



JOEEP

e-ISSN: 2651-5318

Journal Homepage: <http://dergipark.org.tr/joeeep>



Araştırma Makalesi • Research Article

Limarlarda Tehlikeli Yük Operasyonları ile İlgili Riskler ve Alınacak Önlemlerin Bulanık Çok Kriterli Bütünleşik Modelle İncelemesi *

Investigation of the Risks Related to Dangerous Cargo Operations in the Ports and the Measures to be Taken with a Fuzzy Multi-Criteria Integrated Model

Ali Osman Yeğın^{a,**} & Murat Yorulmaz^b

^a Yüksek Lisans Öğrencisi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, 41380, Kocaeli / Türkiye
ORCID: 0000-0003-0128-3965

^b Doç. Dr., Kocaeli Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Deniz İşletmeleri Yönetimi, 41500, Kocaeli / Türkiye
ORCID: 0000-0002-5736-9146

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Başvuru tarihi: 8 Mayıs 2023

Düzeltilme tarihi: 29 Eylül 2023

Kabul tarihi: 27 Ekim 2023

Anahtar Kelimeler:

Limar İşletmeleri

Bulanık DEMATEL & ANP

Tehlikeli Yük Elleçleme

ARTICLE INFO

Article history:

Received: May 8, 2023

Received in revised form: Sep 29, 2023

Accepted: Oct 27, 2023

Keywords:

Port Managements

Fuzzy DEMATEL & ANP

Hazardous Cargo Handling

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, limar işletmelerinde tehlikeli yük elleçleme operasyonlarından kaynaklı oluşabilecek riskler ve bu risklere karşı alınabilecek önlemleri çok kriterli karar verme tekniklerinden olan Bulanık DEMATEL ve ANP yöntemleri ile analiz etmek ve önleyici faaliyetleri belirlemektir. Araştırma bulgularına göre önem derecesi en yüksek risk unsuru olarak ambalaj, tank, ambar kapaklarının veya sıvı ile gazların boşaltma işleminin sağlanabilmesi için kullanılan açma/kapama valflerinin arızalı olması olarak tespit edilmiş, oluşan tüm risk unsurları için alınması gereken, önem derecesi en yüksek önlem olarak da limar personelinin tehlikeli yükleri IMDG Kod kurallarına ve mevcut mevzuata uygun şekilde sınıflandırması, işaretlemesi, kontrolünü sağlaması ve depolanması olarak belirlenmiştir. Araştırmanın sonucunda limar işletmelerine, limar idari personellerine ve limar saha çalışanlarına tehlikeli yük elleçlemesinden kaynaklı oluşan riskler ve buna karşı gerekli önlemlerin alınmasına ilişkin tavsiyelerde bulunulmuştur.

ABSTRACT

The aim of the study risks that may occur in dangerous cargo handling operations in port operations and to analyze the measures that can be taken against these risks with the Fuzzy DEMATEL and ANP methods which are multi-criteria decision-making methods and to determine the preventive actions. According to the research findings, it has been determined that the packaging, tank, hatch covers or valves are defective as the highest risk factor also the most important precaution to be taken for all risk factors occurring is determined as the classification, marking, control and storage of dangerous goods by the port personnel in accordance with the IMDG Code legislation. As a result of the research suggestions were made about risk factors caused by hazardous cargo handling and precautions to be taken are told to port operations, port administrative personnel and port workers.

1. Giriş

Denizyolu taşımacılığı, ulusal ve uluslararası ekonominin

gelişmesi açısından en önemli taşımacılık türüdür. Dünya genelinde hacimsel bazda %84, değer bazında %70 oranında

* Bu çalışma, birinci yazar tarafından ikinci yazarın danışmanlığında hazırlanan ve 2023 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği ABD tarafından kabul edilen "Limarlarda Tehlikeli Yük Operasyonları İle İlgili Riskler ve Alınacak Önlemlerin Bulanık Çok Kriterli Bütünleşik Modelle İncelenmesi" adlı yüksek lisans tezinden türetilmiştir. Bu çalışmanın anket uygulaması için Kocaeli Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Etik Kurulu tarafından, 04/01/2022 tarih ve 2022/01 nolu toplantısında 2 sıra sayılı kararı ile etik kurul izni verilmiştir.

** Sorumlu yazar/Corresponding author.

e-posta: teotag@gmail.com

Atf/Cite as: Yeğın, A.O. & Yorulmaz, M. (2023). Limarlarda Tehlikeli Yük Operasyonları İle İlgili Riskler Ve Alınacak Önlemlerin Bulanık Çok Kriterli Bütünleşik Modelle İncelemesi. *Journal of Emerging Economies and Policy*, 8(2), 591-605.

This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors.

en çok tercih edilen denizyolu taşımacılığı, ülkelerin ithalat ve ihracat oranlarının yükselmesini sağlayıp gelişimine katkı sağlamaktadır (United Nations Conference on Trade and Development [UNCTAD], 2020). Bu taşımacılık türünün uğrak yapıp hizmet aldığı aynı zamanda yolcu ve yük transferini de yaptığı nokta olan limanlar, bu halkanın en önemli zincirini oluşturmaktadır. Dolayısıyla limanlar, tehlikeli yüklerini de en çok elleçlendiği ve depolandığı yerdir. Tehlikeli maddeler çoğu sektörde hammadde olarak kullanılmasının yanı sıra günlük hayatımızda da karşımıza çıkmaktadır. Kimya, kozmetik, tarım, plastik, inşaat gibi çeşitli sektörlerde kullanılan tehlikeli maddeler, günlük hayatımızda temizlik ürünlerinde, kozmetik ürünlerinde, boya ve sprelerde bulunmaktadır. Günlük hayatımızda ve endüstride ihtiyaç duyduğumuz bu tehlikeli maddeler, adından da anlaşılacağı üzere kendine özgü tehlikeleri bünyesinde barındırır. Tehlike sınıfına göre etkisi değişkenlik gösteren bu maddelerin patlayıcılık, yanıcılık, oksitleyicilik, zehirleyicilik, bulaşıcılık ve aşındırıcılık özellikleri mevcuttur (Mert ve Çetinyokuş, 2020; Ünal ve Usluer, 2015; Zorba ve Kişi, 2009). İnsan ve çevre sağlığı açısından çok büyük tehdit olan bu maddeler, yük olarak elleçlendiğinde ve depolandığında çok büyük risk etmenlerini de ortaya çıkarmaktadır. Limanlarda elleçlenen bu tehlikeli yükler, limanların yapısı gereği çalışan sayısının fazlalığı, iş süreçlerinin karmaşık yapısı ve denize kıyısı olmasından dolayı hem iş güvenliği hem de çevre sağlığı için çok daha büyük tehlike arz etmektedir. Örnek olarak 1980 yılında Malezya limanında gerçekleşen, tehlikeli yük kazası olan “Port Kelang”, liman deposunda bulunan tehlikeli yüklerin tutuşması sonucu yangın başlamış, aynı zamanda boş gaz silindirlerinin bu yangından etkilenip patlayarak tüm limana yangının yayılmasına neden olmuştur. Söndürülmesi iki gün süren yangının sonucunda 3 kişi ölmüş, 12 milyon dolarlık zarar ve deponun yok olmasına neden olmuştur. Bir başka örnek Difenilmetan, Sodyum ve Anilin yağı gibi tehlikeli yük bulunan “Cason” isimli Panama yük gemisi, deniz suyunun sızmasıyla içinde Sodyum bulunan variller patlamıştır. İspanya’ da karaya oturan gemide 23 personel hayatını kaybetmiştir. Aynı zamanda ciddi miktarda tehlikeli madde sızıntısından deniz kirlenmiş, kasabada yaşayanlar tahliye edilmiştir. Benzer bir kaza Liberya bayraklı tanker “Masqasar” 1989 yılında makine dairesinde yaşanan patlama sonucu yangın çıkmış, kostik, soda, metanol ve çok yüksek zehir etkisine sahip Akrilonitril yangından dolayı toksik gaza dönüşmüş ve etrafa yayılmıştır. Japonya yakınlarında gerçekleşen bu kazada yangın ve kurtarma ekipleri gemi batana kadar 5 gün boyunca toksik gaz nedeniyle yaklaşamamıştır. 23 gemi personelinin tamamı kaza sonucu hayatını kaybetmiştir (Zorba, 2009).

Literatür incelendiğinde limanlarda tehlikeli yük operasyonlarının oluşturduğu riskler üzerine birçok kayda değer kaynak bulunmaktadır. Mert ve Çetinyokuş, (2020) çalışmasında liman işletmelerinde tehlikeli yük operasyonlarından kaynaklanan kazaların istatistiksel ve hata analizini yapmış, Zorba, (2009) bu tehlikeli yüklerin

neden olabileceği kazaları önleyebilme adına iş güvenliği kültürünün önemini vurgulamıştır. Kaza analizi ve iş güvenliği kültürünün yanı sıra tehlikeli yük elleçleme operasyonlarına karşı çalışanların eğitiminin önemine değinen Ünal ve Usluer, (2015), mevzuatın ve yükümlülülerin önemini açıkça belirtmiştir. Ayrıca tehlikeli yük taşımacılığı ve elleçleme operasyonlarında yüklerin oluşturduğu riskleri kaza senaryosu düzenleyerek çevreye olan etkisini analiz eden çalışmalardan biri olan Kuzu, (2021) ve geçmiş dönemlerde gerçekleşen kazaların etki analizinin yapıldığı Huang, Bai, ve Lu, (2020)’ un yaptığı çalışma, gerçekleşmesi durumunda insan ve çevre sağlığı açısından çok büyük tehdit olabileceğini açıkça belirtmiştir. Literatür incelendiğinde limanlarda tehlikeli yük operasyonlarından kaynaklı risk unsurları ve alınması gereken önlemlerin birlikte olduğu spesifik kaynak çok az olmakla birlikte, risk unsurlarına göre alınması gereken önlemlerin doğru seçilmesi için yapılmış herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu yüzden çalışmanın önemi liman işletmelerinde tehlikeli yük operasyonlarına ilişkin risklere karşı alınması gereken önlemlerin doğru seçilebilmesi adına bu çalışma hazırlanmış ve ÇKKV (Çok Kriterli Karar Verme) tekniklerinden olan Bulanık DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) ve ANP (Analytic Network Process) yönteminden faydalanılmıştır.

