



**Alınma**  
19 Eylül 2024

**Kabul**  
16 Ekim 2024

\* Sorumlu yazar.  
e-mail: ozturkozan@mu.edu.tr

**Anahtar Kelimeler:**

- Kozmik Radyasyon,
- Hava Yolculuğu Güvenliği
- Radyasyondan Korunma
- Meslek Hastalıkları
- İSG

## Kozmik Radyasyon ve Havacılık: İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Yeni Bir Meslek Hastalığına Neden Olabilir Mi?

Ozan Öztürk<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup> Muğla MYO, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, Türkiye

<sup>2</sup> Uçak Gövde ve Motor Bakımı Bölümü, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, Türkiye

### ÖZET

Küresel havacılık sektöründe 2023'te 6 milyardan fazla yolcu taşınırken, gökyüzünde maruz kalınan kozmik radyasyon seviyeleri, özellikle uçak seyahatlerinde önemli bir konu haline gelmiştir. Hem yolcular hem de uçuş mürettebatı, yüksek irtifalarda bu radyasyona maruz kalmaktadır. Kozmik radyasyon, yüksek enerjili parçacıkların atmosferle etkileşimi sonucu oluşur ve Dünya'nın manyetik alanı tarafından sapsma gösterir. Kozmik radyasyonun galaktik ve solar kaynaklardan geldiğini ve atmosferde birincil ve ikincil radyasyon olarak davranış sergilediğini göstermiştir. Bu radyasyon, özellikle kutuplara yaklaştıkça ve yüksek irtifalarda artar. Bu radyasyonun uçuş esnasında maruz kalınan dozunu etkileyen birçok faktör bulunmaktadır ve bu faktörler arasında yükseklik, enlem, güneş aktivitesi ve uçuş süresi yer almaktadır. Kozmik radyasyonun sağlık riskleri arasında kanser ve katarakt gelişimi bulunur. Radyasyondan korunma yolları arasında uçuş sürelerinin sınırlanması ve yüksek radyasyon bölgelerinden kaçınılması yer alır. Uçuşlarda alınan radyasyon dozlarını hesaplamak ve bu hesaplanan dozların yıllık limitler içinde kalması önemlidir. Bu makale, kozmik radyasyonun iş sağlığı ve güvenliği açısından yeni bir meslek hastalığı oluşturma olasılığını araştırmayı amaçlamaktadır.

## Cosmic Radiation and Aviation: Can it Cause a New Occupational Disease in terms of Occupational Health and Safety?

Ozan Öztürk<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup> Muğla MYO, Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla, Türkiye

<sup>2</sup> Department of Airframes and Powerplants, Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla, Türkiye

### ABSTRACT

With the global aviation industry carrying more than 6 billion passengers in 2023, cosmic radiation levels in the sky have become an important issue, especially in air travel. Both passengers and flight crew are exposed to this radiation at high altitudes. Cosmic radiation is produced by the interaction of high-energy particles with the atmosphere and is deflected by the Earth's magnetic field. Cosmic radiation has been shown to come from galactic and solar sources and to behave as primary and secondary radiation in the atmosphere. This radiation increases especially near the poles and at

**Received**  
19 September 2024  
**Accepted**  
16 October 2024

\* Corresponding author.  
e-mail: ozturkozan@mu.edu.tr

**Keywords:**

- Cosmic Radiation,
- Air Travel Safety,
- Radiation Protection,
- Occupational Diseases,

- OHS

high altitudes. There are many factors that affect the dose of this radiation during flight, including altitude, latitude, solar activity and flight duration. Health risks of cosmic radiation include cancer and cataract development. Radiation protection includes limiting flight times and avoiding high radiation areas. It is important to calculate the radiation doses received during flights and to keep these calculated doses within annual limits. This article aims to investigate the possibility of cosmic radiation to cause a new occupational disease in terms of occupational health and safety.

## 1. Giriş (Introduction)

2023 yılında, küresel havacılık sektöründe 6 milyardan fazla yolcu taşınmıştır. Küresel havacılık sektöründe her yıl milyarlarca yolcu taşınırken, uçuş sırasında maruz kalınan yüksek enerjili kozmik radyasyon, hem yolcular hem de mürettebat için önemli bir sağlık riski teşkil etmektedir. Bu radyasyon kaynağı, galaktik ve güneş kökenli parçacıkların atmosferle etkileşimi sonucunda ortaya çıkmaktadır (Gito et al., 2023). Dünya'nın manyetik alanının kutup ve ekvator bölgeleri arasında değişiklik göstermesi, özellikle yüksek irtifa ve kutup bölgelerinden geçen uçuşlarda maruziyetin arttığını göstermektedir (Marcin et al., 2017). Kozmik radyasyonun sağlık üzerindeki etkileri, özellikle kalp rahatsızlığı olan bireylerde ciddi komplikasyonlara neden olabilecek bir faktör olarak öne çıkmaktadır (Hee-Bok et al., 2020).

Uçuş mürettebatı, mesleki olarak yolculara kıyasla daha uzun süre kozmik radyasyona maruz kalmakta ve bu durum, radyasyonun meslek hastalığı olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir (Abhijit et al., 2021). Mevcut yönetmelik ve düzenlemeler, kozmik radyasyonun uzun vadeli sağlık risklerini tam anlamıyla ele almamaktadır. Bu nedenle, özellikle mürettebat için bir meslek hastalığı olarak değerlendirilmesi gerektiğine dair yeterli önlemler alınmamaktadır (Yang et al., 2023). Literatürde, kozmik radyasyonun kanser riski dahil olmak üzere pek çok sağlık sorununa yol açabileceği tartışılmıştır, ancak bu risklerin sistematik olarak iş gücü sağlığı kapsamında ele alınması henüz tam anlamıyla gerçekleşmemiştir (Christopher et al., 2022).

Kozmik radyasyonun uçuş güvenliği ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri, sektörde önemli bir soruna işaret etmektedir. Bu riskleri azaltmak adına, uygun önlemlerin alınması gerekmektedir (Matthias et al., 2020). AVIDOS gibi yazılımlar, atmosferdeki kozmik radyasyon taşınımını simüle ederek coğrafi konum ve güneş aktivitesi döngüsüne bağlı olarak etkin dozu hesaplamakta, bu da özellikle uçuş mürettebatı için yıllık doz sınırının 20 mSv olduğunu göstermektedir (AVIDOS, 2024).

Mürettebat, diğer meslek gruplarına kıyasla daha yüksek düzeyde kozmik iyonlaştırıcı radyasyona (CIR) maruz kalmakta ve bu durum, ciddi sağlık riskleri oluşturmaktadır (Scheibler et al., 2022). Özellikle gece vardiyalarında çalışan uçuş görevlileri, artan göğüs kanseri riski ile karşı karşıya kalmaktadır (Meier et al., 2020). Uluslararası Radyolojik Koruma Komisyonu (ICRP) gibi kuruluşlar, doz değerlendirmeleri ve uçuş yönetimi stratejileri ile radyasyon risklerini azaltmayı hedeflemektedir. Önerilen stratejiler arasında personel tahsisi, enlem bazlı rota planlaması ve irtifa ayarlamaları bulunmaktadır (Guembou Shouop et al., 2020; Ahn et al., 2020).

