	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	5	3	4	2	1	1	3	3	2	1
Manevra Alanı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	2	1	5	5	1	2	5	6	6	7
Liman formu	3	4	5	5	1	1	1	1	1	1

Çizelge 6.12 : Senaryo 12 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 12									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	5	4	6	6	4	6	6	6	7	6
Çevre rıhtımdaki gemiler	4	3	3	5	6	6	6	5	4	3
Römorkör kullanımı	1	1	1	2	3	1	1	1	1	1
Rüzgar	3	3	1	2	2	4	4	3	2	1
Dalga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akıntı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	4	3	6	6	3	6	6	6	7	7
Manevra Alanı	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Liman formu	1	5	5	1	5	6	6	6	6	7

12 no'lu senaryoda 8.000 TEU kapasiteli tam yüklü konteyner gemisi ile iskeleye yanaşma manevrası gerçekleştirilmiştir. Kuzeydoğu yönünde esen rüzgar etkisinde 3 römorkör kullanılarak gerçekleştirilen senaryoda 2 iskele arasına girilerek, komşu iskelede gemi bağlı iken ve yanaşılacak iskeleye bağlı geminin yanındaki rıhtıma

geminin yanaşması amaçlanmıştır. Geminin kumandasında yaşanan güçlük 2 iskele arasındaki manevra boyunca hissedilmiştir. Manevra sonucunda ES Model tarafından % 23,4 kritik risk ölçülmüştür. 12 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.12'de gösterilmiştir.

13 no'lu senaryoda 367 metre boyunda tam yüklü konteyner gemisi ile limana yanaşma manevrası gerçekleştirilmiştir. Manevra sırasında 318 metre boyunda karşı iskelede yanaşmış bir gemi bulunmaktadır. 3 römorkör kullanılan senaryoda kuzeydoğu yönünde esen rüzgar karşı iskeleye doğru esmektedir. Gemi pruvasının karaya doğru baktığı manevrada karaya ve komşu tesisteki gemiye yakın düşme tehlikesi hissedilmiştir. Geminin başına hakimiyeti altına almaya çalışan rüzgar etkisiyle mücadelenin manevrayı zorlaştıran bir etken olduğu gözlenmiştir. Manevra sonucunda ES Model tarafından % 32,5 kritik risk ölçülmüştür. 13 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.13'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.13 : Senaryo 13 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 13									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	3	3	3	3	4	6	6	6	5	6
Çevre rıhtımdaki gemiler	4	3	3	4	4	6	6	6	6	6
Römorkör kullanımı	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1
Rüzgar	6	5	5	4	2	3	3	3	2	3
Dalga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akıntı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	4	3	1	2	2	6	6	6	5	5
Manevra Alanı	1	4	1	1	1	1	1	1	2	1
Gemi Makine kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Liman formu	1	4	4	5	5	6	6	6	7	7

14 no'lu senaryoda 13 no'lu senaryodaki rıhtım, römorkör ve gemi özellikleri birebir aynı kullanılmış ancak rüzgar yönü güneybatı olarak değiştirilmiştir. Senaryo sırasında rüzgarın geminin kıç tarafına yaptığı basınç sebebiyle yanaşma pozisyonu alındığı sırada baş-kıç dengesi bozularak yanaşma pozisyonunun kaybedildiği

gözlenmiştir. Manevra sonucunda ES Model tarafından % 34,0 kritik risk ölçülmüştür. 14 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.14'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.14 : Senaryo 14 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 14									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	5	3	1	6	6	1	1	5	5	4
Çevre rıhtımdaki gemiler	4	3	3	6	6	6	6	6	7	7
Römorkör kullanımı	1	1	1	1	1	5	4	4	3	4
Rüzgar	5	5	2	2	1	3	2	3	2	5
Dalga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akıntı	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	6	3	5	5	2	6	6	6	6	5
Manevra Alanı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
Liman formu	3	4	5	5	6	1	1	1	1	1

15 no'lu senaryoda önceki iki senaryoda kullanılan rıhtıma 398 metre boyunda konteyner gemisi ile yanaşma manevrası gerçekleştirilmiştir. 4 römorkör kullanılan senaryoda rüzgar kuzeydoğu yönünde esmektedir. Baş-kıç iterlerin de kullanıldığı senaryoda demir kullanılmamıştır. Önceki iki senaryoya göre geminin kumandasında belirgin bir rahatlama gözlenmiştir. Manevra sonucunda ES Model tarafından % 5,4 kritik risk ölçülmüştür. 15 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.15'te gösterilmiştir.

16 no'lu senaryoda önceki üç senaryoda kullanılan rıhtıma 398 metre boyunda gemi ile yanaşma senaryosu gerçekleştirilmiştir. Gemi makine arızası uygulanan senaryoda 4 römorkör ve baş-kıç iterler yardımıyla geminin yaklaşımı ve yanaşması gerçekleştirilmiştir. Karşı iskeledeki gemiye yakın düşmesi tehlikesi yaşanmıştır. Manevra sonucunda ES Model tarafından % 47,6 kritik risk ölçülmüştür. 16 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.16'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.15 : Senaryo 15 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 15									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	5	4	1	6	6	6	6	6	7	6
Çevre rıhtımdaki gemiler	5	1	3	6	6	6	6	6	6	6
Römorkör kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rüzgar	5	3	1	2	1	5	5	3	3	4
Dalga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akıntı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	1	3	5	1	2	6	6	6	5	4
Manevra Alanı	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
Liman formu	1	4	5	5	6	6	6	6	5	5

Çizelge 6.16 : Senaryo 16 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 16									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	4	1	6	6	6	6	6	6	7	6
Çevre rıhtımdaki gemiler	4	6	3	5	5	6	6	6	6	6
Römorkör kullanımı	4	4	5	4	3	6	6	6	5	5
Rüzgar	5	5	5	1	2	5	5	4	2	1
Dalga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akıntı	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	1	3	4	1	3	6	6	6	5	5
Manevra Alanı	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Liman formu	4	4	4	3	5	6	6	6	4	5

17 no'lu senaryoda önceki senaryoda kullanılan rıhtıma 398 metre boyunda gemi ile ve güneybatı yönünde esen rüzgar etkisinde yanaşma manevrası gerçekleştirilmiştir. Senaryoda 2 römorkör, baş-kıç iterler ve demir kullanılmıştır. Geminin baş tarafının kontrol altına demir ile kontrol altına alınması sağlanmaya çalışılan manevrada ES

Model tarafından % 36,3 kritik risk ölçülmüştür. 17 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.17'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.17 : Senaryo 17 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 17									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Çevre rıhtımdaki gemiler	5	3	4	4	6	6	6	5	4	1
Römorkör kullanımı	1	1	1	1	1	3	3	3	4	6
Rüzgar	4	3	1	1	1	1	1	3	1	1
Dalga	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1
Akıntı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Alanı	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	1	1	4	4	1	1	1
Liman formu	4	4	4	2	4	6	6	6	6	7

18 no'lu senaryoda 164 metre boyunda gemi ile rıhtıma yanaşma manevrası gerçekleştirilmiştir. Liman mendireğinden içeri girilerek yaklaşma kanalı boyunca seyir yapılmış ve yanaşma rıhtımına kadar ilerlenip yanaşma pozisyonuna gelecek şekilde sorunsuz şekilde dönüş gerçekleştirilmiştir. Yanaşılacak rıhtım ile dik açı oluşturacak şekilde kesişen komşu rıhtıma yanaşmış vaziyetteki gemi üzerine düşme tehlikesi hissedilmiştir. Römorkör kullanmaya yetecek alan olmadığı için manevra römorkörsüz tamamlanmıştır. Dar alanda yanaşma pozisyonunda uygun baş-kıç doğrultusunun korunmasında zorluk yaşanmıştır. ES Model tarafından % 16,3 kritik risk ölçülmüştür. 18 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.18'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.18 : Senaryo 18 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 18									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	4	1	1	3	3	5	5	4	3	1
Çevre rıhtımdaki gemiler	4	4	3	4	3	5	5	4	5	4
Römorkör kullanımı	1	1	3	2	2	1	1	1	1	1
Rüzgar	4	1	2	1	1	4	4	2	2	3
Dalga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akıntı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	4	4	2	3	2	5	5	5	6	5
Manevra Alanı	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Liman formu	5	5	2	5	3	2	6	6	6	6

Çizelge 6.19 : Senaryo 19 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 19									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Çevre rıhtımdaki gemiler	5	1	3	2	3	5	5	5	4	4
Römorkör kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rüzgar	4	5	4	2	3	4	4	3	3	2
Dalga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akıntı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	5	5	1	1	1	5	5	5	1	1
Manevra Alanı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Liman formu	4	1	4	2	3	5	5	5	6	5

19 no'lu senaryoda 225 metre boyunda gemi ile yanaşma manevrası gerçekleştirilmiştir. Kuzeydoğu (rıhtım) yönünde esen rüzgarda ve 2 römorkör kullanılarak gerçekleştirilen senaryo sırasında baştan kara yanaşılan rıhtım sonunda geminin burnuna doğru uzanan çıkıntıya yakın düşme tehlikesi yaşanmıştır. ES

Model tarafından % 9,3 kritik risk ölçülmüştür. 19 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.19'da gösterilmiştir.

