

	MAKALE ADI	SAYFA
1	<b>KORSANLIK VE DENİZ HAYDUTLUĞU İLE MÜCADELE: SOMALİ ÖRNEĞİ VE TÜRKİYE'NİN KATKILARI</b> <i>İlhan TABUR, Mehmet Nasih TAĞ, Nejat Atilla DEMİRHAN</i>	1-20
2	<b>TÜRKİYE'DE LİSANSÜSTÜ LOJİSTİK EĞİTİMİN İÇERİK ANALİZİ İLE İNCELENMESİ</b> <i>Doç. Dr. Özkan BALI, İlter ENİSOĞLU, Fırat SEZER</i>	21-36
3	<b>TEHLİKELİ MADDE TAŞIMACILIĞI YAPAN HAVA KARGO ŞİRKETİNE UÇAK SEÇİMİ MODELLEMESİ</b> <i>R. Gizem MUKANBAY, Ebru ÖZTÜRK, Özge KÜÇÜK, Prof. Dr. Serpil EROL</i>	37-51
4	<b>LOJİSTİK KÖY KONSEPTİ VE KAYSERİ BOĞAZKÖPRÜ LOJİSTİKKÖYÜ PUANLANDIRMASI</b> <i>Veli ÇEVİK, Mustafa YILMAZ</i>	52-70
5	<b>TÜRK HAVA KUVVETLERİNDE KULLANILAN KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN LOJİSTİK AÇIDAN ANALİZİ</b> <i>Süleyman Eray YILDIZ</i>	71-85
6	<b>TAŞIMACILIĞIN YENİ TRENDİ INTERMODAL SİSTEMİNİN TÜRKİYEDEKİ KONUMU VE TÜRK OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE UYGULANIŞI</b> <i>Bilal ŞEKER</i>	86-102
7	<b>KARGO HİZMET SAĞLAYICILARINDA HİZMET KALİTESİ VE KURUMSAL MÜŞTERİ MEMNUNİYETİ: KONYA İLİ ÖRNEĞİ</b> <i>Gökçen SONGUR, Yrd. Doç. Dr. Arzum BÜYÜKKEKLİK</i>	103-119
8	<b>SAVUNMA VE GÜVENLİK ORGANİZASYONLARINDA YÜRÜTÜLEN LOJİSTİK İLE ÖZEL SEKTÖR LOJİSTİĞİNİN ENTEGRASYONU</b> <i>Kadir DÜZGÜN</i>	120-143



# Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi

# IDEAS




ISSN: 2149 - 5823

Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi yılda 2 kez yayımlanan hakemli bir dergidir. Türkçe ve İngilizce dillerinde iktisat, işletme, uluslararası ilişkiler, siyaset bilimi ve kamu yönetimi, davranış bilimleri, maliye, ekonometri, çalışma ekonomisi ve endüstriyel ilişkiler, bankacılık ve finans, insan kaynakları yönetimi, yönetim bilişim sistemleri, sosyal hizmet, uluslararası ticaret ve lojistik, sağlık bilimleri yönetimi ve ilişkili alanlarda makaleler yayımlar. Dergide yayımlanan makalelerin dil, bilim, yasal ve etik sorumluluğu yazara aittir. Makaleler kaynak gösterilmeden kullanılamaz.

## **Editörler / Editors in Chief**

-  Doç. Dr. Abdullah ÇALIŞKAN (Toros Üniversitesi)
-  Doç. Dr. Ömer TURUNÇ (Süleyman Demirel Üniversitesi)

## **Yayın Kurulu / Editorial Board**

-  Doç. Dr. Ömer TURUNÇ (Süleyman Demirel Üniversitesi)
-  Doç. Dr. Abdullah ÇALIŞKAN (Toros Üniversitesi)
-  Yrd. Doç. Dr. İrfan AKKOÇ (THK Üniversitesi)

## **Danışma Kurulu / Advisory Board**

-  Prof. Dr. Abdülkadir VAROĞLU (Başkent Üniversitesi)
-  Prof. Dr. Ali ÖZDEMİR (Dokuz Eylül Üniversitesi)
-  Prof. Dr. Dilek ZAMANTILI NAYIR (Marmara Üniversitesi)
-  Prof. Dr. Haluk KORKMAZYÜREK (Toros Üniversitesi)
-  Prof. Dr. İbrahim EROL (Celal Bayar Üniversitesi)
-  Prof. Dr. Levent KÖSEKAHYAOĞLU (Süleyman Demirel Üniversitesi)
-  Prof. Dr. Mustafa Kemal DEMİRCİ (Dumlupınar Üniversitesi)
-  Prof. Dr. Mahmut PAKSOY (İstanbul Kültür Üniversitesi)
-  Prof. Dr. Nejat BASIM (Başkent Üniversitesi)
-  Prof. Dr. Pınar SÜRAL ÖZER (Dokuz Eylül Üniversitesi)
-  Prof. Dr. Ozan BAHAR (Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi)
-  Prof. Dr. Selim Adem HATIRLI (Süleyman Demirel Üniversitesi)