Bu çalışmanın temel amacı, kozmik radyasyonun özellikle uçuş mürettebatı üzerindeki etkilerini inceleyerek, bu maruziyetin potansiyel bir meslek hastalığı olarak değerlendirilip

değerlendirilemeyeceğini analiz etmektir. Mevcut literatürde, radyasyona maruziyetin uzun vadeli etkileri kısmen incelenmiş olmakla birlikte, kozmik radyasyonun mesleki sağlık riski açısından kapsamlı bir analizi yapılmamıştır. Bu çalışma, hem bu alandaki bilgi boşluğunu doldurmayı hem de mevcut yönetmeliklerin iyileştirilmesine yönelik öneriler geliştirmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, uçuş rotaları, irtifa ve güneş aktivitelerine bağlı olarak kozmik radyasyonun farklı coğrafi bölgelerde nasıl değişiklik gösterdiği ve bu durumun mürettebat için sağlık yönetimi stratejileri üzerindeki etkisi değerlendirilecektir. Wang ve arkadaşlarının (2024) çalışmaları, güneş aktiviteleri ve uzay havası olaylarının uçuş gecikmeleri üzerindeki etkilerini incelerken, Alves ve Mairos'un (2006) çalışmaları askeri uçak mürettebatının maruz kaldığı radyasyon dozlarını belirlemiştir. Bu tür çalışmalar, havacılık sektöründeki radyasyon maruziyetini daha iyi anlamamıza ve yönetmemize yardımcı olurken, ilgili sağlık risklerini azaltma yollarını da sunmaktadır.

## **2. Temel Kavramlar (Basic Concepts)**

### **2.1. Radyasyonun Kaynakları ve Doğası (Sources and Nature of Radiation)**

Kozmik radyasyon, Dünya atmosferiyle etkileşime giren yüksek enerjili parçacıklardan oluşur. Bu parçacıkların ana kaynakları galaktik kozmik radyasyon (GCR) ve güneş enerjili parçacıklar (SEP)'dir. GCR, galaksiler arası uzaydan gelen ve MeV ile GeV arasında değişen enerji seviyelerine sahip protonlar, alfa parçacıkları ve ağır atom çekirdeklerinden oluşur. Atmosferimizle çarpıştığında, ikincil parçacıklar ve elektromanyetik radyasyon üretir (Bagshaw, 2008). SEP ise, güneş patlamaları ve koronal kütle atımları sırasında güneşten salınan protonlar, elektronlar ve alfa parçacıklarından oluşur ve özellikle kutup bölgelerinde ve yüksek irtifalarda uçuş yapan hava taşıtları için artan radyasyon seviyeleri risk oluşturur (Alves & Mairos, 2006).

Kozmik radyasyon iki ana kategoriye ayrılır: partiküler radyasyon (protonlar, nötronlar, alfa parçacıkları) ve elektromanyetik radyasyon (gamma ve X ışınları). Atmosfere girdiklerinde, bu radyasyon türleri atmosferdeki moleküllerle çarpışarak enerjilerini kaybeder ve ikincil parçacıklar oluşturur. Uçuş personeli ve sık uçan yolcular, özellikle kutup rotalarında ve yüksek irtifalarda, yüksek radyasyon dozlarına maruz kalır (Kubančák et al., 2019).

Bagshaw (2008) tarafından yapılan bir çalışma, kozmik radyasyonun uçak mürettebatı üzerindeki etkilerini ve galaktik kozmik radyasyonun güneş döngüsü ile olan ilişkisini incelemiştir. Araştırma, uçak mürettebatının yıllık ortalama maruz kalma dozlarının, uçuş yüksekliği ve rotasına bağlı olarak 2-3 mSv arasında değişebileceğini, kısa mesafeli uçuşlarda ise bu değer 1-2 mSv arasında olduğunu ortaya koymuştur. Kubančák ve arkadaşları (2019) tarafından yapılan bir başka çalışma, Çek Cumhuriyeti'nde hava mürettebatının yıllık ortalama etkili dozlarının 1.3 ila 2.1 mSv arasında değiştiğini ve maksimum etkili dozun 5.7 mSv olduğunu göstermiştir.

Atmosferle etkileşim, yüksek enerjili protonlar, alfa parçacıkları ve diğer ağır atom çekirdeklerinin atmosferdeki moleküllerle çarpışması sonucu gerçekleşir. Bu çarpışmalar sırasında pionlar, müonlar, nötronlar ve elektronlar gibi ikincil parçacıklar üretilir ve enerjilerini kaybederler. Yükseklik arttıkça,

atmosferin koruyucu etkisi azalır ve bu ikincil radyasyonun yoğunluğu artar. İyonizasyon süreci, atmosferdeki gaz moleküllerinin elektron kaybetmesine neden olur ve çeşitli kimyasal reaksiyonları tetikler. Bu reaksiyonlar arasında, ozon tabakasını etkileyebilecek nitrik oksit gibi radikal moleküllerin oluşumu bulunur (KLV-022, 2015).

Dünya'daki farklı bölgeler ve farklı irtifalara sahip şehirlerde yapılan ölçüm çalışmaları, yükseklik arttıkça radyasyon dozlarının arttığını göstermektedir. Örneğin, Zugspitze zirvesinde (2962 m) doz oranı yaklaşık 0.1  $\mu\text{Sv/saat}$ 'e, Everest Dağı'nın zirvesinde (8850 m) ise yaklaşık 2  $\mu\text{Sv/saat}$ 'e kadar ulaşmaktadır. Bu veriler, havacılık sektöründe çalışanlar ve sık seyahat eden yolcular için önemlidir. Yüksek irtifada kozmik radyasyon maruziyeti artmaktadır, bu da uzun süreli ve sık uçuş yapanlar için önemli bir sağlık riski oluşturabilir (BfS, 2024).

### **2.1.1. Uçuş Esnasında Maruz Kalınan Radyasyon Dozu (Radiation Dose During Flight)**

Uçuş sırasında radyasyon dozunu etkileyen başlıca faktörler uçuş yüksekliği, süresi, enlem, coğrafi konum ve güneş aktivitesidir. Örneğin, 30.000 feet yükseklikteki radyasyon, deniz seviyesine kıyasla yaklaşık 90 kat daha fazladır (Beck, 2007). Enlem ve coğrafi konum değişiklikleri nedeniyle kutup bölgelerinde radyasyon seviyeleri, ekvatora göre daha yüksektir. Bu, Dünya'nın manyetik alanının kozmik ışınları kutuplara yönlendirmesiyle ilişkilidir (Yasuda, Smith, & Johnson, 2011). Güneş patlamaları gibi güneş aktiviteleri, radyasyon seviyelerini artırabilir (Bagshaw, 2008). Uzun süreli ve kutup bölgelerinden geçen uçuşlar daha yüksek radyasyon dozlarına maruz kalır (Beck, 2007). Radyasyon dozunun maruziyet süresinin artmasıyla arttığı gözlemlenmiştir (Yazıcı at al., 2024).

Yüksek enlemlerde, Dünya'nın manyetik alanı, çoğu kozmik radyasyonu atmosferimizden önce saptırır, bu da özellikle ekvator bölgesinde etkilidir. Ancak, 60 derece kuzey enlemi ve kutuplar arasında atmosfer, bu parçacıklardan yeterince korunamaz ve buradaki radyasyon seviyesi ekvatordakinden 2-3 kat daha yüksektir (Scheibler, Müller, & Stein, 2022; Ibikunle & Ibikunle, 2022).

### **2.1.2. Radyasyon Dozunun Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi (Measurement and Evaluation of Radiation Dose)**

Radyasyon dozunu değerlendirmek için çeşitli yöntemler kullanılır, bunlar arasında termoluminesans dozimetreleri (TLD'ler) ve Geiger-Muller (GM) tüpleri bulunmaktadır (Magdy, Hassan, & Amr, 2023). Ayrıca, gerçek zamanlı sintilatör tabanlı dozimetreler ve radyasyon dozu ölçüm cihazlarına sahip maskeler gibi yenilikçi çözümler de kullanılmaktadır (Putryani & Liu, 2022; Greener & Byrne, 2022). Uçak içine yerleştirilen radyasyon dedektörleri, uçuş boyunca sürekli olarak kozmik radyasyonu ölçer. Radyasyon dozunu hesaplamak için EPCARD, CARI ve SIEVERT gibi bilgisayar modelleme yazılımları da kullanılmaktadır (Yasuda et al., 2011).

