

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma Makalesi / Research Article

- Güneş Enerjili Hafif Aracın Arka Salıncak Kolunun Topoloji Optimizasyonu Çalışması
Topology Optimization Study for Rear Swing Arm of a Lightweight Solar-Powered Vehicle TUR 42 - 49
[Mert KİP, Aytac GOREN](#)
- Lazer Kaynağı ile Kaynak Yapılan Alüminyum Alaşımlarının Mekanik Özelliklerinin Araştırılması ve Kaynak Parametrelerinin Taguchi ve ANOVA Yöntemleri Kullanılarak Optimizasyonu
Investigation of Mechanical Properties of Aluminum Alloys Welded by Laser Welding and Optimization of Welding Parameters Using Taguchi and ANOVA Methods TUR 50 - 59
[Mehmet Şükrü ADİN](#)
- The Effect of Damage Line and Patch Dimensions on Tensile Stress Behavior in Repair of Aluminum Plates
Alüminyum Levha Tamirinde Hasar Hattı Ve Yama Ölçülerinin Çekme Gerilme Davranışına Etkisi ENG 60 - 67
[Abdullah ŞİŞMAN](#)
- Hastanelerin Radyasyon Alanlarını İçeren Birimlerde Görev Alan Sağlık Çalışanlarında İş Sağlığı ve Güvenliği İkliminin Değerlendirilmesi
Evaluation of Occupational Health and Safety Climate in Health Workers Working in Units Containing Radiation Fields of Hospitals TUR 68 - 79
[Selim ÖĞÜT, Güfte CANER AKIN](#)



English Webpage : <https://dergipark.org.tr/en/pub/jster>

Turkish Webpage: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jster>



RESEARCH ARTICLE

Topology Optimization Study for Rear Swing Arm of a Lightweight Solar-Powered Vehicle

* Mert Kip, ¹ Aytaç Gören

* Dokuz Eylül University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Mechatronics Engineering, İzmir, Türkiye
kip.mert@ogr.deu.edu.tr, orcid.0000-0002-7301-5428

¹Dokuz Eylül University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Mechatronics Engineering, İzmir, Türkiye
aytac.goren@deu.edu.tr, orcid.0000-0002-7954-1816

HIGHLIGHTS

- *Finite element analysis of the independent rear suspension system under quasi-static loads*
- *Multi-step density-based topology optimization method within the scope of optimization*
- *Material selection and production in lightweight component design in electric vehicles*

Keywords:

- Solar-Powered Vehicle
- Lightweight Part
- Rear Swing Arm
- Finite Element Analysis
- Topology Optimization

Article Info:

Received : 07 July 2022

Accepted : 10 August 2022

DOI:

10.53525/jster.1141878

*Correspondence:

Mert Kip,
kip.mert@ogr.deu.edu.tr
Tel: +90 537 2488606

GRAPHICAL ABSTRACT

In this study, the design improvement of the rear swing arm used in the independent rear suspension system of a single-wheel drive solar-powered vehicle was carried out by topology optimization. First of all, the quasi-static standard load conditions for the driving conditions of the solar-powered vehicle were examined, and the static analysis of the rear suspension system was performed using the finite element method. Considering the critical stress regions in the rear swing arm, a rough model was created with the same geometrical boundaries. Multi-step topology optimization is applied to this model. Finite element analysis was performed under the same boundary conditions to validate the optimized design. (Table A) The main purpose of this study is to provide an improved model by reducing the stress concentration of the rear swing arm.

Parameter\Model	Original	Optimization	Optimized
Deformation (mm)	5,167	3,575	3,754
Von-Mises stress (MPa)	160,7	139,8	125,7
Mass (kg)	1,232	1,385	1,228

Table A. Comparison of the results of the rear swing arm models

Aim of Article: *The key purpose of this study is to provide an improved model for better stress distribution on the rear swing arm.*

Theory and Methodology: *A multi-step density-based structural topology optimization has been carried out by examining standard load conditions of the rear swing arm, which is one of the suspension system parts of a solar-powered light vehicle.*

Findings and Results: *It was observed that high stresses occurred around the suspension lower linkage region in all finite element analyses. In the new design obtained using topology optimization, it has been shown that the equivalent stress in these regions is reduced by about 22% compared to the existing design. In addition, numerical results show that the deformation is reduced by 27%, proving that the new design is more robust and rigid.*

Conclusion: *It has been achieved to reduce the stress values without increasing the weight of the rear swing arm. With this pioneering study, it is recommended to apply the method to other components of the suspension system as well.*



ARAŞTIRMA MAKALESİ

Güneş Enerjili Hafif Aracın Arka Salıncak Kolunun Topoloji Optimizasyonu Çalışması

* Mert Kip, ¹ Aytaç Gören

*Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği, İzmir, Türkiye.
kip.mert@ogr.deu.edu.tr, Orcid.0000-0002-7301-5428

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği, İzmir, Türkiye.
aytac.goren@deu.edu.tr, Orcid.0000-0002-7954-1816

Alıntı / Citation :

Kip, M., Gören, A. (2022). Topology Optimization Study for Rear Swing Arm of a Lightweight Solar-Powered Vehicle, Journal of Science Technology and Engineering Research, 3(2): 42-49. DOI: 10.53525/jster.1141878

ÖNE ÇIKANLAR / HIGHLIGHTS

- Bağımsız arka süspansiyon sisteminin yarı statik yükler altında sonlu elemanlar analizi uygulaması
- Optimizasyon kapsamında çok adımlı yoğunluk tabanlı topoloji optimizasyonu yönteminin kullanılması
- Elektrikli araçlarda hafif parça tasarımında malzeme seçimi ve üretimin önemi

Makale Bilgileri - Article Info

Geliş Tarihi: 07 Temmuz 2022
Kabul Tarihi: 10 Ağustos 2022

DOI: 10.53525/jster.1141878

*Sorumlu Yazar /
Correspondence :

Mert Kip,
kip.mert@ogr.deu.edu.tr
Tel: +90 537 2488606

ÖZET / ABSTRACT

Bu çalışmada, tek tekerlekten tahrikli bir güneş enerjili aracın bağımsız arka süspansiyon sisteminde kullanılan arka salıncak kolunun tasarım iyileştirmesi, topoloji optimizasyonu yöntemi yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Öncelikle güneş enerjili aracın sürüş koşullarına göre yarı statik standart yük durumları incelenmiş ve arka süspansiyon sisteminin sonlu elemanlar metoduyla statik analizi yapılmıştır. Arka salıncak kolundaki kritik gerilme bölgeleri göz önünde bulundurularak bir kaba model, geometrik sınırları aynı kalmak şartıyla oluşturulmuştur. Bu model için çok adımlı topoloji optimizasyonu uygulanmıştır. Elde edilen son tasarımı doğrulamak için aynı sınır şartlarında sonlu elemanlar analizi yapılmıştır. Bu çalışmanın ana amacı, arka salıncak kolunun gerilme konsantrasyonunu düşürerek geliştirilmiş bir model sağlamaktır.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjili Araç, Hafif Parça, Arka Salıncak Kolu, Sonlu Elemanlar Analizi, Topoloji Optimizasyonu

I. GİRİŞ [INTRODUCTION]

Küresel iklim değişikliği ve sera gazı emisyonları ile ilgili son çevresel sorunlar, otomotiv üreticilerini yakıt tasarruflu bunun bir gerekliliği olarak da daha hafif araçların odaklanmaya sevk etti [1]. Kütle optimizasyon teknolojisi, tüm elektrikli bileşenlerin boyutunu aracın toplam kütlesine göre tasarlama gerekliliği nedeniyle, elektrik tahrikli araçlar için geleneksel araçlardan daha önemlidir [2]. Bu nedenle, dünya çapındaki çeşitli üniversite araştırma grupları tarafından uluslararası yarışmalar için katılmak üzere güneş enerjili araçlar geliştirilmiştir [3, 4].

Güneş enerjisiyle çalışan araçların mekanik ve yapısal tasarımına bakıldığında birçok fonksiyonel ve teknik bileşenin geleneksel araçlardan farklı olduğu görülmektedir [5]. Bu nedenle güneş enerjisi araçları için özel ve yenilikçi tasarım çözümleri gerekmektedir. Bunlardan birisi de güneş enerjili araçların kullanım amacına uygun, kabul edilebilir bir araç dinamiği kabiliyeti elde etmek için süspansiyon sisteminin tasarımı ve ağırlık dağılımının seçimidir [6].

Bu çalışmada tartışılan güneş enerjili araç (Şekil 1) Solaris Güneş Arabaları Ekibi tarafından tasarlanmış ve 2019 yılında üretilmiş 6. güneş enerjili araçtır. 80 kg ağırlığında bir sürücünün kullanacağı araç, enerji tüketimi açısından

verimli olacak şekilde katamaran tipi aerodinamik gövde modeli ile geliştirilmiştir. Karbon fiber takviyeli polimer (CFRP) monokok, yapısal ve yapısal olmayan parçalar ve diğer bazı ayırt edici teknik özelliklerle donatılmıştır. Güneş enerjili aracın toplam kütlesi 280 kg'dır. 4 m² m-Si fotovoltaik (PV) panel, 20 kg lityum-iyon pil ve sol arka tekerleğe tahrik edecek şekilde direkt akupule elektrik motoru ile 130 km/h maksimum hıza ulaşabiliyor.



Şekil. 1. Güneş enerjili araç, Solaris 10.

II. YÖNTEM [MATERIAL AND METHODS]

Topoloji optimizasyonu, mümkün olduğu kadar hafif bir şekilde en katı malzeme dağılımını kullanmayı amaçlayan bir mekanik tasarım aracıdır. Başka bir deyişle, topoloji optimizasyonunun amacı, katılığı maksimize etmeye eşdeğer olarak kompliyansı minimize eden en uygun malzeme dağılımını bulmaktır [7]. SIMP (Cezalandırılabilir Katı İzotropik Malzeme) yöntemiyle temsil edilen yoğunluk tabanlı topoloji optimizasyon prosedürü, malzeme dağılımı optimizasyon problemlerini çözmek için en yaygın tekniktir [8]. Bu tekniğin çalışma prensibi, verilen koşullar altında daha az yüklü hacimlerden malzeme çıkarmak ve yük taşıyan bölgelerde malzemeyi tutmaktır. Buna göre; sonlu elemanlar, katı elemanlar ve boşluk elemanlar olarak ayırt edilir. Bu nedenle, elemanlar, yük taşıma koşuluna bağlı olarak malzeme yoğunluğunun “0” ile “1” arasında değiştiği bir sözde yoğunluk (pseudo density) değeri ile yeniden tanımlanır. Sonlu elemanlar modelinde ara yoğunluklara sahip elemanlardan oluşan gri bölgelerden kaçınmak için ara yoğunlukları sıfıra veya bire daha yakın değerler almaya zorlayan bir cezalandırma faktörü kullanır [9].

Uygulanan yüke yanıt olarak yapının deformasyona direnme derecesine katılık denir. Bu bağlamda yapısal statik çözümü için lineer statik çözüm denklemi Denklem 1’de tanımlanır [10]:

$$\{F\} = [K].\{u\} \quad (1)$$

Yapının sonlu elemanlar modelinde her bir elemanın rijitlik matrisinin toplamından global rijitlik matrisi (K) oluşturulup sonra uygulanan yükler (F) ile yapılan çözümde nodal deplasman (u) değerleri elde edilir. Nodal deplasman (u), durum değişkeni olarak Denklem 2’deki gibi minimum kompliyans probleminde tanımlanır:

$$\min_{\rho} l(\rho) = u^T.K(\rho).u \quad (2)$$

Burada, ρ sözde yoğunluğu belirtir ve tasarım değişkeni tanımında sürekli fonksiyon olarak Denklem 3’teki gibi ifade edilir:

$$\int_{\Omega} \rho(x)d\Omega \leq V; \quad 0 \leq \rho_{min} \leq \rho_i \leq 1 \quad (3)$$

Yapının ilk hacmi (V), toplam yapısal hacim için üst sınırdır. Hacimdeki her bir elemanın elastisite modülü (E) Denklem 4’te gibi ifade edilir;

$$E_{ijkl}(x) = \rho^p.E_{ijkl}^0; \quad p > 1 \quad (4)$$

Burada, p ara yoğunluğu baskılayan cezalandırma faktörüdür. Ayrıca her bir eleman için elastisite modülü Hooke Yasasına dayanarak gerilme ve gerinim cinsinden temel olarak Denklem 5’teki gibi ifade edilebilir [11]:

$$E = \sigma/\varepsilon \quad (5)$$

III. TASARIM ÖZELLİKLERİ [DESIGN SPECIFICATIONS]

Güneş enerjisiyle çalışan araçlar genellikle üç veya dört tekerlekli tasarlanmaktadır. Bu çalışmaya dahil olan araç (S10, 2019), geleneksel otomobillere benzer şekilde dört tekerlekli yapıdadır. Doğası gereği bu araçlar, değişken gövde ve şasiye sahip olabildikleri için geniş bir süspansiyon sistemi varyasyonlarına sahip olmaktadır. Farklı tipteki süspansiyon sistemlerinin bir incelemesinde arka salıncak kolu diğer türlere göre basit ve kompakt olması nedeniyle öne çıkmaktadır [12].

Kütle azaltma güneş araçlarında çok önemli bir rol oynar. Araç bileşenlerinin düşük ağırlık beklentisine ek olarak, belirli sınırları karşılayan mekanik özelliklerin de olması beklenmektedir. Alüminyum alaşımı, bu iki koşulu sağlayabilen en uygun hafif malzemelerden biridir. Son zamanlarda yapılan araştırmalarda, otomotiv üreticileri tarafından ön alt kontrol kolları gibi süspansiyon

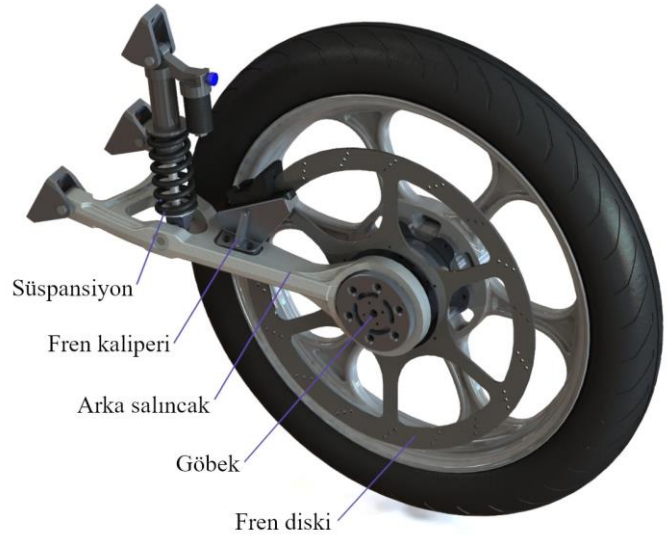
parçalarının dövme ve/veya dökme alüminyumdan yapıldığı tespit edilmiştir [13]. Bu çalışmanın literatürden farkı ve özgünlüğü, güneş enerjili araç için kullanılan arka salıncak kolunun geleneksel işleme prosesinin [14] aksine düşük basınçlı döküm prosesi ile üretilmiş olmasıdır. Otomotiv endüstrisinde yaygın olarak kullanılan alüminyum alaşımı A356 (AlSiMg0,3), düşük ağırlık ve yeterli mekanik özelliklere sahip olduğu için tercih edilmektedir. A356 alüminyum alaşımının malzeme özellikleri Tablo 1'de gösterilmektedir. Karşılaştırmak gerekirse bir önceki model aracın (S8, 2015) arka askı sisteminde talaşlı imal edilen tasarımın kütlesi 2266 gram iken çalışmaya dahil olan araç (S10, 2019) için döküm yöntemi ile imal edilmeye uygun şekilde tasarlanan tasarımın kütlesi 1233 grama kadar düşürülerek 45,6% oranında bir kütle azaltılması gerçekleştirilmiştir. Her iki tasarım da şaseye iki noktadan bağlanmıştır. Aynı model kullanılan amortisörlerin sönümleme ve yay sertlik oranları (N/mm) aynı tutulmuştur, ancak bağlantı noktalarının konumları ve açıları birbirinden farklıdır.

Tablo I. A356 malzemesinin mekanik özellikleri [15, 16]

Yoğunluk [kg/m ³]	Poisson Oranı	Elastisite Modülü [GPa]	Akma Dayanımı [MPa]	Çekme Dayanımı [MPa]	Uzama [%]
2660	0.33	74	220	290	5

Solaris 10 güneş enerjili aracın arka tekerlek aksamı Şekil 2'de gösterilmektedir. Yoldan gelen tepki kuvvetleri, tekerlek aracılığıyla iş miline, göbeğe, arka salıncak koluna, braketlere ve şasiye aktarılır. Mekanik aksamlar incelendiğinde arka salıncak kolu tüm bileşenlerin kendisine bağlı olduğu kısımdır ve tepki kuvvetlerini karşılayan ana bileşendir [17, 18].

Mevcut tasarım, aracın havada asılı durumundaki konumu için yatay eksenle 8 derecelik bir açı yapacak şekilde yerleştirilmiştir. Bu, tekerleğin 0-8 derecelik çalışma aralığı için önemlidir, çünkü tekerlek çalışırken aşağı yukarı hareketi neticesinde fotovoltaik panellerin kurulduğu üst kabuğa temas etmemelidir. En yüksek tekerlek konumu, arka salıncak kolu yatay konumuna gelmesi olarak ayarlanmıştır. Bu durumda aracın en alçak noktasından zemine olan mesafesinin ideal olarak 95 mm olduğu dikkate alındığında tekerleğin düşey yönde yaklaşık 50 mm yükselmesine izin verilmektedir.



Şekil. 2. Sağ arka salıncak süspansiyon sistemi ve tahriksiz tekerlek montajı

IV. BULGULAR [RESULTS]

A. Statik Analiz

Bu çalışmada incelemesi yapılan arka salıncak kolunun bilgisayar destekli 3B katı modeli Dokuz Eylül Üniversitesi'nden Solaris Güneş Arabaları Ekibi tarafından sağlanmıştır. Sonlu elemanlar metodu (SEM) statik analizi bu katı model üzerinde ANSYS® Workbench 2021 R2 ticari paket programında gerçekleştirilmiştir.

Statik analiz, önceden oluşturulmuş bir verisinin bir sonlu elemanlar analizi (SEA) programı yardımıyla geometri temizleme, ağ oluşturma, modelleme ve çözüm aşamalarına tabi tutulmuştur. Oluşturulan modele statik yük değerleri uygulanarak ve gerekli sınır koşulları girilerek analiz gerçekleştirilmiştir. Bu tür bir analiz için en önemli kabul, zamanın analizde önemli bir rol oynamadığı ve sonuçlar üzerindeki etkisinin göz ardı edilebileceği varsayımına dayanmaktadır.

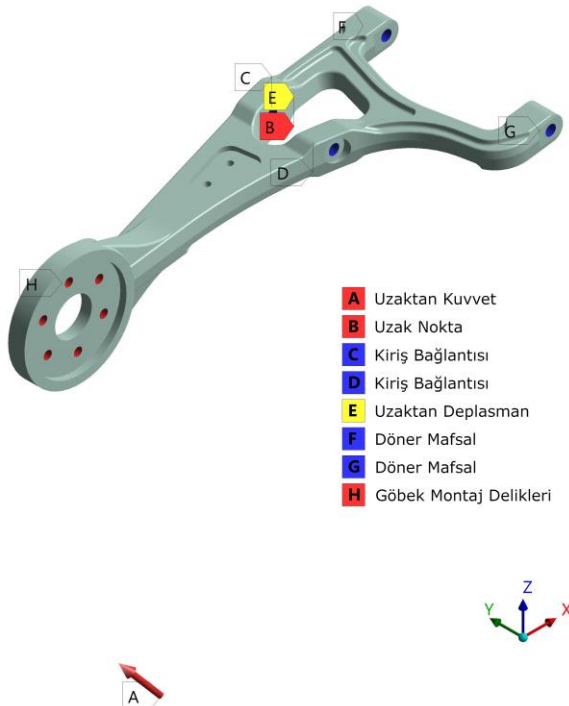
Analizde sürüş koşulunun etkisini incelemek için, literatürde mukavemet tasarımı analizi için önerilen yarı statik standart yük durumları araştırılmıştır [19]. Önerilen bazı yük durumlarından olan virajlarda frenleme ve virajda hızlanma yarış pisti koşullarında yarışan güneş enerjili araçlar için en olası kritik senaryolar olduğu varsayılarak sonlu elemanlar modeline uygulandı. Ayrıca süspansiyon sistemi, tekerleğin dikey yönde hareket ederken yanal yönde kaymasına izin vermediği için viraj kuvvetleri, arka salıncak kolu için daha da önemli hale gelmektedir [20]. Söz konusu yük durumlarının ivme bileşenleri, Tablo 2'de yerçekimi ivmesi (g) cinsinden

gösterilmiştir ve lastik temas noktasından etki etmesi beklenen kuvvetlerin bir katsayısı olarak kabul edilebilir.