- Prof. Dr. Süleyman TÜRKEKEL (Toros Üniversitesi)
- Prof. Dr. Uğur YOZGAT (Marmara Üniversitesi)
- Prof. Dr. Umur AVCI (Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi)
- Prof. Dr. Ünsal SIĞRI (Başkent Üniversitesi)
- Doç. Dr. Ahmet ERKUŞ (Bahçeşehir Üniversitesi)
- Doç. Dr. Bekir GÖVDERE (Süleyman Demirel Üniversitesi)
- Doç. Dr. Cengiz DURAN (Dumlupınar Üniversitesi)
- Doç. Dr. Gülüzar KURT GÜMÜŞ (Dokuz Eylül Üniversitesi)
- Doç. Dr. Hakan TURGUT (Başkent Üniversitesi)
- Doç. Dr. Haldun YALÇINKAYA (TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi)
- Doç. Dr. Harun ŞEŞEN (Lefke Avrupa Üniversitesi)
- Doç. Dr. Köksal HAZIR (Toros Üniversitesi)
- Doç. Dr. Mazlum ÇELİK (Hasan Kalyoncu Üniversitesi)
- Doç. Dr. Murat ÇUHADAR (Süleyman Demirel Üniversitesi)
- Doç. Dr. Necdet BİLGİN (Celal Bayar Üniversitesi)
- Doç. Dr. Sait GÜRBÜZ (Kara Harp Okulu)
- Doç. Dr. Yusuf GÜMÜŞ (Dokuz Eylül Üniversitesi)

*Not: İsimler, akademik ünvan ve alfabetik sıra gözetilerek sıralanmıştır.*

*Dergide yayımlanan yazılardaki görüşler ve bu konudaki sorumluluk yazarlarına aittir.  
Yayımlanan eserlerde yer alan içerikler kaynak gösterilmeden kullanılamaz.*

*All the opinions written in articles are under responsibilities of the authors.  
The published contents in the articles cannot be used without being cited.*

**Makalenin on-line kopyasına erişmek için / To reach the on-line copy of article:**  
**<http://dergipark.ulakbim.gov.tr/uiibd/>**

### TEHLİKELİ MADDE TAŞIMACILIĞI YAPAN HAVA KARGO ŞİRKETİNE UÇAK SEÇİMİ MODELLEMESİ

Rengin Gizem MUKANBAY\*

Ebru ÖZTÜRK\*\*

Özge KÜÇÜK\*\*\*

Serpil EROL\*\*\*\*

**ÖZET:** Tehlikeli maddelerin bir yerden başka bir yere nakli kara, deniz, demir ya da havayolu ile gerçekleştirilebilir. Ancak bazı tehlikeli maddeler yalnız kargo uçağı ile taşınabilir. Bu çalışmada tehlikeli madde taşımak için yeni kurulacak olan bir hava kargo şirketinin uçak filosunu hangi tip uçaktan oluşturması gerektiğı ile ilgilenilmiştir. Problemden tehlikeli maddelerin yolcusuz olarak kargo uçakları ile bir havalimanından diğerine taşınırken oluşan uzaklıklar dikkate alınarak risklendirilmiş toplam maliyetin minimize edildiğı çözümü veren uçak tipi aranmaktadır. Problem tek ürünlü, çok depolu, çok araçlı, dağıtım problemi olarak modellenmiş ve GAMS yazılımı kullanılarak çözülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Hava Kargo Taşımacılığı, Tehlikeli Madde, Risk.

**Jel Sınıflandırması:** D81, L93, R41.

### AIRCRAFT SELECTION MODEL FOR AN AIR CARGO COMPANY FOR TRANSPORTATION OF HAZARDOUS MATERIALS

**ABSTRACT:** Hazardous Materials can be transported from one place to another by highway, water, railway or air. However, some hazmat can only be transported by cargo aircraft. This study deals with selection of the type of the aircraft for an air cargo company to be established to carry hazmat. The objective of the problem is to find the type of aircraft which gives a feasible solution considering distance with the risk of transportation and the overall cost is minimized when transporting the commodity from one airport to another by air cargo without passengers. Problem is modeled as one commodity, multi depot, multi vehicle, delivery problem and solved by GAMS program.