### **2.1.3. Kozmik Radyasyonun İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri (Effects of Cosmic Radiation on Human Health)**

Uzun süreli kozmik radyasyon maruziyeti, kanser riskini artırabilir ve DNA hasarına yol açabilir (Bagshaw, 2008). Kozmik radyasyon ayrıca katarakt gibi göz problemlerine neden olabilir ve gebe

mürettebat üyeleri için fetüs üzerinde olumsuz etkilere yol açabilir (Rafnsson, Magnusdottir, & Jónsson, 2005; Alves & Mairos, 2006).

Radyasyon, enerjinin dalgalar veya parçacıklar halinde yayılmasıdır. Radyasyonun iki ana türü vardır. İyonlaştırıcı radyasyo, DNA hasarı, kanser riski, hücre ölümü ve organ hasarı gibi ciddi sağlık problemlerine yol açabilir. Özellikle yüksek doz radyasyona maruz kalındığında, kısa sürede ciddi sağlık sorunları oluşabilir. İyonlaştırmayan radyasyon, radyofrekans dalgaları veya mikrodalgalar gibi iyonlaştırmayan radyasyonlar genellikle düşük enerjiye sahiptir ve hemen belirgin sağlık etkileri yaratmazlar. Ancak uzun süreli maruziyetin bazı sağlık sorunlarına yol açabileceği konusunda tartışmalar devam etmektedir (Karpuz, 2023).

#### **2.1.4. Radyasyondan Korunma Yolları (Radiation Protection Methods)**

Radyasyondan korunma yöntemleri dört ana başlık altında ele alınmış. Bunlar; Kurşun Bariyerler, Kişisel Koruyucu Ekipman, Eğitim ve Farkındalık ve Dozimetre Kullanımıdır (Soyalı & Ortabağ, 2023). Radyoaktiviteden korunma, radyasyonun tipine ve maruziyet düzeyine göre çeşitli yöntemlerle sağlanabilir. Temel korunma stratejileri şunlardır: Zamanı Sınırlama, Mesafeyi Artırma, Koruyucu Kalkanlama, Kişisel Koruyucu Ekipman Kullanımı, Radyasyon İzleme, Eğitim ve Farkındalıktır (Manav, 2023).

Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICRP), ABD Federal Havacılık İdaresi (FAA) ve diğer düzenleyici kuruluşlar, uçuş personelinin ve yolcuların radyasyondan korunması için çeşitli tavsiyelerde bulunmaktadır. Bu önlemler arasında yıllık doz limitleri, uçuş sürelerinin sınırlandırılması ve yüksek radyasyon bölgelerinden kaçınılması yer alır (Beck, 2007; Bagshaw, 2008; Yasuda et al., 2011).

#### **2.2. İş Sağlığı ve Güvenliği ve Meslek Hastalıkları (Occupational Health and Safety, and Occupational Disease)**

İş sağlığı ve güvenliği, çalışanların fiziksel, ruhsal ve sosyal iyilik halini koruma ve iyileştirme amacı güder. Bu alanda çalışmalar, iş yerindeki fiziksel, kimyasal ve biyolojik tehlikeleri azaltmayı, iş-çalışan uyumunu sağlamayı hedefler. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO), iş sağlığı ve güvenliğini, risklerin önlenmesi, kontrol edilmesi ve azaltılması olarak tanımlar ve bu sürecin işverenler, çalışanlar ve devletler arasındaki iş birliğini vurgular (Yiğit, 2013; Demirbilek, 2005).

Endüstrileşme ve teknolojik gelişmelerle birlikte iş sağlığı ve güvenliği daha da önem kazanmıştır. Bu alanda yapılan bilimsel çalışmalar, iş yerlerinde güvenliği artırmanın yanı sıra insan sağlığını korumayı ve işletmelere yönelik riskleri azaltmayı amaçlar. İş sağlığı ve güvenliği uygulamaları, aynı zamanda makinelerin, iş yerlerinin ve çevrenin güvenliğini de kapsar. İSG politikaları, uygulamaları ve kültürü, çalışma yaşamının temel unsurları olarak kabul edilir ve temel insan haklarına katkı sağlar (Chetan & Malaviya, 2023; Orikpete & Ewim, 2023).

İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG), iş kazalarını ve meslek hastalıklarını kapsar ve bu durumlar, iş ortamında çalışanların maruz kaldığı çeşitli faktörlerle ilişkilidir (Kaplancan, 2014). İş kazaları, iş yerinde beklenmedik koşullar ve ekipmanlarla gerçekleşir ve genellikle öngörülemezdir (ILO). 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu iş kazalarını, iş yerinde veya iş ile ilgili faaliyetler sırasında meydana gelen,

ölüme veya ciddi yaralanmalara yol açan olaylar olarak tanımlar. Bu kazalar, teknolojik ve çevresel koşullar, yönetim hataları ve insan faktörlerinin ihmal edilmesi gibi çeşitli etkenlerle tetiklenir (Kaplancan, 2014).

Meslek hastalıkları, işin doğasından kaynaklanan sürekli veya geçici hastalıklar olarak tanımlanır ve bu durum 5510 sayılı Kanun ve İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile düzenlenir. WHO ve ILO, meslek hastalıklarını, işle ilişkili zararlı etkenlerin neden olduğu hastalıklar olarak tanımlar (Tarım, 2017). Tanı ve istatistiksel verilerin eksikliği, meslek hastalıklarının gerçek durumunun tam olarak anlaşılmasını engeller, bu yüzden tanı ve kayıt süreçlerinde iyileştirmeler yapılması gerekmektedir (Harrington et al., 1998).

### **2.2.1. Meslek Hastalıklarının Nedenleri (Causes of Occupational Diseases)**

Meslek hastalıkları, iş yerlerindeki zararlı unsurların vücuda girmesiyle ortaya çıkar ve zamanla sağlığı tehdit eder. Bu hastalıklar, gaz, duman, toz gibi maddelerin bulunduğu ortamlarda, belirli bir iş kazası olmaksızın tüm çalışanları etkileyebilir (Işık Coşkunes, 2008). Meslek hastalıkları, belirli mesleklerle ilişkili olup, iş kazalarından ayrılır.

Meslek hastalıklarına yol açan faktörler fiziksel, kimyasal, biyolojik, psikolojik ve ergonomik olabilir (Hendem, 2007). Fiziksel faktörler iş koşullarını, kimyasal faktörler zararlı kimyasalların etkilerini, biyolojik faktörler ise iş ortamındaki mikroorganizmaları kapsar. Psikolojik faktörler, iş stresi gibi zihinsel sağlık unsurlarını, ergonomik faktörler ise işin fiziksel yapısını ve çalışma koşullarını içerir. Bu faktörlerin bir araya gelmesi, meslek hastalıklarının oluşumuna yol açar.

Meslek hastalıklarını önlemek için, tehlikeli maddelere maruziyeti azaltmak, uygun kişisel koruyucu ekipman sağlamak, düzenli sağlık kontrolleri yapmak ve iş sağlığı eğitimleri vermek önemlidir. Bu önlemlerle, çalışanların sağlığı korunabilir ve güvenli bir iş ortamı sağlanabilir.