20 no'lu senaryoda 87 metre boyunda ve 1000 GRT olan gemi ile yanaşma manevrası gerçekleştirilmiştir. Güney batı yönünde esen rüzgarda, römorkör kullanılmamış ve iskele demir atılmış ancak baş iter ve ve sancak demirden faydalanılmamıştır. 170 metre basen genişliği içerisinde baştan kara yaklaşılarakiskele demir atılıp iskele tarafa tam bir dönüş gerçekleştirilip sancak taraftan rıhtıma yanaşmıştır. Dönüşten geminin bağlanmasına kadar geçen sürede basen içerisindeki 3 rıhtıma da yakın düşmemek için çaba sarfedilmiştir. ES Model tarafından % 21,7 kritik risk ölçülmüştür. 20 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.20'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.20 : Senaryo 20 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 20									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Çevre rıhtımlardaki gemiler	5	1	3	2	3	5	5	5	4	4
Römorkör kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rüzgar	4	5	4	2	3	4	4	3	3	2
Dalga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akıntı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	5	5	1	1	1	5	5	5	1	1
Manevra Alanı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Liman formu	4	1	4	2	3	5	5	5	6	5

21 no'lu senaryosunda 6000 TEU kapasiteli tam yüklü gemi ile yanaşma manevrası gerçekleştirilmiştir. Kuzey batı (rıhtımın tersi istikametinde) yönünde esen rüzgar etkisinde, 2 römorkör ve baş-kıç iter kullanılarak tamamlanan manevrada basen genişliği geminin dönüş yapmasına yetmeyecek genişlikte 2 rıhtım arasına yanaşma sağlanmıştır. Paralel rıhtımda bağlı bulunan gemiden uzak durmakta zorluk yaşanmış, geminin bağlanacağı rıhtıma doğru hareket sırasında kumanda etmekte

güçlük yaşanmıştır. ES Model tarafından % 14,0 kritik risk ölçülmüştür. 21 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.21'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.21 : Senaryo 21 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 21									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Çevre rıhtımdaki gemiler	5	6	6	5	6	5	6	5	6	5
Römorkör kullanımı	1	1	1	1	1	5	5	1	1	1
Rüzgar	5	5	2	5	3	5	5	5	5	6
Dalga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akıntı	5	5	3	1	3	4	1	3	3	3
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Alanı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Liman formu	3	5	5	6	5	4	4	4	4	3

Çizelge 6.22 : Senaryo 22 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 22									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Çevre rıhtımdaki gemiler	1	1	3	2	3	2	1	2	2	1
Römorkör kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rüzgar	5	5	3	3	3	5	4	3	5	4
Dalga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akıntı	5	5	1	1	3	1	1	1	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	6	5	3	1	3	5	5	5	6	5
Manevra Alanı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Liman formu	1	3	1	2	2	4	5	3	5	5

22 no'lu senaryoda 120 metre boyunda kuruyük gemisi ile gerçekleştirilen yanaşma manevrasında 1 römorkör kullanılmıştır. Akıntı hızı 2 deniz milidir. Yanaşılacak rıhtımın bitişiğinde batısında parmak iskele, doğusunda ise liman tesisinin kullanımı amaçlı çıkıntı mevcuttur. Parmak iskelenin bitiminde kara tarafında yer alan rıhtıma yanaşma esnasında rüzgar yönü güney batı (rıhtımın tersi) istikametindedir. Bağlama pozisyonu alındığında batıdaki çıkıntıya doğru geminin hareketini önlemek için çaba sarfedilmiştir. ES Model tarafından % 21.0 kritik risk ölçülmüştür. 22 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.22'de gösterilmiştir.

23 no'lu senaryoda önceki senaryoda kullanılan gemi ve liman bilgileri kullanılmış ancak 2 adet römorkör yardımıyla yanaşmaya çalışılmıştır. Batıda yer alan çıkıntıya doğru yakın düşme tehlikesi daha az hissedilmiş olmakla beraber parmak iskelede bağlı bulunan gemiden kaçınma yönünde komutlar verilmesi gerekmiştir. ES Model tarafından % 16,8 kritik risk ölçülmüştür. 23 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.23'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.23 : Senaryo 23 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 23									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	4	1	5	1	5	5	5	6	6
Çevre rıhtımlardaki gemiler	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Römorkör kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rüzgar	5	3	2	2	2	2	2	2	4	5
Dalga	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
Akıntı	1	3	1	1	2	1	1	1	1	1
Derinlik	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	5	4	3	4	2	5	5	5	6	5
Manevra Alanı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Liman formu	1	3	1	1	2	1	1	4	1	1

24 no'lu senaryoda 100.000 DWT gemi ile iskeleyle kıçtan kara yanaşma manevrası gerçekleştirilmiştir. 1 deniz mili kuzeydoğu yönünde akıntı ve 13 metre/saniye

kuzeydoğu yönünde rüzgar etkisinde ve sert açık deniz etkilerine maruz kalınarak 3 römorkör yardımıyla gerçekleştirilen senaryoda geminin manevra dairesinde dönmesinde sorun yaşanmamış, bağlama pozisyonuna yaklaşmasında kritik risk görülmeye başlanmıştır. Gemi demiri ve baş iterin kullanılmadığı senaryo sonunda ES Model tarafından % 14,8 kritik risk ölçülmüştür. 24 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.24'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.24 : Senaryo 24 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 24									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1
Çevre rıhtımlardaki gemiler	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Römorkör kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rüzgar	5	4	3	2	1	3	4	4	4	5
Dalga	1	1	1	1	1	4	4	1	3	3
Akıntı	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	6	6	3	3	1	6	6	6	6	5
Manevra Alanı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Liman formu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

25 no'lu senaryoda 100.000 DWT gemi ile dolfen yapısına yanaşma manevrası gerçekleştirilmiştir. Batı yönünde 13 metre/saniye rüzgar ve kuzeydoğu yönünde 2 deniz mili akıntı etkisinde gerçekleştirilen senaryoda sert açık deniz etkisine maruz kalındığı söylenebilir. Rüzgar ve akıntı şiddetinin yüksek olduğu söylenebilecek senaryoda, yine yüksek tonajlı bir gemi için sadece 2 römorkör yardımıyla manevra tamamlanmaya çalışılmış ve limanda mevcut bulunan tüm römorkörler ile emniyetle yanaşma imkanı olup olmadığı sorusuna yanıt aranmıştır. Gerçekleştirilen manevra ES Model tarafından % 6,7 kritik risk ölçülmüştür. 25 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.25'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.25 : Senaryo 25 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 25									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Çevre rihtımlardaki gemiler	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Römorkör kullanımı	5	4	1	5	1	1	5	4	5	6
Rüzgar	1	1	1	1	1	3	4	4	1	4
Dalga	1	4	3	3	1	1	1	1	1	1
Akıntı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Derinlik	5	3	2	2	1	4	3	3	4	3
Gemi Tonaj	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Alanı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Liman formu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Çizelge 6.26 : Senaryo 26 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 26									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Çevre rihtımlardaki gemiler	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Römorkör kullanımı	5	5	1	1	1	3	4	4	5	5
Rüzgar	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dalga	5	5	2	2	1	1	1	1	1	1
Akıntı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Derinlik	4	4	1	1	1	3	4	4	4	5
Gemi Tonaj	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Alanı	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Liman formu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

26 no'lu senaryoda 37.000 DWT tam yüklü tanker ile gerçekleştirilen yanaşma manevrasında 2 römorkör kullanılmıştır. Kuzeydoğu yönünde 1,5 deniz mili akıntı

ve batı yönünde rüzgar etkisinde gerçekleştirilen senaryoda iskeleye kıçtan kara yanaşmıştır. Yanaşma pozisyonuna gelindiğinde akıntı etkisiyle geminin karaya yakın düşmemesi için çaba sarfedilmiştir. ES Model tarafından % 13,2 kritik risk ölçülmüştür. 26 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.26'da gösterilmiştir.

27 no'lu senaryoda 200.000 DWT dökme yük gemisi ile gerçekleştirilen senaryoda 2 römorkör kullanılmıştır. Doğu yönünde 1,5 deniz mili akıntı ve güneydoğu yönünde esen rüzgar etkisinde dolfen yapısına yanaşma sağlanmıştır. Kıçtan kara yanaşmak için dönüş yapılması sırasında kuzeydeki komşu iskeleye yakın düşme tehlikesi hissedilmiştir. ES Model tarafından % 3,9 kritik risk ölçülmüştür. 27 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.27'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.27 : Senaryo 27 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 27									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Çevre rıhtımlardaki gemiler	4	1	2	2	1	1	1	2	3	3
Römorkör kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rüzgar	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dalga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akıntı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	1	3	1	1	1	2	3	3	4	3
Manevra Alanı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Liman formu	1	3	2	2	1	2	1	1	3	2

28 no'lu senaryoda 90.000 DWT dökme yük gemisiyle yanaşma manevrası gerçekleştirilmiş ve 2 adet römorkör kullanılmıştır. Doğu yönünde 1,5 deniz mili akıntı ve güneydoğu yönünde rüzgar etkisinde gerçekleştirilen senaryoda rüzgarın yaslayıcı etkisi sebebiyle bordosal hızda biraz artış olması sebebiyle kritik risk görülmüş ancak manevra sırasında verilen komutlar yardımıyla sönmümlendirilerek yanaşma tamamlanmıştır. ES Model tarafından % 4,1 kritik risk ölçülmüştür. 28

no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.28'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.28 : Senaryo 28 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 28									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Çevre rıhtımlardaki gemiler	5	4	3	2	1	4	1	3	4	3
Römorkör kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rüzgar	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dalga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akıntı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Derinlik	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	5	5	1	1	1	2	3	4	5	5
Manevra Alanı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
Manevra Şekli	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Liman formu	1	1	2	2	1	3	1	1	2	2

Çizelge 6.29 : Senaryo 29 anket sonuçları.

Risk Faktörü	Senaryo 29									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Çevre rıhtımlardaki gemiler	5	4	3	2	1	4	1	3	4	3
Römorkör kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rüzgar	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dalga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akıntı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Derinlik	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	5	5	1	1	1	2	3	4	5	5
Manevra Alanı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
Manevra Şekli	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Liman formu	1	1	2	2	1	3	1	1	2	2

29 no'lu senaryoda 5000 GRT kapasiteli tam yüklü kuru yük gemisi ile parmak iskeleye yanaşma manevrası gerçekleştirilmiştir. 1 römorkör yardımıyla gerçekleştirilen senaryoda doğu yönünde rüzgar etkisi altında baş-kıç iter ve demir kullanılmadan yanaşma sağlanmıştır. Bitişik rıhtımdaki gemiye yakın düşme tehlikesi hissedilen manevra sonunda ES Model tarafından % 7,1 kritik risk ölçülmüştür. 29 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.29'da gösterilmiştir.

30 no'lu senaryoda 37.000 DWT kapasiteli tanker ile gerçekleştirilen yanaşma manevrasında 2 römorkör kullanılmıştır. Doğru yönünde (yanaşma yönünün tersine) rüzgar etkisinde gerçekleştirilen senaryoda kıçtan kara yanaşma sağlanmış, 2 römorkörün kullanıldığı ve bitişik rıhtımdaki gemiye yakın düşme tehlikesi hissedilmiştir. Manevra sonunda ES Model tarafından % 4,2 kritik risk ölçülmüştür. 30 no'lu senaryo için 10 uzman ile gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen anket sonucu Çizelge 6.30'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.30 : Senaryo 30 anket sonuçları.