Tablo II. Yapısal dayanım için standart yük durumları [19]

Yük durumu	İvme bileşenleri (g)		
	x	y	z
Virajda frenleme	-0,75	0,75	1,00
Virajda hızlanma	0,50	0,50	1,00

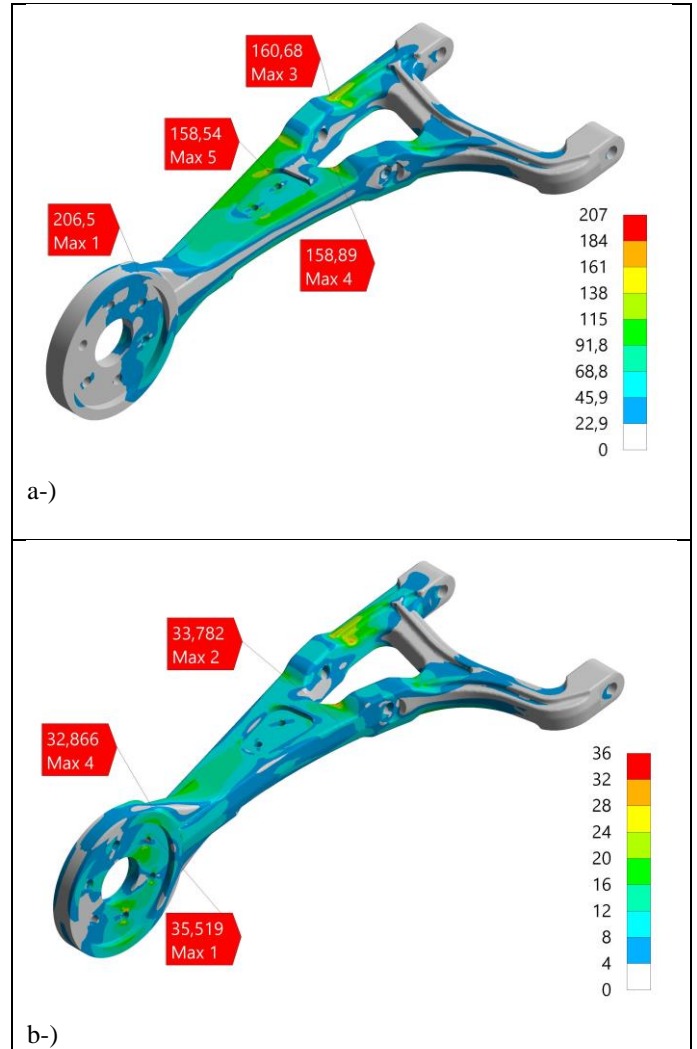
Buradaki katsayılar aracın toplam 280 kg (80 kg sürücü dahil) kütlelerinin tekerlek sayısına bölünmesiyle hesaplanan tekerlek yükü ile çarpılır. Hesaplanan kuvvetler sonlu elemanlar analizinde, tekerlek temas noktasına denk gelen noktadan arka salıncak kolunun göbek montaj deliklerine uzaktan kuvvet olarak uygulanmıştır. Bu ve diğer sınır şartları Şekil 3'te gösterilmektedir. Salıncağın yataklaması, menteşe mantığında çalıştığı için modelde döner mafsalsal (revolute joint) olarak tanımlanmıştır ve ideal olarak çalıştığı kabul edilmiştir. Yüksek yay oranı ve ön sıkıştırma nedeniyle amortisör, rijit davrandığı varsayılmış ve modelde eklenmemiştir. Bunun yerine amortisörün alt bağlantı deliği uzak nokta olarak işaretlenmiş ve üç eksendeki deplasmanı sıfır olarak verilmiştir. Arka salıncak kolundaki amortisör bağlantı delikleri bu uzak noktaya 10 mm çapındaki kiriş elemanları (beam element) ile bağlanmıştır.



Şekil 3. Arka salıncak modelinin sınır şartları

Sonlu elemanlar analizinde ağ oluşturma ile ilgili dikkate alınması gereken en önemli etkenlerden biri ortalama eleman kalitesidir. Ortalama eleman kalitesinin %80 ve üzerinde olması, sonlu elemanlar analizinin doğru sonuca yakınsayabilmesi için gerekli koşullardan biridir [21]. Bu çalışmada çözüm için tüm modellerde 3,5 mm boyutlu dört yüzlü (tetrahedral) elemanlara sahip bir ağ oluşturulmuştur ve ortalama eleman kalitelerinin 80% üzerinde olduğu görülmüştür. Mevcut tasarımın ağ modeli 340911 düğüm ve 220985 elemandan oluşmaktadır ve ortalama eleman kalitesi 80,4%' tür.

Gerçekleştirilen yapısal statik analizlerde iki yük durumu içinde en yüksek eşdeğer gerilmenin virajda frenleme durumunda Şekil 4a'da ortaya çıktığı ve $\sigma_{\text{maks}} = 160,68$ MPa değerini aldığı görülmüştür. Gerilme değerinin 206,5 MPa çıktığı bölgede keskin köşede gerilme tekilliği olduğu için bu değer önemsenmemelidir.



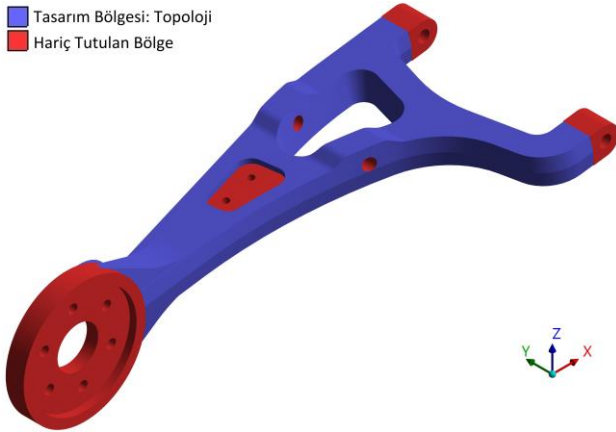
Şekil 4. a-) Virajda frenleme ve b-) virajda hızlanma yük

durumları için mevcut tasarımın eşdeğer gerilme dağılımı ve kritik gerilmeler (MPa)

Farklı yük girdilerine sahip bu iki statik yapısal analiz değerlendirildikten sonra aynı ağırlık çarpanlarıyla topoloji optimizasyonu modülü ile ilişkisi kurularak çoklu yükleme senaryosu gerçekleştirilmiştir.

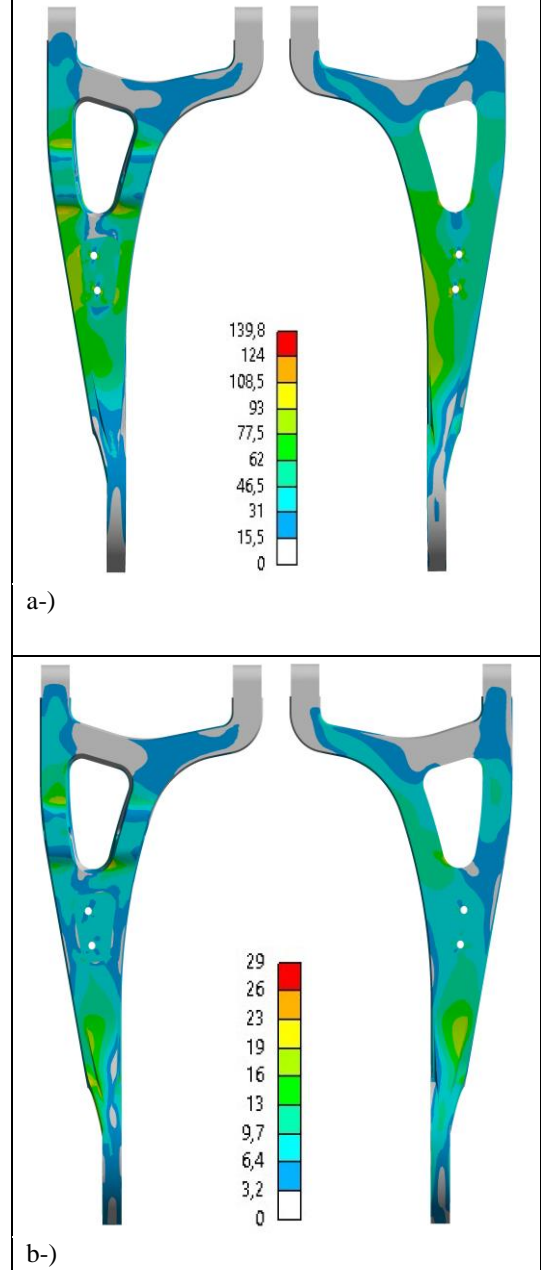
B. Topoloji Optimizasyonu ve Tasarım Doğrulama

Öncelikle optimizasyon işlemi için mevcut 3B katı modelin hacim genişlemesi yapılarak tasarım alanı oluşturulmuştur. Modelde kritik gerilmelerin görüldüğü üst ve alt yüzeyindeki kaburga yapıları kaldırılarak en dış sınırlarına kadar malzeme eklenmiştir. Bu işlem esnasında 7 ve 9 derecelik kalıp çıkma açıları (draft) korunmuştur ve detaylar basitleştirilmiştir. Ansys® SpaceClaim 2021 R2 tasarım programında hazırlanan katı model aynı ticari paket programda yapısal optimizasyon modülüne aktarılır. Tasarım alanında boşaltmanın istenmediği bölgeler Şekil 5'te belirtilmektedir. Bu değiştirilemeyen bölgelerden motor bağlantı bölgesi ve iki yataklama bölgesi model tasarımında gruplandırılmıştır.



Şekil 5. Kaba tasarımda dahil edilen ve hariç tutulan bölgeler

Parçanın yeniden dökümle üretilebileceği ihtimali göz önünde bulundurularak kalıpta üst ve alt maçanın ayrılma yüzeyleri parçanın orta kesitinde hizalandığı için boşaltma işlemi kalıp ayrılma yönünde sabit kesitli (extrusion) olarak seçilmiştir. Kaba tasarıma uygulanan ağ modeli 131621 düğüm ve 84992 elemandan oluşmaktadır ve ortalama eleman kalitesi 82,1%' dir. Yapısal statik analiz sonuçlarında ortaya çıkan maksimum eşdeğer gerilme değeri $\sigma_{V_{maks}} = 139,8$ MPa olarak Şekil 6a'da belirlenmiştir.



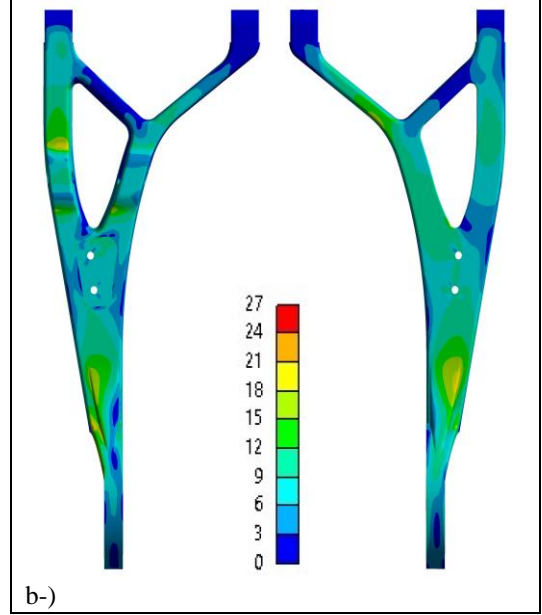
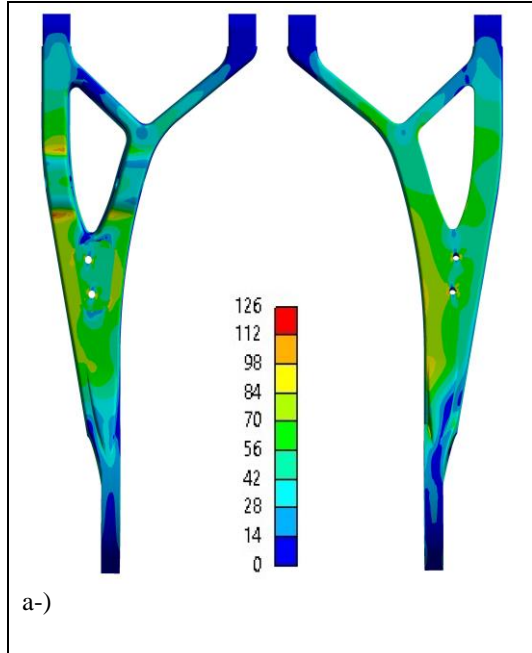
Şekil 6. a-) Virajda frenleme ve b-) virajda hızlanma yük durumları için kaba tasarımın eşdeğer gerilme dağılımı (MPa)

Topoloji optimizasyonunun sonucu ve ondan elde edilen yeni tasarım Şekil 7'de karşılaştırılmaktadır. Kaba tasarım üzerinde malzeme fazlalığının görüldüğü bölgeler süspansiyon alt bağlantı bölgesi ile yataklama arasında kalan bölgeler olarak gözlemlenmiştir. Yeni geometride bu bölgedeki dik kesitli yan yüzlerde kalıp çıkma açıları düzenlenmiştir. Yeni tasarımın uygulanan ağ modeli 188550 düğüm ve 120255 elemandan oluşmaktadır ve ortalama eleman kalitesi 81,3%' tür.



Şekil 7. a-) Topoloji optimizasyonu sonucu ve ondan elde edilen b-) yeni geometrinin karşılaştırılması.

Oluşturulan yeni tasarımın mukavemet koşullarını sağlayıp sağlamadığının belirlenebilmesi amacıyla, Tablo 2’de verilen yük durumları kullanılarak, doğrulama amaçlı sonlu elemanlar analizleri gerçekleştirilmiştir. En yüksek eşdeğer gerilmenin $\sigma_{V_{maks}} = 125,7$ MPa değerini aldığı Şekil 8a’da gösterilmektedir.



Şekil 8. a-) Virajda frenleme ve b-) virajda hızlanma yük durumları için yeni tasarımın eşdeğer gerilme dağılımı ve kritik gerilmeler (MPa)

Yeni tasarımın mevcut tasarımla karşılaştırılması, Tablo 3’te deformasyon, eşdeğer gerilme ve kütle değerleri cinsinden gösterilmektedir. Elde edilen yeni tasarımın, mevcut tasarıma çok yakın bir kütleye sahip olduğu görülmüştür. Bununla beraber, eşdeğer gerilme açısından 22% oranında ve deformasyon açısından ise 27% oranında bir azalma sağlandığı belirlenmiştir. Ayrıca ilgili tabloda kaba tasarımın sayısal değerleri de gösterilmiştir. Kütle artırımlı kaba tasarımın deformasyonu ve eşdeğer gerilmesinin mevcut tasarıma oranla oldukça düştüğü görülmektedir. Yeni tasarımın ise kaba modele göre deformasyonunun 5% oranında arttığı ancak eşdeğer gerilmesinin 10% oranında azaldığı görülmektedir. Ağırlık göz önüne alındığında bu karşılaştırma, topoloji optimizasyonunun verimliliğini daha da fazla ortaya koymaktadır.

Tablo III. Arka salıncak kolu modellerinin sonuçlarının karşılaştırılması

Parametre\Model	Mevcut	Kaba	Yeni
Deformasyon (mm)	5,167	3,575	3,754
Eşdeğer gerilme (MPa)	160,7	139,8	125,7
Kütle (kg)	1,232	1,385	1,228



V. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME [CONCLUSION]

Bu çalışmada, bir güneş enerjili aracın bağımsız arka süspansiyon sisteminin en önemli parçalarından biri olan arka salıncak kolunun mekanik kavramsal tasarım özellikleri özetlenmiştir. Çalışma kapsamında SEM ve topoloji optimizasyonu gibi yaklaşımların kullanıldığı bir tasarım yöntemi ortaya konmuştur. Yapılan tüm sonlu elemanlar analizlerinde yüksek gerilmelerin süspansiyon alt bağlantı bölgesinde olduğu görülmüştür. Topoloji optimizasyonu kullanarak elde edilen yeni tasarımda mevcut tasarıma oranla bu bölgelerde eşdeğer gerilmenin yaklaşık 22%'ye kadar azaldığını göstermiştir. Bununla beraber, sayısal sonuçlar deformasyonun 27% oranında azaldığını göstererek yeni tasarımın daha dayanıklı ve rijit olduğunu kanıtlamaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI [CONFLICTS OF INTEREST]

Yazarlar arasında ve ilgili kurumları arasında herhangi çıkar çatışması olmadığını bildirmişlerdir.

ETİK KURALLARA UYGUNLUK [COMPLIANCE WITH ETHICAL RULES]

Yazarlar bu makalenin etik kurul onayı veya herhangi bir özel izin gerektirmediğini beyan ederler.

TEŞEKKÜR [ACKNOWLEDGMENT]

Yazarlar, Solaris Güneş Arabaları Ekibi'ne ve sağladıkları lisanslı yazılım desteklerinden dolayı, Cevher Jant Sanayii A.Ş.'ye teşekkür ederler.

KAYNAKLAR [REFERENCES]

- [1] Pervaiz, M., Panthapulakkal, S., Sain, M., & Tjong, J. (2016). Emerging trends in automotive lightweighting through novel composite materials. *Materials sciences and Applications*, 7(01), 26.
- [2] Lutsey, N. (2010). Review of technical literature and trends related to automobile mass-reduction technology.
- [3] Minak, G., Fragassa, C., & de Camargo, F. V. (2017, April). A brief review on determinant aspects in energy efficient solar car design and manufacturing. In *International Conference on Sustainable Design and Manufacturing* (pp. 847-856). Springer, Cham.
- [4] Paterson, S., Vijayaratanam, P., Perera, C., & Doig, G. (2016). Design and development of the Sunswift eVe solar vehicle: a record-breaking electric car. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 230(14), 1972-1986.
- [5] Gören, A. (2017). Solar energy harvesting in electro mobility. In *Energy Harvesting and Energy Efficiency* (pp. 293-326). Springer, Cham.
- [6] Camargo F.V., Fragassa C., Pavlovic A., and Martignani M., (2017) Analysis of the Suspension Design

Evolution in Solar Cars (pp. 394-404) *FME Transactions*. doi:10.5937/fmet1703394V

- [7] Bendsoe, M. P., & Kikuchi, N. (1988). Generating optimal topologies in structural design using a homogenization method. *Computer methods in applied mechanics and engineering*, 71(2), 197-224.
- [8] Rozvany, G. I. (2009). A critical review of established methods of structural topology optimization. *Structural and multidisciplinary optimization*, 37(3), 217-237.
- [9] Bendsoe, M. P., & Sigmund, O. (2003). *Topology Optimization - Theory, Methods, and Applications*. Springer Verlag.
- [10] Zienkiewicz, O. C., Taylor, R. L., & Zhu, J. Z. (2005). *The finite element method: its basis and fundamentals*. Elsevier.
- [11] Ugural, A. C. & Fenster, S. K. (2003). *Advanced Strength and Applied Elasticity* (4th ed.). Prentice-Hall.
- [12] Power, A., & O'Camb, A. (2016). *Solar Car Suspension System*. California Polytechnic State University, USA.
- [13] Halonen A. (2021) Electric Vehicle Material Selection for Chassis and Suspension Components, *Light Metal Age*. (pp.16-20) June 2021.
- [14] Ramos J. D. da C. (2016). *Front and Rear Swing Arm Design of an Electric Racing Motorcycle*, Técnico Lisboa M.Sc. Thesis. November 2016.
- [15] Rheinfelden, *Primary Aluminium Casting Alloys*, Datasheet L 2.06/3-KH.
- [16] Ansys. (2021). *Ansys GRANTA EduPack software*.
- [17] Milliken, W. F., & Milliken, D. L. (1995). *Race car vehicle dynamics* (Vol. 400, p. 16). Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers.
- [18] Gillespie, T. D. (1992). *Fundamentals of vehicle dynamics* (Vol. 114). SAE Technical Paper.
- [19] Heiβing B, Ersoy M, Gies S. (2011). *Fahrwerkhandbuch: Grundlagen, Fahrdynamik, Komponenten, Systeme, Mechatronik, Perspektiven*. Wiesbaden, Germany: Vieweg & Teubner.
- [20] Mathijssen, D. (2016). *Redefining the motor car. Reinforced Plastics*, 60(3), 154-159.
- [21] Erden, S. & Yayla, P. (2021). *Finite Element Stress Analysis of Airplane Seat*. *European Mechanical Science*, 5 (1), 6-13.



RESEARCH ARTICLE

Investigation of Mechanical Properties of Aluminum Alloys Welded by Laser Welding and Optimization of Welding Parameters Using Taguchi and ANOVA Methods

1,* Mehmet Şükrü Adin

¹ University of Batman, Department of Mechanical Engineering, Batman, Türkiye
 mehmentsukru.adin@batman.edu.tr, Orcid.0000-0002-2307-9669

HIGHLIGHTS

- The mechanical properties of AA2024 aluminum alloys welded by laser welding were investigated.
- Optimization of laser welding parameters was performed using ANOVA and Taguchi methods.

Keywords:

- AA2024
- Aluminum alloy
- ANOVA
- Laser welding
- Taguchi method
- Tensile strength
- Optimization

GRAPHICAL ABSTRACT

In this study, the effects of different welding parameters applied during laser welding of AA2024 aluminum alloy materials on the tensile strength were investigated and their optimizations were made using Taguchi and ANOVA methods to obtain the most suitable welding parameters. The variable welding parameters such as laser power, pulse duration, beam power density and pulse energy were used in the study. As a result, it was concluded that the lowest tensile strength was obtained when 1800 W laser power, 5 ms pulse duration, 6000 W/mm² beam power density and 9.5 Joule pulse energy were used, while the highest tensile strength was obtained using 2600 W laser power, 6 ms pulse duration, 6500 W/mm² beam power density and 9.5 Joule pulse energy. When the results of the highest tensile strength (174 MPa) and the lowest tensile strength (113 MPa) were compared, it was found that the highest tensile strength was 53.98%, which was higher than the lowest tensile strength. In Figure A, the graphical abstract related to the article is seen.