### **2.2.2. İş Kazaları ve Meslek Hastalıklarına Sebep Olan Faktörler (Factors Causing Occupational Accidents and Diseases)**

İş kazaları ve meslek hastalıklarına neden olan faktörler, araştırmacılar tarafından farklı sınıflandırmalarla analiz edilmiştir. Araştırmacılar bu faktörleri genellikle "Güvensiz Davranışlar" ve "Güvensiz Durumlar" olarak iki ana kategoride incelemiştir (Yılmaz, 2009; Seber, 2012), bazıları kişisel faktörlere göre bir sınıflama yaparken (Ofloğlu & Uysal, 2000), diğerleri ise nedenleri çevresel, kişisel ve iş yerine özgü faktörler olarak gruplamıştır (Sorm, 2004; Levin, Hewitt & Misner, 1997). Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) nedenleri insan kaynaklı, makine-malzeme kaynaklı ve sosyal-teknik çevre kaynaklı olmak üzere üç ana başlıkta sınıflandırır.

İş kazaları ve meslek hastalıklarının nedenleri, küresel ve ulusal ölçekte farklılık gösterebilir ve sektörel, örgütsel, hatta aynı işi yapan farklı örgütler arasında bile değişebilir.

İş kazaları ve meslek hastalıklarına neden olan faktörler genel kategorileri:

- a. Fiziksel Nedenler
- b. Kimyasal Nedenler
- c. Biyolojik Nedenler
- f. Yöntem ve Süreç Kaynaklı Nedenler
- g. İş Yeri Ortamı Nedenleri

- d. Elektrikle Çalışma Kaynaklı Nedenler
- e. Mekanik Nedenler

- h. Personel Kaynaklı Nedenler
- i. Yönetimsel Nedenler

İş sağlığı ve güvenliği alanında karşılaşılan risk faktörleri çeşitli kategorilere ayrılabilir. Fiziksel nedenler arasında gürültü, sarsıntı, titreşim, yetersiz havalandırma, aydınlatma sorunları, yüksek ve alçak basınç bulunur. Kimyasal nedenler, metaller, asitler, alkaliler, boyalar, pestisitler, gazlar ve kanserojen maddeler gibi tehlikeleri içerir.

Biyolojik nedenler, bakteri ve virüslerle ilgili hastalıkları, biyoteknoloji risklerini, psikolojik sorunları içerir. Elektrikle ilgili nedenler, topraklaması yapılmamış aletler, elektrik tesisatının düzensiz bakımı ve yetkisiz müdahalelerden kaynaklanır.

Mekanik nedenler, makine ve tezgahlardaki koruyucu önlemlerin eksikliğinden, çift el kumanda ve pedal koruyucularının olmamasından ileri gelir. Yöntem ve süreç kaynaklı nedenler, koruyucu teçhizatın devre dışı bırakılması, kişisel koruyucu ekipmanların kullanılmaması, aşırı yük kaldırma ve malzemelerin düzensiz depolanmasını içerir.

İş yeri ortamı nedenleri, düzensiz işyeri düzeni, yetersiz geçitler, çıkış yerleri ve iş alanındaki eksik korkuluklar ve temizlik sorunlarını kapsar. Personel kaynaklı nedenler, yorgunluk, uykusuzluk, dikkatsizlik, işe olan ilgisizlik, eğitim eksikliği ve madde kullanımını içerir. Yönetimsel nedenler, iş sağlığı ve güvenliği programlarının eksikliği, yöneticilerin güvenliğe yeterince önem vermemesi, eğitim ve İSG uygulamalarına destek eksikliğini içerir (Levin, Hewitt & Misner, 1997; Özkılıç, 2005; Takala, 2002).

### **2.2.3. Meslek Hastalıkları Listesi (List of Occupational Diseases)**

ICD-11, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından hazırlanan Uluslararası Hastalık Sınıflandırma sisteminin en güncel versiyonudur. Bu sınıflandırma, sağlıkla ilgili durumları sistematik bir şekilde kodlamak için kullanılır ve meslek hastalıklarını da içerir (Sakowicz ve ark. 2023). Türkiye'de meslek hastalıkları, Sosyal Sigortalar Kanunu Sağlık İşlemleri Tüzüğü'ne ekli olan bir liste ile belirlenir ve bu liste, meslek hastalıklarını beş ana gruba ayırır:

- A Grubu: Kimyasal Madde Kaynaklı Meslek Hastalıkları- Bu grup, 25 ana başlık altında incelenir ve 50'den fazla kimyasal maddeye bağlı olarak meydana gelen hastalıkları kapsar.
- B Grubu: Mesleki Cilt Hastalıkları- Bu grupta, deri kanseri ve kanser dışı deri hastalıkları yer almaktadır.
- C Grubu: Solunum Sistemi Hastalıkları- Pnömonyozlar ve diğer solunum sistemi hastalıkları bu kategori altında değerlendirilir. Örnek hastalıklar arasında silikozis, asbestozis, mesleksel astım ve bisinozis bulunur.
- D Grubu: Mesleksel Bulaşıcı Hastalıklar- Parazit hastalıkları, tropikal hastalıklar ve sağlık hizmetlerinde çalışanlarda görülebilecek hepatit ve tüberküloz gibi hastalıklar bu gruba dahildir.

- E Grubu: Fiziksel Etkenlerle Oluşan Meslek Hastalıkları- Tekrarlayan travmalar, radyasyon, gürültü ve basınç gibi fiziksel nedenlere bağlı meslek hastalıkları bu kategoride yer alır (Akarsu et al., 2013).

### **3. Materyal ve Metot (Materials and Methods)**

Bu çalışma, kozmik radyasyonun havacılık sektörü çalışanları üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla son on yılda yayımlanan bilimsel makaleler, sağlık raporları ve güvenlik verilerini inceleyerek gerçekleştirilmiştir. Havacılık alanında ilk endüstriyel bir ölüm olan koreanair kabin memurunun 25 yıllık uçuş hayatından sonra mide kanseri teşhisi konulduktan 1 ay sonra hayatını kaybetme vakası incelenerek bu olayın bir meslek hastalığı olup olmadığı sorusuna bir cevap aramaktadır. Veri analizi, pilotlar, kabin ekibi ve sık uçan iş insanları gibi grupların radyasyon maruziyetlerini ve bu maruziyetin sağlık üzerindeki etkilerini değerlendirilmiştir.

### **4. Bulgular (Findings)**

#### **4.1.Radyasyon Havacılık Sektöründe Bir Meslek Hastalığına Sebep Olabilir Mi? (Can Radiation Cause an Occupational Disease in the Aviation Sector?)**

Uçuşlar esnasında, yüksek irtifalara çıkılması, atmosferin incilmesi sebebiyle kabin içerisindeki kozmik radyasyon seviyelerinin artmasına yol açmaktadır. Özellikle, kutuplar üzerinden gerçekleştirilen kıtalararası uçuşlarda, güneş ışınlarının yansıma etkisiyle bu radyasyon daha da artmaktadır. Yapılan araştırmalar, uçuş ekiplerinin, nükleer reaktör çalışanlarından bile daha yüksek seviyede radyasyona maruz kaldıklarını ortaya koymaktadır.

2007 yılında Federal Havacılık İdaresi (FAA) tarafından yürütülen bir çalışmada, çeşitli uçak modellerinin kokpit camlarının ultraviyole (UV) ışınlarını ne ölçüde geçirdiği ölçülmüştür. Bu çalışmada, polikarbonat ve çok katmanlı kompozit camlar kullanılan uçaklar incelenmiştir. Bulgular, camların UVB ışınlarının sadece yüzde 1'inden daha azını geçirdiğini göstermiştir. Ancak UVA ışınları için durum farklıdır; plastik camlar, UVA ışınlarına karşı daha dirençlidir ve ölçümler %41 ile %53.5 arasında bir değişkenlik göstermiştir. Bu sonuçlar, özellikle yüksek irtifa uçuşlarında pilotların ve uçuş ekiplerinin göz sağlığını ve genel sağlığını korumak için ek önlemler alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

New Mexico'da yapılan bir araştırma, yolcuların 26 bin ft (yaklaşık 8 km) irtifadan sonra artan radyasyona maruz kaldıklarını ortaya koymuştur. Bu çalışma, UV ışınlarının atmosferde ne kadar az filtrelenip daha zararlı hale geldiğini ve yolcular ile uçuş ekiplerinin potansiyel sağlık risklerini arttırdığını göstermektedir.

