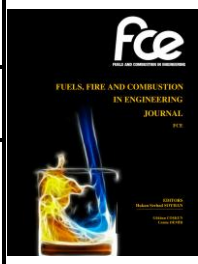
	MÜHENDİSLİKTE YAKITLAR, YANGIN VE YANMA DERGİSİ <i>FUELS, FIRE AND COMBUSTION IN ENGINEERING JOURNAL</i>		
	eISSN: 2564-6435 Dergi sayfası: http://dergipark.gov.tr/fce		
	Geliş/Received 09.03.2025 Kabul/Accepted 20.12.2025	Doi: 10.52702/fce.1654226	

DENİZ TAŞIMACILIĞINDA KURU YÜK GEMİLERİNİN YANGIN RİSKLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE YANGIN GÜVENLİĞİ

Cem ÖZKAN*¹ Murat TUNA²

ÖZ

Kuru yük gemileri, küresel deniz ticaretinde önemli bir rol oynar, ancak çeşitli yüklerin taşınması nedeniyle yangın risklerine karşı hassastırlar. Gemilerde çıkan yangınlar, can kaybına, çevresel hasara ve büyük ekonomik kayıplara yol açabilir. Bu nedenle, kuru yük gemilerinde yangın güvenliği risklerinin değerlendirilmesi ve azaltılması, denizcilik endüstrisinde kritik bir öneme sahiptir.


Kuru yük gemilerinde yangın risklerinin değerlendirilmesi ve yangın güvenliği araştırmasının temel amacı, bu gemilerde meydana gelebilecek yangınların sebep olabileceği can kayıplarını, çevresel zararları ve maddi hasarları en aza indirmektir. Bu genel amacı gerçekleştirmek için belirlenen hedefler ise yangın risklerini tanımlamak ve analiz etmek, mevcut güvenlik önlemlerini değerlendirmek, iyileştirme alanlarını belirlemek, yeni teknolojileri ve yaklaşımları değerlendirmek, farkındalığı artırmak, uluslararası standartlara uyumu sağlamaktır.


Bu çalışma ile; denizcilik ve deniz güvenliği kapsamında yangın risk analiz yöntemlerine ilişkin mevcut bilimsel literatür kapsamlı bir şekilde incelenmiş, özellikle kuru yük gemilerindeki tehlikeleri ve yangın risklerini ele alan yöntemlere odaklanılmış, yangın risk analizleri yapılmış, elde edilen sonuçlar yorumlanarak uygulanmasına ihtiyaç duyulan çözüm önerileri geliştirilmiştir.

Bu çalışma, kuru yük gemilerinde yangın güvenliği risklerini değerlendirmek ve azaltmak için Fine-Kinney yöntemine dayalı yeni bir yaklaşım sunmaktadır. Fine-Kinney yöntemi, bir olayın olasılığı ve sonuçlarının ciddiyetine dayalı olarak riskleri analiz etmek için nicel bir yaklaşımdır. Bu yöntemde, risk değeri, tehlikenin ortaya çıkma ihtimali, frekansı ve olası etkilerin veya zararların çarpımı ile hesaplanmaktadır. Bu yöntem, riskleri önceliklendirmek ve uygun azaltma önlemlerini belirlemek için yangın olarak kullanılmaktadır.

Makalede, kuru yük gemilerinin yangın güvenliği risklerini etkileyen çeşitli faktörler belirlenmiştir. Bu faktörler arasında kargo özellikleri (yanıcılık, kendiliğinden yanma eğilimi), gemi özellikleri (yangın algılama ve söndürme sistemleri, kaçış yolları), insan faktörleri (mürettebat eğitimi, güvenlik farkındalığı) ve operasyonel faktörler (yük elleçleme prosedürleri, bakım uygulamaları) yer almaktadır.

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

¹ Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Yangın ve Yangın Güvenliği, email: cemmozkan111@gmail.com  0009-0005-5165-4340

² Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi Kimya Bölümü, email: tuna@sakarya.edu.tr  0000-0002-8554-903X

Ayrıca, bu çalışmada, yangın güvenliği risklerini azaltmak için bir dizi spesifik önlem önerilmektedir. Bu önlemler arasında, gelişmiş yangın algılama ve söndürme sistemlerinin kullanımı, mürettebat eğitiminin iyileştirilmesi, yük elleçleme prosedürlerinin gözden geçirilmesi ve düzenli bakım faaliyetlerinin uygulanması yer almaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma, kuru yük gemilerinde hem seyir sırasında hem de hareketsiz haldeyken yaygın olan önemli yangın risklerinin altını çizmektedir. Deniz kazası verilerinin derinlemesine analizi, yangın olaylarının sık sık meydana geldiğini ve mürettebatın, yükün ve geminin güvenliği için önemli tehditler oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kuru yük gemileri, yangın güvenliği, risk değerlendirmesi, Fine-Kinney yöntemi, risk azaltma.

INVESTIGATION OF FIRE RISKS OF DRY CARGO SHIPS IN MARITIME TRANSPORTATION AND FIRE SAFETY

ABSTRACT

Dry cargo ships play an important role in global maritime trade, but they are susceptible to fire risks due to the transportation of various cargoes. Fires on board these vessels can lead to loss of life, environmental damage and major economic losses. Therefore, the assessment and mitigation of fire safety risks on dry cargo ships is of critical importance in the maritime industry.

The primary aim of assessing fire risks and investigating fire safety on dry cargo ships is to minimize the potential loss of life, environmental damage, and material losses that may result from fires occurring on these vessels. The objectives set to achieve this overarching goal include: identifying and analyzing fire risks, evaluating existing safety measures, determining areas for improvement, assessing new technologies and approaches, raising awareness, and ensuring compliance with international standards.

In this study, the existing scientific literature on fire risk analysis methods within the scope of maritime and marine safety has been thoroughly examined, with a particular focus on the hazards and fire risks associated with bulk carriers. Fire risk analyses were conducted, the results were interpreted, and practical solution proposals were developed based on the findings.

This thesis presents a novel approach based on the Fine-Kinney method to assess and mitigate fire safety risks on dry cargo ships. The Fine-Kinney method is a quantitative approach to analyze risks based on the probability of an event and the severity of its consequences. In this method, the risk value is calculated by multiplying the likelihood of the hazard occurring, its frequency, and the potential impacts or damages. This method is widely used to prioritize risks and identify appropriate mitigation measures.

In this study, various factors affecting fire safety risks on dry cargo ships were identified. These factors include cargo characteristics (flammability, spontaneous combustion tendency), ship characteristics (fire detection and extinguishing systems, escape routes), human factors (crew training, safety awareness) and operational factors (cargo handling procedures, maintenance practices).

Furthermore, in this thesis, a number of specific measures are proposed to reduce fire safety risks. These measures include the use of advanced fire detection and suppression systems, improving crew training, reviewing cargo handling procedures and implementing regular maintenance practices.

In conclusion, this study highlights the significant fire risks commonly present on dry cargo ships, both during navigation and while stationary. An in-depth analysis of maritime accident data reveals that fire incidents occur frequently and pose serious threats to the safety of the crew, cargo, and the vessel itself."

Keywords: Dry cargo ships, fire safety, risk assessment, Fine-Kinney method, risk reduct

1. DENİZ TAŞIMACLIĞI VE YANGIN KAZALARI

İçinde bulunduğumuz yüzyılda dünyanın toplam ticaret hacmi daha önce hiç olmadığı kadar büyük bir seviyeye ulaşmıştır. Deniz taşımacılığı, dünya ticaretine katkısı bakımından diğer taşımacılık sistemleri arasında özel bir konuma sahiptir. UNCTAD'ın deniz taşımacılığı raporuna göre, deniz taşımacılığının %80'inden fazlası denizcilik sektörü tarafından taşınan yüklerdir. [1] Deniz taşımacılığı, en uygun maliyetli yöntemlerden biridir, özellikle de uzun mesafeli taşımacılığın vazgeçilmez bir bileşenidir [2][3]

Deniz taşımacılığında kazalar; mürettebata, yolculara, kargoya, gemiye ve deniz çevresine yıkıcı zararlar verebilmektedir.[4] Daha da önemlisi, deniz kazaları denizcilik sektörünün etkinliğini etkilemektedir. Yangın kazaları, en çok karşılaşılan deniz kazalarından biridir. Yangın sıklıkla gemilerin ve yükünün tamamen kaybına yol açabilmekte ve insan hayatını kaybetmesine neden olabilmektedir.