**Key Words:** Air Cargo Transportation, Hazardous Materials, Risk.

**Jel Classification:** D81, L93, R41.

\* Yüksek Mühendis, Hava Kuvvetleri Komutanlığı, gizemrengin@gmail.com

\*\* Yüksek Lisans Öğrencisi, Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Tedarik ve Lojistik Yönetimi Anabilim Dalı, a.ebruozturk@gmail.com

\*\*\* Doktora Öğrencisi, Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Tedarik ve Lojistik Yönetimi Anabilim Dalı, ozgekucuk3@gmail.com

\*\*\*\* Prof.Dr, Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, serpiler@gazi.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Tehlikeli Madde Lojistiği, günümüz dünyasında üzerinde önemle durulan bir lojistik dalıdır. T.C. Millî Eğitim Bakanlığının Aralık 2011 tarihli Tehlikeli Madde Taşımacılığı Modülünde de belirtildiği gibi günümüzde tehlikeli maddelerin birçok sektörde kullanılmasına ve gelişen teknoloji ile birlikte bu kapsamda artan ulaştırma faaliyetlerine bağlı olarak tehlikeli yüklerin yer değiştirmesine olan ihtiyaç da aynı oranda artmıştır (URL 1).

Tehlikeli madde taşımacılığı birçok farklı taşıma modları ile gerçekleştirilmektedir. Hangi modla taşınırsa taşınırsın, yapıları gereği genel anlamda lojistiği çok hassas ve dikkatli bir şekilde yapılması gereken tehlikeli maddelerin bu özellikleri dikkate alınarak; her bir taşıma moduna uygun olarak Tablo 1’de ayrıntılı olarak belirtilmiş olan konvansiyonlar geliştirilmiş ve bu konvansiyonlar çerçevesinde kurallar oluşturulmuştur.

**Tablo 1.** Uluslararası Tehlikeli Madde Taşıma Düzenlemeleri

Taşıma Modu	Kuruluş	Konvansiyon
Deniz yolu Taşımacılığı	IMO (Uluslararası Denizcilik Örgütü)	IMDG-CODE
Demir yolu Taşımacılığı	OCTI (Uluslararası Demiryolu Taşımacılığı Merkez Ofisi)	RID
Hava yolu Taşımacılığı	ICAO (Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü)	ICAO-TI
Hava yolu Taşımacılığı	IATA (Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği)	IATA-DGR
Kara yolu Taşımacılığı	UNECE (Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu)	ADR
Kanal Taşımacılığı	ZRK (Merkezi İç Taşıma Komisyonu)	ADNR-ADN

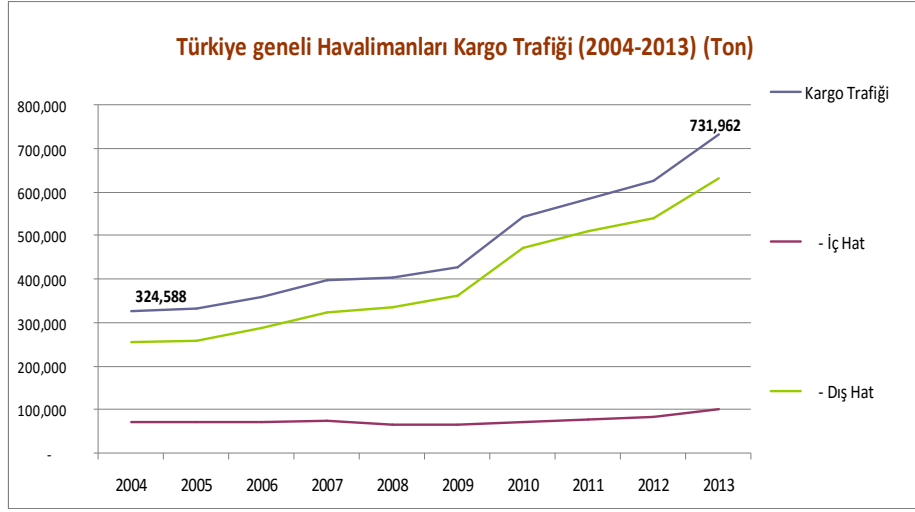
Tüm taşıma modlarının karşılaştırması Tablo 2 verilmiştir. Bu kapsamda, maliyeti en yüksek olan hava yolu ulaştırması olsa da, en kısa zamanda malzemeyi ulaştırabilmesi, bazı tehlikeli maddelerin yalnızca kargo uçağı ile taşınabilir olması ve istatistiklere (URL 4) göre tehlikeli madde taşımacılığı modları arasında en az hasar maliyetinin hava yolu taşımacılığında olması, hava yolu ulaştırmasını popüler kılmaktadır.