Bu bilgiler ışığında, havacılık endüstrisindeki profesyonellerin ve sık uçan yolcuların sağlık risklerini azaltmak için daha fazla koruyucu önlem alması ve bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Özellikle, kokpit camı malzemeleri ve tasarımı üzerinde yapılan iyileştirmeler, radyasyon maruziyetini minimize etmekte önemli bir rol oynamaktadır.

Uçuş ekiplerinin yüksek irtifalarda kozmik radyasyona maruz kalmaları, özellikle kanser gibi çeşitli sağlık sorunlarının görülme sıklığının artmasına neden olan önemli sağlık riskleri oluşturmaktadır. Bu maruziyet, radyasyon seviyelerinin daha yüksek olduğu uzun mesafeli ve transpolar uçuşlarda daha



belirgindir. Uçuş ekipleri, DNA hasarına ve özellikle cilt ve hematolojik kanserler gibi kanser risklerinin artmasına yol açan kozmik iyonlaştırıcı radyasyona (CIR) maruz kaldıkları için "radyasyon işçileri" olarak sınıflandırılır. Ayrıca, yüksek radyasyona maruz kalmak, göz merceğinde hasara yol açarak katarakt oluşum riskini artırabilir. Kozmik radyasyonun üreme sağlığı üzerindeki etkileri de endişe kaynağıdır (Toprani et al., 2024). Maruziyetin ölçülmesi konusunda, Havacılık ve Uzay İyonlaştırıcı Radyasyon Sisteminin Nowcast (NAIRAS) modeli, radyasyona maruz kalmayı gerçek zamanlı olarak değerlendirerek uçuş ekiplerinin karşılaştığı risklerin daha iyi ölçülmesine olanak tanır (Phoenix et al., 2024). Epidemiyolojik çalışmalar, bazı kanser türlerinin uçuş görevlileri arasında artış gösterdiğini, ancak genel kanser oranlarının beklenenden daha düşük olabileceğini, bu durumun bir "sağlıklı işçi etkisi" ile açıklanabileceğini göstermektedir (Park et al., 2023). Belgelenmiş risklere rağmen, kozmik radyasyona maruz kalmanın etkilerini tam olarak anlamak ve uçuş ekipleri için etkili koruyucu önlemler geliştirmek için devam eden araştırmalar gereklidir.

Tablo1. Daha önce yapılmış önemli çalışmalar ve sonuçları

Makale Adı	Referans	Araştırma Sonuçları	Sonuçlar
Cancer Incidence among Female Flight Attendants: A Meta-Analysis of Published Data	Buja, A. et al.2006	Kadın uçuş görevlileri arasında melanoma ve meme kanseri oranlarında belirgin bir artış.	Radyasyon dozlarının hesaplanması ve maruziyetin azaltılması gerektiği vurgulanmış.
Health hazards in the airline industry	Tokumaru, O. 2006	Uçuş görevlileri arasında özellikle meme kanseri ve cilt kanserleri olmak üzere kanser oranlarında artış.	Mesleki risklerin kanser risklerini artırabileceği üzerinde durulmuş.
Cancer incidence in airline cabin crew: experience from Sweden	Linnarsjö, A. et al. 2003	İsveç'teki uçuş görevlileri arasında özellikle cilt kanseri ve meme kanseri olmak üzere kanser insidansında artış.	Kanser taramalarının ve koruyucu önlemlerin artırılmasının önemi vurgulanmış.
Incidence of cancer among Finnish airline cabin attendants, 1967-92	Pukkala, E. et al.1995	Finlandiya'da yapılan uzun süreli çalışma, özellikle meme kanseri ve melanoma riskinin arttığını saptamış.	Sağlık izlemesinin ve koruyucu stratejilerin önemi vurgulanmış.
Incidence of cancer among cabin crew	Rafnsson, V.2000	Uçuş görevlilerinde, özellikle melanom ve meme kanseri riskinde anlamlı bir artış.	Kozmik radyasyona olan yüksek maruziyetinin kanser risklerini artırabileceği öne sürülmüş.
Mortality and cancer incidence in cabin crew	Zeeb, H. 2002	Uçuş görevlileri arasında genel kanser mortalitesi düşük, ancak belirli kanser türleri için artış gözlemlenmiş.	Sağlık durumlarının düzenli olarak izlenmesi gerektiği vurgulanmış.
Air crew radiation exposure—A new study	Band, P. R. 1996	Özellikle yüksek irtifa ve kutup rotalarında, önemli miktarda kozmik radyasyona maruz kalınmış.	Radyasyon maruziyetinin yönetilmesi ve azaltılması için önerilerde bulunulmuş.

Makale Adı	Referans	Araştırma Sonuçları	Sonuçlar
Radiation exposure of aircrew	Stewart, P. A.1999	Uçuş yolları ve sürelerine bağlı olarak uçuş görevlilerinin radyasyon dozlarında önemli farklılıklar saptanmış.	Radyasyon maruziyet limitlerinin gözden geçirilmesi gerektiği önerilmiş.

Havacılık çalışanları arasında yapılan araştırmalar, bu meslek grubunun özellikle cilt kanseri, meme kanseri ve melanom gibi kanser türlerine yakalanma riskinin arttığını göstermektedir. Araştırmalar, uçuş görevlilerinin yüksek irtifalarda kozmik radyasyona maruz kalmalarının ve bunun sonucunda bu kanser türlerinin daha sık görülmesinin bu risk artışında etkili olduğunu belirtmektedir.

Bu bulgular, radyasyonun meslek hastalığı olarak kabul edilmesi için güçlü kanıtlar sunmaktadır. Radyasyon, özellikle iyonlaştırıcı radyasyon, DNA hasarı ve kanser gibi ciddi sağlık sorunlarına neden olabilir. Bu, özellikle uzun süreli ve yüksek dozda maruz kaldığında, iş ile ilişkili sağlık riskleri olarak kabul edilmektedir. Uçuş görevlilerinin sağlık durumlarının düzenli olarak izlenmesi ve radyasyon maruziyetlerinin yönetilmesi ve azaltılması önerilmektedir.

Mevcut araştırma bulguları, radyasyonun havacılık çalışanları için potansiyel bir meslek hastalığına neden olabileceğini desteklemektedir. Bu tür bir meslek hastalığının tanınması, etkilenen çalışanlar için sağlık izleme, koruma önlemleri ve gerektiğinde tazminat sağlama gibi önemli sonuçlar doğurabilir.

Radyasyonun meslek hastalığı olarak tanınması, bu tür sağlık risklerinin yönetilmesi açısından çeşitli yararlar sağlayabilir. Öncelikle, havacılık sektöründe çalışanlar için düzenli sağlık taramalarının yapılması, erken teşhis ve tedavi olanaklarını artırabilir. Kanser gibi ciddi hastalıkların erken evrelerde tespit edilmesi, tedavi başarısını önemli ölçüde yükseltir ve bireylerin yaşam kalitesini korumalarına yardımcı olur.

Ayrıca, radyasyon maruziyeti konusunda bilinçlendirme ve eğitim programları, çalışanların kendilerini nasıl daha iyi koruyabilecekleri konusunda bilgi sahibi olmalarını sağlar. Bu tür programlar, özellikle radyasyon maruziyetinin azaltılması için alınabilecek önlemler, kişisel koruyucu ekipman kullanımı ve maruziyetin monitör edilmesi gibi konuları kapsayabilir.