Deniz kazası istatistikleri ve soruşturma raporları, insan unsurunun deniz kazalarına katkıda bulunan başlıca faktör olduğunu belirtmektedir.[5] Bu nedenle, deniz güvenliğinin iyileştirilmesine büyük bir potansiyel katkısı vardır. Deniz taşımacılığı sistemlerinin emniyetli, güvenli ve etkin bir şekilde sürdürülebilmesi için denizcilik paydaşlarının bilimsel yöntemlerden yararlanmayı göz önünde bulundurmaları gerektiğine işaret etmektedir. Özellikle yangınla ilgili kazalar veya eksiklikler deniz güvenliğini tehlikeye atma konusunda büyük bir potansiyele sahiptir. Bu nedenle çalışma, kuru yük gemilerinde yangın güvenliği ile ilgili eksikliklerin giderilmesi amacıyla yürütülmüştür.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Yangın risklerinin değerlendirilmesi ve yangın güvenliği ile ilgili literatürde birçok

çalışma mevcuttur. Çoğu çalışma, mürettebatın gemideki yaşamı, deniz ortamı ve ekonomik değeri nedeniyle kimyasal/tanker gemilerinin operasyonel risklerine odaklanmıştır [6] [7]. Makalelerde, insan hatası değerlendirme ve azaltma tekniği (HEART), bilişsel güvenilirlik ve hata analizi yöntemi (CREAM), papyon (hata ağacı ve olay ağacının birleşimi) ve Bayes Ağı (BN), risk düzeyini ölçmek için yaygın olarak kullanılmıştır.

Güvenlik araştırmacıları tarafından incelenen ve çokça alıntılanan diğer risk analizi konuları gemi çarpışması ve karaya oturma riskidir [8] [9]. Bu makalelerde yazarlar, uzman yargısının belirsizliğini ve muğlaklığını ele almak için kural tabanlı BN yaklaşımının yanı sıra bulanık kümeler teorisi altında hata ağacı analizini (FTA) benimsemiştir.

Siber güvenlik riski bir diğer önemli konudur ve son on yılda siber güvenlik riski hakkında çeşitli araştırmalar yürütülmüştür[10] [11] [12]. Yazarlar siber saldırı risklerini ve bunların deniz taşımacılığı ve deniz ekonomisi üzerindeki potansiyel sonuçlarını tartışmışlardır. Makalelerde, siber saldırı risk düzeyini tanıtmak için Ön Tehlike Analizi (PHA) ve karar alma yöntemleri kullanılmıştır.

Güvenlik araştırmacıları ayrıca petrol sızıntıları ve çevre kirliliği riski konusu üzerinde çok çeşitli çalışma gerçekleştirmişlerdir [13]. Çünkü bu durum, deniz ve kıyı ekosistemini ciddi şekilde kirleterek doğal çevreye ve ekonomiye zarar verebilir. Makalelerde, arıza modu ve etki analizi (FMEA) ve başarı olasılığı endeksi yöntemi (SLIM) gibi hibrit risk yöntemleri ve bulanık küme teorisi kullanılarak kapsamlı çevresel risk analizi yürütülmüştür.

Makine dairesi yangınları ve patlamalarında organizasyonel faktörlerle ilgili kaza soruşturma raporlama eksiklikleri,

gemilerin makine dairesi yangınları ve patlamalarını araştırmak için İnsan Faktörleri Analizi ve Sınıflandırma Sistemi (HFACS) metodolojisi kullanılarak incelenmiştir [14] [15].

Bu bağlamda, son on yılda yangın ve patlama kaza riskleri konusunda bazı önemli araştırmalar yapılmış olsa da, kuru yük gemilerine yönelik olanlar şu ana kadar sınırlı kalmıştır. Boşluğu gidermek için bu çalışma, deniz taşımacılığında kuru yük gemilerinin yangın risklerinin incelenmesi ve yangın güvenliği kapsamında yüksek güvenlik seviyesine ulaşmak için ayrıntılı bir bakış açısı kazandırmayı hedeflemektedir.

3. İSTATİSTİKİ BİLGİLER

Risk; felaket sıklığı düzeyinde ölümcüllük, çevreye yönelik tehditler veya varlık kaybının bir ölçüsüdür. Deniz Taşımacılığında, risk çalışmalarının birincil kaynağı genellikle gemi ve mürettebatıdır [16] IMO, Formal Safety Assessment (FSA)'yı Deniz Taşımacılığında risk değerlendirmesi için olmazsa olmaz bir yöntem olarak belirlemiştir. Gemilerle ilgili tüm riskleri belirlemek için kullanılır ve gerekli tüm risk faktörlerini hızlı bir şekilde belirleyebilir. Risk modelleri nitel, nicel ve hibrit olmak üzere 3'e ayrılır. En popüler olanları sayısal yöntemlerdir. Güvenilir ve doğru veriye ulaşım, kuru yük gemilerinde alınacak emniyet tedbirlerinin önceliklendirilmesinde en büyük sorundur.

Gemilerde yaşanan can ve mal kayıpları da risk yönetimi için önemli bir çerçeve oluşturmaktadır. Risk ve güvenilirlik arasındaki ilişkiyi iyi şekilde anlamak gerekir. Güvenilirlik, kullanılabilirlik, sürdürülebilirlik, emniyet, kalite kontrolü, arıza tespiti ve güvenlik riskleri gibi kavramlar, deniz taşımacılığı ve mühendislik alanlarında önemli bir rol oynar. Bu kavramlar birbirleriyle sıkı bir şekilde bağlantılıdır ve her biri, bir sistemin güvenliğini ve verimliliğini sağlamak için önemlidir. Tasarım süreçlerinde, bu kavramlar birbirleriyle yakından ilişkilidir ve herhangi birini göz ardı etmek, riskleri artırabilir. Sonuç olarak, bu kavramların her biri, risklerin belirlenmesi ve önlenmesi için çok önemlidir ve mühendislik uygulamalarında hepsi birlikte değerlendirilmelidir. Risk analizi ve güvenilirlik üzerine yapılan çalışmalar, mühendislik alanlarındaki uygulamalarda benzersizdir, çünkü her bir sistemin farklı dinamikleri vardır ve bu dinamikler doğru bir şekilde analiz edilmelidir.[17]

Tablo 1. 2014-2020 yılları arasında kargo gemisi tipine göre kaza olaylarının dağılımı [18]

	Çarpışma	Temas etme	Ekipman hasarı/kaybı	Yangın/patlama	Su basması / batma	Karaya oturma	Kontrol/ Yön kontrolü /elektrik kaybı	Tahrik gücünün kaybı	Diğer
Kimyasal tanker	155	126	72	18	3	49	69	167	6
Sıvılaştırılmış gaz tankeri	46	36	27	5	2	15	22	27	1
Petrol tankeri	265	72	234	38	6	43	80	101	2

Diğer belirtilmemiş sıvı kargo	44	18	15	4	0	23	6	20	1
Dökme yük gemisi	362	145	276	62	5	155	73	156	6
Konteyner gemisi	294	318	298	90	13	93	127	275	10
Genel kargo	482	623	376	83	21	508	272	650	26
Ro-Ro kargo	114	173	104	35	3	49	66	95	4
Diğer/belirtilmemiş katı yük	104	61	26	16	4	60	32	68	4
Diğer/belirtilmemiş kargo gemisi	12	6	7	2	1	4	1	4	1
Toplam	1878	1578	1435	353	58	999	748	1563	61

Tablo 1’de görüldüğü gibi, kuru yük gemilerindeki yangın olayları endişe verici bir eğilim ortaya koymaktadır. Özellikle tahıl, cevher ve kömür gibi ambalajsız dökme yükleri taşımak üzere tasarlanmış dökme yük gemilerinde, yedi yıllık dönemde 62 bildirilen yangın/patlama vakası yaşanmıştır. Bu sayı, özellikle belirli dökme yüklerin yanıcı yapısı ve yangınları ateşleyebilecek kendiliğinden yanma özelliği ile yük kaymasından kaynaklanabilecek olayların potansiyeli göz önünde bulundurulduğunda, önemli yangın riskini vurgulamaktadır.