**Tablo 2.** Taşıma Modlarının Karşılaştırılması

Taşıma Modu	Maliyet	Ulaştırma Hızı	Hizmet Verilen Yerlerin Sayısı	Çeşitli Malları Kullanma Becerisi	Tarifeli Yükleme Sıklığı	Tarifelerin Uygulanma Güvenilirliği
Deniz yolu	Çok Düşük	Yavaş	Sınırlı	Çok Yüksek	Çok Düşük	Orta
Demir yolu	Düşük	Yavaş	Sınırlı	Yüksek	Düşük	Yüksek
Hava yolu	Çok Yüksek	Çok Hızlı	Geniş	Sınırlı	Yüksek	Yüksek
Kara yolu	Yüksek	Hızlı	Çok Geniş	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Kanal Taşımacılığı	Düşük	Yavaş	Çok Sınırlı	Çok Sınırlı	Orta	Yüksek

Hava Taşımacılığı ilk bakışta yolcu taşınması için daha çok kullanılıyor gibi gözükse de aslında kargo taşımada yapılan yolcu seferlerinin çok küçük bir kısmı kârlı olabilmektedir. Günümüzde hava yolu şirketlerinin sayısının ve rekabetin gittikçe artması yolcu ücretlerinin düşmesine sebep olduğundan kargo taşınmasının önemi daha da artmaktadır (URL 2).

Şekil 1'e bakıldığında Türkiye genelinde hava alanlarındaki kargo trafiğinin son on yılda giderek arttığı görülmektedir. Bu artışın dünyadaki gelişmelere paralel olarak devam edeceği tahmin edilmektedir.



Şekil 1. Türkiye Geneli Hava alanları Kargo Trafiği

Kaynak: Web sayfası; Devlet Hava Meydanları İşletmesi

Bu çalışmada, hava yolu ile tehlikeli madde taşımak için kurulacak bir hava kargo şirketinin uçak filosunun hangi tip uçaktan oluşturulması gerektiği ile ilgilenilmiştir. Problemden, tehlikeli maddelerin yolcusuz olarak kargo uçakları ile bir hava alanından diğerine taşınırken oluşan risklendirilmiş toplam maliyetin minimize edildiği çözümü veren uçak tipi aranmaktadır.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Tehlikeli madde taşımacılığı problemleri 1980'li yılların başından beri incelenmektedir. Tehlikeli maddelerin taşınması ile ilgili olarak; riskin minimize edilmesi veya maliyeti minimize eden rotanın bulunması olmak üzere iki amacın dikkate alındığı çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmada, maliyet ve risk aynı anda minimize edilerek yeni bir uçak filosu oluşturulmaya çalışılmaktadır. Literatür incelendiğinde ise daha önce uzaklıklar dikkate alınarak risklendirilmiş toplam maliyetin minimize edildiği çözümü veren uçak filosunun belirlendiği bir çalışma bulunamamıştır.

Literatürde, araştırmacılar tarafından tehlikeli madde taşımacılığına çözüm ararken riskin birçok tanımı yapılmıştır.

Saccomanno ve Chan (1985) riski kaza olasılığı olarak, Batta ve Chiu (1988) ise riski rotanın belli mesafe uzağında yaşayan halka tehlikeli maddenin tesiri olarak tanımlamışlardır. Erkut ve Verter (1998) olası bir tehlikeli madde kazasından etkilenecek popülasyona odaklanmıştır. Pijawka ve diğerleri (1985), tehlikeli bölgedeki insan sayısının kaza olasılığı ile çarpımı anlamına gelen Toplumsal Riski, risk faktöründeki popülasyon olarak isimlendirmiştir.

Tehlikeli maddelerin taşınmasında insanlara ve doğaya karşı oluşabilecek zararların minimize edilmesi son derece önemlidir. Bu noktada, tehlikeli maddelerin taşınması için risk analizinin yapılması gerekir. Risk derecesinin yüksek olduğu tespit edilen taşımacılıklar için iptal kararı alınabilir veya riskin azaltılmasına yönelik ilave tedbirler alınarak

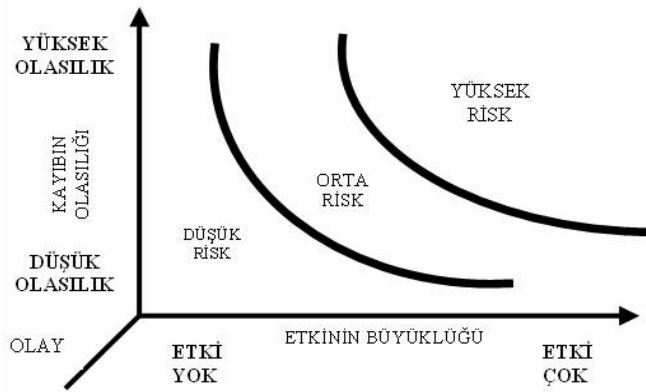
olası kazalarda meydana gelebilecek zararların azaltılması sağlanabilir (Bali ve Göztepe, 2014).

## 2.1. Risk Hesaplaması

İstenen bir sonuca ulaşamama olasılığı ya da istenmeyen bir olayın oluşma olasılığı ve oluşması durumunda yaratacağı sonucun şiddetinin bir fonksiyonu olarak tanımlanan risk, karmaşık bir kavramdır. Riskin temel üç bileşeni vardır. Bunlar;

- İstenmeyen bir olay,
- Bu olayın ortaya çıkma olasılığı,
- Bu olayın ortaya çıktığında oluşan etkidir (Kerzner,2013).