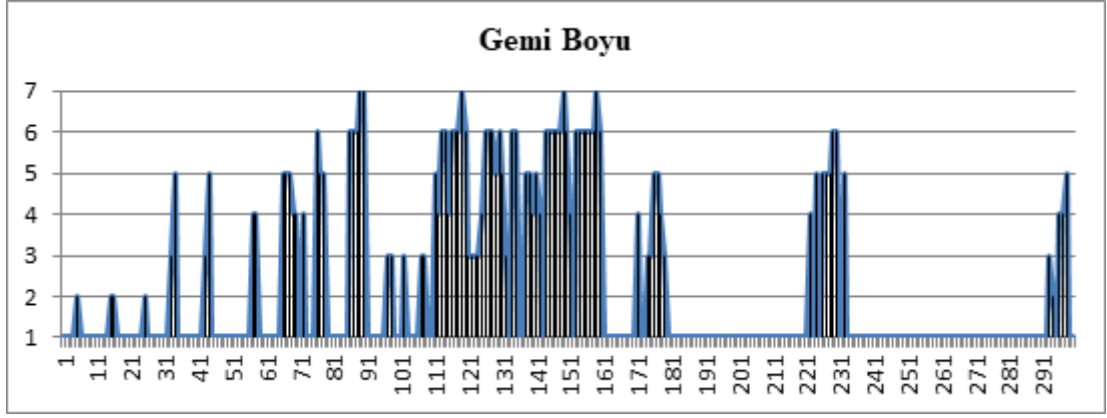
Risk Faktörü	Senaryo 30									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Gemi Boyu	1	1	3	2	1	4	4	5	1	1
Çevre rıhtımlardaki gemiler	5	6	4	4	1	4	3	5	6	6
Römorkör kullanımı	1	1	1	1	1	4	4	4	3	2
Rüzgar	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dalga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akıntı	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Derinlik	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Tonaj	5	5	3	1	1	4	4	4	4	5
Manevra Alanı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemi Makine kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Manevra Şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şekli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bağlama şamandıra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demirleme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baş/Kıç iter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Liman formu	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1

Toplam 30 farklı liman tesisi için gerçekleştirilen gemi yanaşma senaryolarında elde edilen ES model risk ölçüm değerleri ve farklı risk seviyeleri için yanaşma zorluklarını meydana getiren faktörlerinin tekrar topluca değerlendirilebilmesi için Çizelge 6.31'de verilmiştir.

Çizelge 6.31 : ES model risk ölçüm değerleri.

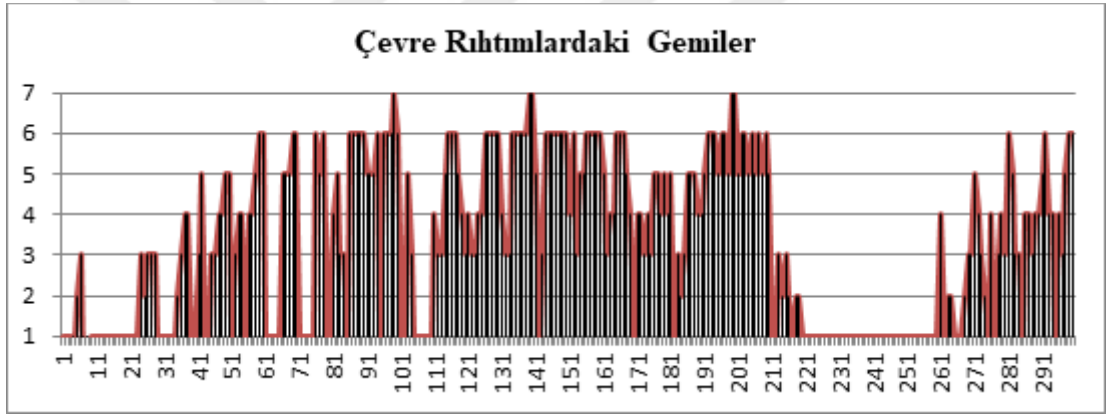
Senaryo No	Önemsiz Risk	Marjinal Risk	Kritik Risk	Katastrofik Risk
1	%63,4	%30,3	%6,3	%0,0
2	%48,6	%43,3	%8,1	%0,0
3	%72,7	%16,2	%11,1	%0,0
4	%59,3	%36,1	%4,6	%0,0
5	%83,3	%7,4	%9,3	%0,0
6	%37,6	%42,2	%20,2	%0,0
7	%46,8	%38,0	%15,2	%0,0
8	%31,9	%31,7	%36,4	%0,0
9	%17,6	%40,1	%42,3	%0,0
10	%30,1	%27,2	%42,7	%0,0
11	%45,2	%28,7	%26,1	%0,0
12	%38,6	%38,0	%23,4	%0,0
13	%19,6	%46,9	%32,5	%0,0
14	%29,5	%36,5	%34,0	%0,0
15	%42,0	%52,6	%5,4	%0,0
16	%12,8	%39,6	%47,6	%0,0
17	% 0,0	%63,7	%36,3	%0,0
18	%13,3	%70,4	%16,3	%0,0
19	%9,0	%77,1	%13,9	%0,0
20	%14,6	%63,6	%21,7	%0,0
21	%16,0	%80,0	%14,0	%0,0
22	%58,5	%19,5	%21,0	%0,0
23	%19,6	%53,6	%16,8	%0,0
24	%65,8	%19,4	%14,8	%0,0
25	%51,6	%41,7	%6,7	%0,0
26	%49,2	%38,6	%13,2	%0,0
27	%89,3	%6,8	%3,9	%0,0
28	%85,1	%10,8	%4,1	%0,0
29	%61,6	%31,2	%7,1	%0,0
30	%59,5	%36,3	%4,2	%0,0

ES Model sonuçlarının tek bir risk faktörü için 10 uzman tarafından 30 senaryoda verilen toplam değerlendirmeleri 300 cevaplı bir veri seti oluşturmaktadır. Her bir risk faktörü için alınan uzman değerlendirme sonuçları aşağıdaki şekillerde grafik olarak sunulmuştur. Gemi boyu kriteri için uzman görüşlerinden oluşan grafik Şekil 6.8’de gösterilmiştir. Gemi boyu bazı senaryolarda risk oluşturan etken olarak değerlendirilmemişse de toplamda 5 kez çok yüksek risk 20’den fazla yüksek risk cevabı almıştır.

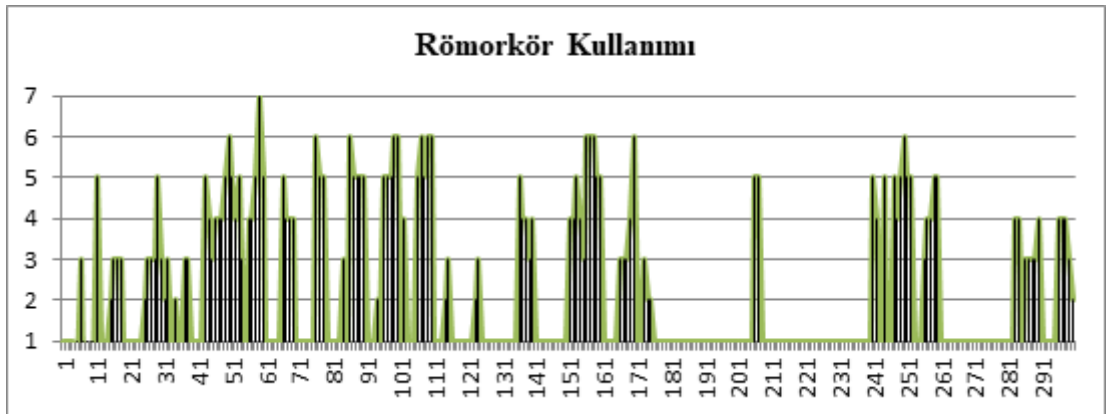


Şekil 6.8 : Gemi boyu kriteri değerlendirme grafiği.

Çevre rıhtımlardaki gemiler kriteri için uzman görüşlerinden oluşan grafik Şekil 6.9’da gösterilmiştir. Çevre rıhtımdaki gemiler genel olarak manevraların riskli gerçekleşmesinde etken faktör olarak cevaplanmıştır. 3 kez çok yüksek risk değerlendirmesi ve 40’tan fazla yüksek risk sebebi olarak değerlendirilmiştir.



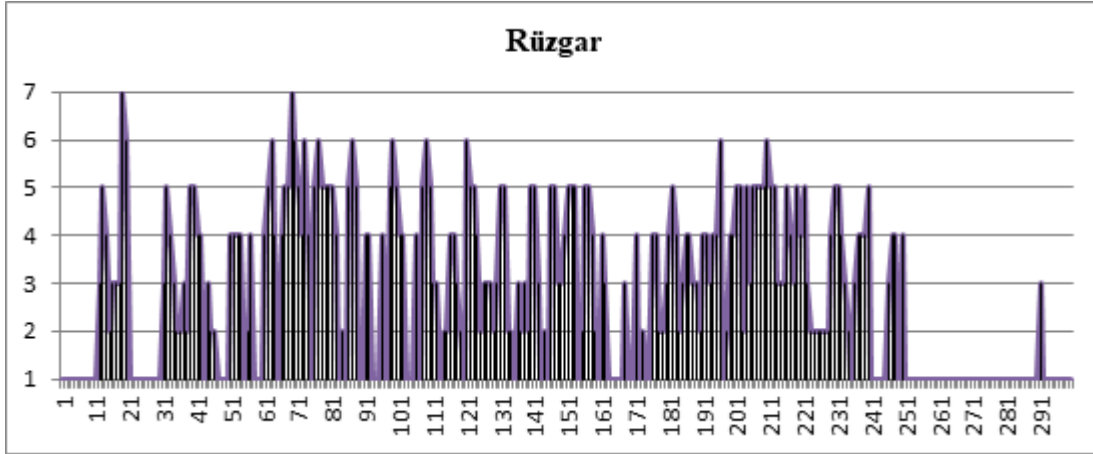
Şekil 6.9 : Çevre rıhtımlardaki gemiler kriteri değerlendirme grafiği.



Şekil 6.10 : Römorkör kullanımı kriteri değerlendirme grafiği.