Çalışmamızın amacı limanlarda elleçlenen bu tehlikeli yüklerin oluşturduğu riskleri belirlemek ve bu risklere karşı gerekli ve doğru önlemlerin alınması için analizleri yapmak, aynı zamanda liman işletmelerine önerilerde bulunmak ve literatüre bu konu ile alakalı yeni bir kaynak kazandırmak amaçlanmıştır. Risklerin birbirleri ile olan ilişkisinin analizi ve buna göre de alınacak önlemlerin en uygun olanlarının seçilmesi ve önem derecelendirmesinin yapılabilmesi için ÇKKV tekniklerinden olan DEMATEL ve ANP yönteminden faydalanılmış ve bütünsel olarak kullanılmıştır. DEMATEL yöntemi kriterler arasındaki ilişkilerin analiz edilmesinde en verimli yöntem olmasından kaynaklı tercih edilmiş, ağırlıklandırma, seçim analizi ve önem derecesi belirlemede de en etkili yöntemlerden biri olan ANP yöntemi seçilmiştir.

Literatürde, limanlarda ve terminallerde tehlikeli yük operasyonları ile ilgili yapılmış olan çalışmalar, işletmeler ve bilim adına çok önemli bilgiler sunmaktadır. Tehlikeli yük operasyonlarından kaynaklı oluşabilecek ölümler ve çevresel felaketlerin önüne geçilebilmesi adına rehber niteliğindedir. Çalışmamızda literatürde eksik olan, tehlikeli yük operasyonlarında oluşan risklerin ilişkilendirilmesi ve bu risklere karşı alınacak önlemlerin seçimi, ağırlıklandırılması, önem derecelendirmesi yapılmıştır. Çalışmanın sonucuna göre risklerin önüne geçebilmek için birbirleri ile arasındaki bağı tespit etmek ve doğru önlemi alabilmek için en uygun olanını seçebilmek hedeflenmiştir.

Çalışmada elde edilen veriler neticesinde kriterler arası ilişkiler göz önüne alınarak, “Ambalajın/tankın/ambanın kapaklarının veya valflerinin arızalı olması” limanlarda ve

denizyolu taşımacılığında en önemli risk unsuru olduğu saptanmıştır. Analiz sonucunda bu riske karşılık olarak alınacak en etkili önlemin “Yük İlgili tehlike yaratabilecek iş ekipmanlarının, ambalajların, tankın ve konteynerlerin periyodik kontrolleri yapmaya yetkili kişilerce periyodik kontrollerinin yapılmasını sağlar” olarak bulunmuştur. Limanlarda tehlikeli yük operasyonlarına ilişkin belirlenen bütün risk unsurları için en etkili önlemin ise, “Liman personeli tehlikeli malların IMDG mevzuatına uygun şekilde sınıflandırılmasını, işaretlenmesini, kontrolünü ve depolanmasını sağlar” olarak tespit edilmiştir. Analizi yapılan risk unsurlarını, literatürde yer alan limanlarda tehlikeli yük elleçleme operasyonlarından kaynaklı riskler ve tehlikeli yük operasyonlarından kaynaklı oluşan kazaların nedenleri oluşturmaktadır. Aynı şekilde belirlenen önlemler ise, ulusal ve uluslararası mevzuatlarda yer alan tehlikeli yük operasyonlarında alınması gereken önlemlerden oluşmaktadır. Çalışmanın, literatürde ve mevzuatlarda yer alan riskleri ve önlemleri etkin şekilde analizi yapılarak derecelendirilmesini sağlamak ve bunun sonucunda en uygun ve etkili önlemi seçebilmek adına katkı sağlanması hedeflenmiştir.

Çalışmanın birinci kısmında limanlarda tehlikeli yük operasyonlarından kaynaklı riskler, kazaların analizi ve buna karşılık düzeltici ve önleyici faaliyetlerden bahsedilmiş, geçmiş dönemde yaşanan kazaların incelemesi yapılmıştır. İkinci bölümde tehlikeli yük operasyonlarına ve BDEMATEL ile ANP yöntemine ilişkin literatürde yer alan çalışmalar incelenmiştir. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan teknikler olan Bulanık Mantık, DEMATEL ve ANP yöntemleri açıklanmış, problem hiyerarşisi oluşturulmuştur. Dördüncü bölümde çalışmada kullanılan ÇKKV teknikleri içerisinde yer alan BDEMATEL ve ANP yönteminin analiz sonuçları ve bulguları yer almaktadır. Beşinci ve son bölümde çalışmanın sonucu, çalışmanın literatüre katkıları, çalışmanın kısıtları ile ayrıca liman işletmelerine, çalışanlara ve araştırmacılara önerilerde yer almaktadır.

2. Limanlarda Tehlikeli Yük Operasyonlarından Kaynaklı Oluşan Riskler, Kazaların Analizi ve Önleyici Faaliyetler

Limanlardan gemilere, gemilerden limanlara elleçlenen tehlikeli yükler, çevre sağlığı ve liman çalışanlarının sağlığı açısından ciddi tehdit oluşturmaktadır. Elleçlenen bu tehlikeli yüklerin operasyon esnasında kaza gerçekleşmesine sebebiyet vermesi liman, deniz ve insan sağlığı açısından zararlı sonuçları olmaktadır (Boran ve Alkan, 2018). Tehlikeli maddeler yükleme-boşaltma, doldurma, taşıma ve paketleme esnasında hassas davranılması gereken ürünlerdir. Bu yüzden operasyonlar esnasında oluşan risklerin, düzeltici ve önleyici faaliyetler ile önüne geçilmesi gerekmektedir (Tatar ve Özer, 2018).

Günümüzde AB ülkeleri ve diğer gelişmekte olan ülkelerin denizyolu ile ticareti oldukça yüksek seviyededir. Sadece Avrupa’ da üç yüzün üzerinde Ro-Ro, genel yük, sıvı ve

kuru dökme yük, yüz otuza yakın konteyner elleçlemek için liman bulunmaktadır. Elleçlenen bu yüklerin bir kısmını oluşturan tehlikeli yükler, limanlarda ve gemilerde kaza riskinin oluşturmasından kaynaklı potansiyel bir tehdit olarak karşımıza çıkmaktadır (Peralta, Reyes, Santarremigia ve Molero, 2020). Bununla birlikte IMDG Kod (International Maritime Dangerous Goods Code), SOLAS (Safety of Life at Sea) sözleşmesi ve Uluslararası Denizcilik Örgütü uygulamalarının eksik ya da yanlış yerine getirilmesi veya hiç yerine getirilmemesi bu kazaların oluşmasına neden olmuştur (Zorba, 2009). FACTS’ in raporuna göre 1960 ve 2010 yılları arasında gerçekleşen 961 kazanın %42’ sini tehlikeli yükler, % 42’ sini de petrol ve petrol ürünleri oluşturmuştur. Petrol ve petrol türevlerinin malzeme güvenlik bilgi formları incelendiğinde, bu ürünlerinde aynı zamanda tehlikeli yük olduğu görülecektir. Totalde gerçekleşen 961 kazanın %84’üne tehlikeli yükler direkt veya dolaylı olarak neden olmuştur (Peralta, Reyes, Santarremigia ve Molero, 2020).

İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemlerinin vazgeçilmez unsuru olan düzeltici ve önleyici faaliyetler aynı zamanda liman işletmelerinde tehlikeli yük operasyonlarının oluşturduğu risklerin önüne geçebilmek adına uygulanabilecek en etkili yöntemlerdir. Limanlarda tehlikeli yük operasyonlarında önleyici faaliyetlerin birçoğu IMDG Kod kurallarında mevcuttur. IMDG Kod mevzuatına göre önleyici faaliyetlerden biri olan tehlikeli madde yükleme operasyonlarının ayırma tablosuna göre yapılmasıdır. Tablo 1’de verilmiş olan ayırma tablosu, yüklenecek farklı sınıftaki tehlikeli yüklerin hangilerinin beraber yüklenebileceğini gösteren tablodur. Böylelikle birlikte yüklendiğinde risk teşkil edecek tehlike sınıflarının oluşturabileceği kazaların önüne geçilmiş olunacaktır.

Diğer önleyici unsurlar, kıyı personelinin tehlikeli yükleri IMDG Kod kurallarına uygun şekilde sınıflandırılmasını ve kontrolünü sağlaması, boşaltma işlemi sırasında konteynerlerin, ambalajların, varillerin ve tankların operasyonu tehlikeye sokacak biçimde deformasyona uğramış olup olmadığını kontrol etmesi, maddenin kaynama derecesine göre doldurma derecesini hesaplaması, maddenin özel hükümlerini ve operasyon şartlarını incelemesi, ambalajlama şartlarını veya karışık ambalajlama şartlarını ilgilendiren zorunlulukları sağlaması, ambalajların işaretlenmesi ve etiketlenmesini ilgilendiren zorunlulukların yerine getirilmesi, IMDG Kod mevzuatıyla elde edilebilecek düzeltici ve önleyici faaliyetlerdir.

Tehlikeli maddelerin denizyoluyla taşınması hakkında yönetmelikte de tehlikeli yüklerin elleçleme esnasında oluşturduğu risklere karşı alınabilecek önlemlere yer verilmiştir. Bunlardan biri, *tehlikeli madde elleçlemesinde görevli kıyı tesisi personeli, gemi adamları ve yüke ilişkin diğer yetkili kişilerin depolama esnasında yükün fiziksel ve kimyasal özelliklerine uygun koruyucu giysileri giymesidir*. Böylelikle tehlikeli yüklerin oluşturduğu potansiyel tehditlere karşı çalışanların sağlık ve güvenliğini sağlamak adına bir kişisel koruma önlemidir. Diğeri ise *kıyı personeli*

tehlikeli maddeler ile ilgili faaliyetleri bu işlere uygun olarak tesis edilmiş rıhtım, iskele, depo ve antrepolarda yapmasıdır. Elleçleme ve depolama şartlarının bu tür

yüklerde herhangi bir kaza yaşanmaması için daha elverişli hale getirilmesi için gereklidir.