Bileşenler arasındaki ilişki Şekil 2' de gösterilmiştir.



**Şekil 2.** Riskin başlıca öğeleri ve fonksiyonları

*Kaynak: Kerzner, H. R. (2013). Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling. John Wiley & Sons.*

Risk ölçüm aşamasının değişkenleri olasılık ve etkidir. Etki değerlendirmesi, gerçekçi olarak, beklenebilecek en kötü sonuç temeline dayandırılarak yapılmalıdır. Riske ait olasılık ve etki değerlendirmeleri yapıldıktan sonra, risk matrisi oluşturulur ve riskin seviyesi, büyüklüğü veya ağırlığı bulunur (Anonymous, 2001)(Fikirkoca, 2003).

Riskin değişkenleri olan etki ve olasılığın hesaplanmasında kalitatif ve kantitatif yöntemler kullanılabilir (Kırılmaz ve Erol, 2014). Tablo 3'te riskin etkileri ve sonuçları kalitatif bir yöntemle belirlenmiştir. Riskin diğer değişkeni olasılık için kalitatif modellerde riskin belirli zamanlarda gerçekleşme sıklığı tanımlanmaya çalışılır. Tablo 4'te riskin olasılık değerleri bulunmaktadır.

**Tablo 3.** Risk Etki Kategorileri

Risk Sonucu Şiddeti	Risk Sonuç İndisi
Felaket	4
Kritik	3
Düşük	2
İhmal Edilebilir	1

**Tablo 4.** Risk Olasılık Kategorileri

Risk Olasılık Kategorisi	Risk Olasılık İndisi
Çok sık	4
Sık	3
Ara sıra	2
Nadiren	1

Bu bilgiler doğrultusunda beklenen risk, olasılık ve etki matrislerinin çarpımlarından oluşmaktadır. Matrisin sol üst köşesinden sağ alt köşesine doğru inildikçe değerlendirilen olayın hem etkisi, hem de olasılığı artmaktadır. Tablo 5'deki matriste tanımlanan risk ölçümü kullanılarak hava yolu ile tehlikeli madde taşımacılığında beklenen riskler hesaplanabilir. Bunun neticesinde de taşımacılığın yapıp yapılmayacağı ile ilgili kararlar alınabilir. Risk profili hesaplanırken, tanımlanmış risklerin risk indisleri toplanabilir.

**Tablo 5.** Risk zarar matrisi

RİSK ZARAR İNDİSİ					
OLASILIK – ETKİ MATRİSİ		İhmal Edilebilir (1)	Düşük (2)	Kritik (3)	Felaket (4)
RİSK OLASILIK İNDİSİ	Nadiren (1)	1	2	3	4
	Ara sıra (2)	2	4	6	8
	Sık (3)	3	6	9	12
	Çok sık (4)	4	8	12	16

Bu çalışmada, uzman görüşlerine göre 1-2-3-4 değerleri kabul edilebilir değerler olarak tanımlanmıştır. 6 ve üzeri değerler ise “istenmeyen ve tedbir alınacak riskler” kategorisinde yer almaktadır.

Hava yolu taşımacılığında yapılan çalışmalarda riskler nedenlerine göre dört ana başlık altında toplanmıştır (Başak ve Gülen, 2010). Bunlar; insan faktörü, çevre faktörü, makine faktörü, görev faktörü olarak isimlendirilmiştir. Bu çalışmada ise hava yolu taşımacılığı ile ilgili çalışma yapan uzman ve otoritelerin ortak görüşüne, yaşanan olay ve kazalardan elde edilen ortak deneyimlere göre oluşabilecek beklenen risk faktörleri ve alt başlıkları;

- İnsan faktörü
  - Gönderici veya taşıyıcı personelin eğitim eksikliği
  - Kuralların doğru uygulanmaması
- Çevre faktörü
- Tehlikeli maddenin yarattığı risk
  - Maddenin özelliğine bağlı oluşan risk