Ayrıca, veriler, potansiyel olarak yanıcı maddeler de dahil olmak üzere çeşitli paketlenmiş mallar taşıyan genel kargo gemilerinin, bildirilen 83 vaka ile konteyner

gemilerinden sonra en fazla sayıda yangın/patlama olayı yaşadığını göstermektedir. Bu, genel kargo gemileri tarafından taşınan yükün çeşitli yapısının, artan yangın riskine katkıda bulunabileceğini göstermektedir. Uyumsuz kargoların yakın mesafede istiflenme potansiyeli, çeşitli kargoların bulunduğu kargo ambarlarında uygun havalandırmanın olmaması ve kargo elleçlemede artan insan hatası riski, bu gemilerdeki yangın tehlikesine katkıda bulunmaktadır.

Tablo 2. 2014'ten 2020'ye kadar deniz kazaları istatistikleri [18]

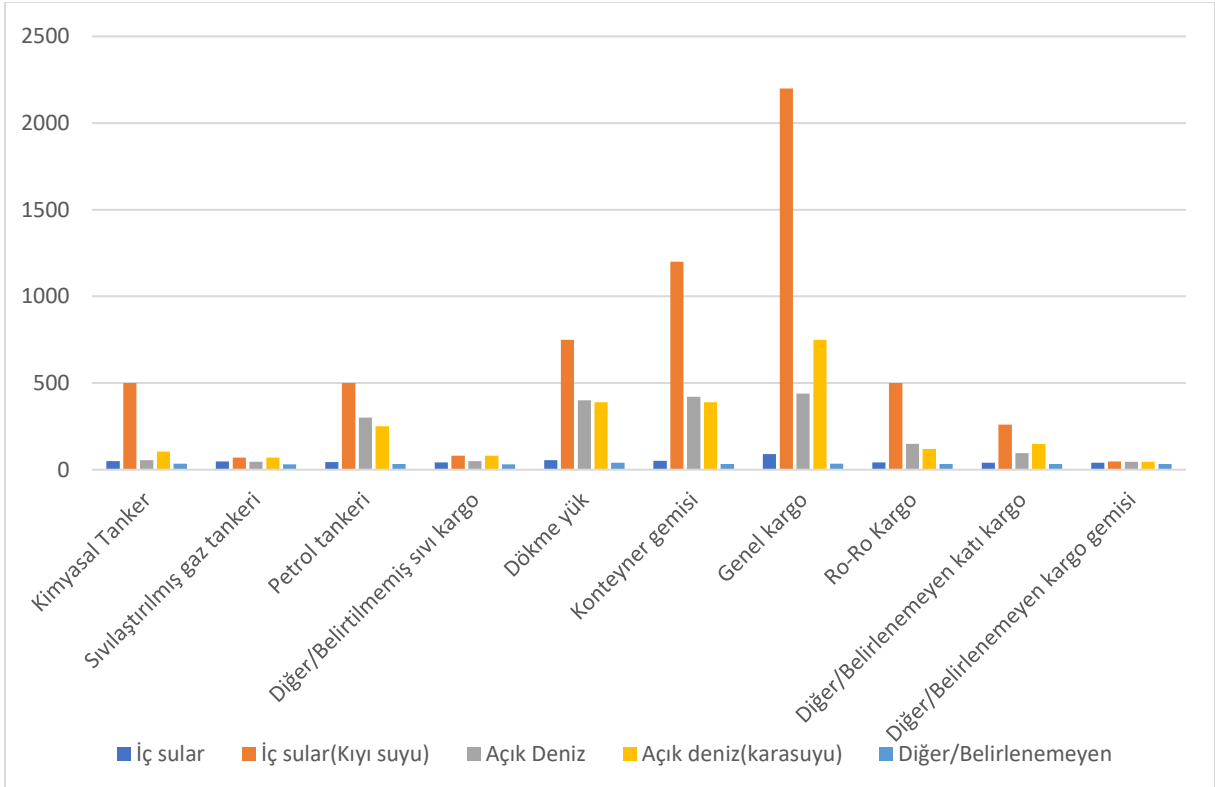
	Demirli veya yaşanmış	Varış	Kalkış	Yolda	Bilinmiyor/ Belirtilmemiş	Toplam
Kimyasal tanker	166	141	83	307	125	822
Sıvılaştırılmış gaz tankeri	47	41	19	91	32	230
Petrol tankeri	334	184	9	461	94	1172
Diğer belirtilmemiş sıvı kargo	47	33	13	70	23	186
Dökme yük gemisi	513	259	144	648	130	1694
Konteyner gemisi	468	354	195	787	171	1975
Genel kargo	632	689	387	1509	344	3561
Ro-Ro kargo	141	198	101	253	95	788
Diğer/belirtilmemiş katı yük	116	77	37	196	69	495

Diğer/belirtilmemiş kargo gemisi	17	9	8	21	3	58
Toplam	2481	1985	1086	4343	1086	10981

Kuru yük gemilerine bakıldığında; yangın/patlama olaylarının önemli bir kısmının (dökme yük gemileri için 648 vaka ve genel kargo gemileri için 1509 vaka) "Yolda", aynı zamanda gemiler "Demirli veya yanaşmış" durumdayken de (dökme yük gemileri için 513 vaka ve genel yük gemileri için 632 vaka) meydana geldiğini ortaya koymaktadır. Bu gözlem, yangın risklerinin öncelikle seyir ve açık deniz koşullarıyla ilişkili olduğu yönündeki yaygın varsayımı sorgulamaktadır. Gemiler limanlarda hareketsizken veya demirlemişken bile farkındalığı sürdürmenin ve sağlam yangın güvenliği protokollerini uygulamanın önemli olduğu görülmektedir. Gemiler demirli olarak bulunduğu durumda veya yanaşmışken kargo operasyonları, bakım faaliyetleri veya yakıt ikmali yapabilir ve bunların hepsi potansiyel yangın tehlikeleri oluşturabilir. Dahası, limanda uzun süre kalma sırasında mürettebatın

farkındalığının azalması, güvenlik rutinlerine karşı olası kayıtsızlık ve harici yangın söndürme yardımına erişimdeki zorluklar bu durumlarda yangın risklerini artırabilir.

Tablo, ayrıca yangın olaylarının varış ve ayrılış aşamalarında nispeten sık olduğunu ortaya koymaktadır (varış sırasında dökme yük gemileri için 259 vaka ve ayrılış sırasında 144 vaka, varış sırasında genel kargo gemileri için 689 vaka ve ayrılış sırasında 387 vaka). Bu geçiş dönemleri karmaşık manevraları, mürettebat için artan iş yükünü ve yangına yol açabilecek hata ve kaza riskini artıracak potansiyel iletişim zorluklarını içerir. Örneğin, bağlama halatlarının uygunsuz kullanımı, makine işletimindeki hatalar veya kargo operasyonları sırasında yetersiz iletişim, varış ve kalkış sırasında yangın olaylarına katkıda bulunabilir.

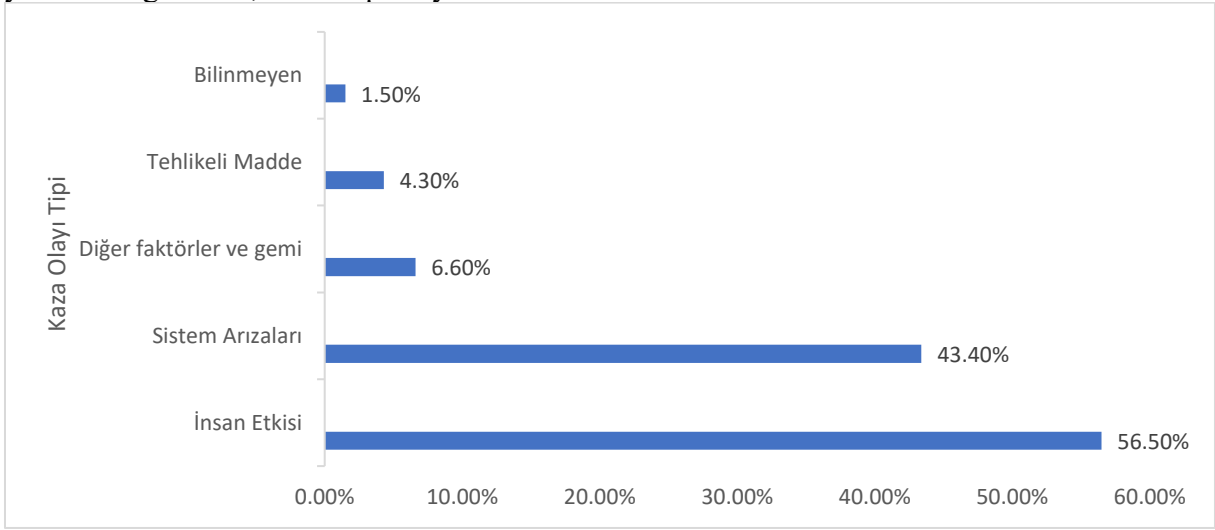


Şekil 1. Kargo gemisi türüne göre deniz kazalarının meydana geldiği lokasyona göre dağılımı (2014-2020) [18]