Römorkör kullanımı kriteri için uzman görüşlerinden oluşan grafik Şekil 6.10’da gösterilmiştir. Römorkör kullanımı 1 kez çok yüksek ve 13 kez yüksek risk

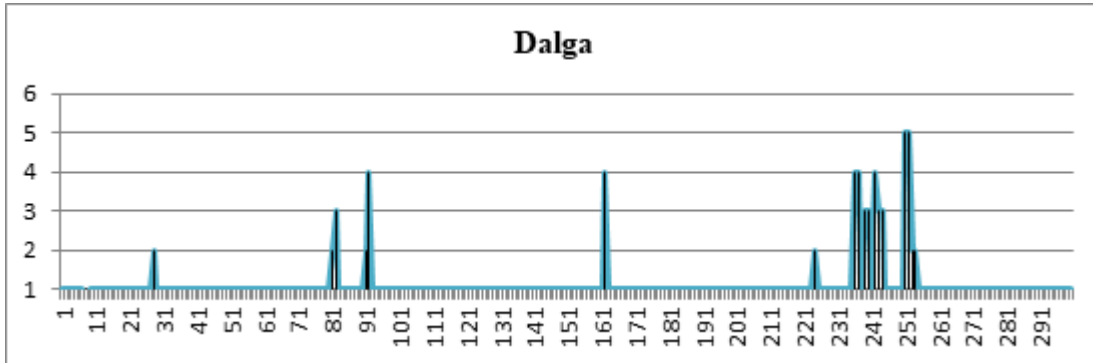
değerlendirmesi almış, bazı senaryolarda manevra zorluğunun sebebi olarak hiç görülmemiştir.



Şekil 6.11 : Rüzgar kriteri değerlendirme grafiği.

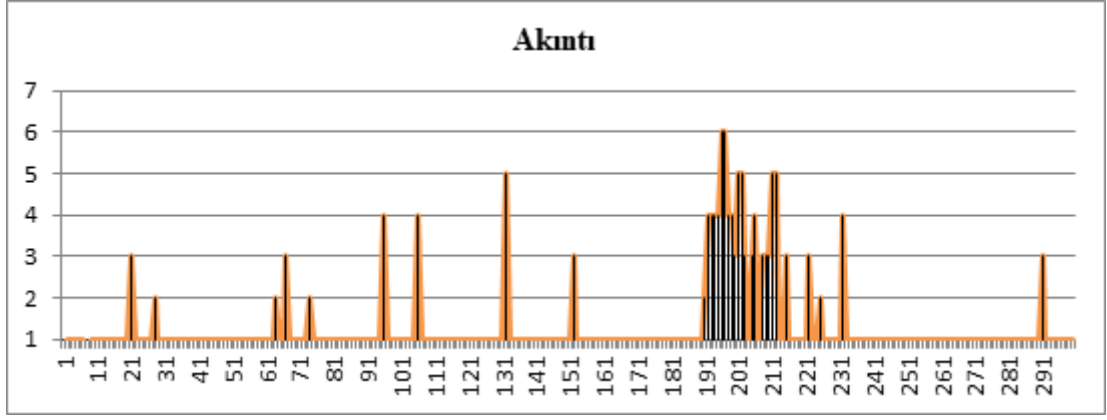
Rüzgar kriteri için uzman görüşlerinden oluşan grafik Şekil 6.11’de gösterilmiştir. Rüzgar 1 kez çok yüksek, 9 kez yüksek etken olarak cevaplanmış, senaryoların çoğunda manevrayı olumsuz etkileyen faktör olarak derecelendirilmiştir.

Dalga kriteri için uzman görüşlerinden oluşan grafik Şekil 6.12’de gösterilmiştir. Dalga 1 kez orta yüksek olarak cevaplanmış ve senaryolarda genel etkisinin düşük olduğu değerlendirilmiştir.



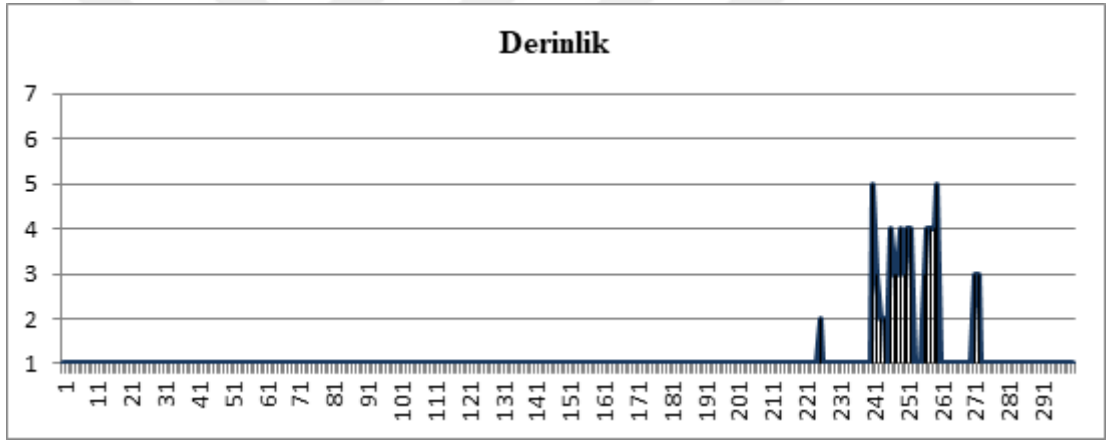
Şekil 6.12 : Dalga kriteri değerlendirme grafiği.

Akıntı kriteri için uzman görüşlerinden oluşan grafik Şekil 6.13’de gösterilmiştir. Akıntı 1 kez yüksek ve 7 kez orta yüksek olarak cevaplanmıştır. Yüksek akıntı hızının uygulandığı senaryolarda etken kriterlerden biri olarak görülmüş ve orta ile orta yüksek etken olarak cevaplanmıştır.

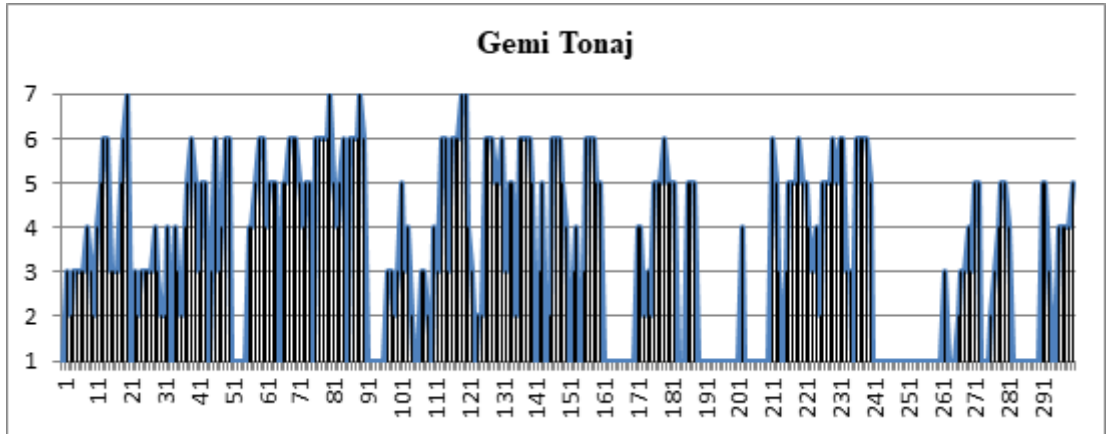


Şekil 6.13 : Akıntı kriteri değerlendirme grafiği.

Derinlik kriteri için uzman görüşlerinden oluşan grafik Şekil 6.14'te gösterilmiştir. 2 kez orta yüksek ve 10 kez orta olarak cevaplanan derinlik kriteri, çoğu senaryo için çok düşük bir risk sebebi olarak görülmüştür. Kullanılan liman tesislerin yeterli derinlikte olduğunu gösteren bir sonuç olarak değerlendirilmektedir.



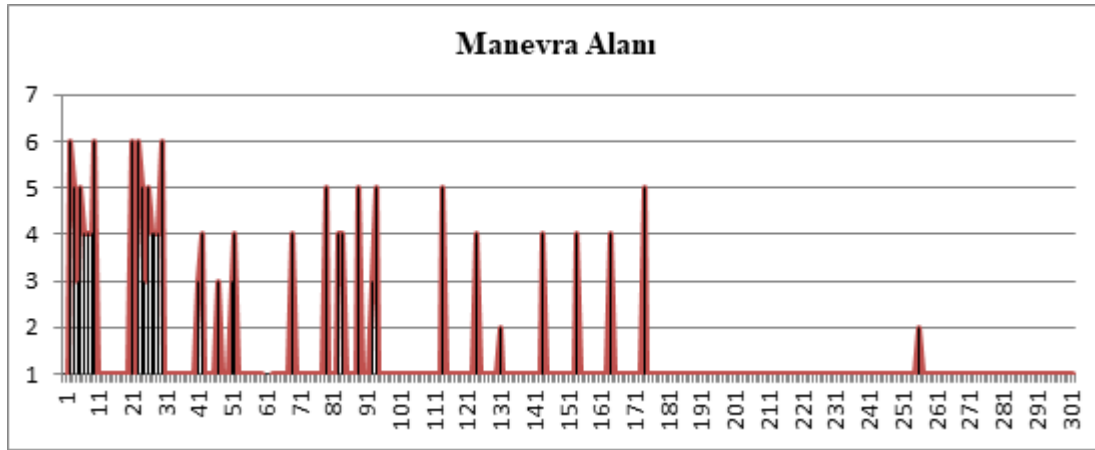
Şekil 6.14 : Derinlik kriteri değerlendirme grafiği.



Şekil 6.15 : Gemi tonaj kriteri değerlendirme grafiği.

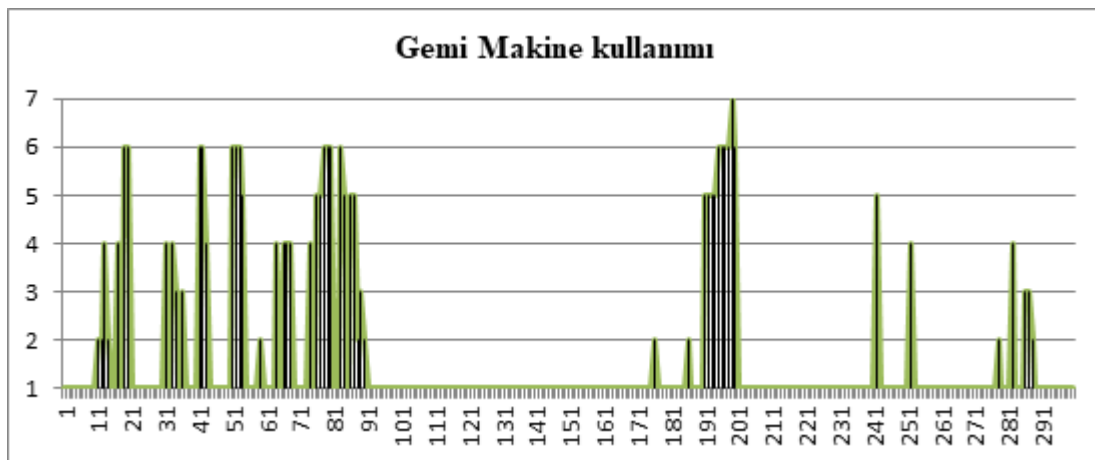
Gemi tonaj kriteri için uzman görüşlerinden oluşan grafik Şekil 6.15'te gösterilmiştir. 4 kez çok yüksek, 40'tan fazla kez yüksek olarak cevaplanan gemi tonajı, manevra zorluğu oluşturan önemli bir kriter olarak düşünülmüştür.