Tablo 1. Ayırma Tablosu

SINIF	1.1 1.2 1.5	1.3 1.6	1.4	2.1	2.2	2.3	3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6.1	6.2	7	8	9
Patlayıcılar 1.1,1.2,1.5	*	*	*	4	2	2	4	4	4	4	4	4	2	4	2	4	X
Patlayıcılar 1.3,1.6	*	*	*	4	2	2	4	3	3	4	4	4	2	4	2	2	X
Patlayıcılar 1.4	*	*	*	2	1	1	2	2	2	2	2	2	X	4	2	2	X
Alevlenebilir Gazlar 2.1	4	4	2	X	X	X	2	1	2	2	2	2	X	4	2	1	X
Zehirli Olmayan ve Alevlenmeyen Gazlar 2.2	2	2	1	X	X	X	1	X	1	X	X	1	X	2	1	X	X
Zehirli Gazlar 2.3	2	2	1	X	X	X	2	X	2	X	X	2	X	2	1	X	X
Alevlenebilir Sıvılar 3	4	4	2	2	1	2	X	X	2	2	2	2	X	3	2	X	X
Alevlenebilir Katılar 4.1	4	3	2	1	X	X	X	X	1	X	1	2	X	3	2	1	X
Kendiliğinden Yanmaya Yatkın Maddeler 4.2	4	3	2	2	1	2	2	1	X	1	2	2	1	3	2	1	X
Su ile Temas Halinde Alevlenebilir Gazlar Açığa Çıkaran Maddeler 4.3	4	4	2	2	X	X	2	X	1	X	2	2	X	2	2	1	X
Yükseltgen Maddeler 5.1	4	4	2	2	X	X	2	1	2	2	X	2	1	3	1	2	X
Organik Peroksitler 5.2	4	4	2	2	1	2	2	2	2	2	2	X	1	3	2	2	X
Zehirli Maddeler 6.1	2	2	X	X	X	X	X	X	1	X	1	1	X	1	X	X	X
Bulaşıcı Maddeler 6.2	4	4	4	4	2	2	3	3	3	2	3	3	1	X	3	3	X
Radyoaktif Maddeler 7	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	1	2	X	3	X	2	X
Aşındırıcı Maddeler 8	4	2	2	1	X	X	X	1	1	1	2	2	X	3	2	X	X
Muhtelif Teklikeli Maddeler 9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Kaynak: IMDG Kod, 2018. (Not: 1: Uzağında, 2: Ayrılmış, 3: Tam bir bölme veya ambarla ayrılmış, 4: Aradaki tam bir bölme veya ambarla boylamasına ayrılmış, X: Belirli bir ayırma hükümleri olup-olmadığını tespit edebilmek için Tehlikeli Maddeler Listesine bakılmalıdır. *: Sınıf 1' deki maddeler veya ürünler arasındaki ayırma hükümleri için ilgili bölüm olan 7.2.7.1 maddesine bakılmalıdır.)

3. Literatür Taraması

Literatür araştırmasında, tehlikeli yük operasyonlarında karşılaşılabilecek riskler ve alınacak önlemler ile analiz için

kullanılan ÇKKV tekniklerinden Bulanık DEMATEL ve ANP yöntemleri birbirinden ayrı araştırılmıştır. Böylelikle bu iki ayrı literatürün hangi amaçla birlikte kullanıldığı daha kolay anlaşılmaktadır.

Tehlikeli Yük Taşımacılığı ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Tehlikeli maddelerin kullanımı ve bulundurulması başlı başına risk teşkil etmesinin yanı sıra taşınması da aynı şekilde risk taşımaktadır. Tehlikeli yükler nedeniyle gerçekleşen kazalar incelendiğinde, kazaların sonucunun ölümle sonuçlandığı ve çevresel kalıcı zararlar bıraktığı görülmektedir. Bu nedenle denizyolu taşımacılığında tehlikeli yüklerin oluşturduğu riskleri belirlemek ve önleyici faaliyetleri ortaya koyabilmek adına literatüre daha çok çalışma kazandırmak önemlidir. Ayrıca bugüne kadar yapılmış olan denizyolu ile tehlikeli yük taşımacılığına ilişkin çalışmaların da kazaların önüne geçebilmek ve riskleri ortadan kaldırmak adına önemi çok büyüktür. Bu çalışmalarda kaza ve risklerin oluşturduğu tehditlerden özet olarak bahsedilecek olunursa tehlikeli yüklerden kaynaklı gerçekleşebilecek yangın ve patlama, sabotaj, patlayıcı ortamların oluşması, boğulma, zehirlenme, denizlerin kirlenmesi vb. örnekler verilebilir. Buna karşı risk analizleri yapılmış, kazaların istatistiksel analizi gerçekleştirilmiş kaza senaryoları oluşturulmuştur.

Mert ve Çetinyokuş, (2020) denizyolu taşımacılığında tehlikeli yükler nedeniyle gerçekleşen kazaların analizini yapmışlar, kazaların istatistiksel analizini incelemişlerdir. Yangın ve patlama kaynaklı kazaların çoğunun tehlikeli yüklerin oluşturduğunu gözlemlemiş olup, ikinci aşamada hata ağacı analizi uygulamışlardır. Analiz sonucunda tehlikeli yüklerden kaynaklı gerçekleşen yangın ve patlamanın temel sebebinde insan hatası, makine arızası ve elektrik arızası olduğu tespit edilmiş olup, acil durum planlarının iyileştirilmesi ve kaza verilerinin tutulması gerekliliğinden bahsetmişlerdir.

Sıtkı, (2017) Mersin limanını örnek gösterdiği tehlikeli bozunabilir yüklerin denizyolu ile taşınması hakkında yaptığı çalışmada, tehlikeli yüklerin denizyolu ile taşınmasını dünyada ve Türkiye’de istatistiksel olarak incelemiştir. Ayrıca denizyolu ile tehlikeli yüklerin taşınmasında ulusal ve uluslararası mevzuata uygun olarak operasyonların yürütülmesinin önemini vurgulamış, liman ve gemi çalışanları için iş güvenliği ve emniyetli elleçleme operasyonlarını öneminden bahsetmiştir.

Kuzu, (2021) yaptığı çalışmada denizyolu taşımacılığında tehlikeli yük olan Propan’ın taşımacılığını yapan gaz tankerine sabotaj senaryosu düzenlemiş ve BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) etki analizi yapmıştır. ALOHA isimli yazılımda kurgulanan bu operasyon sonucunda tehlikeli gazın ne kadar uzun mesafeye yayılma eğilimi olduğunu göstermiş, insan ve çevre sağlığı açısından çok büyük tehdit olabileceğini sunmuştur. Çalışmanın amacında tehlikeli yüklerin denizyolu taşımacılığında emniyetin ve iş güvenliğinin önemi vurgulanmaya çalışılmıştır.

Romer, Haastrup ve Petersen, (1995) yaptıkları çalışmada denizyolu ile taşınan tehlikeli yükler nedeniyle gerçekleşen kazaları ve ölümlerin dağılımını incelemişlerdir. Tehlikeli

yüklerin denizyolu ile taşınması sırasında ölümle sonuçlanan 2781 kaza vakası incelenmiş ve araştırılmış, diğer taşımacılık modlarında ölümle sonuçlanan tehlikeli yük kaynaklı kazalarla karşılaştırmışlardır. Yaptıkları çalışmanın amacı ölümlerin dağılımında kargo tipi, tank tipi, coğrafi konumun etkisini incelemek, diğer ulaşım modlarıyla kıyaslamaktır.

Huang, Bai ve Lu, (2020) tehlikeli yük operasyonları ile ilgili konteyner terminali üzerine yaptıkları çalışmada, tehlikeli yüklerin elleçlenmesinde oluşan riskleri incelemişlerdir. Tianjin limanında gerçekleşen kaza ile karşılaştırmalı analiz yapılan bu çalışmada konteyner terminalinde elleçlenen tehlikeli yüklerin oluşturduğu riskleri balık kılıçığı diyagramı analiz yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Aynı zamanda ÇKKV teknikleri arasında yer alan AHP yöntemi kullanılmış, risk değerlendirme göstergelerini ağırlıklandırarak önem derecelerini de sunmuşlardır. Bütünleşik olarak kullanılan bu iki yöntem sonucuna göre konteyner terminal işletmelerine tehlikeli yük operasyonları ile ilgili risklere karşı kaynak niteliğinde olmuştur.

Chu ve Lyu, (2018) yaptıkları çalışmada konteyner terminallerinde tehlikeli yük depolamaya ilişkin değerlendirme gerçekleştirmişlerdir. Vaka analizi çalışmasını LPG tank konteyner üzerinde gerçekleştiren araştırmacılar, kontrol edilemez risk faktörleri olan yangın, patlama, sızıntı, zehirlenme vb. etmenlerin toplu ölüme ve işleme büyük maddi zarar oluşturabileceğinden bahsetmişlerdir. Bundan dolayı LPG tank konteyner depolamada gerçekleşebilecek kazaların senaryosu oluşturulmuş ve hata ağacı analiziyle nedenlerini araştırmışlardır. Sonuç olarak kabul edilebilir riske uygun kriterler belirlenmiş, tank konteyner işletmecilerine öneriler sunmuşlardır.

Literatürde limalarda gerçekleşen tehlikeli yük operasyonlarından kaynaklı riskler ile ilgili yapılan çalışmalarda tehlike tanımları yapılmış ve riskler belirlenmiştir. Bu risklere karşı risk ve vaka analizi çalışmaları yapılmış, kaza senaryoları düzenlenmiş, istatistiksel olarak incelenmiş hatta risklerin ağırlılandırılması ve önem derecelerinin belirlenmesi için ÇKKV tekniklerinden olan AHP yöntemi kullanılmıştır. Yapılan bu çalışmada literatüre göre önleyici faaliyet tanımlanması yapılmış ve ÇKKV teknikleri ile risklerin ağırlıklarına göre uygun önleyici faaliyetin seçilmesi gerçekleştirilmiş olması diğer çalışmalardan ayıran en büyük özellik olarak sunulmuştur.

3. Araştırmanın Yöntemi

Araştırma yöntemi olarak ÇKKV tekniklerinden olan Bulanık DEMATEL ve ANP yöntemleri tercih edilmiştir. Bu yöntemlerin seçilmesinin nedeni Bulanık DEMATEL yöntemi ile limanlarda tehlikeli yük elleçleme operasyonları için tanımlanan risk unsurlarının ilişkisini incelemektir. Belirlenen ilişkiler neticesine göre risklerin önem derecelendirmesinin yapılabildiği uygun önlemin seçilmesi ve

karmaşık ilişki yapısının çözümlenebilmesi için ise ANP yöntemi tercih edilmiştir. Bu çalışmanın anket uygulaması için Kocaeli Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Etik Kurulu tarafından, 04/01/2022 tarih ve 2022/01 nolu toplantısında 2 sıra sayılı kararı ile etik kurul izni verilmiştir.

3.1. BDEMATEL Yöntemi

1973 yılında Cenevre Battelle Memorial Araştırma Enstitüsü tarafından ilk defa kullanılan DEMATEL yöntemi, ÇKKV tekniklerinden biridir. DEMATEL yöntemi, faktör ağırlıkları, etki düzeyi ve ÇKKV tekniklerinden ayıran özellik, faktörler arasındaki ilişkiyi tespit etmeye yardımcı olmaktadır (Fontela ve Gabus, 1976). DEMATEL yöntemi faktörler arasında neden-sonuç tekniğine dayalı model oluşturup analiz edilmesine, ayrıca etkileyen kriterlerin daha efektif değerlendirilebilmesi için kriter sayısını azaltmaya yardımcı olur. Bundan dolayı karar analizi yapılırken önemli faktörlerin tespit edilebilmesinde çok etkilidir. Ayrıca DEMATEL yönteminin bulanık mantık ile birlikte uygulanması, karar analizi sonucunun doğruya en yakın değerlere sahip olmasını sağlar. Çünkü bulanık küme teorisinin başlıca amacı belirsizlik olan durumlarda, doğruya en yakın sonucu elde edebilmek için belirsiz durumları sayısal verilere dönüştürüp analiz eder (Chang vd. 2011). DEMATEL yönteminde karar problemlerinin çözümünde ilk adım olarak karar vericilerin değerlendirmeyi yapabilmesi için dilsel ifadeler kullanılır. Fakat dilsel ifadeler sayısal analizde belirsizliği artırarak doğru çözüme ulaşmamızı güçleştirmektedir. Bundan dolayı bulanık küme teorisi belirsizlik durumlarında doğru sonuçlara yakınlaşmamızı sağlar (Zhou vd. 2011).