Radyasyon maruziyeti ile ilişkili meslek hastalığının tanınması, aynı zamanda etkilenen bireyler için hukuki ve finansal destek mekanizmalarının devreye girmesini sağlayabilir. Bu, işverenlerin çalışma ortamlarını daha güvenli hale getirmek için gerekli yatırımları yapmalarını teşvik edebilir ve çalışanların maruz kaldıkları sağlık riskleri için adil tazminat almalarını garanti altına alabilir. Bu tür bir tanıma, aynı zamanda sektör genelindeki sağlık ve güvenlik standartlarının yükseltilmesine de katkıda bulunabilir, böylece benzer sağlık sorunlarının önlenmesine yardımcı olur.

#### **4.2.Kozmik Radyasyonun Havacılık Sektöründe Sağlık Üzerine Etkileri: Bir Endüstriyel Ölüm Vakası İncelemesi (The Effects of Cosmic Radiation on Health in the Aviation Sector: An Examination of an Industrial Death Case)**

Bir kabin memurunun 25 yıllık hizmet süresi boyunca Kore Hava Yolları'nda görev yaparken mide kanseri teşhisi almasının ardından bir ay sonra ölümü, Güney Kore'de kozmik radyasyonun olası sağlık etkileri hakkında önemli tartışmaları tetiklemiştir. Bu personel, 1995 ile 2022 yılları arasında yıllık ortalama 1.022 saat uçuş yapmış, bu süreçte gerçekleştirilen uçuşların yarısı Kuzey Amerika ve Avrupa'ya yapılmıştır; bu destinasyonlar, Dünya'nın manyetik alanının Kuzey Kutbu üzerinde radyasyonun daha yoğun olduğu bölgelerdir. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın da teyit ettiği bu yoğun radyasyon bölgeleri, Coran Air tarafından çalışanın kanser vakası ile doğrudan bir ilişki olarak kabul edilmemiştir. Şirket, çalışanların radyasyon maruziyetlerinin düzenli olarak güncellendiğini ve verilerin titizlikle yönetildiğini savunmaktadır.

Güney Kore'de sosyal yardım ve işçi tazminatı servisleri, bahsi geçen kabin görevlisinin vefatının başlıca nedeni olarak yüksek düzeyde radyasyon maruziyetini göstermiş ve bu, kozmik radyasyonun endüstriyel ölüm vakaları içerisinde resmi olarak tanınmasına sebep olmuştur. Bu olay, ulusal düzeyde sağlık risklerinin yönetilmesine yönelik kapsamlı tedbirlerin alınmasını zorunlu kılmıştır.

Sonrasında, Güney Kore hükümeti, kabin ekiplerinin kozmik radyasyona daha az maruz kalmasını sağlamak için 2022 Haziran'ında uluslararası uçuşlar için maksimum sayı sınırlamaları getirmiştir. Bu düzenleme, havacılık sektöründe çalışanların sağlığının korunması yönünde atılan önemli adımlardan biri olarak görülmekte ve sektörde sağlık risklerinin daha titiz bir şekilde ele alınmasının gerekliliğine vurgu yapmaktadır.

Bu olay, havacılık endüstrisinde kozmik radyasyon maruziyetinin potansiyel sağlık risklerine dair uluslararası alanda daha fazla araştırma yapılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır ve gelecekteki çalışmalar için bir referans noktası oluşturmaktadır (Comwel, 2023).

## **5. Sonuç ve Öneriler (Conclusion and Recommendations)**

Bu araştırma, kozmik radyasyonun havacılık sektöründe çalışanlar üzerindeki potansiyel etkilerini ve meslek hastalığına neden olma olasılığını incelemiştir. Bulgular, uzun mesafeli uçuşlarda ve yüksek irtifalarda görev yapan uçuş ekiplerinin, kozmik radyasyona maruz kalma riskinin ciddi boyutlarda olduğunu ortaya koymaktadır. Uçuş ekibi, yüksek enerjili parçacıkların etkisine sürekli olarak maruz kalmakta ve bu durum kanser, katarakt gibi sağlık sorunlarının oluşma riskini artırmaktadır. Ayrıca, güneş aktiviteleri ve uçuş rotası gibi faktörler de bu maruziyeti daha da yükselten unsurlardır.

Bu bulgular ışığında, kozmik radyasyonun olumsuz etkilerini azaltmak için şu öneriler sunulmaktadır:

**Düzenli Sağlık Taramaları:** Havacılık çalışanlarının düzenli aralıklarla radyasyon maruziyetine bağlı sağlık kontrollerinden geçirilmesi sağlanmalıdır. Bu taramalar, özellikle kanser ve katarakt gibi uzun vadede ortaya çıkabilecek sağlık sorunlarının erken teşhisine olanak tanınmalıdır.

**Uçuş Süresi ve Sıklığının Sınırlandırılması:** Uçuş personelinin yıllık uçuş saatleri belirli bir sınıra altında tutulmalı ve özellikle yüksek radyasyon bölgelerine yapılan uçuşlarda görev süreleri dikkatle planlanmalıdır. Yüksek radyasyon düzeyine sahip uçuşlar için özel izin ve kısıtlamalar uygulanmalıdır.

Güneş Aktivitesinin İzlenmesi ve Uçuş Rotalarının Optimize Edilmesi: Güneş aktivitelerinin arttığı dönemlerde uçuş rotaları, radyasyon riskinin minimize edilebileceği şekilde düzenlenmelidir. Kutup rotaları gibi yüksek radyasyon riski taşıyan bölgelere yapılan uçuşlar, güneş aktivitelerinin yoğun olduğu dönemlerde mümkün olduğunca sınırlandırılmalıdır.

Eğitim ve Farkındalık Programları: Uçuş ekibi, kozmik radyasyon riskleri ve korunma yolları konusunda düzenli olarak eğitilmelidir. Bu eğitimlerde, maruziyeti azaltma stratejileri ve kişisel korunma önlemleri hakkında bilgilendirme yapılmalıdır.

Araştırmaların Desteklenmesi: Kozmik radyasyonun uzun vadeli etkilerinin daha iyi anlaşılması ve uçuş personeli için güvenlik standartlarının geliştirilmesi amacıyla daha fazla bilimsel araştırma yapılmalıdır. Bu araştırmalar, özellikle maruziyet dozlarını doğru hesaplayabilecek yeni teknolojiler ve ölçüm yöntemleri üzerinde yoğunlaşmalıdır.

Kozmik radyasyonun havacılık çalışanları üzerindeki etkileri göz ardı edilemeyecek kadar önemlidir ve bu risklerin yönetimi için daha kapsamlı önlemler alınması gerekmektedir.

Sonuç olarak, havacılık sektöründe çalışanlar için kozmik radyasyon maruziyetinin meslek hastalığı olarak tanımlanması için daha fazla araştırma yapılmalı ve ortaya çıkan bütün vakaların analiz edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

### **Kaynaklar (Resources)**

Abhijit, R., Ritabrata, S., & Choosik, L. (2021). Extensive study of radiation dose on human body at aviation altitude through Monte Carlo simulation. *Life Sciences in Space Research*. <https://doi.org/10.1016/J.LSSR.2021.07.001>

Ahn, H.-B., Kim, K.-W., & Choi, Y.-C. (2020). A study on the reduction of cosmic radiation exposure by flight crew. *KSAA*, 28(1), 1-9. <https://doi.org/10.12985/KSAA.2020.28.1.001>

Alves, J. G., & Mairos, J. C. (2006). In-Flight Dose Estimates for Aircraft Crew and Pregnant Female Crew Members in Military Transport Missions. *Radiation Protection Dosimetry*, 125(1-4), 433-437. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncl560>

Akarsu, H., Ayan, B., Çakmak, E., Doğan, B., Boz Eravcı, D., Karaman, E., & Koçak, D. (2013). Meslek hastalıkları. ÇASGEM, Ankara.