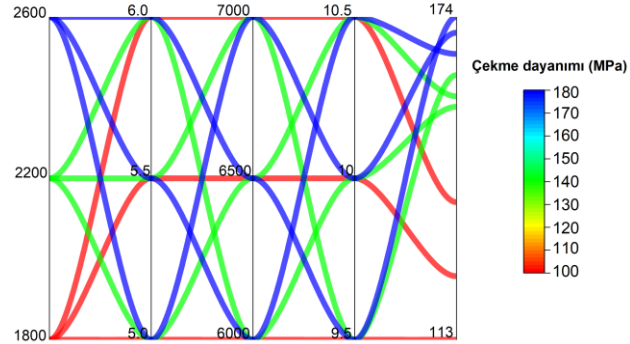


Figure A. Graphical abstract of the article

Article Info:

Received : 13 Sept 2022

Accepted : 29 Sept 2022

DOI:

10.53525/jster.1174394

*Correspondence:

Mehmet Şükrü Adin
 mehmentsukru.adin@batman.edu.tr

Aim of Article: To investigate the effects of welding parameters on the tensile strength of AA2024 aluminum alloy materials joined by laser welding and to optimize laser welding parameters.

Material and Method: Tensile tests of AA2024 aluminum alloy joints welded by laser welding were carried out, and welding parameters were optimized.

Findings and Results: According to the S/N ratios, it was found that 2600 W laser power, 6 ms pulse duration, 7000 W/mm² beam power density and 10.5 Joule pulse energy were the most optimum welding parameters for laser welding of AA2024 aluminum alloy.

Conclusion: The results showed that the lowest tensile strength (113 MPa) was obtained using 1800 W laser power, 5 ms pulse duration, 6000 W/mm² beam power density and 9.5 Joule pulse energy, while the highest tensile strength (174 MPa) was obtained using 2600 W laser power, 6 ms pulse duration, 6500 W/mm² beam power density and 9.5 Joule pulse energy.



ARAŞTIRMA MAKALESİ

Lazer Kaynağı ile Kaynak Yapılan Alüminyum Alaşımlarının Mekanik Özelliklerinin Araştırılması ve Kaynak Parametrelerinin Taguchi ve ANOVA Yöntemleri Kullanılarak Optimizasyonu

^{1,*} Mehmet Şükrü Adin

¹ Batman Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Batman, Türkiye.
mehmetsukru.adin@batman.edu.tr, Orcid.0000-0002-2307-9669

Alıntı / Citation :

Adin, M.Ş., (2022). Lazer Kaynağı ile Kaynak Yapılan Alüminyum Alaşımlarının Mekanik Özelliklerinin Araştırılması ve Kaynak Parametrelerinin Taguchi ve ANOVA Yöntemleri Kullanılarak Optimizasyonu, *Journal of Science, Technology and Engineering Research*, 3(2): 50-59. DOI: 10.53525/jster.1174394

ÖNE ÇIKANLAR / HIGHLIGHTS

- Lazer kaynağı ile kaynak edilen AA2024 alüminyum alaşımlarının mekanik özelliklerinin araştırılması
- Lazer kaynak parametrelerinin ANOVA ve Taguchi yöntemleri kullanılarak optimizasyonunun yapılması

Makale Bilgileri/ Article Info

Geliş Tarihi : 13 Eylül 2022

Kabul Tarihi: 29 Eylül 2022

DOI:

10.53525/jster.1174394

***Sorumlu Yazar /**

Corresponding Author

Mehmet Şükrü Adin,
mehmetsukru.adin@batman.ed
u.tr

Tel: +90 488 217 3929

ÖZET / ABSTRACT

Bu çalışmada, AA2024 alüminyum alaşımı malzemelerin lazer kaynağı sırasında uygulanan farklı kaynak parametrelerinin çekme mukavemeti üzerindeki etkileri araştırılmış ve en uygun kaynak parametrelerini elde etmek için Taguchi ve ANOVA yöntemleri kullanılarak optimizasyonları yapılmıştır. Değişken kaynak parametreleri olarak lazer gücü, darbe süresi, ışın güç yoğunluğu ve darbe enerjisi kullanılmıştır. Sonuçlar, en düşük çekme dayanımının, 1800 W lazer gücünde, 5 ms darbe süresinde, 6000 W/mm² ışın güç yoğunluğunda ve 9,5 Joule darbe enerjisi kullanılarak elde edildiğini, en yüksek çekme dayanımının ise 2600 W lazer gücünde, 6 ms darbe süresinde, 6500 W/mm² ışın güç yoğunluğunda ve 9,5 Joule darbe enerjisi kullanılarak elde edildiğini göstermiştir. En yüksek çekme dayanımı (174 MPa) ile en düşük çekme dayanımı (113 MPa) sonuçları karşılaştırıldığında, en yüksek çekme dayanımının en düşük çekme dayanımından %53,98 daha yüksek olduğu bulunmuştur. S/N oranlarına göre, 2600 W lazer gücü, 6 ms darbe süresi, 7000 W/mm² ışın güç yoğunluğu ve 10,5 Joule darbe enerjisinin AA2024 alüminyum alaşımının lazer kaynağı ile kaynak edilmesi için en optimum kaynak parametreleri olduğu anlaşılmıştır. ANOVA analizine göre ortalama çekme dayanımı üzerinde en etkili parametrenin lazer gücü (%82,45) olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler AA2024, Alüminyum alaşımı, Çekme dayanımı, Lazer kaynak, Optimizasyon, Taguchi yöntemi, Varyans analizi (ANOVA)

I. GİRİŞ [INTRODUCTION]

Alüminyum alaşımı AA2024, yüksek mukavemet, işlenebilirlik ve iyi korozyon dayanımı gibi özellikleri sebebiyle havacılık ve uzay endüstrilerinde en fazla tercih edilen malzemelerdendirler [1]. Ancak, bu malzemelerin geleneksel ergitme kaynakları ve görece daha yeni bir

yöntem olarak görülen sürtünme karıştırma benzeri kaynaklar ile birleştirilmeleri sırasında meydana gelen çatlama, gözeneklilik, düşük işleme hızı, yüksek toleranslı karmaşık yapıların üretilmesindeki sınırlamalar ve kötü kaynak görünümü gibi birçok olumsuz yönleri nedeniyle en çok kullanıldıkları yerler olan havacılık ve uzay endüstrilerini farklı çözüm yolları aramaya sevk etmiştir [2-4]. Hızla geliştirilen yeni kaynak teknolojileri



sayesinde ise yukarıda bahsedilen sorunlara çözüm yöntemleri sunulmuştur. Bu çözüm yöntemlerinden biri de lazer kaynağıdır. Lazer kaynağı, üretim hızı, uygun maliyeti, malzeme biçimlerinin yenilikçi kullanımına imkân vermesi gibi birçok avantajı ile dikkat çekmiştir [4-6]. Görece yeni bir yöntem olarak görülen ve potansiyeli oldukça yüksek olan lazer kaynağından etkin bir şekilde faydalanılması için ise lazer gücü, ışın gücü yoğunluğu, odaklanma uzaklığı, darbe enerjisi gibi birçok kaynak parametresinin ve etkilerinin iyi anlaşılması gerekmektedir [6-9].

Gao ve ark. [10] tarafından yapılan bir araştırmada, alüminyum alaşımlarını kaynak işlemi sırasında uygulanan lazer gücünün çok yüksek olması durumunda ters foton ışınlanması absorpsiyonu nedeniyle güçlü bir plazma koruyucu etkisinin meydana geldiğini bu yüzden bu parametreye özellikle dikkat edilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Katayama ve ark. [11] tarafından alüminyum alaşımları üzerinde yürütülen bir araştırmada, güç ve güç yoğunluğunun kaynak penetrasyonuna önemli etkileri olması nedeniyle belirlenen değerlerin dikkatli seçilmesi gerektiğini bildirmiştir. Seto ve ark. [12], alüminyum alaşımları üzerinde lazer kaynağı yaparak yaptıkları araştırmada, yüksek hızda kaynak işlemi sırasında istenmeyen gözeneklerin oluşabilmesi ve kaynak kalitesini olumsuz etkilemesi nedeniyle kaynak hızına oldukça dikkat edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Katayama [13] tarafından alüminyum alaşımlarının lazer ile kaynak edilmesi ile ilgili yapılan bir araştırmada, lazer kaynağının odaklanma uzaklığının ana metalin eritilmesini sağlamada belirleyici bir rolü olduğunu ve uygun seçilmemesi durumunda kaynak işleminin başarısızlıkla sonuçlanabileceğini rapor etmiştir. Matsunawa ve ark. [14], alüminyum alaşımları üzerinde uyguladıkları lazer kaynak parametrelerinin etkilerini inceledikleri bir araştırmada, lazer gücü, kaynak hızı ve odak uzaklığı parametrelerinin etkilerini incelemişlerdir. Çalışmaları sonucunda, kaynak hızının artışına bağlı olarak penetrasyon etkisinin azaldığını, odak uzaklığının uygun olmaması durumunda kaynak kalitesinin olumsuz etkilendiğini ve lazer gücünün artışına bağlı olarak penetrasyon etkisinin olumlu etkilendiğini ifade etmişlerdir. Wallerstein ve ark. [15] ile Stavridis ve ark. [16] tarafından lazer kaynağının alüminyum alaşımlara uygulanabilirliği ile ilgili olarak yapılan inceleme çalışmalarında, lazer gücü, kaynak ilerleme hızı, odaklanma uzaklığı, darbe süresi, ışın gücü yoğunluğu ve darbe enerjisi gibi kaynak parametrelerinin en optimum şekilde belirlenmesi gerektiği ifade edilmiştir. Ayrıca, literatürde bulunan çalışmalara bakıldığında, alüminyum alaşımlarının lazer kaynağı ile kaynak edilmesi ile ilgili

olarak yapılan kaynak parametreleri optimizasyonunun oldukça sınırlı olduğu ve yeni çalışmalara ihtiyaç duyulduğu görülmektedir [16, 17].

Bu çalışmanın amacı, lazer kaynağı ile birleştirilen AA2024 alüminyum alaşımı malzemelerden bağlantıların çekme mukavemetine kaynak parametrelerinin etkilerini araştırmak ve kaliteli kaynak bağlantılarının elde edilmesi için Taguchi ve ANOVA yöntemlerini kullanarak AA2024 alüminyum alaşımı için lazer kaynak parametrelerini optimize etmektir.

II. MATERYAL VE METOD [MATERIAL AND METHOD]

Bu çalışma için kullanılan AA2024 alüminyum alaşımı malzemeler, yüksek mukavemet, işlenebilirlik ve iyi korozyon dayanımı gibi özellikleri sebebiyle havacılık ve uzay endüstrilerinde en fazla tercih edilen malzemelerdendirler [1]. Bu üstün özellikleri ve yaygın kullanımları nedeniyle deneysel çalışma için tercih edilmişlerdir. Çalışmada kullanılan AA2024 alüminyum alaşımı malzemenin kimyasal bileşimi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. AA2024 malzemesinin kimyasal bileşimi

Kimyasal bileşim									
Element	Cr	Ti	Mg	Fe	Mn	Si	Zn	Cu	Al
% ağırlık	0.09	0.2	1.29	0.21	0.45	0.07	0.04	4.11	Kal.

Literatürdeki çalışmalar baz alınarak [18] CO₂ lazer kaynak makinesi ile birleştirilen AA2024 alüminyum alaşımı numuneler için belirlenen kaynak parametreleri Tablo 2'de verilmiştir. Deneysel çalışmada, kaynak ilerleme hızı (150 mm/dk) ve odaklanma uzaklığı (55 mm) sabit tutulmuştur.

Tablo 2. Kaynak parametreleri ve seviyeleri

Kaynak parametreleri ve seviyeleri			
Parametre	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Lazer gücü (W)	1800	2200	2600
Darbe süresi (ms)	5	5,5	6
Işın gücü yoğunluğu (W/mm ²)	6000	6500	7000
Darbe enerjisi (Joule)	9,5	10	10,5

Bu deneysel çalışmada, kaynak yapılan alüminyum alaşımı için en uygun kaynak parametrelerinin bulunması amacıyla optimizasyon yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan optimizasyon yöntemi sayesinde en az sayıda deney

yapılarak en optimum parametrelerin bulunması sağlanmıştır.

İmalat endüstrilerinde, gelişen teknoloji ile birlikte birçok optimizasyon yöntemi kullanılmaktadır. Kullanılan bu optimizasyon yöntemleri sayesinde en uygun imalat parametreleri elde edilmektedir [19, 20]. Optimizasyon yöntemleri arasında en çok kullanılan yöntemlerden biri ise Taguchi yöntemidir. Taguchi yöntemi, basitlik, uygulanabilirlik ve maliyet-etkin çözümler sunması gibi birçok avantajı ile diğer optimizasyon yöntemleri arasında dikkat çekmektedir [21-23]. Çalışma kapsamında, ASTM standartlarına göre hazırlanan numunelerin çekme testlerinden en yüksek değerde çekme dayanımı değeri beklendiğinden En büyük değer en iyi (“Larger is better”) fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyon, eşitlik bir (1) olarak aşağıda verilmiştir.

$$\text{The larger is better: } S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (1)$$

Burada,

n: Gözlem sayısı,

y_i: *i*-inci gözlem sayısı ve

S/N: Sinyal-gürültü oranıdır.

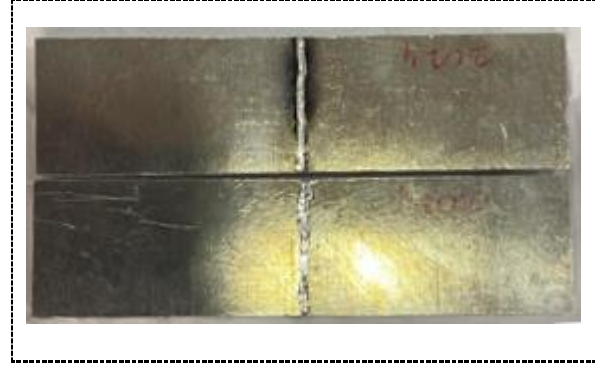
Deneyisel çalışma için Taguchi deney tasarımına (Orthogonal array design, L9) göre belirlenen kaynak parametreleri Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Taguchi deney tasarımına göre kaynak parametreleri ve seviyeleri

Taguchi deney tasarımı (Orthogonal array design, L9)				
Deney No	Lazer gücü (W)	Darbe süresi (ms)	Işın güç yoğunluğu (W/mm ²)	Darbe enerjisi (Joule)
D1	1800	5	6000	9,5
D2	1800	5,5	6500	10
D3	1800	6	7000	10,5
D4	2200	5	6500	10,5
D5	2200	5,5	7000	9,5
D6	2200	6	6000	10
D7	2600	5	7000	10
D8	2600	5,5	6000	10,5
D9	2600	6	6500	9,5

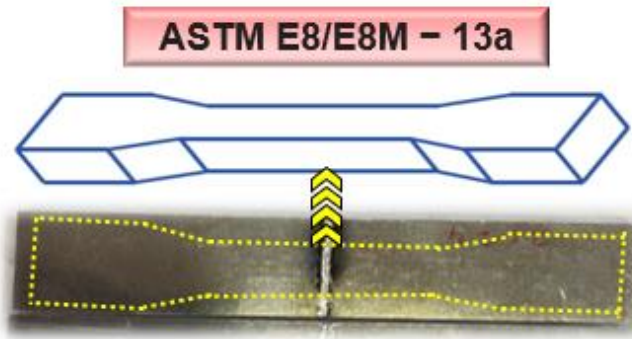
Deneyisel çalışmada kullanılan 18 adet 140 x 60 x 3,5 mm boyutlarındaki AA2024 alüminyum alaşımı numunelere Tablo 3’te verilen parametreler uygulanarak lazer kaynakları yapılmıştır. Deney numuneleri, 3000W/cm² gücünde olan CO₂ lazer kaynak makinesi ile birleştirilmiştir. Kaynak işlemleri öncesinde literatürde önerildiği gibi alüminyum alaşımları her türlü kir ve yağ

gibi olumsuzluklardan temizlenmiştir [24, 25]. Lazer kaynağı ile kaynak edilmiş numunelerin resmi Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kaynak edilmiş numunelerin resmi

Lazer kaynak ile birleştirilen numuneler daha sonra ASTM standardındaki çekme boyutlarına getirilmesi amacıyla, Şekil 2’de gösterilen işleme bölgeleri CNC (Computer Numeric Control) dik işleme merkezinde işlenmişlerdir.



Şekil 2. ASTM standardına göre işleme bölgesi

Çekme testi için hazırlanan ASTM standardındaki numunelerin testleri, yüzde 50 nemin olduğu oda sıcaklığındaki bir ortamda 1 mm/dk çekme hızında gerçekleştirilmiştir [26]. Çekme testleri için 250 kN kapasiteli Shimadzu marka test makinesi kullanılmıştır. Çekme testleri için kullanılan cihaz Şekil 3’te gösterilmiştir.

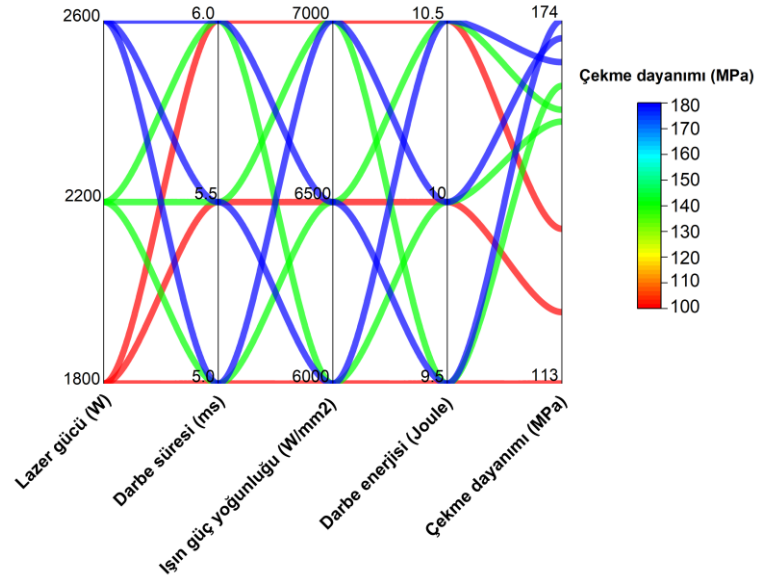


Şekil 3. Shimadzu marka çekme testi cihazı

III. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA [EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION]

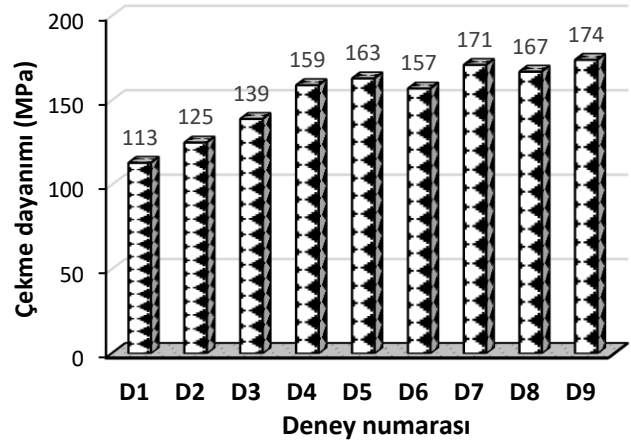
3.1. Çekme Testi Sonuçları

Taguchi deney düzeneğine göre lazer kaynağı ile birleştirilen AA2024 alüminyum alaşımı numunelerin parametre ve seviyelerin değişimine göre çekme testi sonuçları Şekil 4'te verilen grafikte görülebilmektedir. Şekil 4'te görülebildiği gibi, genel olarak, parametrelerin artışına bağlı olarak çekme dayanımının olumlu etkilendiği görülebilmektedir. Çekme dayanımlarının belirtildiği renk skalasında görüldüğü gibi, kırmızı renkteki çizgiler çekme dayanımının en düşük, mavi renkteki çizgiler ise çekme dayanımının en yüksek olduğu çizgiler ile ifade edilmektedir.



Şekil 4. Parametre ve seviyelere göre çekme dayanımı sonuçları

Taguchi L9 deney düzeneğine göre lazer kaynağı ile birleştirilen AA2024 alüminyum alaşımı numunelerin çekme dayanımı sonuçları Şekil 5'te verilmiştir. Şekil 5'te gösterilen deney sonuçları incelendiğinde, en düşük çekme dayanımının D1 kodlu deney numarası ile 1800 W lazer gücü, 5 ms darbe süresi, 6000 W/mm² ışın güç yoğunluğu ve 9,5 Joule darbe enerjisi kullanılan kaynak parametrelerinde 113 MPa olarak elde edildiği görülebilmektedir. En yüksek çekme dayanımına bakıldığında ise D9 kodlu deney numarası ile 2600 W lazer gücü, 6 ms darbe süresi, 6500 W/mm² ışın güç yoğunluğu ve 9,5 Joule darbe enerjisi kullanılan kaynak parametrelerinde 174 MPa olarak elde edildiği görülebilmektedir.