BDEMATEL yönteminde aşağıdaki adımlar izlenir (Organ, 2013; Kısa ve Perçin, 2017; Koç, 2019);

1. Adım: Kriterlerin tanımlanması ve bulanık skalanın belirlenmesi

İlk adımda kriterlerin tanımlanması, karar vericilerin değerlendirme yapabilmesi açısından çok önemlidir. Etkilenen ve etkileyen faktörlerin belirlenebilmesi için karar vericiler ikili karşılaştırma yapmalı ve faktörler arasında anlamlı ilişki kurmalıdır. Karar vericiler ikili karşılaştırma yaparken ölçeklendirme yapabilmesi için bulanık skala kullanılmıştır. Dilsel ifadelerle karşılık gelen bulanık sayı karşılıkları aşağıda Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Dilsel İfadelere Karşılık Gelen Bulanık Skala

Dilsel İfadeler	Üçgen Bulanık Sayı Karşılıkları
Etkisi Yok (0)	(0;0;0,25)
Etkisi Az (1)	(0;0,25;0,50)
Oldukça Etkili (2)	(0,25;0,50;0,75)
Etkisi Çok (3)	(0,50;0,75;1)
Kesin Etkili (4)	(0,75;1;1)

Kaynak: Organ, 2013; Kısa ve Perçin, 2017; Koç, 2019

2. Adım: Direk İlişki Matrisinin Oluşturulması

Kriterler arası ilişkiyi ölçeklendirmek için karar vericilerin belirlediği dilsel terimlerin karşılığı olan bulanık sayılarla

ikili karşılaştırma yapılır ve sonucunda bulanık direk ilişki matrisi bulunur. Matris “Z” ile gösterilir.

3.Adım: Normalleştirilmiş Direk İlişki Matrisinin Elde Edilmesi

Direk ilişki matrisine normalizasyon işlemi uygulanır. Aşağıda verilen Denklem (1) ve Denklem (2)’ün kullanılmasıyla elde edilir. Denklemde gösterilen “l” parametresi üçgensel bulanık sayıların ilkinin oluşturulmuş, “m” harfiyle gösterilen parametre ikincisini ve son olarak “u” ile gösterilen parametre ise üçüncü bulanık sayıyı oluşturmaktadır. Üçüncü bulanık sayı diğer ikisinden, ikinci bulanık sayı da birinci bulanık sayıdan büyüktür. Denklem (1)’de gösterilen bütün “u” sütun parametre değerleri toplanır ve her sütun için bulunan sonuçların en büyüğü seçilir (“r”). En son adımda matriste bulunan değerler “r” parametre değerine bölünür. Sonuçta normalleştirilmiş direk ilişki matrisi elde edilmiş olur ve “X” harfiyle gösterilir.

$$\bar{X}_{ij}^{(k)} = \frac{\bar{Z}_{ij}}{r^{(k)}} = \left(\frac{l_{ij}}{r^k}, \frac{m_{ij}}{r^k}, \frac{u_{ij}}{r^k} \right) \quad (1)$$

$$r^k = \max \sum_{j=1}^n u^k_{ij} \quad (2)$$

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nn} \end{bmatrix}$$

4.Adım: Toplam İlişki Matrisi

Normalizasyon işleminden sonra toplam ilişki matrisini elde etmek için aşağıda bulunan Denklem (3)’te uygulanır.

$$\bar{T} = \bar{X} + \bar{X}^2 + \bar{X}^3 + \dots = \sum_{i=1}^{\infty} \bar{X}^i = \bar{X}(I - \bar{X})^{-1} \quad (3)$$

Toplam ilişki matrisi elde etmek için normalleştirilmiş direk ilişki matrisinde birinci bulanık değer “l” olan matristeki bütün değerlere 4. formül uygulanır. Sonrasında sırasıyla ikinci bulanık değer “m” ve üçüncü bulanık değer “u” olan bulanık değerlere de 4. formül uygulanır. Elde edilen üç adet toplam ilişki matrisi birleştirilip, nihai toplam ilişki matrisi elde edilir.

$$\bar{T} = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & \dots & T_{1n} \\ T_{21} & T_{22} & \dots & T_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ T_{n1} & T_{n2} & \dots & T_{nn} \end{bmatrix}$$

5.Adım: Etkileyen ve etkilenen faktörlerin belirlenmesi

Toplam ilişki matrisinde elde edilen satır değerlerinin toplamıyla \bar{D}_i değeri, sütun değerlerinin toplamıyla \bar{R}_i değeri bulunur. Etkileyen ve etkilenen faktörleri belirleyebilmemiz için de en son işlem olarak $\bar{D}_i + \bar{R}_i$ ve $\bar{D}_i - \bar{R}_i$ değerleri hesaplanır.

$$\bar{D}_i = \sum_{j=1}^n \bar{T}_{ij} \quad (i=1,2,\dots,n)$$

$$\bar{R}_i = \sum_{j=1}^n \bar{T}_{ij} \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (4)$$

Her faktör için bulunan $\bar{D}_i + \bar{R}_i$ ve $\bar{D}_i - \bar{R}_i$ sonuçları etkilenen ve etkileyen faktörleri, ayrıca faktörler arasında ilişki

düzeyini de belirler. $\check{D}_i - \check{R}_i$ işleminin sonucunda pozitif değere sahip olan faktörler etkileyen, negatif değere sahip olan faktörler etkilenen faktörlerdir. $\check{D}_i + \check{R}_i$ işleminin sonucunda değeri yüksek olan faktörler diğer faktörlerle ilişkisi fazla, değeri düşük olan faktörlerin ilişkisi diğer faktörler ile daha azdır.

6.Adım: Durulaştırma

$\check{D}_i + \check{R}_i$ ve $\check{D}_i - \check{R}_i$ bu adımda hala üçgensel bulanık değerdedir. Bu değerleri sadeleştirip tek bir değer elde etmek için durulaştırma işlemi uygulanır. Denklem (5)' da durulaştırma işleminin denklemi yer almaktadır.

$$\check{D}_i^{def} + \check{R}_i^{def} = \frac{1}{4}(1+2m+u)$$

$$\check{D}_i^{def} - \check{R}_i^{def} = \frac{1}{4}(1+2m+u) \quad (5)$$

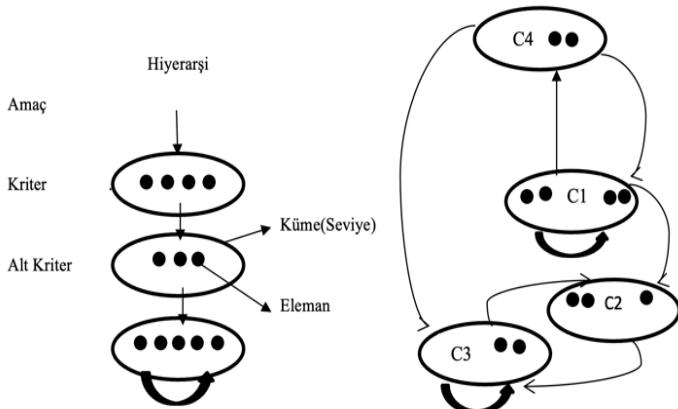
7.Adım: İlişki Diyagramının Oluşturulması

Son adım olan ilişki diyagramının oluşturulmasında, durulaştırma adımından sonra diyagram çizilir. $\check{D}_i^{def} - \check{R}_i^{def}$ dikey eksen, $\check{D}_i^{def} + \check{R}_i^{def}$ yatay eksenini oluşturacak şekilde kordinat düzleminde gösterilir. Diyagrama göre etki yönlü neden-sonuç değerlendirmesi yapılır.

3.2 .ANP (Analitic Network Process) Yöntemi

BDEMATEL yöntemi ile bütünleşik olarak kullanılacak diğer yöntem olan ANP yöntemi, 1980 yılında T. L. Saaty sayesinde keşfedilen AHP yönteminin daha geniş kapsamlı ve daha karmaşık problemleri çözmeye yarayan yöntemdir. AHP yönteminde aynı hiyerarşide bulunan kriterler ve alternatifler birbirinden bağımsız olurken, ANP yönteminde kriter ve alternatifler her durumda birbirinden bağımsız olmayabilir çünkü kriterler kendi arasında ilişki içerisinde olabilmektedir. Birbirinden bağımsız olmayan bu durum karmaşık bir yapı ortaya koyarken, ANP yöntemi bu karışıklığı ortadan kaldırarak doğruya en yakın sonucu ortaya koymaktadır. Tek yönlü ilişki olmadan çok kriterli karmaşık karar problemlerini çözüme ulaştırmaktadır (Aslan, 2005; Sarkis, 1998; Saaty, 1994).

Şekil 1. Analitik Ağ Süreci ve Ağ Yapısı



Kaynak: Aslan, 2005

ANP yönteminin oluşturduğu yapı ağ yapısında olup, kriterler ve alt kriterlerinin bütün ilişkisi incelenir. ANP yönteminin en önemli özelliği, kriterlerin ve alt kriterlerin, kendi içinde bağımlılıkları da mevcut olup, geri besleme de söz konusu olmaktadır. Böylelikle kriterler hem diğer kriterlerle hem de kendi içinde bağımlı durumda olmaktadır (Ömürbek ve Tunca, 2013).

ANP yönteminin uygulama adımları şu şekildedir (Sarkis, 1998; Akça, Sönmez, Gür, Yılmaz, ve Eren, 2018);

1.Adım: Amaç tanımlama ve ağ yapısını oluşturma

Belirlenen problemin amacı, kriterleri, alt kriterleri ve alternatifleri belirlenir. Kriterler ve alternatifler arası ilişkiler belirlenerek ağ yapısı oluşturulur.

2.Adım: İkili karşılaştırma matrislerini oluşturma

İlişkide olan kriterler, alt kriterler ve alternatifler ile ikili karşılaştırma matrisleri meydana getirilir. İkili karşılaştırma matrislerinde, karar vericiler ikili karşılaştırma skalasına göre önem derecelerini belirler.