Atakan, Y. (2014). Radyasyon ve sağlığımız. Nobel Yayınları. [https://www.nobelkitap.com/kitap\\_113005\\_radyasyon-ve-sagligimiz.html](https://www.nobelkitap.com/kitap_113005_radyasyon-ve-sagligimiz.html)

Atakan, Y. (2019). Uçaklarda kozmik radyasyon dozu. *Radyasyon ve Sağlığımız*. <https://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2019/07/UCAKLARDA-KOZMIK-DOZ-ata-SON-280719.pdf>

AVIDOS Web sitesi. (2024, April 25). Retrieved from <https://www.seibersdorf-laboratories.at/en/products/ionizing-radiation/dosimetry/avidos/what-is-avidos>

Bagshaw, M. (2008). Cosmic radiation in commercial aviation. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 6(3), 125-127. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2007.10.003>

Band, P. R. (1996). Air crew radiation exposure—A new study. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 67(10), 987-994.

Bartlett, D. T., McAulay, I. R., Schrewe, U. J., Schnuer, K., Menzel, H.-G., Botoulier-Depoix, J.-F., Dietze, G., Gmür, K., Grillmaier, R. E., Heinrich, W., Lim, T., Lindborg, L., Reitz, G., Schraube, H., Spurny, F., & Tommasino, L. (1997). Dosimetry for occupational exposure to cosmic radiation. *Radiation Protection Dosimetry*, 70(1-4), 395-404. Nuclear Technology Publishing.

Beck, P., Latocha, M., Dorman, L., Pelliccioni, M., & Rollet, S. (2007). Measurements and simulations of the radiation exposure to aircraft crew workplaces due to cosmic radiation in the atmosphere. *Radiation Protection Dosimetry*, 126(1-4), 564-567. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncm114>

Bottollier-Depois, J. F., Beck, P., Bennett, B., Bennett, L., Büttikofer, R., Clairand, I., & Wissmann, F. (2009). Comparison of codes assessing galactic cosmic radiation exposure of aircraft crew. *Radiation Protection Dosimetry*, 136(4), 317-323. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncp159>

BfS. (2024). Air crew monitoring: Methodology. Bundesamt für Strahlenschutz. Retrieved from <https://www.bfs.de/EN/topics/ion/radiation-protection/occupation/methodology/air-crew-monitoring.html>

Buja, A., et al. (2006). Cancer Incidence among Female Flight Attendants: A Meta-Analysis of Published Data. *Journal of Occupational Health*, 48(3), 221-230.

Camkurt, M. Z. (2013). Çalışanların kişisel özelliklerinin iş kazalarının meydana gelmesi üzerindeki etkisi. *TÜHİS İş Hukuku ve İktisat Dergisi*, 20(6)/25(1-2), 70-101.

Chetan, S., & Malaviya, P. R. (2023). Review of occupational health and safety management system and hazards controls in the motion & industrial automation products manufacturing industries. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology (IJARSCT)*, 3(3), 341. <https://doi.org/10.48175/IJARSCT-11456>

Christopher, Scheibler., Sneh, M., Toprani., Irina, Mordukhovich., Matthew, Schaefer., Steven, J., Staffa., Zachary, D., Nagel., Eileen, McNeely. (2022). Cancer risks from cosmic radiation exposure in flight: A review. *Frontiers in Public Health*, 10, 947068. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.947068>

Daniel, Phoenix., C., J., Mertens., Guillaume, Gronoff., W., Kent, Tobiska. (2024). Characterization of Radiation Exposure at Aviation Flight Altitudes Using the Nowcast of Aerospace Ionizing Radiation System (NAIRAS). <https://doi.org/10.22541/au.170603902.25477539/v1>

Demirbilek, T. (2005). İş güvenliği kültürü. Legal Yayıncılık, İzmir.

Demircioğlu, A. M., & Kaplan, H. A. (2013). 6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği yasası çerçevesinde işyerinde iş sağlığı ve güvenliği örgütlenmesi. *Sicil İş Hukuku Dergisi*, 2013(II) Sayı 30, 5-23.

De Oliveira Vasconcelos, R. (2022). Radiation, space weather. In *Space Weather and Its Effects* (pp. 56-78). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003338277-4>

Gerold, A. (2023). The secondary cosmic radiation. In *UNITEXT for Physics* (pp. 234-256). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-24762-0\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-031-24762-0_10)

Gito, S., Purwanto, B., Santoso, M., Yumei, S., & Santi, M. (2023). The effect of novel coronavirus disease (COVID-19) on air transport. *Nucleation and Atmospheric Aerosols*. <https://doi.org/10.1063/5.0110645>

Greener, T., & Byrne, J. (2022). Dosimetry: Measuring radiation dose. In A. Sibtain, A. Morgan, & N. MacDougall (Eds.), *Physics for Clinical Oncology* (2nd ed., Radiotherapy in Practice, pp. 56-112). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/med/9780198862864.003.0005>

Guembou Shouop, C. J., Ndontchueng Moyo, M., Nguelem Mekongtso, E. J., Cho, K., & Strivay, D. (2020). Radiological protection requirements with regard to cosmic ray exposure during air travel. *European Physical Journal Plus*, 135, 468. <https://doi.org/10.1140/EPJP/S13360-020-00468-8>

Harrington, J. M., Gill, F. S., Aw, T. C., & Gardiner, K. (1998). *Occupational health* (4th ed.).

Hee-Bok, A., Kyu-Wang, K., & Youn-Chul, C. (2020). A study on the reduction of cosmic radiation exposure by flight crew. *KSAA*, 28(1), 1-9. <https://doi.org/10.12985/KSAA.2020.28.1.001>

Hendem, B. (2007). İşçi sağlığı ve iş güvenliğinde kullanılan kişisel koruyucu donanımlar ve standartları (Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü). Ankara.

Işık Coşkunes, F. (2008). Kanserojen kimyasal maddeler ve iş sağlığı ve güvenliği. İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Türkiye Cumhuriyeti.

Ibikunle, S., B., Ibikunle, B., C., A., C. (2022). Estimation of Cosmic Effect on Background Nuclear Radiation. *International journal of research and review*. <https://doi.org/10.52403/ijrr.20220310>

Jacob, A., & Rengaraj, M. (2015). A study on the influence of job stress in organisational factors. *International Journal of Computer Engineering and Sciences*, 1(3), 6.

Kaplanca, B. (2014). İş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının işgörenlerin tutumuna etkisi (Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi).

K-COMWEL. (2023, November 6). Total care services. Retrieved from <https://www.comwel.or.kr/eng/index.jsp>

Karpuz, N. (2023). Radiation attitudes in associate degree students. *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering*, 9(3), 238-247.

KL-022 Kozmik Radyasyon Sebebiyle Uçuş Personelinin Maruz Kaldığı Radyasyon Dozunun Değerlendirilmesine İlişkin Kılavuz. (2015). Türkiye Atom Enerjisi Kurumu.

Kubančák, J., Kyselová, D., Kovář, I., Hlaváčová, M., Langer, R., Strhářský, I., Kudela, K., Davídková, M., & Ploc, O. (2019). Overview of aircrew exposure to cosmic radiation in the Czech Republic. *Radiation Protection Dosimetry*, 1-4. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncz204>

Linnarsjö, A., et al. (2003). Cancer incidence in airline cabin crew: Experience from Sweden. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 29(4), 317-322.

Levin, F. P., Hewitt, B. J., & Misner, T. S. (1997). Emergency nurses: Final report submitted to Emergency Nurses Foundation (pp. 249-254).