Manevra alanı kriteri için uzman görüşlerinden oluşan grafik Şekil 6.16'da gösterilmiştir. Manevra alanı 5 kez yüksek olarak cevaplanmıştır. Gemi boyu ve liman formu ile beraber düşünülmesi gereken bir kriter olduğundan değerlendirmelerde liman formunun ve gemi boyunun değiştirilmesi gerektiğinde tekrar incelenmesi gerektiği düşünülmektedir.



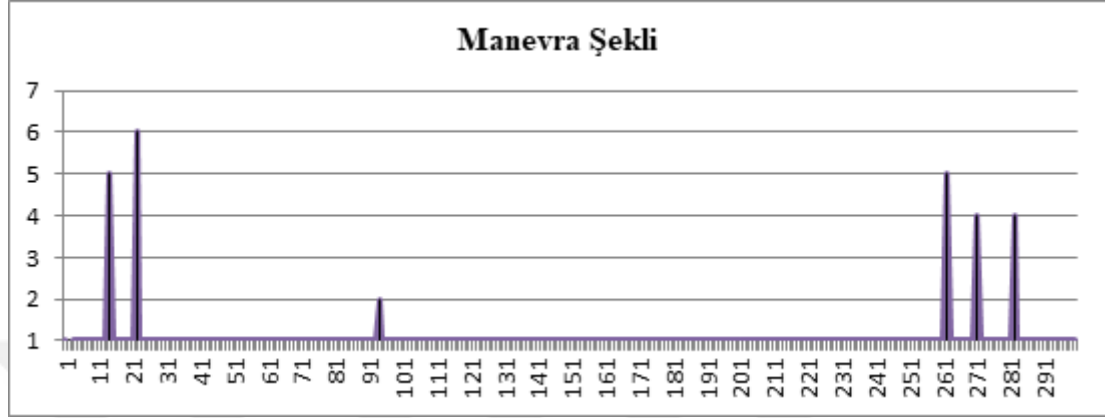
Şekil 6.16 : Manevra alanı kriteri değerlendirme grafiği.

Gemi makine kullanımı kriteri için uzman görüşlerinden oluşan grafik Şekil 6.17'de gösterilmiştir. 1 kez çok yüksek ve 17 kez yüksek olarak cevaplanan gemi makine kullanımı, manevra güçlüğü giderilmesi için daha uygun makine komutlarının verilebileceği ve gemi makinesinin daha etkin kullanılabileceği değerlendirmesine ulaştırmıştır.



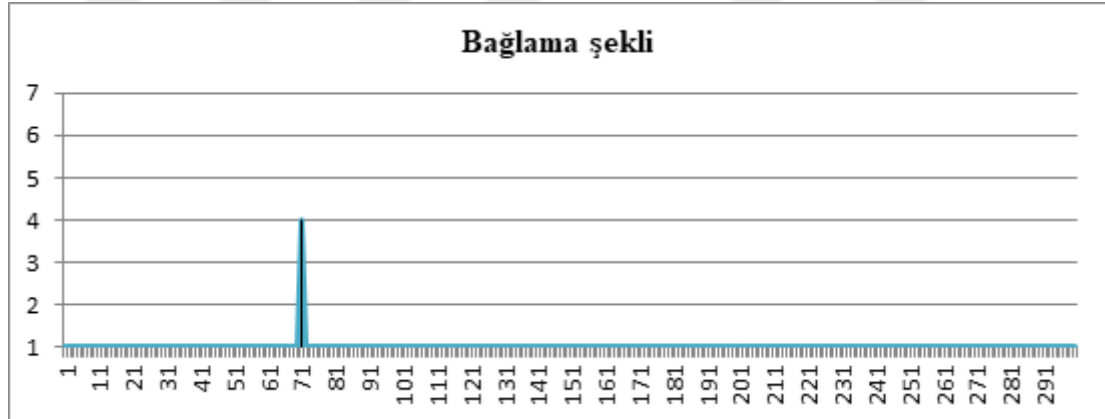
Şekil 6.17 : Gemi makine kullanımı kriteri değerlendirme grafiği.

Manevra şekli kriteri için uzman görüşlerinden oluşan grafik Şekil 6.18’de gösterilmiştir. 1 kez yüksek olarak cevaplanan manevra şekli ile ilgili grafik incelendiğinde, senaryolarda uygulanan yaklaşım ve yanaşma manevralarının uzmanlarca uygun bulunduğu ve risk oluşturan bir etken olarak çok az değerlendirildiği görülmüştür.



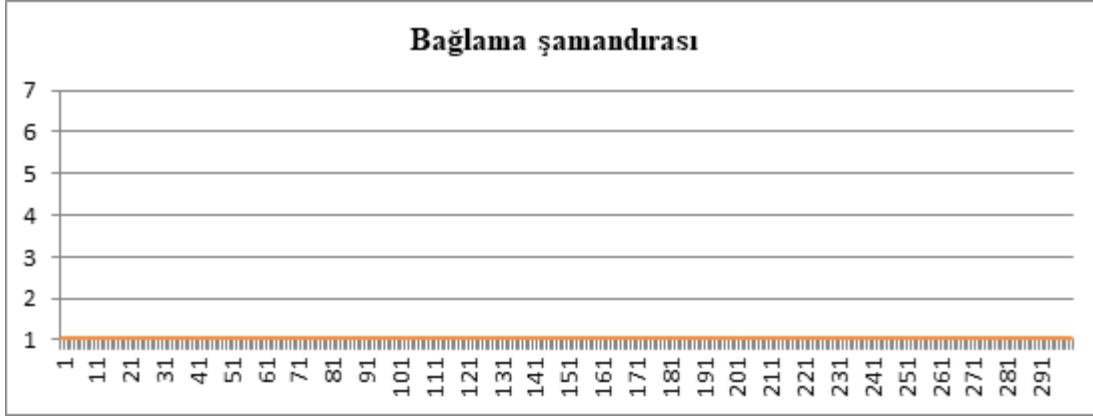
Şekil 6.18 : Manevra şekli kriteri değerlendirme grafiği.

Bağlama şekli kriteri için uzman görüşlerinden oluşan grafik Şekil 6.19’da gösterilmiştir. Bağlama şekli 1 kez orta olarak cevaplanmış ve 300 cevap içinde neredeyse oy birliğiyle en etkisiz cevap olan çok düşük olarak cevaplanmıştır.



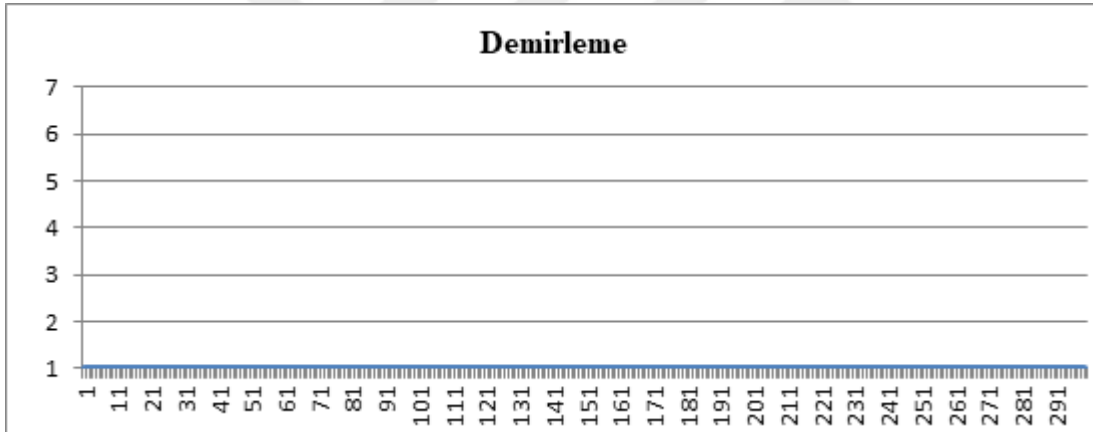
Şekil 6.19 : Bağlama şekli kriteri değerlendirme grafiği.

Bağlama şamandırası kriteri için uzman görüşlerinden oluşan grafik Şekil 6.20’de gösterilmiştir. Bağlama şamandıra kriteri, şamandıra kullanılarak geminin bağlandığı tesisler için bir kriter olarak düşünülmüş ve bütün senaryolarda manevra zorluğu oluşturmadağı oy birliği ile kabul edilmiştir.

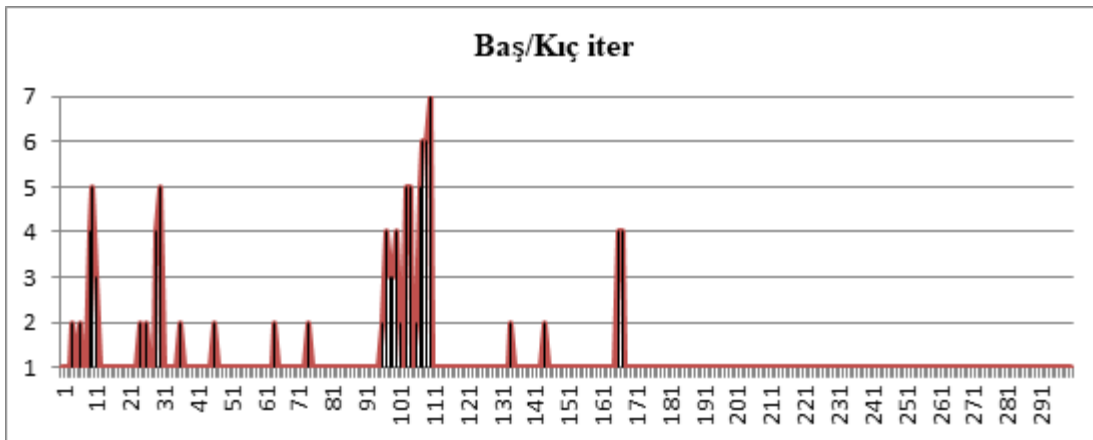


Şekil 6.20 : Bağlama şamandırısı kriteri değerlendirme grafiği.