Tablo 3. İkili karşılaştırma skalası

DERECELER	TANIM
1	Eşit Derecede Önemli
3	Biraz Fazla Derecede Önemli
5	Kuvvetli Derecede Önemli
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli
9	Aşırı Derecede Önemli
2-4-6-8	Ara Ortalama Değerler

Kaynak: Sarkis, 1998

3.Adım: Ağırlıkların hesaplanması ve tutarlılık analizi

İkili karşılaştırma matrislerini oluşturulmasının ardından normalizasyon işlemi yapılır. Normalizasyondan sonra satır ortalamaları alınır ve böylelikle kriterlerin ağırlıkları tespit edilmiş olunur. Denklem (6)'da ağırlık hesabı verilmiştir.

Ağırlıklar hesaplandıktan sonra bütün ikili karşılaştırma matrislerine tutarlılık analizi uygulanır. Denklem (7)'de tutarlılık analizi gösterilmiştir. Tutarlılık analizinin sonucunda değerler 0,1'e eşit ya da altında çıkması durumunda matrisin tutarlı olduğu sonucuna varılır. 0,1'den yüksek olması durumunda karşılaştırmalar tekrar kontrol edilir.

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad (6)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \text{ (Tutarlılık Göstergesi) / (Rassallık Göstergesi)}$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{W_i} \quad (7)$$

4.Adım: Süper Matris ve Limit Matris

İkili karşılaştırma matrislerinde bulunan ağırlıkları tek bir matrise toplanması işlemine “Süper Matris”, süper matrisin yüksek derecede kuvvetleri alınarak satır değerleri eşitlendikten sonra elde edilen matrise de “Limit Matris” denir. Limit matriste bulunan eşit satır değerleri, kriterlerin önem derecesini verir.

3.3. Problem Hiyerarşisi

Analiz için tehlikeli yük operasyonları ile ilgili riskler ve alınacak önlemler konu başlığı altında belirlenen kriter ve alternatifler literatürden ve yaşanan tehlikeli yük kazalarından elde edilmiştir. Kriterlerin ilişkilendirilmesinde BDEMATEL yöntemi, ilişkilendirme neticesinde ANP yöntemi ile kriterlerin önem derecesi belirlenmiş ve en uygun alternatif seçilmiştir. Problemin çözümünde ve analizinde en doğru sonuca ulaşmak adına BDEMATEL ve ANP yöntemi bütünleşik olarak kullanılmıştır.

Tablo 4. Kriterlerin ve Alternatiflerin Tanımlanması

Kriterler	
A: Depolamadan Kaynaklı Riskler	Kaynak
A1: Elleçleme operasyonu başlamadan önce emniyet tedbirlerinin alınmaması ve acil durum planı yapılmaması	(Ünal ve Usluer, 2015)
A2: Tehlikeli yüklerin açık alanda depolanması sonucu sıcaklık ve güneş ışığı maruziyeti	Beyrut Limanı Patlaması, 2020
A3: Limanlarda, tehlikeli madde depo alanlarında veya istasyonlarda statik elektriklenme ve tutuşma kaynaklarına karşı yeterli önlemin olmaması	(Ohtani ve Kobayashi, 2005)
B: Boşaltma İşleminde Kaynaklı Riskler	
B1: Aynı yerde depolanmaması gereken tehlikeli yüklerin yan yana istiflenmesi	Tianjin Limanı Patlaması, 2015
B2: Kıyı personelinin tehlikeli yük elleçleme esnasında yükün durumuna uygun kişisel koruyucu donanımını giymemesi	(Tatar ve Özer, 2018)
B3: IMDG sınıfında yer alan alevlenebilir maddelerin boşaltma işleminin ortam ölçümleri yapılmadan gerçekleşmesi	(Tırpan, 2018)
C: Paketleme İşleminde Kaynaklı Riskler	
C1: Tehlikeli yüklerin etiketlenmesi ve işaretlenmesinin yapılmaması	(Janno ve Koppel, 2018)
C2: Tehlikeli yükler için yanlış ambalaj kullanılması	(Janno ve Koppel, 2018)
C3: Tehlikeli yük taşımış boş ve temizlenmemiş ambalajların, konteynerlerin, tankların ve gemi	(Batarliene, 2008)

ambarlarının içine farklı sınıfta başka bir tehlikeli yük doldurmak.

D: Yükleme İşleminde Kaynaklı Riskler

D1: Tehlikeli yüklerin doğru miktarda yüklenmemesi	(Janno ve Koppel, 2018)
D2: Tehlikeli yük elleçlemede kullanılan ekipman güvenilirliğinin olmaması	(Molero G. D., Santarremigia, Beltran ve Ferrando, 2017)
D3: Tehlikeli yükler gemiye yüklenirken LIFO (Last In First Out) yönteminin uygulanmaması	(Ünal ve Usluer, 2015)

E: Taşıma İşleminde Kaynaklı Riskler

E1: Gemide taşıma esnasında tehlikeli madde taşınmış boş ve temizlenmemiş tank, varil, ibc, konteynerin onarılması, temizlenmesi işlemi	(Romer, Hastrup ve Petersen, 1995)
E2: Ambalajın/tankın/ambanın kapaklarının veya açma-kapama valflerinin arızalı olması	(Ellis, 2011)

X: Alternatifler

X1: Liman personeli tehlikeli malların IMDG mevzuatına uygun şekilde sınıflandırılmasını, işaretlenmesini, kontrolünü ve depolanmasını sağlar.	(IMDG Kod, 2018)
X2: Tehlikeli madde elleçlenmesinde görevli kıyı tesisi personeli, gemi adamları ve yüke ilişkin diğer yetkili kişilerin depolama esnasında yükün fiziksel ve kimyasal özelliklerine uygun koruyucu elbise giyer.	(Tehlikeli Maddelerin Denizyoluyla Taşınması Hakkında Yönetmelik, 2015)
X3: Kıyı personeli tehlikeli maddeler ile ilgili faaliyetleri bu işlere uygun olarak tesis edilmiş rıhtım, iskele, depo ve antrepolarda yapar ve iklim koşullarına göre (rüzgar, sıcaklık, yağışlar, nem vb) gerekli güvenlik önlemlerini alır.	(Tehlikeli Maddelerin Denizyoluyla Taşınması Hakkında Yönetmelik, 2015)
X4: Yük ilgilisi tehlike yaratabilecek iş ekipmanlarının, ambalajların, tankın ve konteynerlerin periyodik kontrolleri yapmaya yetkili kişilerce periyodik kontrollerinin yapılmasını sağlar.	(İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği, 2013)
X5: Kıyı personelleri ve liman çalışanlarına IMDG Code, Temel Kimyasal Eğitimi, Elleçlenen Kimyasal Ürünlerin MSDS'leri, tehlikeli yüklerin riskleri, emniyet önlemleri, emniyetli çalışma, acil durum önlemleri, güvenlik ve benzer konularda sürekli eğitilmelidir.	(Tehlikeli Maddelerin Denizyoluyla Taşınması Hakkında Yönetmelik, 2015)
X6: Tehlikeli yük elleçleme operasyonları başlamadan önce	(Tırpan, 2018)

sorumlu personel tarafından ortam ölçümlerinin yapılması.

BDEMATEL yöntemi ve ANP yönteminden sağlıklı sonuçlar elde edilebilmesi için karar vericilerin alanında uzman kişilerin olması büyük önem arz etmektedir. Seçilmesi planlanan karar vericilerin denizyolu tehlikeli yük taşımacılığında uzun süre çalışmış ya da IMDG Kod uzmanı olması ve liman elleçleme operasyonlarında uzun süre çalışma gerçekleştirmiş uzmanların seçilmesi hedeflenmiştir. Literatür araştırması ve yaşanan tehlikeli yük elleçleme operasyonlarından kaynaklı oluşan kazalar göz önüne alındığında risk unsuru olan 14 kriter ve bunlara karşı alınabilecek önlem olarak 6 adet alternatif belirlenmiştir. 14 kriter ve 6 alternatif için BDEMATEL ve ANP yöntemleri için ayrı ayrı iki adet anket hazırlanmış ve karar vericilere sunulmuştur. Üç karar vericinin birinci anketi değerlendirme sonucuna göre BDEMATEL yöntemi sonuçları elde edilmiş daha sonra bu sonuçlara göre ve ikinci anketin değerlendirme sonuçlarına göre ANP yöntemi sonuçları elde edilmiştir. Ayrıca BDEMATEL yönteminde eşik değerini belirlenmesini de karar vericiler gerçekleştirmiştir. Karar vericilerin profilleri Tablo 5'te verilmiştir;

Tablo 5. Karar Vericilerin Profilleri

Karar Vericiler	Uzmanlık	Tecrübe (Yıl)
1. Karar Verici	IMO ve IMDG Kod Eğitimsi	40 yıl
2. Karar Verici	IMDG Kod Uzmanı	15 yıl

Tablo 6. BDEMATEL sonucunda oluşan kriterler arası ilişki

FAKTÖRLER	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2
A1	*	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
A2	↑	*	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
A3	↑	↑	*	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
B1	↑	↑	↑	*	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	*	↑	↑
B2	↑	*	*	↑	*	↑	↑	*	↑	*	*	*	↑	*
B3	↑	↑	↑	↑	↑	*	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
C1	↑	↑	↑	↑	↑	↑	*	↑	↑	*	*	*	↑	*
C2	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	*	↑	↑	*	*	↑	↑
C3	↑	*	↑	↑	↑	↑	↑	↑	*	*	*	*	*	↑
D1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	↑
D2	↑	*	↑	↑	↑	↑	↑	*	↑	↑	*	*	↑	↑
D3	↑	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	↑
E1	↑	*	↑	↑	↑	↑	↑	*	*	*	*	*	*	↑
E2	↑	*	*	*	*	*	*	*	↑	↑	*	*	↑	*

*: İki kriter arası ilişki bulunmamaktadır. Karar Vericilerin Belirlediği Üçgen Eşik Değer: (0,028; 0,098;0,574).

4.2. İkinci Aşama: Risklerin Önem Derecelendirmesi Bulguları

BDEMATEL yönteminde elde edilen Toplam İlişki Matrisine durulaştırma işlemi uygulanmıştır. Elde edilmiş

3. Karar Verici Gemi Acente 27 ıl Uzmanı

4. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada ilk aşama olarak Bulanık DEMATEL yöntemi ile riskler arasında ilişkiler tespit edilmiştir. Riskler arasındaki ilişki düzeylerine göre ikinci aşama bulgularında ANP yöntemi ile risklerin önem derecelendirmesi yapılmıştır. Son aşamada risklerin önem derecelendirmesine göre uygun önlemler ANP yöntemi ile seçilmiş ve çalışma sonuca bağlanmıştır.