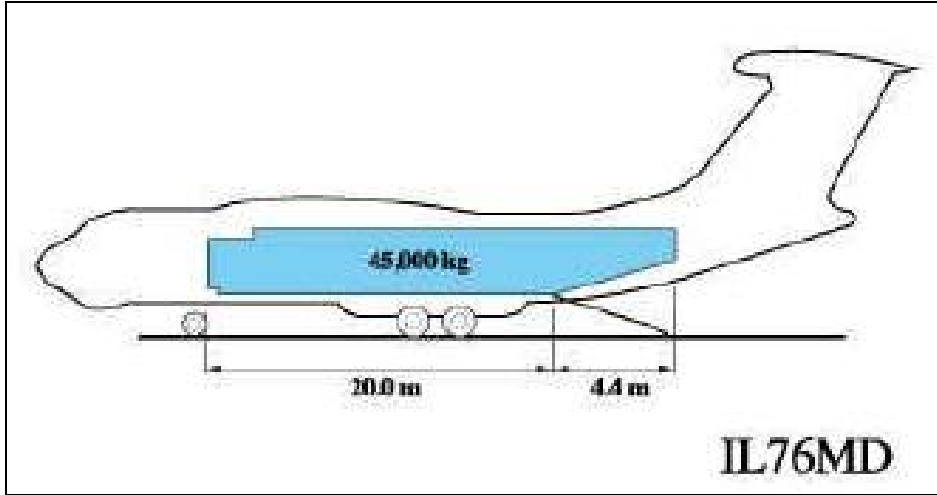
- Görev faktörü
  - Uçuş esnasında oluşan basınç değişikliği, ısı, nem ve titreşim gibi dış etkenler ile tehlikeli maddelerin etkilenip reaksiyona girebilmeleri
  - Uçak kazası yaşanması olasılığı

olarak isimlendirilmiştir.

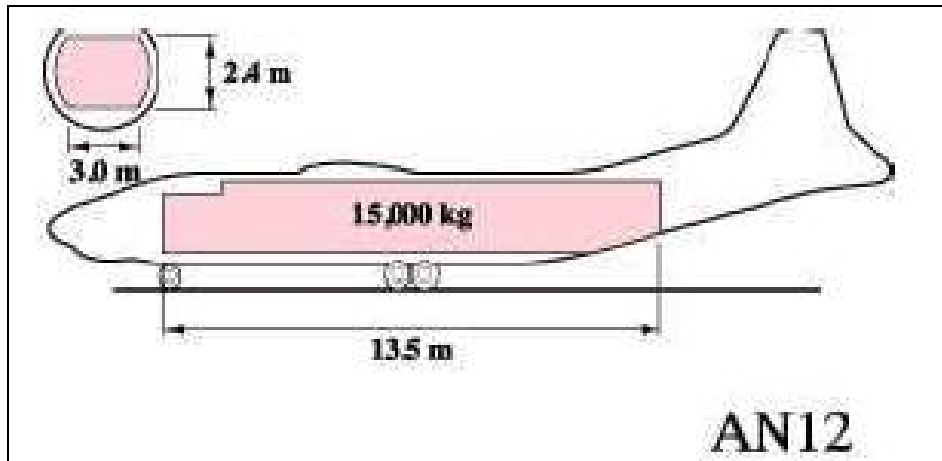
### 3. PROBLEMİN TANIMI VE ÇÖZÜMÜ

Yapılan çalışmada, yeni kurulacak bir hava kargo şirketinin depo konumunda olan iki hava alanından çevre hava alanlarına yapılan tehlikeli madde taşımacılığı için uçakların kapasitesi aşılmadan, kat edilen mesafe dikkate alınarak risklendirilmiş toplam maliyeti minimize edecek uçak tipi aranmaktadır.

Hava kargo şirketi, kapasitesi 45.000 kg olan Şekil 3'teki veya kapasitesi 15.000 kg olan Şekil 4'teki uçak tiplerinden hava alanları arasındaki mesafeyi dikkate alan risklendirilmiş toplam maliyeti minimize edecek uçak tipi ile filosunu oluşturacaktır.



Şekil 3. ILYUSHIN IL-76 Kargo Uçağı



Şekil 4. ANTONOV AN-12 Kargo Uçağı

### 3.1. Problemin Varsayımları

Problemin varsayımları aşağıdaki gibidir:

- “Yalnız kargo uçağı ile taşınabilir” etiketli tehlikeli maddeler taşınmaktadır.
- Uçak ile yalnız tehlikeli madde taşınmaktadır (yolcusuz taşıma).
- Uçuş için hava açık ve türbülanssızdır.
- Yükleme öncesi uçak, dokümanlarda belirtildiğı şekilde temizlenmekte ve yükleme zamanına kadar kapalı tutularak uçağın içine girilmesine izin verilmemektedir.
- Yükleme, boşaltma sırasında her türlü emniyet tedbirleri alınmaktadır (ambulans ve yangın aracının hazır).)
- Yükleme ve boşaltma için bina, tesis, insanlardan yeteri kadar uzak mesafede park alanı ayarlanmıştır.
- Uçakların satın alma maliyeti göz ardı edilmektedir.
- Uçuş süresince yakıtın yeterli olacağı varsayılarak uçağın ihtiyacı olan yakıt maliyeti, personel ve bakım giderleri ve benzeri giderler uçağın görevlendirilme maliyetinin içine dâhil edilmektedir.

### 3.2. Problemin Verileri

Problemdeki hava alanları Şekil 5’de gösterilmiş olup; depo hava alanları olarak Ankara ve İstanbul, çevre hava alanları olarak ise İzmir, Diyarbakır, Adana ve Van kullanılmıştır.