Demirleme kriteri için uzman görüşlerinden oluşan grafik Şekil 6.21’de gösterilmiştir. Demirleme kriteri bütün senaryolarda çok düşük olarak cevaplanmıştır. Demirleme yapılarak gerçekleştirilen senaryoların varlığı düşünüldüğünde, yavaşmada demirleme kullanılan senaryolarda gemiyi kumanda edenin uygun tercihlerde bulunduğu düşünülebilir.



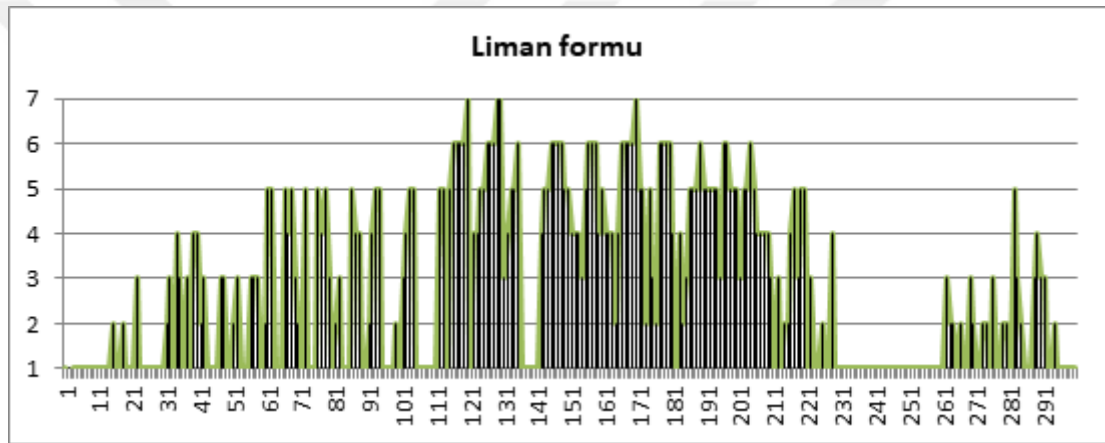
Şekil 6.21 : Demirleme kriteri değerlendirme grafiği.



Şekil 6.22 : Baş/kıç iter kriteri değerlendirme grafiği.

Baş/kıç iter kriteri için uzman görüşlerinden oluşan grafik Şekil 6.22’de gösterilmiştir. 1 kez çok yüksek ve 2 kez yüksek olarak cevaplanan baş/kıç iter kriteri, çoğu manevrada bir risk etkeni olarak görülmemiştir. Bazı senaryolarda baş/kıç iterin daha etkin kullanılabileceği veya bazı senaryolarda yaşanan zorluğu iyileştirici bir yardımcı olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Liman formu kriteri için uzman görüşlerinden oluşan grafik Şekil 6.23’te gösterilmiştir. 4 kez çok yüksek, 20’den fazla kez yüksek, 30’dan fazla kez orta yüksek olarak cevaplanan liman formu kriteri, uzmanlarca çoğu manevrada kritik risk oluşturan bir faktör olarak değerlendirilmiştir. Senaryoda kullanılan liman projelendirmesinde seyir emniyeti açısından daha uygun planlama yapılabileceği veya limanın revize edilebileceği değerlendirilmektedir.



Şekil 6.23 : Liman formu kriteri değerlendirme grafiği.

6.3 Birleştirme

Bölüm 6.2’de sonuçları açıklanmış olan anketi cevaplayan uzmanların deneyim, eğitim ve mesleki pozisyonlarına göre verdikleri cevaplarının ağırlıklarının farklı olması beklenir. Konusunda uzun yıllar çalışmış, yüksek ihtisas yapmış ve farklı pozisyonlarda hizmet vermiş bir uzman ile hizmet süresi ve eğitim seviyesi nispeten kısa bir uzmanın verdikleri cevaplar arasında değerlendirme kalitesi ve objektifliğe yakınlık açısından fark olacağından uzmanların ağırlıklandırılması gerekmektedir. Çizelge 6.32’de belirtilen kriterler esas alınarak bu ağırlıklandırma yapılmıştır.

Çizelge 6.32 : Uzman ağırlık belirleme kriterleri.

Parametre	Sınıflandırma	Ağırlık
Pozisyon	Akademisyen	5
	Yönetici	4
	Uzman	3
	Kaptan	2
	1. Zabit	1
Deniz Hizmet Süresi	16 $\geq$	5
	11-15	4
	6-10	3
	3-5	2
	≤ 2	1
Karada Hizmet Süresi	16 $\geq$	5
	11-15	4
	6-10	3
	3-5	2
	≤ 2	1
Eğitim Seviyesi	Doktora	5
	Yüksek Lisans	4
	Lisans	3
	Ön Lisans	2
	Lise	1

Uzmanların ağırlıklandırılmış hali sonrasında verdikleri cevaplar da eşit değerde olmayacaktır. Çizelge 6.33'te belirtildiği üzere 6 yıl deniz hizmeti ve 11 sene kara hizmeti olan bir akademisyenin verdiği cevabın ağırlığı 0,14 olduğu ancak 1 sene deniz hizmeti, 6 sene kara hizmeti olan 1. Zabit yeterliliğine sahip bir uzmanın verdiği cevabın ağırlığı 0,07 olacaktır.

Çizelge 6.33 : Uzmanların ağırlıklandırılmış hali.

	Mesleki pozisyon	Deniz hizmeti	Kara hizmeti	Eğitim seviyesi	Ağırlık faktörü				Toplam	Ağırlık skoru
1	Kaptan	3-5	≥ 16	Lisans	2	2	5	3	12	0.11
2	1. Zabit	3-5	6-10	Y.Lisans	1	2	3	4	9	0.08
3	1. Zabit	≤ 2	6-10	Y.Lisans	1	1	2	4	8	0.07
4	Kaptan	6-10	6-10	Lisans	2	3	2	3	10	0.09
5	Kaptan	6-10	6-10	Lisans	2	3	2	3	10	0.09
6	Kaptan	6-10	≥ 16	Lisans	2	3	0	3	8	0.07
7	1. Zabit	3-5	6-10	Lisans	1	2	3	3	9	0.08
8	Şirket Yöneticisi	6-10	6-10	Doktora	4	3	3	5	15	0.14
9	Şirket Yöneticisi	3-5	6-10	Doktora	4	2	3	5	14	0.13
10	Akademisyen	3-5	6-10	Doktora	5	2	2	5	14	0.13

Bulanık mantık (Fuzzy) işlem aşamalarının hesaplanmasında Microsoft Excel programı kullanılmıştır. Bulanık mantık (Fuzzy) işlem tablosu Şekil 6.24'te sunulmuştur.

EXPERT LEVEL										Beta Value		CONSENSUS COEFFICIENCY (CC)			
	professional position	sea service time	shore service time	education level	weighting factor				TW	weighting score	E1	0.5	CC1	0.112632952	
1	academician	>=16	>=26	bachelor	5	5	5	3	18	0.12	E2	0.5	CC2	0.077336858	
2	academician	>=16	6-10	bachelor	5	5	2	3	15	0.10	E3	0.5	CC3	0.102699177	
3	academician	>=16	6-10	bachelor	5	5	2	3	15	0.10	E4	0.5	CC4	0.106010435	
4	academician	11-15	16-25	bachelor	5	4	4	3	16	0.11	E5	0.5	CC5	0.102699177	
5	academician	>=16	6-10	bachelor	5	5	2	3	15	0.10	E6	0.5	CC6	0.102699177	
6	academician	>=16	6-10	bachelor	5	5	2	3	15	0.10	E7	0.5	CC7	0.097741015	
7	academician	>=16	<=5	bachelor	5	5	1	3	14	0.09	E8	0.5	CC8	0.104363532	
8	academician	>=16	11-15	bachelor	5	5	3	3	16	0.11	E9	0.5	CC9	0.094429757	
9	academician	6-10	6-10	bachelor	5	3	2	3	13	0.09	E10	0.5	CC10	0.099387919	
10	academician	>=16	<=5	bachelor	5	5	1	3	14	0.09					

p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
vh	ml	vh	vh	vh	vh	h	h	h	vh

EXPERT JUDGEMENT																				
BE	E1				E2				E3				E4				E5			
H11	0.8	0.9	1.0	1.0	0.2	0.3	0.4	0.5	0.8	0.9	1.0	1.0	0.8	0.9	1.0	1.0	0.8	0.9	1.0	1.0
BE	E1				E2				E3				E4				E5			
H11	0.8	0.9	1.0	1.0	0.2	0.3	0.4	0.5	0.8	0.9	1.0	1.0	0.8	0.9	1.0	1.0	0.8	0.9	1.0	1.0

AGGREGATION OF BASIC EVENT				SIMILARITY FUNCTION				SIMILARITY FUNCTION				AVERAGE AGGREGMENT (AA)		RELATIVE AGREEMENT (RA)									
0.7239 0.8239 0.8943 0.9317				1	S(E1&E2) 0.425			24	S(E3&E10) 1			E1	0.894444444		E1	0.11							
				2	S(E1&E3) 1			25	S(E4&E5) 1			E2	0.466666667		E2	0.06							
				3	S(E1&E4) 1			26	S(E4&E6) 1			E3	0.894444444		E3	0.11							
DEFUZZIFICATION OF BASIC EVENT (CFP)				4	S(E1&E5) 1			27	S(E4&E7) 0.875			E4	0.894444444		E4	0.11							
				5	S(E1&E6) 1			28	S(E4&E8) 0.875			E5	0.894444444		E5	0.11							
				6	S(E1&E7) 0.875			29	S(E4&E9) 0.875			E6	0.894444444		E6	0.11							
0.840886665				7	S(E1&E8) 0.875			30	S(E4&E10) 1			E7	0.866666667		E7	0.10							
				8	S(E1&E9) 0.875			31	S(E5&E6) 1			E8	0.866666667		E8	0.10							
				9	S(E1&E10) 1			32	S(E5&E7) 0.875			E9	0.866666667		E9	0.10							
CONVERSION CFP TO BASIC EVENT PROBABILITY				10	S(E2&E3) 0.425			33	S(E5&E8) 0.875			E10	0.894444444		E10	0.11							
				11	S(E2&E4) 0.425			34	S(E5&E9) 0.875														
				12	S(E2&E5) 0.425			35	S(E5&E10) 1														
0.047751755				13	S(E2&E6) 0.425			36	S(E6&E7) 0.875														
				14	S(E2&E7) 0.55			37	S(E6&E8) 0.875														
				15	S(E2&E8) 0.55			38	S(E6&E9) 0.875														
k= 1.321				16	S(E2&E9) 0.55			39	S(E6&E10) 1														
				17	S(E2&E10) 0.425			40	S(E7&E8) 1														
				18	S(E3&E4) 1			41	S(E7&E9) 1														
				19	S(E3&E5) 1			42	S(E7&E10) 0.875														
				20	S(E3&E6) 1			43	S(E8&E9) 1														
				21	S(E3&E7) 0.875			44	S(E8&E10) 0.875														
				22	S(E3&E8) 0.875			45	S(E9&E10) 0.875														
				23	S(E3&E9) 0.875																		

Şekil 6.24 : Bulanık mantık (Fuzzy) işlem tablosu.