Grafik, olayların önemli bir kısmının iç sularda (kıyı suyu), özellikle dökme yük gemileri, konteyner gemileri ve genel kargo gemileri gibi gemi tipleri için meydana geldiğini açıkça göstermektedir. Kuru yük gemilerinde deniz kazalarının daha çok iç sularda (kıyı suyu) meydana geldiği, risklerin daha çok iç sularda (kıyı suyu) olduğu görülmektedir. Bu, sıkışık su yollarında gezinme, liman operasyonları ve

dar alanlarda manevra yapma ile ilişkili artan riskleri vurgulamaktadır.

Aynı zamanda kuru yük gemilerinde açık denizlerde de önemli sayıda olay meydana geldiği görülmektedir. Bu durum uzun yolculukların, hava koşullarına maruz kalmanın ve olası seyir zorluklarının içsel risklerini vurgulamaktadır.



Şekil 2. Deniz kazalarına neden olan birincil faktörlerin dağılımları(2014-2020) [18]

Deniz kazalarında insan hatası, ihmal veya yetersiz karar alma gibi nedenler araştırılan kazaların en büyük oranını (%56,5) oluşturmaktadır ve bu durum insan faktörünün deniz güvenliğindeki önemli rolünü vurgulamaktadır. Grafik, deniz kazalarından biri olan yangın ve patlama olaylarına katkıda bulunan bir faktör olarak insan hatasının baskınlığını açıkça göstermektedir. Etkili eğitim, sağlam güvenlik prosedürleri ve insan hatasını azaltmak için önlemlere olan kritik ihtiyacı vurgulamaktadır.

Gemideki sistemlerin veya ekipmanların arızaları, bozulmaları veya hatalarından kaynaklanan kazalar, araştırılan kazaların %43,4'ünü temsil ederek kazaları önlemede uygun bakımın ve güvenilir teknolojinin

önemini vurgulamaktadır. Sistem/ekipman arızasına atfedilen kazaların önemli oranı, güvenilir teknolojiye yatırım yapmanın, titiz bakım programlarına uymanın ve kritik arızaları önlemek için yedeklilik önlemlerinin uygulanmasının önemini vurgulamaktadır.

Dış etkenleri veya diğer gemilerle etkileşimleri içeren kazalar, araştırılan kazaların %6,6'sını oluşturmaktadır. Tehlikeli maddelerin elleçlenmesi, depolanması veya taşınmasıyla ilgili kazalar, araştırılan kazaların %4,3'ünü oluşturmaktadır. İnsan hatası veya ekipman arızası kadar sık görülmesi de dış etkenler ve tehlikeli maddelerle ilgili kazalar hâlâ önemli riskler oluşturmakta ve kapsamlı risk değerlendirmesi ve yönetim stratejilerine olan ihtiyacı vurgulamaktadır.

Tablo 3. Deniz kazalarının türlerine göre dağılımları(2014-2020) [18]

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Toplam
Alabora olma	11	14	7	14	17	19	5	87
Çarpışma	333	297	320	293	282	292	186	2003
Temas etme	391	402	356	421	377	365	364	2676
Ekipman hasarı/kaybı	289	365	358	309	343	315	331	2310
Yangın/patlama	159	170	133	132	136	131	119	980
Su basma/batma	63	60	43	63	35	47	42	353
Karaya oturma	325	328	290	292	302	249	219	2005
Gövde hasarı	6	15	21	5	4	4	3	58
Kontrol kaybı- Diğer	1	1	12	4	5	0	1	24
Kontrol kaybı- çevre kontrol kaybı	76	60	70	67	68	46	62	449
Kontrol kaybı- Yön kontrol kaybı	78	92	83	110	76	87	92	616
Kontrol kaybı- Elektrik güç kaybı	61	49	47	65	59	66	51	398
Kontrol kaybı- İtiş gücü kaybı	372	374	471	506	552	662	579	3516
Bilinmeyen/eksik	0	0	1	1	1	2	1	6
Toplam	2163	2227	2212	2282	2257	2285	2055	15481

Tablo, 2014-2020 yılları arasında her kaza türü için olay sayısının ayrıntılı bir dökümünü sağlamaktadır. Bu ayrıntılı görünüm, zaman içindeki eğilimlerin ve dalgalanmaların belirlenmesini sağlar. Yangın ve patlama kazaları 119 ile 170 kaza/olay arasında yıllara göre inişli çıkışlı bize veri sağlamakla birlikte her yıl birbirine yakın kaza/olay yaşandığı görülmektedir. Bu çerçevede alınan önlemler kazaları azaltmamakta sadece

sabit durmasını sağlamaktadır. Bu durum bize ilave emniyet tedbirlerinin alınmasına ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Yangın ve patlama tüm kaza/olaylar içerisinde %6 lık kısmı oluşturmaktadır. Gemilerde yaşanan yangın ve patlama kazaları diğer kazalara nispeten oran düşük olsa dahi sonuçları bakımından daha tehlikeli olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Tablo 4. Ölümlü kazaların sebeplerine göre dağılımları (2014-2020) [18]

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Toplam
Alabora olma	9	11	6	5	2	1	0	34
Çarpışma	24	2	37	8	1	8	8	88
Temas etme	0	0	0	0	0	0	0	0
Ekipman hasarı/kaybı	18	2	1	1	3	2	1	28
Yangın/patlama	2	7	1	2	6	7	4	29
Su basma/batma	10	49	0	1	1	3	0	64

Karaya oturma	8	3	0	0	1	1	0	13
Gövde hasarı	0	0	0	0	0	0	0	0
Kontrol kaybı	0	0	0	2	1	12	0	15
Bilinmeyen/eksik	0	0	0	0	0	3	0	3
Toplam	71	74	45	19	15	37	13	274

"Yangın/Patlama" kazalarını incelediğimizde %11 oranında ölümlerle sonuçlandığı görülmektedir. Tablo 3. te belirtilen yangın /patlama kazalarının oransal olarak %6 olmasına rağmen sonuçlara bakıldığında bahse konu kaza olaylarda ölüm oranının yüksek olduğu, bu durum da yangın/patlama kazalarının ne kadar tehlikeli olduğunu, bunun yanında ciddi maddi hasarlar da meydana getirebileceğini gözler önüne sermektedir.

"Yangın/Patlama" yıllar arasında tutarlı bir dağılım sergilemektedir. Bu da kazaların negatif yönde azalması için bize ilave emniyet tedbirleri ve risk azaltıcı tedbirlerin artırılması yönünde işaret vermektedir.