4.1. İlk Aşama: Riskler Arasındaki İlişki Bulguları

Karar vericiler ilk etapta BDEMATEL yöntemi için değerlendirmede bulunmuş ve üçgen eşik değeri belirlemiştir. Böylelikle üçgen eşik değerin üstünden kalan üçgen bulanık sayılara sahip olan kriterler arasında ilişki tespit edilmiştir. Tablo 6' da karar vericilerin değerlendirmesiyle Bulanık DEMATEL yöntemi kullanılarak elde edilmiş kriterler arası ilişki tablosu yer almaktadır. A1 kriteri incelendiğinde A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3, D1, D2, D3, E1 ve E2 kriterlerini etkilerken, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3, D2, D3, E1 ve E2 kriterlerinden etkilenmektedir. Bir başka kriter olan B2 incelendiğinde, A1, B1, B3, C1, C3 ve E1 kriterlerini etkilerken, A1, A2, A3, B1, B3, C1, C2, C3, D2 ve E1 kriterlerinden etkilenmektedir. Karar vericilerin belirlediği üçgen bulanık eşik değerinden büyük olan değerler, kriterler arasında ilişkinin mevcut olduğunu göstermektedir.

olan durulaştırılmış Toplam İlişki Matrisindeki kriter değerlerine normalizasyon işlemi uygulanarak, kriterler için Ağırlıklandırılmış Süper Matris elde edilmiştir. Kriterler arası elde edilen Ağırlıklandırılmış Süper Matrisin çok defa üslü kuvveti alınarak kriterler arası Limit Süper Matris

bulunmuştur.

Tablo 7. Kriterler Arası Limit Süper Matris

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2
A1	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119
A2	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038
A3	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061
B1	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079
B2	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071
B3	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077
C1	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067
C2	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
C3	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088
D1	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067
D2	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026
D3	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
E1	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094
E2	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140

Tablo 7’ de Limit Süper Matris ile kriterlerin birbirleri ile olan ilişkisi göz önüne alınarak, önem dereceleri elde edilmiştir. Bu kriterler arasında önem derecesi en yüksek kriter %14 ile “E2” kriteri olan, “Ambalajın/tankın/ambanın kapaklarının veya valflerinin arızalı olması” kriteri olarak bulunmuştur. Önem derecesi en düşük olan kriter ise %1,9 ile “D3” kriteri olan, “Tehlikeli yükler gemiye yüklenirken LIFO (Last In First Out) yönteminin uygulanmaması” kriteri olarak bulunmuştur.

4.3. Üçüncü Aşama: Uygun ve Etkili Olan Önlemin Seçilmesi

Karar vericilerin yaptığı bir başka değerlendirme de her bir kriter için değerlendirilen alternatiflerdir. Değerlendirme sonucunda ikili karşılaştırma matrisleri ile her bir kriter için alternatiflerin ağırlıkları elde edilmiştir. Tablo 8’ de ikili karşılaştırma sonucunda her bir kriter için alternatiflerin ağırlıkları tabloda verilmiştir. “A3” kriteri olan, “Limanlarda, tehlikeli madde depo alanlarında veya istasyonlarda statik elektriklenme ve tutuşma kaynaklarına karşı yeterli önlemin olmaması” kriteri için en önemli alternatif %36,4 ile “X1” alternatifi olan, “Liman personeli tehlikeli malların IMDG mevzuatına uygun şekilde sınıflandırılmasını, işaretlenmesini, kontrolünü ve depolanmasını sağlar” alternatifi olarak bulunmuştur. Aynı kriter için önem derecesi en düşük alternatif ise %7,7 ile “X6” alternatifi olan, “Tehlikeli yük elleçleme operasyonları başlamadan önce sorumlu personel tarafından ortam ölçümlerinin yapılması” olarak tespit edilmiştir.

Bulunan değerler neticesinde kriterler ve alternatiflerden oluşan Süper Matris oluşturulmuştur. Süper Matriste amaç düğümü sütununa kriterler arası limit süper matristen elde edilen kriterlerin ağırlıkları, kriterlerin sütununa ise her bir

kriter için ikili karşılaştırma matrisi ile değerlendirilen alternatiflerin ağırlıkları eklenmiştir. Bu matrisin kuvvetinin alınmasıyla Tablo 9’ da amaç düğümünde alternatiflerin önem derecesi tespit edilmiştir. Sonuca göre “X1” alternatifi olan “Liman personeli tehlikeli malların IMDG mevzuatına uygun şekilde sınıflandırılmasını, işaretlenmesini, kontrolünü ve depolanmasını sağlar” alternatifi %28 ile en önemli alternatif olarak bulunmuştur. Önem derecesi en yüksek ikinci alternatif ise %20,5 ile “X5” alternatifi olan “Kıyı personelleri ve liman çalışanlarına IMDG Code, Temel Kimyasal Eğitimi, Elleçlenen Kimyasal Ürünlerin MSDS’leri, tehlikeli yüklerin riskleri, emniyet önlemleri, emniyetli çalışma, acil durum önlemleri, güvenlik ve benzer konularda sürekli eğitilmelidir” alternatifi sonucuna varılmıştır. Önem derecesi sıralamasında üçüncü olan alternatif %15,4 ile “X6” alternatifi olan “Tehlikeli yük elleçleme operasyonları başlamadan önce sorumlu personel tarafından ortam ölçümlerinin yapılması” alternatifi olarak tespit edilmiştir. Sıralamada dördüncü olan alternatif %14,7 ile “X4” alternatifi olan “Yük İlgilisi tehlike yaratabilecek iş ekipmanlarının, ambalajların, tankın ve konteynerlerin periyodik kontrolleri yapmaya yetkili kişilerce periyodik kontrollerinin yapılmasını sağlar” alternatifi olmuştur.

Önem derecesinde beşinci olan alternatif ise %10,9 ile “X3” alternatifi olan “Kıyı personeli tehlikeli maddeler ile ilgili faaliyetleri bu işlere uygun olarak tesis edilmiş rıhtım, iskele, depo ve antrepolarında yapar ve iklim koşullarına göre (rüzgar, sıcaklık, yağışlar, nem vb) gerekli güvenlik önlemlerini alır” sonucuna varılmıştır. Önem derecesi en düşük olan alternatif ise %9,6 ile “X2” alternatifi olan “Tehlikeli madde elleçlenmesinde görevli kıyı tesisi personeli, gemi adamları ve yüke ilişkin diğer yetkili kişilerin depolama esnasında yükün fiziksel ve kimyasal özelliklerine uygun koruyucu elbise giyer” alternatifi bulunmuştur.

Tablo 8. Alternatiflerin İkili Karşılaştırma Matrisi Sonucunda Elde Edilen Ağırlıkları

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2
X1	0,303	0,318	0,364	0,460	0,067	0,145	0,399	0,429	0,349	0,437	0,125	0,358	0,165	0,182
X2	0,095	0,026	0,089	0,029	0,424	0,066	0,067	0,034	0,064	0,030	0,189	0,040	0,186	0,031
X3	0,127	0,215	0,139	0,146	0,084	0,131	0,073	0,110	0,052	0,075	0,114	0,124	0,186	0,053
X4	0,104	0,105	0,131	0,087	0,060	0,064	0,126	0,145	0,087	0,137	0,301	0,171	0,101	0,388
X5	0,214	0,215	0,199	0,201	0,304	0,252	0,278	0,174	0,208	0,145	0,219	0,208	0,204	0,138
X6	0,157	0,121	0,077	0,077	0,062	0,342	0,056	0,109	0,240	0,176	0,052	0,099	0,158	0,208

Tablo 9. ANP Yöntemi Sonucu Alternatiflerin Ağırlıkları

	Amaç D.	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	X1	X2	X3	X4	X5	X6
Amaç D.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X1	0,280	0,303	0,318	0,364	0,460	0,067	0,145	0,399	0,429	0,349	0,437	0,125	0,358	0,165	0,182	1	0	0	0	0	0
X2	0,096	0,095	0,026	0,089	0,029	0,424	0,066	0,067	0,034	0,064	0,030	0,189	0,040	0,186	0,031	0	1	0	0	0	0
X3	0,109	0,127	0,215	0,139	0,146	0,084	0,131	0,073	0,110	0,052	0,075	0,114	0,124	0,186	0,053	0	0	1	0	0	0
X4	0,147	0,104	0,105	0,131	0,087	0,060	0,064	0,126	0,145	0,087	0,137	0,301	0,171	0,101	0,388	0	0	0	1	0	0
X5	0,205	0,214	0,215	0,199	0,201	0,304	0,252	0,278	0,174	0,208	0,145	0,219	0,208	0,204	0,138	0	0	0	0	1	0
X6	0,154	0,157	0,121	0,077	0,077	0,062	0,342	0,056	0,109	0,240	0,176	0,052	0,099	0,158	0,208	0	0	0	0	0	1

5. Sonuç ve Öneriler

Limanlarda tehlikeli yük operasyonları ile ilgili riskler ve alınacak önlemlerin bulanık çok kriterli bütünlük modelle incelendiği bu çalışmada risklerin ve önlemlerin ÇKKV yöntemleri olan DEMATEL ve ANP yöntemiyle analizi yapılmış olup, riskler arasındaki ilişki belirlenmiş, risklerin önem derecelendirilmesi yapılmış ve son olarak en uygun önlem seçilmiştir. Karar vericilerle yapılan anket çalışması neticesinde DEMATEL ve ANP yöntemleri uygulanmıştır.

İlk aşamada karar vericiler BDEMATEL yöntemini için değerlendirmede bulunmuştur. Anket haricinde Üçgensel Bulanık Eşik Değerini de karar vericiler belirlemiştir. Buna göre değerlendirme sonucunda BDEMATEL yöntemi ile analiz yapılmış ve bütün risk unsurlarının birbirleri ile bir veya birden çok ilişkisi olduğu ortaya çıkmıştır. Tablo 4.1'e göre A3 kriteri olan "Limanlarda, tehlikeli madde depo

alanlarında veya istasyonlarda statik elektrikleme ve tutuşma kaynaklarına karşı yeterli önlemin olmaması" risk unsurunun diğer bütün risk unsurları ile ilişkisi tespit edilmişken, D1 kriteri olan "Tehlikeli yüklerin doğru miktarda yüklenmemesi" risk unsurunun sadece E2 kriteri olan "Ambalajın/tankın/ambanın kapaklarının veya valflerinin arızalı olması" risk unsuru ile ilişkisi tespit edilmiştir. Böylelikle BDEMATEL yöntemi ile oluşturulan kriterler arası ilişki ağı, ANP yöntemini uygulamada yardımcı olmuştur.