Şekil 5. Taguchi L9 deney düzeneğine göre çekme testi sonuçları

Elde edilen bu en yüksek çekme dayanımı ile en düşük çekme dayanımları sonuçları karşılaştırıldığında, en yüksek çekme dayanımının en düşük çekme dayanımından %53.98 daha yüksek olduğu görülebilmektedir. Ayrıca, ortalama çekme dayanımı değerinin 152 MPa olduğu anlaşılmaktadır. Lazer kaynağı ile kaynak edilen AA2024 alüminyum alaşımı numunelerin çekme testleri sonucunda numunelerin tamamının ana malzemeden kırılmaları ise yapılan kaynak işleminin kalitesini göstermesi açısından pozitif bir sonuç olmaktadır.

3.2. Sinyal-gürültü (Signal-to-noise, S/N) oranı analizi

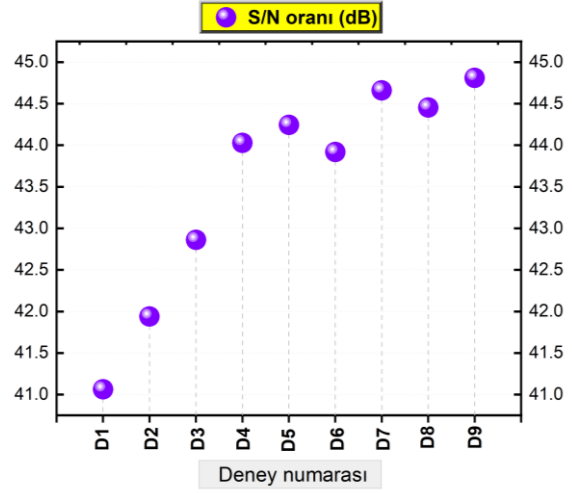
Lazer kaynağı ile kaynak edilen AA2024 alüminyum alaşımı numunelerin Taguchi deney düzeneğine göre yapılan çekme testleri sonuçları Minitab programında kullanılmıştır. Böylelikle, kontrol faktörlerinin optimize edilmesi için S/N oranları kullanılmıştır. Minitab programında yapılan analiz sonucunda elde edilen S/N oranları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Çekme dayanımı için S/N oranları tablosu

Çekme dayanımı için S/N oranları (dB)				
Level	Lazer gücü	Darbe süresi	Işın güç yoğunluğu	Darbe enerjisi
1	41.95	43.25	43.14	43.37
2	44.06	43.55	43.59	43.51
3	44.64	43.86	43.92	43.78
Delta	2.69	0.61	0.78	0.41
Rank	1	3	2	4

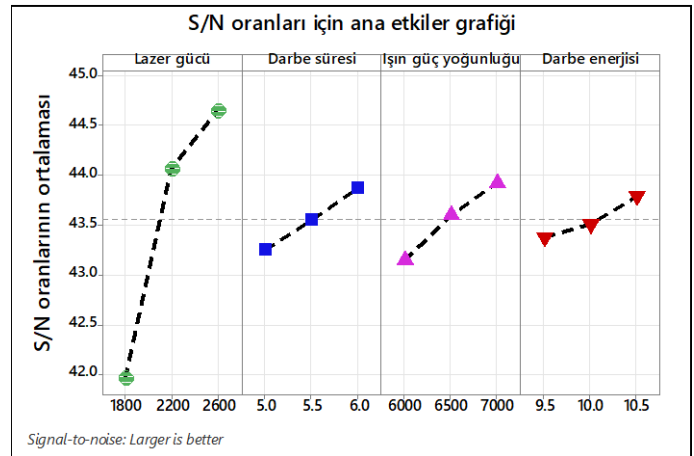
Larger is better

Tablo 4'te verilen analiz sonuçları incelendiğinde, S/N oranlarına göre 1.derece etkiye sahip parametrenin lazer gücü, 2.derece etkiye sahip parametrenin ışın güç yoğunluğu ve sırasıyla darbe süresi ve darbe enerjisinin olduğu görülebilmektedir. Seviyeler yönünden bakıldığında ise tüm parametrelere göre en etkili sevenin 3. seviye olduğu anlaşılmaktadır. Yapılan tüm deneylerin S/N oranlarına (Şekil 6) bakıldığında ise genel olarak parametre artışının çekme dayanımlarına olumlu etkileri olduğu görülebilmektedir. Tüm deneylerin S/N oranları Şekil 6'daki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 6. Tüm deneylerin S/N oranları grafiği

Lazer kaynağı ile kaynak edilen AA2024 alüminyum alaşımı numunelerin Taguchi deney düzeneğine göre yapılan çekme testleri sonuçlarının analizi için kullanılan Minitab programından elde edilen S/N oranları için ana etkiler grafiği Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. S/N oranları için ana etkiler grafiği

Şekil 7'de görülebildiği gibi, Taguchi yöntemi ile elde edilen çekme dayanımı değerleri üzerindeki kontrol faktörlerinin etkileri, deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçları doğrulamaktadır. S/N oranları için ana etki grafikleri incelendiğinde dikeye en yakın değerler önem kazanmaktadır. Çünkü bu değerler en etkili parametreleri temsil etmektedir [19, 21, 27, 28]. Lazer gücü, çekme mukavemeti için en etkili parametre olarak görülmüştür.

3.3. Varyans analizi (Analysis of the variance, ANOVA)

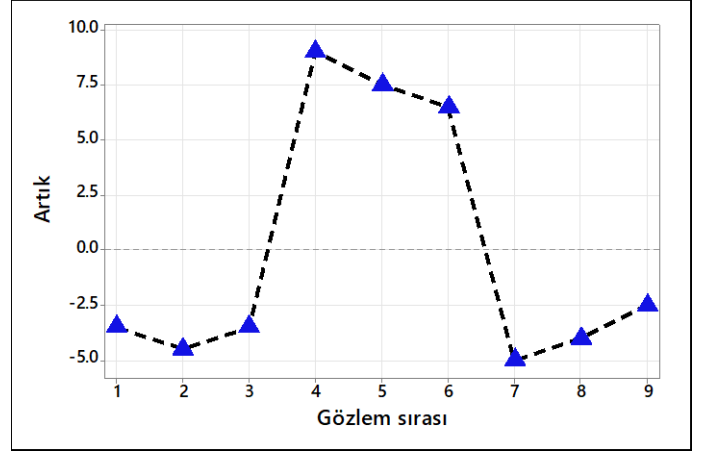
Bu çalışma kapsamında, lazer gücü, darbe süresi, ışın güç yoğunluğu ve darbe enerjisi gibi parametrelerin faktör ve çekme dayanımı üzerindeki etkilerinin analizinin yapılması amacıyla ANOVA yöntemi kullanılmıştır [19, 21, 27-30]. Yapılan ANOVA analizi %95 güven ve %5 önem düzeylerinde gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda, lazer gücü için 0.003, darbe süresi için 0.252, ışın güç yoğunluğu için 0.149 ve darbe enerjisi için 0.499 P-Value değerleri elde edilmiştir. ANOVA analizi kapsamında elde edilen yüzde katkı oranlarına bakıldığında ise lazer gücünün %82.45, ışın güç yoğunluğunun %5.86, darbe süresinin %3.3, darbe enerjisinin %1.02 ve erorr'un ise %7.37 olduğu görülmektedir (Şekil 8). Elde edilen sonuçlardan anlaşıldığı gibi en önemli faktörün lazer gücü olduğu görülebilmektedir. ANOVA analizi sonucunda elde edilen yüzde katkı oranlarını gösteren grafik Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Yüzde katkı oranları grafiği

3.4. Regresyon analizi (Analysis of the regression)

Bu çalışma kapsamında ayrıca regresyon analizi yapılmıştır. Regresyon analizleri, bir veya daha fazla bağımsız değişken ile bir bağımlı değişken arasında ilişki bulunan farklı değişkenleri analiz etmek ve modellemek için yapılmaktadır [19, 21, 28]. Minitab programında yapılan analiz kapsamında her bir gözlem için elde edilen artıklar Şekil 9'da gösterilmiştir.



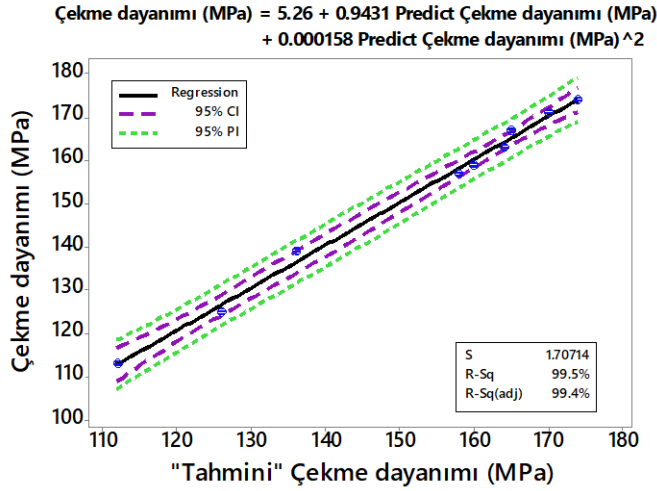
Şekil 9. Gözlem sırasına göre artık değerler

Yapılan bu çalışmada, regresyon analizi ile çekme mukavemeti için denklemler bulunmuştur. Regresyon analizi ile elde edilen denklem tahminleri lineer modeller olarak yapılmıştır. Çekme mukavemeti için tahmini lineer eşitlikler Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Çekme için Tahmini lineer denklem

Regresyon eşitliği	
Çekme dayanımı (MPa)	= 152.0 - 26.33 Lazer gücü_1800 + 7.667 Lazer gücü_2200 + 18.67 Lazer gücü_2600 - 4.333 Darbe süresi_5.0 - 0.3333 Darbe süresi_5.5 + 4.667 Darbe süresi_6.0 - 6.333 Işın güç yoğunluğu_6000 + 0.6667 Işın güç yoğunluğu_6500 + 5.667 Işın güç yoğunluğu_7000 - 2.000 Darbe enerjisi_9.5 - 1.000 Darbe enerjisi_10.0 + 3.000 Darbe enerjisi_10.5

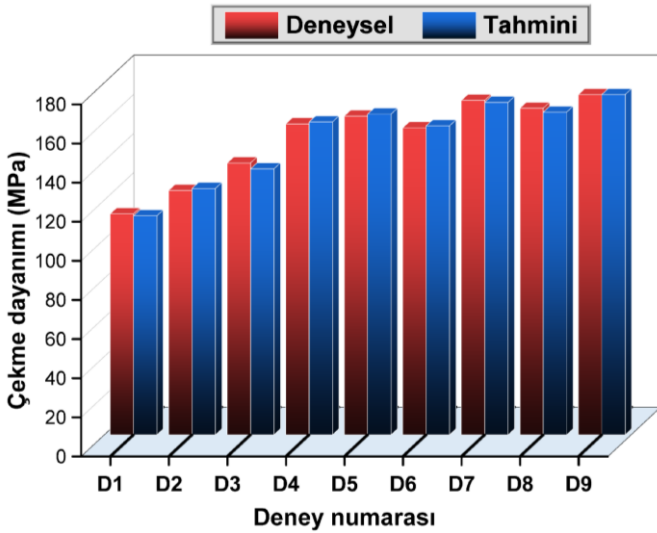
Yapılan regresyon analizi sonucunda çıkış parametreleri için tahmin edilen (predict) çekme dayanımı değerlerine karşı deneysel çekme dayanımı sonuçları Şekil 10'daki grafikte verilmiştir. Ayrıca grafik içerisinde deneysel sonuçlar ve tahmini değerler için elde edilen eşitlikte verilmiştir.



Şekil 10. Deneysel sonuçlar ve tahmin edilen değerlerin karşılaştırması

Şekil 10'de görüldüğü gibi, deneysel sonuçlar ile tahmin edilen değerler arasında çok iyi bir korelasyon bulunmuştur. Ortalama çekme dayanımı için elde edilen denklemin R2 değerine bakıldığında %99,5 gibi oldukça yüksek bir oran bulunmuştur.

Deneysel olarak elde edilen çekme dayanımları sonuçlarının tahmini çekme dayanımı değerleri ile olan uyumunun daha iyi görülebilmesi amacıyla Şekil 11'de bu karşılaştırmalar gösterilmiştir.



Şekil 11. Çekme dayanımı için deneysel sonuçlar ve tahmin edilen değerlerin karşılaştırılması

Şekil 11'de daha net bir şekilde görülebildiği gibi, çekme dayanımı için deneysel sonuçlar ve tahmin edilen değerlerin neredeyse eşit olduğu görülebilmektedir.

IV. SONUÇ [CONCLUSION]

Bu çalışmada, AA2024 alüminyum alaşımı malzemelerin lazer kaynağı ile birleştirilmesi sırasında uygulanan farklı kaynak parametrelerinin çekme dayanımına etkileri incelenerek en uygun kaynak parametrelerinin elde edilmesi amacıyla Taguchi ve ANOVA yöntemleri kullanılarak optimizasyonu yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

- Çekme testleri sonucunda, en düşük çekme dayanımı 113 MPa, en yüksek çekme dayanımı ise 174 MPa olarak elde edilmiştir. En düşük çekme dayanımı, D1 kodlu deney numarası ile 1800 W lazer gücü, 5 ms darbe süresi, 6000 W/mm² ışın güç yoğunluğu ve 9,5 Joule darbe enerjisi kullanılan kaynak parametrelerinde, en yüksek çekme dayanımı ise D9 kodlu deney numarası ile 2600 W lazer gücü, 6 ms darbe süresi, 6500 W/mm² ışın güç yoğunluğu ve 9,5 Joule darbe enerjisi kullanılan kaynak parametrelerinde elde edilmiştir.
- Çekme testleri sonucunda elde edilen en yüksek çekme dayanımı ile en düşük çekme dayanımları sonuçları karşılaştırıldığında, en yüksek çekme dayanımının en düşük çekme dayanımından %53,98 daha yüksek olduğu ve ortalama çekme dayanımı değerinin ise 152 MPa olduğu görülmüştür.
- Yapılan çekme testleri sonucunda, genel olarak, kaynak parametre ve seviyelerinin artışına bağlı olarak çekme dayanımının olumlu etkilendiği görülmüştür.
- Analiz sonuçları incelendiğinde, S/N oranlarına göre, 1.derece etkiye sahip parametrenin lazer gücü, 2.derece etkiye sahip parametrenin ışın güç yoğunluğu ve sırasıyla darbe süresi ve darbe enerjisinin olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca, her parametreye göre 3. seviyenin en optimum olduğu bulunmuştur.
- S/N oranları için ana etkilere bakıldığında, 2600 W lazer gücü, 6 ms darbe süresi, 7000 W/mm² ışın güç yoğunluğu ve 10,5 Joule darbe enerjisinin AA2024 alüminyum alaşımının lazer kaynağı ile kaynak edilmesi için en optimum kaynak parametreleri olduğu anlaşılmıştır.
- ANOVA analizine göre ortalama çekme dayanımı üzerinde en etkili parametrelerin sırasıyla lazer gücü (%82,45), ışın güç yoğunluğu (%5,85), darbe süresi (%3,3) ve darbe enerjisi (%1,02) olduğu belirlenmiştir.



ÇIKAR ÇATIŞMASI [CONFLICTS OF INTEREST]

Yazar ve ilgili kurumlar arasında herhangi çıkar çatışması olmadığını bildirmiştir.

ETİK KURALLARA UYGUNLUK [RESEARCH AND PUBLICATION ETHICS]

Yazar bu makalenin etik kurul onayı veya herhangi bir özel izin gerektirmediğini beyan eder.

KAYNAKLAR [REFERENCES]


- [1] K. Gültekin, and Y. Korkmaz, "AA2024-T3 alüminyum alaşımlarına uygulanan farklı yüzey hazırlama ve pürüzlülük işlemlerinin yapılandırma bağlantılarına etkisi," Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, vol. 11, no. 4, pp. 1269-1281, 2021.
- [2] J. Ahn, L. Chen, E. He, C. Davies, and J. Dear, "Effect of filler metal feed rate and composition on microstructure and mechanical properties of fibre laser welded AA 2024-T3," Journal of Manufacturing Processes, vol. 25, pp. 26-36, 2017.
- [3] J. Ahn, E. He, L. Chen, J. Dear, and C. Davies, "The effect of Ar and He shielding gas on fibre laser weld shape and microstructure in AA 2024-T3," Journal of Manufacturing Processes, vol. 29, pp. 62-73, 2017.
- [4] J. Enz, M. Kumar, S. Riekehr, V. Ventzke, N. Huber, and N. Kashaev, "Mechanical properties of laser beam welded similar and dissimilar aluminium alloys," Journal of Manufacturing Processes, vol. 29, pp. 272-280, 2017.
- [5] J. Ahn, L. Chen, C. Davies, and J. Dear, "Digital image correlation for determination of local constitutive properties of fibre laser welding joints in AA2024-T3." pp. 1-2.
- [6] V. Alfieria, F. Caiazzo, and V. Sergi, "Autogenous laser welding of AA 2024 aluminium alloy: process issues and bead features," Procedia Cirp, vol. 33, pp. 406-411, 2015.
- [7] L. Chen, E. He, J. Ahn, and J. Dear, "Parametric optimization and joint heterogeneity characterization of fiber laser welding of AA2024-T3," Proceedings of the 67th Annual Assembly of the International Institute of Welding. International Institute of Welding, Seoul, KR, pp. 1-9, 2014.
- [8] F. Caiazzo, V. Alfieri, F. Cardaropoli, and V. Sergi, "Butt autogenous laser welding of AA 2024 aluminium alloy thin sheets with a Yb: YAG disk laser," The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 67, no. 9, pp. 2157-2169, 2013.
- [9] J. Ahn, E. He, L. Chen, R. Wimpory, S. Kabra, J. Dear, and C. Davies, "FEM prediction of welding residual stresses in fibre laser-welded AA 2024-T3 and comparison with experimental measurement," The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 95, no. 9, pp. 4243-4263, 2018.
- [10] M. Gao, C. Chen, M. Hu, L. Guo, Z. Wang, and X. Zeng, "Characteristics of plasma plume in fiber laser welding of aluminum alloy," Applied Surface Science, vol. 326, pp. 181-186, 2015.
- [11] S. Katayama, Y. Kawahito, and M. Mizutani, "Elucidation of laser welding phenomena and factors affecting weld penetration and welding defects," Physics procedia, vol. 5, pp. 9-17, 2010.
- [12] N. Seto, S. Katayama, and A. Matsunawa, "High-speed simultaneous observation of plasma and keyhole behavior during high power CO₂ laser welding: effect of shielding gas on porosity formation," Journal of laser applications, vol. 12, no. 6, pp. 245-250, 2000.
- [13] S. Katayama, "Laser welding of aluminium alloys and dissimilar metals," Welding international, vol. 18, no. 8, pp. 618-625, 2004.
- [14] A. Matsunawa, S. Katayama, and K. Kojima, "CO₂ laser weldability of aluminium alloys (Report 1): Effect of welding conditions on melting characteristics," Welding international, vol. 12, no. 7, pp. 519-528, 1998.
- [15] D. Wallerstein, A. Salminen, F. Lusquinos, R. Comesaña, J. d. V. García, A. R. Rodríguez, A. Badaoui, and J. Pou, "Recent developments in laser welding of aluminum alloys to steel," Metals, vol. 11, no. 4, pp. 622, 2021.
- [16] J. Stavridis, A. Papacharalampopoulos, and P. Stavropoulos, "Quality assessment in laser welding: a critical review," The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 94, no. 5, pp. 1825-1847, 2018.
- [17] H. Park, and S. Rhee, "Estimation of weld bead size in CO₂ laser welding by using multiple regression and neural network," Journal of Laser Applications, vol. 11, no. 3, pp. 143-150, 1999.
- [18] M. Özcan, and Ş. Karamanlı, "Sac malzemelerin lazer kaynak parametreleri," Selçuk-Teknik Dergisi, vol. 3, no. 1, pp. 14-25, 2004.
- [19] G. Taguchi, System of experimental design, quality resources, 1987.
- [20] A. İpekçi, M. Kam, and K. Argun, "Surface Roughness Performance of Cu Electrode on Hardened AISI 4140 Steels in EDM Process," Journal of Chinese Society of Mechanical Engineers, vol. 43, no. 4, pp. 355-362, 2022.
- [21] D. C. Montgomery, Design and analysis of experiments, Ninth ed.: John Wiley & sons, 2017.
- [22] M. Kam, A. İpekçi, and K. Argun, "Experimental investigation and optimization of machining parameters of deep cryogenically treated and tempered steels in electrical discharge machining process," Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering, vol. 236, no. 5, pp. 1927-1935, 2022.
- [23] M. Ş. Adin, B. İşcan, and Ş. Baday, "Optimization of welding parameters of AISI 431 and AISI 1020 joints joined by friction welding using taguchi method," Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, vol. 9, no. 1, pp. 453-470, 2022.
- [24] H. Adin, A. Doğan, and M. Ş. Adin, "Şehir İçi Doğalgaz Borularındaki Kaynak Hatalarının Tahribatsız ve Tahribatlı Muayene Yöntemleri ile İncelenmesi," Journal



- of Scientific, Technology and Engineering Research, vol. 2, no. 1, pp. 46-57, 2021.
- [25] M. Ş. Adin, and B. İşcan, “Optimization of process parameters of medium carbon steel joints joined by MIG welding using Taguchi method,” *European Mechanical Science*, vol. 6, no. 1, pp. 17-26, 2022.
- [26] M. Ş. Adin, and M. Okumuş, “Investigation of Microstructural and Mechanical Properties of Dissimilar Metal Weld Between AISI 420 and AISI 1018 Steels,” *Arabian Journal for Science and Engineering*, vol. 47, pp. 8341-8350, 2022.
- [27] R. Unal, and E. B. Dean, “Taguchi approach to design optimization for quality and cost: an overview,” *International Society of Parametric Analysts*, pp. 1-10, 1990.
- [28] K. Krishnaiah, and P. Shahabudeen, “Applied design of experiments and Taguchi methods,” PHI Learning Pvt. Ltd., pp. 1-371, 2012.
- [29] V. K. Tiwary, A. Padmakumar, and V. Malik, “Adhesive bonding of similar/dissimilar three-dimensional printed parts (ABS/PLA) considering joint design, surface treatments, and adhesive types,” *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, vol. 236, no. 16, pp. 8991-9002, 2022.
- [30] V. K. Tiwary, A. Padmakumar, and V. R. Malik, “Investigations on FSW of nylon micro-particle enhanced 3D printed parts applied to a Clark-Y UAV wing,” *Welding International*, vol. 36, no. 8, pp. 474-488, 2022.