Magdy, M., Zaky, A., Hefnawy, M., Elhefnawy, M., Shabib, T., & Mongy, M. (2023). Evaluation of the effectiveness of radiation detection systems in measurement of equivalent dose rate for nuclear reactor workers. *Radiation Physics and Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2023.111153>

Manav, R. (2023). Determining the relationship of awareness of radioactivity and radiation protection with the level of education in Turkey. *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering (IJCESEN)*, 9(4), 354-358.

Marcin, K., Mateusz, T., Michał, Ł., & Alina, O. (2017). Air transport and the spread of infectious diseases.

Matthias, M., Meier, K. C., Klöble, K. E. J., Matthiä, D., Plettenberg, M. C., Schennetten, K., Wirtz, M., & Hellweg, C. E. (2020). Radiation in the atmosphere—A hazard to aviation safety? *Atmosphere*, 11(12), 1358. <https://doi.org/10.3390/ATMOS11121358>

Meier, M. M., Copeland, K., Klöble, K. E. J., Matthiä, D., Plettenberg, M. C., Schennetten, K., Wirtz, M., & Hellweg, C. E. (2020). Radiation in the atmosphere—A hazard to aviation safety?. *Atmosphere*, 11(12), 1358. <https://doi.org/10.3390/ATMOS11121358>

Michelle, P. (2023). Cosmic radiation. In *Comprehensive Physics* (pp. 123-145). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-90440-7.00023-5>

Orikpete, O. F., & Ewim, D. R. E. (2023). Adoption of occupational health and safety as a fundamental human right and its implications for Nigerian workers. *International Journal of Occupational Safety and Health*, 13(3), 396–408. <https://doi.org/10.3126/ijosh.v13i3.51385>

Özkılıç, Ö. (2005). İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemleri ve risk değerlendirme metodolojileri. TİSK Yayınları.

Park, D. J., Park, S., Ma, S., Seo, H., Lee, S.-G., & Lee, K.-E. (2022). Assessment of risks for breast cancer in a flight attendant exposed to night shift work and cosmic ionizing radiation: A case report. *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 34, e5. <https://doi.org/10.35371/aoem.2022.34.e5>

Pukkala, E., et al. (1995). Incidence of cancer among Finnish airline cabin attendants, 1967-92. *BMJ*, 311(7006), 649-652.

Putryani, D., Anam, C., Hidayanto, E., Sutanto, H., Hafsatul, A., Lintang, N., Fatichah, D. A., Rukmana, G., & Dougherty, G. (2022). Evaluation of radiation dose accuracy calculated using IndoseCT software with direct measurement of resin-polyester phantoms. *Radiation Physics and Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2022.110473>

Rafnsson, V. (2000). Incidence of cancer among cabin crew. *Occupational and Environmental Medicine*, 57(3), 175-179.

Rafnsson, V., Olafsdottir, E., Hrafnkelsson, J., Sasaki, H., Arnarsson, A., & Jonasson, F. (2005). Cosmic radiation increases the risk of nuclear cataract in airline pilots: A population-based case-control study. *Archives of Ophthalmology*, 123(8), 1102-1105. <https://doi.org/10.1001/archophth.123.8.1102>

Sakowicz, M., Jagielska, B., Bodnar, L., Jaroszyński, J., & Krzakowski, M. (2023). Implementation of the Polish version of the 11th revision of the International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems (ICD-11): Importance for oncology. *Oncology in Clinical Practice*. <https://doi.org/10.5603/ocp.2023.0032>

Scheibler, C., Toprani, S. M., Mordukhovich, I., Schaefer, M. S. J., Staffa, Z. D., Nagel, E., & McNeely, C. (2022). Cancer risks from cosmic radiation exposure in flight: A review. *Frontiers in Public Health*, 10, 947068. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.947068>

Sneh, M., Toprani., Christopher, Scheibler., Irina, Mordukhovich., Eileen, McNeely., Zachary, D., Nagel. (2024). Cosmic Ionizing Radiation: A DNA Damaging Agent That May Underly Excess Cancer in Flight Crew. <https://doi.org/10.20944/preprints202406.0398.v1>

Soojin, Park., Ga, Bin, Lee., Haesu, Jeong., S., Jung., Songwon, Seo. (2023). Cancer risk from occupational cosmic radiation exposure in flight attendants: A systematic review and meta-analysis. *Environmental health perspectives*. <https://doi.org/10.1289/isee.2023.ep-125>

SORM. (2004). RMTSA guidelines. Retrieved from <http://www.sorm.state.tx.us/rmtsa-introduction/rmtsa-volume-three-table-of-contents-2/subchapter-7-20/rmtsa-vol-iii-section-two-chapter-1-subchapter-1-1> (Accessed on January 20, 2024)

Soyalı, H., & Ortabağ, T. (2023). Radiation safety for operating room technicians. *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering*, 9(3), 260-266.

Stewart, P. A. (1999). Radiation exposure of aircrew. *Radiation Protection Dosimetry*, 86(1), 5-12.

Takala, J. (2002). Introductory report: Decent work – safe work. XVIth World Congress on Safety and Health at Work, Vienna, 27 May 2002.

Tarım, M. (2017). Kimya sektöründe iş kazaları ve meslek hastalıkları. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 16(32), 49-64.

Tokumaru, O. (2006). Health hazards in the airline industry. *Journal of Clinical Oncology*, 24(14), 2173-2180.

Tuncay, C., & Ekmekçi, Ö. (2011). *Sosyal Güvenlik Hukuku Dersleri*. İstanbul.

Türkiye Cumhuriyeti. (2012). 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. *Resmî Gazete*, Sayı: 28339.

Wang, Y., Xu, X. H., Wei, F. S., Feng, X. S., Bo, M. H., Tang, H. W., Wang, D. S., Bian, L., Wang, B. Y., Zhang, W. Y., Huang, Y. S., Li, Z., Guo, J. P., Zuo, P. B., Jiang, C. W., Xu, X. J., Zhou, Z. L., & Zou, P. (2024). The Effects of Space Weather on Flight Delays. Institute of Space Science and Applied Technology, Harbin Institute of Technology, Shenzhen, China; Travelsky Mobile Technology Limited, Beijing, China; Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing, China; Beijing Normal University, Beijing, China; State Key Laboratory of Lunar and Planetary Sciences, Macau University of Science and Technology, Macao, China.

Yasuda, H., Sato, T., Yonehara, H., Kosako, T., & Fujitaka, K. (2011). Management of cosmic radiation exposure for aircraft crew in Japan. *Radiation Protection Dosimetry*. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncr133>

Yang, Z.-Y., Tsai, B.-S., Huang, Y.-S., & Sheu, R.-J. (2023). Simulation of cosmic rays inside an aircraft: spectral perturbation and dose reduction due to aircraft structures and contents. *Radiation Protection Dosimetry*, 199(11), 1174-1183. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncad154>

Yazıcı, S. D., Günay, O., Tuñçman, D., Kesmezacar, F. F., Yeyin, N., Aksoy, Ş. H., ... & Karacam, S. (2024). C-arm floroskopisinde oral boşluğun radyasyon maruziyetinin değerlendirilmesi: Bir doz analizi. *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering*, 10(2), 181-188.

Yılmaz, G. (2009). İş kazalarının nedenleri ve maliyetleri. *Makine ve Mühendis*, 50(592), 27-32.

Yiğit, A. (2013). *İş güvenliği* (2. basım). Dora Yayıncılık, Bursa.

Zarrouk, N., & Bennaceur, R. (2008). Estimates of cosmic radiation exposure on Tunisian passenger aircraft. *Radiation Protection Dosimetry*, 130(4), 419-426. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncn098>



Zeeb, H. (2002). Mortality and cancer incidence in cabin crew. *Occupational Medicine*, 52(8), 429-436.