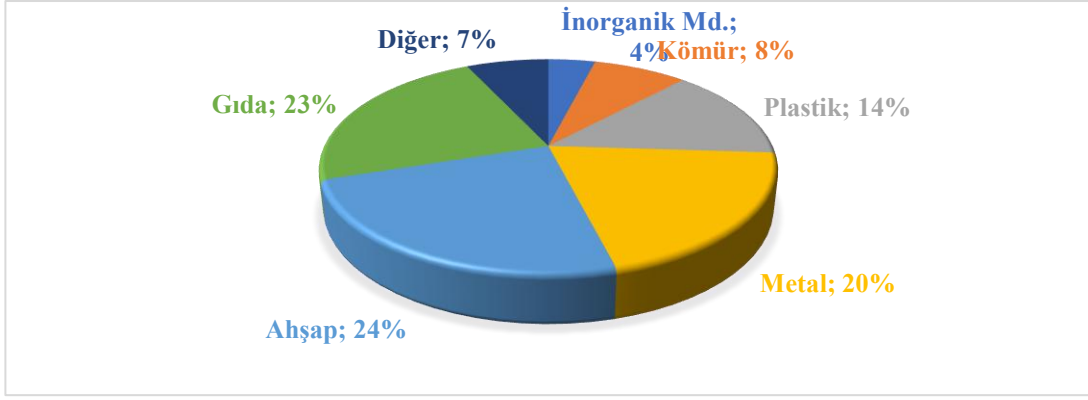
Denizcilik tarihi boyunca yangınlar, temel olarak insan hatası, ekipman arızası ve gemideki sistemlerin karmaşıklığı nedeniyle gemiler için önemli tehditler oluşturmuştur. Deniz kazalarına ilişkin soruşturmalar, yangın olaylarına katkıda bulunan kritik bir faktör olarak mürettebat üyeleri arasındaki yetersiz eğitimi sıklıkla vurgulamaktadır. Kapsamlı yangınla mücadele eğitiminin eksikliği acil durumların şiddetini artırarak can kaybı ve büyük maddi hasar gibi trajik sonuçlara yol açmaktadır. [19] Ayrıca, denizcilik sektörü otonom gemiler gibi ileri teknolojileri benimsemeye başladıkça yeni riskler de ortaya çıkmaktadır. Otonomi insan hatalarını azaltmayı hedeflerken, aynı zamanda, doğru yönetilmediği takdirde feci sonuçlara yol açabilecek karmaşıklıkları da beraberinde getirmektedir. Sistem arızaları, siber saldırılar ve insanlı gemilerle etkileşimler gibi sorunlar, yangınlara zamanında müdahalenin hayatları ve

kargoyu korumak için çok önemli hale geldiği tehlikeli senaryoları ateşleyebilir. Bu nedenle, deniz yangınlarının nedenlerini ve sonuçlarını anlamak, sektördeki güvenlik protokollerini geliştirmek için elzem olmaya devam etmektedir.

4. KURU YÜK GEMİLERİNDE MEYDANA GELEN TOZ PATLAMALARININ İNCELENMESİ

Deniz taşımacılığında gemilerde meydana gelen yangın ve patlamalar insan hatalarından, gelişen teknolojiye, çarpışmadan, malzeme ve sistem kaynaklı arızalar gibi bir çok faktörden kaynaklanabilmektedir. Bunlara ilave olarak kuru yük gemilerinde taşınan yükün cinsine bağlı olmakla birlikte toz patlaması ve bundan kaynaklı yangın riski de göz önünde bulundurulmalıdır.

Endüstriyel süreçlerin büyük bir kısmı, yanıcı özellik taşıyan tozları içermektedir ve bu tür tozların %70'inden fazlası yanıcı niteliktedir. Bu bağlamda, toz içeren işlemleri barındıran kuru yük gemilerinin önemli bir kısmı, toz patlaması riskiyle karşı karşıya kalmaktadır. Özellikle metal, ahşap, gıda ve kimya sektörlerinde, toz patlaması olasılığı oldukça yüksektir. Bu endüstrilerdeki süreçlerin çoğu, yanıcı tozların birikmesine neden olabilecek koşullar yaratmakta ve bu da patlama tehlikesini artırmaktadır. Toz patlamalarının önlenmesi için uygun güvenlik önlemleri ve risk yönetimi stratejilerinin uygulanması gerekmektedir. [20][21]



Şekil 3. Amerika Birleşik Devletlerinde Toz Patlamalarının Materyallere Göre Dağılımı [20]

Deniz taşımacılığı kapsamında kuru yük gemilerinde en çok taşınan yükler arasında bulunan ahşap, gıda, metal, plastik ve kömürün risklerin genelini oluşturduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, kuru yük gemilerinde ilave emniyet ve risk azaltıcı tedbirlerinin alınması açısından önem arz etmektedir.

Tozun Patlama Şiddet İndeksi KSt (bar.m/s): Toz bulutunun patlaması sırasında meydana gelen basıncın maksimum artış hızı, toz patlama şiddetini tanımlamak için kullanılan bir ölçüttür. Bu hız, patlamanın şiddetinin bir göstergesi olarak kabul edilir. Patlama şiddetinin sınıflandırılması, farklı patlama örnekleriyle birlikte Tablo 5'te sunulmaktadır. [22]

Tablo 5. Patlama parametreleri ile ilgili standartlar [23]

Toz patlama sınıfı	K _{St} (bar·m/s)	Karakteristik	Örnek madde
St 0	0	Patlama oluşmaz	Silika
St 1	0 < K _{St} ≤ 200	Zayıf patlama	Süt tozu, şeker
St 2	200 < K _{St} ≤ 300	Kuvvetli patlama	Selüloz, odun tozu
St 3	K _{St} > 300	Çok kuvvetli patlama	Alüminyum, magnezyum

Patlayıcı ortamın oluşumunun engellenemediği veya tutuşma kaynaklarının ortadan kaldırılamadığı durumlar söz konusu olabileceği gibi, patlayıcı ortamın oluşmasını ve tutuşmayı engellemeye yönelik alınan güvenlik önlemlerinin başarısız olduğu durumlar da meydana gelebilir. Bu tür durumlarda, potansiyel patlamanın etkilerini minimize etmek, çalışanların sağlık ve güvenliğini sağlamak adına etkili önlemler almak kritik önem taşır. [24] Bu tür önlemler, sadece patlamanın oluşmasını engellemeye yönelik değil, aynı zamanda patlama durumunda meydana gelebilecek olumsuz sonuçların

(can ve mal kaybı, çevresel zararlar vb.) etkisini azaltmayı hedefler. Yapılan güvenlik önlemleriyle, patlama sonucu meydana gelebilecek ölüm, yaralanma ve mal kayıplarında önemli ölçüde azalma sağlanabilir. [21] Bu bağlamda, patlama etkilerini azaltıcı önlemler, çeşitli stratejilerle ele alınabilir ve bu önlemler genellikle dört ana başlık altında incelenmektedir.

- Sağlam ve dayanıklı tasarım
- Alev/patlamanın yayılmasının engellenmesi
- Patlamanın bastırılması

- Tahliye sistemleri [25]

5. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Bu çalışmada, risk analiz yöntemi olarak Fine-Kinney risk analiz metodu kullanılmıştır. Bu yöntemde, risk değeri, tehlikenin ortaya çıkma ihtimali, frekansı ve olası etkilerin veya zararların çarpımı ile hesaplanmaktadır. İhtimal skalası, tehlikenin gerçekleşme olasılığını ifade etmekte olup, pratikte bu olasılık, "imkânsız", "zayıf ihtimal", "oldukça düşük ihtimal", "nadir fakat mümkün", "kuvvetle muhtemel" ve "çok kuvvetli ihtimal" şeklinde sıralanmaktadır. Söz konusu olasılıklar sırasıyla 0.2, 0.5, 1, 3, 6 ve 10 çarpan değerleri ile temsil edilmektedir.

Tablo 6. Olasılık skoru derecelendirilmesi

İhtimal Skalası	
Değer	Tehlikenin Ortaya Çıkması
0.2	Pratik Olarak İmkansız

Tablo 7. Frekans skoru derecelendirmesi

Frekans (Maruziyet) Skalası	
Değer	Karşılaşma Sıklığı
0.5	Çok Nadir (yılda bir ya da daha az)
1	Oldukça Nadir (yılda bir ya da birkaç kez)
2	Nadir (ayda bir ya da birkaç kez)
3	Ara Sıra (haftada bir ya da birkaç kez)
6	Sıklıkla (günde bir ya da birkaç kez)
10	Sürekli (sürekli ya da saatte birden fazla)

Etki zarar sonuç skalası, bir tehlikenin gerçekleşmesi durumunda, bu tehlikenin insan, işyeri ve çevre üzerinde oluşturacağı zarar veya hasarın şiddetini ifade etmektedir. Etki, tehlikenin olası sonuçları doğrultusunda sırasıyla şu kategorilere ayrılmaktadır: *dikkate alınmalı*, *önemli*, *ciddi*, *çok ciddi*, *çok kötü* ve *felaket*. Sonuç veya zarar ise, tehlikenin meydana gelmesi durumunda oluşacak hasarın türüne göre şu

0.5	Zayıf İhtimal
1	Oldukça Düşük İhtimal
3	Nadir Fakat Olabilir
6	Kuvvetle Muhtemel
10	Çok Kuvvetli İhtimal

Frekans, bir işin icrası esnasında tehlikeye maruz kalma sıklığını ifade etmektedir. Karşılaşma sıklığı, tehlike ile karşılaşma olasılığını belirler ve bu sıklık şu şekilde kategorize edilmektedir: *çok nadir*, *oldukça nadir*, *nadir*, *ara sıra*, *sıklıkla* ve *sürekli olarak*. Karşılaşma zaman aralığı ise, tehlike ile karşılaşma sıklığının zaman dilimlerine göre düzenlenmiş bir ifadesidir ve şu şekilde sıralanmaktadır: *yılda bir ya da daha az*, *yılda bir ya da birkaç kez*, *ayda bir ya da birkaç kez*, *haftada bir ya da birkaç kez*, *günde bir ya da birkaç kez*, *sürekli ya da saatte birden fazla*. Bu sıklıklar sırasıyla 0.5, 1, 2, 3, 6 ve 10 çarpan değeri ile tanımlanmaktadır.