RESEARCH ARTICLE

The Effect of Damage Line and Patch Dimensions on Tensile Stress Behavior in Repair of Aluminum Plates

*  Abdullah Şişman

*Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Engineering and Architecture, Kahramanmaraş, Türkiye
asisman@ksu.edu.tr, [orcid.0000-0001-9898-2556](https://orcid.org/0000-0001-9898-2556)

HIGHLIGHTS

- *Effect and importance of damage line and patch dimensions in the repair of aluminum plates*
- *Damaged materials should be repaired with larger patches*
- *Damage repair with adhesive joints brought the strength of the damaged area back to its undamaged strength*
- *Damage repair with adhesive joints is quite successful*

Keywords:

- Aluminum Plates
- Stress Distributions
- Failure Loads
- Adhesive Joints
- Double-Sided Lap Joints

GRAPHICAL ABSTRACT

In this study, in the repair of angled channel aluminum plates, the effects of channel angle and patch sizes on tensile stress behavior were investigated experimentally. For this purpose, aluminum 2024 T3 sheets with angled channels with varying channel angles were prepared. These plates were subjected to tensile loads and their failure loads were investigated experimentally. Then, using DP460 adhesive material, angled channel aluminum 2024 T3 sheets were repaired using double-sided lap joints with aluminum 2024 T3 patches of varying sizes, and the repaired samples were subjected to tensile load, the effect of channel angle and patch size change on failure loads and stress behaviors in repair was also experimentally examined and the success of the repair was evaluated.

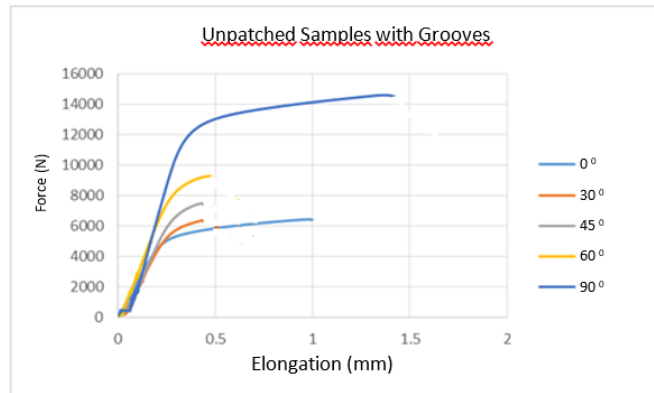


Figure A. Failure load change in damaged and unpatched samples with 0°, 30°, 45°, 60° and 90° groove angles

Article Info:

Received : 06 November 2022

Accepted : 14 November 2022

DOI:

10.53525/jster.1200039

*Correspondence:

Abdullah Şişman

asisman@ksu.edu.tr

Gsm: +90 535 730 40 40

Aim of Article : *In this study, it was aimed to determine the effect of damage line and patch dimensions on tensile stress behaviors in the repair of aluminum plates.*

Theory and Methodology : *Aluminum patches with different dimensions were adhered to the aluminum sheets with different damage lines by using a double-sided lap joint using DP460 adhesive. The tensile strengths of the repaired specimens were investigated experimentally.*

Findings and Results: *As the channel angle increases, the strength increases and damaged plates should be repaired with larger patches.*

Conclusion : *Damage repair with adhesive joints brought the strength of the damaged area back to state before the damage. Damage repair with adhesive joints is quite successful*



RESEARCH ARTICLE

The Effect of Damage Line and Patch Dimensions on Tensile Stress Behavior in Repair of Aluminum Plates

* Abdullah Şişman

*Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Engineering and Architecture, Kahramanmaraş, Türkiye
asisman@ksu.edu.tr, [orcid.0000-0001-9898-2556](https://orcid.org/0000-0001-9898-2556)

Citation:

Şişman A. (2022). *The Effect of Damage Line and Patch Dimensions n Tensile Stress Behavior in Repair of Aluminum Plates*, Journal of Science, Technology and Engineering Research, 3(2): 60-67. DOI: 10.53525/jster.1200039

HIGHLIGHTS

- *Effect and importance of damage line and patch dimensions in the repair of aluminum plates*
- *Damaged materials should be repaired with larger patches*
- *Damage repair with adhesive joints brought the strength of the damaged area back to its undamaged strength*
- *Damage repair with adhesive joints is quite successful*

Article Info

Received: 06 November 2022

Accepted: 14 November 2022

DOI:

10.53525/jster.1200039

*Corresponding Author:

Abdullah Şişman
asisman@ksu.edu.tr
Gsm: +90 535 730 40 40

ABSTRACT

In this study, in the repair of angled channel aluminum plates, the effects of channel angle and patch sizes on tensile stress behavior were investigated experimentally. For this purpose, aluminum 2024 T3 sheets with angled channels with varying channel angles were prepared. These plates were subjected to tensile loads and their failure loads were investigated experimentally. Then, using DP460 adhesive material, angled channel aluminum 2024 T3 sheets were repaired using double-sided lap joints with aluminum 2024 T3 patches of varying sizes, and the repaired samples were subjected to tensile load, the effect of channel angle and patch size change on failure loads and stress behaviors in repair was also experimentally examined and the success of the repair was evaluated.

Keywords: *Glass Fiber Reinforced Composite, Single-Sided Lap Joints, Tensile Stress Properties*

I. INTRODUCTION

Today, under fatigue and tensile loads, due to many properties such asv high strength, corrosion resistance, easy shaping, durability, strength, lightness, good thermal and electrical conductivity, etc., the use of aluminum materials is increasing. Aluminum is light. It weighs only one third of the weight of a steel material of the same volume. 2024 aluminum alloy is one of the hardest, having highest elasticity modulus and strength values among aluminum alloys. It is widely used in the automotive industry, wagon construction, ammunition industry, aircraft fuselage and wings, orthopedic soles, rivets and traction wheels Where specific strength (yield stress / density) and specific modulus of elasticity (modulus of elasticity / density) are important. By

applying heat treatment to 2024 Al-alloy, its mechanical properties can be increased significantly. Among them, 2024-T3 alloy finds wide usage area especially due to its high strength. In buildings where materials are used, various damages can be seen due to many reasons such as various impacts, fatigue life, mechanical and dynamic vibrations and temperature changes. Replacing a damaged structure is extremely costly and sometimes impossible. Especially in the aviation sector, there are structures with very high costs. As mentioned above, these structures are repaired in order to eliminate the discontinuities that may occur due to various reasons. Mechanical and adhesive repair techniques are generally used for the repair of these damages. Adhesive joints, they are increasingly preferred due to their uniform stress distribution, lightness, high fatigue strength and



development of increasingly stronger adhesives.

In this study, in the repair of angled channel aluminum plates, the effects of channel angle (the effect of damage line) and patch sizes on tensile stress behavior were investigated experimentally. For this purpose, aluminum 2024 T3 sheets with angled channels with varying channel angles were prepared. These plates were subjected to tensile loads and their failure loads were investigated experimentally. Then, using DP460 adhesive material, angled channel aluminum 2024 T3 sheets were repaired using double-sided lap joints with aluminum 2024 T3 patches of varying sizes, and the repaired samples were subjected to tensile load, the effect of channel angle and patch size change on failure loads and stress behaviors in repair was also experimentally examined and the success of the repair was evaluated.

In recent years, many studies have been carried out on this subject. For example, Ayaz et al. [1] investigated the behavior of patched AA 2024-T3 aluminum parts with double reinforced embedded spring steel patches under four-point bending and the effect of part thickness on bonding joints by experimental and finite element method (FEM). SBT 9244 was used as the adhesive. It has been observed that the thickness of the part has a significant effect on the stress distribution. Ergün [2] studied the tensile properties of repairing elliptically damaged aluminum plates with composite patch experimentally and numerically. Li et al. [3] used the composite patching technique to repair helicopter tail shafts damaged in wars. As a result, they found that the composite patches completely repaired these structures. In addition, experimental and numerical methods showed closeness to each other. Rachid et al. [4] investigated the effect of patch shape on efficiency and durability in aircraft structures repaired with bonded composite and developed a three-dimensional finite element method. Ramji et al. [5], developed a three-dimensional finite element method to find the optimum composite patch shape. They determined the patch shapes as circle, square, ellipse, rectangle, rectangular octagon and elongated octagon. As a result, the best performance was observed in materials with elongated octagonal patches. Soy [6], with the help of computer aided modeling, worked on the adhesive repair of Al 2024-T3 alloy plate with composite patch. Tensile and bending stress behaviors were investigated by

experimental and numerical analysis. Tek [7] studied stress analysis in single and double lap adhesive joints. Comparisons were made in failure loads with experimental and numerical analyzes. Gültekin et al. [8] studied experimental and numerical determination of the tensile properties of different single-lap joint types with adhesives in different thicknesses. They found that the change in the adhesive thickness and the adhered material thickness affect the experimental damage loads. Demir et al. [9] worked on the effect of support patches in single-lap joints with adhesives on damage loads. They found that support patches increased the failure loads effectively. Adin et al. [10] studied on the effect of patching aluminum with composite patches on the fatigue stresses numerically. They found that patching with composites increased fatigue life significantly. Adin et al. [11] worked on the effect of patching aluminum pipes on the fatigue stresses numerically. They saw that patch dimensions are important in fatigue stresses and higher fatigue stresses were obtained in quarter-circle patches. Adin et al. [12] examined the double-reinforced adhesive joints strength and they stated the reasons of widespread uses of aluminum alloys and glass fiber reinforced composite materials. Akpınar [13], worked on tensile failure loads of different lap joint types. After experiments, he observed a significant increase in failure loads in the three-step lap joints. Durmuş et al. [14] analyzed three step-lap joints adhesively bonded with different step lengths. As the first step length increases They have seen increased damage loads. Temiz et al. [15], studied the increase in strength of single lap joint by residual stresses caused by bonded curvature. They noted that the reason of the pressure perpendicular to the overlap area was the trend of the elastic material to go back to its starting shape after curing.

II. MATERIALS AND METHODS

In this study, aluminum 2024 T3 material was used as a patch material and adhered material to form the double-sided lap joint. The adhered and patch materials to be used are cut according to their dimensions. The adhered materials were cut from Aluminum 2024 T3 sheets, 140x40x1 mm in size, with angled grooves. The patches are from the same plates, it has been cut in dimensions of 40x40 mm, 40x50 mm, 40x60 mm. Mechanical properties of aluminum 2024 T3 material are given in Table 1.

Table 1.

Mechanical properties of bonded and patch material
 (Aluminum 2024 T3)

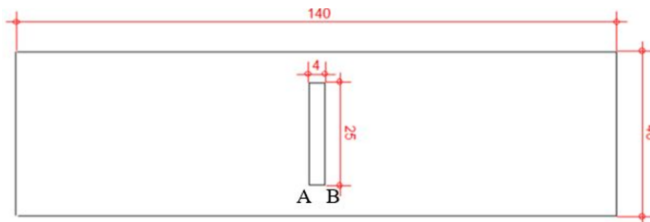
PROPERTY	VALUE	UNIT
Modulus of Elasticity	73.1	GPa
Shear Module	28	GPa
Poisson Ratio	0.33	-
Yield Strength	345	MPa
Tensile Strength	483	MPa
Shear Strength	283	MPa
Elongation at Break	18%	-
Vickers Hardness	137	-

In this study, DP-460 was used as the adhesive material having epoxy and accelerator components by high strength volume ratio of 2/1. Special spiral tips are used to provide this ratio. Mechanical properties of adhesive material are given In Table 2, the shape and dimensions of the damaged samples and patches are given in Figure 1, Figure 2 and Table 3.

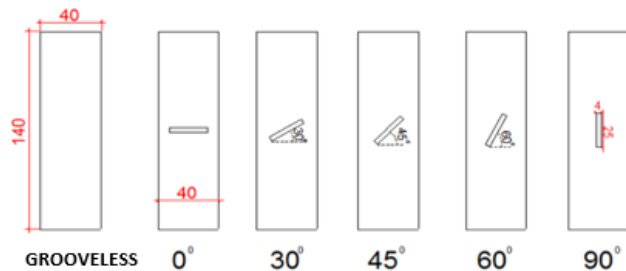
Table 2.

Mechanical properties of adhesive material (DP-460)

Modulus of Elasticity	2077.1 MPa
Poisson Ratio	0.38
Tensile Strength	44.616 MPa



(a)



(b)

Figure 1. (a) 0° slotted AA-2024 T3 aluminum plate dimensions (b) grooveless, 0°, 30°, 45°, 60° and 90° angle grooved sample sizes

H

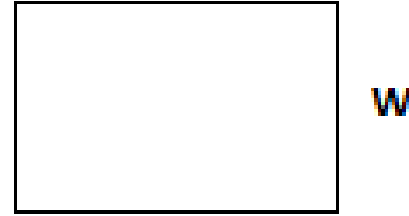


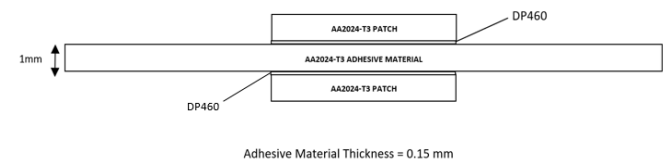
Figure 2. AA-2024 T3 aluminum patch

Table 3.

Sample parameters and values

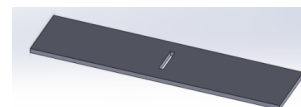
EXPERIMENT SAMPLE DIMENSIONS				
Aluminum 2024-T3 Base Material		Aluminum 2024-T3 Patch Material		
Sheet Size (mm)	Placement angles of 4x25 mm channels	Patch Sizes		
		H (mm)	W (mm)	Thickness (mm)
40x140x1	0°	40	40	1
		50		
		60		
	30°	40		
		50		
		60		
	45°	40		
		50		
		60		
	60°	40		
		50		
		60		
90°	40			
	50			
	60			

Patched lap joints obtained using DP460 adhesive material are shown schematically in Figure 3 and Figure 4.



Adhesive Material Thickness = 0.15 mm

Figure 3. Schematic representation of the prepared test samples.



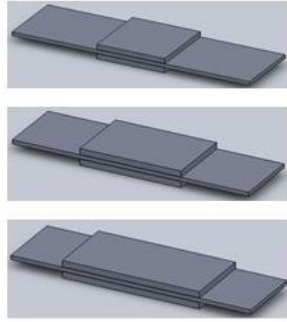


Figure 4. The resulting double-sided lap joints

III. DETERMINATION OF EXPERIMENTAL FAILURE LOADS

All experiments were carried out with ZWICK Z100 tensile testing machine, under computer control, at room temperature of 50% humidity, at a constant drawing speed of 1 mm/min which is the ideal drawing speed for anisotropic and composite materials. Tensile tests were carried out on undamaged unpatched specimens first, then on unpatched specimens with angled grooves, and then on specimens patched with double-sided lap joints with angled grooves. The tests were carried out in 3 repetitions. After the experiments were completed, the samples were observed thoroughly, the damaged areas were examined and their photographs were taken. The maximum loads and damage types of the samples were recorded. The ZWICK tester is shown in Figure 5.



Figure 5. ZWICK Z100 testing machine.

Figure 6 shows the strain of a patched specimen when subjected to load between the jaws of the tensile testing device, while recording the load on it and the elongation by means of the extensometer. The average failure loads and damage types for each orientation are given in Table 4. After the experiments were completed, the samples were thoroughly observed and the damage areas were

examined.



Figure 6. The sample under load

Table 4. Failure loads and damage types of lap joints

Groove Angles	H (mm)	Experimental Failure Load (N)	DAMAGE TYPES
Grooveless (No Damage)	Unpatched	19080	A
0°	0 Unpatched	6280	B
30°		6400	B
45°		7320	B
60°		9200	B
90°		14520	B
0°	40	17720	D
30°		18000	C
45°		18200	D
60°		18400	C
90°		18600	C
0°	50	18120	C
30°		18400	D
45°		18480	D
60°		18600	C
90°		18840	C
0°	60	18560	C
30°		18640	C
45°		18760	C
60°		18800	D
90°		19000	C

- A : 3 samples are failed through 45° to the pulling direction
- B : 3 samples are failed at A points of AB lines
- C : 3 samples are failed in patch region
- D : 2 of 3 samples are failed in patch region, 1 from out of patch

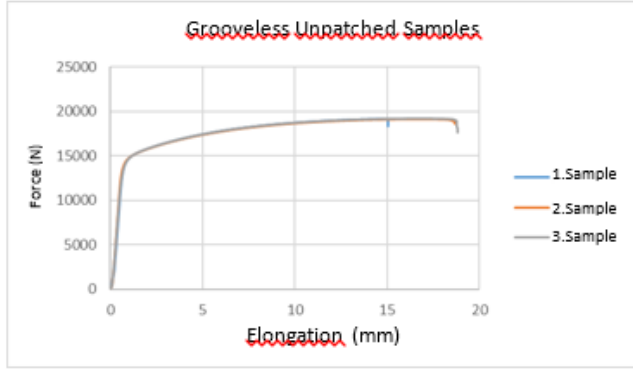


Figure 7. Failure load variation of 3 undamaged and unpatched samples.

In Figure 7, an average damage load of 19080 N is seen in the tests performed without damage or patch.

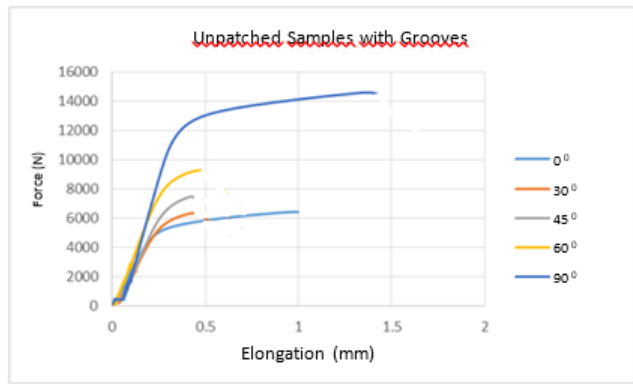


Figure 8. Failure load change in damaged and unpatched samples with 0°, 30°, 45°, 60° and 90° groove angles.

Figure 8 shows that, Failure load in damaged and unpatched samples with 0° groove angle is 6280 N, with 30° 6400 N, with 45° 7320 N, with 60° 9230 N and with 90° 14520 N.

In damaged samples, there is 67% strength loss for 0°, 66% for 30°, 62% for 45°, 52% for 60° and 24% for 90°.

The highest strength loss was 67% for the 0° groove angle and the lowest strength loss was 24% for the 90°. That is, as the groove angle increases, the strength increases. The reason for this is that as the groove angle increases, the area in the section resisting the load also increases.

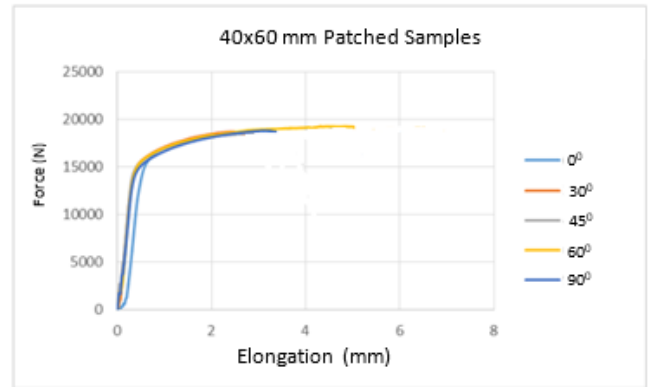


Figure 9. Failure load changes with groove angle changes for 40x60 mm patch.

In the experiments performed with 40x60 mm patch size in Figure 9, 18560 N failure stress for 0°, 18640 N for 30°, 18760 N for 45°, 18800 N for 60° and 19000 N for 90° was seen.

As the patch size is kept constant at 40x60 mm and the groove angle values increase, the strength increases due to the increase in the area in the section that resists the load.

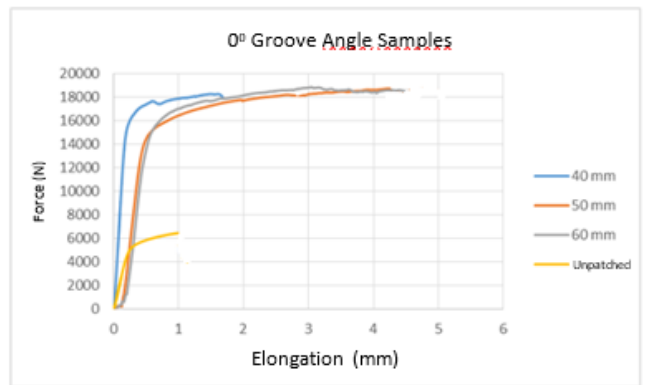


Figure 10. Failure load variation with patch size changes in samples with 0° groove angle.