Şekil 5. Hava Alanları

Hava alanları arası mesafe Tablo 6’da, depo hava alanları kapasitesi Tablo 7’de ve çevre hava alanları talepleri Tablo 8’de ayrıntılı olarak belirtilmiştir.

Tablo 6. Hava Alanları Arası Mesafe (NM)

	İzmir	Diyarbakır	Adana	Van
Ankara	292	361	217	489
İstanbul	178	558	385	685

Tablo 7. Depo Hava Alanları Kapasitesi

Hava Alanı	Kapasitesi (kg.)
Ankara	100000
İstanbul	200000

Tablo 8. Çevre Hava Alanları Talepleri

Hava Alanı	Talep (kg.)
İzmir	18000
Diyarbakır	22000
Adana	10000
Van	16000

### 3.3. Problemin Matematiksel Modeli

Modelde kullanılan notasyon ve parametreler şunlardır:

- $i, j$  : Hava alanları seti ( $i, j \in V$ )
- $C_{ij}$  : (i,j) hava alanları arası risk ve uzaklıklar dikkate alınmış uçuş maliyeti
- $C_{ij}$  : r. g.  $d_{ij}$
- r : normalize edilmiş risk değeri
- g : bir uçağın görevlendirilme maliyeti
- $d_{ij}$  : (i,j) hava alanları arası uçuş mesafesi(NM)
- s : bir uçağın maksimum yük kapasitesi
- $x_{ij}$  : (i,j) arası görevlendirilen uçak sayısı
- a(i) : (i) depo hava alanları kapasitesi
- b(j) : (j) çevre hava alanları talepleri

Model şu şekilde kurulmuştur:

Amaç Fonksiyonu

$$\min z = \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} C_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Kısıtlar

$$\sum_{j \in V} s * x_{ij} \leq a(i) \quad (2)$$

$$\sum_{j \in V} s * x_{ij} \geq b(j) \quad (3)$$

Tüm değişkenler  $\geq 0$

Amaç fonksiyonu (1), kat edilen mesafe dikkate alınarak risklendirilmiş uçuş maliyetinin kullanılan uçak sayısı ile çarpılması sonucu oluşan toplam taşıma maliyetini enküçüklemektedir. Kısıt (2), uçakların depo hava alanlarından mevcut miktardan fazla

kapasite ile yüklenmemelerini ve kısıt (3), uçakların çevre hava alanlarına taleplerinden fazla yük vermemelerini sağlamaktadır.

### 3.4. Problemin çözümü

Bu çalışmada tehlikeli bir maddenin hava yolu ile taşınmasında risk profilleri oluşturulmuş ve bu riskler ile ağırlıklandırılmış maliyetler hesaplanmıştır. Daha önce oluşabilecek risk faktörleri 2.1.de belirlenmiştir. Tablo 9’da bu risk faktörlerinin beklenen etki matrisi bulunmaktadır.

**Tablo 9.** Risk Profili

RİSKİN TANIMI	RİSK OLASILIK DEĞERİ	RİSK ETKİ DEĞERİ	MEVCUT RİSK İNDİSİ	İSTENMEYEN VE TEDBİR ALINACAK RİSKLER
İnsan Faktörü	2	2	4	-
Çevre Faktörü	3	3	9	+
Tehlikeli Madde faktörü	3	4	12	+
Görev Faktörü	2	3	6	+
<b>TOPLAM RİSK İNDİSİ</b>				27

Risk değerlendirme bölümünde 4 ve altındaki risk indislerinin değerlendirmeye katılmayacağı belirtilmiştir. Bu durumda oluşan toplam risk değeri 27’dir.

Çalışmada her bir uçak tipi (IL-76MD ve AN12) için kullanılan risk profilleri Tablo 10, görevlendirme maliyetleri ise Tablo 11’deki gibidir. Uzaklıklar dikkate alınarak risklendirilmiş uçuş maliyeti ( $C_{ij}$ ); uçak tipine göre normalize edilmiş risk değeri ( $r$ ), görevlendirme maliyeti ( $g$ ) ve hava alanları arasında kat edilen mesafenin çarpılması yoluyla elde edilmiş ve hazırlanan matematiksel model iki farklı uçak tipi için ayrı ayrı GAMS (The General Algebraic Modeling System) programı kullanılarak çözülmüştür.