şekilde sıralanmaktadır: *hafif zararsız veya önemsiz*, *minör - düşük iş kaybı*, *küçük zarar*, *ilk yardım*, *majör - önemli zarar*, *dış tedavi gereksinimi*, *iş günü kaybı*, *sakatlık*, *uzuv kaybı*, *çevresel etki*, *ölüm*, *tam maluliyet*, *ağır çevre etkisi*, *birden çok ölüm*, *önemli çevre etkisi*. Bu kategoriler sırasıyla 1, 3, 7, 15, 40 ve 100 çarpan değeri ile temsil edilmektedir. [26]

Tablo 8. Şiddet skoru derecelendirmesi

Etki/Zarar Sonuç Skalası		
Değer	Etki	Sonuç-Zarar
1	Dikkate Alınmalı	Hafif zararsız veya önemsiz
3	Önemli	Minör-Düşük iş kaybı, küçük zarar, ilk yardım
7	Ciddi	Majör-Önemli zarar, dış tedavi, iş günü kaybı
15	Çok Ciddi	Sakatlık, uzuv kaybı, çevresel etki
40	Çok Kötü	Ölüm, tam maluliyet, ağır çevre etkisi
100	Felaket	Birden çok ölüm, önemli çevre etkisi

Risk Düzeyine göre Karar ve Eylem tablosunda ise; Risk Değeri = İ x F x D çarpımı ile elde edilmektedir.
İ; İhtimal 0,2-10 arası, F; Frekans (Maruziyet) 0,5-10 arası, D; Etki/Zarar Sonuç 1-100 arası.

- **Risk değeri 20'den küçükse;** kabul edilebilir risk olarak değerlendirilir ve eylem sütununda acil tedbir alınması gerekmez ifadesine karşılık gelir.
- **Risk değeri 20 ile 70 arasında ise;** dikkate değer risk olarak sınıflandırılır ve eylem sütununda eylem planına dahil edilmelidir ifadesine karşılık gelir.
- **Risk değeri 70 ile 200 arasında ise;** önemli risk olarak değerlendirilir ve eylem sütununda dikkatle izlenmeli ve yıllık eylem planına dahil edilerek giderilmelidir ifadesine karşılık gelir.
- **Risk değeri 200 ile 400 arasında ise;**

yüksek risk olarak kabul edilir ve eylem sütununda kısa vadeli eylem planına alınarak giderilmelidir ifadesine karşılık gelir.

- **Risk değeri 400'ün üzerinde ise;** çok yüksek risk olarak tanımlanır ve eylem sütununda çalışmaya ara verilerek derhal tedbir alınmalıdır ifadesine karşılık gelir.

Bu analiz, risk faktörlerini tanımlamak ve her bir faktör için Risk Öncelik Numarasını (RPN) hesaplamak amacıyla kullanılacaktır.

Bu yöntem, kuru yük gemilerinin yolda, hareketsizken veya manevra anında oluşabilecek risklerin önceliklendirilmesine ve yangın güvenliği önlemlerinin belirlenmesine yönelik etkili bir rehberlik sağlayacaktır. [27] [28]

6. BULGULAR

Tablo 9. Risk değerlendirme tablosu

Tehlike Risk Seviyesi Tespit Tablosu						
Risk	Tehlike	Olasılık	Şiddet	Frekans	Skor	Sonuç
YANGIN	Mahalde uygun yangın söndürücü ekipman bulundurulmaması	6	40	2	480	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Personelin yangın riskine karşı eğitimsiz olması	6	40	2	480	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Acil durum ekiplerinin ve	6	40	2	480	ÇOK YÜKSEK RİSK

	seneryosunun oluşturulmaması					
YANGIN	Erken algılama ve uyarı sisteminin olmaması veya çalışmaması	6	40	1	240	YÜKSEK RİSK
YANGIN	Yangın söndürme cihazlarının çalışır durumda olmaması	6	40	1	240	YÜKSEK RİSK
YANGIN	Yangın ekiplerinin görevini bilmemesi	6	40	1	240	YÜKSEK RİSK
YANGIN	Sıcak işlem çalışma izni olmadan Bakım/Onarım faaliyetlerine başlanması	6	40	2	480	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Elektrik panelleri içerisinde bulunan aşırı akım çeken cihaz elemanlarının tutuşmaya sebebiyet vermesi	6	40	2	480	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Yangın durumunda görevlilerin panik yapması	6	40	1	240	YÜKSEK RİSK
YANGIN	Jeneratörden kaynaklı tehlikeler	6	40	1	240	YÜKSEK RİSK
YANGIN	Yanıcı malzemelerin bulunmasından kaynaklı	6	40	2	480	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	İzinsiz ateş yakılması	6	40	3	720	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Gemilere yeterli sayıda yangın söndürücü tüp çıkarılmaması	6	100	2	1200	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Gemi personeli tarafından izinsiz sıcak çalışma yapılması	6	100	2	1200	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Yakıt tankı markalama işlerinin doğru yapılmaması veya hiç yapılmaması	6	100	2	1200	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Sıcak çalışma bölgelerinde	6	100	2	1200	ÇOK YÜKSEK RİSK

	yangın gözetmeni bulundurulmaması					
YANGIN	Gemide acil durum alarm sisteminin olmaması veya sistemin faal olarak idame edilmemesi	6	100	2	1200	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Sahil ve seyيار yangın tulumlarının faal durumda olmaması	6	100	2	1200	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Sigara içilmesi ve izmaritlerden kaynaklı	3	7	2	42	OLASI RİSK
YANGIN	Sabotaj veya terör kaynaklı	3	40	0.5	60	OLASI RİSK
YANGIN	Kaza sonucu yangın çıkması	3	40	0.5	60	OLASI RİSK
YANGIN	Doğal afetler sonucu yangın çıkması (yıldırım, fırtına vb.)	3	40	0.5	60	OLASI RİSK
YANGIN	Elektrikten kaynaklanan riskler	3	40	2	240	YÜKSEK RİSK
YANGIN	Elektrik kablolarının yalıtımsız durumda olması	3	40	1	120	ÖNEMLİ RİSK
YANGIN	Yangın riskine karşı sağlık ve güvenlik levha ve işaretlerinin bulunmaması	3	40	6	720	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Gemilerde izin verilen alanlar dışında sigara içilmesi	3	100	2	600	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Gemi tertip düzen ve temizliğindeki uygunsuzluklar	3	100	2	600	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Acil durumlarda yangına müdahaleye uygun gemi güvertesi ve çalışma alanlarının düzenlenmemesi	3	100	2	600	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Elektrikli cihaz ve aletlerin açık unutulması veya	1	40	2	80	ÖNEMLİ RİSK

	fişlerin prizlere uygun takılmaması					
YANGIN	Çalışan sisteme cisim kaçması nedeniyle mekanik kıvılcım oluşumu	10	10	1	100	ÖNEMLİ RİSK
YANGIN	Tozların topraklanmadan çıkışının yapılması	10	10	1	100	ÖNEMLİ RİSK
YANGIN	Diğer deniz araçlarından yangının sirayet etmesi	1	100	1	100	ÖNEMLİ RİSK

Tabloda 32 yangınla ilişkili tehlike değerlendirilmiştir. Bunlardan: 17'si “Çok Yüksek Risk”, 6'sı “Yüksek Risk”, 5'i “Önemli Risk”, 4'ü “Olası Risk” seviyesindedir.