Figure 10 shows that for groove angle 0°, the unpatched failure load is 6280 N, for 40 mm patch length is 17720 N, for 50 mm 18120 N, and for 60 mm 18560 N.

Compared to unpatched damaged specimens with angled channels subjected to tensile loads, it is seen that specimen with 40 mm patch length carries 182% more load, with 50 mm carries 188% more load, with 60 mm carries an excess of 195%.

As a result, it was observed that the failure loads of the samples increased as the patch size increased, as the adhesion area increased.



IV. RESULTS AND EVALUATION

In this study, in the repair of angled channel aluminum plates, the effects of patch size and channel angle change on the tensile stress behavior was investigated experimentally.

The undamaged samples were tested first. As expected, samples are failed through 45° to the tensile load direction.

When the angled channel aluminum samples are tested, the damaged samples show 67% strength loss for 0°, 66% for 30°, 62% for 45°, 52% for 60°, and 24% for 90°. That is, as the channel angle increases, the strength increases. The reason for this is that as the channel angle increases, the area in the section resisting the load also increases. Samples are failed at A points of AB lines which is the most critical point due to its proximity to the edge and due to the small load bearing area.

When patched samples with varying groove angles and patch sizes are tested, it is seen that they carry up to 195% more tensile load than unpatched samples. As the patch size is kept constant and the groove angle values increase, the strength increases due to the increase in the area in the section that resists the load.

Compared to unpatched damaged specimens with angled channels subjected to tensile loads, it was seen that specimen with longer patch lengths carries more loads. The failure loads of the samples increased as the patch size increased, as the adhesion area increased.

Some of the 40x40, 40x50 and 40x60 mm patched samples were broken from inside of the patch and some from outside of the patch. The ruptures from the outside of the patch show that the damage repair with the adhesive joints was so successful that it returned the sample to its undamaged strength, so the sample was broken from the outside of the patch, that is, from the outside of the damaged area.

It was seen that the repair was very successful and the repair brought the strength of the damaged area back to the state before the damage, so the patch broke from the outside.

CONFLICTS OF INTEREST

They reported that there was no conflict of interest between the authors and their respective institutions.

RESEARCH AND PUBLICATION ETHICS

In the studies carried out within the scope of this article, the rules of research and publication ethics were followed.

ACKNOWLEDGMENT

We would like to thank the Kahramanmaraş Sütçü İmam University USKIM laboratories and staff, where we conducted our experiments, for their assistance.

REFERENCES

- [1] Y. Ayaz, Ş. Temiz, "Analysis of Embedded Adhesive Joints with Double Reinforced Patches", *Erzincan University Journal of Science and Technology*, vol.5, pp.165-172, 2012.
- [2] R. K. Ergün, Raşit Koray, "Experimental and Numerical Investigation of the Effect of Repairing Elliptical Perforated Aluminum Sheets with Composite Patch on Tensile Behavior", (Kahramanmaraş Sütçü İmam University Institute of Science and Technology, Unpublished Master Thesis), Kahramanmaraş, 2014.
- [3] H. C. H. Li, J. Wangb, A. Baker, "Rapid Composite Bonded Repair for Helicopter Tail Drive Shafts", *Composites: Part B*, 43 : (2012), pp. 1579-1585.
- [4] M. Rachid, B. Serier, B. B. Bachir, M. Belhouari, "Numerical Analysis of the Patch Shape Effects on the Performances of Bonded Composite Repair in Aircraft Structures", *Composites: Part B*, 43 : (2012), pp. 391-397.
- [5] M. Ramji, R. Srilakshmi, P. M. Bhanu, "Towards Optimization of Patch Shape on the Performance of Bonded Composite Repair Using FEM". *Composites: Part B*, 45 : (2013), pp. 710-720.
- [6] U. Soy, "Adhesive Repair of Al 2024-T3 Alloy Plate with Composite Patch with the Help of Computer Aided Modeling", (Sakarya University Institute of Science and Technology, Published Master's Thesis), Sakarya, 2005.
- [7] G. Tek, "Single and Double-Action Adhesive Connections", (Gazi University Institute of Science, Published Master Thesis), Ankara, 2011.
- [8] K. Gültekin, S. Akpınar, A. Özel, "The Effect of Moment and Flexural Rigidity of Adherend on the Strength of Adhesively Bonded Single Lap Joints", *The Journal of Adhesion*, pp. 710-720, 2015.
- [9] K. Demir, S. Bayramoğlu, S. Akpınar, "The fracture load analysis of different support patches in adhesively bonded single-lap joints", *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, Volume 108, 2020.
- [10] H. Adin, Z. Sağlam, M. Ş. Adin, "Numerical Investigation of Fatigue Behavior of Non-patched and Patched Aluminum/Composite Plates", *European*



Mechanical Science, Volume 5, Issue 4, 168 - 176,
20.12.2021.

[11] H. Adin, B. Yıldız, M. Ş. Adin, “Numerical Investigation of Fatigue Behaviors of NonPatched and Patched Aluminum Pipes”, *European Journal of Technique*, Vol. 11, No.1, 2021.

[12] M. Ş. Adin, M. E. Kılıçkap, “Strength of Double-Reinforced Adhesive Joints”, *Materials Testing* 63, 176–181 (2021)

[13] S. Akpınar, “The strength of the adhesively bonded step-lap joints for different step numbers”, *Compos. B Eng.*, 67 (2014), pp. 170-178

[14] M. Durmuş, S. Akpınar, “The Experimental and Numerical Analysis of the Adhesively Bonded Three step-Lap Joints with Different Step Lengths”, *Theor. Appl. Fract. Mech.*, 107 (2020), Article 102498

[15] S. Temiz, S. Akpınar, M.D. Aydın, E. Sancaktar, “Increasing Single Lap Joint Strength by Adherend Curvature-Induced Residual Stresses”, *J. Adhes. Sci. Technol.*, 27 (2013), pp. 244-251.



RESEARCH ARTICLE

Evaluation of Occupational Health and Safety Climate in Health Workers Working in Units Containing Radiation Fields of Hospitals

* Selim ÖĞÜT, ¹ Güfte CANER AKIN

*Öğretim Görevlisi, İstanbul Gelişim University, Radyoterapi Bölümü, İstanbul, Türkiye
sogut@gelisim.edu.tr, orcid.0000-0001-9126-6477

¹Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Gelişim Üniversitesi, Mülkiyeti Koruma ve Güvenlik Böl./ İş Sağlığı ve Güv. Eğitim Uyg. ve Araş. Merkezi
gcaner@gelisim.edu.tr, orcid.0000-0003-3010-5172

HIGHLIGHTS

- Evaluation of the variables affecting the safety climate of healthcare workers working in radiation-containing units of hospitals.
- Detection and determination of variables that will affect the safety climate
- Suggesting Occupational Health and Safety measures to be taken in units containing radiation

Keywords:

- Safety Climate
- Safety Culture
- OHS
- Social Policy

ABSTRACT

For Occupational Health and Safety, it is very important to determine the safety climate in work environments and to examine the changes that are affected. It is foreseen that the studies to be carried out on this subject will reduce work accidents and occupational diseases. In this study, the safety climate of healthcare personnel working in radiation-containing areas of hospitals was evaluated with the NOSACQ-50 scale, which has been used in many sectors before. In addition, the research is limited to the province of Istanbul. The sample of the study consists of 298 health workers. After the conceptual framework was revealed in the research, hypotheses were determined and correlation t-test and ANOVA methods were applied. Demographic questions were added to the scale consisting of 50 items and the original 7-dimensional structure was divided into 6 dimensions. The Turkish version of NOSACQ-50 has been proven to be sufficient to determine the safety climate of healthcare professionals working in radiation-containing units of hospitals, as in the original scale.

TABLE : Descriptive Statistics

		Descriptive Statistics						
		Safety	Dim 1	Dim 2	Dim 3	Dim 4	Dim 5	Dim 6
N	Valid	298	298	298	298	298	297	297
	Null	0	0	0	0	0	1	1
Average		2,9820	2,9623	3,0568	3,1188	3,0556	2,6874	3,0154
Standard Devaition		0,49406	0,65355	0,77192	0,64151	0,74548	0,76538	0,72640
Minimum		1,58	1,13	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Maximum		4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

Article Info:

Received : 29 Nov 2022

Accepted : 11 Dec 2022

DOI:

10.53525/jster.1209911

*Correspondence:

Güfte CANER AKIN

gcaner@gelisim.edu.tr

Phone number: +905517024569

Aim of Article : *The key purpose of this study is to understand whether health workers working in the radiation-containing units of hospitals have a sufficient perception to measure the safety climate.*

Theory and Methodology : *The questionnaire used in the study is the Turkish translation of the Scandinavian Security Climate Scale (NOSACQ-50) and explanatory and exploratory factor analysis was used to confirm the survey. Reliability was assessed using Cronbachs alpha. Correlation, t-test and Anova test were used to understand the relationship between the variables. The sample of the study consists of 298 health workers which is health workers working in university, state, private and other hospital groups were included in the research.*

Findings and Results: *The safety climate score was calculated as 2.9820 with a standard deviation of 0.49406 and was evaluated as positive as the results were above 2.50 according to the NOSACQ-50 instruction.*

Conclusion : *When the findings obtained as a result of the study are evaluated; It has been observed that there is a significant relationship between the safety climate of health workers and education, gender, whether they apply a hospital management system or not, whether they use a dosimeter or not. The biggest limitation of this study is that it includes participants from a single sector.*



ARAŞTIRMA MAKALESİ | RESEARCH ARTICLE

Hastanelerin Radyasyon Alanlarını İçeren Birimlerde Görev Alan Sağlık Çalışanlarında İş Sağlığı ve Güvenliği İkliminin Değerlendirilmesi

* Selim ÖĞÜT, ¹ Güfte CANER AKIN

*Öğretim Görevlisi, İstanbul Gelişim Üniversitesi, Radyoterapi Bölümü
sogut@gelisim.edu.tr orcid.0000-0001-9126-6477

¹Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Gelişim Üniversitesi, Mülkiyeti Koruma ve Güvenlik Böl./ İş Sağlığı ve Güv. Eğitim Uyg. ve Araş. Merkezi
gcaner@gelisim.edu.tr orcid.0000-0003-3010-5172

Alıntı / Citation:

Öğüt, S., Caner Akın, G. (2022). Hastanelerin Radyasyon Alanlarını İçeren Birimlerde Görev Alan Sağlık Çalışanlarında İş Sağlığı ve Güvenliği İkliminin Değerlendirilmesi, *Journal of Science Technology and Engineering Research*, 3(2):68-79. DOI: 10.53525/jster.1209911

ÖNE ÇIKANLAR / HIGHLIGHTS

- Hastanelerin radyasyon içeren birimlerinde çalışan sağlık çalışanlarında güvenlik iklimine etki eden değişkenlerin değerlendirilmesi
- Güvenlik iklimini etkileyecek değişkenlerin bulgulanması ve tespitler
- Radyasyon içeren birimlerde alınacak İş Sağlığı ve Güvenliği tedbirlerinin önerilmesi

Makale Bilgileri / Article Info

Geliş Tarihi : 29 Kasım 2022

Kabul Tarihi : 11 Aralık 2022

DOI: 10.53525/jster.1209911

*Sorumlu Yazar:

Güfte CANER AKIN
gcaner@gelisim.edu.tr
Phone number: +905517024569

ÖZET / ABSTRACT

Bu çalışmada, hastanelerin radyasyon içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimini ölçmek ve çalışanların yeterli bir algıya sahip olup olmadıklarını belirlemek amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan anket İskandinav Güvenlik İklimi Ölçeğinin (NOSACQ-50) Türkçe çevirisidir. Anketi doğrulamak için açıklayıcı ve keşfedici faktör analizi kullanılmıştır. Güvenilirlik, Cronbachs alpha kullanılarak değerlendirilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkiyi anlamak için korelasyon, t-testi ve Anova testi kullanılmıştır. Araştırmada evrenini hastanelerin radyasyon içeren alanlarında görev yapan sağlık çalışanları oluşmaktadır. Araştırmaya üniversite, devlet, özel ve diğer hastane gruplarında çalışan sağlık çalışanları dahil edilmiştir. Ayrıca araştırma İstanbul ili olarak sınırlandırılmıştır. Araştırmanın örneklemini 298 sağlık çalışanı oluşturmaktadır. Güvenlik iklimi skoru 0,49406 standart sapma ile 2,9820 olarak hesaplanmış ve NOSACQ-50 talimatına göre sonuçlar 2,50'nin üzerinde olduğu için pozitif olarak değerlendirilmiştir. Keşfedici faktör analizi, yedi boyut için NOSACQ-50'nin orijinal versiyonundan farklı olarak altı boyut ortaya koymuştur. Bu çalışma, birinci yazarın İstanbul Gelişim Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezinden türetilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Güvenlik İklimi, Güvenlik Kültürü, İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği, Sosyal Politika*

I. GİRİŞ [INTRODUCTION]

İş sağlığı ve güvenliği çalışmalarının en büyük amacı işyerlerinin önemli problemlerinden olan iş kazalarını azaltmak veya ortadan kaldırmaktır. İlk zamanlarda iş kazalarını azaltmak için fiziksel tehlikelerin tek tek ele alındığı, mühendislik ve teknik önlemlerin belirlendiği risk değerlendirme çalışmaları üzerinde durulmuştur.

Ancak sadece teknik önlemlerin iş kazalarını önlemede yetersiz olduğu fark edildiğinde, iş kazalarında insan faktörüne önem vermeye başlanılmıştır. Son çalışmalar, çalışanların iş kazaları ile ilgili davranışlarında önemli etkisi olan güvenlik algısının önemini vurgulamaktadır. Bir organizasyonda çalışanların güvenlik algısını araştıran ve güvenlik iklimi kavramını ilk olarak 1980'de ortaya atan Zohar şimdiye kadar birçok çalışmaya konu olmuştur.



İş kazalarının önlenmesinde güvenlik faktörlerinin sürekli gözlemlenmesinde, kesin ve güvenilir bir biçimde güvenlik iklimini değerlendirmek iş kazalarını engellemede etkili bir yol olmuştur. Literatürde güvenlik ikliminin geliştirildiği ve test edildiği birçok sektör ve işyeri bulunmaktadır. Bunlara genel olarak bakıldığında, nükleer, petrol ve doğalgaz, kimyasal, fabrikalar, üretim, inşaat, havalimanı, maden, yiyecek ve içecek sektörleri oldukları görülmektedir. Güvenlik iklimi çalışmaları sektörlerden de anlaşılacağı gibi çok tehlikeli yerlerde gerçekleştirilmiştir. Güvenlik iklimi çalışmaları çok tehlikeli sektörlerde kaza ihtimali yüksek olmasından dolayı daha fazla önem kazanmıştır. Tehlikeli veya az tehlikeli sektörlerde güvenlik iklimi ile ilgili çok sınırlı çalışma bulunmaktadır. Ancak aksine çok tehlikeli sektörlerde olduğu gibi tehlikeli veya az tehlikeli sektörlerde de kazaları önlemek ve kendilerini benzer sektörlerle karşılaştırmak bir ihtiyaçtır [1].

Bu çalışmanın ilk ana amacı, hastanelerin Radyasyon içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimini ölçmek ve yeterli bir algıya sahip olup olmadıklarını anlamaktır. Çalışmada kullanılan anket İskandinav Güvenlik İklimi Ölçeğinin (NOSACQ-50) Türkçe çevirisidir ve anketi doğrulamak için açıklayıcı ve keşfedici faktör analizi kullanılmıştır. Güvenilirlik, CronbachQs alpha kullanılarak değerlendirilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkiyi anlamak için korelasyon, t-testi ve Anova testi kullanılmıştır.

Bu çalışmada evren hastanelerin radyasyon içeren alanlarında görev yapan sağlık çalışanlarından oluşmaktadır. Araştırmaya üniversite, devlet, özel ve diğer hastane gruplarında çalışan sağlık çalışanları dahil edilmiştir. Ayrıca araştırma İstanbul ili olarak sınırlandırılmıştır. Araştırmanın örneklemini 298 sağlık çalışanı oluşturmaktadır.

II. KAVRAMSAL ÇERÇEVE / KURAM [CONCEPTUAL FRAMEWORK / THEORY]

Maslow insan davranışlarında etkili olan temel gereksinimleri araştırdığı çalışmada, güvenlik ihtiyacının insanların 5 temel ihtiyaçlarında ikinci sırada gelen temel ihtiyaç olarak görülmekte olduğunu ifade etmektedir. “Çalışma ortamlarında insanların bu güvenlik ihtiyacı, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) uygulamaları ile sağlanabilmektedir [2]. İSG uygulamalarında iş ortamındaki tüm tehlikeler belirlenip, sonrasında teknik ve idari önlemlerin alınması amaçlanmaktadır [3]. Ayıca yaşanan kazalar araştırılarak, yapılan hatalar tespit edilmeye çalışılmaktadır.

Kazaların sebeplerinin araştırıldığı çalışmalara bakıldığında ilk olarak, önemli çalışmalardan biri olan Heinrich tarafından öne sürülen kaza nedensellik teorisidir. Bu teoride; endüstriyel kazaların doğrudan ve yakın sebeplerinin, %88’i güvenli olmayan davranış ve hareketler, %10’u güvensiz mekanik veya fiziksel koşullar, %2’si önlemez durumlar olarak belirtmektedir. Bu istenmeyen durumların yüksek oranda çalışan kaynaklı yani insan hatasından kaynaklı olduğu görülmektedir [4].

İş kazalarının önlenmesinde güvenlik faktörlerinin sürekli gözlemlenmesi, kesin ve güvenilir bir biçimde güvenlik iklimini değerlendirmek etkili bir yol olmuştur. Flin ve arkadaşlarının 2000’li yıllara kadar kullanılan yaygın 18 farklı güvenlik iklimi araştırmasını incelediği çalışma ve daha sonraki yıllarda Taylor ve arkadaşlarının unvanı/adı, geliştiricisi ve menşei ülke ve sektörü ile 13 farklı güvenlik iklimi anketlerinin kapsamlı olmayan bir listesinin yer aldığı çalışma literatürde güvenlik ikliminin geliştirildiği ve test edildiği birçok örnek olduğunu göstermektedir [5],[6].

NOSACQ-50 ölçeğinin yaygın kullanımı ve 35 dili çevrilmiş versiyonu olmasından, farklı sektörlerde kullanılmasından ve sonuçları karşılaştırmak için açık ücretsiz veri tabanı olmasından dolayı bu çalışma kapsamında güvenlik iklimi seviyesini belirlemek için seçilmiştir. Bu ölçek ile ilgili dünyadaki çalışmalara bakıldığında Yousefi ve arkadaşları [7] tarafından NOSACQ-50’nin Farsça versiyonunu geliştirmek ve onaylamak ve İran’daki bir çelik şirketindeki bir grup işçi üzerindeki güvenlik iklimi puanını değerlendirmek için kullandığı görülmektedir. Çalışmada NOSACQ 50’nin Farsça versiyonu Kazvin Eyaletindeki (İran) bir çelik şirketinin 661 çalışanı arasında dağıtıldığı ifade edilmektedir. Anketin boyutlarını belirlemek için keşfedici faktör analizi (KFA) ve doğrulayıcı faktör analizi kullanıldığı ve anketin güvenilirliği Cronbach α katsayısı kullanılarak değerlendirildiği görülmektedir. Farklı boyutlar arasındaki korelasyonu araştırmak için Pearson korelasyon testi uygulanmıştır. Çalışma kapsamında KFA sonuçları NOSACQ-50’nin Farsça versiyonunun altı boyuttan oluştuğunu göstermiştir. Anketin Cronbach α katsayısı 0.94 ve tüm boyutlarda güvenlik ikliminin ortalama skoru 2.89’du (standart sapma 0.60) olarak ortaya çıkmıştır. NOSACQ-50’nin Farsça versiyonu, incelenen İran nüfusunda güvenlik iklimini ölçmek için tatmin edici bir geçerliliğe sahip olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca Marin ve arkadaşları [8] çalışmasında NOSACQ-50 ölçeğini 26 Kolombiyalı inşaat şirketinden şantiye personeli güvenlik iklimi algılarını değerlendirmek için kullanılmıştır. Toplam 266 işçi, 55



süpervizör ve 32 saha yöneticisi ankete katıldığı belirtilen bu çalışmada güvenlik algısı boyutlarının yanı sıra genel algılardaki farklılıkların da doğrulandığı vurgulanmaktadır. Yöneticilerin güvenlik iklimi puanlarının amirler ve inşaat işçilerine göre daha yüksek rapor edildiği ortaya çıkmıştır.

Güvenlik iklimi ise genellikle örgüt içerisinde güvenliğin sağlanmasına yönelik önemli bir örgütsel faktör olarak değerlendirilmektedir. Dov Zohar [9] "Safety Climate in Industrial Organizations" (Endüstriyel Örgütlerde Güvenlik İklimi) başlıklı makalesinde güvenlik iklimi kavramını tanımlamıştır. Bu makale güvenlik iklimi literatürünün başlatılmasında hem teorik hem de uygulama açısından oldukça önemlidir. Zohar güvenlik iklimini "çalışanların çalışma ortamı hakkında paylaştıkları molar (bütüncü- temel) algıların özeti" şeklinde ifade etmektedir [10].