Bu çalışmada BDEMATEL yöntemi sadece ANP yönteminin uygulanabilmesi için ilişki ağını oluşturmamıştır. Aynı zamanda kriterlerin ağırlıklarının ANP yöntemiyle belirlenebilmesinde de fayda sağlamıştır. Üçgensel Toplam İlişki Matrisindeki değerlerin, Eşik Değer kontrolü yapılarak, kriterler arası ilişkiler belirlendikten sonra Üçgensel Toplam İlişki Matrisine durulaştırma işlemi

uygulanmıştır. Durulaştırılmış Toplam İlişki Matrisinde, Eşik Değeri üstünde kalan değerlere normalizasyon işlemi uygulanmış, Eşik değer altında kalan değerler “0” olarak kabul edilmiştir. Normalizasyon işlemi neticesinde elde edilen bu değerler ANP yönteminde kullanılan Ağırlıklandırılmış Süper Matrisi oluşturmuş oldu. Bu matrisin de çok sayıda üslü kuvveti alındığında Tablo 4.2’ de olduğu gibi kriterler arası Limit Süper Matris elde edilmiştir. Limit Süper Matrise göre önem derecesi en yüksek olarak E2 kriteri olan “Ambalajın/tankın/ambarın kapaklarının veya valflerinin arızalı olması” risk unsuru, önem derecesi en düşük kriter olarak ta D3 kriteri olan “Tehlikeli yükler gemiye yüklenirken LIFO (Last In First Out) yönteminin uygulanmaması” risk unsuru olarak bulunmuştur.

İkinci aşamada karar vericiler uygun alternatifin ANP yöntemiyle seçilmesi için değerlendirmede bulunmuştur. Liman işletmelerinde tehlikeli yük operasyonlarından kaynaklı oluşan riskler için en uygun önlemi seçmek adına kullanılan bu yöntemde, karar vericiler her bir risk unsuru için alternatifleri değerlendirmiş ve bunun sonucunda ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Tablo 4.3’ te ikili karşılaştırma matrisleri sonucunda her risk unsuru için değerlendirilen alternatiflerin ağırlıkları tespit edilmiştir. Alınacak önlemleri temsil eden alternatiflerin değerleri ile risk unsurlarını temsil eden kriterlerin değerleri Süper Matris tablosuna yazılır. Çok sayıda üslü kuvveti alınan Süper Matrisin sonucunda Tablo 4.4’ te en yüksek öneme sahip alternatif olarak X1 alternatifi olan “*Limana personeli tehlikeli malların IMDG mevzuatına uygun şekilde sınıflandırılmasını, işaretlenmesini, kontrolünü ve depolanmasını sağlar*” tespit edilmiştir.

Bütünleşik olarak kullanılan BDEMATEL ve ANP yöntemi limanlarda tehlikeli yük operasyonlarından kaynaklı oluşan risklerin birbiri ile ilişkisini açıkça göstermiştir. Bu risk unsurlarının herhangi birinin kazayla sonuçlanması, diğer risk unsurlarının da kazaya dönüşmesine neden olabileceğini açıkça belirtmiştir. Belirlenen bu risk unsurlarının birinin kazaya dönüşmesi neticesinde insan sağlığı, çevre sağlığı ve işletme için çok büyük zararlar sonuçlanabilmektedir. Risk unsurlarının birbirleri ile olan ilişkisi göz önüne alındığında, birden çok risk unsurunun kazaya dönüşmesi çok sayıda ölüme, çok büyük çevresel felakete ve hatta limanın yakınında bulunan yerleşim yerlerinin yok olmasına bile neden olabilir. Yakın zamanda Beyrut limanında yaşanan kaza buna en yakın örnek olarak gösterilebilir. Bu kadar çok tehlikeli yük operasyonlarından kaynaklı oluşan risk unsurunu bünyesinde barındıran liman işletmeleri için önlemlerin artırılması adına teorik ve uygulamalı birçok çalışma yapılması mühimdir.

Literatürden ve yaşanan kazalardan tespit edilen risk unsurları bu çalışmada değerlendirilmiş olup en önemli risk unsuru olarak “Ambalajın/tankın/ambarın kapaklarının veya açma-kapama valflerinin arızalı olması” tespit edilmiştir. Bu risk unsurunun temelde oluşturduğu en büyük tehdit, fark edilebilmesinin güç olmasından kaynaklı olduğu

söylenbilir. Arızalı kapaklardan veya valflerden sızan tehlikeli maddenin çevreye yayılması yangın, patlama, zehirlenme veya insan vücudunda korozyon gibi tehlikeleri doğurmaktadır. Bu tehlikeleri bertaraf etmek adına yine bu çalışma sonucunda bulunan önlemlerin alınması çok önemlidir. Bir diğer önem derecesi yüksek risk unsuru olan “Elleçleme operasyonu başlamadan önce emniyet tedbirlerinin alınmaması ve acil durum planı yapılmamış olması” yine liman işletmesi için çok büyük tehdit oluşturmaktadır. Emniyet Prosedürü ve Acil Durum Eylem Planı olmayan veya güncelleştirmeyen, aynı zamanda bunun ile ilgili gerekli eğitimi çalışanlarına vermeyen bir liman işletmesinin yaşanabilecek kazaların önüne geçebilmek adına hiçbir savunma mekanizmasının olmaması anlamına gelmektedir. Kazaların önlenememesi, küçük çaplı kazaların bile büyük çevresel felakete dönüşmesi bu risk unsurunun ne derece ciddi olduğunu göstermektedir.

Çalışmada literatürde yer alan, limanlarda tehlikeli yük operasyonlarının oluşturduğu risklere karşı alınabilecek önlemler araştırılmıştır. Araştırma sonucunda tespit edilen önlemler değerlendirilmiş, önem derecesi en yüksek alınabilecek önlem olarak “*Limana personeli tehlikeli malların IMDG Kod mevzuatına uygun şekilde sınıflandırılmasını, işaretlenmesini, kontrolünü ve depolanmasını sağlar*” olarak bulunmuştur. IMDG Kod, denizyolu ile tehlikeli yüklerin taşınmasına dair uluslararası mevzuat olup, tehlikeli yüklerin sınıflandırılması, işaretlenmesi ve uygun şekilde depolanmasına dair yasal zorunluluklardan bahsetmektedir. Tehlikeli yüklerin sınıflandırılması, diğer sınıflardaki tehlikeli yüklerle veya kimyasallar ile ayırt edilebilmesi, bu sınıflandırma sonucunda diğer tehlikeli veya tehlikeli olmayan yükler ile nasıl reaksiyon verebileceğini, risk ortamının önlenilebilmesi için o sınıfa özgü ne tür önlemler alınabileceğini ve en önemlisi sınıfına özgü ne tür tehlike arz ettiğini anlayabilmek adına çok önemlidir. İşaretleme, yapılan sınıflandırmanın liman personeli tarafından tespit edilebilmesi ve bu sınıflandırmaya uygun şekilde elleçleme operasyonunun yapılabilmesi için gerekli bir önlemdir. Sınıflandırma ve işaretlemenin doğru yapılması ve bu sınıflandırmaya uygun kontrol, depolama ve elleçleme faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi tehlikeli yük operasyonlarının en temel ve mühim önlemlerinin başında gelmektedir. Çalışma sonucunda çıkan önem derecesi en yüksek önlemin bu önlem olması da bu kanıyı destekler niteliktedir. Önem derecesi en yüksek bir diğer önlem olarak “*Kıyı personelleri ve liman çalışanlarına IMDG Kod, Temel Kimyasal Eğitimi, Elleçlenen Kimyasal Ürünlerin Malzeme Güvenlik Bilgi Formları (MSDS), tehlikeli yüklerin riskleri, emniyet önlemleri, emniyetli çalışma, acil durum önlemleri, güvenlik ve benzer konularda sürekli eğitilmelidir*” bulunmuştur. Liman personellerinin periyodik olarak IMDG Kod, temel kimyasal eğitim, MSDS okuma eğitimi, tehlikeli maddelere özgü riskler hakkında bilgilendirilmesi ve eğitilmesi oluşan risklere karşı alınabilecek en kuvvetli tedbirlerin başında gelmektedir. Bu eğitim, çalışanları oluşan risklere karşı her zaman güncel tutması ve

oluşabilecek kazaların önüne geçebilmek adına daha hızlı reaksiyon verilebilmesi açısından çok etkili bir önlemdir. Ulusal ve uluslararası mevzuatlarda periyodik eğitimlerin zorunlu tutulması ve bu çalışma sonucuna göre önem derecesi en yüksek ikinci önlem olarak tespit edilmesi, göz önüne alınması gereken önlemlerden biri olduğunu göstermektedir.

Ek-F' de A1, A2 ve A3 kriterlerine göre alternatiflerin ikili karşılaştırma matrislerinin ağırlık sonuçları verilmiştir. (Eklere ulaşmak için tıklayınız) Diğer kriterlere göre alternatiflerin ikili karşılaştırma matrislerinin ağırlık sonuçları Tablo 9' da yer almaktadır.

Çalışmanın Teorik Katkıları

Bu çalışma liman işletmelerinde tehlikeli yük operasyonlarının oluşturduğu riskler ve bu risklere karşı alınacak önlemler konusunda uzmanlara, danışmanlara, liman işletmelerine ve akademisyenlere bilgi vermektedir. Bulanık DEMATEL ve ANP yöntemlerinin bütünlük olarak kullanıldığında karar analizinde etkin sonuç verdiği ve literatüre katkı sağladığı görülmektedir. Çıkan sonuçlara göre literatürde tespit edilen risklere karşı alınması gereken önlemlerin de literatüre teorik olarak katkı sağladığı gözlemlenmiştir.

Çalışmanın Uygulamaya Katkıları

Bu çalışma liman işletmelerinde, tehlikeli yük operasyonları sürecinde oluşan risklerden ve bu risklerin kazaya dönüşmesi sonucunda çalışanlara ve çevreye olan etkilerinden açıkça bahsedilmiştir. Kazaların önlenmesi için alınması gereken tedbirlerden de bahsedilmekle birlikte, Çok Kriterli Karar Verme teknikleri kullanılarak en önemli risklerin tespiti ve en uygun önlemlerin seçilebilmesi sağlanmaktadır. Böylelikle Liman işletmeleri idarecileri, İş Güvenliği Uzmanları, İş Yeri Hekimleri ve Tehlikeli Madde Güvenlik Danışmanları tehlikeli yük operasyonlarına başlamadan önce göz önüne alınması gereken risklerin tespit edilebilmesi ve buna uygun önlemlerin seçilebilmesi için Çok Kriterli Karar Verme tekniklerini tehlikeli yük operasyonlarına entegre etmesi çok önemlidir. Ayrıca bu tekniğin uygulanabilirliği açısından sorumlu olan bu kişilerin koordineli çalışması da gerekmektedir.

Kaynakça

Akça, N., Sönmez, S., Gür, Ş., Yılmaz, A., & Eren, T. (2018). Kamu Hastanelerinde Analitik Ağ Süreci Yöntemi ile Finans Yöneticisi Seçimi. *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 133-146.