Gemilere yeteri sayıda yangın söndürücü tüp çıkarılmaması, sıcak çalışma bölgelerinde yangın gözetmeni bulundurulmaması, gemi personeli tarafından izinsiz sıcak çalışma yapılması, gemide acil durum alarm sisteminin olmaması, yakıt tankı markalama işlerinin doğru yapılmaması veya hiç yapılmaması, sahil ve seyir yangın tulumbalarının faal durumda olmaması en büyük riski içeren unsurlar olarak göze çarpmaktadır. Bu unsurların ortak özelliği, önlenebilir ve yönetilebilir olmalarına rağmen, ihmaller sonucunda yüksek tehdit oluşturuyor olmalarıdır.

Yangın riski oluşturan tehlikelerin büyük bölümü ihmale dayalıdır (eğitimsizlik, sistem eksikliği, kontrolsüz çalışma). Yangına müdahaleye yönelik donanım eksikliği (yangın söndürücüler, tulumbalar, alarm sistemleri) en yüksek risk grubunda yer almaktadır. Kültürel alışkanlıklar ve disiplinsizlik (sigara içmek, temizlik eksikliği) yüksek skorlarla sistemin güvenliğini tehdit etmektedir.

Bu çalışmadaki değerler Fine-Kinney ve benzeri kantitatif risk değerlendirme yöntemlerine dayanmaktadır. (Fine, W.T.,

1971. *Mathematical Evaluations for Controlling Hazards*). Ayrıca yapılan çalışmalar ve edinilen tecrübeler kullanılmıştır.[26][27][28]

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma, kuru yük gemilerinde hem seyir sırasında hem de hareketsiz haldeyken yaygın olan önemli yangın risklerinin altını çizmektedir. Deniz kazası verilerinin derinlemesine analizi, yangın olaylarının sık sık meydana geldiğini ve mürettebatın, yükün ve geminin güvenliği için önemli tehditler oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

Kuru yük gemilerinde yangın güvenliği için, bilgisayar tabanlı modelleme teknikleri kullanılarak yangın ve duman tahliye hareketlerinin analizi yapılabilir. Bu analiz, mevcut koruma, önleme ve yangınla mücadele önlemlerinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi ile birleşerek daha detaylı bir risk değerlendirmesi yapılmasına olanak tanır. Ayrıca, gemilerde çalışan personelin durumu, yetenekleri ve geçmişte yaşanan yangın olaylarının incelenmesi ile yangın risk analizi çerçevesinde yangın öncesi, yangın anı ve sonrası için uygun önlemleri içeren bir yangın güvenliği yönergesi hazırlanabilir. Bu yönerge, yangın önleme, yangından korunma, yangınla mücadele ve toz patlaması risklerini de kapsayarak gemi güvenliğini iyileştirebilir. Yangın risk analizi ve yönergesi doğrultusunda, varsa

eksiklikler giderilmeli, personel düzenli olarak eğitilmeli ve sistemler iyileştirilmelidir. Bu sayede, sürekli ve sürdürülebilir bir yangın riski yönetimi sağlanarak, kuru yük gemileri yangın risklerine karşı daha hazırlıklı hale getirilebilir.

Bu kapsamda, yangın risklerini en aza indirmek amacıyla haberli ve habersiz teftişler ile düzenli kontroller yapılmalıdır. Ayrıca, tüm sistemlerin sürekli olarak çalışmaya hazır durumda tutulabilmesi için bakım ve denetim süreçleri sıkı bir şekilde takip edilmelidir. Periyodik olarak gerçekleştirilen risk analizleri, yeni ortaya çıkan risklere karşı etkili önlemler alınmasını sağlayacaktır. Tüm kayıtların düzenli bir şekilde tutulması, personelin belirli aralıklarla eğitilmesi ve haberli ya da habersiz yangın tatbikatlarının düzenlenmesi, yangın güvenliği kültürünü güçlendirecek ve olası yangın durumlarına karşı hazırlığı artıracaktır. Yangın, bir doğal felaket değil, doğru bilimsel yaklaşımlar ve etkili kontrol yöntemleri ile yönetilebilen bir risktir. Bu nedenle, sistematik bir yaklaşım ile yangın riski minimize edilebilir ve güvenli bir çalışma ortamı sağlanabilir.

Bu çalışmanın ortaya koyduğu bir diğer önemli bulgu, yangın olaylarının sadece geminin yoğun operasyonel dönemlerinde değil, demirleme veya yanaşma gibi görünüşte daha güvenli dönemlerde de yaygın olabileceğidir. Bu durum, yangın riski konusunda sürekli bir tetikte olma gerekliliğini ve sağlam yangın güvenliği protokollerinin tüm operasyonel süreçlere entegre edilmesinin önemini vurgulamaktadır. Yani, yangın güvenliği sadece geminin en yoğun anlarında değil, her an, her aşamada dikkate alınmalıdır. Ayrıca, yangın risklerinin teknik arızalar, insan hatası, kargo ile ilgili sorunlar ve harici olaylar gibi çeşitli faktörlerden kaynaklandığı da belirtilmiştir. Bu faktörlerin çeşitliliği, yangın güvenliği konusunda alınacak önlemlerin sadece

teknolojik çözümlerle sınırlı kalmaması gerektiğini gösteriyor. Aynı zamanda eğitim, güvenlik prosedürlerine bağlılık ve yorgunluk yönetimi gibi insan faktörleri de büyük önem taşır.

Bu nedenle, yangın güvenliğine yönelik etkili bir yaklaşım, teknolojinin yanı sıra insanların davranışları, eğitim seviyeleri ve iş güvenliği kültürüne de odaklanan çok yönlü bir strateji gerektirir. Eğitim sayesinde mürettebat, yangınla mücadele konusunda daha bilinçli hale gelir; güvenlik prosedürlerine bağlılık, her bir personelin güvenlik önlemlerine sadık kalmasını sağlar; ve yorgunluk yönetimi, mürettebatın dikkatsizlikten kaynaklanabilecek hataları önleyerek yangın risklerini azaltır. Sonuç olarak, yangın güvenliği sadece teknolojiye dayalı değil, aynı zamanda tüm operasyonel süreçlerde dikkatli bir insan yönetimi ve eğitimle desteklenen çok katmanlı bir yaklaşım gerektirir.

Yapılan risk değerlendirme çalışması; yangın riski yönetiminde önceliklendirme imkanı sunması, Gemi güvenliği ve iş sağlığı alanında politika geliştirmeye yönelik veri sağlanması, yönetici ve karar alıcılara yönelik stratejik kaynak olması yönlerinden önemli bir rehber dokümandır. Ayrıca, farklı gemi tiplerine (tank, yolcu, kuru yük) uygulanarak risk profil karşılaştırmaları yapılabilir, sektörel farklar belirlenebilir.

Denizcilik endüstrisi aşağıda belirtilen araştırma boşluklarını ele alarak yangın güvenliği protokollerini daha da geliştirebilir, riskleri azaltabilir ve denizcilerin, yükün ve çevrenin güvenliğini sağlayabilir.

- Kuru yük gemilerindeki yangın olaylarına katkıda bulunan gizli riskleri veya eksik bildirilen faktörleri ortaya çıkarmak için “Diğer/Belirtilmemiş” olaylar kategorisinin daha derinlemesine araştırılması.

- Hibrit tahrik veya kargo soğutma üniteleri için batarya sistemleri gibi yeni teknolojilerin ve bunların potansiyel yangın risklerinin araştırılması.
- Yetersiz eğitim veya yorgunluktan kaynaklanan olaylar da dahil olmak üzere karmaşık insan hatası faktörünün incelenmesi ve bu risklerin etkin bir şekilde anlaşılması ve azaltılması.
- Yüksek riskli alanları belirlemek ve hedefe yönelik güvenlik önlemleri geliştirmek için olay yerleri ile trafik yoğunluğu, seyir zorlukları, kargo operasyonları veya çevresel koşullar gibi faktörler arasındaki korelasyonun analizi.
- Denizcilikte dijital sistemlere artan bağımlılık ve siber saldırıların veya yazılım arızalarının potansiyel riskleri göz önünde bulundurularak siber güvenlik olaylarının yangın güvenliği üzerindeki etkisinin araştırılması.