Güvenlik kültürünün ölçümünde nitel ve nicel olmak üzere iki farklı değerlendirme süreci kullanılmaktadır. Nitel metotlar, çalışanları gözleme, odak grup görüşmeleri, geçmiş kayıtları gözden geçirme ve olay çalışmalarını içerir. Nitel yöntemler derinlemesine ve yoğun bir bilgi sağlamaktadır [11]. Nicel yöntemler ise, yüksek oranda yapılandırılmış görüşmeler ve anketler gibi yüksek oranda standardize edilmiş ve derecelere ayrılmış prosedürler kullanılarak güvenlik kültürü skorları veya sayısal ölçümüne yönelik çalışmalardır. Nicel araştırmalar, uygulanmasının kolay olması ve zaman ve maliyet etkinliği gibi nedenlerle daha çok tercih edilmektedir. Güvenlik kültürünün durumsal yönü, örgüt yapısındaki politikalar, çalışma prosedürleri, yönetim sistemleri vb. ile değerlendirilir. Güvenli davranışların tespiti, eğitilmiş gözlemcilerin düzenli olarak gözlemlerde bulunması ve gözleme dayalı kontrol listelerine yerleştirilmesi sonucu bu gözlemlerin güvenli hareket yüzdesine çevrilerek yapılır. Psikolojik boyutu ise, çoğunlukla insanların güvenliğe yönelik algılarını ölçmek için hazırlanmış güvenlik iklimi anketleri ile değerlendirilir [12].

Hastaneler; çok sayıda "çalışanı yapısında bulduran ve hasta, yaralı, rahatsızlığı olanların ya da periyodik muayene gelenlerin tanı, tetkik ve tedavisinin yapıldığı tıbbi, teknik çok sayıda hizmeti sunan kurumlar olarak tanımlanmaktadır [13]. Sağlık kurumları işyeri tehlike sınıfı olarak çok tehlikeli sınıfta yer almakta ve çalışanlar en az madencilik ve inşaat sektöründe çalışanlar kadar tehlikelerden korunmaya gereksinim duymaktadırlar [14]. Hastaneler ağır iş yükünün olduğu ve iş sağlığı ve güvenliği yönünden birçok sektörden daha yüksek riske sahip olduğu söylenmektedir. Bu nedenle çok sayıda yasal

düzenleme yapılmakta, denetlenmekte ve uygulanmaktadır. Ancak literatürde çalışan ve işverenlerin iş sağlığı ve güvenliği konusunda yeterince bilgi sahibi olmadığı belirtilmektedir. İş sağlığı ve güvenliği konusunda yeterince önlem alınsa bile bu konuda çalışanlarda yeterli bilinç olmadıkça yapılan hizmetlerden istenen sonucun alınmayacağı bilinmektedir.

Sağlık kurumlarında çalışanlar sağlık ve güvenlik açısından tehlike oluşturan durumlara maruz kalabilmektedir. Radyasyon bu risklerin başında gelmektedir. Radyasyon korunmasının ana hedefi; insan sağlığına ve çevreye katkıları düşünülerek yapılacak işlemler sonucunda, kişilerin ve toplum üyelerinin maruz kalacağı radyasyon dozunu mümkün olduğunca düşük seviyelere indirilerek bireylerin ve toplumun korunmasının teminini sağlamaktır. Radyasyon içeren her türlü uygulamada zarar ve fayda değerlendirmesi mutlaka hesaplanmalıdır [15].

Radyasyon ile ilgili düzenlemede Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesinin belirlediği prensipler vardır. Komisyon tavsiye niteliğinde görüşlerini belirtmektedir. Hedefi insan ve çevrenin minimal radyasyona maruz kalmasının sağlanmasını gerçekleştirmektir [16]. Günümüzde tıp alanında iyonizan ve noniyonizan cihazlar ile tedavi verilmektedir. Şayet yapılacak tetkiklerde radyasyon yaymayan cihazlar ile sonuç alınabiliyorsa bu hasta için daha önemlidir. Yapılacak tetkiklerin sonuçları göz önünde bulundurulmalıdır. İyonizan radyasyonun zararlı etkileri hesaplanarak hasta için fayda sağlamayacak hiçbir tetkik yapılmamalıdır [17]. X-ışını ile hizmet verilen yerlerde İSG'de radyasyondan korunmak için birtakım önlemlerin alınması gerekmektedir. Sağlık sektöründe tıbbi tanı ve tedavi amaçlı bir işlem gerektiğinde hastanın durumu göz önünde bulundurulmalıdır. Hastaya tetkik için verilecek doz iyi hesaplanmalıdır. Gereksiz tekrarlardan kaçınılmalıdır. Hastaların alacağı radyasyonun etkileri üzerinde dikkat ile durmak gerekir. Hastanın alacağı radyasyonun erken veya geç etkilerinin olabileceği unutulmamalıdır [16].

Uluslararası radyasyondan korunma kuruluşlarının yaptıkları çalışmalar neticesinde, gereğinden fazla radyasyona maruz kalınmadığı takdirde, radyasyondan korkulmasına gerek olmadığını belirtmişlerdir. Günlük maruz kalınan doğal radyasyon, tıp amaçlı radyasyondan daha çoktur. Minimal radyasyona maruz kalmak çağımız teknolojisinin olmazsa olmazıdır. Radyasyon görevlileri, çalışmaları esnasında iyonizan radyasyona maruz kalmaktadırlar. Yılda belirli periyotlar halinde maruz kaldıkları radyasyon ölçümleri yapılmaktadır. Bu



da bizlere riski önlemede kişisel koruyucu belgelerin ne kadar önemli olduğunu belirtmektedir. Dolayısıyla bir kişinin radyasyon görevlisi olabilmesi için belirli bir dozun üzerinde radyasyona maruz kalması gerekmektedir. Yıllık alınan dozlarda radyasyon görevlisi ile toplum üyelerinin aldıkları dozlarda farklılıklar söz konusudur.

Radyasyondan sorumlu kuruluşlar, çalışanlar ve toplum bireyleri için maruz kalacakları doz limitlerini belirtmişlerdir. Fakat dokuların aldığı doz miktarları farklılık göstermektedir. Örneğin extremitelere ve batin bölgesinde yapılan bir tetkik için verilen doz arasında farklılıklar mevcuttur [16].

Radyasyon tüm ulusların üzerinde itina ile çalıştığı bir konudur. Faydası olduğu gibi alınacak önlemler sayesinde zararları önlenebilir türdendir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta yapılacak tüm çalışmaların en iyi biçimde hesaplanması gerekir. Hastaya yararı olmayacak tüm tetkiklerden kaçınılmalıdır. Gereksiz yapılan tetkikler insan ve çevre sağlığına zararlıdır [18]. X-ışını cihazları ile çalışan görevliler, çalışmaları süresince periyodik olarak aldıkları radyasyon oranları ölçülmektedir. Buna bağlı olarak aldıkları doz yüksek çıkmaktadır. Burada bahsedilen nokta direkt radyasyona maruz kalınan cihazlar ile alakalıdır. Bu durum Skopi, Anjiyografi vs. cihazları için geçerlidir. International commission on radiological protection (ICRP)'e göre bir kişinin radyasyon görevlisi sayılabilmesi için yıllık alacakları doz miktarının 3/10'dan fazla olması gerekir. Bu oranın altında doza maruz kalan kişiler radyasyon görevlisi sayılmazlar [19].

Radyoloji pratiğinde çalışan, toplum ve hamiler bayan için alacakları doz ayarları mevcuttur. Burada dikkat edilmesi gereken husus radyasyon tehlikesinin dikkate alınmasıdır. Bir örnek verecek olursak; uygulama alanına baktığımız zaman aile hekimi uygulamasının her iki ülkede olduğunu görmekteyiz. Fakat çalışma olarak bir benzerlik bulunmamaktadır. Temel problem tehlike olayına yaklaşımımızın çok farklı olmasıdır. Radyoloji ünitelerinde radyasyon zararlarını belirten uyarı levhaları olduğu halde hasta yakınlarının buna dikkat etmediği gözlenmiştir [20].

Uluslararası Radyasyon kuruluşları iyonizan radyasyonun zararlarına karşı x-ışınları ile çalışılan yerlerde İSG'de uyulması gereken birtakım hususlara uyulması gerektiğini belirtmişlerdir. Güvenlik tedbirlerine uyulursa radyasyondan korkmaya gerek yoktur. Çalışanlar tıbbi amaçlı radyasyona maruz kalabilmektedirler. Radyasyon yapan cihazların çalıştırıldığı yerlerde doğrudan veya saçılan radyasyonun etkilerinden korumak için birtakım

önlemlerin alınması gerekir. Bunlar:

- Tehlikenin ortadan kaldırılması,
- Tehlikenin kontrol altına alınması,
- Kişisel koruyucu donanımlar (KKD) ile diğer eğitimlerin ışığında çalışan güvenliğini kapsamaktadır [21].

III. YÖNTEM [METHOD]

A. Hipotezler

Araştırma kapsamında oluşturulmuş olan anket formu ile hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi düzeylerinin tespit edilebilmesi amacıyla gerçekleştirilen araştırma kapsamında aşağıda belirtilmiş olan hipotezler geliştirilmiştir:

- H1: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile eğitim durumları arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.
- H2: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile meslekte çalışma süresi arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.
- H3: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile aylık toplam çalışma süresi arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.
- H4: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile cinsiyetleri arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.
- H5: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile görev yapılan kurum arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.
- H6: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile çalışma şekli arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.
- H7: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile görev yaptıkları birimlerde çalışan sayısı arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.
- H8: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile çalışılan birim arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.
- H9: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının

güvenlik iklimi ile görevleri arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.

- H10: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile İSG yönetim sistemi uygulanması arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.
- H11: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile İSG uzmanı çalışması arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.
- H12: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile kişisel dozimetre sonuçlarını takip etme arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.
- H13: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile dozimetre sonuçlarının limit aşımalarında uyarılması arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.
- H14: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile mesleki hastalık arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.

B. Veri Toplama Araçları

Gerçekleştirilen bu çalışmada güvenlik kültürü ölçüm aracı olarak Avrupa İş Sağlığı ve Güvenliği Ajansı (AB-OSHA) tarafından hazırlanmış “İş Sağlığı ve Güvenliği Kültürünün Değerlendirilmesi: Ana Yaklaşımlar ve Seçilmiş Araçlar” yayınında tavsiye edilen yöntemlerden “NOSACQ-50 İskandinav Güvenlik Kültürü Anketi” kullanılmıştır. NOSACQ-50 ölçeği toplamda 50 sorudan ve 7 boyuttan oluşmaktadır [22].

C. Evren ve Örneklem

Bu çalışmada evren hastanelerin radyasyon içeren alanlarında görev yapan sağlık çalışanlarından oluşmaktadır. Araştırmaya üniversite, devlet, özel ve diğer hastane gruplarında çalışan sağlık çalışanları dahil edilmiştir. Ayrıca araştırma İstanbul ili olarak sınırlandırılmıştır. Bu kapsamda İstanbul ilinde hastanelerin radyasyon içeren alanlarında görev yapan sağlık çalışanları evreni oluşturmaktadır. Belirlenen evreni temsil edebilmek için toplamda 500 sağlık çalışanına anket formu iletilmiş ve geri dönen uygun formlar değerlendirildiğinde 298 anketin uygun olduğu anlaşılmıştır. Bu açıdan araştırmanın örneklemini 298 sağlık çalışanı oluşturmaktadır.

D. Veri Çözümleme Yöntemi

Verilerin analizinde istatistik paket programlarından SPSS 28.00 versiyonu kullanılmıştır. İlk olarak NOSACQ-50 ölçeğinin güvenilirliği sınanmıştır. Yaş, cinsiyet, medeni

durum, eğitim, gelir durumu, meslekteki çalışma süresi, kurumdaki çalışma süresi ve kurumdaki görev vb. bilgilerden oluşan kişisel bilgilere ilişkin frekans analizleri yapılmıştır.

Demografik özelliklere göre katılımcı sağlık çalışanlarının NOSACQ-50 boyutlarına verdikleri yanıtlar arasında farklılığın olup olmadığını tespit etmek amacıyla t-testi ve Anova analizi yapılmıştır. NOSACQ-50 boyutları arasındaki ilişkinin ortaya konabilmesi için Pearson Korelasyon analizi yapılmıştır.

IV. BULGULAR VE YORUMLANMASI

[FINDINGS AND INTERPRETATION]

A. Demografik Bulgular

Araştırmanın bu bölümünde anket formunun birinci bölümünde yer alan katılımcıların kişisel bilgilerini ölçmeye yönelik yönlendirilmiş olan toplamda 15 ifadenin bulgularına yer verilmiştir. Araştırmaya dahil olan hastanelerin radyasyon içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının yaşlarının 18 ile 61 arasında değiştiği anlaşılmaktadır. Sağlık çalışanlarının yaşlarının ortalaması değerlendirildiğinde ise 29 yaş rakamına ulaşılmaktadır. Hastanelerin radyasyon içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının kişisel verileri incelenirken sayı, yüzde, geçerli yüzde ve kümülatif yüzde değerlerinden faydalanılmıştır. Tablo 1’de katılımcıların demografik sorulara verdikleri cevapların dağılımları gösterilmiştir.

Tablo I.

Hastanelerin Radyasyon Birimlerinde Görev Yapan Sağlık Çalışanlarının Demografik Dağılımları

		Cinsiyet			
		Sıklık	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Kadın	134	45,0	45,0	45,0
	Erkek	164	55,0	55,0	100,0
	Toplam	298	100,0	100,0	
		Eğitim Durumu			
		Sıklık	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Lisansüstü	13	4,4	4,4	4,4
	Lisans	228	76,5	76,5	80,9
	Ön Lisans	46	15,4	15,4	96,3
	Lise	11	3,7	3,7	100,0
	Toplam	298	100,0	100,0	
		Görev Yapılan Kurum			
		Sıklık	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Üniversite	72	24,2	24,2	24,2
	Devlet	114	38,3	38,3	62,4
	Özel	84	28,2	28,2	90,6
	Diğer	28	9,4	9,4	100,0
	Toplam	298	100,0	100,0	
		Görev Yapılan Kurumda Çalışma Şekli			
		Sıklık	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde



Geçeri	Kadroolu	132	44,3	50,2	50,2
	Taşeron	131	44,0	49,8	100,0
	Toplam	263	88,3	100,0	
Boş		35	11,7		
Toplam		298	100,0		
Görev Yapılan Birimde Toplam Çalışan Sayısı					
		Sıklık	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	1-5 Kişi	42	14,1	14,5	14,5
	6-10 Kişi	62	20,8	21,4	35,9
	11-15 Kişi	78	26,2	26,9	62,8
	16-20 Kişi	27	9,1	9,3	72,1
	21 Üzeri	81	27,2	27,9	100,0
	Toplam	290	97,3	100,0	
Boş		8	2,7		
Toplam		298	100,0		
Görev Yapılan Birim					
		Sıklık	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Radyoloji	8	2,7	2,7	2,7
	Radyoterapi	219	73,5	73,7	76,4
	Kemoterapi	70	23,5	23,6	100,0
	Toplam	297	99,7	100,0	
Boş		1	,3		
Toplam		298	100,0		
Görev					
		Sıklık	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Onkolog	2	,7	,7	,7
	Radyolog	2	,7	,7	1,3
	Nükleer Tıp Uzmanı	6	2,0	2,0	3,4
	Hemşire	6	2,0	2,0	5,4
	Medikal Fizikçi	72	24,2	24,2	29,5
	Tıbbi Görüntüleme Teknikeri	204	68,5	68,5	98,0
	Radyoterapi Teknikeri	6	2,0	2,0	100,0
	Toplam	298	100,0	100,0	
Meslekte Toplam Çalışma Süresi					
		Sıklık	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	1 Yılda Az	67	22,5	23,3	23,3
	1-3 Yıl	69	23,2	24,0	47,4
	4-6 Yıl	61	20,5	21,3	68,6
	7-9 Yıl	25	8,4	8,7	77,4
	10-12 Yıl	23	7,7	8,0	85,4
	13 Yıl Üzeri	42	14,1	14,6	100,0
	Toplam	287	96,3	100,0	
Boş		11	3,7		
Toplam		298	100,0		
Aylık Toplam Çalışma Saati					
		Sıklık	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	80-99 Saat	46	15,4	16,3	16,3
	100-119 Saat	14	4,7	5,0	21,3
	120-139 Saat	16	5,4	5,7	27,0
	140-159 Saat	87	29,2	30,9	57,8
	160-179 Saat	70	23,5	24,8	82,6
	180 Saat Üzeri	49	16,4	17,4	100,0
	Toplam	282	94,6	100,0	
Boş		16	5,4		
Toplam		298	100,0		
Hastanenizde İSG Yönetim Sistemi Uygulanıyor Mu?					
		Sıklık	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	ISO 45001	174	58,4	59,6	59,6
	Uygulanmıyor	11	3,7	3,8	63,4
	Bilmiyorum	107	35,9	36,6	100,0
	Toplam	292	98,0	100,0	
Boş		6	2,0		
Toplam		298	100,0		

İSG Uzmanı Çalışma Durumu					
		Sıklık	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Tam Zamanlı	100	33,6	33,7	33,7
	Kısmi Zamanlı	47	15,8	15,8	49,5
	Bilmiyorum	150	50,3	50,5	100,0
	Toplam	297	99,7	100,0	
Boş		1	,3		
Toplam		298	100,0		
Kişisel Dozimetri Ölçüm Sonuçlarını Takip Ediyor Musunuz?					
		Sıklık	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Kesinlikle	176	59,1	60,5	60,5
	Nadiren	63	21,1	21,6	82,1
	Hiç Takip Etmem	32	10,7	11,0	93,1
	Bilmiyorum	20	6,7	6,9	100,0
	Toplam	291	97,7	100,0	
Boş		7	2,3		
Toplam		298	100,0		
Dozimetri Ölçüm Sonucu Limit Aşımı					
		Sıklık	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Evet	38	12,8	13,1	13,1
	Hayır	218	73,2	75,4	88,6
	Bilğim Yok	33	11,1	11,4	100,0
	Toplam	289	97,0	100,0	
Boş		9	3,0		
Toplam		298	100,0		
Mesleğe Bağlı Hastalık					
		Sıklık	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Geçerli	Evet	13	4,4	4,4	4,4
	Hayır	285	95,6	95,6	100,0
	Toplam	298	100,0	100,0	

B. Güvenilirlik Analizi

Araştırmanın bu bölümünde hastanelerin radyasyon içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarına yönlendirilmiş olan NOSACQ-50 güvenlik iklimi ölçeği ve alt boyutlarının güvenilirlik analizi sonuçlarına yer verilmiştir. Araştırmanın başında belirlenmiş olan sınırlılık ve varsayımlar doğrultusunda oluşturulan hipotezlere yanıt aramak amacı ile oluşturulan ölçeğin güvenilirlik sonuçları aşağıda Tablo 2 kapsamında belirtilmiştir.

Tablo II.
Güvenilirlik Analizi Sonuçları

Ölçek ve Boyutlar	İfade Sayısı	Cronbach's Alpha Katsayısı
NOSACQ-50 Güvenlik İklimi	50	0,961
Yönetimin Güvenlik Kültürü	15	0,951
Yönetimin Güvenlik Adaleti	7	0,925
Çalışanların Güvenlik Sistemlerinin Etkinliğine Olan İnancı	14	0,965
Çalışanların Güvenlik Önceliği ve Riske Bakış	4	0,828
Çalışanların Güvenlik ile İlgili Taahhüdü	3	0,892
Güvenlik İletişimi ve Çalışanların Arasındaki Güvenlik Bağı	4	0,846

Araştırma kapsamında belirtildiği gibi NOSACQ-50 güvenlik iklimi ölçeğinde ve alt boyutlarında yer alan ifadelerin birbirleri ile olan ilişkileri ve güvenilirliklerini

tespit etmek amacı ile bakılan Cronbach Alpha katsayılarına göre NOSACQ-50 güvenlik iklimi ölçeğinin 0,961 güvenilirlik değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca NOSACQ-50 güvenlik iklimi ölçeği alt boyutlarının da güvenilirlik sonuçları tek tek incelenmiş olup her bir alt boyutunda güvenilirliklerinin yüksek olduğu yukarıdaki tablodan anlaşılmaktadır.

Buradan hareketle araştırmada hastanelerin radyasyon birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarına yönlendirilen NOSACQ-50 güvenlik iklimi ölçeği güvenilirliğinin %90 seviyesinden yüksek olduğu ve araştırmada kullanılabilmesinde bir engel olmadığı anlaşılmıştır.

C. Tanımlayıcı İstatistikler

Araştırmanın bu bölümünde hastanelerin radyasyon içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının anket formunun ikinci bölümünde yer alan NOSACQ-50 güvenlik iklimi ölçeğine verdikleri yanıtların daha net anlaşılabilmesi için ve ilerleyen bölümlerde ortalamalar üzerinden analizlerin yapılabilmesi için çeşitli değerler incelenmiştir. Aşağıda belirtilmiş olan Tablo 3'te NOSACQ-50 güvenlik iklimi ölçeğine verilen yanıtların ortalama, minimum, maksimum ve standart sapma değerleri belirtilmiştir.