Bulanık mantık (Fuzzy) uygulaması sonucunda risk oluşturan faktörler ile ağırlıklarının elde edilmesi sağlanmıştır. Örneğin, anket cevaplarının bulanık mantık yöntemi ile işlenmesi sonucunda 1 nolu senaryoda manevra güçlüğü oluşturan ve ES model tarafından ölçülen risk faktörü ağırlıkları, en yüksek ağırlıktaki ilk 5 risk faktörü için; manevra alanı %35, gemi tonajı %20, römorkör kullanımı %18, baş/kıç iter %16 ve çevre rıhtımdaki gemiler %11 olarak elde edilmiştir. Tüm liman yanaşma manevra simülasyonlarında risk oluşturan faktörlerden ağırlığı en yüksek ilk beş faktör her senaryo için ayrı ayrı yüzdeleriyle birlikte Şekil 6.25’de belirtilmiştir.

ES Model ile ölçülen yanaşma zorluk derecesinin bulanık mantık yöntemi uygulanarak risk faktörlerinin sayısal ağırlıklarıyla belirlenmesi sonucu liman planlamalarında gemi manevrası kaynaklı olumsuzlukların düzeltilmesi, değiştirilebilir faktörler üzerinde çalışma yapılabilmesi, kritik riskin sönmümlendirilmesi veya azaltılması sağlanabilecektir. Liman projelerinde ağırlığı en

yüksek risk faktöründen başlanarak senaryoda yapılacak değişiklik ile riskin sönümlendirilmesi beklenmektedir.

No	RF 1	RF2	RF3	RF4	RF5
1	Manevra alanı % 35	Gemi Tonajı % 20	Römorkör kullanımı % 18	Baş-kıç İter % 16	Çevre Rıhtımdaki Gemiler % 11
2	Gemi Tonajı % 33	Rüzgar % 31	Gemi Makine Kullanımı %17	Römorkör Kullanımı %6	Liman formu %3
3	Gemi Tonajı % 42	Rüzgar %38	Baş-kıç İter % 9	Römorkör Kullanımı % 5	Gemi Boyu % 2
4	Gemi Tonajı % 36	Rüzgar % 29	Liman Formu % 14	Çevre Rıhtımdaki Gemiler % 8	Römorkör Kullanımı % 7
5	Gemi Tonajı %29	Römorkör Kullanımı % 27	Çevre Rıhtımdaki Gemiler % 23	Rüzgar % 9	Liman formu % 6
6	Römorkör kullanımı % 27	Römorkör Kullanımı % 26	Gemi Tonajı % 19	Rüzgar % 13	Gemi makine kullanımı % 11
7	Rüzgar % 26	Gemi Tonajı % 26	Çevre Rıhtımdaki Gemiler % 16	Gemi Boyu 14	Römorkör Kullanımı % 11
8	Gemi Tonajı % 23	Rüzgar % 19	Gemi Makine Kullanımı % 17	Liman Formu % 12	Çevre Rıhtımdaki Gemiler % 12
9	Gemi Tonajı % 21	Gemi Boyu % 19	Çevre Rıhtımdaki Gemiler % 18	Römorkör Kullanımı % 11	Rüzgar % 9
10	Çevre Rıhtımdaki Gemiler % 37	Römorkör kullanımı % 26	Rüzgar 23	Baş-kıç İter % 9	Liman Formu % 6
11	Baş-kıç iter % 31	Römorkör kullanımı % 27	Rüzgar % 22	Gemi Tonajı % 11	Liman formu % 8
12	Gemi Tonajı % 24	Gemi bovu % 23	Liman Formu % 21	Çevre Rıhtımdaki Gemiler % 18	Rüzgar % 12
13	Liman formu % 26	Çevre Rıhtımdaki Gemiler % 22	Gemi Boyu % 19	Gemi Tonajı % 16	Rüzgar % 13
14	Çevre Rıhtımdaki Gemiler % 30	Gemi Tonajı % 26	Gemi bovu % 19	Rüzgar 12	Römorkör kullanımı % 8
15	Gemi Boyu % 25	Çevre rıhtımdaki gemiler % 23	Liman formu % 20	Gemi Tonajı % 18	Rüzgar % 14
16	Gemi bovu % 19	Çevre Rıhtımdaki Gemiler % 18	Römorkör kullanımı % 16	Gemi Tonajı % 16	Liman Formu % 14
17	Liman formu % 38	Çevre Rıhtımdaki Gemiler % 31	Römorkör Kullanımı % 17	Rüzgar % 6	Baş-kıç İter % 4
18	Liman Formu % 37	Gemi Tonajı %29	Çevre Rıhtımdaki Gemiler % 20	Rüzgar % 8	Gemi Boyu % 8
19	Liman Formu % 31	Çevre Rıhtımdaki Gemiler % 28	Rüzgar % 24	Gemi Tonajı % 14	Gemi Makine Kullanımı % 2
20	Çevre Rıhtımdaki Gemiler % 25	Gemi makine kullanımı % 22	Liman formu % 20	Akıntı % 17	Rüzgar % 15
21	Çevre Rıhtımdaki Gemiler % 30	Rüzgar % % 27	Liman formu 18	Akıntı % 16	Römorkör Kullanımı % 7
22	Gemi Tonajı % 29	Rüzgar 26	Liman formu % 22	Çevre Rıhtımdaki Gemiler % 13	Akıntı % 9
23	Gemi Tonajı % 33	Gemi bovu %26	Rüzgar 23	Liman Formu % 11	Akıntı % 5
24	Gemi Tonajı % 46	Rüzgar % 32	Dalga %14	Gemi Boyu % 4	Akıntı % 4
25	Römorkör kullanımı % 37	Derinlik % 33	Rüzgar % 13	Dalga % 11	Gemi Makine Kullanımı % 6
26	Römorkör kullanımı % 41	Derinlik % 36	Dalga % 15	Gemi Makine Kullanımı % 5	Manevra Alanı % 3
27	Gemi Tonajı % 34	Çevre Rıhtımdaki Gemiler % 30	Liman formu % 27	Manevra Şekli % 9	-----
28	Gemi Tonajı % 39	Çevre Rıhtımdaki Gemiler % 35	Liman formu % 14	Derinlik% 7	Manevra Şekli % 4
29	Çevre Rıhtımdaki Gemiler % 40	Römorkör Kullanımı %28	Liman formu % 13	Gemi makine Kullanımı % 13	Gemi Tonajı % 4
30	Çevre Rıhtımdaki Gemiler % 42	Gemi Tonajı % 33	Römorkör kullanımı % 17	Liman Formu % 4	Rüzgar % 3

Şekil 6.25 : Liman projelerinde tespit edilen en etkili 5 risk faktörü.

7. SONUÇLAR

Denizde can, mal ve çevre emniyeti, yeni liman inşaatı ve kapasite artışı yatırımlarında imar planı onay sürecini etkileyen faktörlerden biridir. Çoğunlukla gemi manevrasından kaynaklanan zorluklar sebebiyle olumsuz etkilenen deniz emniyetin sağlanmasına yönelik yaygın kullanılan modellerden biri, navigasyon risk değerlendirmesinde Çevresel Gerilim (ES) Modeli'dir. ES Model, simülasyon ortamında gerçekleştirilen rıhtım yanaşma/ayrılma manevraları sırasında gemi çevresinde meydana gelen seyir zorluğunu, liman planlamasına benzer şekilde modellenmiş liman ve gemilerin kullanılmasıyla ölçer. Ancak, ölçülen risk değerinin düşürülmesi için projenin nasıl ve ne ölçüde revize edileceği bilinmemektedir. Bu çalışmanın temel amacı, ES Modeli bulanık mantık yöntemi ile beraber kullanarak risk oluşturan faktörleri ve ağırlıklarını belirleyerek riskin azaltılması için alınacak önlemleri belirlemektir. Böylece, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığının görevlerinden biri olan imar planı ve proje değerlendirme süreci, bu çalışmada önerilen yöntemle gerçekleştirilecektir. Bu çalışmanın bir diğer önemli katkısı, ES model raporlarının ham çıktılarının bilimsel literatürde bulanık mantık yöntemi kullanılarak netleştirilmesi açısından özgünlüğüdür.

Çalışmada gerçekleştirilen liman modelleme çalışmaları kapsamında yanaşma simülasyonlarında geminin seyrini zorlaştıran etkenlerin sayısal ağırlıklarına ulaşılmıştır. Her liman projesi için farklı risk kriterinin en etken faktör olmasının beklenmesi doğaldır. Çalışma sonucunda gemi tonajı/boyu, liman formu, çevre rıhtımdaki gemiler, römorkör kullanımının sık rastlanan kriterler olduğu görülmüştür. Rüzgar, dalga ve akıntı gibi meteorolojik ve oşinografik şartların değiştirilemeyeceği gözönünde bulundurulduğunda liman projesinde tespit edilen kritik riskin sönmölendirilebilmesi için öncelikle diğer kriterlerden ağırlığı en yüksek veya proje hedeflerine en uygun olanı değiştirerek (tonaj düşürme, liman formu değiştirme, manevra alanı genişletme vb.) emniyetin sağlanmasının hedeflenmesi uygun olacaktır. Belirlenmiş meteorolojik ve oşinografik şartlar dışında şiddetli

rüzgar vb. hallerde gemi yanaşma/ayrılma kısıtlaması uygulaması limanlarda rastlanmakta olan tedbirler arasındadır.

Birbirine komşu tesislerin gemi manevrasını güçleştirmesi veya mevcut tesisin kapasite artışına gidilmesi sırasında mümkün olabilecek gemi tonajı veya boyunun sınırlarının zorlanması gibi durumlar kıyı planlamalarında sık rastlanan vakalardır. Planlama aşamasında başlayan bu sorunların temelinde kıyının bütünleşik planlanmaması yatmaktadır.