Taşınan kargonun türü yangın riskinde önemli bir rol oynamaktadır. Yanıcı veya parlayıcı malzemelerin yanı sıra kendiliğinden yanmaya eğilimli olanlar özellikle sıkı elleçleme ve depolama prosedürleri gerektirir. Yangın algılama ve söndürme sistemleri, elektrik tesisatı ve acil kaçış yolları da dahil olmak üzere geminin durumu çok önemlidir. Bu riskleri en aza indirmek için düzenli bakım ve denetim şarttır. Yetersiz eğitim, güvenlik bilinci eksikliği ve ekipmanın yanlış kullanımı gibi insan hataları yangın riskine önemli ölçüde katkıda bulunabilir. Kapsamlı eğitim ve açık güvenlik protokolleri bu faktörleri ele almak için hayati önem taşır. Kargo elleçleme prosedürleri, bakım faaliyetleri ve güvenlik yönetmeliklerine bağlılık dahil olmak üzere geminin günlük faaliyetleri, uygun şekilde yönetilmediği takdirde yangın tehlikesi yaratabilir. Dış Tehlikeler, daha seyrek olmakla birlikte, yıldırım düşmesi, yakındaki yangınlar veya

sürüklenen enkaz gibi dış etkenler de yangın riski oluşturabilir.

Fine-Kinney analizi, risk değerlendirmesinde kullanılan sayısal bir yöntemdir ve bu analiz, belirli tehlikelerin önemini ortaya koyan sonuçlar sağlar. Analiz, bazı risk senaryolarının "çok yüksek risk" oluşturduğunu ve bu durumların acil dikkat ve önlemler gerektirdiğini göstermektedir. Bu sonuçlar, özellikle kuru yük gemilerinde yangın güvenliği konusunda çok yönlü bir yaklaşımın gerekliliğini vurgulamaktadır. Yangın gibi yüksek riskli tehlikelerle başa çıkabilmek için teknolojik çözümler, titiz bakım, kapsamlı eğitim ve güçlü bir güvenlik kültürü büyük önem taşır. Teknolojik çözümler, yangın tespiti ve söndürme sistemlerinin etkinliğini artırmak için gereklidir. Titiz bakım, yangın riski taşıyan ekipmanların düzenli olarak kontrol edilmesini ve bakımını sağlar. Eğitim, mürettebatın yangın anında doğru adımları atabilmesi için kritik rol oynar. Son olarak, güçlü bir güvenlik kültürü, tüm personelin güvenlik önlemlerine ve protokollere bağlı kalmasını sağlar. Bu çok yönlü yaklaşım, yangın riskini en aza indirmek için hayati önem taşır. Aynı zamanda, mürettebatın, yükün ve geminin güvenliğini sağlamak için tüm bu unsurların bir arada uygulanması gerekmektedir. Yangın güvenliği konusunda yapılacak her adım, hem gemi hem de çevre açısından büyük bir fark yaratabilir.

KAYNAKÇA

[1] United Nations Conference on Trade and Development 2013 (UNCTAD)

[2] Hu, Y., & Zhu, D. (2009). Empirical analysis of the worldwide maritime transportation network. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 388(10), 2061–2071

- [3] Christiansen, M., Fagerholt, K., Nygreen, B., & Ronen, D. (2006). Maritime transportation. *Transportation*, 14, 189-284
- [4] Skjong, R., & Soares, C. G. (2008). Safety of maritime transportation. *Reliability Engineering & System Safety*, 93(9), 1289–1291.
- [5] Darbra, R.M., Casal, J., (2004). Historical analysis of accidents in seaports. *Safety Science* 42, 85–98
- [6] Aydın M., Kamal B., Çakır E., (2024). Evaluation of human error in oil spill risk in tanker cargo handling operations, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 31 (3)), pp. 3995-4011
- [7] Hsu, W.K., Lian, S.J., Huang, S.H., (2017). Risk assessment of operational safety for oil tankers-a revised risk matrix, *The Journal of Navigation*, 70 (4) pp. 775-788
- [8] Uflaz, E., Sezer, S.I., Tunçel, A.L., Aydın, M., Akyüz, E., Arslan, O., (2023) Quantifying potential cyber-attack risks in maritime transportation under Dempster-Shafer theory FMECA and rule-based Bayesian network modelling, *Reliab. Eng. Syst.*109825
- [9] Chen, J., Di, Z., Shi, J., Shu, Y., Wan, Z., Song, L., & Zhang, W. (2020). Marine oil spill pollution causes and governance: A case Study of Sanchi tanker collision and explosion, *Journal of Cleaner Production*. doi:10.1016/j.jclepro.2020.122978
- [10] Tusher H.M., Munim Z.H., Notteboom T.E., Kim T.E., Nazir S., (2022). Cyber security risk assessment in autonomous shipping, *Maritime Economics & Logistics* pp.1-20
- [11] Güneş B., Kayışoğlu G., Bolat P., Cyber security risk assessment for seaports: A case study of a container port, *Comput. Secur.*, 103 (2021), Article 102196
- [12] Ganin, A.A., Quach, P., Panwar, M., Collier, Z.A., Keisler, J.M., Marchese, D., Linkov, I., (2020). Multicriteria decision framework for cybersecurity risk assessment and management, *Risk Anal.*, 40 (1) pp. 183-199
- [13] Goerlandt, F., & Montewka, J. (2015). A framework for risk analysis of maritime transportation systems: A case study for oil spill from tankers in a ship–ship collision. *Safety Science*(76), 42-66.
- [14] Sarıalioğlu, S., Uğurlu, Ö., Aydın, M., Vardar, B., Wang, J., (2020). A hybrid model for human-factor analysis of engine-room fires on ships: HFACS-PV&FFTA, *Ocean Eng.*, 217 Article 107992
- [15] Schröder-Hinrichs, J.U., Baldauf, M., Ghirxi, K.T., (2011). Accident investigation reporting deficiencies related to organizational factors in machinery space fires and explosions, *Accid. Anal. Prev.*, 43 (3) pp. 1187-1196
- [16] Abramowicz, W. (2015). *A Dynamic Risk Assessment for Decision*. 243, 13.
- [17] Enrico Zio. (2007). *An Introduction to the Basics of Reliability and Risk Analysis (First Edit)*.
- [18] EMSA, 2021. European Maritime Safety Agency, <http://www.emsa.europa.eu/annual-overview-of-marine-casualties-and-incidents-2021> 15 Aralık 2021.
- [19] Tiemele, Allah (1990). Proposal for the further improvement of fire fighting training at the Regional Academy of Maritime Science and Technology, Abijan, Cote d'Ivoire. <https://core.ac.uk/download/323046665.pdf>
- [20] U.S. Chemical Safety Board (CSB), *Investigation Report Combustible Dust Hazard Study*, Sayfa:0-0, 2006

[21] Tasneem A., Abbasi S.A., Dust explosions–Cases, Causes, Consequences, and Control, Elsevier, Sayfa: 7-44, 2006.

[22]Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 14034-2:2006+A1:2011 Toz Bulutlarının Patlama Karakteristiklerinin Tayini - Bölüm 2: Azami .2011.

[23] Nifuku M., Enomoto A. H., Evaluation of the explosibility of malt grain dust based on static, Elsevier, 2001.

[24] European Commission DG Employment and Social Affairs Health, Safety and Hygiene at Work, Non-binding Guide of Good Practice for implementing of the European Parliament and Council Directive 1999/92/EC on minimum requirements for improving the safety and health protection of workers potentially at risk from explosive atmospheres, 2003.

[25] Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete Sayısı :28633, Tarihi: 30.04.2013, Ankara

[26] Erdem, M. 2021. Kontrol Listesi (Check-List) ve Fine-Kinney Risk Değerlendirme Yöntemleri Kullanılarak Bir Eğitim Kurumu Risk Analizi Uygulaması ve Karşılaştırılması. Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gaziantep.

[27] Eskiömeroğlu, B. 2018. Tam Teşekküllü Spor Komplekslerinin Risk Analizlerinin Fine Kinney ve 5X5 L Matris Yöntemleri ile Yapılarak Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul.

[28] Koçak, M. (2022). Tersanelerde Yangın Güvenliği ve Risk Analizi: Özel Bir Tersanenin Fine Kinney Risk Analiz Yöntemi İle İncelenmesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.