Tablo III. Tanımlayıcı İstatistikler

	Güvenlik İklimi	Tanımlayıcı İstatistikler						
		Boyut 1	Boyut 2	Boyut 3	Boyut 4	Boyut 5	Boyut 6	
N	Geçerli	298	298	298	298	297	297	
	Boş	0	0	0	0	1	1	
Ortalama		2,9820	2,9623	3,0568	3,1188	3,0556	2,6874	3,0154
Standart Sapma		0,49406	0,65355	0,77192	0,64151	0,74548	0,76538	0,72640
Minimum		1,58	1,13	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Maksimum		4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

Yukarıda belirtilmiş olan bilgiler değerlendirildiğinde hastanelerin radyasyon içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ölçeğine verdikleri yanıt ortalamalarının ortanın üzerinde (Ort.=2,9820) olduğu anlaşılmaktadır. Genel olarak güvenlik iklimi ölçeği alt boyutlarına verilen yanıtların ortalama değerlerinin de ortanın üzerinde olduğu anlaşılmaktadır. Standart sapma değerleri incelendiğinde güvenlik iklimi ölçeğine verilen yanıtların birbirinden çok farklılık göstermediğini ortaya koymaktadır.

D. Korelasyon Analizi

Araştırmanın bu bölümünde hastanelerin radyasyon içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarından elde edilen bilgilerden hareketle NOSACQ-50 güvenlik iklimi ölçeği ve alt boyutları ile demografik özellikler arasındaki

ilişkilerin yönü ve derecesini tespit edebilmek amacı ile korelasyon analizi yapılmıştır.

Analiz sonuçlarına göre;

Hastanelerin radyasyon içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının eğitim durumları ile güvenlik iklimi algı seviyeleri arasında negatif yönde bir ilişkinin olduğu ve anlamlılık ifade ettiği anlaşılmaktadır (Sig.=0,006). Ancak katılımcılardan toplanan veriler değerlendirildiğinde sıralamanın ters kodlanmış olmasından kaynaklı olarak ifade pozitif olarak kabul edilmektedir. Hastanelerin radyasyon içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının eğitim durumları arttıkça güvenlik iklimi algılarının da yükseldiği söylenebilmektedir. Bu kapsamda araştırma başında belirlenmiş olan “H1: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile eğitim durumları arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır” hipotezi kabul edilmiştir.

Hastanelerin radyasyon içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının meslekte toplam çalışma süreleri ile güvenlik iklimi algı seviyeleri arasında negatif yönde bir ilişkinin olduğu ve anlamlılık ifade etmediği anlaşılmaktadır (Sig.=0,282). Hastanelerin radyasyon içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının meslekte toplam çalışma süreleri ile güvenlik iklimi algıları arasında bir ilişkinin var olmadığı söylenebilmektedir. Bu kapsamda araştırma başında belirlenmiş olan “H2: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile meslekte çalışma süresi arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır” hipotezi reddedilmiştir.

Hastanelerin radyasyon içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının aylık toplam çalışma saatleri ile güvenlik iklimi algı seviyeleri arasında negatif yönde bir ilişkinin olduğu ve anlamlılık ifade etmediği anlaşılmaktadır (Sig.=0,318). Hastanelerin radyasyon içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının aylık toplam çalışma saatleri ile güvenlik iklimi algıları arasında bir ilişkinin var olmadığı söylenebilmektedir. Bu kapsamda araştırma başında belirlenmiş olan “H3: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile aylık toplam çalışma süresi arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır” hipotezi reddedilmiştir.

E. Fark Testleri

Araştırmanın bu bölümünde anket formunun birinci bölümünde yer alan bağımsız değişkenler ile anket formunun ikinci bölümünde yer alan NOSACQ-50 güvenlik iklimi ölçeği ile alt boyutları arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Belirtilen incelemelerin gerçekleştirilmesinde t testi ve



Anova testlerinden faydalanılmıştır. İkili gruplarda t testi ve ikiden fazla gruplarda Anova testi kullanılmıştır.

Cinsiyet bağımsız değişkeni ile güvenlik iklimi bağımlı değişkeni arasındaki ilişkileri test edebilmek için gerçekleştirilmiş olan t-testi incelendiğinde güvenlik iklimi ölçeği ile cinsiyet arasında anlamlı bir ilişkinin varlığına rastlanmıştır. Güvenlik iklimi ölçeği ile güvenlik taahhüdü ve güvenlik iletişimi ve bağı alt boyutları arasında da anlamlı bir ilişki belirlenmiştir.

Hastanelerin radyasyon birimlerinde görev yapan erkek sağlık çalışanlarının (Ort.=3,0150), kadın sağlık çalışanlarına (Ort.=2,9415) göre güvenlik iklimi düzeylerinin 0,005 anlamlılık düzeyine göre daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır (p=,005). Buradan hareketle araştırma başında belirlenmiş olan “H4: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile cinsiyetleri arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır” hipotezi kabul edilmiştir.

Görev yapılan kurum bağımsız değişkeni ile güvenlik iklimi bağımlı değişkeni arasındaki ilişkileri test edebilmek için gerçekleştirilmiş olan Anova testi incelendiğinde güvenlik iklimi ölçeği ve tüm alt boyutlar ile görev yapılan kurum arasında anlamlı bir ilişkinin varlığına rastlanmamıştır. Buradan hareketle araştırma başında belirlenmiş olan “H5: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile görev yapılan kurum arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır” hipotezi reddedilmiştir.

Çalışma şekli bağımsız değişkeni ile güvenlik iklimi bağımlı değişkeni arasındaki ilişkileri test edebilmek için gerçekleştirilmiş olan t-testi incelendiğinde güvenlik iklimi ölçeği ve alt boyutları ile çalışma şekli arasında anlamlı bir ilişkinin varlığına rastlanmamıştır. Buradan hareketle araştırma başında belirlenmiş olan “H6: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile çalışma şekli arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır” hipotezi reddedilmiştir.

Birimde çalışan sayısı bağımsız değişkeni ile güvenlik iklimi bağımlı değişkeni arasındaki ilişkileri test edebilmek için gerçekleştirilmiş olan Anova testi incelendiğinde güvenlik iklimi ölçeği ve tüm alt boyutlar ile birimde çalışan sayısı arasında anlamlı bir ilişkinin varlığına rastlanmamıştır. Buradan hareketle araştırma başında belirlenmiş olan “H7: Hastanelerin radyasyon

alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile görev yaptıkları birimlerde çalışan sayısı arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır” hipotezi reddedilmiştir.

Görev yapılan birim bağımsız değişkeni ile güvenlik iklimi bağımlı değişkeni arasındaki ilişkileri test edebilmek için gerçekleştirilmiş olan Anova testi incelendiğinde güvenlik iklimi ölçeği ve tüm alt boyutlar ile görev yapılan birim arasında anlamlı bir ilişkinin varlığına rastlanmamıştır. Buradan hareketle araştırma başında belirlenmiş olan “H8: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile çalışılan birim arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır” hipotezi reddedilmiştir.

Görev bağımsız değişkeni ile güvenlik iklimi bağımlı değişkeni arasındaki ilişkileri test edebilmek için gerçekleştirilmiş olan Anova testi incelendiğinde güvenlik iklimi ölçeği ve tüm alt boyutlar ile görev arasında anlamlı bir ilişkinin varlığına rastlanmamıştır. Buradan hareketle araştırma başında belirlenmiş olan “H9: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile görevleri arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır” hipotezi reddedilmiştir.

İSG yönetim sistemi uygulanması bağımsız değişkeni ile güvenlik iklimi bağımlı değişkeni arasındaki ilişkileri test edebilmek için gerçekleştirilmiş olan Anova testi incelendiğinde güvenlik iklimi ölçeği ve güvenlik taahhüdü, riske bakış ve güvenlik iletişimi ve bağı alt boyutları dışında kalan tüm alt boyutlar ile İSG yönetim sistemi uygulanması arasında anlamlı bir ilişkinin varlığına rastlanmıştır. İSG yönetim uygulamalarından olan ISO 45001 uygulayan işletmelerde çalışan katılımcıların güvenlik iklimi algı düzeylerinin çok daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Buradan hareketle araştırma başında belirlenmiş olan “H10: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile İSG yönetim sistemi uygulanması arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır” hipotezi kabul edilmiştir.

Görev yapılan hastanede İSG uzmanı çalışması bağımsız değişkeni ile güvenlik iklimi bağımlı değişkeni arasındaki ilişkileri test edebilmek için gerçekleştirilmiş olan Anova testi incelendiğinde güvenlik iklimi ölçeği ve tüm alt boyutlar ile İSG uzmanı çalışması arasında anlamlı bir ilişkinin varlığına rastlanmamıştır. Buradan hareketle araştırma başında belirlenmiş olan “H11: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile İSG uzmanı

çalışması arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır” hipotezi reddedilmiştir.

Kişisel dozimetri sonuçlarını takip etme bağımsız değişkeni ile güvenlik iklimi bağımlı değişkeni arasındaki ilişkileri test edebilmek için gerçekleştirilmiş olan Anova testi incelendiğinde güvenlik iklimi ölçeği ve güvenlik taahhüdü ve alt boyutları dışında kalan tüm alt boyutlar ile kişisel dozimetre sonuçlarını takip etme arasında anlamlı bir ilişkinin varlığına rastlanmıştır. Kişisel dozimetri sonuçlarını takip eden sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi algı düzeylerinin çok daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Buradan hareketle araştırma başında belirlenmiş olan “H12: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile kişisel dozimetre sonuçlarını takip etme arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır” hipotezi kabul edilmiştir.

Dozimetre sonuçlarının hastane tarafından takip edilmesi bağımsız değişkeni ile güvenlik iklimi bağımlı değişkeni arasındaki ilişkileri test edebilmek için gerçekleştirilmiş olan Anova testi incelendiğinde güvenlik iklimi ölçeği ve güvenlik kültürü, inanç ve güvenlik taahhüdü alt boyutları dışında kalan tüm alt boyutlar ile dozimetre sonuçlarının hastane tarafından takip edilmesi arasında anlamlı bir ilişkinin varlığına rastlanmıştır. Dozimetre sonuçlarını takip eden hastanelerin limit aşımalarında sağlık çalışanlarını uyaran hastanelerde çalışan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi algı düzeylerinin çok daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Buradan hareketle araştırma başında belirlenmiş olan “H13: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile dozimetre sonuçlarının limit aşımalarında uyarılması arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır” hipotezi kabul edilmiştir.

Mesleki hastalık bağımsız değişkeni ile güvenlik iklimi bağımlı değişkeni arasındaki ilişkileri test edebilmek için gerçekleştirilmiş olan t-testi incelendiğinde güvenlik iklimi ölçeği ve alt boyutları ile mesleki hastalık arasında anlamlı bir ilişkinin varlığına rastlanmamıştır. Buradan hareketle araştırma başında belirlenmiş olan “H14: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile mesleki hastalık arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır” hipotezi reddedilmiştir.

Tablo 4’de araştırma başında belirlenmiş olan hipotezlerin çeşitli analizler ile test edilmesi ile ulaşılan sonuçlar belirtilmiştir.

Tablo IV. Hipotez sonuçları

No	Hipotezler	Analiz	Sonuç
H1	Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile eğitim durumları arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.	Korelasyon Analizi	Kabul Edildi
H2	Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile meslekte çalışma süresi arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.	Korelasyon Analizi	Reddedildi
H3	Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile aylık toplam çalışma süresi arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.	Korelasyon Analizi	Reddedildi
H4	Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile cinsiyetleri arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.	t-testi	Kabul Edildi
H5	Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile görev yapılan kurum arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.	Anova Testi	Reddedildi
H6	Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile çalışma şekli arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.	t-testi	Reddedildi
H7	Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile görev yaptıkları birimlerde çalışan sayısı arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.	Anova Testi	Reddedildi
H8	Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile çalışılan birim arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.	Anova Testi	Reddedildi
H9	Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile görevleri arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.	Anova Testi	Reddedildi
H10	Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile İSG yönetim sistemi uygulanması arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.	Anova Testi	Kabul Edildi
H11	Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile İSG uzmanı çalışması arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.	Anova Testi	Reddedildi
H12	Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile kişisel dozimetre sonuçlarını takip etme arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.	Anova Testi	Kabul Edildi
H13	Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile dozimetre sonuçlarının limit aşımalarında uyarılması arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.	Anova Testi	Kabul Edildi
H14	H14: Hastanelerin radyasyon alanlarını içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile	t-testi	Reddedildi



mesleki hastalık arasında anlamlı ilişki
bulunmaktadır.

V. SONUÇ VE TARTIŞMA [CONCLUSION AND DISCUSSION]

Bu çalışmanın iş sağlığı ve güvenliği açısından son yıllarda uyum zorunluluğu oluşmuş ve bu açıdan tehlikeli sınıfta yer alan hastanelerin radyasyon içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının güvenlik kültürünü, kendini kanıtlamış ve uluslararası olarak bilinen NOSACQ-50 İskandinav Güvenlik İklimi Ölçeğini kullanarak tespit etmek ilk ana amacıdır. Bu amaç doğrultusunda güvenlik iklimini belirlemek için kullanılan NOSACQ-50 anketinin öncelikle yapısal olarak güvenilirliği ve geçerliliği incelenmiştir. Analizler sonucunda güvenilirlik için bakılan Cronbach alfa değeri oldukça kabul edilen aralıkta bulunmuştur. Bu ölçeğin geçerliliğinin belirlenebilmesi içinde keşfedici faktör analizi ve doğrulayıcı faktör analizi uygulanmıştır. Bu analizler ile NOSACQ-50 anketinin orijinal ölçüm modeline göre biraz farklılık gösterdiği ve altı boyut ortaya koyduğu sonucuna ulaşılmıştır. NOSACQ-50'nin Türkçe versiyonu hastanelerin radyasyon içeren birimlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının orijinal ölçekteki gibi güvenlik iklimi belirlenmesi için yeterli olduğu kanıtlanmıştır.

Çalışma sonucu elde edilen bulgular değerlendirildiğinde; sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi ile eğitim, cinsiyet, hastane yönetim sistemi uygulayıp uygulamama durumu, dozimetre kullanıp kullanmama durumları arasında anlamlı ilişki bulunduğu görülmüştür.

Bu çalışmanın en büyük kısıtı tek bir sektöre ait katılımcı içermesidir. Bu nedenle söz konusu NOSACQ-50 ölçeğinin gelecekte daha fazla sayıda sektör üzerinde uygulanması tavsiye edilmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında ve ilgili kurumları arasında herhangi çıkar çatışması olmadığını bildirmişlerdir. Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağladığını taahhüt eder.

ETİK KURALLARA UYGUNLUK

Yazarlar bu makale için İstanbul Gelişim Üniversitesinden etik kurul onayı aldığını taahhüt etmektedir.

KAYNAKLAR

[1]. O. Tuğçe, “2012-2019 Yılları Arasında Maden Sektöründe Yaşanan İş Kazalarının Analizi ve ÇKKV

Yöntemlerinin Katkısı”, *Journal of Science, Technology and Engineering Research*, c. 2, sy 2, ss. 101-109.

- [2]. S. Dursun, “Güvenlik Kültürünün Güvenlik Performansı Üzerine Etkisine Yönelik Bir Uygulama”, PhD Thesis, Bursa Uludağ University (Turkey), 2011.
- [3]. F. Birdişli ve A. Başurgan, “Güvenlik Politikalarının Konstrüktivist Bir Unsuru Olarak Güvenlik Kültürü ve Türkiye Örneği”, *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, c. 4, sy 4, ss. 58-78, 2017.
- [4]. S. Aytaç, “İş kazalarını önlemede güvenlik kültürünün önemi”, *Türk Metal Dergisi*, c. 147, ss. 1-8, 2011.
- [5]. G. Caner Akın (Ed.), *Güvenlik kültürü ve güvenlik iklimi*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- [6]. G. Akalp ve S. Aytaç, “İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Güvenlik Kültürü Oluşumu ve Bir Uygulama”, *IV. Uluslararası İş Sağlığı ve Güvenliği Konferansı Bildirisi*, ss. 67-105, 2005.
- [7]. Y. Yousefi vd., “Validity assessment of the Persian version of the Nordic Safety Climate Questionnaire (NOSACQ-50): A case study in a steel company”, *Safety and health at work*, c. 7, sy 4, ss. 326-330, 2016.
- [8]. L. S. Marín, H. Lipscomb, M. Cifuentes, ve L. Punnett, “Perceptions of safety climate across construction personnel: Associations with injury rates”, *Safety science*, c. 118, ss. 487-496, 2019.
- [9]. D. Zohar, “Safety climate in industrial organizations: theoretical and applied implications.”, *Journal of applied psychology*, c. 65, sy 1, s. 96, 1980.
- [10]. U. Türen, Y. Gökmen, İ. Tokmak, ve M. Bekmezci, “Güvenlik iklimi ölçeğinin geçerlilik ve güvenilirlik çalışması.”, *Suleyman Demirel University Journal of Faculty of Economics & Administrative Sciences*, c. 19, sy 4, 2014.
- [11]. A. F. Çakmak ve T. AGM, “Sağlık çalışanlarının güvenlik iklimi algıları ve güvenlik tedbirlerine uyma davranışlarının incelenmesi”, *Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, c. 1, sy 1, ss. 46-57, 2017.
- [12]. F. S. Koydemir, S. Akyürek, ve E. M. Topçuoğlu, “Çalışma hayatında ve günlük yaşamda güvenlik kültürü”, *BİLGESAM Yayınları, İstanbul*, 2014.



- [13].M. Çoban, “İş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının hastane çalışanları tarafından değerlendirilmesi”, Master’s Thesis, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, 2019.
- [14].A. Beşer, “Sağlık çalışanlarının sağlık riskleri ve yönetimi”, 2012.
- [15]. Önen, S. *Radyasyon Biyofiziği* (1. Baskı). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi. 1993
- [16].D. F. Gökharman, S. Aydın, ve P. N. Koşar, “Radyasyon güvenliğinde mesleki olarak bilmemiz gerekenler”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, c. 7, sy 2, ss. 35-40, 2016.
- [17].M. Özcan ve P. Topçuoğlu, “Akut Radyasyon Sendromu”, *Nükleer Kaza veya Terörist Atakta Hematopoietik Kök Hücre Transplantasyonu*, 2008.
- [18].T. YE, “Tanısal Radyolojide Radyasyondan Korunma”, *Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Yayınları*, ss. 2-20, 2002.
- [19].“ICRP”. <https://www.icrp.org/> (erişim 09 Eylül 2022).
- [20].M. Karataşlı ve Ö. Tahsin, “İş güvenliğinde dozimetreler”, *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi*, c. 10, sy 1, ss. 15-31, 2018.
- [21].L. Brateman, “The AAPM/RSNA physics tutorial for residents: radiation safety considerations for diagnostic radiology personnel”, *Radiographics*, c. 19, sy 4, ss. 1037-1055, 1999.
- [22].P. Kines vd., “Nordic Safety Climate Questionnaire (NOSACQ-50): A new tool for diagnosing occupational safety climate”, *international Journal of industrial Ergonomics*, c. 41, sy 6, ss. 634-646, 2011.



JSTER

JOURNAL OF SCIENTIFIC, TECHNOLOGY AND ENGINEERING RESEARCH
Bilim, Teknoloji ve Mühendislik Araştırmaları Dergisi

ISSN: 2717-8404

İbn-i Tufeyl (Abubacer)



Muhammed ibn Tufeyl el-Kaysî (1105-1185):

XII. yüzyıl başlarında Endülüs'te, Granada'nın Vâdiâş beldesinde dünya gelmiştir. Ünlü bir hekim, filozof, matematikçi ve şairdir.

Ortaçağ Avrupası'nda Abubacer adıyla tanınmıştır. 1130-1269 yılları arasında Endülüs'te hüküm sürmüş olan Muvahhidler döneminde yaşamıştır. Granada'da hekimlik yapmış, ardından bölge valisine kâtip olmuştur.

Kendi kendini eğiten insanın hikâyesi olan *Hayy bin Yakzân* Ortaçağ'ın en önemli dinî-felsefî eserlerinden biri sayılmaktadır. Birçok dildeki çevirileriyle XVII. ve XVIII. yüzyıl Avrupası'nın en popüler eserlerinden biri olmuştur.

Kahraman (*Hayy bin Yakzân*) sonunda dünyanın manevi gerçeklerini yarımsız akıl yoluyla anlayan çok az sayıdaki kişi, gerçeği manevi semboller aracılığıyla kavrayan daha büyük bir grup ve bu sembollerden kaynaklanan yasaları basitçe kabul eden büyük bir kitle arasında bölündüğünü anlamaya başlar.

Muhammad ibn Tufayl al-Qaysi (1105-1185):

XII. He was born in the valley of Granada, in Andalusia at the beginning of the century. He is a famous physician, philosopher, mathematician and poet.

He was known as Abubacer in medieval Europe. He lived during the period of the Almohads, who ruled in Andalusia between 1130-1269. He worked as a physician in Granada and later became a clerk to the regional governor.

Hayy bin Yakzân, the story of a self-taught man, is considered one of the most important religious-philosophical works of the Middle Ages. XVII with translations in many languages. and XVIII. It has become one of the most popular works of 19th century Europe.

The protagonist (*Hayy bin Yakzân*) eventually comes to understand that the world is divided between a very few who understand spiritual truths through their unaided reason, a larger group who apprehend truth through spiritual symbols, and the great mass who simply accept the laws that emanate from those symbols. <https://www.encyclopedia.com/science/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/ibn-tufayl-abubacer>



<https://dergipark.org.tr/tr/pub/jster>

e-mail : jster.editor@gmail.com