**Tablo 10.** Normalize Edilmiş Risk Değerleri ( $r$ )

Uçak	IL-76MD	AN12	Toplam
Toplam Risk İndisi	27	23	50
Normalize Edilmiş Risk Değerleri	$27/50=0,54$	0,46	1

Tablo 11. Uçak Görevlendirme Maliyetleri (g)

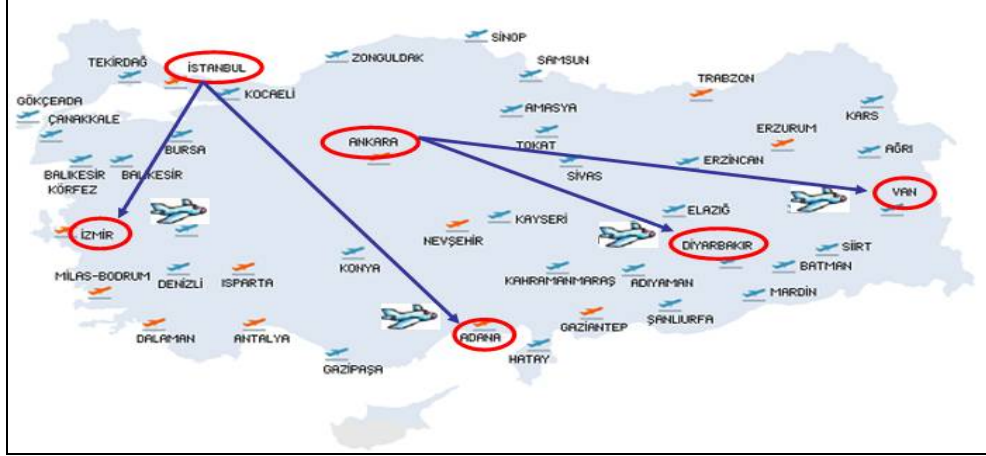
Kargo Uçağı	Görevlendirme maliyeti (TL)
IL-76MD	9000
AN12	5000

Çözüm değerlendirildiğinde; kapasitesi 45.000kg olan IL-76MD kargo uçağı için; hangi depo hava alanının hangi çevre hava alanı talebini karşıladığı Şekil 6'da gösterilmiş olup tahsis yerleri, kullanılacak uçak miktarları ve en küçük toplam maliyet şu şekilde hesaplanmıştır:

Ankara depo hava alanından Diyarbakır ve Van hava alanlarına birer, İstanbul depo hava alanından ise İzmir ve Adana hava alanlarına birer uçak gönderilerek talepleri karşılanmıştır.

Toplam kullanılan uçak sayısı = 4 adet

Toplam Maliyet = 6.867.180,00 TL.



Şekil 6. IL-76MD Kargo Uçağının Seçildiği Durum

Kapasitesi 15.000kg olan AN-12 kargo uçağı için; hangi depo hava alanının hangi çevre hava alanı talebini karşıladığı Şekil 7'de gösterilmiş olup tahsis yerleri, kullanılacak uçak miktarları ve en küçük toplam maliyet şu şekilde hesaplanmıştır.

Ankara depo hava alanından Diyarbakır' a iki, Adana ve Van hava alanlarına birer, İstanbul depo hava alanından İzmir hava alanına iki uçak gönderilerek talepleri karşılanmıştır.

Toplam kullanılan uçak sayısı = 6 adet

Toplam Maliyet = 5.227.900,00 TL.



## KAYNAKÇA

- URL 1 T.C. Millî Eğitim Bakanlığının Aralık 2011 tarihli Tehlikeli Madde Taşımacılığı Modülü
- URL 2 Web sayfası; <http://www.emreipekci.com/hava-kargo-tasimaciligi.html>
- URL 3 Web sayfası; Devlet Hava Meydanları İşletmesi
- URL 4 Web sayfası; Hazmat Intelligence Portal, U.S. Department of Transportation.
- Saccomanno, F. F., & Chan, A. W. (1985). *Economic evaluation of routing strategies for hazardous road shipments* (No. 1020).
- Batta, R., & Chiu, S. S. (1988). Optimal obnoxious paths on a network: transportation of hazardous materials. *Operations Research*, 36(1), 84-92.
- Erkut, E., & Verter, V. (1998). Modeling of transport risk for hazardous materials. *Operations research*, 46(5), 625-642.
- Pijawka, K. D., Foote, S., & Soesilo, A. (1985). *Risk assessment of transporting hazardous material: Route analysis and hazard management* (No. 1020).
- Bali, Ö. ve Göztepe, K., (2014). Tehlikeli Madde Taşımacılığında Risk Değerlendirmesi için Bir İndeks Geliştirilmesi. *LZTY Bildiri Kitabı*, pp. 672-679,
- Kerzner, H. R. (2013). *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. John Wiley & Sons.
- Başak, H., ve Gülen, M. (2010). İnsansız Hava Aracı Kazalarının Önlenmesi İçin Risk Ölçümü ve Yönetimi Modeli. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 14(1).
- Anonymous, 2001. Risk Management, FM 3 100.12, Air Land Sea Application Center, ABD I-2, II-1.
- Fikirkoca, M. (2003). *Bütünsel risk yönetimi*. Pozitif matbaacılık.
- Kırılmaz, O., Erol, S., (2014). Tedarik Zinciri Risk Yönetiminde Proaktif Planlama, pp. 653-663.