Ülkemizde çoğunlukla, liman yatırımları ve planlama özel sektör tarafından gerçekleştirilmektedir ve aslında bütüncül bir planlama bulunmamaktadır. Özel bir iskele / rıhtım yaklaşımı ile planlanan ve işletilen limanlar dağınık ve çarpık liman oluşumlarına neden olmaktadır. Ulaşım altyapısı koordineli bir şekilde planlanmadığından, kaynak israfına ve verimli olmayan yatırımlara neden olmaktadır. Birden fazla ardışık liman tesisinin bulunduğu alanlarda, çok yakın rıhtım / iskele planlaması nedeniyle gemi manevrası nedeniyle yüksek risk oluşması mümkündür. Kıyı planlamasının devlet tarafından periyodik revizyonu, liman alanlarında ve sanayi bölgesinde yüksek verimlilikle taşımayı sağlayacaktır. Ek olarak, risk oluşturan faktörleri ve ağırlıklarını belirleyerek gemi manevrası açısından riski ortadan kaldırmak veya azaltmak mümkün olacaktır. Böylece liman yatırımı deniz güvenliği sağlanarak gerçekleştirilecektir. Liman projeleri söz konusu liman planlama sürecini belirleyen mevzuat çerçevesinde Ulaştırma Bakanlığı tarafından onaylanırken, Modelleme Raporlarının bulanık mantık yöntemiyle değerlendirilmesi hem hızlı hem de güvenli proje tasarım sürecine katkıda bulunacaktır.

Bununla beraber, kıyı yatırımlarında yetkili kurum/kuruluş sayısının fazlalığı, kıyı yatırımlarına ilişkin bürokratik sürecin uzun olması, devlet tarafından planlama yapılmasını da güçleştirmektedir. Liman bazında kapasite kullanım oranları bilinmesine karşın bölgesel ihtiyacı takip edecek ve bölgesel bazda yatırımları düzenleyecek otorite eksikliği sonucunda tesis bazında birbirinden bağımsız ve bütüncül planlamaya hizmet etmeyen yeni yatırım planları yapılmaya devam etmektedir. Çalışmada incelenen kıyı mevzuatı da gözönünde bulundurulduğunda, merkezi hükümet ve bölgesel kurulacak kıyı yapıları konusunda yetkili kurumlar tarafından gelecekteki ihtiyacın ve mevcut kurulu kapasitenin beraber düşünülerek

bölgesel veya ülke ölçeğinde master plan çalışması yapılması ve bir mevzuat ile bunun desteklenmesi gerekmektedir.

Belli aralıklarla revize edilecek kıyı planlamalarının yapılması, liman sahalarının, endüstriyel alanların ve sanayi bölgelerinin yüksek verimlilikte taşımacılık yapabilmesine imkân tanıyabilecektir. Liman tesisi kurmak bir amaç değil, geri sahada oluşan ihtiyacı karşılamaya yönelik bir sonuçtur. Bu bağlamda, ulusal kalkınma planı, ulaştırma planı, sanayi yatırımları, şehircilik politikaları ve çevresel etkiden bağımsız asla büyük ölçekli planlama yapılamayacak limancılık sektörünün diğer kurumların çalışmalarından bağımsız ve habersiz düzenlenmesi asla mümkün değildir. Bu itibarla, ulusal planlar ve geleceğe yönelik politikalar ışığında, bölgesel kıyı planlaması çalışmalarının gerçekleştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Tek bir kurum çatısı altında toplanacak yetki veya kurumların temsil edildiği bir kurul oluşturularak düzenleme, denetlenme görevlerinin yerine getirilmesi önem arz etmektedir.

Mevcut tesisler ve yakın gelecekteki planlamalar ile ilgili olarak kapasite artışının ortak planlama ve büyüme hedefleriyle düşünülmesi gerekmektedir. Çalışmada görüldüğü gibi daha büyük gemiler (boyu ve tonaj) ve revize projeler (liman formu) değişiklikleri aynı zamanda kritik risk oluşturan sebeplerdir. Daha çok sayıda römorkör kullanılarak, baş-kıç iter ve demir yardımıyla manevra yapılarak bazı iyileştirmeler yapılabilse, orta-uzun vadede bölgeye uygun sanayi yatırımları ve kapasite artışı paralelinde limanların projelendirilmesi kıyıların emniyetli ve verimli kullanılabilmesini beraberinde getirecektir.

Projelendirilme aşamasıyla ilgili olarak Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü tarafından liman inşasının denetimi görevi yerine getirilmektedir. Bu denetimlerin yapılamadığı durumlar için özel denetim firmalarına yetki verilebilir. Personel ve imkân yetersizliği vb. sebeplerle yeterince takip edilemeyen inşaa süreçlerinin denetimi böylece gerçekleştirilmiş olur.

Plansız yapılaşma deniz emniyetinde yaşanacak sorunları, can/mal kaybını ve çevresel felaketleri beraberinde getirmekle kalmayacak, kıt kaynak olarak kabul edilen kıyıların kullanımında telafisi imkânsız zararları, atıl kapasite oluşturarak uzun yıllara yayılan kiralama sözleşmeleriyle sonraki nesillere aktarılan çözümsüzlüğe sebep olacaktır.



KAYNAKLAR

- AYGM.** (2007). “Kıyı Yapıları ve Limanlar Planlama ve Tasarım Teknik Esasları
- Başbuğ, A.** (1994). “Fuzzy Teknolojisi”, Byte, February, 147-152.
- Ford, D., Sterman, J. D.** (1998). Expert knowledge elicitation to improve mental and formal models. *System Dynamics Review*, 14(4), 309-340
- Friis-Hansen, P.** (2008) Basic Modelling Principles For Prediction of Collision and Grounding Frequencies Working Document
- Gucma, L., & Pietrzykowski, Z.** (2006). Ship Manoeuvring in Restricted Areas: An Attempt to Quantify Dangerous Situations Using a Probabilistic-Fuzzy Method. *Journal Of Navigation*, 59(2), 251-262.
- Hsu, H. M., Chen, T. C.** (1994). Aggregation of fuzzy opinion under group decision making. *Fuzzy Sets and Systems*, 79(3), 279, 285
- Hu, S., Fang, Q., Xia, H., Xi, Y.** (2007). Formal safety assessment based on relative risks model in ship navigation. *Reliability Engineering & System Safety*. 92. 369-377.
- Inoue, K., Masuda, K., Sera, W.** (1998). Guidelines to Assess the Safety of Marine Traffic-I : Evaluation of Shiphandling Difficulty based on the Environmental Stress Model. *The Journal of Japan Institute of Navigation*. 98. 225-234. 10.9749/jin.98.225.
- Kahraman, C., & Kaya, I.** (2010). A fuzzy multicriteria methodology for selection among energy alternatives. *Expert Syst. Appl.* 37, 6270-6281.
- Kim, K. I., Jeong J.S., Park G.K.** (2012). A Study on the Quantitative Risk Assessment of Mokpo Entrance Waterway by IWRAP, *Proceedings of 2012 KOSOMES Spring Conference*, pp. 253-256.
- Korta, J. P., Lee, M. P., Einsberg, N., Dewispelare, A.** (1996). Branch technical position on the use of expert elicitation in the high-level radioactive waste program. 1st Ed. U.S. Nuclear Regulatory Comission.
- Park, Y.S., Jae-Yong, J., Inoue K.** (2002). A Study on Assessment of Vessel Traffic Safety Management by Marine Traffic Flow Simulation. *Journal of the Korea Society for Simulation*. 11.
- Şenol Y.E.** (2014), Fault Tree Analysis of Chemical Cargo Contamination By Fuzzy Approach (MSc thesis), Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey
- Sii, H., Wang, J. and Ruxton, T.** (2001). A Fuzzy-Logic-Based Approach to Subjective Safety Modelling for Maritime Products. *Safety and Reliability*, 21(2), pp.65-78.

- Son, N.S., Kim, S.Y., Gong, I.Y.** (2009). Study on the Estimation of Collision Risk of Ship in Ship Handling Simulator using Fuzzy Algorithm and Environmental Stress Model. Journal of Korean navigation and port research.
- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı.** (2011), Notification Regarding Planning and Implementation Process in Coastal Structures and Facilities, Ankara
- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı.** (2005), Transportation Master Plan Strategy Project, Ankara
- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı.** (2010), Coastal Structures Master Plan, Ankara
- Url-1** <<http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/SafetyTopics/Pages/FormalSafetyAssessment.aspx>>, erişim tarihi 23.10.2019
- Url-2** <<https://www.navcen.uscg.gov/?pageName=pawsaMain>>, erişim tarihi 23.10.2019
- Url-3** <<https://www.dco.uscg.mil/PAWSA>>, erişim tarihi 23.10.2019
- Wang, J.** (2001).Current status of future aspects of formal safety assessment of ships. Safety Science, 38, 19–30.
- Yurtören C., Duru O., Satir T.** (2008). The Environmental Effects of Projected Container Terminal to the Safely Manoeuvring Journal Vol. 2 No. 1
- Z. Wang, M. Zoghi, F. Hutter, D. Matheson, and N. de Freitas.** (2013) Bayesian Optimization in a Billion Dimensions via Random Embeddings. ArXiv e-prints, January
- Zadeh, L.A.** (1965) “Fuzzy Sets.” Information and Control, vol. 8, no. 3, June 1965, pp. 338–353, 10.1016/s0019-9958(65)90241-x. Accessed 20 May 2019.
- Zhao, R. Govind, R.** (1991). Defuzzification of fuzzy intervals. Fuzzy Sets and Systems, 43(1), 45-55 Sugeno in 1985 (Sugeno, 1999).

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Mehmet Ersin YÜCEL
Doğum Tarihi ve Yeri : 26.11.1978 / İSTANBUL
E-posta : ersinkaptan@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2004, İstanbul Teknik Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Güverte
- **Yüksek lisans** : 2008, İstanbul Teknik Üniversitesi, Deniz Ulaştırma Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Deniz Ulaştırma Mühendisliği Programı.
- **Yüksek lisans** : 2014, Dünya Denizcilik Üniversitesi, Liman Yönetimi Programı.

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Denizcilik Uzmanı, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2005 - Devam
- Operasyon Müdürü, Asya Ro-Ro, 2004-2005
- Uzakyol Vardiya Zabiti, Orsa Tanker, 2002-2004

DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

Yucel M. E. ve Yurtören C. 2019. Liman Planlamamasında Gemilerden Kaynaklı Risk Değerlendirme Kriterlerinin Belirlenmesi *International Journal of Environment and Geoinformatics (IJEGEO)*, November 22, 2019, İstanbul, Turkey.