Aksakal, E., & Dağdeviren, M. (2010). ANP ve Dematel yöntemleri ile personel seçimi probleminde bütünlük bir yaklaşım. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 905-913.

Aslan, N. (2005). *Analitik Network Prosesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Batarliene, N. (2008). Dangerous Goods Transportation: New Technologies and Reducing of the Accidents. *Journal of KONBIN*, 211-222.

Boran, M., & Alkan, N. (2018). Liman Operasyonlarının Çevresel Etkileri. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 99-105.

Chang, B., Chang, C.-W., & Wu, C.-H. (2011). Fuzzy DEMATEL Method for Developing Supplier Selection Criteria. *Expert System with Applications*, 1850-1858.

Chen, J., Zheng, H., Wei, L., Wan, Z., Ren, R., Li, J., et al. (2020). Factor Diagnosis and Future Governance of Dangerous Goods Accidents in China's Ports. *Environmental Pollution*, 1-8.

Chu, G., & Lyu, G. (2018). Critical Assessment on Dangerous Goods Storage Container Yard of Port: Case Study of LPG Tank Container. *IEEE International Conference*, 1751-1755.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. (2013). İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği. (28628).

Ellis, J. (2011). Analysis of accidents and incidents occurring during transport of packaged dangerous goods by sea. *Safety Science*, 1231-1237.

Fontela, E., & Gabus, A. (1976). *The DEMATEL observe, DEMATEL 1976 report*. Switzerland: Battelle Geneva Research Center.

Huang, C., Bai, Y., & Lu, L. (2020). Hazard Analysis and Quantitative Risk Assessment of Port Operation for Dangerous Goods Container. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1-8.

IMDG. (2018). *Denizyolu ile Taşınan Tehlikeli Maddele İlişkin Uluslararası Kod*. Cenevre: Deniz Emniyet Komitesi.

Janno, J., & Koppel, O. (2018). Operational Risks in Dangerous Goods Transportation Chain on Roads. *Scientific Journal of Logistics*, 33-41.

Khalilzadeh, M., Shakeri, H., & Zohrehvandi, S. (2021). Risk Identification and Assessment with the Fuzzy DEMATEL-ANP Method in Oil and Gas Projects Under Uncertainty. *Procedia Computer Science*, 277-284.

Kısa, A. C., & Perçin, S. (2017). Bütünlük Bulanık DEMATEL-Bulanık VIKOR Yaklaşımının Makine Seçimi Problemine Uygulanması. *Journal of Yasar University*, 249-256.

Koç, E. (2019). Uluslararası Tedarikçi Seçim Probleminde Bulanık DEMATEL Yönteminin Kullanımı. *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 339-355.

Kuzu, A. C. (2021). Bir Gaz Tankerinin Patlama Senaryosu için BLEVE Etki Analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 1-16.

- Mert, A., & Çetinyokuş, S. (2020). Denizyolu Tehlikeli Madde Taşımacılığına Yönelik Kazaların Analizi. *Journal of Humanities and Tourism Research*, 41-54.
- Molero, G. D., Santarremigia, F. E., Beltran, P. A., & Ferrando, J. P. (2017). Total Safety by Design: Increased Safety and Operability of Supply Chain of Inland Terminals for Containers with Dangerous Goods. *Safety Science*, 168-182.
- Ohtani, H., & Kobayashi, M. (2005). Statistical Analysis of Dangerous Goods Accidents in Japan. *Safety Science*, 287-297.
- Organ, A. (2013). Bulanık DEMATEL Yöntemiyle Makine Seçimini Etkileyen Kriterlerin Değerlendirilmesi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 157-172.
- Ömürbek, N., & Tunca, M. Z. (2013). Analitik Hiyerarşi Süreci ve Analitik Ağ Süreci Yöntemlerinde Grup Kararı Verilmesi Aşamasına İlişkin Bir Örnek Uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 47-70.
- Peralta, M. H., Reyes, S. P., Santarremigia, F. E., & Molero, G. D. (2020). Designing the layout of terminals with dangerous goods for safer and more secure ports and hinterlands. *Case Studies on Transport Policy*, 300-310.
- Romer, H., Haastrup, P., & Petersen, S. (1995). Accidents During Marine Transport of Dangerous Goods. Distribution of Fatalities. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 29-34.
- Saaty, T. L. (1994). How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. *Interfaces*, 19-43.
- Sarkis, J. (1998). Evaluating Environmentally Conscious Business Practices. *European Journal of Operational Research*, 159-174.
- Sıtkı, F. (2017). Denizyolu ile Tehlikeli ve Bozulabilir Madde Taşımacılığı Mersin İli Örneği. *Toros Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı*, Yüksek Lisans Tezi.
- Tadic, S., Zecevic, S., & Krstic, M. (2014). A Novel Hybrid MCDM Model Based on Fuzzy DEMATEL, Fuzzy ANP and Fuzzy VIKOR for City Logistics Concept Selection. *Expert Systems with Applications*, 8112-8128.
- Tatar, V., & Özer, M. B. (2018). Kıyı Tesislerinde Depolanan ve Elleçlenen Tehlikeli Maddelerin Yangın Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi: Hopa Limanı Tank Terminali Örneği. *14th International Combustion Symposium*, 69-87.
- Tırpan, F. H. (2018). *Denizyolu Taşımacılığında Konteynerlere Tehlikeli Maddelerin Yüklenmesi, Boşaltılması ve Risk Analizinin Yapılması ile Birlikte Uygulanması*. İstanbul: Maltepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi).
- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2015). *Tehlikeli Maddelerin Denizyoluyla Taşınması Hakkında Yönetmelik*. Sayı: 29284: Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı.
- UNCTAD. (2020). *Review of Maritime Transport*. United Nations Conference on Trade and Development.
- Ünal, A. U., & Usluer, H. B. (2015). Tehlikeli Yük Elleçleme Eğitimlerinin Liman İşletmelerindeki Gerekliklik ve Önemi. *II. Ulusal Liman Kongresi*.
- Yalçın, S., & Gülsün, B. (2020). Kozmetik Sektöründe Tüketicilerin Ürün Satın Alma Davranışlarının Bulanık DEMATEL, Bulanık ANP ve VIKOR Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 254-271.
- Yeh, T. M., & Huang, Y. L. (2014). Factors in determining wind farm location: Integrating GQM, Fuzzy DEMATEL and ANP. *Renewable Energy*, 159-169.
- Zhou, Q., Huang, W., & Zhang, Y. (2011). Identifying Critical Success Factors in Emergency Management Using a Fuzzy DEMATEL Methods. *Safety Science*, 243-252.
- Zorba, Y. (2009, Doktora Tezi). Uluslararası Deniz Ticaretinde Tehlikeli Yüklere İlişkin Güvenlik Yönetimi: Uluslararası Denizde Tehlikeli Yük Taşımacılığı Standartları (IMDG CODE) ve Türkiye Uygulamaları. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*.
- Zorba, Y., & Kişi, H. (2009). Uluslararası Deniz Ticaretinde Tehlikeli Yüklere İlişkin Emniyet Yönetimi ve Türk Limanları Üzerine Uygulama. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Dergisi*, 27-4

Extended Summary

Purpose

Maritime transport, both nationally and internationally, is the most commonly used transportation method in trade and logistics activities. Therefore, Ports which are the most important link and the transit point of the ships, Due to workload, a high number of employees and complex business processes, have much higher security and environmental deformation than any other maritime transports. As a result Ports, in terms of occupational health, job safety and environmental pollution, contains many risk factors in itself. These risk factors resulting in accidents lead to multiple deaths or injuries, major environmental disasters, and financial losses to businesses. One of the biggest threats is dangerous cargo handling operations in terms of occupational health and safety and environmental health risks posed by hazardous loads and obstacles or errors encountered in handling operations, preventive actions reveal the importance of scientific studies and constitute the subject of this study. also considering other accidents caused by cargo handling, such as the accidents in Tianjin Port and Beirut Port findings and results that are obtained, suggestions made with their contributions to practice and theory, reveal the importance of the study. In this context, the study aims to determine the risks that may arise from dangerous cargo handling in the Maritimes and find corrective and effective measures that can be taken against these risks. In this sense making an important rating among risks caused by dangerous cargo handling at the ports evaluating with risk and measures that are taken against these risks choosing appropriate measures, shows the difference of this study from other studies.

Literature Review

When the literature is examined, there are many noteworthy studies on the risks posed by dangerous cargo operations in ports. In his work, Mert ve Çetinyokuş, (2020) conducted statistical and error analysis of accidents caused by dangerous cargo operations in ports. Kuzu, (2021) is one of the studies analyzing the effects of the risks posed by loads in freight transportation and handling operations are reduced to the environment by arranging an accident scenario and the effects of accidents that occurred in the past analyzed by Huang et al. (2020) in this study they have made it clear that it can be a major threat to human and environmental health. To prevent risks arising from the storage of dangerous cargo handling Chu and Lyu (2018) and Chen et al., (2020) have taken their places in the literature as providing a valuable review of hazardous cargo operations When you review the literature while there are very few specific resources on the combination of risk factors and precautions to be taken in dangerous cargo operations there is no study conducted for the correct selection of the measures to be taken according to its risk elements Therefore, the importance of the study is to choose the right choice of measures to be taken against risks related to dangerous cargo operations in Maritimes DEMATEL and the ANP methods which is one of the CRM

techniques were used.

Methodology/Approach

The aim of the study is to identify the risks posed by these dangerous cargoes handled in ports, to analyse also to take necessary and correct measures against these risks, at the same time, to provide recommendations to port operators and to provide the literature with a new source related to this subject. Analyzing the interrelationships of the risks and accordingly, selecting the most appropriate measures that need to be taken and making the importance ratings. DEMATEL and the ANP methods which is one of the CRM techniques were used as integrated for this purpose.

DEMATEL was chosen because it is one of the most efficient methods in analyzing the relationships between criteria The ANP method which is the most efficient way of weighting, selection analysis and importance rating was chosen. To be able to apply fuzzy DEMATEL and ANP methods, 2 different surveys are prepared. At the meeting of the Kocaeli University Ethics Committee for Science and Engineering Sciences dated 04.01.2022 numbered 2022/01 with resolution No. 2 was presented to expert decision makers and the results were collected.

Findings

According to the findings of the research, the risk factor with the highest degree of importance is detected as packaging, tank, hatch covers or malfunction of the on/off valves used to ensure the discharge of liquid and gases For all risk factors that occur and the precaution with the highest degree of importance has been determined as port personnel to classify dangerous cargoes following the IMDG Code rules and current legislation, marking, control and storage

In the conclusion of the research, recommendations were made to port businesses, port administrative staff and port field workers about risks caused by hazardous cargo handling and taking necessary measures against them.